

平成 2 3 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 4 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	5
3. 1 他調査の実施者に対する助言等	5
3. 2 委員会の設置、運営	5
3. 3 水素パイプラインの利用と保安に関する事例調査	5
3. 4 概略スケジュール	6

II. 調査の実施結果

1. 他調査の実施者に対する助言等	7
1. 1 水素漏えい・拡散挙動調査	7
1. 2 付臭剤添加による金属系材料の水素脆化影響調査	7
1. 3 施工方法の安全性評価調査	8
1. 4 水素導管圧力解析調査	9
2. 委員会の設置、運営	10
2. 1 特別専門委員会	10
2. 2 推進ワーキンググループ	10
3. 水素パイプラインの利用と保安に関する事例調査	13
3. 1 目的	13
3. 2 調査結果の概要	14
3. 3 調査結果の詳細	16
3. 3. 1 調査実績	16
3. 3. 2 Air Liquide 社	18
3. 3. 3 Lolland 実証事業	23
3. 3. 4 Fabbrica del sole 社	30
3. 3. 5 Enel 社	34

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2015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～平成19年）及び「水素漏えい検知技術調査事業」（平成18年～平成20年）等がなされてきたが、保安の確保、安定供給、経済性全般に渡る系統的、網羅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、本事業を実施する。

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）」の事業を受託した。

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. 1～3に委員会等の名簿を示す。

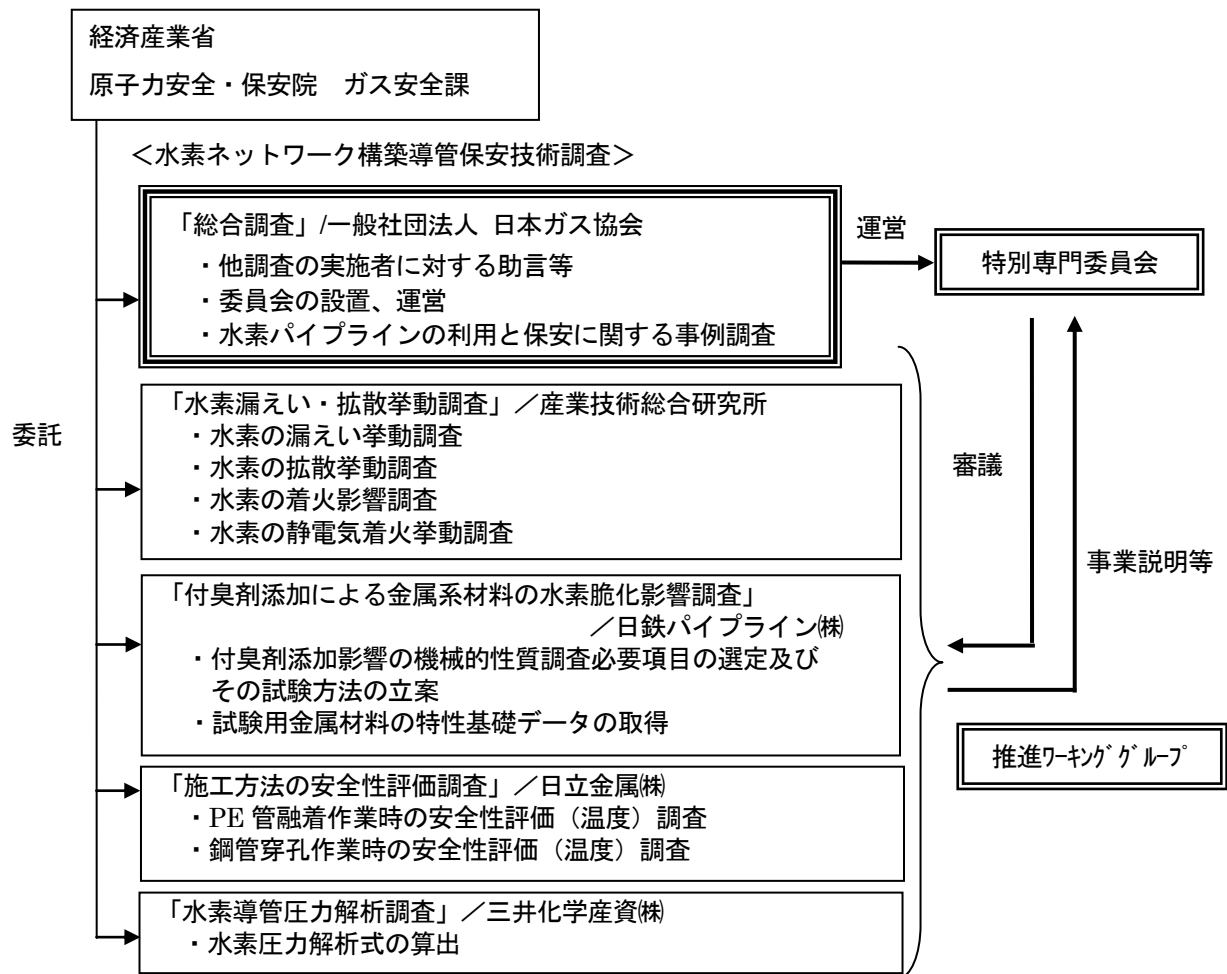


図2. 1 調査実施体制（全体関連図）

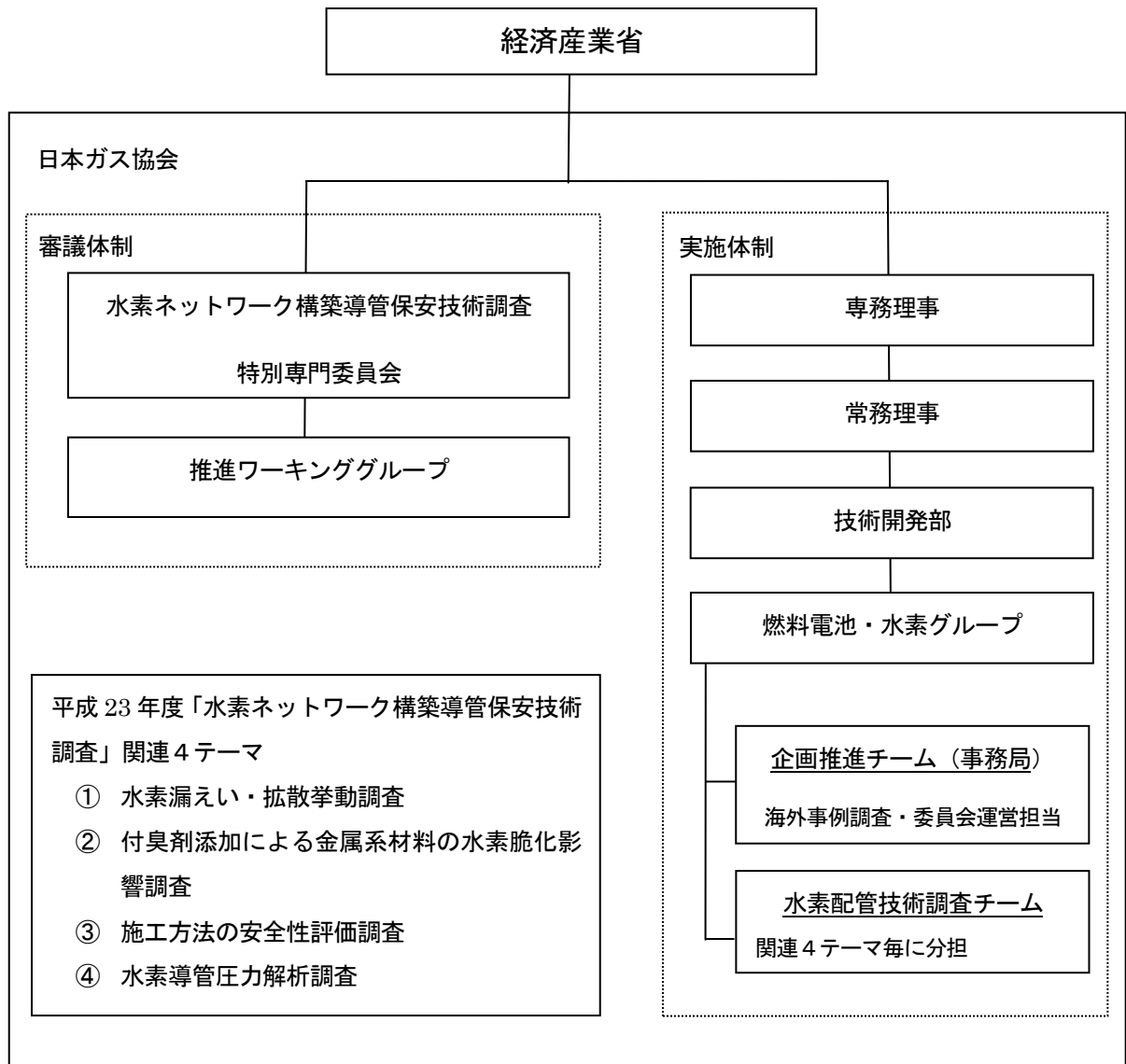


図2. 2 調査実施体制（日本ガス協会）

表 2. 1 水素供給システム安全性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
	長谷 耕志	東京ガス株式会社 技術開発本部 基盤技術部長
	藤井 貴	大阪ガス株式会社 理事 エンジニアリング部長
関係者	杉 司	経済産業省 原子力安全・保安院ガス安全課 基準班長
	篠原 秀和	経済産業省 原子力安全・保安院ガス安全課 ガス工作物係長
	浅野 由香	経済産業省 原子力安全・保安院ガス安全課 ガス安全専門職
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 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	緒方 雄二	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	日鉄パイプライン株式会社 技術本部 技術部長
	徳 多加志	日立金属株式会社 桑名工場 技術部 開発グループ長
	田中 宏明	三井化学産資株式会社 大竹事業所 管材開発部長
	田村 雅之	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ
	樋口 裕思	同 上
	川口 忍	同 上
	吾郷 哲郎	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	池島 賢治
技術開発部長	田畑 健
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、西村 暢明、鴫矢 直紀、富田 秀之
水素供給技術チーム	田村 雅之、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

3. 事業内容

3. 1 他調査の実施者に対する助言等

平成23年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素漏えい・拡散挙動調査）、平成23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23年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（施工方法の安全性評価調査）及び平成23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

欧州において、事業として水素インフラを運営する事業者及び団体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一般家庭及び大口需要家等への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および仕様
- ・水素パイプライン敷設のための施工方法
- ・水素供給実施にあたっての保安管理状況（設備の維持管理および緊急対応含む）
- ・水素パイプラインを設計、施工、維持管理するための運用法規および自主基準等
- ・水素利用機器の仕様、使用状況
- ・一般家庭への水素供給取り組み状況

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23年						平成24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

「事業者連絡会議」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。他調査の各調査概要、調査結果（抜粋）と共にその調査結果に対する考察を以下に示す。

1. 1 水素漏えい・拡散挙動調査

（1）調査概要

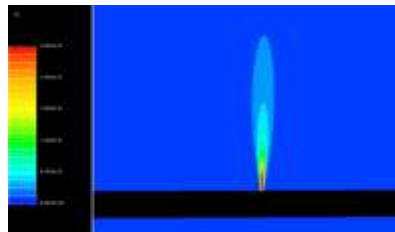
中低圧の水素導管供給において導管に腐食孔が生じる場合を想定し、そのピンホール腐食孔からの水素の漏えい挙動、拡散挙動、水素の着火影響及び水素の静電気着火に係る調査を実施する。

（2）調査結果

- ・ 低圧、小流量の水素漏えいでは、大気中への拡散において燃焼範囲となる領域は狭く、着火時の輻射熱・爆風圧は小さいことがわかった。
- ・ 漏えい孔付近においては、拡散状況のシミュレーションと実測値との差異がみられた。
- ・ 静電気着火調査では、特定条件において湿度と流速による着火抑制効果がみられなかった。

（3）考察

- ・ 今年度は、低圧、小流量の水素漏えいによる拡散挙動、着火影響調査を実施したが、次年度以降、中圧、大流量の場合についても同様の調査を実施することにより、漏えい発生現場における危険範囲に関する知見を取得し、整理すべきであるとする。
- ・ 漏えい拡散状況の実測値とシミュレーションにおける差異については、設定条件等の改善策を検討し、次年度以降の改善が望まれる。



水素拡散シミュレーション例

1. 2 付臭剤添加による金属系材料の水素脆化影響調査

（1）調査概要

平成17年度～19年度の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（金属系材料の仕様検討等））調査では、ある条件下において金属系導管材料に水素脆化が見受けられた。その結果を踏まえ、水素の漏えい検知用として使用する付臭剤を添加した水素が金属系導管材料の水素脆化に及ぼす影響を調査する。

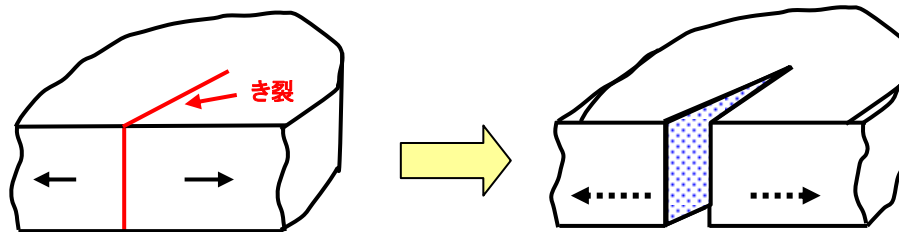
（2）調査結果

- ・ 過去の調査結果及び工学的見地から脆化影響として評価すべき試験項目を疲労き裂伝播試験と選定した。
- ・ 都市ガスで使用されている金属導管材料の供試材について、基本特性データ（機械的性質、水素吸収量等）を取得し、供試材として問題がないことを確認した。

- ・ 次年度以降に実施する疲労き裂伝播試験の試験方法を提案し、試験装置の設計までを完了した。

(3) 考察

- ・ 今年度は実際に影響評価試験を実施するための準備であり、試験装置の設計、供試材の適正確認、基本特性の調査を完了したことにより次年度の当該事業の速やかな立上げ準備が整ったと考えられる。



き裂伝播進展イメージ

1. 3 施工方法の安全性評価調査

(1) 調査概要

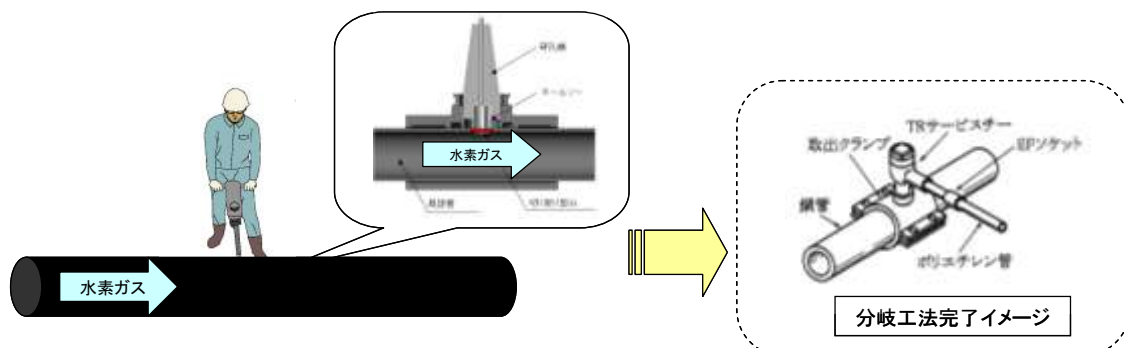
都市ガス工法では、ガスの供給を停止することなく導管の分岐等を行う活管分岐工法が一般的に使用されている。当該調査では、水素供給導管から漏えいした水素が融着作業現場に滞留するといった最悪ケースを想定し、異常状況を想定したPE管活管分岐継手融着作業時と鋼管用活管分岐継手の穿孔作業時の安全性評価調査（発生温度を確認し、目安とされる水素の最低着火温度 500℃との比較を行う）を実施する。

(2) 調査結果

- ・ PE管活管分岐継手の融着作業における温度は、異常状況を想定した場合であっても250℃以下であった。
- ・ 鋼管用活管分岐継手の穿孔作業における温度は、条件によって500℃近くまで上昇した。

(3) 考察

- ・ 調査結果では目安とされる水素の最低着火温度500℃を上回る結果は認められなかったものの、鋼管穿孔作業時における調査結果はあくまで特定条件を想定した範囲のものであり、また、水素の最低着火温度は環境条件により変化することが想定されるため、着火判定を行う場合には別途検討が必要と考えられる。



1. 4 水素導管圧力解析調査

(1) 調査概要

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、導管設計において活用する水素に適合した圧力解析式を導き出すための調査を実施する。

(2) 調査結果

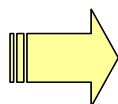
- ・ Darcy-Weisbach式に基づき、特定流量範囲における水素圧力損失算出が可能となる暫定実用式を導出した。導出した暫定実用式は、一般的に都市ガスで活用している実用的な解析式のように、流量、延長、管径を変数とするものとした。

(3) 考察

- ・ 導出した暫定実用式は簡便なものとなっているが、実際の適用にあたっては、使用する範囲が限定されていることを考慮して、用いる必要があると考える。
- ・ 今年度は低圧（10kPa以下）用の暫定式を導出したが、今後は、都市ガス事業においても使い分けがあり、かつ、圧縮性の影響を受けると想定される中圧についても検討が必要と考えられる。

■Darcy-Weisbachの式

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{V^2 \cdot \rho \cdot L}{2 \cdot D}$$



■圧力解析用暫定式

$$\Delta P = K \cdot Q^\alpha \cdot D^\beta \cdot L^\gamma$$

※K、α、β、γ は定数

ΔP（H）：起点圧力と終点圧力の差（圧力損失）[Pa]

V：ガス流速 [m/s]

ρ：ガス密度 [kg/m³]

D：内径 [m]

λ：管摩擦係数[-]

L：本支管延長 [m]

Q：ガス流量 [m³/hr]

2 委員会の設置、運営

2. 1 特別専門委員会

平成23年度は、全3回の特別専門委員会を開催した。第1回（平成23年8月11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23年11月24日開催）は、中間進捗状況報告・審議、第3回（平成24年2月13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）第1回特別専門委員会

日時： 平成23年8月11日（木） 15:00～17:15

場所： 日本ガス協会 9階 大会議室

東京都港区西新橋1-1-3 東京桜田ビル

- 議題： ① 委員長挨拶、委員並びに関係者の紹介
② 平成23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23年11月24日（木） 15:00～17:30

場所： 日本ガス協会 7階 706会議室

東京都港区西新橋1-1-3 東京桜田ビル

- 議題： ① 平成23年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」各事業中間進捗状況及び今後の進め方の審議
② その他

（3）第3回特別専門委員会

日時： 平成24年2月13日（火） 14:30～17:00

場所： 日本ガス協会 9階 大会議室

東京都港区西新橋1-1-3 東京桜田ビル

- 議題： ① 平成23年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」各事業成果まとめの審議
② その他

2. 2 推進ワーキンググループ

平成23年度は、全3回の推進ワーキンググループを開催した。第1回（平成23年8月31日開催）は、今年度調査事業の実施詳細検討、第2回（平成23年11月14日開催）は、中間進捗状況の確認、第3回（平成24年2月2日開催）は、今年度調査事業成果まとめの報告の検討、という位置付けのもとに実施した。

以下に、全3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23年8月31日（水） 14:30～17:30

場所： 日本ガス協会 9階 大会議室

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23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23年11月14日（月） 14:30～17:00

場所： 日本ガス協会 9階 大会議室

東京都港区西新橋1-1-3 東京桜田ビル

議題： ① 平成23年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」の中間進捗状況の確認
及び今後の進め方の協議・検討

② その他

(3) 第3回推進ワーキンググループ

日時： 平成24年2月2日（木） 15:30～17:30

場所： 日本ガス協会 9階 D会議室

東京都港区西新橋1-1-3 東京桜田ビル

議題： ① 平成23年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」の成果の確認

② その他

表2. 1 平成23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23年度契約関係		◎ 7/29 委託契約							報告書提出 ◎	
特別専門委員会			◎ 8/11 第1回委員会 ・事業基本計画 【審議】			◎ 11/24 第2回委員会 ・事業進捗状況（中間） 【審議】			◎ 2/13 第3回委員会 ・事業進捗状況（最終） ・事業成果まとめの方向性 【審議】	
推進ワーキンググループ				◎ 8/31 第1回WG ・事業詳細計画 【確認・協議】		◎ 11/14 第2回WG ・事業進捗状況（中間） ・特別専門委員会報告事項 【確認・協議】			◎ 2/2 第3回WG ・事業進捗状況（最終） ・特別専門委員会報告事項 ・事業成果まとめの方向性 【確認・協議】	
事業者 連携会議	水素漏えい・拡散挙動調査 産業技術総合研究所			◎ 9/20 第1回連携会議 ・試験内容の詳細計画 【確認・協議】		◎ 11/18 第2回連携会議 ・進捗状況 ・試験設備 【確認・協議】			◎ 2/8 第3回連携会議 ・事業成果まとめ 【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 日鉄パイプライン株式会社				◎ 10/25 第1回連携会議 ・進捗状況 【確認・協議】			◎ 1/27 第2回連携会議 ・事業成果まとめ 【確認・協議】		
	施工方法の安全性評価調査 日立金属株式会社					◎ 11/9 第1回連携会議 ・事業進捗状況 ・試験設備 【確認・協議】		◎ 1/19 第2回連携会議 ・事業成果まとめ 【確認・協議】		
	水素導管圧力解析調査 三井化学産資株式会社			◎ 9/15 第1回連携会議 ・設備仕様、試験条件 【確認・協議】		◎ 11/11 第2回連携会議 ・事業進捗状況 ・試験装置および試験状況 【確認・協議】	◎ 12/15 第3回連携会議 ・事業進捗状況 【確認・協議】	◎ 1/24 第4回連携会議 ・事業成果まとめ 【確認・協議】		
海外事例調査						◎ 11/6～11/13 欧州事例調査 ・調査先：ベルギー、デンマーク、イタリア （水素供給事業者・実証事業等）				

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州の水素供給事業者、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および技術レベルの調査を実施する。

また、将来の水素供給実証事業を視野に入れ、日本に先行して実施されている水素パイプラインを用いた水素供給実証事業内容（供給仕様、維持管理方法など）に関する情報収集を行う。

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

調査先	場所	調査先の概要	主な調査目的
Air Liquide (エア・リキッド) 社	ベルギー／ アントワープ	・パイプラインによる広範囲な大規模供給を実施。 ・産業ガス分野のリーディングカンパニー。 ・水素パイプラインの設計、施工、維持管理に関する豊富な経験を所有。	・パイプラインによる水素供給に関する保安管理方法（設備点検、緊急対応等）、課題等に関する情報収集の実施。
Lolland (ロラン) 実証事業	デンマーク ／ロラン	・風力発電による余剰電力を活用した水素製造を実施。 ・水素パイプラインを用いた、一般家庭向けの小規模水素供給を実施。 (水素消費機器は燃料電池)	・保安管理方法（設備点検、緊急対応等）、課題および今後の方向性に関する情報収集の実施。
Fabbrica del Sole(ファブ・リカ ル) 社	イタリア／ アレツォ	・水素の集中配管を用いた水素供給事業を実施。 (主な供給先は、金細工加工工場が中心)	・パイプラインによる一般家庭への水素供給の取り組み状況、想定仕様および課題等に関する情報収集の実施。
Enel (エネル) 社	イタリア／ ヴェネチア、 ラドコンドリ	・イタリアで最大規模の電力供給会社。 ・水素タービンによる発電実証を実施。	・近接コンビナートから水素タービンへ供給している水素配管の状況、もしくは、水素の取扱いにおける保安管理内容に関する情報収集の実施。

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および仕様
- ・ 水素パイプライン敷設のための施工方法
- ・ 水素供給実施にあたっての保安管理状況（設備の維持管理および緊急対応含む）
- ・ 水素パイプラインを設計、施工、維持管理するための運用法規および自主基準等
- ・ 水素利用機器の仕様、使用状況
- ・ 一般家庭への水素供給取り組み状況

（１）水素パイプラインの設計思想および仕様

- ・ 日本では主に高圧パイプライン用の材料として用いられている API 規格の X 材が多く用いられており、日本の中・低圧力の供給に用いるようなロースペックの配管を用いている事業者は見当たらなかった。
- ・ 調査先の水素パイプライン概要を表 3. 2. 1 に示す。

表 3. 2. 1 水素パイプライン概要

	Air Liquide 社	Lolland 実証事業	Fabbrica del Sole 社
供給種別	産業用	家庭用	産業用
用途	化学プラント等	燃料電池	金細工加工
特徴	広範囲の大規模供給事業	限定した範囲における実証事業	限定した範囲における供給事業
供給開始	1970 年～	2011 年～	2008 年～
供給圧力	50bar(5MPa)	4bar(0.4MPa)	5bar(0.5MPa)
管種	API X42,X52	API X42	SUS304
管径	4～10 インチ	1 インチ	1 インチ

（２）水素パイプライン敷設のための施工方法

- ・ 新設配管の敷設に関しては、日本と同様の手法で実施されていたが、本事業で課題となっている既設配管からの分岐手法に関しては、あらかじめ将来の需要家を想定し、分岐バルブを先行設置するという、コスト重視ではなく、施工重視の思想で実施されていた。
- ・ 管内ガスの置換に関しては、窒素等の不活性ガスを活用することで空気と水素の混合気が発生されないようにするという水素における一般的な手法にて実施されていた。

（３）水素供給実施にあたっての保安管理状況（設備の維持管理および緊急対応含む）

- ・ 水素の漏えい検知に関しては、調査先毎に異なる手法を用いて、維持管理を実施されていたが、確実、かつ、安価な手法は見当たらなかった。

- ・都市ガス同等の点検内容、点検頻度で実施しているが、経年劣化による水素脆化等による漏えい、もしくは、大きな不具合は発生していないということであった。

（４）水素パイプラインを設計、施工、維持管理するための運用法規および自主基準等

- ・ Air Liquide 社では、水素パイプライン用として EIGA（ヨーロッパ産業ガス協会）が取りまとめた“まとめ資料”と体系的に整備された社内基準に基づき事業運営を実施していた。
- ・ Lolland、Fabbrica del Sole 社では、主に自国の都市ガス基準に準じて事業運営を実施していた。

（５）水素利用機器の仕様、使用状況

- ・ 産業用大口需要向けでは、化学プラントの原料として、また、還元剤として使用していた。
- ・ 一般家庭向けとしては、家庭用燃料電池の燃料として使用していた。
- ・ 研究向けでは、水素タービン発電用の燃料として使用していた。
- ・ 上記を訪問先と併記し、とりまとめたものを表 3. 2. 2 に示す。

表 3. 2. 2 訪問先および水素使用用途

訪問先	場所	種別	水素用途	商用/実証
Air Liquide 社	ベルギー ：アントワープ	産業用	化学プラント	商用
Lolland 実証事業	デンマーク ：ロラン市	家庭用	燃料電池	実証
Fabbrica del sole 社	イタリア ：アレツォ	産業用	金細工加工	商用
Enel 社	イタリア ：ベニス	産業用	水素タービンプラント	実証

（６）一般家庭への水素供給取り組み状況

- ・ Lolland 実証事業では、現在の家庭用向け水素供給をステップアップし、将来的に一般家庭への水素供給事業を実施することも視野に入れていた。Fabbrica del Sole 社でも同様に一般家庭へ水素供給を行う構想を持っていた。ただし、両事業とも消費機器の主力となる家庭用燃料電池の価格や耐久性に課題があり、現時点では現実的ではないとの見解であった。

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実証事業等を訪問し、水素パイプライン仕様、保安管理状況、水素利用機器及び一般家庭への水素供給取組み状況等に関する情報収集・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 調査日程と調査内容

日程	スケジュール	調査内容	宿泊地
11/ 6(日)	移動	—	ブリュッセル
11/ 7(月)	①Air Liquide 社訪問	・ 水素供給仕様 ・ 保安管理方法 ・ 水素利用機器 ・ 一般家庭への供給	コペンハーゲン
11/ 8(火)	②Lolland 実証事業訪問		フィレンツェ
11/ 9(水)	③Fabbrica del Sole 社訪問		フィレンツェ
11/10(木)	④Enel 社（研究所）訪問	・ 水素利用機器 ・ 水素配管仕様	フィレンツェ
11/11(金)	⑤Enel 社（水素タービン）訪問		ベニス
11/12(土)	移動（11/13(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	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
	長谷 耕志	東京ガス株式会社 技術開発本部 基盤技術部長
	藤井 貴	大阪ガス株式会社 理事 エンジニアリング部長
事務局	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
	近藤 諭	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 : 2011 年 11 月 7 日 (月) 9:30~14:30

・ 場所 : Air Liquide Industries Belgium

・ 面会者 :

Mr. Raf Sleetbus , Regional Director , Benelux Centre

Mr. Frederic Waroquier , Plant Manager

Mr. Ronny Francken , Exploitation Manager Pipeline Department

- ・ 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・意見交換を行った。

(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り、世界80カ国で事業を実施しており従業員は約4万3千人。
- ・ 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8,600 kmに及ぶ。
- ・ 欧州北部地域（ベルギー、フランス、オランダ）のパイプライン延長は約3,000 kmで、その内、水素は約830 kmの延長を占める。
- ・ ベルギーアントワープのBASF（ベルギー最大の化学メーカー）工場敷地内にあるAir Liquide社の工場（今回訪問）においては2003年より水素の製造・供給を開始。



アントワープの BASF 工場内の Air Liquide 社の事務所

（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）

- ・ パイプラインとして使用している材料は、API（America Petroleum Institute）規格のX42、X52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問題ないとしている。また、当該材料は、日本においても高圧の都市ガス輸送パイプラインとして一般的に広く使用されているものである。
水素パイプライン仕様の詳細に関しては、表3. 3. 2. 1に示す。
- ・ パイプラインは道路脇のスペースに埋設されており、場所によってはトンネル、ラックなどの方法で設置されている。
- ・ 新規需要発生時の対応としては、分岐工事が困難であることを見越し、需要増が見込まれるラインに関しては、あらかじめ、分岐バルブを設置しておくことという設計を行っている。

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 X42、X52
管径	4～10 インチ
埋設深さ	約 1m
パイプライン延長	約 830km
供給圧力	50bar（5MPa）

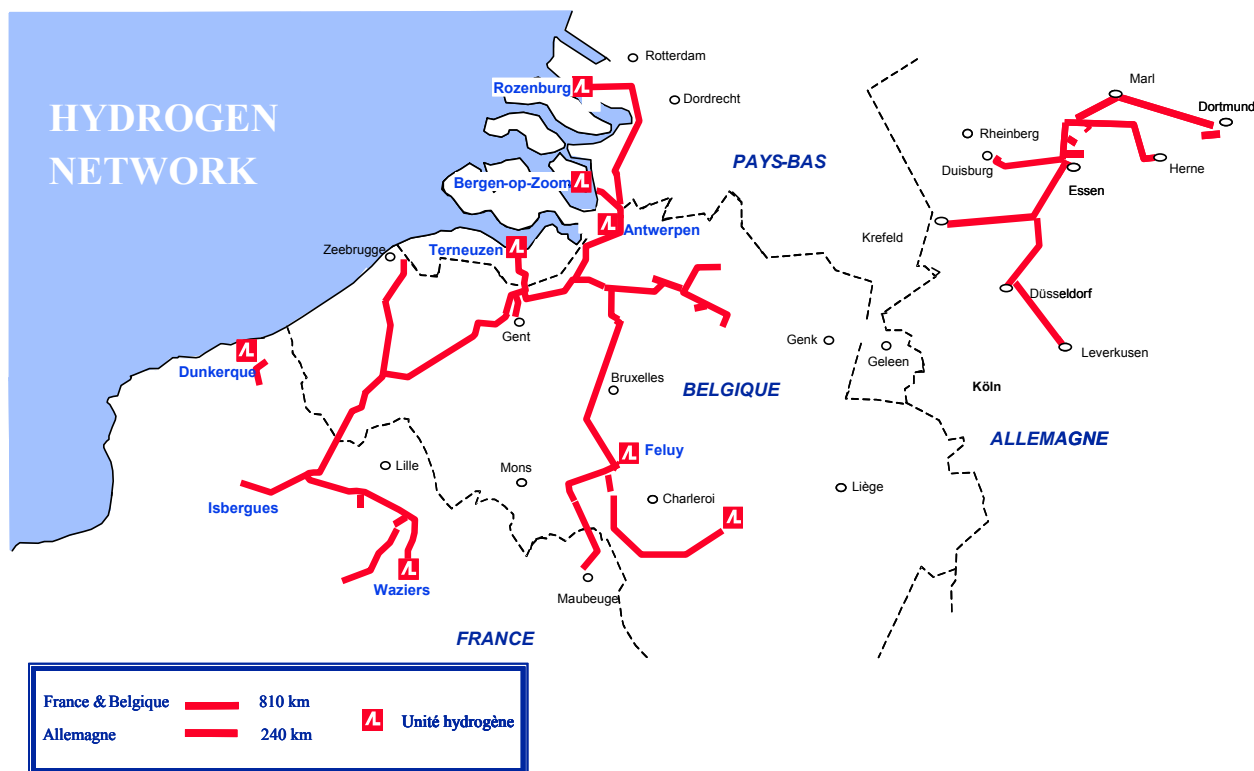


図3. 3. 2. 1 Air Liquide 社の水素パイプライン網図

②施工

- ・ パイプライン工事の施工方法は、日本との大きな差異はなく、被覆アーク溶接（SMAW）にて、接合を行っており、非破壊検査に関しても、溶接箇所に対してすべて実施している。
- ・ 減肉補修工法（Clock Spring）という、減肉部を盛った後にFRPテープ巻きを施す修繕方法を採用し、本修繕工法に位置付け使用している。この工法を用いることで、補修施工時にも供給を停止せず、施工を実施しており、供給停止時に作業負荷のかかる管内を窒素置換するという作業を省略可能としている。
- ・ 新規需要家向けの分岐取り出し方法に関しては、①設計のところでも述べたが、想定される需要家に対し、あらかじめ分岐バルブを設置しておくため、特殊なパイプライン分岐方法を実施しているわけではない。



図3. 3. 2. 2 Air Liquide 社の水素パイプライン埋設配管

③維持管理

- ・ パイプラインの維持管理は、「Maintenance Network」という組織（メンテナンス要員の社員30人と外注）で逐次対応している。
- ・ パイプラインの情報に関しては、ALPIMS Screenshotと呼ばれるマッピングシステムを所有しており、埋設位置や埋設年度等を管理している。加えて、地上面に青色ポールを設置（図3. 3. 2. 3）し、埋設位置が地表面から目視による確認を可能にしている。



図3. 3. 2. 3 地上ポール設置状況

- ・ 定常的な漏えい点検管理に関しては、都市ガスの管理と同等レベルで、埋設部を下記のような方法及び頻度で実施している。

徒歩による点検 : 1回/年（検知器による点検）
 自動車パトロール : 1回/月（目視調査のみ）
 ※場合によっては、ヘリコプターも使用
 橋梁管・河川横断管等 : 1回/年（目視調査のみ）
 絶縁継手点検 : 1回/年

- ・ 他社工事からの維持管理に関しては、Web Apricationシステムを採用し、需要家、Air Liquide、メンテナンス会社（Air Liquideより保安業務を受託）間によりWeb上で保安情報の共有化を可能とし、他社工事情報を迅速に把握する仕組みを構築している。

他社工事事業者に対する直接の管理としては、日本のシステムと同様にガス種と緊急連絡先を記載したものを、地上面に設置された青色のポール（埋設位置を示す）に貼り付け、注意喚起を図っている。

- ・ 水素漏えい検知方法としては、常時圧力管理を実施し、需給バランスが1%以上乖離した場合、漏えいと判断する「Online Leak Detection」システムを採用しており、圧力モニタリング装置と合わせて、漏えい箇所の特定を行っている。また、その作業の際には、検知限界を0.5ppmとする水素検知器を使用している。
- ・ 水素ガス漏えいの要因の内、他社工事の次に多い材料欠陥や材料腐食に対しては、外面腐食直接検査（External Corrosion Direct Inspection）の実施やポリエチレンコーティングを促進させ、電気防食管理の有効性を高めることで対応している。

④法規および技術基準

- ・ 欧州産業ガス協会の水素パイプラインに関する知見をまとめた資料があり、正規の基準や法規ではないものの、長年の経験により構築された自社基準として、この資料に準じて業務を実施している。
また、供給業務ごとに体系的に整備された社内基準（Pipeline Integrity Management）を作成しており、気密試験等の方法や基準を設定している。
※社内基準は5年ごとに見直しがなされている。

⑤その他

- ・ 安定供給対策として、液化ガスローリー輸送によるバックアップや水素製造装置の2重化を実施している。また、日本における安全管理の考え方と同様で、緊急時を想定し、メインの供給配管に対して、バイパス管を設置する対策を実施している。

（３） まとめ

- ・ 設計面に関して、Air Liquide社は、水素供給に関して40年もの歴史と広範囲に渡るパイプラインを所有している世界のリーディングカンパニーであり、学ぶべき部分が多かったが、詳細なパイプライン網解析に関しては、公開できないノウハウ部分が多く存在し、今後の調査、検証の余地を残すものとなった。
- ・ 施工面に関しては、日本の都市ガス供給では高圧パイプラインに相当するものばかりで、今回の事業のターゲットとしている中・低圧パイプラインと比較すると高価で、安全増しとなるものが多かった。
- ・ 維持管理に関しては、具体的な事故事例や漏えい件数の確認まで及ばなかったが、概ね、都市ガス同様の点検頻度・点検内容で問題がないということは確認できたので、日本における水素パイプラインの点検頻度等を検討する際の一つの指標になるものと推測される。
- ・ 漏えい検知に関しては、システム管理することで、供給時業者側における漏えい検知は可能であるが、水素使用者側での漏えい検知は困難であると感じられるものであった。そのため日本の都市ガスで用いられている安価で、不特定多数の人が漏えいを検知できるものが必要であると改めて認識させられた。
- ・ 基準類に関しては、EIGAのまとめ資料に準じており、また、社内マニュアルが体系的に整備されており、今後の基準検討時の指標となるものと推測される。

3. 3. 3 Lolland 実証事業

・ 日時：2011 年 11 月 8 日（火） 10:00～14:00

・ 場所： Maribovej 9, 4960 Holeby, Denmark

・ 面会者：

Mr. Leo Christensen , Business Development Manager

Mr. Jens Jakobsen , Projektleder , SEAS-NVE

Mr. Erik C. Wormslev , Director , Business Development , Euring , BS c

- ・ 概要：デンマークのロラン島では風力を中心として発電した余剰電力を活用して水素を製造し、パイプラインを通して一般家庭へ水素を供給し、水素を燃料とした燃料電池にて電気と熱を作り出す実証事業を実施している。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、水素利用機器等を中心に情報収集・意見交換を行った。



デンマークロラン島の風車群

（１）実証事業概要

①背景

- ・ ロラン島における電力は風力発電を中心とした自然エネルギーで概ね発電しており、ロラン島の発電電力量は需要量の約5倍に達する（ロラン島の人口は約6.8万人で面積は約1200km²）。デンマーク全体としても、エネルギー自給率は130%となっている。
- ・ デンマークには電力のスーパーグリッドがあり、ノルウェーからドイツまで電力の相互融通を可能にしている。デンマークは風力発電の強みがあり、ロラン島の電力もグリッドを通じて輸出される。リアルタイムで周辺の国との電力のやり取りがWeb（URL <http://energinet.dk>）に開示されている。図3. 3. 3. 1にWeb画面例を示す。
- ・ 1980年代まで栄えていた造船産業が減退したとき、今後の産業で生きるかを考えるときにITではなく、グリーンエネルギーを選択した。その際に風力発電が国策として進められ、風車を新設する際には国の補助金付与があり、風力建設が一気に進んだ。現在は国の補助はなく風車の新設はない。ロラン島の風力発電の風車数は265基あり、個人所有と電力会社所有のものがある。一人あたりの風車数は世界一。
- ・ デンマークの環境長期目標は、「2020年までに50%の電力をグリーン化と化石燃料ゼロ化」がある。



図 3. 3. 3. 1 リアルタイム電力相互融通状況画面

②実証事業内容

- ・ ロラン島において余剰電力を有効活用する方策の一つとして、余剰電力を利用して水素を製造し、水素パイプラインを通じて一般家庭への燃料電池へ水素を供給し、電気と熱をつくり出す。
- ・ 実証事業全体計画を表 3. 3. 3. 1 に、実証事業イメージを図 3. 3. 3. 2 に示す。

表 3. 3. 3. 1 実証事業計画

	実施年（計画）	実証内容
フェーズ 1	2009 年～2010 年	水素供給システムテスト
フェーズ 2	2011 年	一般家庭 5 世帯への水素供給 i 水素製造：電気分解（アルカリタイプ、10N m ³ /h） ii 水素貯蔵：4bar にて圧縮貯蔵 iii 水素供給：4bar でパイプライン供給 iv 水素消費：燃料電池（屋外で 4bar から 0.4bar へ減圧）
フェーズ 3	(2012 年～)	一般家庭 35 世帯へ拡大した水素供給

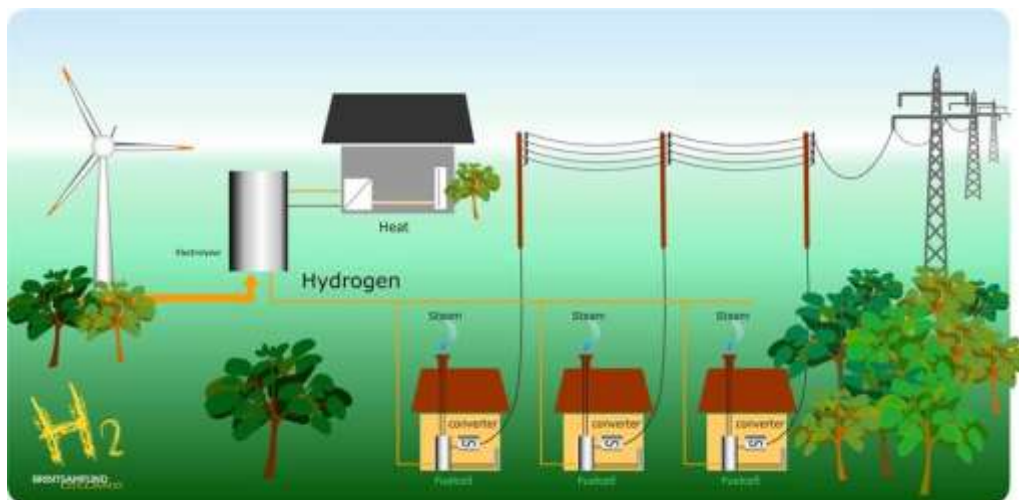


図 3. 3. 3. 2 実証事業イメージ図

(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）

- ・ パイプラインとして使用している材料は、Air Liquid社同様、日本の高圧パイプラインに用いられているAPI規格のX材が用いられており、供給圧力と管の口径の決定に当たっては、設計の前段階で試験的に模擬配管による圧力損失検証を実施している。
- ・ 実証でありながら水素パイプラインの埋設深さ、路面表示、埋設標識シート設置等は、都市ガスパイプラインと同等レベルの維持管理を実施している。
- ・ 水素パイプラインの仕様を下表 3. 3. 3. 2 に示す。

表 3. 3. 3. 2 水素パイプラインの仕様

項目	仕様
パイプライン材料	API X42
管径	1 インチ
埋設深さ	公道：0.9m （敷地内：0.6m）
パイプライン延長	約 500m
供給圧力	屋外：4bar（0.4MPa）、屋内：0.4bar（40kPa）

- ・ 図 3. 3. 3. 3 に実証事業の水素パイプラインルートと水素供給先を、図 3. 3. 3. 4 に現地の状況写真を示す。

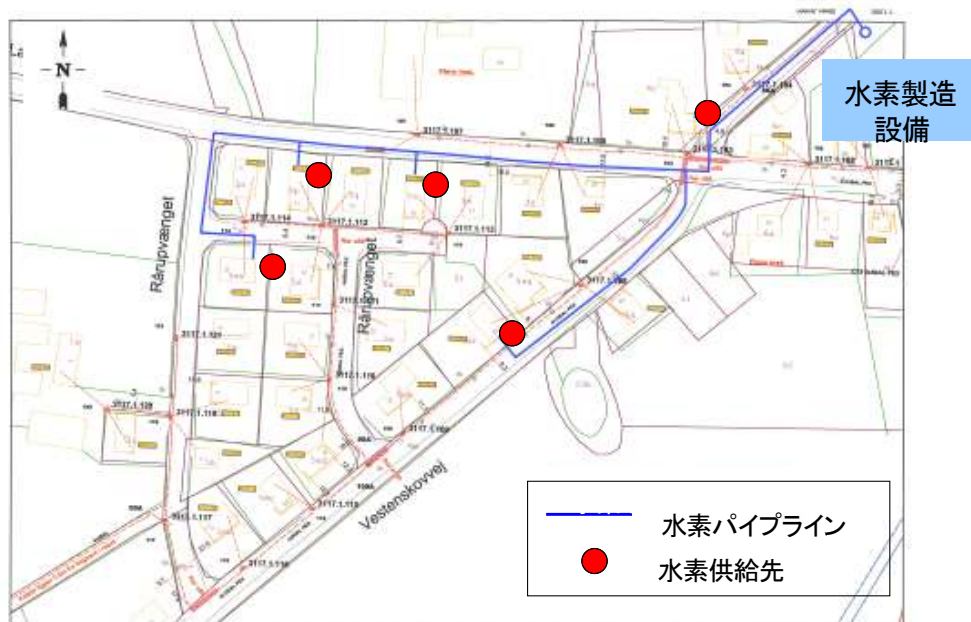


図 3. 3. 3. 3 水素パイプラインと水素供給先



図3. 3. 3. 4 現地状況

②維持管理

- ・ 定常の維持管理に関しては、当初は1週間、安全が確認できれば1ヶ月といった形で点検頻度を延長させていく手法にて実施しており、現在も継続検証中である。その際の点検方法に関しては、都市ガスと同様の手法で、水素検知器を用いて実施している。
- ・ 他社工事からの維持管理に関しては、埋設管の上部に注意喚起用の標識シートを管に沿って設置し、他埋設物との交差部に関しては、標識シートに加えて、鞘管による防護措置も実施している。
- ・ Lolland事業では、一般家庭への供給を目的として実施されているため、燃料電池やその燃料電池付近の漏えい管理もパイプライン同様、定常的な管理を実施している。

その管理方法としては、水素漏えい等の異常発生時の対策として、燃料電池内に水素検知器が設置されており、その検知器が水素漏えいを検知すると、検知器と連動している屋外の遮断バルブが閉止し、燃料電池内の水素を大気放散し、屋外の緊急放散管から屋内の配管内にある水素が放散される仕組みとなっている（図3. 3. 3. 5）。



図3. 3. 3. 5 緊急放散装置

③その他

- 一般家庭の水素利用機器である燃料電池に関しては、デンマークの I R D 社製で発電容量は1.5kwで総合効率85%、発電効率42～43%（図 3. 3. 3. 6、表 3. 3. 3. 3）。貯湯槽（200L）には燃料電池故障時に対応するため、バックアップとして電温機能を装備している。



図 3. 3. 3. 6 燃料電池本体外観

表 3. 3. 3. 3 燃料電池仕様

項目	仕様	備考
定格発電出力	1.5kW	
発電効率	43.0%	効率にばらつきあり
総合効率	85.0%	
貯湯容量	200ℓ	電気温水器を使用
価格	約 180 万円	
製品寿命（想定）	20,000 時間	

- 屋外の遮断バルブと共に設置している減圧器（4barから0.4barへ減圧）はHoneywell社製のProcess solution,RMG AG（図 3. 3. 3. 7）を使用している。



図 3. 3. 3. 7 減圧器外観（Honeywell 社製）

- ・ 各家庭の水素使用量を計測するメーターに関しては、認証を得ることが困難であるため、今回の事業中では、個別の流量管理ではなく、全体の送出量で管理している。
- ・ 屋内配管に関しては、小口径の SUS 材にて配管を行い、ほとんどが露出配管であることもあり、燃料電池内部の水素検知器のみで管理している。(図 3. 3. 3. 8)



図 3. 3. 3. 8 屋内配管敷設状況

- ・ 地域社会への水素認知活動として、周辺住民に対して馴染みのない水素を身近に感じてもらい、水素の不安を払拭するために、子供たちが楽しく再生可能エネルギー、水素エネルギーを理解出来る施設を設けている。説明および施設の活用に関しては、子供中心に実施することで、理解を広め、効果を挙げている。



図 3. 3. 3. 9 水素パビリオン外観



図3. 3. 3. 10 水素パビリオン内観

(3) 実証事業における今後の計画について

- ・ 2011年度は第2フェーズであるため、次年度以降、世帯数を拡大し、第3フェーズに移行予定。
- ・ 第3フェーズにおいては、埋設管の材質をポリエチレン管とし実施予定。
- ・ 水素計量に関しては、水素用の料金メーターを製作し、評価予定。

(4) まとめ

- ・ 設計面においては、本事業中（水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業）の他調査で実施している圧力解析調査と類似して模擬配管による圧力損失検証を実施し、実証につなげていることを確認できた。
- ・ 風力発電の余剰電力を活用するという特異な条件ではあったが、水素をパイプラインで一般家庭へ供給し、燃料電池を稼働させるという点は我々が目指す方向と一致しており、今後の実証におけるひとつの指標となるものであった。
- ・ 次期フェーズ（第3フェーズ）では水素パイプラインの材料としてポリエチレン管を使用予定であるため、その動向については、継続して注視していく。

3. 3. 4 Fabbrica del sole 社

- ・ 日時：2011 年 11 月 9 日（水） 13：00～15:30
- ・ 場所：via del Tramarino.17, 52100 Arezzo, Italy
- ・ 面会者：
 - Mr. Emiliano Cecchini , Fabbrica del sole プロジェクトマネジャー
 - Mr. Paolo Fulini , Fabbrica del sole 技術担当
 - Mr. Paolo Dini , SAPIO 営業担当
- ・ 概要：従来から水素を使用していた金細工工場が密集する地域において、水素パイプラインを公道に埋設した集中配管にて周辺工場へ水素を供給する事業を実施している。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、一般家庭用への水素供給の取組み状況等を中心に情報収集・意見交換を行った。

（１） Fabbrica del sole 社の概要

- ・ 生い立ちは街の若者によるエコ部門で活動する非営利団体である。
- ・ アレッツォ地域の廃棄物処理技術会社として誕生し、その後、協同組合となり、ゴミ処理技術のほかに新エネルギーや持続可能農業プロジェクト等を展開してきた。
- ・ イタリア アレッツォの金細工製造工場42社が集中している地域に、金細工加工（金加工製品製造中の炉内酸化防止のための水素還元を目的）のための水素を供給している。
- ・ 工場側の省力化、コスト削減を目的として、水素カードルを起点としたパイプラインによる水素供給を2008年5月から開始し、現在は周辺の4工場へパイプラインにて水素を供給しているが、Fabbrica del sole社は表3. 3. 4. 1に示すようにマネジメント会社としての位置づけである。

表3. 3. 4. 1 水素供給体制

役割	担当会社
水素製造・搬入	SAPIO 社（産業ガス会社）
パイプラインの敷設と所有・維持管理	一般公道部分：CO I NGAS 社（地域ガス供給会社） 各敷地内：各需要家
プロジェクトマネジメント	Fabbrica del sole 社

（２）水素パイプラインに関する調査状況

① 設計

- ・ Fabbrica del sole社における水素配管の設計に関しては、まだ、パイプライン運用の初期段階であるため、十分に安全性を担保したものとなっている。その水素パイプラインの仕様、供給圧力等仕様を下表 3. 3. 4. 2に示す。また、水素パイプライン敷設ルートおよび水素供給先を図3. 3. 4. 1に示す。

表3. 3. 4. 2 水素パイプライン・供給圧力等仕様

項目	仕様
パイプライン材料	SUS304
管径	1 インチ
埋設深さ	1.2m
パイプライン延長	約 1 k m
供給圧力	0.5～0.6MPa
水素供給量	50Nm ³ /h

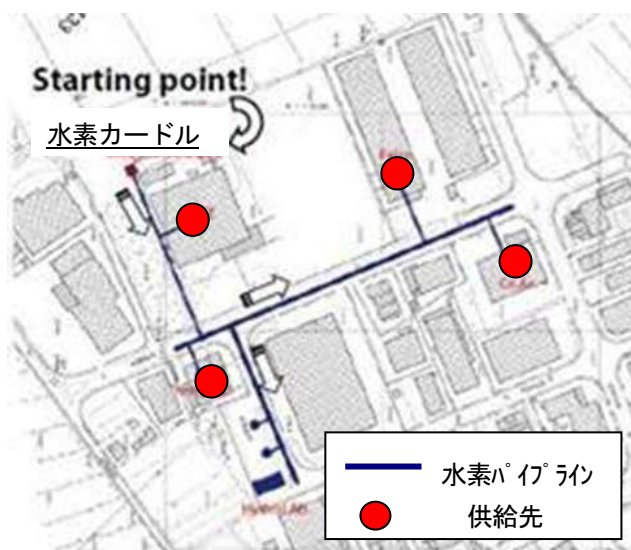


図3. 3. 4. 1 水素パイプライン位置図と水素供給先



図3. 3. 4. 2 水素カードル

- ・ 水素の供給ソースに関しては、水素カードルから供給という形式をとっており、その水素カードルは圧力20MPaで、ユニットとして12本使用というものである。（年間500,000m³の需要を想定）
また、建屋内には、水素検知器、火災検知器、煙検知器を各所に設置して安全を確保している。その状況を図3. 3. 4. 2に示す。

② 施工

- ・ 既に将来の水素パイプライン網（図3. 3. 4. 5）がイメージされ、一部、先行して配管されていることもあり、需要が見込める施設（工場）向けには、あらかじめ、分岐管と分岐管の管端にバルブを設置されている。そのため、現段階では、分岐取り出し工事は、想定されていない。

③ 維持管理

- ・ パイプラインの定常的な維持管理としては、供給圧力の維持および漏えい検知を目的とし、50mごとに圧力センサ（図3. 3. 4. 4）を設置し、遠隔にてパイプラインの圧力を常時監視している。
その際、もし、水素漏えい等の異常が発生した場合は、一旦、すべての水素供給を停止して、補修工事を実施することとしている。
現段階においては、パイプラインからの漏えいやそれに類する異常は発生しておらず、補修工事自体の経験はない。
- ・ 他社工事への管理方法としては、パイプライン敷設位置の道路表面上に図3. 3. 4. 3に示すように、「H2」と表示を行い、注意喚起を実施している。



図3. 3. 4. 3 道路面表示



図3. 3. 4. 4 圧力センサ

（3） 今後の計画等

- ・ 次期フェーズとして、新たな水素パイプライン網（図3. 3. 4. 5）が計画されており、2012年より周辺の金細工工場へ供給を開始する予定である。既に簡易共同溝へのパイプラインの敷設が実施されている。（図3. 3. 4. 6）
将来の水素需要量増加への対応としては、水素カードルの搬入頻度を高めて対応する予定であり、将来的にもコスト面から現地で水素を製造する予定はない。
- ・ 一般家庭用への水素供給については、将来的に工業団地内の40戸程度の集落への供給を計画しているが、家庭用燃料電池のコストを問題視している。

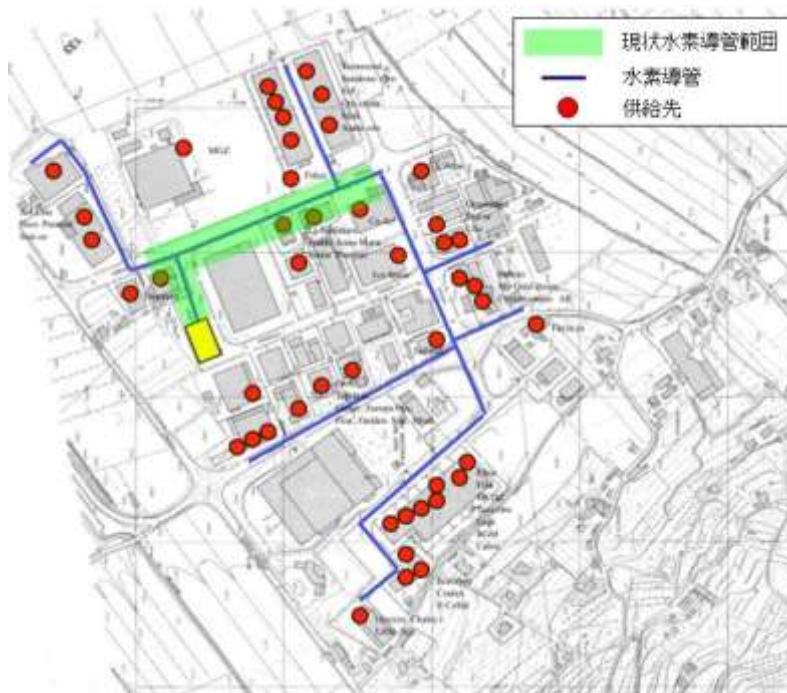


図 3. 3. 4. 5 次期フェーズ計画図



図 3. 3. 4. 6 簡易共同溝

(4) まとめ

- ・ 水素を使用する金細工工場が密集する地域であり、将来の水素パイプライン供給計画目標が明確に示されていることもあり、各フェーズにおいて、滞りなく進捗していた。
- ・ 将来の水素パイプライン供給計画にない新規需要家へ対応については、ほとんど想定されておらず、予測が困難な新規需要に対する、分岐取り出し等の工法は確立されていない。

3. 3. 5 Enel 社

<研究所 (Sesta Lab) >

- ・ 日時 : 2011 年 11 月 10 日 (木) 10:30~12:30
- ・ 場所 : 53030 Radicondoli Siena, Italy
- ・ 面会者 :

Mr. Alessio Menci , Engineering & Innovation

Mr. Roberto Lombardo , Engineering & Innovation

<水素ガスタービンプラント (Fusina プラント) >

- ・ 日時 : 2011 年 11 月 11 日 (金) 14:00~16:00
- ・ 場所 : Via dei Cantieri, 5, Venezia, Italy
- ・ 面会者 :

Mr. Stefano Sigali , Engineering & Innovation

- ・ 概要 : 水素利用機器である水素タービンの実証試験を実施している。今回の調査では、水素タービンの開発状況、近接コンビナートから水素タービンへ敷地内を配管している水素配管の状況及び水素の取扱いにおける保安管理内容等に関する情報収集

(1) Enel 社概要

- ・ 国営電力を前身とするイタリアで最大規模の電力供給会社で、欧州の中でも 2 番目の大きさの規模を持つ。
- ・ イタリア国内に40箇所のパワープラントを所有し、40ヶ国で電力・ガスの製造、供給、販売を実施。
- ・ ENEL社の総発電量は95GWで、内、30%はガス発電である。再生可能エネルギーの発電は34GW（内大部分は水力発電）である。
- ・ 需要家は6,100万件で、従業員は83,000人を抱える。
- ・ 水素の他、CCS、太陽光・地熱等の再生可能エネルギー、スマートグリッド等にも注力している。

(2) 水素ガスタービン実証事業

① 水素ガスタービンに取り組む背景

- ・ Enel社のFusina発電プラントでは、近接する化学コンビナートの副生水素が余剰状態にあり安価な価格で水素を購入し、燃料用として活用できるメリットがある。

② Fusina 水素プロジェクトの目的

- ・ 最終的な目的は、水素ガスタービンをIGCC（石炭ガス化複合発電）と組み合わせることで発電効率を上げ、また、CO₂はCCS（二酸化炭素の回収・貯留）により分離回収することでCO₂排出フリーな発電を実現することであり、その開発の一環として水素タービン実証事業を行っている。
- ・ プロジェクトの主な取組み項目を以下に示す。
 - ー低 NO_x な水素ガスタービン燃焼器の開発と実証試験
 - ー高温ガスが水素燃焼器の部品に与える影響調査
 - ー水素ガスタービンの利用可能性と性能の調査
 - ーエネルギーキャリアーとしての水素活用ノウハウの向上（安全なハンドリング等）

(3) 水素パイプラインに関する調査状況

① 設計

- ・ 水素タービンの燃料である水素を運ぶための専用水素パイプラインとして設計されており、使用材料等は天然ガスパイプラインと同等の扱いがなされている。その配管のルートを図3. 3. 5. 1、水素配管の仕様等を表3. 3. 5. 1に示す。



図3. 3. 5. 1 水素配管ルート図

表3. 3. 5. 1 水素配管・供給圧力仕様

項目	仕様
パイプライン材料	炭素鋼鋼管
管径	4 インチ
供給圧力	30bar (3MPa)

② 維持管理

- ・ 水素を取り扱う上での安全面に関する主な取組み事項は以下の通りであった。
 - －水素配管に事故・トラブル発生した際に水素の拡散を最小限に抑えるため、緊急遮断バルブによって配管を分割できるようにしている。
 - －水素置換用として窒素注入システムを利用することにより水素と酸素を直接触れさせないようにしている。
 - －ある区域内では防爆機器を使用し、配管にはフランジは使用せず全て溶接としている。
 - －各作業員には携帯用の水素検知器、一酸化炭素検知器を携行させている。
- ・ 過去に水素漏えい事故・トラブルは発生していない。

③ その他

- ・ 水素ガスタービンとコンバインドサイクルの実績を表3. 3. 5. 2に示す。

表3. 3. 5. 2 水素ガスタービンとコンバインドサイクル実績

項目	実績
水素ガスタービン発電量	11.4MW
水素ガスタービン熱効率	31.4%
コンバインドサイクル発電量	15.8MW
コンバインドサイクル熱効率	41.6%

※ 水素消費量 12,000N m³/h

(4) SIena 研究所について

- ・ ガスタービン用燃焼器の研究を実施。
- ・ イタリアを含め欧州ではNO_x、SO_xの排出ガス規制が厳しく、規制値を超える場合は税金が課せられるため、この規制値を満足する目的でこの研究施設をつくり、燃焼器の開発を開始した。
- ・ 燃焼器へ供給する空気温度、燃料組成（CO,CO₂,H₂,N₂の組成比）、圧力等が可変で調整できることを活かし、ガスタービンメーカー（GE,三菱重工、SIEMENS等）の研究開発施設としても使用可能となっている。
- ・ 燃焼器の状況に関しては、UV OH omission方式にて可視化され、モニター画面を通して監視することが可能なものとなっており、その燃焼炎の可視化状況を図3. 3. 5. 3に示す。
- ・ 前述のFusina水素プロジェクトで使用されている水素ガスタービン用燃焼器も、この研究所にて開発されている。



図3. 3. 5. 2 Sesta 研究所

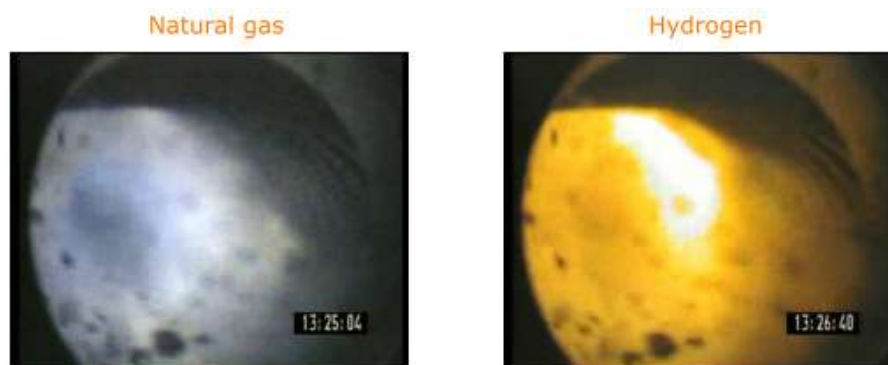


図 3. 3. 5. 3 燃焼炎の可視化

(5) まとめ

①水素パイプライン状況調査

- ・ 水素漏えい等、危急時に当該箇所の両端の緊急遮断バルブを閉止し、一旦窒素ガスでパイプライン内を置換する工法に関しては、安全確保の観点からは有効な手段であると思われるが、パイプライン網を想定した際には、不特定多数の需要家への供給を一時的に停止することとなるため、別途、供給安定性を確保する対策が課題となる。

②水素ガスタービン

- ・ 余剰副生水素ガスの電力化活用を目的に実施されている、水素ガスタービンのNO_x低減に向けた研究は、水素利用端末の構築に有効なものであると考えられるため、今後も研究開発の動向を継続して注視していく。