

平成 29 年度水素導管供給システムの安全性評価事業
(総合調査)

調 査 報 告 書

平成 30 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 付臭措置に関する技術調査	7
4. 2 水素検知センサに関する技術調査	7
4. 3 他調査の実施者に対する助言等	7
4. 4 委員会の設置、運営	7

II. 調査結果

1. 付臭措置に関する技術調査	8
1. 1 調査の概要	8
1. 2 調査の進め方	8
1. 3 調査1：シクロヘキセン（非硫黄系付臭剤）／脱臭なし	9
1. 3. 1 既往研究調査	9
1. 3. 2 課題の整理	15
1. 4 調査2：硫黄系付臭剤／脱臭あり	16
1. 4. 1 脱硫原理・既往研究調査	16
1. 4. 2 課題の整理	17
1. 5 まとめ	18
2. 水素検知センサに関する技術調査	
2. 1 調査の概要	19
2. 2 調査の進め方	19
2. 3 水素検知センサによる漏えい検知方法	20
2. 4 要件の整理	21
2. 4. 1 要件項目の整理	21
2. 4. 2 目安値の整理	22
2. 5 既存の水素検知センサに関する調査	24
2. 6 埋設導管の漏えい検知への適用可否の整理（ハンドホールの場合）	29
2. 7 漏えい検知システム運用上の課題整理（ハンドホールの場合）	31
2. 8 まとめ	34

3. 他調査の実施者に対する助言等	
3. 1 地中および大気中の水素拡散挙動調査	35
3. 2 水素導管の大規模損傷リスク評価	35
4. 委員会の設置、運営	
4. 1 特別専門委員会	37
4. 2 推進ワーキンググループ	37
5. 謝辞	39

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 29 年 12 月に開催された「第 2 回再生可能エネルギー・水素等閣僚会議」において、世界に先駆けて水素社会を実現するための「水素基本戦略」が決定され、国内での水素の大量輸送手段として、将来的にコスト・環境性の両面からパイプラインが有力となる可能性があると記載されている。

近年では、各自治体等において、水素の製造・供給・利用段階における将来構想や実証事業等が計画されており、2020 年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会における選手村での水素利活用に向けた計画も着々と進んでいる状況にある。

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）、「水素漏えい検知技術調査事業」（平成 18 年度～平成 20 年度）及び「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」（平成 23 年度～平成 27 年度）等が実施され、それらを通じて基礎的な技術調査（主に設計・施工面）は完了している。

そのような中、より実用面を考慮し、水素社会システムを想定した際の水素供給の安全性に関する評価のため、「水素導管供給システムの安全性評価事業」（以下、「本調査」という。）を実施している。本調査では、「水素導管供給システム」を実際に運用していく際の維持管理上の課題について、技術調査等を通じて安全かつ合理的な維持管理方法を明らかにすることを目的としている。

2. 調査実施概要

本調査事業は、近年、実用化が想定される水素導管の供給形態を見据え、想定される新設の中低圧水素導管供給システムを構成する要素を整理し、その安全を確保するための手法や保安のレベルのあり方等を検討することにより、水素ガスの工作物の技術基準の整備に資することを目的とすることを目的としている。

水素導管供給システムを運用する上で、万が一水素が導管から漏えいした場合の保安を確保するため、都市ガスと同様に付臭措置又はそれに代わる付臭代替措置（漏えい検知装置の設置等）を講じる必要がある。

そのため本調査では、水素導管供給システムにおける水素漏えい検知手法として、付臭措置又は付臭代替措置（水素検知センサによる漏えい検知）の適用可否の検討に資する調査を実施した。

また、水素導管供給システムを実際に運用していく際に必要な維持管理について、安全かつ合

理的な方法を明らかにし、水素ガスの工作物の技術基準の整備に資するため、平成２９年度に実施された「平成２９年度水素導管供給システムの安全性評価事業（維持管理工法の水素適用性評価（地中及び大気中の水素拡散挙動調査）」及び「平成２９年度水素導管供給システムの安全性評価事業（水素導管の大規模損傷リスク評価）」（以下「他調査」という。）の実施者に対して必要な助言等を行うとともに、他調査を含む本調査事業を効率的かつ円滑に実施するため、専門家からなる委員会を設置し、水素導管供給システムの安全性評価全体の事業の計画、進捗及び成果について評価等を実施した。

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、水素導管供給システムの安全性評価事業全体（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、「水素導管供給システムの安全性評価事業 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１．３．１に事業全体の調査実施体制、図１．３．２に日本ガス協会内の調査実施体制を示し、表１．３．１～１．３．３には委員会等の名簿を示す。

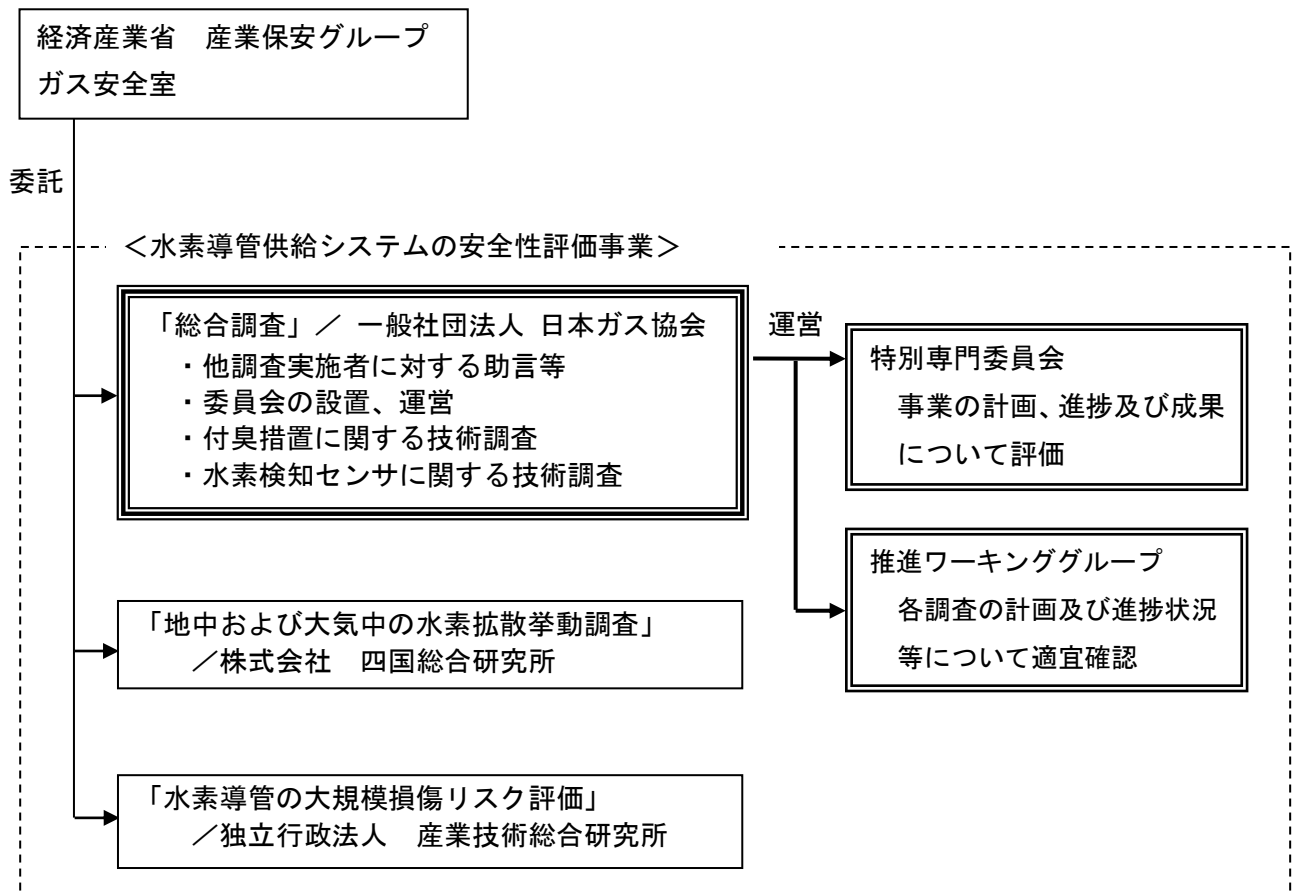


図 1. 3. 1 調査実施体制（全体関連図）

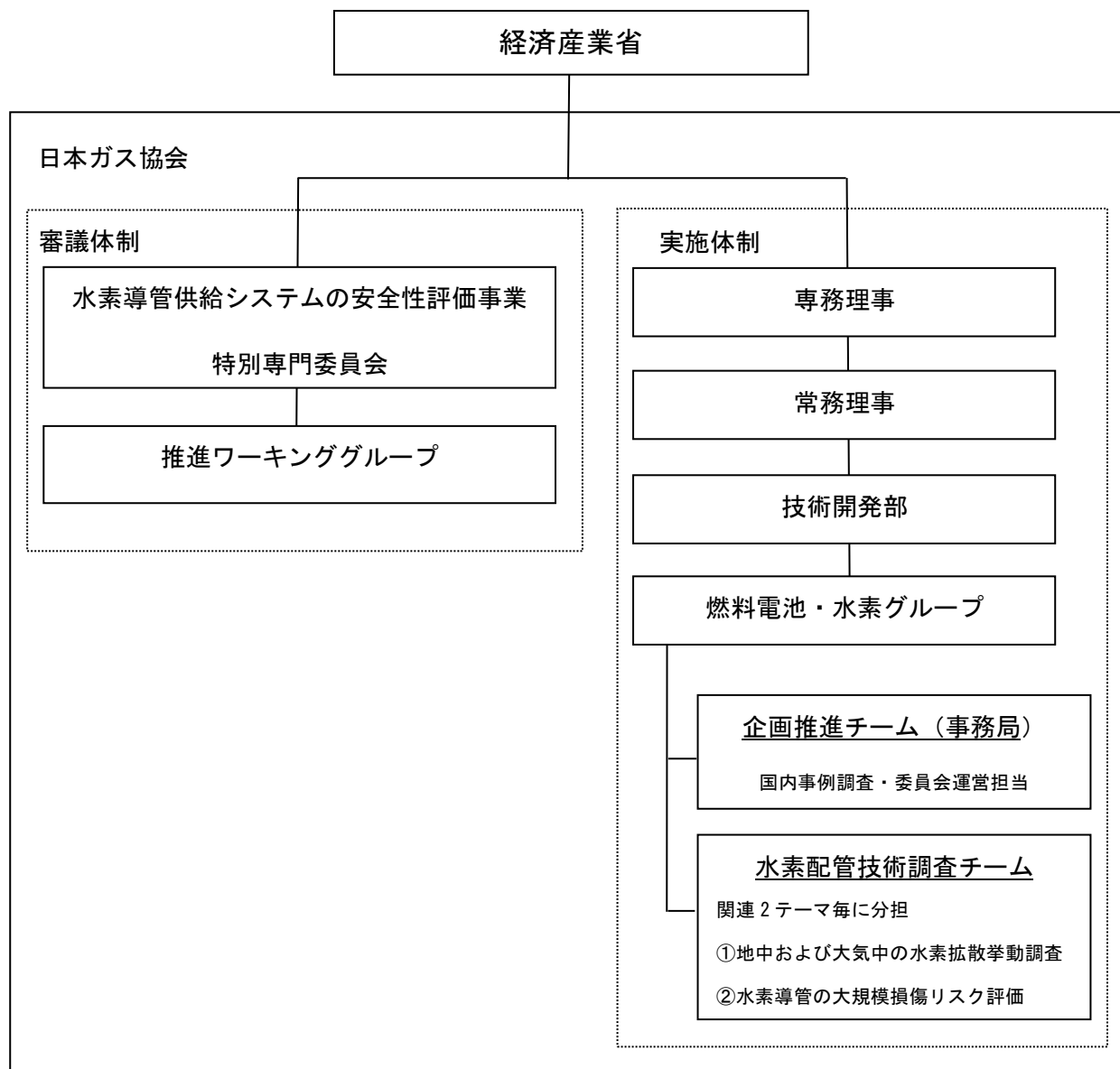


図 1. 3. 2 調査実施体制（日本ガス協会）

表 1. 3. 1 水素導管供給システムの安全性評価事業 特別専門委員会名簿

委員長	倉渕 隆	東京理科大学工学部建築学科 教授
委 員	石原 達己	九州大学 大学院 工学研究院 応用化学部門 教授
	岩本 薫	東京農工大学 大学院 工学府 機械システム工学専攻 教授
	笠井 尚哉	横浜国立大学 環境情報研究院 准教授
	西崎 邦博	東京ガス株式会社 基盤技術部長
	石川 哲夫	大阪ガス株式会社 導管事業部 供給部長
関係者	田村 厚雄	経済産業省 産業保安グループ ガス安全室 ガス安全室長
	根岸 寿実	経済産業省 産業保安グループ ガス安全室 ガス・熱供給保安担当補佐
	下館 拓章	経済産業省 産業保安グループ ガス安全室 技術担当補佐
	伊藤 純一	経済産業省 産業保安グループ ガス安全室 ガス・熱供給事故分析・対策係長
	島 周子	経済産業省 産業保安グループ ガス安全室 都市ガス保安係
	清水 良郁	経済産業省 産業保安グループ ガス安全室 都市ガス保安専門職
	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 1. 3. 2 推進ワーキンググループ名簿

リーダー	今井 和哉	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	富永 直人	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ
	山崎 修一	同 上
	岩下 伸輔	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 1. 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）

技術開発部長	正田 一貴
技術開発部マネジャー	今井 和哉
企画推進チーム	横山 光雄、重松 佑亮、山田 昌弘、丸山 真弓
水素配管技術調査チーム	富永 直人、山崎 修一、岩下 伸輔、中山 歩

4. 調査内容

4. 1 付臭措置に関する技術調査

水素導管供給システムにおける付臭剤の候補として考えられる、硫黄系付臭剤及び非硫黄系付臭剤に関して、それぞれ脱硫または脱臭を行う場合と行わない場合に想定される技術的課題（機器（燃料電池）への影響、排気臭気影響等）について、国内外の文献等関連情報を基に情報収集・整理を実施した。

4. 2 水素検知センサに関する技術調査

付臭代替措置として水素検知センサによる漏えい検知を行う場合の水素検知センサに求められる要件（耐久性、検出濃度範囲、防水性、精度、埋設可能性等）について整理を行った。また、既存の水素検知センサについて、国内外の文献等関連情報を基に調査（リストアップ）した。更に、リストアップされた水素検知センサについて、上記の要件を基に、水素導管供給システムにおける漏えい検知システムへの適用可能性について検討を行った。

4. 3 他調査の実施者に対する助言等

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「連携会議」を設け、適宜開催し業務を遂行した。

4. 4 委員会の設置、運営

水素導管供給システムの安全性評価事業を効率的かつ円滑に実施するため、水素の拡散や燃焼、安全性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導管供給システムの安全性評価事業特別専門委員会（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。

Ⅱ．調査結果

1．付臭措置に関する技術調査

1. 1 調査の概要

水素導管供給システムを運用する上で、万が一水素が導管から漏えいした場合の保安を確保するため、都市ガスと同様に付臭措置を講じる必要がある。そこで、本調査では、付臭措置に関する技術調査を実施した。

1. 2 調査の進め方

水素導管供給システムにおける付臭剤の候補として考えられる、硫黄系付臭剤及び非硫黄系付臭剤に関して、それぞれ脱硫または脱臭を行う場合と行わない場合に想定される技術的課題（機器（燃料電池）への影響、排気臭気影響等）について、国内外の文献等関連情報を基に情報収集・整理を行った。

具体的には、【調査1】として、過去の経済産業省委託による技術調査事業^{※1}において、水素用付臭剤として最有力であると確認されたシクロヘキセン（非硫黄系付臭剤）を脱臭せずに燃料電池にて使用した場合を想定し、燃料電池性能（効率）への影響および排気臭気への影響について、調査を実施した。

また、【調査2】として、都市ガスで使用されている硫黄系付臭剤を使用した場合を想定し、改質型燃料電池で採用されている脱硫技術を純水素型燃料電池に適用した際の燃料電池性能（効率）への影響等について、調査を実施した。

調査にあたっては、主に既往研究・既存技術に関する論文、学会誌等による情報収集を行った。

※1 経済産業省委託事業 地方都市ガス事業天然ガス化促進対策調査「水素漏えい検知技術調査事業」
（平成18年度～平成20年度）

1. 3 調査結果【調査 1：シクロヘキセン（非硫黄系付臭剤）／脱臭なし】

シクロヘキセンを脱臭せずに運用した際の、燃料電池性能（効率）への影響および排気臭気への影響について、調査を実施した。

1. 3. 1 既往研究調査

（1）燃料電池性能（効率）への影響

燃料電池性能（効率）への影響について、2つの文献情報（文献①、文献②）が得られた。

文献①では、PEFCの研究開発用に日本自動車研究所(JARI)が開発したセル（以下、「JARI 標準セル」という）を用いた単セル試験を実施しており、シクロヘキセン濃度 615 ppm の水素ガスを 10 時間添加しても、セル電圧の低下は観察されなかった。また、水素循環系での試験も実施しており、シクロヘキセン濃度 63.5 ppm の水素ガスを 42 時間添加しても、セル電圧の低下は観察されなかった。

なお、水素循環系のガスを分析したところ、シクロヘキセンを添加した場合は水素化され、シクロヘキサンに変化することが確認された。

文献②でも、JARI 標準セルを用いた単セル試験を実施しており、シクロヘキセン濃度 100ppm の水素ガスを 400 時間継続的に添加した後、発電を継続しながら約 2 時間、シクロヘキセンの添加を中断し、再度約 800 時間の添加を行った。この時、セル電圧の低下は、添加中は緩やかな速度で進み、添加を一時中断した場合、電圧は速やかに元の水準まで回復出来ることが確認された。

なお、排出ガスの成分の分析を行ったところ、シクロヘキセンとシクロヘキサンが検出された。そこで、シクロヘキサンの影響を評価するため、シクロヘキサン濃度 100ppm の水素ガスを添加したところ、電圧低下は確認されなかった。

以上の文献情報より、条件にもよるが、シクロヘキセンを脱臭せずに運用しても、燃料電池性能（効率）への影響がない可能性が示唆された。

以下に 2 つの文献情報について示す。

■文献①

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 平成 17 年度～平成 21 年度成果報告書
「水素社会構築共通基盤整備事業」水素・燃料電池自動車の基準・標準化に係る研究開発
燃料電池性能評価法の標準化（燃料性状 WG 活動成果報告）平成 22 年 3 月
委託先：財団法人 日本自動車研究所

○概要

本事業において、日本自動車研究所は、「水素・燃料電池自動車の基準・標準化に係る研究開発」を研究テーマとして、燃料電池の導入・普及や技術レベルの進展に対応した規制見直し、性能評価・試験法の確立、国際標準の提案などを目的として調査研究を進めた。

本報告書には、これまでに開発した JARI 標準セルを用いた単セル試験方法、水素燃料中の不純物が燃料電池の発電性能に及ぼす影響、水素の安全な取り扱いに有効な水素用付臭剤の検討結果について記載されている。

以下、本文献より引用した内容を記載する。

○内容

水素用付臭剤候補の1つであるシクロヘキセンについて、JARI 標準セルを用いて発電試験を行い、燃料電池性能への影響を評価した。試験条件を表 1. 3. 1 に、評価に用いた MEA 仕様を表 1. 3. 2 に示す。前処理を行った MEA について、純水素で慣らし運転を行った後、シクロヘキセンを添加したガスを供給して 10 時間発電した。その後、再度純水素を供給した。シクロヘキセンの添加濃度は、都市ガスの着臭規定を参考に定義した推定基準濃度（検知閾値の 10^5 倍の濃度）※² を基本とし、評価を行った。

※² 認知閾値は、検知閾値のおよそ 10 倍程度であるため、シクロヘキセンについて、過去報告のある認知閾値（61.5ppb）の 10^4 倍（615 ppm）を推定基準濃度としている。

表 1. 3. 1 試験条件

電流密度	1000 [$\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$]
燃料ガス流量	1000 [$\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$] ($U_f=17\%$)
空気流量	1037 [$\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$] ($U_a=40\%$)
圧力（燃料ガス/空気）	大気圧
露点（燃料ガス/空気）	77/77 [$^{\circ}\text{C}$]
セル温度	80 [$^{\circ}\text{C}$]

（出典）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）平成 17 年度～平成 21 年度成果報告書
「水素社会構築共通基盤整備事業」水素・燃料電池自動車の基準・標準化に係る研究開発
燃料電池性能評価法の標準化（燃料性状 WG 活動成果報告）平成 22 年 3 月

表 1. 3. 2 MEA 仕様

膜厚	30 [μm]
電極触媒（Anode/Cathode）	Pt / Pt
触媒担持量（Anode/Cathode）	0.4 / 0.4 [$\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$]
膜面積	64 (8×8) [cm^2]
電極有効面積	25 (5×5) [cm^2]

（出典）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）平成 17 年度～平成 21 年度成果報告書
「水素社会構築共通基盤整備事業」水素・燃料電池自動車の基準・標準化に係る研究開発
燃料電池性能評価法の標準化（燃料性状 WG 活動成果報告）平成 22 年 3 月

シクロヘキセン添加時のセル電圧および電圧変化量を図 1. 3. 1 に示す。同条件で 2 回評価を行ったが、セル電圧の低下は観察されなかった。

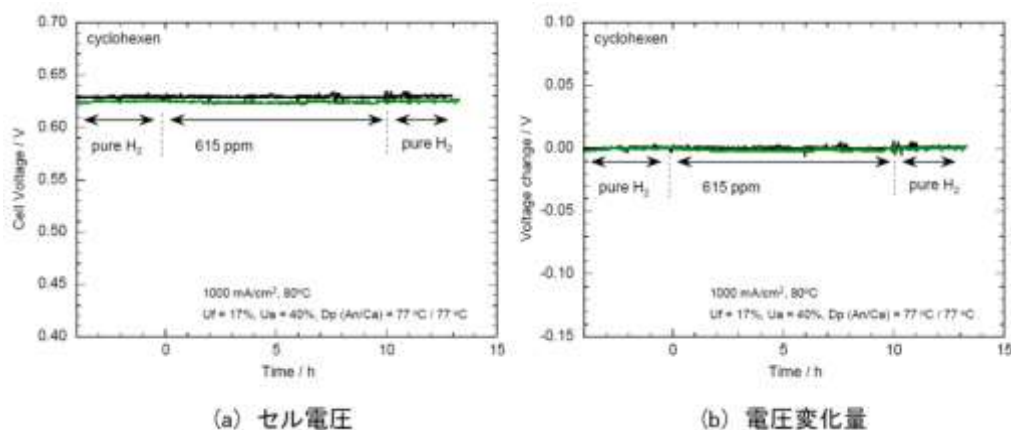


図 1. 3. 1 シクロヘキセン（615ppm）の影響

（出典）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）平成 17 年度～平成 21 年度成果報告書
「水素社会構築共通基盤整備事業」水素・燃料電池自動車の基準・標準化に係る研究開発
燃料電池性能評価法の標準化（燃料性状 WG 活動成果報告）平成 22 年 3 月

また、水素循環系での試験も行った。アノードにおいて発電に利用されずにセルを通過した燃料は、水分を除去後にポンプを用いて、セル入口へ戻した。試験に使用した MEA は表 1. 3. 1 と同仕様のものとした。試験条件を表 1. 3. 3 に示す。

表 1. 3. 3 水素循環系での試験条件

電流密度[mA/cm ²]	1000
燃料/空気利用率[%]	25/40
セル温度[°C]	80
アノード/カソード露点[°C]	77/77
アノード/カソード圧力[MPaG]	0(セル出口圧力)
シクロヘキセン濃度 (推定基準濃度)[ppm]	63.5 (615)

(出典) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 平成 17 年度～平成 21 年度成果報告書
「水素社会構築共通基盤整備事業」水素・燃料電池自動車の基準・標準化に係る研究開発
燃料電池性能評価法の標準化 (燃料性状 WG 活動成果報告) 平成 22 年 3 月

試験方法は、前処理を行った MEA を水素循環系で発電させ、セル電圧変化 $\Delta V \leq 1$ mV/h となったあとに高純度水素からシクロヘキセンを推定基準濃度の 1/10 である 63.5 ppm 添加した水素へ切り替えて、発電を行った。水素循環系におけるセル電圧の経時変化および、シクロヘキサン濃度を測定した結果と濃縮予測の結果を図 1. 3. 2 に示す。濃縮予測では、シクロヘキサンが反応性、MEA 内への吸着性、水溶性、膜透過性の影響がないと仮定して求めた。シクロヘキサンの濃度は時間とともに増大し、42 時間後には初期濃度の約 100 倍にあたる 6700 ppm となった。濃縮予測と比較すると、10 時間までの実測値は濃縮予測と一致したが、その後は予測値より小さくなった。予測値とのずれの原因としては、電極触媒への吸着や電解質膜への蓄積、凝縮水への溶解、カソードへの透過等が考えられるが、シクロヘキセン添加時には電圧低下が観察されていないこと、シクロヘキサンの水溶性が低いこと (水 100 g への溶解度は 7.9×10^{-4} g) から、カソードへの透過の可能性が示唆される。

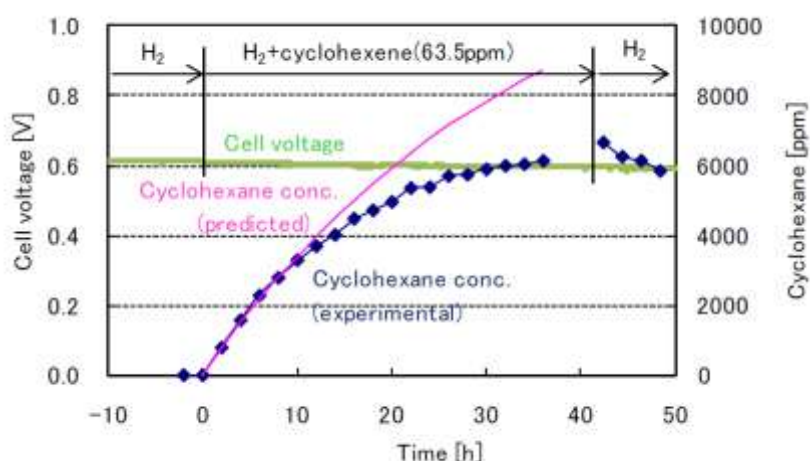


図 1. 3. 2 シクロヘキセンを添加した水素による循環系発電時のシクロヘキサン濃度と予測値

(出典) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 平成 17 年度～平成 21 年度成果報告書
「水素社会構築共通基盤整備事業」水素・燃料電池自動車の基準・標準化に係る研究開発
燃料電池性能評価法の標準化 (燃料性状 WG 活動成果報告) 平成 22 年 3 月

また、シクロヘキセンを添加している間に水素循環系のガスを分析したところ、シクロヘキセンを添加した場合は水素化され、シクロヘキサンに変化することが確認された。

■文献②

「純水素 PEFC システム脱臭機構の簡素化に向けた取組み」(2011 年 都市ガスシンポジウム)
発表者：東京ガス株式会社

○概要

PEFC では、微量の不純物により電池性能が大幅に低下する場合があることが知られており、定置用純水素 PEFC システムの実証試験では、付臭された水素は燃料電池システム導入前に脱臭されている。しかし添加した全てのシクロヘキセンを除去することを考えると、シクロヘキセン濃度が高いことから大量の脱臭剤が必要となってしまう、脱臭システムが大型化してしまうことが課題となっている。

本研究は、脱臭システム簡素化に向けた第一歩として、PEFC セル電圧におよぼすシクロヘキセンの影響を把握し、脱臭システムの簡素化に向けた指針を得ることを目的として実施された。

以下、本文献より引用した内容を記載する。

○内容

シクロヘキセンを含有する水素ガスを用いた発電試験は、電極面積 25 cm² (5cm 角) の MEA (JARI 標準セル Pt 担持量 0.5 mg/cm²/面) を用いた単セル試験により実施した。電流密度は 0.25 A/cm² と一定とし、燃料利用率 (U_f) は 90%、空気利用率 (U_o) は 55% とし、セル温度を 65~80℃、アノードとカソードの加湿温度は 80℃ とした。添加するシクロヘキセン濃度は、高濃度のシクロヘキセンを含む窒素ガスを、セル直前で混入することにより調整した。

シクロヘキセンの添加濃度を 100 ppm に固定し、比較的長時間シクロヘキセンにさらされた場合の、セル電圧への影響および回復挙動を評価するための発電試験を行った。シクロヘキセンを添加せずに約 500 時間発電を行い、セル電圧を安定化させた後に、シクロヘキセンを約 400 時間継続的に添加した。その後、発電を継続しながら約 2 時間添加を中断し、再度約 800 時間の添加を行った。その後、添加を中断して約 600 時間発電した。

この場合のセル電圧経時変化を図 1. 3. 3 に示す。シクロヘキセンの添加に伴うセル電圧低下の速度は緩やかで、約 200 時間かけて徐々に低下した後、シクロヘキセン未添加の場合とほぼ同程度の速度に落ち着いた。添加を一時中断した場合、電圧はシクロヘキセンを混入する前のレベルまで速やかに回復し、その後再添加した場合においても、電圧低下速度は最初の添加の場合と同様、緩やかであった。シクロヘキセンの添加を停止した場合の速やかな電圧回復は、約 800 時間の添加後においても同様であった。

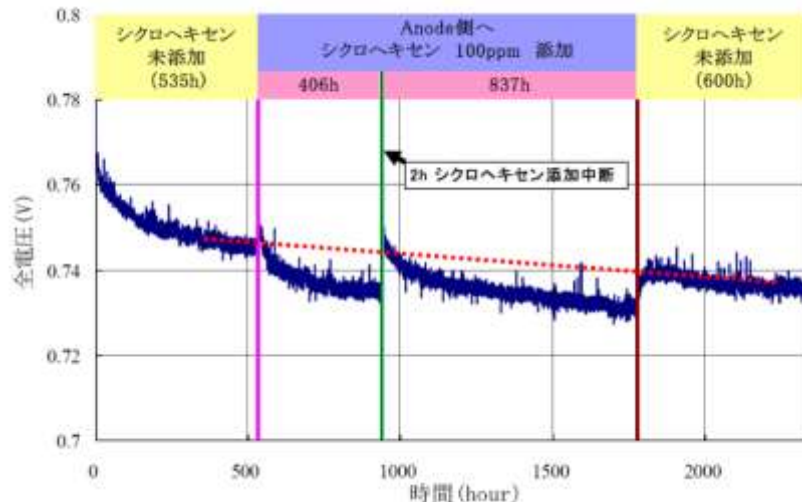


図 1. 3. 3 シクロヘキセン添加時間変化のセル電圧への影響

(出典)「純水素 PEFC システム脱臭機構の簡素化に向けた取組み」(2011 年 都市ガスシンポジウム)

試験前後においてアノード側に対して測定したサイクリックボルタモグラムを図 1. 3. 4 に示す。試験前後で水素の脱離ピークに変化は認められず、触媒表面への吸着物の影響が残っていないことが確認できた。

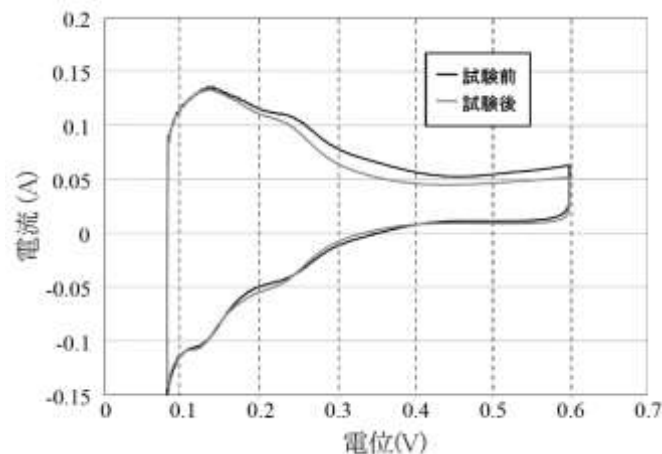


図 1. 3. 4 シクロヘキセン添加試験前後の CV 曲線

(出典)「純水素 PEFC システム脱臭機構の簡素化に向けた取組み」(2011 年 都市ガスシンポジウム)

以上より、シクロヘキセンの被毒によるセル電圧の低下は緩やかな速度で進み、また、低下した電圧は一時的にシクロヘキセンを除去することにより速やかに元の水準まで回復出来ることが確認できた。これらは、短時間の脱臭を間欠的に行うことにより、セル電圧の大幅な低下を抑制しながら発電出来る可能性を示している。

また、図 1. 3. 3 の試験において、シクロヘキセン添加中に燃料電池セルからの排出ガスの成分の分析を行ったところ、シクロヘキセンとシクロヘキサンが検出された。これはアノード触媒上において、シクロヘキセンの水素化反応によりシクロヘキサンが生成したためと考えられる。そこでシクロヘキサンの影響を評価するため、100 ppm のシクロヘキサンを添加した条件において、発電試験を実施した。結果を図 1. 3. 5 に示す。シクロヘキサンの添加による電圧低下は認められなかった。この結果は、電池スタックにシクロヘキセンが導入される前に、シクロヘキ

センをシクロヘキサンに転化させることにより、電池への影響を低減できる可能性を示している。

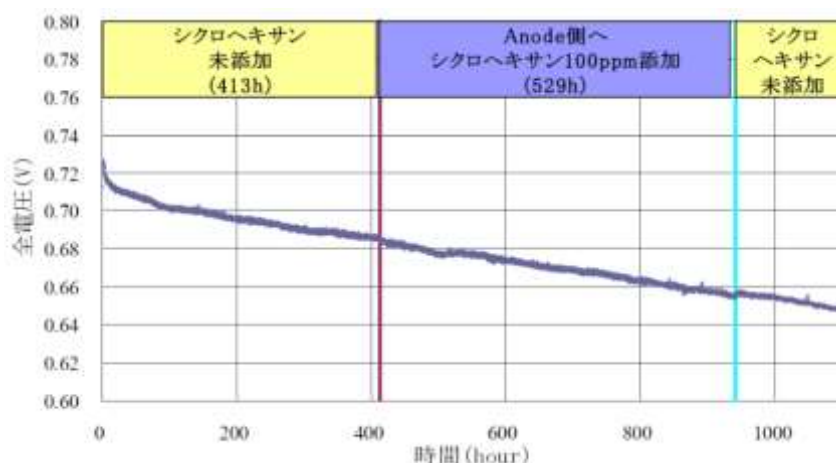


図 1. 3. 5 シクロヘキサン添加のセル電圧への影響

(出典)「純水素 PEFC システム脱臭機構の簡素化に向けた取組み」(2011 年 都市ガスシンポジウム)

(2) 排気臭気への影響

シクロヘキセンを脱臭せずに運用した場合、脱臭装置がないため、付臭剤が直接排気されることにより、排気の臭気への影響が考えられ、ガス漏れと誤検知される可能性もある。上記(1)の燃料電池性能(効率)への影響に関する文献調査の結果により、シクロヘキセンが燃料電池内で水素化され、シクロヘキサンへ転化する可能性があることを確認した。

その場合、燃料電池からはシクロヘキサンが排気されることとなるため、シクロヘキサンの臭気閾値について文献を調査(文献③)したところ、シクロヘキセンの臭気閾値は、シクロヘキサンの臭気閾値の約 1/70 であることが確認できた。よって、燃料電池内でシクロヘキセンがシクロヘキサンに転化することで、臭気への影響が低減することが示唆された。

以下に臭気閾値に関する文献情報について示す。

■文献③

「Standardized human olfactory thresholds」(発行: 1990 年 8 月 1 日)

Edited by M. Devos, F. Patte, J. Rouault, P. Laffort, and L. J. Van Gemert

IRL Press

○概要

過去に臭気閾値に関する文献は複数存在していたものの、標準化されたデータは存在していなかった。本文献では、標準化への体系的なアプローチを用いて算出した、500 を超える物質の臭気閾値に関するデータを掲載している。

○内容

シクロヘキセンの臭気閾値は、シクロヘキサンの臭気閾値の約 1/70 である。

※臭気閾値: 付臭されたガスを徐々に希釈した時に臭気を感じることができなくなった時の濃度

1. 3. 2 課題の整理

燃料電池性能（効率）への影響については、単セル要素試験において、シクロヘキセンを脱臭せずに運用しても、燃料電池性能（効率）への影響がない可能性が示唆されたが、燃料電池システムでの評価結果はない。

また、燃料電池内でシクロヘキセン（非硫黄系付臭剤）がシクロヘキサンへ転化することで排気臭気への影響が低減する可能性があるが、こちらも燃料電池システムでの評価結果はない。

1. 4 調査結果【調査2：硫黄系付臭剤／脱臭あり】

都市ガスで使用されている硫黄系付臭剤を使用した場合を想定し、改質型燃料電池で採用されている脱硫技術を純水素型燃料電池に適用した際の燃料電池性能への影響等について、調査を実施した。

なお、改質型燃料電池で用いられている既存脱硫技術は①常温吸着脱硫および②水添脱硫があり、それぞれについて、原理・既往研究の調査を実施した。

1. 4. 1 脱硫原理・既往研究調査

(1) 常温吸着脱硫

原理：硫黄化合物を脱硫剤に流通させることで吸着除去する。脱硫剤としては、ゼオライト系、酸化物系、活性炭系が一般的に用いられている。

常温吸着脱硫に関して、純水素型燃料電池に適用した際の燃料電池性能への影響等について、文献情報（文献④）が得られた。

文献④では、ゼオライト系脱硫剤の水素共存による影響が評価されており、水素が数%混入することにより、性能が若干低下することが確認された。

以下に常温吸着脱硫の水素共存による影響に関する文献情報を示す。

■文献④

「エネファーム向け都市ガス脱硫剤の開発」

2013 年 燃料電池開発情報センター 機関誌「燃料電池」2013 春号

執筆者：東京ガス株式会社

○概要

東京ガスが開発してきたエネファーム向け脱硫剤について紹介されており、高い硫黄吸着性能を示したゼオライト系吸着剤 Ag/Na-Y について、温度・露点の影響や、共存物質の影響について記載されている。共存物質の影響については、都市ガス中には原料ガスや熱量調整ガス由来の様々な共存成分が含まれるケースがあり、エネファーム設置エリア拡大の観点から、水素を含むこれらの成分による脱硫剤への影響について検討されている。

以下、本文献より引用した内容を記載する。

○内容

Ag/Na-Y 脱硫剤の温度 25℃、露点 -60℃における TBM+DMS 吸着性能と共存水素濃度の関係を図 1. 4. 1 に示す。H₂=0.2%ではほとんど吸着性能に低下は見られないが、H₂=1%の共存で約 2 割の性能低下が認められるものの、H₂=5%まで増加させても性能低下率はあまり変化しない。水素共存条件下での試験後、剤の白色部分の薄灰色への変化が認められ、一部のイオン交換サイト内の Ag⁺イオンの水素還元による金属 Ag 脱離が示唆される。

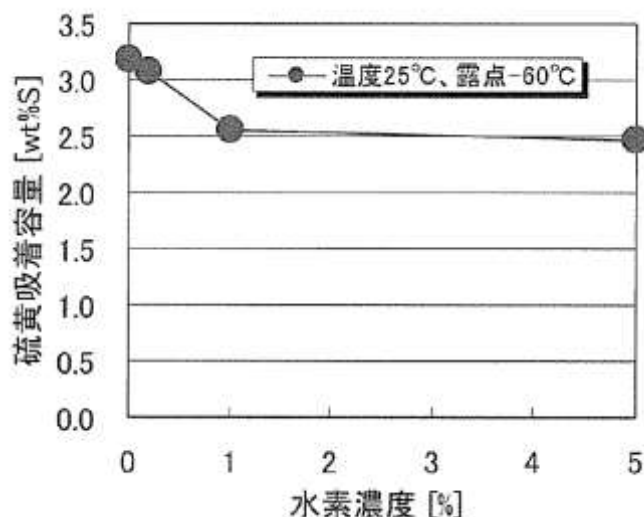
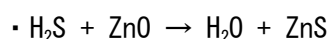
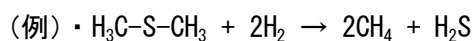


図 1. 4. 1 Ag/Na-Y の TBM+DMS 吸着性能に及ぼす水素共存の影響

(出典)「エネファーム向け都市ガス脱硫剤の開発」
2013 年 燃料電池開発情報センター 機関誌「燃料電池」2013 春号

(2) 水添脱硫

原理: 硫黄化合物を触媒上で水素と反応させ、硫化水素に変換した後に化学的に吸収除去する。



触媒反応には 250°C 以上に温度を上げることが必要であり、改質型燃料電池では改質器の廃熱を用いるのが一般的であるが、純水素型燃料電池は改質器が存在せず、温度維持のためのエネルギー源が別途必要となる。

1. 4. 2 課題の整理

常温吸着脱硫および水添脱硫技術について、水素中における燃料電池システムでの評価結果はない。水添脱硫技術については、温度維持のためのエネルギー源が別途必要となるため、燃料電池システムの発電効率への影響がある。

また、都市ガスと比べて、純水素で同等の出力を得るにはより多流量のガスが必要となるため、純水素では脱硫剤の必要量が増加しコストアップとなる。

1. 5 まとめ

調査１として、シクロヘキセン（非硫黄系付臭剤）を脱臭せずに運用した際の、燃料電池性能（効率）への影響および排気臭気への影響について、調査２として、都市ガスで使用されている硫黄系付臭剤を使用した場合を想定し、改質型燃料電池で使用されている脱硫技術を純水素型燃料電池に適用した際の燃料電池性能への影響等について、整理を実施した。

調査１のシクロヘキセンを脱臭せずに燃料電池にて使用した場合の燃料電池性能（効率）への影響については、単セル要素試験において、シクロヘキセンを脱臭せずに燃料電池にて使用しても、燃料電池性能（効率）への影響がない可能性が示唆された。また、排気臭気への影響については、燃料電池内でシクロヘキセンがシクロヘキサンに転化することで、臭気への影響が低減することが示唆された。しかし、いずれも燃料電池システムでの評価結果はないため、今後、燃料電池システムとしての確認が必要である。

調査２の硫黄系付臭剤を使用し、改質型燃料電池で使用されている脱硫技術を純水素型燃料電池に適用した際の燃料電池性能への影響等については、常温吸着脱硫では、水素共存の影響を受ける脱硫剤があることが確認された。水添脱硫技術では、温度維持のためのエネルギー源が別途必要となるため、燃料電池システムの発電効率への影響がある。しかし、いずれも水素中での評価結果はないため、今後、水素中における燃料電池システムでの確認が必要である。また、都市ガスと比べて、純水素で同等の出力を得るにはより多流量のガスが必要となるため、純水素では脱硫剤の必要量が増加しコストアップとなる。

2. 水素検知センサに関する技術調査

2. 1 調査の概要

水素導管供給システムを運用する上で、万が一水素が導管から漏えいした場合の保安を確保するため、都市ガスと同様に付臭措置又はそれに代わる付臭代替措置（漏えい検知装置の設置等）を講じる必要がある。本調査では、水素導管の埋設部における付臭代替措置（水素検知センサによる漏えい検知）の適用可否の検討に資する調査として、水素検知センサに関する技術調査を実施した。

2. 2 調査の進め方

本調査においては、水素導管の埋設部における付臭代替措置として水素検知センサによる漏えい検知を行う場合の水素検知センサに求められる要件（耐久性、検出濃度範囲、防水性、精度、埋設可能性等）について整理を行った。また、既存の水素検知センサについて、国内外の文献等関連情報を基に調査（リストアップ）する。更に、リストアップされた水素検知センサについて、上記の要件を基に、水素導管供給システムにおける漏えい検知への適用可能性について検討を行った。調査の進め方を図2. 2. 1に示す。

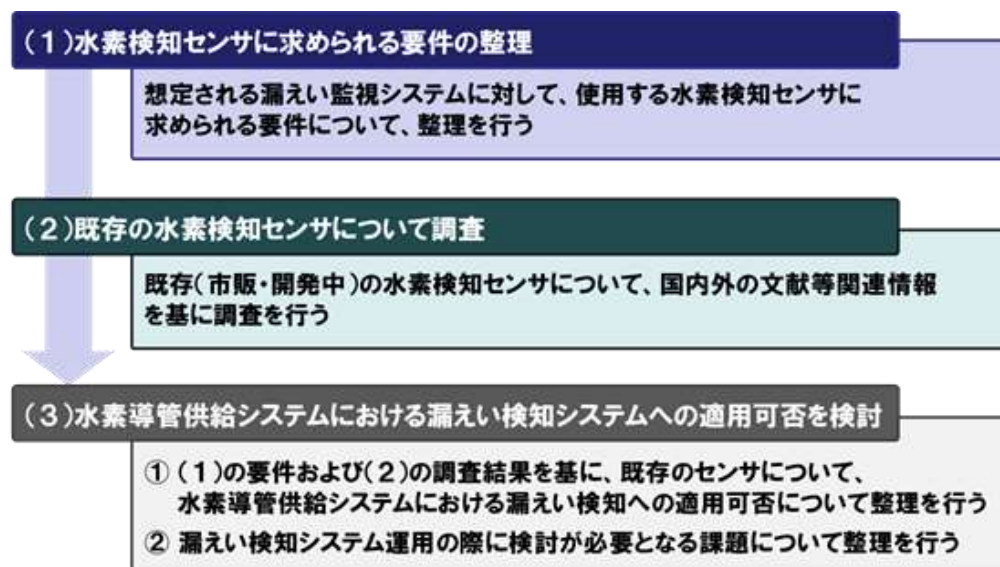


図2. 2. 1 調査の進め方

2. 3 水素検知センサによる漏えい検知方法

調査を進めるにあたって、まずは水素検知センサによる漏えい検知方法について整理を行った。方式は水素検知センサの設置方法によって、①直埋設、②ハンドホール※¹、③二重管※²の3つの方式が考えられる。それぞれのイメージ図および検知方法を図2. 3. 1、表2. 3. 1に示す。

※1 ハンドホールとは、地下に埋設された下水道やガス管などの維持管理用マンホールのうち、メンテナンス作業に際し、作業員が中に入らず、手で作業を行うことが可能なもの。

※2 二重管方式の場合、圧力センサによる漏えい監視も考えられるが、本調査では水素検知センサの使用を想定している。

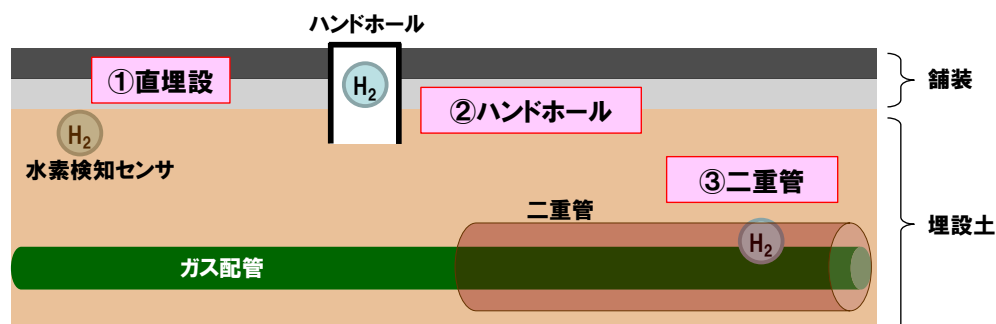


図2. 3. 1 水素検知センサによる漏えい検知方法イメージ図

表2. 3. 1 水素検知センサによる漏えい検知方法

方式	内容
①直埋設	地中に水素検知センサを埋設して、漏えい箇所から地中に拡散する水素ガスを検知
②ハンドホール	道路上のハンドホール内に水素検知センサを設置して、漏えい箇所からハンドホール内に拡散する水素ガスを検知
③二重管	本管と鞘管の間に不活性ガス（窒素ガス）を封入、水素検知センサを設置して、本管と鞘管の間に漏えいする水素ガスを検知

2. 4 要件の整理

2. 4. 1 要件項目の整理

2. 3 で示した水素検知センサによる漏えい検知方法について、それぞれの方式における水素検知センサに求められる要件項目について整理を実施した。整理した結果を表 2. 4. 1 に示す。

表 2. 4. 1 各方式における水素検知センサに求められる要件項目

要件項目		方式			
		① 直埋設	② ハンド ホール	③ 二重管	
性能	低濃度検知性	○	○	○	
	水素選択性	○	○	○	
	長期耐用	○	○	○	
	小型	○	○	○	
	応答性	○	○	○	
対環境	防爆性	○	○		
	防水性	○	○		
	防塵性	○	○		
	耐振動性	○	○	○	
	耐圧性	○			車両等による土圧に対する耐圧性を示す
	周囲環境 適合性	○ ^{※1}	○ ^{※2}	○ ^{※3}	※1:土中の温湿度、土壌環境下で正常に作動 ※2:ハンドホール内の温湿度で正常に作動 ※3:二重管内の温湿度下で正常に作動 (窒素雰囲気)

○：必要要件項目

2. 4. 2 目安値の整理

2. 4. 1 で整理した要件項目に対して求められる目安値を、ガス事業法や同省令等、水素検知センサに関する規格等を参考に整理した。整理した結果を表 2. 4. 2 に、整理にあたって参考にした省令・規格等を表 2. 4. 3 に示す。

表 2. 4. 2 各要件項目に対する目安値

要件項目		①直埋設	②ハンドホール	③二重管
性能	低濃度検知性	0.1% (2.5%LEL)		
	水素選択性	メタン・イソオクタン・一酸化炭素に対する感度が 同濃度の水素の10%以下		必要なし (窒素雰囲気下のため)
	長期耐用 ※電池寿命は考慮せず	5 年		
	小型	標準的なガスマンホール寸法 Φ300mm 以下	標準的なガスマンホール寸法 φ300mm 内に設置可能	本管と鞘管の間に設置可能 (例：本管 40A、鞘管 80A) ※1
	応答性	60 秒以内		
対環境	防爆性	【防爆構造】本質安全防爆構造・耐圧防爆構造・内圧防爆構造 【爆破等級】水素（等級 3a）に対応		必要なし (窒素雰囲気下のため)
	防水性	IP7：一定の水圧で、一定時間水没しても影響がない (水没した状態で検知可能)		必要なし
	防塵性	IP6		必要なし
	耐振動性	設置環境に加えられる振動に耐えるものであること		
	耐圧性	車両等による荷重に 耐えるものであること	必要なし	
	周囲環境 適合性	対温度	-10℃～50℃	
		対ガス 雰囲気	無酸素状態で使用可能 であること	制限なし 無酸素状態で使用可能 であること

※1 水素タウンモデル事業（周南市）における二重管パイプライン仕様参考

表 2. 4. 3 目安値整理における参考省令・規格等

要件	参考省令・規格等	内容
低濃度検知性	ガス工作物の技術上の基準を定める省令第 22 条 「付臭措置」	ガスの空気中の混合容積比率が 1,000 分の 1 である場合に臭気の有無が感知できるもの
水素選択性	ISO 26142:2010 (Hydrogen detection apparatus — Stationary applications)	メタン・イソオクタン・一酸化炭素に対する感度が同濃度の水素の 10%以下
長期耐用	都市ガス用ガス警報器検査規程 (一般社団法人日本ガス機器検査協会が定める規程 (JIA E 001-15))	5 年
小型	標準的なガス用マンホール寸法	φ 300mm
応答性	ガス漏れ警報設備の規格及びその設置方法を定める告示 (ガス工作物技術基準の解釈例第 117 条)	信号を発する濃度のガスに接したとき、60 秒以内に信号(警報機能を有するものにあつては、信号及び警報)を発するものであること
防爆性	労働安全衛生総合研究所技術指針 (独立行政法人労働安全衛生総合研究所が定めるユーザーのための工場防爆設備ガイド (ISSN 1882-2703)) ガス漏れ警報設備の規格及びその設置方法を定める告示 (ガス工作物技術基準の解釈例第 117 条)	使用できる電気機器 (1 種場所) 本質安全防爆構造、耐圧防爆構造、内圧防爆構造
		不燃性又は難燃性を有する外かくで覆われていること 検知部は、防爆性能を有する構造であること
防水性		通常の使用状態において、水滴が侵入しにくい構造であること
防塵性		通常の使用環境において発生する粉じんにより使用上支障のある影響を受けないものであること
耐振動性		通常の使用状態における衝撃及び輸送中に加えられる振動に耐えるものであること
耐圧性		
周囲環境適合性		通常の使用状態において、 -10℃から 50℃までの温度変化により使用上支障のある影響を受けないものであること

2. 5 既存の水素検知センサに関する調査

既存（市販または開発中）の水素検知センサについて、カタログまたは公開情報を基に整理を実施した。整理した内容を表2. 5. 1に一覧表として示す。

なお、一覧表は（a）素子モジュール、（b）機器／システム、（c）開発中／研究中、の3つに分類して示す。

また、センサ単体の販売および開発だけではなくパッケージ化（ASSY）まで行っている下記の機器メーカーを対象に、詳細仕様についてヒアリング調査を実施したほか、後述の漏えい検知システム運用上の課題に関する意見交換を実施した。

<ヒアリング対象メーカー>

（市販メーカー）

- ・ 新コスモス電機株式会社
- ・ NISSHA エフアイエス株式会社
- ・ 株式会社村上技研産業
- ・ 理研計器株式会社

（開発中メーカー）

- ・ 株式会社東芝
- ・ パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社

（50 音順）

表 2. 5. 1 センサー一覧表

(a) 素子モジュール

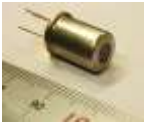
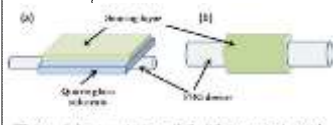
メーカー	製品名	検知原理	検知濃度範囲 濃度出力	警報出力等	電源電圧	消費電力	起動時間	応答性	動作温湿度 範囲	保管温度 範囲	パッケージ特性など ・防水・防塵規格 ・耐圧防爆規格	本体寸法 (mm) (取付け部を除く)	重量	形状	用途	備考
NISSHAエフアイエス (株)	水素センサーモジュール FH2-HY11	接触燃焼式	・0-100%LEL(大気中) ・0.5V~4.5V DC (濃度比例アナログ出力)	なし	5V ± 0.25V DC	約 0.25W	1 sec未満	2 sec.未満 (80%応答)	-35℃ to 85℃ (結露なきこと)	-40℃ ~ 85℃ (結露なきこと)	民生品想定 コネクタ: 非防水タイプ センサー部: FH2-HY04 共通	35.2(W) × 45.4(D) × 19.75(H) mm	約25g		民生用・業務用・産業用 定置型FC	・高速起動 ・高速応答 ・長寿命 ・水素選択性
	水素ディテクター FH2-HY04	接触燃焼式	・0-100%LEL大気中) ・PWM(10~90% duty) 濃度に応じてDuty変化	なし	12V(9V~16V) DC	約 1.0W	1 sec未満	2 sec.未満 (80%応答)	-35℃ to 85℃ < 95% RH (結露なきこと)	-40℃ ~ 105℃ < 95% RH (結露なきこと)	車載想定モジュール コネクタ: 防水	62 × 49 × 22.5	約 58g		・FCV(TOYOTA MIRAI)	・高速起動特性 (FCVが起動するまでに素早く 検知、漏れ検知で直ちに燃料供給 をストップ) ・使用環境条件: 酸素濃度20% ± 10%
	水素検知モジュール FIS3042 (下欄 SB-42A-11を搭載)	半導体式	・オプション設定によりシリアル出力可 (受注時、仕様決定要)	・2段階警報出力可(仕様による) ・他に、故障出力として、センサー故障・回路故障 等	5.0V DC ± 5%	0.175W (仕様による)	—	数sec.~1min. (仕様による)	-10~50℃ (結露なきこと)	-40~60℃ (結露なきこと)	民生品想定 コネクタ部: 非防水	①防水ケースなし 28x41x20(H)mm ②防水ケース付き 31x44x20(H)mm	① 5g ② 16g	 	エネファームの都市ガス・水素ガス漏洩検知	埋設時の設置環境によっては、 現状モジュール(FH2-HY11又は FIS3042)形状では無く 防水 コネクタ仕様等形状を変える必要あり。
	高濃度水素検出用ガス センサー SB-42A-11	半導体式	・2-50%LEL	なし	ヒータ: 0.9V±5% DC or パルス 回路: 5V以下 DC	ヒータ: 0.12W 感ガス素子: 0.01W以下	—	—	-10℃~50℃ 95%RH以下(結露なきこと)	-20℃~60℃ 95%RH以下(結露なきこと)	2重の金属メッシュを用いた簡易防爆	10φ × 150	約1.2g		FCV、定置型FCの水素漏えい検知	・使用環境条件: 酸素濃度21% (標準)、下限18%
日本特殊陶業(株)	FCV向け水素漏れ検知センサ	MEMS熱電動式 (微小な熱伝導率変化(水素による冷却)を検出)	5-50%LEL	—	—	0.6W	2sec	—	-30~100℃	—	—	—	—		FCV向け生産中 高温環境下でも配管に直挿して検知可能 (自社製品への組み込み用途中心)	2007年4月 プレスリリース
(株)ネモト・センサエンジニアリング	水素ガスセンサー NAP-100AH	接触燃焼式	1-50%LEL (0.04-2.0vol.%)	—	1.6V	0.19-0.22W	—	—	~ 260℃ 95%RH以下	-20~60℃ 99%RH以下 (結露ないこと)	—	—	—		水素検知用	
	水素ガスセンサー NCP-180S-H (簡易防爆構造)	接触燃焼式	・0 - 50%LEL (0.04-2.0vol.%) ・0 - 30%LEL(優れた直線性)	—	1.6V	0.21-0.24W	—	—	-20~60℃ 95%RH以下 (結露ないこと)	—	—	—	—		定置型警報器や濃度計への適用多数	
	ガスセンサー簡易ユニット(警報濃度調整済み) ①NSU-131A, ②NSU-131AF	接触燃焼式	mVオーダ(濃度に応じて)	・準警報濃度0.36~0.44vol.%(10±1%LEL) ・警報設定可能範囲: 0.2-1.0vol%(5-25%LEL)	DC 2.5 ± 0.1 V	0.37-0.42W	90sec	90%応答時間で30秒以内	-20~+80℃ 95%RH以下	-20~+70℃ 95%RH以下(結露ないこと)	—	①,②共に 25 × 43 × 22mm	—	 	定置式FC向け	
フィガロ技研(株)	可燃性ガスセンサモジュール CGM6812-B00 (TGS6812を搭載)	接触燃焼式	・0~35%LEL (0~1.4vol.%) ・DC 1.0~4.5V	故障時、0.1V以下	DC 5.0 ± 0.2V	1.5W以下	30sec. 以内	30sec. 以内 (水素4,000ppmに対する90%応答)	-10~60℃ / 20~95%RH (結露なきこと)	-10~60℃ / 20~95%RH (結露なきこと)	ガスセンサTGS6812の開口部を2重の100メッシュステンレス網で保護	50 × 30 × 25.3mm	15g以下		・FC向けガス漏洩検知 ・水素、メタン、LPガス漏洩検知 ・簡易濃度計測	・TGS6812搭載、調整済みでメンテナンスフリー ・水平設置
	水素ガス検知 TGS821	半導体式 (SnO2)	・0.25~5%LEL (0.01~0.2vol.%)	—	・ヒータ電圧: 5.0±0.2V DC/AC ・回路電圧: MAX. 24V	ヒータ: 0.66W	—	—	—	—	セラミックベース、SUS2重金網	φ 19.5 × 16.5mm	約 7.7g		・FC向け水素ガス検知 ・変圧器、鉄鋼産業などでの水素ガス検知 ・水素警報器	・水素ガスに対し高感度で高選択性 ・耐久性に優れたセラミックベース使用
	水素/メタン/LPガス検知用ガスセンサ TGS6812-D00	接触燃焼式	0-100.%LEL	—	3.0 ± 0.1V AC/DC	0.52W(典型値)	30sec. 以下	—	—	-10~80℃ 95%RH以下 (結露無きこと)	—	φ 12.0 × 13.0mm	約 1.5g		・FC向け水素、メタン、LPガス漏洩検知器	—

(b) 機器／システム

メーカー	製品名	検知原理	検知濃度範囲 濃度出力	警報出力等	電源電圧	消費電力	起動時間	応答性	動作温湿度 範囲	保管温度 範囲	パッケージング特性など ・防水・防塵規格 ・耐圧防爆規格	本体寸法(mm) (取付け部を除く)	重量	形状	用途	備考
光明理化学工業(株)	北川式水素センサー: KTS-526	定電位電界式	・0～100%LEL(0～4vol %) ・基準出力: 90±48mV/4% 1.8~11.2μ A/4%	指示警報部との 組み合わせによる	—	—	—	15sec.以内 (20℃ 90%応 答)	－10℃～45℃	—	—	φ 20.7×21.5mm	約9g		ガス検知部と指示警報 部を組合わせて使用	・ケイ素化合物、硫黄化合物などの 被毒影響がない。 ・N2等、不活性ガス中の水素が 検知可。 ・消費電力は接触燃焼式、半導体 式センサーと比較して僅か。 ・出力が直線で高精度に検知可。 ・応答時間は短時間。
	水素検知警報器: FA-480(指示警報部) RD-4(ガス検知部)	接触燃焼式/熱線 形半導体式	・空气中:0～ 5%LEL (0~2000ppm) ・アナログ:4～20mA (指示警報部)	指示警報部との 組み合わせによる	AC100V±10V (指示警報部)	—	—	—	－10～40℃	—	検知部:防爆 d3aG4	検知部:140×175× 108mm	検知部: 4.2kg			
新コスモス電機(株)	可燃性ガス用 ガス検知部 KD-5A (指示計ユニットと共に 使用)	接触燃焼式/熱 線型半導体式/ 気体熱伝導式	仕様による	仕様による	指示計ユニットに よる	—	—	—	－10～60℃	—	防爆:d3aG4	114×192×94mm	約1kg			延長可能距離1km
	可燃性ガス・毒性ガス 用 ガス検知部 KD-12	接触燃焼式/熱 線型半導体式	・0~2000ppm/0~ 100%LEL ・ガス濃度アナログ信 号:DC4~20mA	検知警報(1st) 無電圧a接点	DC24V (DC18V～35V)	最大 1W	—	警報設定濃度 の1.6倍のガス にて30sec.以 内	－10～50℃ (10～90%RH)	—	防水・防塵:IP65 耐圧防爆:Exd II CT5	158×116×68mm	約1.2kg		水素ST、都市ガスガバ ナなど	薄型(天井設置での早期検知) センサがユニット交換式
	無線ガス検知部 KD-100A/100B	熱線型半導体式 /接触燃焼式	・0~2000ppm/0~ 100%LEL ・ガス濃度アナログ信 号:DC 4~20mA	検知警報(1st、 2nd)、センサ故 障、その他故障、 電池残量、通信状 態 他	DC24V (DC18V～35V)	最大3.5W	本体起動は30 秒以内。 ただし、上位と の通信確立に ついては上位 管理ステー ションやネット ワーク構成の 状況による。	警報設定値の 1.6倍のガスで 30sec以内	－20～50℃ 10～90%RH (急激な温度変 化、湿度変化が ないこと、および 結露しないこと)	—	IP防水・防塵:P65 耐圧防爆Exd II CT5	338×146×160	約3.7kg		工場内のガス漏洩監視 用。 通信配線敷設の困難な エリアの監視や配線工事 等のコスト軽減が必要な 場合 等。	・磁石スティックでの操作(防爆 エリアでの設定可能) ・工業用無線通信規格: ISA100.11a準拠 ・水素選択性センサによる誤警 報防止をしながらの高感度検知 が可能。 ・埋設管等の特殊用途へは仕 様変更で対応
	高速応答水素センサ: μ-CSセンサ	マイクロヒータコイ ルを用いた接触燃 焼式	0～100%LEL	本体有線出力なし 検知警報/故障 警報/電池残量 低下 等	システム仕様によ る 電池駆動可能	0.065W (回路を除く)	1秒以内 (90%応答時)	1sec.以内 (90%応答時 間)	－35～85℃	—	耐振動・衝撃性 防水・防塵は筐体側で 対策 簡易防爆	・素子容積:従来比 1/45(当社比) ・想定寸法:φ 100～ 200×400mm程度	100g以下		FCV、水素パイプライン (検討中)	・小電力無線規格(SIGFOX)を 採用予定。(通信頻度 10分～) ・本仕様はセンサ素子単体のも のです。起動・応答時間が短い ので、間欠動作による省電力 化・電池駆動が容易。 ・ガス検知部は要求に基づき設 計。
Honeywell (City Technology)	3 Series	電気化学式	・0~5%LEL (0~2000ppm) 仕様による ・アナログ:4～20mA													空気中における稼働寿命:2年

メーカー	製品名	検知原理	検知濃度範囲 濃度出力	警報出力等	電源電圧	消費電力	起動時間	応答性	動作温湿度 範囲	保管温度 範囲	パッケージ特性など ・防水・防塵規格 ・耐圧防爆規格	本体寸法 (mm) (取付け部を除く)	重量	形状	用途	備考
(株)村上技研産業	光学式水素ガス検知 スイッチ:H-10S	光学式:H2が合金 薄膜と反応し、色 彩が変わる(光反 射率が変わる)こ とにより検知(無通 電)	0.4vol.%以上で検 知 オープンコレクタ出力 (許容値 DC25V、 20mA)	—	本体:DC12~24V	本体:1.6W以 下	—	10sec以内(濃 度による)	センサ部:-20~ 80℃ アンプ部:-10 ~-50℃ (共に、氷結、結 露なきこと)	—	振動に強い	センサ部:65×65× 40mm アンプ部:120×80× 60	センサ部: 約200g アンプ部: 800g		FCV、家庭用燃料電池 燃料電池製造工程 水素貯蔵、供給ステーシ ョン ガス充填所、ガス貯蔵所 半導体製造工程 各種プラント設備 化学会社・ガラス製造・製 鉄所など	・センサ素子に直接電流を流さ ない。 ・ファイバを伸ばして防爆エリア にセンサ部だけ設置可能。 (光ファイバ最大10m) ・水素ガスのみ検知 ・気流状ガスの検知も可 ・無酸素環境でも検知
	防爆形光学式水素ガ ス検知装置:BH-10Z (非防爆タイプ:H- 10Z)	同上	0.1~100%水素ガ ス	—	DC12V±10%	2.4W以下	—	・水素ガス0.8% にて検知出力 30sec.以内 ・危険出力 90sec.以内	0~50℃	—	耐圧防爆:Exd II cT6 (水素・アセチレンガスにも 対応)	φ 77×198mm	約1.6kg			・センサ素子に直接電流を流さ ない。 ・水素ガスのみを検知。 ・気流状ガス検知も可。
	可燃性ガス検知装置: GAS-3W	接触燃焼式	水素濃度 37.5%LELで検知出 力 ガス濃度アナログ出 力 1~5V	—	DC12V~24V	約5W	—	2.5sec以内 (水素1.5%に 対して)	-10~50℃ (但し、氷結、結 露なきこと)	—	—	65×65×43mm	約270g		燃料電池製造工程 水素貯蔵、供給ステーシ ョン ガス充填所、ガス貯蔵所 半導体製造工程 各種プラント設備 鉱山採取作業 その他製造工程における ガス監視	検知時に本装置(自己)の電源 をOffして検知出力を保持
横河電機(株)	光ファイバ温度センサ DTSX3000 DXSX200	光ファイバ中の散 乱現象を利用	測定温度範囲 - 220 ~ 800 °C (セ ンサ用光ファイバ に依存)	—	—	16 W(全温度 範囲) 2.1 W(パワー セーブ時)	—	—	-40~+65° C (業界トップクラ ス)	—	—	—	—		長距離バイブライン 漏れや異常による温度 変化を素早く検知し、発 生場所の特定可	
	無線ガス検知システ ム:ProSafe®-RS SIL2 無線ガス検知器は、 GasAecureAS社 (ド レーゲル子会社)の 「GS01」や「GS01-EA」 等を使用	GS01:赤外線セン サ(炭化水素検 知) MEMS構造	—	—	—	平均5mW (電池駆動)	—	—	—	—	—			プラントの安全計装	2017年7月発表 工業用無線通信規格: IEC61508 (ISA100Wireless) に準 拠 (データ更新頻度:5sec)	
理研計器(株)	拡散式ガス検知部 GD-A80 (指示警報ユニットと共 に使用)	接触燃焼式／半 導体式	接触燃焼式 :0~100%LEL 半導体式 :0~1000,- 2000ppm	指示警報ユニット より出力	指示警報ユニット より供給	—	—	警報設定値の 1.6倍のガスで 30sec以内	-20~53℃ (急変無きこと) 95%RH以下(結 露無きこと)	—	防水・防塵:IP67相当 耐圧防爆構造(Exd II CT4)	78(W)×154(H)× 105(D)mm(突起部は 除く)	約1kg		水素ステーション、石油精 製所、石油化学工場、製 鉄所、発電設備、ガス輸送 船/ガスエンジン船、土木 建設現場、水処理施設、 LPG製造/貯蔵/消費、各 種実験/研究施設 等	・水素ステーションで採用 ・指示警報ユニット間距離: CVVS・2.0sq にて2km 以内
	拡散式ガス検知部 SD-1	接触燃焼式／半 導体式	接触燃焼式 :0~100%LEL 半導体式 :0~1000,- 2000ppm	警報接点出力 ガス濃度信号 (DC4~20mA)	DC24V	最大3W	—	警報設定値の 1.6倍のガスで 30sec以内	-20~53℃ (急変無きこと) 95%RH以下(結 露無きこと)	—	防水・防塵:IP65相当 耐圧防爆構造(Exd II CT5X)	約148(W)×161(H) ×88(D)mm(突起部 は除く)	約2kg		水素ステーション、石油精 製所、石油化学工場、製 鉄所、発電設備、ガス輸送 船/ガスエンジン船、土木 建設現場、水処理施設、 LPG製造/貯蔵/消費、各 種実験/研究施設 等	・水素ステーションで採用 ・機能安全規格SIL2認証取得品 (一部型式のみ)、HART通信対 応
	吸引式ガス検知部 SD-D58	接触燃焼式／半 導体式	接触燃焼式 :0~100%LEL 半導体式 :0~1000,- 2000ppm	警報接点出力 ガス濃度信号 (DC4~20mA)	AC100~110V or DC24V	最大 13VA(AC) 最大8.6W(DC)	—	警報設定値の 1.6倍のガスで 30sec以内	-20~50℃ (急変無きこと) 95%RH以下(結 露無きこと)	—	防水・防塵:IP67相当 耐圧防爆構造 (ExdB+H2 T4)	約197(W)×286(H) ×140(D)mm(突起部 は除く)	約5.8kg		水素ステーション、石油精 製所、石油化学工場、製 鉄所、発電設備、ガス輸送 船/ガスエンジン船、土木 建設現場、水処理施設、 LPG製造/貯蔵/消費、各 種実験/研究施設 等	・水素ステーションで採用(半導 体式:ディスペンサー・カップリン グ部での漏洩検知用)
	水素検知器 FSD-753	ニューセラミック式 (接触燃焼式)	0~20,000ppm 又 は、0~40,000ppm (空気中の水素)	DC 0.5~4.5V (リ ニア濃度出力)	DC 8~16V (DC 12V)	最大0.5W	出力開始時間 500m秒以内	—	-35~100℃ 100%RH以下(結 露なきこと)	-40~125℃	防水・防塵:IP67相当 水素濃度4%以上の雰 囲気中で着火元となら ないこと	約80(W)×55(H)× 15(D)mm(センサ 部、接続部は除く)	約103g		燃料電池モジュール用等	特徴:高温多湿環境用として ヒータ内蔵タイプ(FHD-752)あ り。

(c) 開発中／研究中

メーカー	製品名	検知原理	検知濃度範囲 濃度出力	警報出力等	電源電圧	消費電力	起動時間	応答性	動作温湿度 範囲	保管温度 範囲	パッケージ特性など ・防水・防塵規格 ・耐圧防爆規格	本体寸法(mm) (取付け部を除く)	重量	形状	用途	備考
SEMITEC	<開発中>	薄膜サーミスタを 応用し微小な温度 変化を検知	100ppm(0.01%)～	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		・呼気、皮膚ガス分析 ・透析液の水素ガス分析 ・微量水素ガス検知	・2017.3.17プレスリリース ・高感度(100ppmを計測可能) ・ガス選択性に優れる(エタノール、COに不感)
東芝	<開発中> 詳細非公開	MEMS容量式 (水素吸蔵による 体積膨張により電 極間距離が変化 し、電極間の静電 容量変化を検知)	500ppm(0.05%)～	—	—	～0.1mW (回路モジュール を含む)	—	—	—	—	—	—	—		高速検知と低消費電力 を両立	・MEMSに関する国際会議 「Transducers2017」にて、6月20 日に発表 ・2017.6.20プレスリリース ・開発中：2020以降の実用化を 目指す
日清紡	<開発中> プロトタイプ開発済み	超音波式 振動子(送受信) 間の超音波の伝 わる速度(音速)を 測定し、音速の変 化からガス濃度を 算出	0～100%LEL	—	—	—	加熱ヒータ不 使用で高速起 動可	0.5sec.以下	—	—	—	—	—			触媒不使用により触媒毒への 配慮が不要となることで検出部 が高耐久性 2018年度よりテスト販売予定
パナソニックセミコン ダクターソリューションズ	<開発中> IoT対応水素検知セン サ(IoT-ReH Sensor)	ReHセンサ	目標限界濃度 0.1%(2.5%LEL) 0.1%～4%までの電 流依存性(4%以上 で飽和傾向)	—	—	～0.01mW	—	—	—	—	本質安全防爆認証を 予定	—	—		—	・CEATEC Japan 2016(10月)で 発表 ・高い水素選択性 (CH4,CO,CO2,Aceton,HMDS に 不感) ・N2雰囲気でも反応 ・2018年度内に量産工場で顧客 用試作予定
ミクニ (岩手大学 共同研究 開発)	<取組み実績あり> 水素漏れ検知用の水 素センサ	セラミックス-Pd(パ ラジウム)コンポ ジット膜:電気抵抗 率の変化	0.01～4% (水素爆発濃度領 域の4%以下)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		FC向け、他	2007年発表
東北大／ ボールウェーブ(株)※ ※官民ファンド出資ベンチャー	<開発中> ボールSAW水素ガスセ ンサの開発	弾性表面波(SAW) がガス分子を吸収 して弾性特性の変 化した感応膜を通 る際、振幅や位相 が変化	0.001%～100%(全 域)	—	—	—	—	室温で4sec 130℃で2sec	—	—	—	—	—		山武が、水素ST向けの 流量調節弁に組み込み実 用化を目指す	他に、凸版印刷、米ボールセミ コンダクタ社も協力
横浜国立大学	<研究> 水素漏れ多点監視 システムに適用可能な 水素センサタグ	無線タグのアンテ ナコイルにセンサ 機能を付与(水素 による電気伝導度 の変化を利用)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	常温で水素と反応 低コスト 無通電・無線型
	<研究> 光ファイバグレー ディングを用いた多点 型水素漏れ監視デ バイスの開発(2012- 2014)	水素感応物質を介 して生じる水素の 燃焼熱を温度変化 として検出	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			広い空間を低コストでモニタリ ング可能

2. 6 埋設導管の漏えい検知への適用可否の整理（ハンドホールの場合）

2. 4 および 2. 5 で整理した結果を基に、既存の水素検知センサの埋設導管の漏えい検知への適用可否の評価を行った。本調査では、一例として、ハンドホールの方式を想定して整理を実施した。整理した結果を表 2. 6. 1 に示す。なお、整理にあたっては、パッケージ化されているセンサのうち、検知原理と用途を軸に整理を実施した。

表 2. 6. 1 既存のセンサの埋設導管の漏えい検知への適用可否

<製品化されている水素検知センサ>

検知原理	製品	低濃度検知性	水素選択性	長寿命	小型	応答性	防爆性	防水性	防塵性	耐振動性	周囲環境適合性	主な用途
接触燃焼式	製品 A	◎	○	○	◎	◎	▲※1	▲	◎	※3	◎	FCV
	製品 B	▲	○	○	◎	◎	◎	▲	◎	※3	◎	工業用定置式
熱線型半導体式	製品 C	◎	○	○	◎	◎	◎	▲	◎	※3	◎	工業用定置式
半導体式	製品 D	◎	○	○	◎	◎	◎	▲	◎	※3	◎	工業用定置式
光学式	製品 E	◎	○	▲	◎	◎	◎	▲	▲	※3	◎	工業用定置式

<開発中の水素検知センサ>

検知原理	製品	低濃度検知性	水素選択性	長寿命	小型	応答性	防爆性	防水性	防塵性	耐振動性	周囲環境適合性	主な用途
ReH センサ	製品 F	△	△	△	△	△	△	▲	△※2	※3	△	FCV 定置式燃料電池 水素 ST 水素導管
MEMS 容量式	製品 G	△	△	△	△	△	△	▲	△※2	※3	△	

「◎」：仕様にて目安値適合を確認

「△」：目安値適合品を開発中

「○」：ヒアリングにて目安値適合を確認

「▲」：目安値に不適合

※1 検定は受けていないが、防爆試験で着火源にならないことを確認済

※2 開発段階のため、詳細は検討中

※3 明確な仕様記載がなく、適合可否は別途検討が必要（各社独自試験を実施）

適合可否の評価結果より、以下の内容が確認できた。

- ✓ 既存の水素検知センサで、全ての目安値に適合しているセンサはない。
- ✓ 工業用定置式、FCV 用で多く使用されている接触燃焼式の水素検知センサは、一部のメーカーを除き、0.1%（付臭措置に関するガス工作物技術基準を定める省令を基に設定）での検知は不可である。
- ✓ ハンドホール内は、雨水等の侵入による水没だけではなく、地下水位の上昇による水没が考えられるが、既存の水素検知センサは、水没環境下での検知は不可であり（水没環境下での使用を想定していない）、水没環境下でも検知可能な水素検知センサの開発が必要である。または、ハンドホールが水没環境下とならないような、ハード面での対応が必要である。

2. 7 漏えい検知システム運用上の課題整理（ハンドホールの場合）

水素検知センサにて埋設導管の漏えい検知を行う場合の、漏えい検知システム運用上、検討が必要な課題について整理を実施した。本調査では、埋設導管部分かつ水素検知センサに付随する課題を対象とした。また、想定する水素検知センサによる漏えい検知システムを図2. 7. 1に示す。

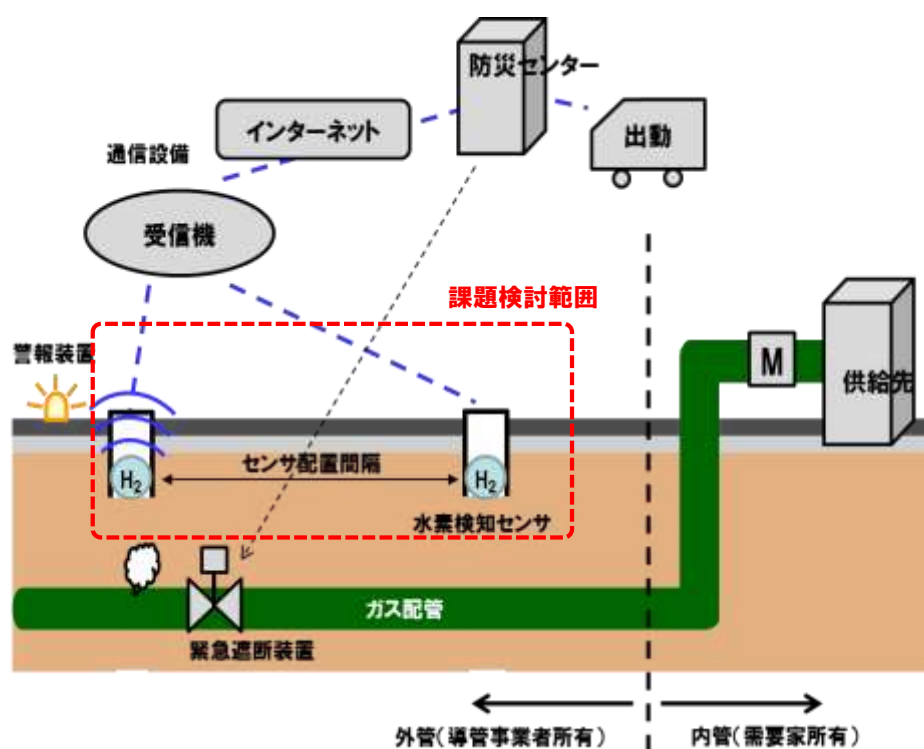


図2. 7. 1 水素検知センサによる漏えい検知システム例

想定する水素検知センサによる漏えい検知システム運用上の課題を表2. 7. 1に示し、内容を後述する。

表2. 7. 1 漏えい検知システム運用上の課題

課題①	省電力化（電池駆動対応）
課題②	無線出力対応
課題③	機能搭載によるサイズアップへの対応
課題④	健全性（センサ・通信）の確認方法
課題⑤	センサ配置密度の設定方法
課題⑥	メンテナンス方法
課題⑦	大規模災害時や他工事による損傷時の漏えい検知方法

【課題①：省電力化（電池駆動対応）】

他工事管理や施工性・メンテナンス性を考慮した場合、無線での漏えい検知システム構成が考えられるが、既存製品にて電池駆動に対応している水素検知センサはなく、今後、電池駆動対応のセンサ開発が必要である。

【課題②：無線出力対応】

無線での漏えい検知システム構成の場合、電池駆動対応とするためには、無線モジュールの省電力化が必要。また、閉塞空間内への設置となるため、無線伝達距離やアンテナの設置場所の検討が必要である。

【課題③：機能搭載によるサイズアップへの対応】

防爆対応・電池駆動対応・無線出力対応は、筐体の大きさとトレードオフの関係にあり、設置環境（ハンドホールの大きさ）は、筐体の大きさにより制約を受けることになる。

【課題④：健全性（センサ・通信）の確認方法】

水素検知センサによる漏えい検知システムの場合、機械的な作動ステップを多く要し、センサおよび通信設備の健全性が常に求められる。

センサの健全性については、常に漏えい検知可能な状態であることが求められ、外部から確認できる仕組みが必要である。また、通信設備の健全性については、常に確実に発報・通信できる状態であることが求められ、通信障害、セキュリティに対する検討が必要である。

【課題⑤：センサ配置密度の設定方法】

他埋設物（防護板）や空隙、土質、地下水等によるガスの拡散挙動への影響について、あらゆる可能性を考慮して、センサ配置を設定する必要がある。

また、ハンドホール等の道路構造物を伴う場合、道路管理者の承諾が必要である。（道路上に数m毎の等間隔でハンドホールを設置することが考えられる）

【課題⑥：メンテナンス方法】

電池交換等のメンテナンスを考慮した設置方法を検討する必要がある。また、電池容量（電池交換作業頻度）と筐体の大きさはトレードオフの関係である。

【課題⑦：大規模災害時や他工事による損傷時の漏えい検知方法】

大規模災害時に導管・センサともに損傷を受けた場合、また他工事において周辺のセンサを一時的に撤去・停止した場合のセンサに替わる漏えい検知方法について検討する必要がある。

また、課題④～課題⑦について、付臭措置の場合と比較した内容を表2.7.2に示す。

表 2. 7. 2 付臭措置の場合と比較した漏えい検知システム運用上の課題

水素検知センサによる漏えい検知システムの場合	付臭措置の場合
課題④ 健全性の確認方法	
《漏えい時の作動ステップ》 1. 検知 ⇓ 2. 信号発信 ⇓ 3. 信号受信 ⇓ 4. 警報作動 (出動要請発信) ⇓ 5. 出動要請受信 ⇓ 6. 警戒行為広報 ・ センサの健全性 常に漏えい検知可能な状態であることが求められる。 ・ 通信設備の健全性 常に確実に発報・通信できる状態であることが求められる。 機械的なステップを多く要する	1. 検知 ↓ 2. 警戒行為 検知と同時に警報認知 ・ 機械的な作動の必要がなく、常に漏えい検知可能な状態である。 ・ 人が漏えいを「検知」する機能と「警報」の役割を持ち、警戒行為（避難、通報等）に動く機能が常に備わっている。
課題⑤ センサ配置密度の設定方法	
他埋設物（防護板）や空隙、土質、地下水等によるガスの拡散挙動への影響について、あらゆる可能性を考慮して、センサ配置を設定する必要がある。	拡散挙動が変わった場合でも、その漏えい先に「検知」する機能を持つ人がいれば検知が可能である。
課題⑥ メンテナンス方法（交換作業）	
電池交換等のメンテナンスを考慮した設置方法を検討する必要がある。	付臭設備以外で交換作業を伴うメンテナンスは必要ない。
課題⑦ 大規模災害時や他工事による損傷時の漏えい検知方法	
大規模災害時に導管・センサともに損傷を受けた場合、また他工事において周辺のセンサを一時的に撤去・停止した場合のセンサに替わる漏えい検知方法について検討する必要がある。	通常の漏えい検知と同様、臭いによる漏えい検知が可能である。

2. 8 まとめ

水素検知センサによる漏えい検知システム（ハンドホールの場合）に関して、センサの仕様上（性能・対環境）の課題としては、水没環境に対する開発・対応が必要である。

また、漏えい検知システム運用上の課題について、付臭措置との比較も含めて整理を実施し、水素検知センサによる漏えい検知システム特有の課題があることがわかった。

なお、本調査では、水素導管の埋設部を対象として、水素検知センサに関する技術調査を実施したが、設置環境が異なる露出部等においては、別途検討が必要となる。

3. 他調査の実施者に対する助言等

他調査の各実施者との会議（以下、連携会議という。）や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。また、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。

3. 1 地中および大気中の水素拡散挙動調査

（１）調査概要

水素ガス漏えいを迅速に検知、遮断等の措置を講じるための技術を対象とし、地中埋設導管からのガス漏えい時の対応措置検討において基本的な知見となりうる地中および大気中（地表面近傍）での拡散挙動を把握、整理する。本年度は、前年度（平成２８年度）の調査結果を踏まえ、より実運用時に近い条件下での拡散挙動を確認するため、舗装を考慮せず一般的な道路構造部へ使用される実際の土砂のみを用いた地中模擬層（直径 7m、深さ 0.7m）を製作し、実フィールド試験によって漏えい水素の拡散挙動を確認した。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した。

（２）実施した助言等（主なもの）

- ①地中模擬層に用いる土壌試料および粒径等の情報提供
- ②埋設深さや土壌転圧等、実フィールド試験装置の製作に関する提案
- ③実験に際しての安全対策に関する提案
- ④濃度計測センサ配置方法とその測定に関する提案

等、上記助言を行い、試験およびシミュレーションの条件設定や考察に反映させた。

（３）調査結果

地中および大気中の水素拡散挙動の経時変化を実験にて確認した。地中においては、漏えい位置を中心に概ね放射状に拡散する挙動が確認され、地中から大気中への拡散は、放出口直上が先行することを確認した。また、シミュレーションにより実験結果の再現性を確認した。

3. 2 水素導管の大規模損傷リスク評価

（１）調査概要

大規模事故シナリオ（リスクシナリオ）の設定をもとに、漏えいした水素に着火した場合等、事故発生時の周囲影響の定性的・定量的評価及びそれを踏まえたリスク対策（対応措置や外部影響の緩和策等の提言）に資する技術的知見を得ることとしている。本年度は、前年度（平成２８年度）の調査結果を踏まえ、埋設水素導管が損傷を受ける現場としてガス工事以外の他工事現場等における掘削坑内が想定されることから、掘削坑の大きさが漏えい水素濃度や爆風圧等を与える影響を実験により確認した。また、実験で得られた水素濃度や爆風圧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した。

（２）実施した助言等（主なもの）

①他工事現場等における掘削坑モデルの情報提供

②試験方法（条件や安全対策等）に関する提案

等、上記助言を行い、漏えい水素の着火影響確認のための実験およびシミュレーションの条件設定に反映させた。

（３）調査結果

掘削坑内における漏えい水素への着火による周囲影響は、実験によって掘削坑の大きさ及び水素漏えい流量によって異なる燃焼挙動を示すことを把握できた。その実験結果をもとに、掘削坑サイズ別の爆風圧評価モデルを整理した。また、シミュレーションにより実験結果の再現性を確認した。

4. 委員会の設置、運営

4. 1 特別専門委員会

平成 29 年度は、全 3 回の特別専門委員会を開催した。第 1 回（平成 29 年 8 月 2 日開催）は、事業計画の審議、第 2 回（平成 29 年 11 月 16 日開催）は、中間進捗状況報告、第 3 回（平成 30 年 2 月 14 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 29 年 8 月 2 日（水） 15:00～17:00

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 委員長挨拶、委員並びに関係者の紹介
② 平成 29 年度「水素導管供給システムの安全性評価事業」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 29 年 11 月 16 日（水） 10:00～11:45

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 29 年度「水素導管供給システムの安全性評価事業」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 30 年 2 月 14 日（水） 15:00～17:00

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 29 年度「水素導管供給システムの安全性評価事業」各事業成果の審議
② その他

4. 2 推進ワーキンググループ

平成 29 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 29 年 7 月 10 日開催）は、推進ワーキンググループの活動計画内容および第 1 回特別専門委員会に向けた報告内容の確認、第 2 回（平成 29 年 9 月 6 日開催）は、第 1 回特別専門委員会での指摘事項の確認および計画に関する協議、第 3 回（平成 29 年 10 月 26 日開催）は、各テーマの進捗状況の共有、第 4 回（平成 29 年 12 月 8 日開催）は、第 2 回特別専門委員会での指摘事項の確認および計画に関する協議、第 5 回（平成 30 年 1 月 24 日開催）は、第 3 回特別専門委員会に向けた報告内容の確認、第 6 回（平成 30 年 2 月 27 日開催）は、第 3 回特別専門委員会における指摘事項と最終報告に向けた対応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29年7月10日(金) 15:00~17:00

場所： 日本ガス協会 7階 708会議室
(東京都港区虎ノ門1-15-12)

議題： ① 総合調査について(推進ワーキンググループ活動計画内容)
② 第1回特別専門委員会に向けた報告内容の確認
③ その他

(2) 第2回推進ワーキンググループ

日時： 平成29年9月6日(水) 13:30~17:15

場所： 東京ガス株式会社 本社 13P-13会議室
(東京都港区海岸1-5-20)

議題： ① 第1回特別専門委員会での指摘事項の確認および計画に関する協議
② その他

(3) 第3回推進ワーキンググループ

日時： 平成29年10月26日(木) 14:00~17:15

場所： 日本ガス協会 7階 708会議室
(東京都港区虎ノ門1-15-12)

議題： ① 各テーマの進捗状況の共有
② 総合調査について
③ その他

(4) 第4回推進ワーキンググループ

日時： 平成29年12月8日(金) 10:00~13:30

場所： 大阪ガス株式会社 都市魅力研究室
(大阪市北区大深町3-1 グランフロント大阪ナレッジキャピタル タワーC 713)

議題： ① 第2回特別専門委員会での指摘事項の確認および計画に関する協議
② その他

(5) 第5回推進ワーキンググループ

日時： 平成30年1月24日(水) 13:30~17:00

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3回特別専門委員会に向けた報告内容の確認
② その他

(6) 第6回推進ワーキンググループ

日時： 平成30年2月27日(火) 14:00~17:00

場所： 虎ノ門天徳ビル 4F 小会議室

(東京都港区虎ノ門 1-13-5)

議題： ① 第3回特別専門委員会における指摘事項と最終報告に向けた対応

② その他

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産業保安グループガス安全室殿に深く感謝の意を表します。

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 平成29年度水素導管供給システムの安全性評価事業（総合調査）調査報告書

委託事業名 平成29年度水素導管供給システムの安全性評価事業（総合調査）

受注事業者名 一般社団法人 日本ガス協会

[illegible]