平成19年度地方都市ガス事業 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」 (内管の仕様検討等) 調査報告書

平成20年2月

日立金属株式会社

調査報告書目次

I. 調査の概要

1.	背景。	と目的		• •	•	•	·	•	•	•	•	•	•	•	•	·	•	•	•	•	•	•	·	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	調査(本制	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	·	•	•	•	•	•	•	·	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
З.	調査	内容	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
З	8. 1	新設	水⋾	素バ	1^	イプ	ラ	イ	ン	の	内	管	の	仕	様	検	討		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
З	8. 2	安全	生石	隺認	訪	式験		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4

Ⅱ. 新設水素パイプラインの内管の仕様検討

1.	目	的	•	• •	• •	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	5
2.	内	管	材料	ゆメ	カニ	カ	ル	シ-	–1	。部	の	水	素	気	密	性	に	関	す	る	調	査		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6
:	2.	1	가	、素気	〔密性	E測	定	方法	£	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6
:	2.	2	가	く素気	〔密性	E測	定	装置	Ē	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	·	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	7
2	2.	3	탋	、験の)手順	Į	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	2
	2		З.	1	内管	材	料(の枝	全	Ē	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	2
	2		З.	2	施工	-	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	3
	2		З.	З	ドラ	イ	処	理	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	3
	2		З.	4	内容	積	測	定~	~水	、素	封	入	~	状	態	調	整		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	4
	2		3.	5	計浿	IJ	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	6
	2		3.	6	水素	ミリ・		クラ	ディ	テ	ク	タ	に	よ	る	確	認		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	7
:	2.	4	而	大 加	□速셏	理	L:	たア	内管	材	料	の の	X	カ	=	カ	ル	シ	_	ル	部	の	水	素	気	密	生	調	査		•	•	•	•	•	•	1	8
	2		4.	1	対象	材	料	の這	麗定	2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	8
	2		4.	2	耐ク	加	速	処王	里	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2	4
	2		4.	З	試駁	結	果		• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2	6
	2		4.	4	水素	雺	囲	気「	Fで	の	耐	久	加	速	処	理		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2	7
:	2.	5	ቃ	トカ付	ታ መካ	態	に	おい	ける	内	管	材	料	の	X	カ	=	カ	ル	シ	_	ル	部	ອ	水	素	٦	密	性	調	査		•	•	•	•	2	9
	2		5.	1	対象	树	料	の通	尾定	2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2	9
	2		5.	2	外力	」付	加	条作	ŧ	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3	1
	2		5.	3	試験	結	果		• •	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3	6
З.	調	査	結果	見のま	ミとめ)		•	• •		•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	З	9
	<u>ь</u>																																					

<参考文献>

Ⅲ. 安全性確認試験

1.	目白	勺	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4	1
2.	調査	をちんし	容	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4	1
2		1	調査	Ē項	目		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4	1
2	. 2	2	調査	校	象	内	管	材	料									•										•											4	2

3. 安全性確認試験設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3. 1 水素供給システムモデル ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43
3. 2 試験設備の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.2.1 試験設備の構成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3. 2. 2 試験設備の構築の経緯 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.3 「試験配管」 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.4 計測機器、計測処理システム ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3. 5 試験を安全に実施するための周辺設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7 1
3.6 「試験配管」の露点測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・75
4. 水素気密性の調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.1 調査内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4. 1. 1 内封試験方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.1.2 内容積算出 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・78
4.1.3 PE管表面積算出 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・79
4.2 調査結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・80
4. 2. 1 圧力計の機差補正 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8C
4.2.2 水素気密性試験結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.3 まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・83
5. 圧力損失の調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.1 調査内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.2 試験方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5. 2. 1 初期条件の設定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・84
5.2.2 試験内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.3 調査結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.3.1 差圧計の機差補正 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・86
5.3.2 流量計の流量補正 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・87
5.3.3 圧力損失調査結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5. 4 高低差による圧力上昇 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5. 4. 1 高低差による圧力上昇測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・90
5. 5 概念設計による圧力損失の計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 92
5.6 圧力損失測定結果の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 97
6. 安全性確認試験のまとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
<参考文献>

Ⅳ. 参考資料

I. 調査の概要

I. 調査の概要

1. 背景と目的

天然ガスは中東以外の地域にも広く分散して賦存しており、他の化石燃料に比べて相対的に環境負 荷が少ないクリーンなエネルギーである。エネルギー基本計画(平成15年10月)では安定供給及 び環境保全の両面から重要なエネルギーと位置付けられ、他のエネルギー源とバランスを踏まえつつ、 天然ガスシフトの加速化を推進することが示されている。

一方、燃料電池の普及等、将来の水素社会の実現のためには、水素の供給システムに係るインフラ 整備や効率的な輸送・貯蔵技術の実用化が重要な課題と位置付けられている。

水素の供給方法については、利用の地点で水素を分離製造・供給する方法と、水素を導管で輸送す る方法が考えられる。水素パイプラインは欧米では千km以上の実績があるものの、日本においては ほとんど実績がなく、規模の大小を問わず実用化のための技術要件が明確にされていないため、パイ プラインによる水素供給に関し、水素による管材料等の透過性、脆性等の安全に影響を及ぼす課題を 解決しておく必要がある。

このため、水素供給システムの構築に必要な安全性に係るデータを取得し、水素供給システムの安全性に係る項目及び既定値を整理する。

2. 調査体制

経済産業省では平成17年度より水素供給システム安全性技術調査事業を開始したが、平成19年 度は調査事業全体が4事業に分割され、一般競争入札が実施された。日立金属株式会社ではそのうち 「水素供給システム安全性技術調査(内管の仕様検討等)」の調査事業を受託した。

本調査に当っては、経済産業省から本調査事業の(委員会の運営等)の委託を受けた日本ガス協会 の事務局組織(技術開発部燃料電池・水素プロジェクトグループ)にて設置(委員の選任を含め)し た学識経験者、専門家、ガス事業者を代表する団体等から構成される「水素供給システム安全性技術 調査特別専門委員会」に、年度始め、年央、年度末に事業の内容・進捗、指標の達成状況等について 報告し審議を受けて、総合的に検討・評価を行いつつ事業を推進した。また、上記特別専門委員会の 下部組織に「推進ワーキンググループ」が設けられ、細部に渡っての事業の内容・進捗、指標の達成 状況等について確認を行って、事業を推進した。

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(日立金属(株))を示す。また、 表2-1に調査担当者の名簿を、表2-2に特別専門委員会の名簿を示す。







図2-2 調査実施体制(日立金属(株))

氏名	所属・役職	調査項目
岡本 正幸	日立金属㈱ 桑名工場開発センター 主任技師	・新設水素パイプラインの内管
永見 明夫	日立金属㈱ 桑名工場開発センター 主管技師	の仕様検討
吉田 安孝	日立金属㈱ 桑名工場開発センター 主任	・安全性確認試験
林 順子	日立金属㈱ 桑名工場開発センター	
倉田 正範	日立金属㈱ 桑名工場お客様センター	・新設水素パイプラインの内管
	技術サポートグループ 試作係	の仕様検討

表 2 - 1 調査担当者名簿(日立金属㈱)

表2-2 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 理工学研究科工学系長・工学部長
		大学院理工学研究科教授
委員	福田 健三	(財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 研究顧問
	村上 敬宜	九州大学 理事・副学長
		産業技術総合研究所 水素材料先端科学研究センター長
	鎌田 元康	神奈川大学 工学部建築学科教授
	濱田 泰以	京都工芸繊維大学大学院 先端ファイブロ科学専攻教授
	望月 正人	大阪大学大学院 工学研究科マテリアル生産科学専攻准教授
	西川 輝彦	石油連盟 常務理事付技術環境安全担当参与
	永浜 洋	(財)金属系材料研究開発センター 環境・プロセス研究部次長
	横山 知章	東京ガス株式会社 技術開発本部 基盤技術部長
	池島 賢治	大阪ガス株式会社 理事 エンジニアリング部長
	田村 逸朗	(社)日本ガス協会 技術開発部長
[旧委員]	北村 八朗	大阪ガス株式会社 理事 エンジニアリング部長
関係者	安永 裕幸	経済産業省 原子力安全・保安院ガス安全課長
	吉田 憲司	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
	森 邦弘	(社)日本ガス協会 常務理事
[旧関係者]	矢島 敬雅	経済産業省 原子力安全・保安院ガス安全課長
事務局	(社)日本	ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素プロジェクトグループ
		*[旧委員]、[旧関係者]の職名は委嘱当時のもの

3. 調査内容

「平成17年度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)」に よる水素パイプラインの導入シナリオ調査、水素パイプラインの海外技術調査、新設水素パイプライ ンの仕様検討結果及び、「平成18年度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(内管の仕様検討等))」(以下、「18年度調査事業」という。)の検討結果を踏まえ、 「平成19年度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(委員 会の運営等))」における委員会の検討結果を受け、以下に示す調査を実施した。

3.1 新設水素パイプラインの内管の仕様検討

「18年度調査事業」で実施した初期状態における内管材料の水素気密性調査に引続き、平成1 9年度は内管材料の実使用を考慮した水素気密性の調査として、耐久加速処理後の水素気密性及び、 外力付加状態における水素気密性を調査した。

3. 2 安全性確認試験

「18年度調査事業」で実施した安全性確認試験設備の概念設計(以下、「概念設計」という。)に基づき、集合住宅内の水素供給システムモデルの試験配管設備(以下、「試験配管」という。)を検討、 製作し、その安全性を確認するための試験を行った。なお、安全性の確認事項として、水素気密性 と圧力損失について調査した。 Ⅱ. 新設水素パイプラインの内管の仕様検討

Ⅱ. 新設水素パイプラインの内管の仕様検討

1. 目的

内管とは、敷地境界線から需要家敷地内に引き込まれる導管及びガス栓を言い、需要家の資産となるガス配管設備である(ガスメータを除く)。内管の埋設部には主にポリエチレン(以下、PE)管が 使用されるが、露出部では鋼管、鋳物継手、ステンレスフレキ管など様々な材料の組合せにより配管 される。また、各々の材料の接合には、ネジ接合、機械的接合、フランジ接合等が用いられている。 図1-1に内管材料の配管例を示す。

内管材料からなる低圧水素供給システムの構築に必要な安全性に係るデータを取得し、水素供給シ ステムの構築に必要な安全性に係る項目及び規定値を整理するために、平成18年度には内管材料14 種(18項目)について、標準施工を行った後の初期状態におけるメカニカルシール部の水素気密性の 調査を行い、実運用レベルで水素気密性を有することを確認した。引続き平成19年度は内管材料の 実使用を考慮した水素気密性の調査として、以下の項目を実施する。

①耐久加速処理した内管材料のメカニカルシール部の水素気密性調査

長期間使用時のシール部材の劣化や摺動部材の摩耗によるシール性能の低下の有無を調査する。 ②外力付加状態における内管材料のメカニカルシール部の水素気密性調査

内管材料に引張や曲げ等の外力が加わった時を想定し、そのシール性能を調査する。



図1-1 内管材料の配管例

2. 内管材料のメカニカルシール部の水素気密性に関する調査

2. 1 水素気密性測定方法

内管材料のメカニカルシール部の水素気密性の計測には、実使用に近い状態での測定が可能な「内 封圧力測定方式」を採用した。この方式は、試験体内部に水素を封入し密閉後、圧力低下を計測す る方法で、今回の計測対象となる内管材料のように大きさや形状が様々である場合に適している。 なお、今回の調査では長時間に渡り圧力を計測するため、環境温度の変化に対応して圧力値も変化 することが懸念された。そこで、接続体の温度も同時に測定して、温度補正した圧力値で水素気密 性を評価するシステムとした。内封圧力測定方式の実施には、図2.1-1に示すような水素気密 性測定装置を用いる。



図2.1-1 水素気密性測定装置の模式図

接続体は、調査対象となる継手及び管と、圧力計・温度計及びそれらを接続する治具と、両端を 封止するバルブから成る。接続体の外観を図2.1-2に示す。調査対象以外の部位で水素気密性 に影響があることは好ましくない。そこで、対象シール部以外の接続箇所は半導体製造装置分野に て実績のあるVCR継手を用いた接続とし、封止バルブにはメタルダイヤフラムバルブ(以後MD Vという)を採用した。



図2. 1-2 接続体の外観(PCメカニカル継手の例)

また、外力付加状態における水素気密性調査は、外力を与えてその状態を保持したまま水素を封 入し、内封圧力測定方式で行う。従って、図2.1-1の模式図で示した接続体に、ロードセルを 追加して組込み、外力の状態を荷重の測定により確認出来る構成とした。引張試験用接続体の概念 モデルを図2.1-3に、曲げ試験用接続体の概念モデルを図2.1-4に示す。



図2. 1-3 引張試験用接続体の概念モデル



図2. 1-4 曲げ試験用接続体の概念モデル

2. 2 水素気密性測定装置

水素気密性測定装置は、窒素ボンベ及び水素ボンベ、ガス供給パネル、ガス排気パネル、計測シ ステム(接続体及びデータ収集機器)から成る。

窒素及び水素は高純度グレードを採用した。その仕様を表2.2-1に示す。

	X = :			
ガス	グレード	純度	露点	ボンベ容量
高純度窒素	G2	>99.9998vo1%	<-80°C	47L
高純度水素	G2	>99.999vo1%	<-70°C	10L

表2.2-1 窒素ガス及び水素ガスの仕様

ガス供給パネルは、窒素ガス系と水素ガス系の2系統のガス配管から成る。ガス供給パネルの外 観を図2.2-1に示す。ガスの導入操作等に用いるバルブには、MDVを採用した。両系統とも 各々のボンベレギュレーター後に接続され、上流側から、フィルター→MDV→ドライカラム(パ ネルの背面)→流量計→逆止弁→MDVの機器で構成され、接続体への接続直前のT継手部で合流 する。逆止弁以降の配管は、高純度ガスのクリーン度を保持するため、ベーキング処理システムを 付加した。ここでベーキング処理システムとは、クリーン度を保持したい配管の外周にリボンヒー ター等を巻き付け、配管内部に付着した水分を最高80℃以下程度の比較的低温で配管内部表面から 叩き出し、配管内部に流した窒素ガスと共に配管の外部に排出することを目的としたヒーター及び 温調器のセットをいう。



図2. 2-1 ガス供給パネル

ガス排気パネルは、Exhaust の3配管系統と、被試験体内容積測定用の検量タンク配管系統から 構成される。ガス排気パネルの外観を図2.2-2に示す。検量タンク配管系統は、被試験体内容 積測定におけるマスターの位置づけであり、被試験体接続口から検量タンク後のMDVまでの閉塞 空間の内容積が既知の配管である。また、検量タンク配管系統にも、高純度ガスのクリーン度を保 持するため、ベーキング処理システムを付加した。



図2. 2-2 ガス排気パネル

計測システムの構成を図2.2-3に示す。計測システムの基本構成は、高精度圧力計、ディストリビュータ、圧力データ通信用 RS-232C ケーブル、測温抵抗体、指示調節計、LANケーブル、ハブ及びデータ収集 P C からなり、荷重を計測する際は、赤の破線部で示すロードセル、ロードセルアンプ及び指示調節計を追加したシステム構成となる。



図2. 2-3 計測システムの構成図

圧力計、測温抵抗体、指示調節計、ロードセル及びロードセルアンプの仕様を表2.2-2から 表2.2-6に示す。

メーカー	横河電機 (株)
型式	MU101-AH1Z/Z
検出原理	シリコンレゾナント
測定スパン	0~700kPa(絶対圧)
精度	±0.01% F.S
補償温度範囲	$5^{\circ}C\sim 45^{\circ}C$
プロセス接続	1/4VCR面シール継手

表2.2-2 圧力計の仕様

表2.2-3 測温抵抗体の仕様

メーカー	(株)岡崎製作所
型式	R35-SP
エレメント	Pt 100Ω JIS-A級
精度	$\pm (0.15^{\circ}C + 0.002 t)$
プロセス接続	1/2VCR面シール継手

表2.2-4 指示調節計の仕様

メーカー	横河電機 (株)
型式	UT351-0A
入力点数	1 点
サンプリング周期	250 ミリ秒
精度	$\pm 0.3^{\circ}$ C ± 1 digit

表2. 2-5 ロードセルの仕様

メーカー	ティアック (株)
型式	TU-NR-C
荷重	2kN, 10kN, 50kN, 100kN
非直線性	0. 15%R. 0.

表2.2-6 ロードセルアンプの仕様

メーカー	ティアック (株)
型式	TC-11
非直線性	0. 02%F. S

計測された圧力、温度、荷重のデータは、ソフトウェアによりパソコンに取り込まれる。本ソフ トウェアは、圧力の温度補正変換機能・データ記憶機能・運用設定機能・表示機能等を有している。 計測システムのデータ取得画面の例を図2.2-4と図2.2-5に示す。



図2.2-4 データ取得画面(圧力と温度のデータ取得の例)



図2.2-5 データ取得画面(圧力と温度と荷重のデータ取得の例)

2.3 試験の手順

耐久加速処理後の水素気密性試験及び、外力付加状態における水素気密性試験の手順を表2.3 -1に示す。試験によって内容の異なる③と⑤に関しては、それぞれ後述の2.4.2項及び2. 5.2項で説明することとし、共通の手順の内容を2.3.1項から2.3.6項で説明する。

	耐久加速処理後の 水素気密性試験	外力付加状態における 水素気密性試験						
1	内管材料の検査							
2	施工							
3	耐久加速処理	\downarrow						
4	ドライ処理							
5	↓ 外力付加							
6	内容積測定~水素封入~状態調整(24時間)							
\bigcirc	計測(48時間)							
8	水素リークディラ	テクタによる確認						

表2.3-1 水素気密性試験の手順

2.3.1 内管材料の検査

水素気密性試験に用いる各種内管材料について、外観検査及びネジ部を有するものについては ネジ検査を行った。ネジ検査項目と検査装置の一覧を表2.3.1-1に示す。なお、今回検査 を行った全てのネジについて、合格基準に適合していることを確認した。

ネジ検査項目	検査装置
ネジ長さ	ノギス
はめあい	ネジゲージ
歪み	板ゲージ
ネジ山形状	輪郭測定機

表2.3.1-1 ネジ検査項目と検査装置

2.3.2 施工

試験に用いる継手及び接続管について施工前の外観検査を行い、有害な傷などがないか最終確認した。続いて継手及び接続管の内部の簡易洗浄を、エタノールを染みこませたウエスにて行った。施工は、各継手の施工要領書に従って実施した。

なお、後述する対象材料の中で絶縁継手のネジ部については、片側にスリーボンド製ガス配管 用ネジシール材 4320 を、もう片側に同じくスリーボンド製の 4332 を塗布して施工を行った。絶 縁継手以外の対象材料のネジ部には、4320 を塗布して施工を行った。ネジシール材の写真を図2. 3.2-1に示す。



図2.3.2-1 ガス配管用ネジシール材(左:4320 右:4332)

2.3.3 ドライ処理

施工した各種継手について、水素を封入する前に継手内部の水分を除去するため、ドライ処理 を行った。ドライ処理システムの構成を図2.3.3-1に示す。本システムでは、ドライ処理 箱に熱風を導入して箱内温度を 50~60℃の比較的低温に保ち、試料を外部から温めるとともに、 試料内部に窒素ガスを流すことで水分の除去を行った。



図2.3.3-1 ドライ処理システムの構成

図2.3.3-2に試料をドライ処理箱に設置した様子を、図2.3.3-3にドライ処理箱 内の温度測定の様子を示す。



図2.3.3-2 ドライ処理箱内の接続状況



図2.3.3-3 ドライ処理箱内の温度測定状況

2. 3. 4 内容積測定~水素封入~状態調整

ドライ処理が完了した試料に、圧力計や温度計類及び封止用のMDVを接続して接続体を組み 上げ、ガスパネルにセットして内容積の測定を行った。図2.3.4-1に接続体とガスパネル の接続状況を示す。測定手順は、まず、容積既知の検量タンク(容積 V_1)に圧力 P_1 で窒素を導 入し、検量タンクと接続体との連結部のMDVを封止した。次に接続体(容積 V_2)を圧力 P_2 に て封止し、最後に検量タンクと接続体連結部のMDVを開き、圧力 P_3 を測定した。これらの圧 力から(2.3.4-1)式及び(2.3.4-2)式を用いて試料の内容積を算出した。

$$P_{3} \cdot (V_{1} + V_{2}) = P_{1} \cdot V_{1} + P_{2} \cdot V_{2}$$
 (2. 3. 4-1)

$$\therefore V_{2} = \frac{P_{3} - P_{1}}{P_{2} - P_{3}} \cdot V_{1} \qquad (2. 3. 4 - 2)$$

V₁:検量タンク容積 492.5cc



図2.3.4-1 接続体とガスパネルの接続状況

接続体の内容積を算出した後、ガスを窒素から水素に切替えて一定時間流し、接続体内部の水 素置換を行った。充分に水素置換を行ったところでMDVを操作し、水素を封入した。封入圧力 は絶対圧で211kPa(abs)とした(ゲージ圧で110kPa)。これは、都市ガス低圧配管の最高使用圧力 の1.1倍に相当する。なお、メーターガス栓及び機器接続ガス栓については、JIS S 2120「ガス 栓」に記載の耐圧試験圧力がゲージ圧で22.5kPaのため、本試験では124kPa(abs)で封入するこ ととした。

水素封入が完了した後、計測ブース内に接続体を静置して24時間の状態調整を行い、系の安定 化を図った。状態調整の様子を図2.3.4-2に示す。



図2.3.4-2 状態調整の状況(PCメカニカル継手の例)

2.3.5 計測

状態調整が完了した後、圧力測定を実施して計測データをPCに取り込んだ。外力付加の試験 では、荷重値も合わせて取り込んだ。計測時間は48時間とし、温度補正した圧力値の変化量から 水素気密性の評価を行った。なお、測定数は各試料につき N=3 で行った。

ここで、圧力データの精度について説明する。

○圧力計による圧力測定値の精度について

・圧力計:スパンの±0.01% (スパンは 700kPa(abs))

⇒ 圧力測定値の精度 = ±70Pa

○測温抵抗体による温度測定値の精度について

- ・測温抵抗体 Pt100Ω A級:±(0.15℃+0.002|t|) ※|t|は正負の記号に無関係な温度
 → 測定温度 23℃の場合、約±0.2℃
- ・温度通信変換器:0~100℃の範囲では±0.3℃±1digit

→ 変換器の精度 = ±0.4℃

(1digitは表示最終桁が1の意味で、今回の温度測定では0.1℃)

⇒ 測温抵抗体の精度+変換器のトータル精度 = $\pm 0.6^{\circ}$

○ 圧力計測値の総合精度について(まとめ)

・圧力値の精度±70Paと温度値の精度±0.6℃から、23℃補正後の圧力値を計算すると

- 最大値 ・・・ 211370Pa (abs) × 296.15/(296.15-0.6) = 211799Pa (abs)
- 最小值 · · · 211230Pa (abs) × 296. 15/(296. 15+0. 6) = 210803Pa (abs)

従って、メーカー保証精度を元に算出した 211300Pa (abs)の圧力計測における温度を含めた圧力計測値の総合精度は±500Pa、トータルで 1kPa となる。

2. 3. 6 水素リークディテクタによる確認

48 時間の計測完了後、水素リークディテクタによる確認を行った。水素リークディテクタの仕様を表2.3.6-1に、外観写真を図2.3.6-1に示す。また、検査の状況を図2.3. 6-2に示す。

メーカー	SENSISTOR 社(スウェーデン)
型番	ディテクタ:H2000 プローブ:H50
検知形式	半導体センサー
検知方式	非スニファー式
検知感度	0.5ppm

表2.3.6-1 水素リークディテクタの仕様



図2.3.6-1 水素リークディテクタ



図2.3.6-2 水素リークディテクタによる確認の状況(フレキ継手A仕様の例)

2. 4 耐久加速処理した内管材料のメカニカルシール部の水素気密性調査

2.4.1 対象材料の選定

長期間使用時のシール部材の劣化や摺動部材の摩耗によるシール性能の低下の有無を確認する ために耐久加速処理を行った。対象材料は、表2.4.1-1に示す8種(11項目)の内管材料 を選定した。具体的な耐久加速処理の条件として、ゴム系のシール材料を使用する5種の継手に ついては、大気雰囲気で90℃×1440時間の熱処理を行い、摺動部を有するガス栓等の3種(6項 目)については、各製品の検査規格に記載の開閉処理を行うこととした。また備考欄には、参照 規格や今回対象から除外した理由を記載した。選定した継手類の写真を図2.4.1-1から図 2.4.1-9に、施工後の写真を図2.4.1-10から図2.4.1-17に示す。

				調査対象シール部		大気	日日日日	水素気密性			
No.	対象ア	イテム	サイズ	名称	材質備考	雰囲気 90℃ 1440Hr	開閉 処理	試験時の 内封圧力 [kPa(G)]	備 考		
1	ねじ込み	シール材A	204	テール。オンバ	シール剤塗布	×	×				
2	継手	シール材 B	20A) -/ 12	シール剤塗布	×	×				
3	絶縁	継手	20A	テーハ゜ネシ゛ コーティンク゛	エポキシ樹脂	×	×		ねじ接合につき除外		
				テーハ。ネシ、	シール剤塗布						
4	RSユ	ニオン	20A	カ゛スケット	NBR硬度70	×	×		ガスケットとメタルタッチの2重シールにつき除外		
5	PCメカニ	ニカル継手	25A	パッキン	NBR硬度70	0	×	110			
6	トランジション継手		25×20	パッキン	NBR硬度70	×	×		PEを含む継手であり、大気雰囲気90℃		
7	鋼管ライ	鋼管ライザー管		パッキン	フッ素ゴム	×	×		での耐久加速が困難なため除外		
8		A仕様		パッキン	NBR硬度50	0	×	110			
9	フレキ 継手	B仕様	20A	20A	DA カ゛スケット	ノンアスシート	×	×		No.8およびNo.10を選定	
10		C仕様		パッキン	NBR	0	×	110			
11	鋼管	カ゛スケット	FOA	カ゛スケット	ノンアスシート	0	×	110			
12	フランジ	絶縁スペーサ	DUA	Oリング	SBR+NR	0	×	110	*		
13	メーター	開栓状態	9E A	テーパ栓	ク゛リース	×	2000回	22.5	ガス栓検査規程		
14	ガス栓	閉栓状態	ZƏA	テーパ栓	ク゛リース	×	2000回	22.5	(日本)/へ機器便宜励云) JIA F 001-04 に基づく		
15	機器接続 開栓状態		204	テーパ栓	ク゛リース	×	6000回	22.5	ガス栓検査規程		
16	ガス栓	閉栓状態	20A	テーパ。栓	ク゛リース	×	6000回	22.5	(ローキル へ (
17	ΡE	開栓状態	504	Oリンク゛ シートリンク゛	NBR硬度70 NBR硬度70	×	100回	110	本支管指針,供給管・内管指針 (中圧ポリエチレン管増補版)		
18	ホ゛ールハ゛ルフ゛	閉栓状態	JUA	Oリンク゛ シートリンク゛	NBR硬度70 NBR硬度70	×	100回	110	JGA指-208-03 JGA指-306-03 に基づく		

表2.4.1-1 耐久加速処理の対象材料



図2.4.1-1 PCメカニカル継手



図2.4.1-2 フレキ継手(A仕様)



図2.4.1-3 フレキ継手(C仕様)



図2.4.1-4 鋼管フランジ



図2.4.1-5 フランジ用ガスケット(左:ノンアスシート、右:液状ガスケット)





図2.4.1-7 メーターガス栓



図2.4.1-8 機器接続ガス栓



図2.4.1-9 PEボールバルブ



図2.4.1-10 PCメカニカル継手



図2.4.1-11 フレキ継手(A仕様)



図2.4.1-12 フレキ継手(C仕様)



図2.4.1-13 鋼管フランジ(ノンアスガスケット)



図2.4.1-14 鋼管フランジ(絶縁スペーサ)



図2.4.1-15 メーターガス栓



図2.4.1-16 機器接続ガス栓



図2.4.1-17 PEボールバルブ

2. 4. 2 耐久加速処理

(1) 熱処理

ゴム系シール材料を使用する 5 種の継手について、シール材料の劣化を促進するために、熱 処理による耐久加速処理を行った。平成18年度にはゴム系材料の水素透過性の調査として、 大気中 90℃×720 時間及び 90℃×1440 時間の2水準の処理条件を採用したが、処理時間の違い による透過係数の差は殆ど見られなかったことから、本調査では長時間の1水準のみとし、大 気中 90℃×1440 時間を採用した。なお、熱処理の根拠については、文献⁽¹⁾「高分子材料の寿 命とその予測」を参照した。熱処理による促進劣化で高分子の寿命を推定する簡便な方法とし て、(2.4.2-1)式の促進比計算が提案されている。

Ac =
$$\exp\left\{-\frac{E}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{Ts}\right)\right\}$$
 (2. 4. 2-1)

Ac:促進比

 E:高分子の熱劣化反応の活性化エネルギー 殆どの高分子で経験的に10~20kcal/molであり、 大凡の推定をする場合には、中間値として15kcal/molを採用する⁽²⁾
 R:気体定数 1.986 cal/(K·mol)
 T:処理温度 [K]
 Ts:基準温度 [K]

ここで、処理温度 90℃ (363K),基準温度 20℃ (293K)を代入すると、促進比は

Ac =
$$\exp\left\{-\frac{15,000}{1.986}\left(\frac{1}{363}-\frac{1}{293}\right)\right\}$$

≒ 144

となる。このように、20℃を基準とすると 90℃では 144 倍促進となり 90℃×1440 時間の処理 は 20℃の環境で約 20 年に相当する。 (2)開閉処理

摺動部を有するガス栓類3種(6項目)について、摺動部材の摩耗を促進するために、開閉 処理による耐久加速処理を行った。なお、開閉処理回数については、各々の製品の検査規格に 記載された回数を採用した。開閉処理の状況を図2.4.2-1から図2.4.2-3に示す。



図2.4.2-1 メーターガス栓の開閉処理状況



図2.4.2-2 機器接続ガス栓の開閉処理状況



図2.4.2-3 PEボールバルブの開閉処理状況

2.4.3 試験結果

耐久加速処理した内管材料の水素気密性に関する試験結果を表2.4.3-1に示す。

			調木业分				圧力値 (絶対圧)		広 も赤(4月)	
No.	アイテム	呼び径	詞 (シー	ル部	耐久処理 条件	内容積	初期	48時間後	庄刀変化重 ΔP	水素リーク ディテクタ による確認結果
			名称	材質		[cc]	[kPa(abs)]	[kPa(abs)]	[kPa/2day]	
						248	212	212	N. D	検知不可
1	PCメカニカル継手	25A	パッキン	NBR硬度70		247	213	213	N. D	検知不可
						248	212	212	N. D	検知不可
						120	211	211	N. D	検知不可
2	フレキ継手(A仕様)	20A	パッキン	NBR硬度50		121	212	212	N. D	検知不可
					十年季田与	122	211	211	N. D	検知不可
					八风分西风	120	212	212	N. D	検知不可
3	フレキ継手(C仕様)	20A	パッキン	NBR	90°C	120	212	212	N. D	検知不可
					× 1440時間	121	211	211	N. D	検知不可
				いママシュー	1110+0141	401	212	212	N. D	検知不可
4	鋼管フランジ	50A	ガスケット	+~		400	212	212	N. D	検知不可
						402	212	212	N. D	検知不可
						425	212	212	N. D	検知不可
5	鋼管フランジ	50A	0リング	SBR+NR		425	212	212	N. D	検知不可
						426	212	212	N. D	検知不可
	マーターガマや					173	124	124	N. D	検知不可
6	(開栓状態)	25A	テーパ栓	グリース		171	124	124	N. D	検知不可
					開閉	171	124	124	N. D	検知不可
	イーターガフや				2000回	87	124	124	N. D	検知不可
7	(閉栓状態)	25A	テーパ栓	グリース		89	124	124	N. D	検知不可
						92	124	124	N. D	検知不可
	機哭捽結ガス枠					104	124	124	N. D	検知不可
8	(開栓状態)	20A	テーパ栓	グリース		106	125	125	N. D	検知不可
					開閉	106	124	124	N. D	検知不可
	幽聖埣結ガフや				6000回	57	124	124	N. D	検知不可
9	(閉栓状態)	20A	テーパ栓	グリース		54	124	124	N. D	検知不可
						55	124	124	N. D	検知不可
	PFボールバルブ		ロリンガ	NBR 種 度 70		1,103	211	210	-1	検知不可
10	(開栓状態)	50A	シートリング	NBR硬度70 NBR硬度70		1,110	211	210	-1	検知不可
					開閉	1,106	211	210	-1	検知不可
	PFボールバルブ		0リング	NBR種 库70	100回	418	211	210	-1	検知不可
11	(閉栓状態)	50A	シートリング	NBR硬度70		414	211	210	-1	検知不可
						419	212	211	-1	検知不可

表2.4.3-1 耐久加速処理後の水素気密性試験結果一覧

今回水素気密性調査を行った11項目のうち、PEボールバルブ(開栓状態)及びPEボールバ ルブ(閉栓状態)の2項目について、48時間で1kPaの圧力低下が見られた。しかしこの圧力変 化量は、平成18年度の初期状態における結果と同じであり、本支管指針、供給管・内管指針に 記載の開閉処理回数の範囲では、耐久加速による水素気密性への影響はないものと考えられる。 また、局所部位からの漏れではなく、接合部の各箇所での水素濃度が低いことから、水素リーク ディテクタにより確認したが、いずれも検知されなかった。

2. 4. 4 水素雰囲気下での耐久加速処理

平成18年度及び平成19年度の調査では、耐久加速処理として一般的に用いられる大気雰囲 気での熱処理を採用した。しかし、実使用ではゴム材料は水素雰囲気に曝されることから、水素 雰囲気下での耐久加速処理を行うことで、水素による劣化の有無を確認した。

表2.4.4-1に示す条件で耐久加速処理を行い、JIS K 6251 に準じた引張試験により引張 強度及び伸びを求め、水素雰囲気下での劣化の有無を確認した。なお、ゴム材料の形状は、図2. 4.4-1に示す JIS K 6251 に記載のダンベル状 3 号形とした。

	オートクレーブ内雰囲気	温度及び時間	ゴム材料		
1	水素 0.1MPa(G)	90℃ 720 時間	NBR 硬度 50 NBR 硬度 70 フッ素ゴム		
2	空気 0.1MPa (G)	90℃ 720 時間	NBR 硬度 50 NBR 硬度 70 フッ素ゴム		

表2.4.4-1 耐久加速処理条件



図2.4.4-1 ダンベル状3号形 (JISK 6251)

引張試験結果について初期状態の引張強度及び伸びを100とした場合の物性保持率を表2.4. 4-2に示す。得られた結果から、水素雰囲気と空気雰囲気で保持率に大きな差がないことが確認された。

NBR硬度 50 及び硬度 70 について、水素雰囲気による保持率の変化は熱の影響⁽³⁾によるもの と推察される。結合硫黄の影響や、ゴム中に残存する微量酸素の影響による架橋の若干の進展等 が考えられる。一方、空気雰囲気での保持率の変化は、酸素の介在により過酸化物が生成し、再 架橋等の反応が進んだものと考えられる。なお、フッ素ゴムについては、NBRよりも耐熱性が 高いために、いずれの雰囲気においても反応の度合いが小さく、保持率の変化が僅かであったと 考えている。

以上のことから、水素によるゴム材料の劣化への影響は小さいものと考えられる。

		引張強度	伸び			
	初期	90℃×720 時間		初期	90℃×720 時間	
N B R	100	空気	126	100	空気	85
硬度 50	100	水素	117	100	水素	91
N B R	100	空気	105	100	空気	73
硬度 70	100	水素	106	100	水素	81
フッキゴレ	100	空気	98	100	空気	107
ノツ糸コム	100	水素	96	100	水素	104

表2.4.4-2 各雰囲気処理後における引張強度・伸びの保持率

単位:[%]

2. 5 外力付加状態における内管材料のメカニカルシール部の水素気密性調査

2.5.1 対象材料の選定

内管材料に引張や曲げ等の外力が加わった時を想定し、そのシール性能を調査することとした。 なお、フレキ継手については日本ガス協会発行の「ガス用ステンレス鋼フレキシブル管標準仕様 書」(以下、フレキ管標準仕様書という。)の記載内容に基づき振動と衝撃の試験も対象とした。 選定した11種(23項目)の対象材料を表2.5.1-1に示す。外力付加の詳細条件について は後述する。選定した継手類の写真を図2.5.1-1から図2.5.1-3に示すが、耐久加 速処理でも対象であった継手の写真は省略する。

				調査対象シール部					衝撃	水素気密性 試験時の 内封圧力 [kPa(G)]	
No.	対象アイテム		サイズ	名称	材質備考	引張	曲げ	振動			備考
1	ねじ込み	シール材A	004	~	シール剤塗布	×	×	×	×		N 9零件田
2	継手	シール材B	20A	アーハ イン	シール剤塗布	×	×	×	×		1NO.3 C代用
3	絶縁	x継手	20A	テーハ゜ネシ゛ コーティンク゛	エポキシ樹脂	0	0	×	×	110	
				テーハ。ネシ゛	シール剤塗布						
4	R S ⊐	ニオン	20A	カ゛スケット	NBR硬度70	0	0	×	×	110	
5	PCメカ.	ニカル継手	25A	パッキン	NBR硬度70	×	0	×	×	110	
6	トランジション継手		25×20	パッキン	NBR硬度70	0	×	×	×	110	
7	鋼管ライザー管		30×25	パッキン	フッ素ゴム	×	×	×	×		No.6で代用
8	フレキ 継手	A仕様	20A	パッキン	NBR硬度50	0	×	0	0	110	No.8及び No.10を選定
9		B仕様		カ゛スケット	ノンアスシート	×	×	×	×		
10		C仕様		パッキン	NBR	0	×	0	0	110	
11	鋼管	ガスケット	FOA	カ゛スケット	ノンアスシート	0	0	×	×	110	
12	フランジ	絶縁スペーサ	JUA	Oリング	SBR+NR	0	0	×	×	110	
13	メーター	開栓状態	054	テーパ栓	ク゛リース	×	0	×	×	22.5	
14	ガス栓	閉栓状態	25A	テーパ栓	ク゛リース	×	0	×	×	22.5	
15	機器接続	開栓状態	004	テーパ栓	ク゛リース	×	0	×	×	22.5	
16	ガス栓	閉栓状態	20A	テーパ栓	ク・リース	×	0	×	×	22.5	
17	ΡE	開栓状態	504	Oリング シートリング	NBR硬度70 NBR硬度70	0	0	×	×	110	
18	ホ゛ールハ゛ルフ゛	閉栓状態	DUA	Oリング シートリング	NBR硬度70 NBR硬度70	×	0	×	×	110	

表2.5.1-1 外力付加の対象材料



図2.5.1-1 絶縁継手



図2.5.1-2 RSユニオン



図2.5.1-3 トランジション継手

2. 5. 2 外力付加条件

外力の条件としては、『適切に支持固定された状態において、内管材料に発生する最大応力を付加する』との観点から、「ガス工作物技術基準の解釈例」に記載の許容引張応力、許容曲げ応力を 1 つの基準とし、管軸方向及び管軸直角方向の荷重もしくは変位を決定した。各対象アイテムに ついての外力付加条件の詳細を表2.5.2-1に示す。また、外力付加の状況の写真を図2. 5.2-1から図2.5.2-11に示す。

	対象アイテム	参照	試験条件を決定する根拠	外力 (参考値)
	絶縁継手	ガス工作物 技術基準の解釈例	SGPの許容引張応力 47N/mm ²	荷重 10.1kN
	RSユニオン	ガス工作物 技術基準の解釈例	SGPの許容引張応力 47N/mm ²	荷重 10.1kN
引	トランジション継手	ガス工作物 技術基準の解釈例	PEの許容引張応力 2.7N/mm ²	荷重 1.0kN
	フレキ継手(A仕様)	フレキ管標準仕様書	仕様書記載内容に基づく	2.7kN×5分後 荷重除去
JIK	フレキ継手(C仕様)	フレキ管標準仕様書	仕様書記載内容に基づく	2.7kN×5分後 荷重除去
	鋼管フランジ (ガスケット)	ガス工作物 技術基準の解釈例	SGPの許容引張応力 47N/mm ²	荷重 31.8kN
	鋼管フランジ (絶縁スペーサ)	ガス工作物 技術基準の解釈例	SGPの許容引張応力 47N/mm ²	荷重 31.8kN
	P E ボールバルブ (開栓)	ガス工作物 技術基準の解釈例	PEの許容引張応力 2.7N/mm ²	荷重 2.7kN
	絶縁継手	ガス工作物 技術基準の解釈例	SGPの降伏応力の1/2 88N/mm ²	荷重 655N
	RSユニオン	ガス工作物 技術基準の解釈例	SGPの降伏応力の1/2 88N/mm ²	荷重 655N
	PCメカニカル継手	当社カタログ	接続時 管傾き許容角 1.5゜の3倍	傾き角5°
曲げ	鋼管フランジ (ガスケット)	ガス工作物 技術基準の解釈例	SGPの降伏応力の1/2 88N/mm ²	荷重 3.2kN
	鋼管フランジ (絶縁スペーサ)	ガス工作物 技術基準の解釈例	SGPの降伏応力の1/2 88N/mm ²	荷重 3.2kN
	メーターガス栓 (開栓及び閉栓)	ガス栓検査規程 JIA F 001-04	JIA記載内容に基づく	800N×15分後 荷重除去
	機器接続ガス栓 (開栓及び閉栓)	ガス栓検査規程 JIA F 001-04	JIA記載内容に基づく	450N×15分後 荷重除去
	PEボールバルブ (開栓及び閉栓)	供給管·内管指針 (中圧PE管増補版)	内管指針記載内容に基づく	変位 30mm
振	フレキ継手(A仕様)	フレキ管標準仕様書	仕様書記載内容に基づく	振幅 ±4mm
動	フレキ継手(C仕様)	フレキ管標準仕様書	仕様書記載内容に基づく	外力除去
衝	フレキ継手(A仕様)	フレキ管標準仕様書	仕様書記載内容に基づく	衝撃力 13.5J 1回後
撃	フレキ継手(C仕様)	フレキ管標準仕様書	仕様書記載内容に基づく	外力除去

表2.5.2-1 外力付加の詳細条件


図2.5.2-1 絶縁継手 引張荷重付加の状況



図2.5.2-2 トランジション継手 引張荷重付加の状況



図2.5.2-3 フレキ継手(C仕様) 引張荷重付加の状況



図2.5.2-4 鋼管フランジ(絶縁スペーサ) 引張荷重付加の状況



図2.5.2-5 PEボールバルブ 引張荷重付加の状況



図2.5.2-6 RSユニオン 曲げ荷重付加の状況



図2.5.2-7 PCメカニカル継手 曲げ変位付加の状況



図2.5.2-8 鋼管フランジ(ガスケット) 曲げ荷重付加の状況



図2.5.2-9 PEボールバルブ 曲げ変位付加の状況



図2.5.2-10 フレキ継手(A仕様) 振動付加の状況



図2.5.2-11 フレキ継手(A仕様) 衝撃付加の状況

2.5.3 試験結果

引張荷重付加における内管材料の水素気密性試験結果を表2.5.3-1に示す。

			調本計免			外	外力値		圧力値 (絶対圧)		水素リーク
No.	アイテム	呼び径	が上	-ル部	内容積	初期	48時間後	初期	48時間後	変化量 ディテク ΔP による	ディテクタ による
			名称	材質	[cc]			[kPa(abs)]	[kPa(abs)]	[kPa/2day]	唯祕棺未
			- 0 1.1 7		68	10. 1kN	10. 1kN	212	212	N. D	検知不可
1	絶縁継手	20A	アーハ 不ジ コーティンク	エポキシ樹脂	69	10.1kN	10. 1kN	212	212	N. D	検知不可
			71.7		74	10. 1kN	10. 1kN	212	212	N. D	検知不可
					65	10.1kN	10.1kN	212	212	N. D	検知不可
2	RSユニオン	20A	カ゛スケット	NBR硬度70	66	10.1kN	10.1kN	212	212	N. D	検知不可
					67	10. 1kN	10.1kN	212	212	N. D	検知不可
				NBR硬度70	234	1.0 _{kN}	1.0kN	211	210	-1	検知不可
3	トランジション継手	$25 \times 20 \text{A}$	パッキン		234	1.0kN	1. 0kN	211	210	-1	検知不可
					234	1.0kN	1. 0kN	212	211	-1	検知不可
		20A	パッキン	NBR硬度50	144	2.7kN	i×5分	212	212	N. D	検知不可
4	フレキ継手 (A仕様)				143	2. 7kN	2.7kN×5分		212	N. D	検知不可
					143	2. 7kN	2.7kN×5分		212	N. D	検知不可
					143	2. 7kN	i×5分	212	212	N. D	検知不可
5	フレキ継手 (C仕様)	20A	パッキン	NBR	139	2.7kN	「×5分	212	212	N. D	検知不可
					142	2. 7kN	i×5分	212	212	N. D	検知不可
				ノンアスシート	503	31.8kN	31.8kN	212	212	N. D	検知不可
6	鋼管フランジ	50A	カ゛スケット		501	31.8kN	31.8kN	212	212	N. D	検知不可
				1 24	508	31.8kN	31.8kN	212	212	N. D	検知不可
					524	31.8kN	31.8kN	212	212	N. D	検知不可
7	鋼管フランジ	50A	0リング	SBR+NR	529	31.8kN	31.8kN	212	212	N. D	検知不可
					527	31.8kN	31.8kN	212	212	N. D	検知不可
					1,116	2.7kN	2.7kN	212	211	-1	検知不可
8	PEボールバルブ (開栓状能)	50A	0リング シートリング	NBR硬度70 NBR硬度70	1,112	2.7kN	2.7kN	211	210	-1	検知不可
					1,108	2.7kN	2.7kN	211	210	-1	検知不可

表2.5.3-1 引張荷重付加における水素気密性試験結果一覧

引張荷重付加における水素気密性調査を行った8項目のうち、トランジション継手及びPEボ ールバルブ(開栓状態)の2項目について、48時間で1kPaの圧力低下が見られた。しかしこの 圧力変化量は、平成18年度の初期状態における結果と同じであり、ガス工作物技術基準の解釈 例に記載の許容引張応力から算出した荷重値の範囲では、外力付加による水素気密性への影響は ないものと考えられる。また、局所部位からの漏れではなく、接合部の各箇所での水素濃度が低 いことから、水素リークディテクタにより確認したが、いずれも検知されなかった。

			調本	长针鱼		外	力値	圧力値(絶対圧)	圧力	水素リーク
No.	アイテム	呼び径	が上	-ル部	内容積	初期	48時間後	初期	48時間後	変化量 ΔP	ディテクタ による
			名称	材質	[cc]			[kPa(abs)]	[kPa(abs)]	[kPa/2day]	催認結果
					272	660N	660N	212	212	N. D	検知不可
1	絶縁継手	20A	テーハマネショーティンク	エポキシ樹脂	271	660N	660N	212	212	N. D	検知不可
			, 1. ,		271	660N	660N	212	212	N. D	検知不可
					244	660N	660N	212	212	N. D	検知不可
2	RSユニオン	20A	カ゛スケット	NBR硬度70	244	660N	660N	212	212	N. D	検知不可
					245	660N	660N	213	213	N. D	検知不可
					929	変形	角5°	212	212	N. D	検知不可
3	PCメカニカル継手	25A	パッキン	NBR硬度70	930	変形	角5°	212	212	N. D	検知不可
					930	変形	角5°	212	212	N. D	検知不可
					2,912	3. 2kN	3.2kN	212	212	N. D	検知不可
4	鋼管フランジ	50A	カ゛スケット	ノンアスシート + ペースト	2,917	3. 2kN	3.2kN	212	212	N. D	検知不可
					2,914	3. 2kN	3.2kN	212	212	N. D	検知不可
		50A	0リング	SBR+NR	2,922	3. 2kN	3.2kN	212	212	N. D	検知不可
5	鋼管フランジ				2,931	3. 2kN	3. 2kN	212	212	N. D	検知不可
					2,926	3. 2kN	3.2kN	212	212	N. D	検知不可
		25A	テーパ栓	グリース	586	800N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
6	メーターカ ス栓 (開栓状能)				571	800N×15分		124	124	N. D	検知不可
					581	800N×15分		124	124	N. D	検知不可
					294	800N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
7	メーターカス栓 (閉栓状能)	25A	テーパ栓	グリース	294	800N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
	(101111-0/020)				294	800N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
					159	450N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
8	機器接続加入栓 (開栓状能)	20A	テーパ栓	グリース	161	450N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
					160	450N2	450N×15分		124	N. D	検知不可
					57	450N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
9	機器接続加入栓 (閉栓状能)	20A	テーパ栓	グリース	56	450N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
	(附往小愿)				57	450N2	×15分	124	124	N. D	検知不可
					2,557			211	210	-1	検知不可
10	PEボールバルブ (開栓状能)	50A	0リング シートリング	NBR硬度70 NBR硬度70	2,548	変位 (支占問	30mm 1000mm)	211	210	-1	検知不可
			✓ 17777	TURE A	2,546			211	210	-1	検知不可
					1,154			211	210	-1	検知不可
11	PEボールバルブ (閉栓状能)	50A	0リング シートリング	NBR硬度70 NBR硬度70	1,150	変位 (支点間	30mm 1000mm)	211	210	-1	検知不可
		* 17*7	TUTAL TO	1,151		, <u>,</u> , , , , , , , , , , , , , , , , ,	212	211	-1	検知不可	

表2.5.3-2 曲げ荷重付加における水素気密性試験結果一覧

曲げ荷重付加における水素気密性調査を行った11項目のうち、PEボールバルブ(開栓状態) 及びPEボールバルブ(閉栓状態)の2項目について、48時間で1kPaの圧力低下が見られた。 しかしこの圧力変化量は、平成18年度の初期状態における結果と同じであり、本支管指針、供 給管・内管指針に記載の曲げ変位量の範囲では、外力付加による水素気密性への影響はないもの と考えられる。また、局所部位からの漏れではなく、接合部の各箇所での水素濃度が低いことか ら、水素リークディテクタにより確認したが、いずれも検知されなかった。 振動付加及び衝撃付加における水素気密性試験結果を表2.5.3-3に示す。

			調査対象 シール部		内容積 外力値		圧力値(絶対圧)		圧力 変化量 ΔP	水素リーク
No.	アイテム	呼び径				初期	48時間後	ディテクタ による (本記)注用		
			名称	材質	[cc]		[kPa(abs)]	[kPa(abs)]	[kPa/2day]	唯祕棺未
					261	振幅±4mm	212	212	N. D	検知不可
1	フレキ継手 (A仕様)	20A	ハ [°] ッキン	NBR硬度50	261	10,000回	212	212	N. D	検知不可
					263	(500回/分)	212	212	N. D	検知不可
		20A		NBR	262	振幅±4mm 10,000回 (500回/分)	212	212	N. D	検知不可
2	フレキ継手 (C仕様)		パッキン		263		212	212	N. D	検知不可
					262		212	212	N. D	検知不可
		フレキ継手 (A仕様) 20A ^{パッキン} NBR		121	121	212	212	N. D	検知不可	
3	ンレキ継手 (A仕様)		パッキン	NBR硬度50	121	衝撃刀 13.5J 1回	212	212	N. D	検知不可
					122		212	212	N. D	検知不可
		20A	ハ [°] ッキン	NBR	122	余殿上 10 日	212	212	N. D	検知不可
4	ンレキ継手 (C仕様)				122	22	212	212	N. D	検知不可
					122		212	212	N. D	検知不可

表2.5.3-3 振動付加及び衝撃付加における水素気密性試験結果一覧

振動付加及び衝撃付加における水素気密性調査を行った4項目については、圧力変化及び水素 リークディテクタによる確認のいずれにおいても検知されなかった。

3. 調査結果のまとめ

平成18年度に実施した初期状態における内管材料の水素気密性の調査に引続き、平成19年度は 内管材料の実使用を考慮した水素気密性の調査を行った。その結果以下の結論を得た。

○耐久加速処理した内管材料のメカニカルシール部の水素気密性調査

長期間使用を想定し、以下の耐久加速処理後の水素気密性を調査した。

- ・ゴム系シール材料を用いる内管材料5項目については、大気雰囲気90℃×1440時間の熱処 理を行った。(促進比計算より、20℃の環境で約20年に相当)
 - ①PCメカニカル継手
 - ②フレキ継手(A仕様)
 - ③フレキ継手(C仕様)
 - ④鋼管フランジ(ガスケット)
 - ⑤鋼管フランジ(絶縁スペーサ)
- ・ガス栓等の摺動部を持つ内管材料6項目については、各々の製品の検査規格に記載の開閉 処理を行った。
 - ⑥メーターガス栓(開栓状態)
 - ⑦メーターガス栓(閉栓状態)
 - ⑧機器接続ガス栓(開栓状態)
 - ⑨機器接続ガス栓(閉栓状態)
 - ⑩PEボールバルブ(開栓状態)
 - ①PEボールバルブ(閉栓状態)

この11項目の試験の内、PEボールバルブ(⑩と⑪)の2項目を除く9項目について、圧力 変化及び水素リークディテクタによる確認のいずれにおいても検知されなかった。即ち、適切な 施工及び支持固定が行われていれば、実使用を考慮して選定した今回の耐久加速条件の範囲にお いては、充分な水素気密性を有していることが確認された。

PEボールバルブに係る2項目の試験においては、PE部の影響として初期封入圧力110kPa (ゲージ圧)に対し、-1kPa/2dayの圧力変化が検知されたが、この変化量は平成18年度に実施した初期状態における結果と同じであり、耐久加速の影響ではないものと考えられる。

なお、-1kPa/2day の変化量は、ガス工作物技術基準の解釈例 第51条第2項第三号に記載 の「気密試験方法」の参照により、今回の試験条件に相当する試験方法との換算比較において、 3桁程度小さいオーダーの微小領域を確認したものであり、更には2項目のいずれも水素リー クディテクタによる確認で検知できなかったことから、実運用レベルでは気密性があると考え られる。 ○外力付加状態における内管材料のメカニカルシール部の水素気密性調査

適切に支持固定された状態において内管材料に発生する最大応力を想定し、引張荷重付加及び 曲げ荷重付加状態における水素気密性を調査した。フレキ継手については、振動及び衝撃付加も 行った。対象は23項目であり、表3-1に示す。

	引張	曲げ	振動	衝擊
絶縁継手	0	0		_
RSユニオン	0	0		
PCメカニカル継手		0		
トランジション継手	0			
フレキ継手(A仕様)	0	_	0	0
フレキ継手(C仕様)	0		0	0
鋼管フランジ(ガスケット)	0	0		
鋼管フランジ(絶縁スペーサ)	0	0	_	_
メーターガス栓(開栓状態)		0		
メーターガス栓(閉栓状態)		0		
機器接続ガス栓(開栓状態)		0	_	_
機器接続ガス栓(閉栓状態)	_	0	_	_
PEボールバルブ (開栓状態)	0	0		
PEボールバルブ (閉栓状態)		0		
項目数	8	11	2	2

表3-1 外力付加の対象項目

この23項目の試験の内、トランジション継手の引張、PEボールバルブ(開栓状態)の引張、 PEボールバルブ(開栓及び閉栓状態)の曲げの4項目を除く19項目について、圧力変化及び水 素リークディテクタによる確認のいずれにおいても検知されなかった。即ち、適切な施工及び支 持固定が行われていれば、実使用を考慮して選定した今回の外力付加条件の範囲においては、充 分な水素気密性を有していることが確認された。

トランジション継手及びPEボールバルブに係る4項目の試験においては、PE部の影響とし て初期封入圧力110kPa (ゲージ圧)に対し、-1kPa/2dayの圧力変化が検知されたが、この変化量 は平成18年度に実施した初期状態における結果と同じであり、外力付加による影響ではないも のと考えられる。先程も述べたように、この圧力変化量は微小領域を確認したものであり、且つ 4項目のいずれも水素リークディテクタによる確認で検知できなかったことから、実運用レベル では気密性があると考えられる。

<参考文献>

- (1) 早川淨 高分子材料の寿命とその予測 平成元年 P36 アイピーシー
- (2) 早川淨 高分子製品の寿命予測法通信講座テキスト 平成6年 No.3 P7 アイピーシー
- (3) 建林賢司 合成ゴム-新版- 昭和 45 年 P325 日刊工業新聞社

Ⅲ. 安全性確認試験

Ⅲ. 安全性確認試験

1. 目的

「18年度調査事業」で実施した「概念設計」に基づき、集合住宅内の水素供給システムモデルに、「1 8年度調査事業」で選定して水素気密性を確認した内管材料を組み込んだ「試験配管」を検討、製作し、「概 念設計」の内容並びに選定した内管材料をシステムとして組み込んだ時の安全性を、実使用を想定した水 素を用いて確認する。

2. 調査内容

2. 1 調査項目

安全性を確認する項目は次の2点とした。

(1)「試験配管」の水素気密性の調査

「試験配管」系全体としての水素気密性を調査する。また、「18年度調査事業」で得た内管材料個々の水素気密性と比較する。

(2)「試験配管」の圧力損失の調査

実使用を想定した水素を「試験配管」に流し、水素使用位置までの圧力損失の調査を行う。 また、得られた結果を、「概念設計」で行った集合住宅内の水素供給システムモデルの圧力損失値算出 結果と比較する。

2. 2 調查対象内管材料

調査対象の内管材料一覧表を表2.2-1に示す。同表には、「18年度調査事業」で選定した材料も 参考として記載した。

			「試験配管」何	「18年度調査事業」選定材料(参考)				
No.	対象)	アイテム	7/-)	止ノブ	7/-1	止ノブ	調査対	象シール部
			11/4	91 ^	7174	91 ~	名称	材質備考
1	ねじ込み	シール材A	エルボ、ソケット	15A, 20A		204	日にもな	シール剤塗布
2	継手	シール材B	チーズ他	25A	フクット	20A	7-11-1	シール剤塗布
							テーパネジ	イポキン体形
3	絶	 縁継手	絶縁ソケット	20A	絶縁ソケット	20A	コーティング	エルイン樹加
							テーパネジ	シール剤塗布
4	RS	ユニオン	R Sユニオン	20A	RS ユニオン	20A	ガスケット	NBR 硬度 70
5	$\mathbf{PC} \mathbf{A}^{\dagger}$	一力儿继手	エルボ他	20A, 25A	ソケット	254	パッキン	NDD 7百座 70
0	ΓCXX	ニカル松子	エルボ他	エルボ他 20A, 50A		20A	1.942	IDR PX/X 10
6	トランジション継手		ソケット	30A	径違いソケット	25×20	パッキン	NBR 硬度 70
7	鋼管ライザー管		鋼管ライザー管	30×25	鋼管ライザー管	30×25	パッキン	フッ素ゴム
8	71.4	A仕様	片ねじソケット	10A(1/2B)	片ねじソケット		パッキン	NBR 硬度 50
9	ノレキ	B仕様	—		片ねじソケット	20A	ガスケット	ノンアスシート
10	松宁	C仕様	片ねじソケット	10A(1/2B)	片ねじソケット		パッキン	NBR
11		10K フランジ ガスケット 504	504	10K フランジ		ガスケット	ハノアスシート	
11	鋼管		ノンアスシート	501	ガスケット	504		
12	フランジ	絶縁	10K フランジ	50A	10K フランジ	0011	ロリング	SBR+NR
15		スペーサ	OS絶縁スペーサ	0011	OS絶縁スペーサ		0,,,,	obrent
13	メーター	開栓状態	ねじ込みタイプ	20A	ねじ込みタイプ	25A	テーパ栓	グリース
14	ガス栓	閉栓状態					テーパ栓	グリース
15	機器接続	開栓状態	ねじ込みタイプ	15A	ねじ込みタイプ	20A	テーパ栓	グリース
16	ガス栓	閉栓状態		1011			テーパ栓	グリース
17	ΡF	開栓状態					Oリング	NBR 硬度 70
	ボール		ΡE	50A	ΡE	50A	シートリング	NBR 硬度 70
18	バルブ	閉栓状能	ボールバルブ	0011	ボールバルブ	DUA	Oリング	NBR 硬度 70
10		144 J.L. 1/ CIEX					シートリング	NBR 硬度 70

表2.2-1 対象内管材料

この内、No.9フレキ継手B仕様は現在生産されていないので除外し、これ以外の内管材料を採用した。 採用した内管材料のシール構造、製品仕様は、「18年度調査事業」と同一である。但し、一部サイズ、 製品アイテムが異なるものもある。

3. 安全性確認試験設備

3. 1 水素供給システムモデル

「概念設計」では、建物の種類・大小、水素供給方法を考慮し、5種類の水素供給内管モデルの概念 設計を行った。

本調査では、短期間で設計・製作、及び調査ができ、且つ水平位置や高さの違いによる調査が可能な、 2フロア8戸の集合住宅をモデルとした。



図3.1-1 水素供給内管モデルの概念図

3.2 試験設備の概要

3.2.1 試験設備の構成

試験設備は次の装置等で構成される。

- (1) 圧力調整弁、遮断弁などの制御機器を設置した「試験配管」。
- (2) 水素の供給系配管及び、試験後の水素を安全に放出する排気系配管。
- (3) 流量計、圧力計、温度計、微差圧計などの計測機器。
- (4) データ収集機器等の計測処理システム。
- (5) 安全のための設備(防爆ファン、静電気除去ノブ、水素検知器+緊急遮断弁等)



図3.2.1-1 試験装置を設置した工場建屋の外観(屋外)



図3.2.1-3 工場建屋内に設置した試験装置の外観(屋内)



図3.2.1-4 試験装置外観(2F)



図3.2.1-5 試験装置外観(1F)

3.2.2 試験設備の構築の経緯

図3.2.2-1の順に各工事を進め試験設備を構築し、試験開始可能とした。図3.2.2-2 から図3.2.2-11に施工工事途中の試験設備の様子を示す。



図3.2.2-1 試験設備の施エスケジュール(実績)



図3.2.2-2 連通ロ・ガス引込配管・減圧弁ユニット設置・排気筒設置工事



図3.2.2-3 「試験配管」配管工事前の1F室内と配管切断作業ヤード



図3.2.2-4 「試験配管」配管工事直後の配管各部と配管支持の状況(2F)



図3.2.2-5 「試験配管」配管工事直後の配管各部と配管支持の状況(1F)



図3.2.2-6 導圧配管工事直後の配管各部と配管支持状況(2F)



図3.2.2-7 導圧配管工事直後の配管各部と配管支持状況(1F)



図3.2.2-8 電装配線電気工事後の状況(2F)



図3.2.2-9 電装配線電気工事後の状況(1F)



図3.2.2-10 1F・2F試験ブース組立工事



図3.2.2-11 2F排気ダクト・ファン工事、遮光カーテン工事後

3.3 「試験配管」

「試験配管」は、図3.1-1の概念図に基づき設計・製作した。 主な留意点としては、

- (1) 埋設配管は、ポリエチレン被覆鋼管(以下、一層管という。)20Aのほかに、ポリエチレン (以下、PE管という。)30Aも設置し、両者を切り替えて試験をできるようにした。
- (2) 水素ガスメータは、現時点では選定できるものはなく、省略した。
- (3) 流量計、圧力計、温度計等の計測機器は、半導体分野で実績のある気密性に優れたVCR継手を 用いて予め計測ユニットとして組み上げ気密検査をした上で配管した。
- (4) 計測機器、配管の組替えや交換、気密性低下箇所の調査等を容易とする「試験配管」とするために、真空分野で実績のある高気密フランジを用いて「試験配管」の各所にフランジ接続部を設けた。
- (5) 「試験配管」のブロック分割や、上記の高気密フランジの両端でのガス封止のために、遮断バル ブを多用した。このバルブは、圧力損失の比較的小さいボールバルブを用いた。
- (6)入口と、各戸分岐管の出口との圧力損失の測定用に差圧計を設置した。差圧計の一方の入力端には入口の計測ユニットからの導圧配管を接続、もう一方の入力端には各戸分岐管の出口の計測ユニットからの導圧配管を接続した。
- (7) 「試験配管」施工の際は次の点に留意して実施した。
 - 配管作業は、永年にわたってガス配管工事に従事し豊富な経験と技能を持った熟練したガス配管作業者によって行った。
 - ② 配管材料は、施工前に変形や割れがないか目視確認し、材料内外面の油汚れ等は布等で丁 寧に拭き取った後に使用した。
 - ③ 施工方法は、配管材料毎の施工要領書に従ってトルクレンチや融着機(エレクトロフュージョンコントローラ)等の適切な工具を使用して配管した。ネジ接続部には、スリーボンド製ガス配管用ネジシール材4320を用いた。
 - ④ 配管の固定方法は、床面に垂直に立てた支持材にUボルトで固定する等、適切な支持固定 の方法を実施した。
- 図3.3-1から図3.3-3は、「試験配管」の配管系統図、立体図、バルブ系統図を示す。

図3.3-4から図3.3-29は、実際の「試験配管」各所の写真を示す。

図3.3-30から図3.3-33は、差圧計の導圧配管の系統図及び差圧計と導圧配管の写真を示 す。



図3.3-2 「試験配管」立体図



図3.3-3 「試験配管」のバルブ系統図



図3.3-4 斜め上方からみた各戸分岐管部分(1F)



図3.3-5 前方からみた各戸分岐管部分、横引管、立て管、計測機器類(1F)



図3.3-6 右斜め前方からみた埋設配管部分、立上管、計測機器類(1F)



図3.3-7 入口計測部(1F)



図3.3-8 立上管部(1F)



図3.3-9 減圧弁ユニット



図3.3-10 減圧弁ユニットから埋設配管



図3.3-11 一層管とPE管の分岐(埋設配管)



図3.3-12 鋼管フランジ(埋設配管(一層管))



図3.3-13 PCメカニカル継手G形(埋設配管(一層管))



図3.3-14 PC継手及びPCメカニカル継手(埋設配管(一層管)分岐部)



図3. 3-15 PCMトランジション継手(埋設配管(PE管))



図3.3-16 PEボールバルブ(埋設配管(PE管))



図3.3-17 EF継手サドル(埋設配管(PE管)分岐部)



図3.3-18 鋼管ライザー管(立上管(PE管))PC継手、絶縁継手、RSユニオン(立上管(一層管))



図3. 3-19 左から、排気筒、立上管~立て管、各戸分岐管(1F)



図3. 3-20 立て管から各戸分岐管(1F)と横引管の分岐部(白いバルブはメーターガス栓)



図3.3-21 各戸分岐管をフレキ管と横引管の折り返し側から見る

図3.3-22 各戸分岐管のフレキ管の終端部(1F)(白いバルブは機器接続ガス栓)



図3.3-23 各戸分岐管の終端から排気筒部分(1F)(赤いハンドル付バルブは流量調整用)



図3.3-24 左奥から、排気筒、立て管、各戸分岐管(2F)、手前は指示計盤



図3. 3-25 メーターガス栓~フレキ継手~フレキ管(2F)



図3.3-26 フレキ管~フレキ継手~機器接続ガス栓(2F)



図3. 3-27 各戸の計測部(2F)



図3.3-28 各戸の流量調整部(2F)



図3.3-29 各戸分岐管の下部に設置した差圧計と導圧配管(2F)



図3.3-30 差圧計の導圧配管系統図



図3.3-31 導圧配管(入口(1F))



図3.3-32 導圧配管(2F)



図3.3-33 導圧配管(1F)

3. 4 計測機器、計測処理システム

使用した計測機器、計測処理システムを、表3.4-1~表3.4-3に示す。

No.		使用場所	メーカー、機種	測定範囲
1	流量計	入口	山武 CMS-500	0-500 L/min
2	流量計	各戸分岐	山武 CMS-200	0-200 L/min
3	圧力計	入口、各戸分岐管	横河電機 FP202	0-500 kPa(abs)
4	温度計	入口、各戸分岐管	岡崎製作所 R35-SP	0−50 °C
5	差圧計	入口、各戸分岐管	横河電機 EJA120	0-1 kPa

表3.4-1 計測機器

表3.4-2 計測処理システム

	流量計	圧力計	温度計	差圧計		
表示・指示部	(本体)	横河電機 UM331	横河電機 UM331	(本体)		
データ収集装置		横河電機 DX2048				

表3.4-3 各計測機器の総合精度

	流量計	圧力計	温度計	差圧計
d 	山武	横河電機	岡崎製作所	横河電機
メーカー	CMS 2 0 0			
作殘作里	CMS 5 0 0	FP202	R 3 5-S P	E J A 1 2 0
検出原理	μ Fセンサ	ダイヤフラム形	Pt-100Ω JIS-A形	ダイヤフラム形
測学され	0-200L/min			
側たヘハン	0-500L/min	0-200kPa(abs)	0-50°C	0-1kPa
精度	$\pm 1\%$ FS ± 1 digit	±0.25%	\pm (0.15°C+0.002 t)	±0.25%
変換器等の 精度を含めた 総合精度	±2.3L/min (CMS200 の場合)	±1 k Pa	±0.6℃ (30℃の場合)	±0.005 k Pa


図3.4-1 計測機器システムの構成図



図3.4-2 計測機器システムの全体写真(2F)



図3.4-3 計測機器システムの全体写真(1F)



図3. 4-4 入口の計測ユニット部(1F)



図3.4-5 指示計盤



図3. 4-6 差圧計



図3. 4-7 データ収集装置

1 -0.	44				sh-50mi	in 🖸		
and the second se	050	21.5	21	0.000	31	20.2	41	19
2 12	5.7 12	-0.1	22	125.6	32	-0.1		19.
3 2	1.4 13	-0. 050	23	20.3	33	125.5		
4	0.1	125.5	24	-0.1	34	18.8		
5 -0.	050 15	21.4	25	0.002	35	0.9		
6	25.7	-0.1	26	125.5	36	125.5		
7	21.5	-0.002	27	20.3	37	18.8		
8	-0.1	125.6	28	-0.1	38	101.6		
9 +	Over 19	20.3	29	0.001	39	21.3		
10	25.5	-0.1	30	125.6	40	46.0		

図3.4-8 データ収集装置の表示例

3.5 試験を安全に実施するための周辺設備

安全性確認試験を実施するには、「試験配管」周辺の環境についての安全対策の配慮が必要となる。今回の試験で使用する水素ガスの圧力は低圧であるので過剰な安全対策は必要ないと考えたが、もし水素 ガスが漏れ出たとしても安全となるように以下の周辺設備を設置した。

(1)「試験配管」へのガス供給インフラ配管は、水素ガス系統と窒素ガス系統の2系統を準備し、水 素ガスでの試験の前に、窒素ガスでの予備試験や、ドライガスによる配管のドライイング(パージ) 処理等は、安全な窒素ガスで実施できるようにした。

(2)「試験配管」全体を透明の難燃性カーテンで覆った試験ブースを構築した。試験ブース内のガス は天井部分に設置した排気ダクトから屋外に常に排気するようにした。既存の日立金属資産として1 F試験室にはこの設備が存在したが、2Fについては、本事業で新規に設置した。

(3)緊急遮断弁を水素ガスボンベ庫直近に設置し、緊急信号発生時には、水素ガスを即時に自動遮断する仕組みとした。なお、ボンベ庫および緊急遮断弁・駆動回路は既存の日立金属資産を使用し、本事業で新設した水素検知器の異常信号など各種の異常信号を新たに繋ぎこんだ。

(4) 緊急遮断弁が作動する異常信号を以下に示す。

①1F試験ブース天井中央に設置した水素検知器が設定上限を超えた水素ガスを検知した場合

②2F試験ブース天井中央に設置した水素検知器が設定上限を超えた水素ガスを検知した場合

③1F試験ブースの排気ダクト内に設置した風速センサの出力が設定下限を下回った場合

④2F試験ブースの排気ダクト内に設置した風速センサの出力が設定下限を下回った場合

⑤1Fおよび2F試験ブースの非常停止釦が作動した場合

⑥1F試験室内側壁に設置した感震装置が作動した場合

⑦停電が発生した場合

⑧緊急遮断弁駆動用窒素ガスボンベのガス圧が設定を下回った場合

このうち、①2④⑤が本事業で新設した設備、③⑥⑦⑧については、既存の日立金属資産である。

- (5) 緊急遮断弁の解除は、上記の異常条件を消し、作業者が手動で復帰釦を押すことによるとした。
- (6) 試験ブースへ入室する際には体に帯電した静電気を除去することが望ましい。このため静電気 除去ノブを1Fおよび2Fの試験ブース前に設置した。

試験を安全に実施するための周辺設備を、表3.5-1、図3.5-1~図3.5-8に示す。

	使用場所	メーカー・型式	測定範囲等	備考
水素検知器	1 F、2 F	理研計器(株)	0-100%LEL	
	試験ブース内中央	GD-A8、GD-631A		
感震装置	1 F 試験室内壁	東洋オートメーシション(株)	150-250 ガル	日立金属資産
		V-925		
風速センサ	1 F、2 F	㈱佐藤計量器製作所	0-30m/s	1 Fは日立金属資産
	排気ダクト内	SK-ATV		
水素緊急遮断弁	屋外ボンベ庫内	日立バルブ(株)		日立金属資産
(停電時も作動)				

表3.5-1 安全に実施するための周辺設備



図3.5-1 水素検知器(2F)



図3.5-2 水素検知器(1F)



図3.5-3 水素検知器の警報ユニット(1F)



図3.5-4 試験ブース上の排気ダクト、防爆ファン、風量センサ(2F)



図3.5-5 非常停止釦(2F)



図3.5-6 静電気除去ノブ(2F)



図3.5-7 緊急遮断弁



図3.5-8 感震装置

3.6 「試験配管」の露点測定

安全性確認試験を開始する前には、試験装置の配管のドライイング処理を実施し、「試験配管」の露点を 確認したうえで試験を開始した。ドライイング処理の様子を図3.6-1、露点測定の様子を図3.6-2に露点測定結果を表3.6-1に示す。



図3. 6-1 配管のドライイング処理



図3.6-2 露点測定

表3.6-1 露点測定結果

ガス名	ボンベのグレード	測定検査箇所	測定値	測定機器
高純度水素	純度 99.999vol%	2 F – A 3	−77.5°C	型式:SHAW
	露点 <-70℃	2 F – A 4	−77.5°C	製造元:日本冶金化学工業
		2 F – B 3	−77. 8°C	製造番号:DP-3245
		2 F – B 4	−77. 0°C	
		1 F – A 1	−77.5°C	
		1 F – A 2	−77. 5°C	
		1 F – B 1	−77.5°C	
		1 F – B 2	−77. 5°C	

4. 水素気密性の調査

4. 1 調査内容

内封圧力試験で圧力低下量を測定する。

単位容積あたりの圧力低下や単位表面積あたりの水素透過量を算出して、「18年度調査事業」で得た 内管材料の水素気密性と比較する。

4. 1. 1 内封試験方法

(1) 配管の分割

埋設PE配管部は他の配管材料と水素透過性が異なるために、PE管部を分割して試験を行うこ ととした。また1F、2Fの温度差の影響を極力少なくするために、システム全体での試験の他に、 各ブロックに分割した上でも内封試験を行うこととした。「試験配管」のブロック分割を表4.1. 1-1、図4.1.1-1に示す。

単位容積あたりの圧力低下や単位表面積あたりの水素透過量を算出して、「18年度調査事業」で 得た内管材料の水素気密性と比較する。

		PE管	一層管	各戸	各戸		
副体合型	フロマ	以外	立て管	分岐管	分岐管	PE管	一層管
凹(11))。	747			(※1)	(※2)		
		【全体】	【分割①】	【分割②】	【分割③】	【分割④】	【分割⑤】
入口計測部	埋設	0	0			0	0
埋設PE管	埋設、					0	
立上管	1 F						
埋設一層管	埋設、	0	0				0
立上管	1 F						
横引管	1 F	0	\bigcirc				
∧ 利士て答	1 F	0	0				
A グリンL し官	$\sim 2 \ {\rm F}$						
D和本マ体	1 F	0	0				
ログリン」して官	$\sim 2 \ {\rm F}$						
各戸分岐管	1 F	0		0	0		

表4.1.1-1 ブロック分割

※1:フレキ継手A仕様、 ※2:フレキ継手C仕様





図4.1.1-1 ブロック分割

(2) 内封試験方法

表4.1.1-2に示す圧力の水素を試験対象ブロックに内封し、スタート時と24時間後の試験 の圧力、温度及び室温を測定する。

測定結果に対し温度補正を行い、圧力低下を確認して気密性を調査する。

圧力低下があった場合には、水素リークディテクタ等を用い原因箇所を特定する。

表4.1.1-2 試験条件

項目	試験内容
内封圧力	水素ガス(純度>99.999%、露点<−70℃) 22.5kPa(G) ※
試験時間	24時間

※ JIS S 2120 「ガス栓」 に記載の耐圧試験圧力を採用

4. 1. 2 内容積算出

「試験配管」を表4.1.1-1と同じブロックに分割し、管種・サイズ毎に管内径、管長から内 容積を算出した。

なお、継手とバルブの内径は、管の内径と同一として算出した。 結果を表4.1.2-1に示す。

NT	可体件要	区間	容積
No.	能官從直	(対象バルブ)	(cm^3)
1	入口計測部	VH12、VS1、VP1	507
9	埋設PE管	VP1~VP6	13376
Z	立上管		
3	横引管	VY1~VY4	2130
4	埋設一層管	VS1~VS6	12308
4	立上管		
5	A列立て管	VS6、VP6、VY1、VA11、VA21、VA31、VA41、VAT3の間	715
6	B列立て管	VY4、VB11、VB21、VB31、VB41、VBT3の間	727
7	友言八叶婼	VA11~VA13 · · · VA41~VA43	750
(台广プ哎官	VB11∼VB13・・・VB41∼VB43	

表4.1.2-1 内容積

4. 1. 3 PE管表面積算出

PE管(直管)とPEを使用している継手・バルブの表面積を算出した。なお、継手とバルブの内 径は、管の内径と同一として算出した。結果を表4.1.3-1に示す。

表4.1.3-1 PE管表面積

(単位:m²)

サイズ	3 0 A	5 0 A	合計
直管部	0.78	0.36	1.14
継手・バルブ	0.08	0.10	0.18
	総合計		1.32

4.2 調査結果

4.2.1 圧力計の機差補正

(1) 測定ガス、圧力

測定は高低差の影響が小さい窒素ガスを用い、2.5kPa付近の3点を測定する。

(2) 測定方法

① 入口計測ユニットから、一層管、立て管、横引管を経由して、1F、2Fの計8個の計測ユニットに、所定の圧力を封入する。

- ② 測定は、封入圧力が安定した後、圧力計の数値を読み取る。
- (3) 機差補正方法

入口圧力計の読みを標準として、各測定値との差を算出し、各圧力計で3点測定した内の、差 が2点以上で一致した値に対して補正を行う。

(4) 測定結果、補正値算出

表4.2.1-1に示す。

表4.2.1-1 圧力計の補正(測定結果、補正値)

				測定結	果(kPa)			
測定位置		試	験1	試	験2	試	↑冊⊥L1匣 (l₂Pa)	
		表示	差 ※	表示	差 ※	表示	差 ※	(kPa)
大	気圧	101.6		101.6		101.6		
入口	コ圧力	102.3		103. 2		104.4		
	A 1	102.2	-0.1	103.1	-0.1	104.3	-0.1	0.1
1 5	A 2	102.2	-0.1	103.2	0	104.3	-0.1	0.1
1 F	B 1	102.2	-0.1	103.2	0	104.3	-0.1	0.1
	B 2	102.2	-0.1	103.2	0	104.4	0	0
	A 3	102.5	0.2	103.4	0.2	104.6	0.2	-0.2
2 F	A 4	102.4	0.1	103.3	0.1	104.5	0.1	-0.1
	В З	102.2	-0.1	103.1	-0.1	104.3	-0.1	0.1
	B 4	102.2	-0.1	103.2	0	104.3	-0.1	0.1
会泪	1 F	12.7		12.7		12.6		
主価	2 F	14.3		14		13.7		

※:入口圧力との差

4.2.2 水素気密性試験結果

表4.1.1-1のブロック分割毎の試験結果を表4.2.2-1に示す。但し、【分割②】と【分 割③】の各戸分岐管に関しては、フレキ継手A仕様とフレキ継手C仕様の代表各1戸のみ記載する。 また、気密性試験の様子を、図4.2.2-1、実測データの例を図4.2.2-2に示す。

				24	寺間後	
		内应接	初期		圧力	水主ルカニッニカカ
分割	対象ブロック	的谷惧	圧力値	圧力値	変化量	小糸リーク イリクク
					⊿P	(こよ の作詞)
		cm ³	kPa(abs)	kPa(abs)	k Pa/day	
	入口計測部、埋設一層管					
PE管以外	立上管、横引管、	00007	195	195	N D	检细不可
【全体】	立て管、	22381	120	120	N. D.	使和作时
	各戸分岐管(1 F 、2 F)					
一層管	入口計測部、埋設一層管					
立て管	立上管、横引管、	16387	125	125	N. D.	検知不可
【分割①】	立て管					
分岐管	各戸分岐管	750	195	195	ND	检细不可
【分割②】	(フレキ継手A仕様)	750	125	125	N. D.	(東大山/下山)
分岐管	各戸分岐管	750	105	105	ND	按加了可
【分割③】	(フレキ継手C仕様)	750	125	125	N. D.	(東大山/下山)
PE管	入口計測部、埋設PE管、	12002	195	195	ND	校知不可
【分割④】	立上管	13883	125	125	N. D.	你大小个小
一層管	入口計測部、埋設一層管	19915	196	196	ND	检细不可
【分割⑤】	立上管	12015	120	120	IN. D.	(史大山/下山)

表4.2.2-1 水素気密試験結果



図4.2.2-1 気密試験の状況



図4.2.2-2 気密測定データの例【分割2】

4.3 まとめ

(1) 水素気密性

表4.2.2-1、図4.2.2-2に示すように、全分割において24時間での圧力低下は非常 に少なく、圧力計の検出精度以下で読み取ることができなかった。

(2) PE管の水素透過性

測定部分の容積、PE部分の表面積及び水素透過係数から、水素透過量並びに圧力低下を算出した 結果を表4.3-1に示す。なお、PE製の継手、バルブの内径および肉厚はPE管と同一として、 計算した。

一方、PE管部分の気密試験時間を3日間に延長して、PE管の水素透過性の測定を行い、測定デ ータの傾きからの圧力低下は 0.14kPa/day となり計算結果とほぼ等しい値を得ることができた。

サイズ	単位	3 0 A	5 0 A	合計
水素透過係数 ※	m^3m/m^2sec • Pa	$3 \times$	10^{-17}	—
PE管内表面積	m^2	0.86	0.46	—
「管厚」	m	0.004	0.006	—
時間(24h)	Sec	86400	86400	—
差圧	Pa	24000	24000	—
透過量	c m ³	13.4	4.8	18.2
容積	c m ³	—	—	13883
圧力低下 ⊿P	k Pa/day	_	_	0. 13

表4.3-1 水素透過量、圧力低下の算出

※:平成18年度調査事業 「水素供給システム安全性技術調査」(樹脂系材料の仕様検討)より

5. 圧力損失の調査

5.1 調査内容

「試験配管」に実使用を想定した水素を流し、各戸分岐管で圧力損失の計測を行い使用状況(同時使 用率)の違い、水平位置や高さの違い、埋設配管の管材の違いによる差異を確認する。

また、得られた結果を、「18年度調査事業」で行った水素供給システムモデルの圧力損失値の算出値 と比較し、算出内容の妥当性を評価する。

5.2 試験方法

以下の方法で行う。埋設配管部は一層管とPE管を独立して試験する。

5.2.1 初期条件の設定

表5.2.1-1の水素供給圧力を与え全戸使用状態にした時に、各戸が設定流量を満足するよう に各絞り弁を調整する。流量を確保できない場合は、供給圧力を上げて流量を確保する。 (上限:中間圧の最大値の15kPa)

設定流量(1戸当たり)	1 m³/h = 16.7 L/min	※ 1
水素供給圧力(遮断時)	2.5 kPa (G)	₩2

表5.2.1-1 初期条件

※1:平成17年度導入シナリオ調査における2010年前後の1件当たりの水素消費想定量より算定 ※2:供給約款 都市ガス(13A)供給圧力の最高圧力の値

5.2.2 試験内容

各戸分岐管の絞り弁を初期条件設定の状態で、表5.2.2-1の割付状態に順次切り替えて各戸 の圧力損失を計測し、使用状況、水平位置や高さの違い、埋設配管の管材の違い等による差異を確認 する。この時、入口の流量は一定になるよう入口絞り弁を調整する。

各割付状態で各戸分岐までの圧力損失は、微差圧計及び出入口の圧力計を用いて計測する。同時に 流量、温度も計測する。

なお、差圧計及び出入口の圧力計は、計測値の差異が結果に大きな影響が出るので、事前に機差補 正値を測定する。なお、差圧計は、前後の圧力差を測定するため、高低差を含まない差圧を表示する。

			各〕	■ 使	用作	固 所	割 付	ţ			+田∋九番	口答如
割付	戸			1	F			2	F		埋成日	「目白り
No.	数	選定個所	А	列	В	列	А	列	В	列	豆体	пр笠
			A 1	A 2	B 1	B 2	A 3	A 4	В 3	В4	一層官	PEE
1	8	全 戸	\bigcirc	0	\bigcirc	\bigcirc	0	\bigcirc	\bigcirc	0	\bigcirc	0
0	4	両列両フロア	\bigcirc		\bigcirc		\bigcirc		\bigcirc		\bigcirc	
Δ	4	×代表各1戸	0		0		U		0		0	0
3		同列異フロア	0		_	_	0	_	_		0	_
4		×代表各1戸	—	—	0	—	—	—	0	_	0	
5		異列同フロア	0	—	0	—	—	—	—		0	Ι
6		×代表各1戸	—	—	—	—	0	—	0	_	0	
7	9	異列異フロア	0	—	—	—	—	—	0	_	0	
8		×代表各1戸	—	—	0	—	0	—	—	_	0	
9			0	0	—	—	—	—	—	_	0	
10		同列同フロア	—	—	—	—	0	0	—	_	0	
11		の2戸	—	—	0	0	—	—	—	_	0	
12			—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
13			0	—	—	—	—	—	—	_	0	
14	1	各 (列、フロア)	_	—	_	_	0	_	_	—	0	—
15		の代表1戸	_	_	0	_	_	_	_	—	0	—
16			_	_	_	_	_	_	0	—	0	0

表5.2.2-1 試験割付表

5.3 調査結果

5.3.1 差圧計の機差補正

(1) 測定方法

1F、2F各4個の差圧計の一方を、入口計測ユニットに接続し、0.5kPa付近の圧力を内封する。 他方を大気解放して、大気圧に対しての差圧を測定する。測定は、温度影響を受けないようにする ため、1Fと2Fの室温がほぼ同一になる時間に行う。

(2) 試験ガス

測定は高低差の影響が小さい窒素ガスを用いる。

(3) 機差補正方法

8個の差圧計読みの平均値を標準として、各測定値との差を算出する。各差圧計で3点測定した 内の、差が2点以上で一致した値に対して補正を行う。

(4) 測定結果、補正値算出

表5.3.1-1に示す。

					測知	宦結果(kF	Pa)				
1	測定		試験1			試験2			試験3		補正値
,	位置	主二	半 义	室温	主二	半 义	室温	主二	半 义	室温	(kPa)
		衣小	定众	(°C)	衣小	定众	(°C)	衣小	定众	(°C)	
	A 1	0.391	-0.002		0.494	-0.002		0.597	-0.002		0.002
1	A 2	0.394	0.001	11 0	0.497	0.001	19-1	0.600	0.001	10.2	-0.001
F	B 1	0.396	0.003	11.9	0.499	0.003	12.1	0.602	0.003	12. 3	-0.003
	B 2	0.394	0.001		0.497	0.001		0.600	0.001		-0.001
	A 3	0.401	0.008		0.504	0.008		0.606	0.007		-0.008
2	A 4	0.391	-0.002	11 0	0.494	-0.002	10 1	0.597	-0.002	12.0	0.002
F	В3	0.392	-0.001	11.2	0.494	-0.002	12.1	0.597	-0.002	12.9	0.002
	В4	0.388	-0.005		0.491	-0.005		0.593	-0.006		0.005
भ	Z均值	0.393			0.496			0.599			
ナ	、気圧		101.7			101.7			101.7		

表5.3.1-1 差圧計の補正(測定結果、補正値)

※:平均値との差

5.3.2 流量計の流量補正

各戸分岐管の末端に設置した流量調整用バルブを手動操作して流量調整を実施したが、目標流量1 m³/Hr に厳密に合わせることは困難であった。そこで、差圧計の値を(5.3.2)式により補正した。

$$P d' = P d \cdot (Q_0 / Q)^2$$
 (5. 3. 2)

Pd': 目標流量1m³/Hr における差圧

Pd : 流量補正前の差圧

Q₀ : 目標流量1 m³/Hr (16.7L/min)

Q : 差圧計測の際の実流量

5.3.3 圧力損失調査結果

(1) 圧力損失測定結果

差圧計を用いて圧力損失を測定したため、高低差の影響を含まない差圧値が得られた。 圧力損失測定結果を表5.3.3-1に示す。

埋				圧り	り 損 失	測 定 結	月 果 [<pa]< th=""><th></th><th></th><th></th></pa]<>			
設	割付	戸			1	F			2	F	
管	No.	数	選定個所	A	列	В	列	A	列	В	列
部				A1	A2	B1	B2	A3	A4	B3	B4
	1	8	全戸	0.109	0.119	0.129	0.140	0.127	0.126	0.139	0.142
	2	4	両列両F代表各1戸	0.051	1	0.056	-	0.055	-	0.063	1
	3		回利用 日代 主友 1 百	0.032		-	-	0.037	-	-	
	4		问列共F11夜谷1户	—		0.037	-	1	-	0.045	
	5		思利回 - 供主久1百	0.030	-	0.030	-	-	-	-	-
	6		共列向「 11.衣谷」户	_	-	-	-	0.037	-	0.041	-
	7	2	用利用□供主友1百	0.030	-	-	-	-	-	0.040	-
	8	2	共列共F11.衣谷1户	_	-	0.031	-	0.037	_	-	-
旧	9			0.030	0.028	-	—	1	—	-	-
	10		日利日にの2日	—		-	-	0.043	0.041	-	1
	11			—		0.037	0.035		-	-	-
	12			-	-	-	-	-	-	0.052	0.048
	13			0.024	-	-	-	-	-	-	-
	14	1	夕 河夕 ⊑ (半主 1 亩	_	-	-	-	0.031	-	-	-
	15	'		—		0.024	-	1	-		1
	16			—			-	1		0.034	I
	1	8	全戸	0.058	0.061	0.075	0.080	0.073	0.071	0.087	0.089
	2	4	両列両F代表各1戸	0.033	-	0.039	-	0.039	-	0.046	-
告	12	2	同列同Fの2戸	-	_	-	-	-	-	0.053	0.048
Б	16	1	各列各F代表1戸	—	-	-	-	-	-	0.031	-

表5.3.3-1 圧力損失の測定結果

参考資料として、埋設配管を一層管とした時の結果の詳細データを表5.3.3-2、埋設配 管をPE管にした時の結果の詳細データを表5.3.3-3に示す。

表5.3.3-2 圧力損失測定結果(一層管)

: 高低差による圧力上昇を除いた圧力損失

【1	F】							一四四左	1-0.0		ᆉᄰᄵ	KU 1_1_		~																						
Ľ	-		r									А	列															В	列							
				. Ц				А	1							А	2							В	1							В	2			
_		ᆂᆘᄺ			流量		差圧計	†(kPa)		圧力(kPa)	温度	流量		差圧言	†(kPa)		圧力	(kPa)	温度	流量		差圧評	†(kPa)		圧力	(kPa)	温度	流量		差圧計	(kPa)	J	圧力(k	Pa)	温度
为数	選定個所	剖1寸 No.	圧力 kPa	温度 ℃	Q	表示	機差 補正 後	流量補	īĒ	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量	補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量	補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量補		長示	機差 補正 後 。	(参考)
0		1	104.0	10.0	L/min	0 1 0 5	0.002	$(Q_0/Q)^2$ f	<u>止伐</u>	104.1	U.I	10.6	L/min	0 1 0 4	-0.001	(Q ₀ /Q) ²	<u> </u>	104.0	104.2	10.6	L/min	0 1 4 0	-0.003	$(Q_0/Q)^2$	<u> </u>	104.1	0.1	10.6	L/min	0 1 4 6	-0.001	(Q ₀ /Q) ²	止伐 140 1/	04.1	0	10.5
8		1	104.2	10.Z	18	0.120	0.127	0.801	.109	104.1	104.2	10.0	17	0.124	0.123	0.905	0.119	104.2	104.3	10.0	17.8	0.149	0.140	0.880	0.129	104.1	104.2	10.0	17	0.140	0.145	0.965 0.	140 I	04.1	104.1	10.5
4	両フロア× 代表各1戸	2	104.2	11.9	17.1	0.051	0.053	0.954 0	.051	104	104.1	12.5					-				17	0.061	0.058	0.965	0.056	104	104.1	12.6			-					
	同列	3	104.2	11.4	17.2	0.032	0.034	0.943	.032	104.1	104.2	12.3					-								-								_			
) (共力) × (大) × (t) × (4	104.2	11.3					-								-				17.2	0.042	0.039	0.943	0.037	104.1	104.2	12.2					_			
	異列	5	104.2	11.5	17.2	0.03	0.032	0.943	.030	104.1	104.2	12.4					-				17.2	0.035	0.032	0.943	0.030	104.1	104.2	12.4					_			
	同フロア× 代表各1戸	6	104.2	11.4				.	-								-						<u> </u>		-								_			
2	異列	7	104.2	11.3	17.2	0.03	0.032	0.943	.030	104.1	104.2	12.2					-								_								_			
	異フロア× 代表各1戸	8	104.2	11.4				_	-								_				17.2	0.036	0.033	0.943	0.031	104.1	104.2	12.3					_			
		9	104.2	11.5	17.4	0.031	0.033	0.921	.030	104.2	104.3	12.4	17.2	0.031	0.03	0.943	0.028	104.2	104.3	12.4					-								-			
	同列	10	104.2	11.3		-			-								-								-								-			
		11	104.2	11.4					-								-				17.2	0.042	0.039	0.943	0.037	104.1	104.2	12.3	17.4	0.039	0.038	0.921 0.	<mark>035</mark> 10	04.2 1	04.2	12.3
	0727	12	104.2	11.3					-								-								-					-			-			
	夕回	13	104.2	11.6	17.4	0.024	0.026	0.921	<mark>.024</mark>	104.2	104.3	12.6					-								-								-			
1	谷列 タフロア	14	104.2	11.6					-								-								-								-			
Ι'	の代表1戸	15	104.3	11.5					-								-				17.4	0.029	0.026	0.921	0.024	104.3	104.4	12.1					-			
		16	104.2	11.6												_								_								-				

[2F]

<u></u>														_				_																				
			٦									А	_列																В	列								
								А	3								A 4								В	3							В	4				~ -
_		中山 /土			流量		差圧調	計(kPa)		圧力	(kPa)	温度	流量		差圧	計(kF	Pa)		圧力(k	(Pa)	温度	流量		差圧	計(kPa)	圧力	l(kPa)	温度	流量		差圧詞	†(kPa)	圧	J(kPa)	温度	谷尸
尸数	選定個所	剖1寸 No.	圧力 kPa	温度 ℃	Q	表示	機差 補正 後	流量	補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 で後	1 1 1 1 1 1	ˆ 売量補ī	E	, 表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流	 補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流	量補正	表示	機差 補正 後	(参考)	加里合計
					L/min	n	-0.008	$\left(Q_{0}/Q\right) ^{2}$	<mark>補正後</mark>		-0.2	°C	L/min		0.00	2 (Q ₀ ,	/Q)² <mark>補</mark> ī	<mark>正後</mark>	Ì	-0.1	°C	L/min		0.002	(Q ₀ /Q)	² <mark>補正後</mark>		0.1	°C	L/min		0.005	(Q ₀ /Q))² <mark>補正後</mark>		0.1	°C	L/min
8	全戸	1	104.2	10.2	17.5	0.147	0.139	0.911	0.127	104.5	104.3	14	17.5	0.13	6 0.13	8 0.9	911 <mark>0.1</mark>	1 <mark>26</mark> 1	04.3	104.2	14.1	18	0.16	0.162	0.86	0.139	104.1	104.2	14.1	17.7	0.155	0.16	0.890	0.142	104.	1 104.2	14.1	140.5
4	両列 両フロア× 代表各1戸	2	104.2	11.9	17.3	0.067	0.059	0.932	0.055	104.5	104.3	11.7					-	_				17.4	0.066	0.068	0.92 ⁻	0.063	104.1	104.2	11.9					-				68.8
	同列	3	104.2	11.4	17.5	0.049	0.041	0.911	0.037	104.4	104.2	15.7					-	_								-								-				34.7
	乗り口ア× 代表各1戸	4	104.2	11.3					_								-	_				17.5	0.047	0.049	0.91	0.045	104.1	104.2	15.6					-				34.7
	異列	5	104.2	11.5					-								-	_								-								_				34.4
	间/口/× 代表各1戸	6	104.2	11.4	17.5	0.049	0.041	0.911	0.037	104.4	104.2	15.6					-	_				17.3	0.042	0.044	0.932	2 <mark>0.041</mark>	104.1	104.2	15.6					_				34.8
2	異列	7	104.2	11.3		-			_			-					-	_				17.4	0.041	0.043	0.92	0.040	104.1	104.2	15.5					_				34.6
	共ノロア× 代表各1戸	8	104.2	11.4	17.5	0.049	0.041	0.911	0.037	104.4	104.2	15.7					-	_					-			-								_				34.7
		9	104.2	11.5					-								-	_								-								-				34.6
	同列	10	104.2	11.3	17.5	0.055	0.047	0.911	0.043	104.4	104.2	15.5	17.7	0.04	4 0.04	6 0.8	390 <mark>0.0</mark>	<mark>)41</mark> 1	04.3	104.2	15.5					-								-				35.2
	向2百	11	104.2	11.4					-								-	-								-								-				34.6
	07 <i>2</i> 7	12	104.2	11.3					-								-	-				17.2	0.053	0.055	0.943	8 <mark>0.052</mark>	104	104.1	15.4	17.8	0.05	0.055	0.880	0.048	104.2	104.3	15.4	35.0
	~ 되	13	104.2	11.6					-								-	-								-								-				17.4
1	合列 タフロア	14	104.2	11.6	17.7	0.043	0.035	0.890	0.031	104.5	104.3	15.8					-	-								-								-				17.7
'	の代表1戸	15	104.3	11.5					-								-	_						-	-	-		-						-				17.4
		16	104.2	11.6					-								-	-				17.5	0.035	0.037	0.91	0.034	104.1	104.2	15.7					-				17.5
	注1	- 1-2	F T F	見値を	迫加す	Z													-				-	-				-				-						

注1:高低差による圧力上昇値を追加する。

表5.3.3-3 圧力損失測定結果(PE管)

	F】																																		
				λп							А	列														В	列								1
				<u> </u>		-	<u></u>	A -	1		T .= 1		1	<u></u>	A 2	<u> </u>	6 - 5			1	<u> </u>	B	1		<i>u</i> = <i>x</i>				<u> </u>	E	32		<u></u>		l
戸		割尔	+		流量		差止計	(kPa)	上	力(kPa)	温度	流量		<u>差</u> 止計	†(kPa)	上力	(kPa)	温度	流量		<u> 差</u> 止	i†(kPa)		上力	(kPa)	温度	流量		<u>差</u> 止計	(kPa)		止力((kPa)	温度	l
数	選定値	所 No.	· 圧 kP	b 温虏 a ℃	Q	表示	機差 補正 後	流量補		機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量	補正	表示	機差補正後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量补	甫正	表示	機差 補正 後 。	(参考)	
			_	_	L/mir	ו	0.002	(Q _o /Q) ² 補	<mark>手止後</mark>	0.1	Ĵ	L/min	1	-0.001	(Q ₀ /Q) ² 補止{	Ê	0.1	°C	L/min		-0.003	$(Q_0/Q)^2$	補止後		0.1	Ĵ	L/min		-0.001	(Q ₀ /Q) ² 7	桶止後		0	Ĵ	1
8	全序	⊐ 1	104	.2 10.3	8 18	0.065	0.067	0.861 0	0.058 104	4.1 104.2	2 10.8	17	0.064	0.063	0.965 0.06	104.2	104.3	10.8	17.8	0.088	0.085	0.880	0.075	104.1	104.2	10.8	17.2	0.086	0.085	0.943	0.080	104.2	104.2	10.7	
4	両列 両フロア 代表各1	7× 2	104	.2 11.9) 17.2	0.033	0.035	0.943 0	0.033 104	104.2	12.4				-				17	0.043	0.040	0.965	0.039	104.1	104.2	12.5					-				
2	同列 同フロ の2戸	ア 12 5	104	.2 11.2	2	-					-				-					<u></u>	-	-	_		-						_				
1	各列 各フロ の代表1	ア 16 I戸	104	.2 11.0	5	_								-								_								_					
[2	2F】																																		
																																	-		-
				入口							А	列														В	列								
1				入口			포르키	A (3		A	列	1	*	A 4	1 ह.+		<u> </u>	¥-8		* 5	B	3			B	列		주도리	В	4			· 日本	各戸
戸) 惑 古 (田)	割r		入口 	流量		差圧計	A ((kPa)	3	力(kPa)	A 温度	列 流量		差圧計	A 4 †(kPa)	圧カ	(kPa)	温度	流量		差圧調	B †(kPa)	3	圧力	(kPa)	B 温度	列流量		差圧計	B (kPa)	4	圧力([kPa)	温度	各戸 流量
戸数	選定個	所 割付 No.	t 正 kP	入口 力 a °C	流量 ¹ Q	表示	差圧計 機差 補正 後	A ((kPa) 流量補	3 正 表	<u>力(kPa)</u> 機差 示 後	A 温度 (参考)	列 流量 Q	表示	差 圧 請 機 差 補 正 後	A 4 †(kPa) 流量補正	圧力	(kPa) 機差 補正 後	<u>温度</u> (参考)	流量 Q	表示	差機	B 汁(kPa) 流量	3 【補正	圧力	(kPa) 機差 補正 後	B 温度 (参考)	列 流量 Q	表示	<u>差</u> 圧計 機差 補正 後	B (kPa) 流量衫	4 甫正	压力(表示	(kPa) 機差 補後	温度 (参考)	各戸 流量 合計
戸数	選定個	所 割作 No.	寸 · 圧: kP	入口 加温度 a ℃	流量 Q L/mir	 表示	差圧計 機差 補正 後 -0.008	A 、 (kPa) 流量補	3 正 表 正後	<u>カ(kPa)</u> 機差 補正 後 -0.2	A 温度 (参考) ℃	列 流量 Q L/min	表示	差圧 た 機差 補正 後 0.002	A4 †(kPa) 流量補正 (_{Q₀/Q)² 補正1}	圧力 表示	(kPa) 機差 補正 後 -0.1	<u>温度</u> (参考) ℃	流量 Q L/min	表示	差圧 機差 補 後 0.002	B †(kPa) 流量	3 【補正 <mark>補正後</mark>	压力 表示	(kPa) 機差 補正 後 0.1	B 温度 (参考) ℃	列 流量 Q L/min	表示	<u>差</u> 圧計 機差 補 後 0.005	B (kPa) 流量补	4 甫正 辅正後	<u></u> 圧力(表示	〔kPa〕 機差 補後 0.1	温度 (参考) ℃	各戸 流量 合計 L/min
戸 数 8	選定個	所 割(↑ No. ᆿ 1	t 压 kP	入口 加温度 a ℃	流量 □] □ □] □] □] □] □] □] □] □] □] □] □] □]] □]]]]]]]]]]]]]	表示 0.088	差圧計 機差 補正 後 -0.008	A ((kPa) 流量補 (Q ₀ /Q) ² 補 0.911 0	3 〕正 <u>非正後</u> 1073 104	<u>力(kPa)</u> 機差 補正 後 -0.2	A 温度 (参考) ℃ 14.2	列 流量 Q L/min 17.5	表示 0.076	<u>差圧</u> 言 機差 補正 後 0.002 0.078	A 4 †(kPa) 流量補正 (Q _o /Q) ² 補正 0.911 0.07	正力 表示 € 104.4	(kPa) 機差 補正 後 -0.1 104.3	温度 (参考) ℃ 14.2	流量 Q L/min 18.1	表示 0.1	差圧 機差 補正 後 0.002 0.102	B †(kPa) 流量 (\2) ² 0.851	3 補正 <u>補正後</u> 0.087	压力 表示 104.1	(kPa) 機差 (0.1 104.2	B 温度 (参考) ℃ 14.3	列 流量 Q L/min 17.7	表示 0.095	<u>差</u> 圧計 機差 補正 0.005 0.1	B (kPa) 流量补 (Q ₀ /Q) ² 4 0.890	4 甫正 辅正後 0.089	<u>圧力(</u> 表示 104.1	(kPa) 機差 補正 後 0.1 104.2	温度 (参考) ℃ 14.2	各戸 流量 合計 140.8
戸数 8 4	選定個 全 下 両フロア 代表各1	所 割 ^{(†} No. □ 1 1 □ 2	+ · 圧. kP 104	入口 力 温度 a °C .2 10.3	→ 流量 反 Q L/mir 3 17.5 17.3	表示 0.088 0.05	差圧計 機差 補正 -0.008 0.042		3 正 表 0.073 0.039 104		A 温度 (参考) ℃ 14.2 11.5	列 流量 Q L/min 17.5	表示 0.076	<u>差</u> 圧言 機差 補正 後 0.002	A 4 †(kPa) 流量補正 (Q₀/Q) ² 補正1 0.911 0.07	正力 表示 104.4	(kPa) 機差 補正 後 -0.1 104.3	温度 (参考) ℃ 14.2	流量 Q L/min 18.1 17.5	表示 0.1 0.048	差圧 機差 補正 後 0.002 0.102 0.05	B †(kPa) 流量 0.851 0.911	3 補正 0.087 0.046	圧力 表示 104.1 104.1	(kPa) 機差 補正 0.1 104.2 104.2	B 温度 (参考) ℃ 14.3 11.7	列 流量 Q L/min 17.7	表示 0.095	差圧計 機差 補 0.005 0.1	B (kPa) 流量补 (Q ₀ /Q) ² 补	4 甫正 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	庄力(表示 104.1	(kPa) 機差 補正 0.1 104.2	温度 (参考) ℃ 14.2	各戸 流量 合計 140.8 69.0
F数 8 4 2	選定個 全 可 可 た る 可 の 2 月 の 2 月 の 2 月	所 No. 二 了 二 了 二 1 2 7 二 12	+ 上 上 上 上 上 上 上 上 上 上 上 上 上	入口 加加 2 10.3 2 11.3 2 11.3	→ 流量 流量 レ/mir 3 17.5 17.3	表示 0.088 0.05	差圧計 機差 補正 -0.008 0.042	A ((kPa) 流量補 (Q ₀ /Q) ² 補 0.911 0 0.932 0	3	<u>.</u> 力(kPa) 機差 補正 後 -0.2 .4 104.2	A [温度 (参考) ℃ 14.2 11.5	列 流量 Q L/min 17.5	表示 0.076	差圧 機差	A 4 †(kPa) 流量補正 (Q ₀ /Q) ² 補正 0.911 0.07 –	正力 表示 104.4	(kPa) 機差 補正 (人) (104.3	温度 (参考) 14.2	流量 Q L/min 18.1 17.5	表示 0.1 0.048 0.054	<u>差圧</u> 機差 補正 後 0.002 0.102 0.055	B 流量 (Q ₀ /Q) ² 0.851 0.911 0.943	3 補正 (補正後 0.087 0.046 0.053	圧力 表示 104.1 104.1	(kPa) 機差 補正 後 0.1 104.2 104.2	B 温度 (参考) ℃ 14.3 11.7	列 流量 Q L/min 17.7 17.8	表示 0.095 0.05	差圧計 機差 0.005 0.1	B ((kPa) 流量补 (Q ₀ /Q) ² 1 0.890 (0.880	4 甫正 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	<u>圧力(</u> 表示 104.1	(kPa) 機差 補正 後 0.1 104.2	<u>温度</u> (参考) ℃ 14.2	各戸 流量 合計 140.8 69.0

注1:高低差による圧力上昇値を追加する。

5. 4 高低差による圧力上昇

5.4.1 高低差による圧力上昇測定

(1) 測定方法

1 F、2 F各4個の差圧計の一方を、入口計測ユニットに接続し、水素ガス 0.5kPa 以下の圧力を 内封する。他方を大気解放して、大気圧に対しての差圧を測定する。

測定結果に表4.2.1-1の補正値を加えてから、1Fと2Fの平均値の差を高低差による圧 力上昇測定とする。

(2) 測定結果

表5.4.1-1に測定結果を示す。

			1	F			21	<u>.</u>		気圧	室	温
微差日	目かの位置	A	列	В	列	Аğ	利	В	列	KPa	1 F	2 F
		A 1	A 2	B 1	B 2	A 3	A 4	В3	В4	(abs)	°C	°C
		0.151	0.153	0.156	0.154	0.195	0.185	0.186	0.183	101.8	15.7	19.1
		0.138	0.140	0.143	0.141	0.182	0.172	0.173	0.170	101.8	15.7	19.0
		0.125	0.128	0.130	0.128	0.170	0.160	0.160	0.157	101.8	15.7	18.9
		0.113	0.116	0.118	0.116	0. 157	0.147	0.148	0.145	101.8	15.7	18.4
迎去	ち (1-D-)	0.106	0.108	0. 111	0.109	0.150	0.140	0.141	0.138	101.8	15.7	18.3
側足៕	<u>a</u> (KPa)	0.097	0.099	0.102	0.100	0.141	0.131	0.132	0.129	101.8	15.7	18.2
		0.086	0.088	0.091	0.089	0.130	0.120	0.121	0.118	101.8	15.7	18.1
		0.073	0.076	0.078	0.076	0.118	0.108	0.108	0.105	101.8	15.6	18.0
		0.045	0.047	0.050	0.048	0.089	0.079	0.080	0.077	101.8	15.7	18.8
		0.038	0.041	0.043	0.041	0.083	0.073	0.073	0.070	101.8	15.7	18.7
松羊	平均值	0.097	0.100	0.102	0.100	0.142	0.132	0.132	0.129			
機定	補正値	0.002	-0.001	-0.003	-0.001	-0.008	0.002	0.002	0.005			
î⊞⊥⊥.	補正後	0.099	0.099	0.099	0.099	0.134	0.134	0.134	0.134			
フロ	ア平均値		0.	099			0.13	34				
圧力	7上昇値			0			0.03	35				

表5.4.1-1 1 F-2 F間の高低差による圧力上昇測定結果

(3)入口配管から両フロアまでの高低差による圧力上昇値

1F-2F間の高低差と、入口配管から1F及び2Fまでの高低差の比率で、入口配管からの 圧力上昇値を算出する。結果を表5.4.1-2に示す。

	高低差	圧力_	上昇値
	(m)	(kPa)	(kPa/m)
1 F-2 F 差圧計間	3. 25	0. 035	0.0108
入口配管-1Fフロア	1.41	0.015	0.0100
入口配管-2Fフロア	4.07	0.044	0.0108

表5.4.1-2 入口配管からの圧力上昇値

5.5 概念設計による圧力損失の計算

実際の「試験配管」について、「18年度調査事業」で実施した「概念設計」と同様に、都市ガスの内 管で行われている計算式と係数を用いて圧力損失を算出した。

(1) 圧力損失値算出条件

 ①燃料電池の個数、同時使用率

燃料電池は各戸に1台とした。

同時使用率は、電気は各戸一斉に使用されることも考えられるので最も厳しい条件として 100%とした。

②水素消費量

1 戸当たり(燃料電池1台当たり)の水素消費量については、(社)日本ガス協会 調査報告書「平成17年度地方都市ガス事業 天然ガス促進対策調査(水素供給システム安全性技術調査)」の表6. 3.3-1中の2008年の水素消費量(0.67m³/h)を採用し、安全をみて1.5倍した1m³/hを用いて 算出した。

(2) 圧力損失計算式、係数

(社)日本ガス協会発行「供給管・内管指針(設計編) JGA指-301-04」の7.3配管口径の 決定に記載された流量公式と係数を用いて行った。

①鋼管の場合(80A以下)

$$\Delta P_{r} = g \cdot K_{D}' \cdot S \cdot L_{r}' \cdot Q r^{2} \qquad (5. 5-1)$$

Δ P ,: 各配管部の起点と終点の圧力差・・・・・圧力損失値 [Pa]

K_D':継手類の使用状況を考慮し継手類の直管相当長を加味した口径ごとの表5.5-1に示す係数

呼び径	K _D '	呼び径	K _D '	呼び径	K _D '
15	8. 15×10^{-1}	2 5	3. 72×10^{-2}	4 0	4. 58 $\times 10^{-3}$
2 0	1. 38×10^{-1}	32	8. 32×10^{-3}	50	1.23×10^{-3}

表5.5-1 Κ_Γ'値(鋼管用)

S: 空気に対するガスの比重(空気を1として)・・・水素: 0.06952

L_r': 総手の直管相当長を含まない配管の延長距離 [m]

Q_r : 設計流量 [m³/h]

g : 重力加速度 [m/s²]

②フレキ管の場合

次式により、水素の流量を空気流量に換算し、フレキ管の圧力損失図(図5.5-1)から圧 力損失値を算出した。

Qgas : 設計ガス流量 [m³/h] S : 空気に対するガスの比重(空気を1として)・・・水素: 0.06952



図5.5-1 フレキ管の圧力損失図

③高低差による圧力上昇計算 [Pa]

次式より算出した Δ P'を、A で求めた立て管の圧力損失値から減じて補正する。

$$\Delta \mathbf{P}' = \mathbf{g} \cdot \rho \cdot \mathbf{H} \cdot (1 - \mathbf{S}) \tag{5. 5-3}$$

Δ P': 圧力変化 [Pa] (+の場合は圧力上昇、-の場合は圧力降下)

- ρ : 空気密度 (1.293kg/m³)
- H : 改質機から各戸分岐部までの高さ [m]
- S:空気に対するガスの比重(空気を1として)・・・水素:0.06952
- g : 重力加速度 [m/s²]

(3) 圧力損失計算結果

①計算詳細結果

計算の詳細を表5.5-2から表5.5-9に示す。

		下流の		1 戸	設計	F	译	区間	区間
配管部 区間	区間 延長 [m]	水素 メータ の数 [個]	同時 使用率 [%]	当たりの 流量 [m ³ /h]	流量 Q _r [m³/h]	呼び径 [A]	K _D '	正力 損失値 [Pa]	圧力 損失 累積値 [Pa]
埋設 供給管 ^(共通部) 入口 ~	0.850	8	100	1	8	25	0. 0372	1.4	
分岐									57 6
埋設 供給管	9.036	8	100	1	8	20	0.138	54.4	51.0
(一層管) 分岐	1.001	8	100	1	8	25	0.0372	1.6	
~ 立上管	3.855	8	100	1	8	50	0.00123	0.2	

表5.5-2 埋設供給管-立上管の圧力損失値(a1)

表5.5-3 立上管-各階間の圧力損失値(a2)

配管部		下流の		1戸	設計	F	译	区間	区間
配管部 区間	区間 延長 [m]	水素 メータ の数 [個]	同時 使用率 [%]	当たりの 流量 [m ³ /h]	流量 Q _r [m³/h]	呼び径 [A]	K _D '	正元 圧力 損失値 [Pa]	圧力 損失 累積値 [Pa]
A列 去て答	2.860	2	100	1	2	15	0.815	6.4	C A
立て官	0.045	2	100	1	2	20	0.138	0.0	0.4
B列 立て管	2.860	2	100	1	2	15	0.815	6.4	6 4
	0.045	2	100	1	2	20	0. 138	0.0	0.1

		下流の				F	口径		区間
配管部 区間	区間 延長 [m]	水素 メータ の数 [個]	同時 使用率 [%]	1戸 当たりの 流量 [m ³ /h]	設計 流量 Q _r [m³/h]	呼び径 [A]	K _D '	区間 圧力 損失値 [Pa]	正力 損失 累積値 [Pa]
横引管	6.084	4	100	1	4	20	0. 138	9.2	9.2

表5.5-4 横引管の圧力損失値(b)

表5.5-5 高低差による圧力上昇値(c)

フロア	区間 高さ [m]	圧力上昇値 [Pa]	記号
入口配管~1F	1.41	16.6	C $_{1\mathrm{F}}$
入口配管~2F	4.07	48.0	C_{2F}

表5.5-6 各戸分岐~燃料電池間フレキ管の圧力損失値(df)

項目	結果
空気流量への換算 (Qair=√S×Qgas =√0.06952×1)	0.264 [m³/h]
フレキ管圧力損失図(図 5.5-1)より、フレキ管(10A)1m当たり の圧力損失値	0.215×9.8 [Pa/m]
フレキ管 (10A) 3.1m 当たりの圧力損失値	6.5 [Pa]

表5.5-7 フレキ管を除いた各戸分岐~燃料電池間の圧力損失値(d)

		下流の				F	译		区間
配管部 区間	区 延 [m]	水素メータの数[個]	同時 使用率 [%]	1戸 当たりの 流量 [m ³ /h]	設計 流量 Q _r [m³/h]	呼び径 [A]	K _D '	区間 圧力 損失値 [Pa]	正力 損失 累積値 [Pa]
各戸	1.000	1	100	1	1	15	0.815	0.6	0.6
分岐	0.270	1	100	1	1	20	0.138	0.0	0.0

場所	全圧力損失計算式	全圧力損失値 [kPa]
A1, A2	E' = a 1 (埋設供給管一立上管) + d f + d	0.065
A3, A4	E' = a 1 (埋設供給管-立上管)+a 2 (A列立て管) + d f + d	0.071
B1、B2	E' = a 1 (埋設供給管-立上管) + b (横引管) + d f + d	0.074
B3、B4	E' = a 1 (埋設供給管-立上管)+a 2 (B列立て管) + b (横引管) + d f + d	0. 080

表5.5-8 高低差を除いた全圧力損失値(E')

表5.5-9 全圧力損失値(E)

場所	全圧力損失計算式	全圧力損失値 [kPa]
A1, A2	E = a 1 (埋設供給管-立上管) - C _{1F} +df+d	0. 048
A3, A4	E = a 1 (埋設供給管-立上管)+a 2 (A列立て管) - C _{1F} +df+d	0. 023
B1、B2	E = a 1 (埋設供給管-立上管) + b (横引管) - C _{2F} +df+d	0. 057
B3、B4	E = a 1 (埋設供給管-立上管)+a 2 (B列立て管) + b (横引管) - C _{2 F} + d f + d	0. 032

5.6 圧力損失測定結果の評価

(1)「概念設計」算出値との比較

圧力損失の大きい一層管の割付 No.1の測定値と、「概念設計」における圧力損失の算出値を、表5. 6-1に示す。

測定結果の方が、圧力損失値が大きい。これは、遮断弁や継手、フランジを多く用いたことで、流 過抵抗が大きくなったためと考えられる。

				高低差视	を除いた圧力損失値	
割付	フロア	万山	各戸		(kPa)	
1111) []	24	分岐管	測定結果	「概念設計」算出値 ※	備考
	1 E		A 1	0.109	0.065	
	1 Г	A 1 0.109 A 2 0.119	0.119	0.005		
	0.5	AØIJ	A 3	0.127	0.071	日 1.
No. 1	2 F		A 4	0.126	0.071	-
10.1	1 ፔ		B 1	0.129	0.074	損失値
	ΙΓ	B五川	B 2	0.140	0.074	
	9 F	D94	В З	0.139	0.080	
	2 F		В4	0.142	0.000	

表5.6-1 測定値と「概念設計」算出値の比較

※: 「概念設計」算出値は、実際の配管に合わせて再計算した値

測定結果の方が、圧力損失値が大きい。これは、遮断弁や継手、フランジを多く用いたことで、 流過抵抗が大きくなったためと考えられる。

(2) 水平方向距離

水平方向距離による圧力損失の差は、一層管の割付No.1において、B列とA列の差として現れ、0.010 ~0.020kPa である。「概念設計」の計算では0.009kPa であった。この差も、(1)と同様配管抵抗が大きくなっているためによるものと考えられる。

(3) 高低差圧力上昇

高低差による圧力上昇値(0.0108kPa/m)は、「概念設計」による圧力上昇値(0.0118kPa/m)に対し て若干低い結果となったが、測定器の精度を考慮すれば、ほぼ同等と考えられる。

従って、ゲージ圧基準の圧力計を用いて圧力損失を測定する場合には、高低差による圧力上昇を考 慮する必要がある。

6. 安全性確認試験のまとめ

「18年度調査事業」で選定した内管材料を用い「概念設計」に基づいて、検討・製作した「試験配 管」で、気密性及び圧力損失の調査を行った結果、次のことがわかった。

- (1)気密性(材料透過性を含む)に関しては、配管システムとしても、内管材料を個々に調査した 結果と同等の結果を得ることができた。
- (2) 圧力損失に関しては、「概念設計」での算出値よりも大きな数値となったのは、遮断弁や継手、 フランジを多く用いたことで、流過抵抗が大きくなったためと考えられる。
- (3)また、純水素形燃料電池への供給圧力に関して一般的に定められた数値はないが、数 kPa~ 数十 kPa で設計されている例がある。
 今回の試験配管モデルにおいては、測定結果の最大圧力損失は一層管の割付 No. 1 において
 0.150kPa 以下であり、実用化の段階では、更に口径を絞った配管での対応も考えられる。

<参考文献>

- (1)(社)日本ガス協会発行「供給管・内管指針(設計編) JGA指-301-04」
- (2)(社)日本ガス協会発行「供給管・内管指針(工事編) JGA指-302-04」
- (3)(社)日本ガス協会 調査報告書 平成17年度地方都市ガス事業 天然ガス促進対策調査 (水素供給システム安全性技術調査)
- (4)日立金属株式会社調査報告書 平成18年度地方都市ガス事業 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」(内管の仕様検討等)
- (5) 三井化学株式会社調査報告書 平成18年度地方都市ガス事業 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」(樹脂系材料の仕様検討)

Ⅳ. 参考資料

Ⅳ. 参考資料

1. 窒素ガスによる圧力損失測定結果

水素ガスとの比較参考として、水素ガスの圧力損失測定と同様の方法で、窒素ガスを用いた場合の圧力 損失を計測した。

本事業で使用した流量計は水素ガス仕様であるため、窒素ガスの流量測定に転用するため、メーカーから窒素ガスへの換算値(cf=0.214)を入手し、測定を実施した。参考表1-2、参考表1-3に記載の流量は換算後の窒素ガス流量である。なお、差圧計を用いて圧力損失を測定したため、高低差の影響を含まない差圧値が得られた。

圧力損失測定結果を参考表1-1に示す。

埋				圧 ナ	」損失	測 定 結	目果 [(Pa]			
設	割付	戸			1	F			2	F	
管	No.	数	選定個所	A	列	В	列	A	列	B	列
部				A1	A2	B1	B2	A3	A4	B3	B4
	1	8	全戸	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1
	2	4	両列両F代表各1戸	0.386		0.438	-	0.431	_	0.465	—
	3		回列用口件主タ1百	0.218		-	-	0.257	-		—
	4		间列其F11、衣谷1户	-		0.258	-	-	-	0.286	—
	5		思知曰「伴主タ1百	0.207		0.226	_	-	_		—
	6		其列向F1\农谷1户	_	_	_	—	0.251	_	0.259	_
	7	2	思列思口(出主タ1百	0.209	_	_	—	_	_	0.212	—
困	8	2	共列共F11、农谷1户	-		0.225	—	0.250	_		—
眉	9			0.235	0.204	_	—	_	_	_	—
Б	10		同利同にの2百	_	-	-	—	0.314	0.292	-	—
	11				I	0.261	0.240		-	I	_
	12			-		-	-	-	-	0.347	0.324
	13			0.164	I	1	-	-	-	I	—
	14	1	冬 利久 ⊑ 件 実 1 亘	-	-	-	—	0.205	-	-	—
	15		名列名F1(及)户	-	-	0.180	-	-	-	-	—
	16			-		-	—	-	_	0.212	—
Р	1	8	全戸	0.508	0.671	0.672	0.673	0.613	0.615	0.761	0.757
	2	4	両列両F代表各1戸	0.245	_	0.292	-	0.286	-	0.317	—
「「」	12	2	同列同Fの2戸	—	—	—	—	—	—	0.298	0.300
Б	16	1	各列各F代表1戸	—	—	_	—	—	—	0.211	_

参考表1-1 窒素ガスによる圧力損失の測定結果

>1:レンジオーバー

更に、埋設配管を一層管とした時の結果の詳細データを参考表1-2、埋設配管をPE管にした時の結果の詳細データを参考表1-3に示す。

参考表1-2 N₂ガスによる圧力損失の計測: 圧力損失測定結果(一層管)

:高低差による圧力上昇を除いた圧力損失

Over : 差圧計の計測レンジオーバー

【1	F】)王IC6		ᆂᆓᅸᅝ	, v / _ /.						(天) レン、	· · ·	•														
			7									А	列														В	列						
			^	. ц				Α	1							A 2	-						В	1							В	2		
-		宇レクナ			流量		差圧計	†(kPa)		圧力	I(kPa)	温度	流量	Ż	を圧計	(kPa)	圧力	l(kPa)	温度	流量		差圧計	(kPa)		圧力	(kPa)	温度	流量		差圧計	(kPa)	圧ナ	l(kPa)	温度
为数	選定個所	司的 No.	圧力 kPa	温度 ℃	Q	表示	機差 補正 後	流量	計 補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 甫正 後	流量補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量	甫正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量補正	表示	機差 補正 後	(参考)
					L/min		0.002	$(Q_0/Q)^2$	[。] 補正後	ź	0.1	°C	L/min	-(0.001 (Q _o /Q) ² 補正	<mark>发</mark>	0.1	°C	L/min		-0.003	(Q ₀ /Q) ²	<mark>哺正後</mark>		0.1	°C	L/min		-0.001 ([Q _o /Q) ² 補工	<mark>後</mark>	0	°C
8	全戸	1	104.5	12.6	17.8	Over	#VALUE!	0.880	#VALUE	103.1	103.2	12.7	18	Over #\	ALUE!	0.861 <mark>#Vali</mark>	<mark>E!</mark> 103.2	103.3	12.8	18.1	Over	#VALUE!	0.851	VALUE!	103	103.1	12.7	18.2	Over	#VALUE!	0.842 <mark>#VA</mark>	. <mark>UE!</mark> 103	103	12.8
4	回列 両フロア× 代表各1戸	2	104.5	12.5	17.5	0.422	0.424	0.911	0.386	104	104.1	12.5				-				17.2	0.468	0.465	0.943	0.438	104	104.1	12.5				-			
	同列	3	104.5	12.6	18.1	0.254	0.256	0.851	0.218	104.1	104.2	12.6				-								-							-			
		4	104.5	12.6					-							_				17.7	0.293	0.290	0.890	0.258	104.2	104.3	12.6				-			
		5	104.5	12.6	18.3	0.247	0.249	0.833	0.207	104.3	104.4	12.5				_				18	0.266	0.263	0.861	0.226	104.3	104.4	12.5				-			
	同フロア× 代表各1戸	6	104.5	12.6			<u> </u>		_		1					_								-							-			
2		7	104.5	12.6	18.4	0.252	0.254	0.824	0.209	104.2	104.3	11.5				-								_							-			
	異フロア× 代表各1百	8	104.5	12.6			<u> </u>		-		1	<u>I</u>				_				17.8	0.259	0.256	0.880	0.225	104.2	104.3	12.6				-			
		9	104.5	12.6	18.4	0.283	0.285	0.824	0.235	104.3	104.4	12.5	18.2	0.243 0	.242 (0.842 0.20	4 104.3	104.4	12.6					-							-			
	同列	10	104.5	12.6					_							-								_							-			
	同プロアの2百	11	104.5	12.6					-							-				17.8	0.3	0.297	0.880	0.261	104.2	104.3	12.5	18.2	0.286	0.285	0.842 0.2	<mark>40</mark> 104.2	104.2	12.5
	0725	12	104.5	12.6					-							-								-		-							-	
	夕 国	13	104.6	12.6	18.8	0.206	0.208	0.789	0.164	104.4	104.5	12.6				_								-							-			
1	合列 タフロア	14	104.5	12.6					_							_								-							-			
I '	の代表1戸	15	104.5	12.6					-							-				18.1	0.214	0.211	0.851	0.180	104.3	104.4	12.7				-			
	0, (Q1)	16	104.5	12.6					-							-								-							-			

[2F]

		-	-		-																-																	
			7									Α	_列																В	列								
				. ப				А	3								A 4								В	3							В	4				~ =
_		由山石			流量		差圧言	i†(kPa)		圧力	(kPa)	温度	流量		差圧	計(kF	Pa)	圧	力(kPa)温	度	流量		差圧調	†(kPa)		圧力	(kPa)	温度	流量		差圧計	†(kPa))	圧力	(kPa)	温度	谷尸
尸数	選定個所	割1寸 No.	圧力 kPa	温度 ℃	Q	表示	機差 補正 後	流量	補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	济	統量補正	表示	機 補 1 後	皇 E (参	考)	Q	表示	機差 補正 後	流量	计	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量	量補正	表示	機差 補正 後	(参考)	加里合計
					L/min		-0.008	$\left(Q_{0}/Q\right) ^{2}$	<mark>補正後</mark>		-0.2	°C	L/min		0.002	2 (Q ₀ /	′Q)² <mark>補正</mark>	<mark>後</mark>	-0.	1 °() L	_/min		0.002	(Q ₀ /Q) ²	<mark>補正後</mark>		0.1	°C	L/min		0.005	(Q ₀ /Q) ²	² <mark>補正後</mark>		0.1	°C	L/min
8	全戸	1	104.5	12.6	17.5	Over	#VALUE!	0.911	#VALUE!	103.4	103.2	11.6	18.2	Over	#VALUE	⊡ 0.8	42 <mark>#VALI</mark>	^{je!} 103	3 103	.2 11	.5	17.3	Over	#VALUE!	0.932	#VALUE!	102.9	103	11.6	17.9	Over	#VALUE!	0.870	#VALUE!	103	103.1	11.5	143.0
4	両列 両フロア× 代表各1戸	2	104.5	12.5	17.2	0.465	0.457	0.943	0.431	104.4	104.2	11.7					-					17.3	0.497	0.499	0.932	0.465	103.9	104	11.8					-				69.2
	同列	3	104.5	12.6	17.7	0.297	0.289	0.890	0.257	104.5	104.3	11.6					-									-								-				35.8
	異ノロア× 代表各1戸	4	104.5	12.6					-								-					17.8	0.323	0.325	0.880	0.286	104.1	104.2	11.5					-				35.5
	異列 日フロマン	5	104.5	12.6					-								-									-								-				36.3
	向フロア× 代表各1戸	6	104.5	12.6	17.7	0.29	0.282	0.890	0.251	104.5	104.3	11.5					_					17.9	0.296	0.298	0.870	0.259	104.1	104.2	11.5					_				35.6
2	異列	7	104.5	12.6		-			-								_					18.3	0.252	0.254	0.833	0.212	104.2	104.3	11.5					_				36.7
	_乗 707 へ 代表各1戸	8	104.5	12.6	17.7	0.289	0.281	0.890	<mark>0.250</mark>	104.5	104.3	11.5					_									-								_				35.5
	티지	9	104.5	12.6					_								-									-								_				36.6
	回列	10	104.5	12.6	17.5	0.353	0.345	0.911	0.314	104.5	104.3	11.4	17.9	0.334	0.336	3 0.8	70 <mark>0.29</mark>	<mark>2</mark> 104	3 104	.2 11	.4					-								-				35.4
	の2戸	11	104.5	12.6					-								-									-								_				36.0
		12	104.5	12.6					_								-					17.8	0.392	0.394	0.880	0.347	104.1	104.2	11.4	18.4	0.388	0.393	0.824	0.324	104.2	104.3	11.4	36.2
	久回	13	104.6	12.6		-			-			-					-									-								_				18.8
1		14	104.5	12.6	18	0.246	0.238	0.861	0.205	104.6	104.4	11.4					-									-								_				18.0
Ċ	0.1.2.1戸	15	104.5	12.6					-								-							-	-	-		-						-				18.1
		16	104.5	12.6					-								-					18.3	0.253	0.255	0.833	0.212	104.2	104.3	11.4					_				18.3
	汁1. 古低羊!	2	ᄑᆂᆂᅣ	見はたい	白加大に	Z																																

注1:高低差による圧力上昇値を追加する。

参考表1-3 N₂ガスによる圧力損失の計測: 圧力損失測定結果(PE管)

:高低差による圧力上昇を除いた圧力損失

【1	$\frac{1}{322 \text{ mm}} = \frac{1}{322 \text{ mm}} + \frac{1}{322 $																																				
L				٦г	1								А	列														В	列								
					•				Α	1							A 2							В	1				_			E	32				
日		宝山石	+			流量		差圧計	†(kPa)		圧力	l(kPa)	温度	流量		差圧調	†(kPa)	圧力	(kPa)	温度	流量		差圧言	†(kPa)		圧力	(kPa)	温度	流量	L	差圧計	(kPa)		<u> 圧力(</u>	(kPa)	温度	
, 数	選定個	所No	。 一日 k	E力: (Pa	温度 ℃	Q	表示	機差 補正 後	流量	a 補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量	補正	表示	機差 補正 後	(参考)	Q	表示	機差 補正 後	流量补	浦正	表示	機差 補正 後	(参考)	
-						L/min		0.002	(Q ₀ /Q) ²	補正後		0.1	Ъ	L/min		-0.001	(Q ₀ /Q) ² 補正後	Ź	0.1	°C	L/min		-0.003	$(Q_0/Q)^2$	補正後		0.1	Ъ	L/min		-0.001	(Q ₀ /Q) ²	補正後		0	Ъ	
8	全戸	⊐ 1	1(04.5	12.6	18.6	0.628	0.63	0.806	0.508	103.8	103.9	12.7	18.3	0.807	0.806	0.833 0.671	103.9	104	12.8	18.2	0.801	0.798	0.842	0.672	103.7	103.8	12.8	18	0.783	0.782	0.861	0.673	103.8	103.8	12.7	
4	両列 両フロア 代表各1	× 2 戸	1(04.5	12.5	18.2	0.289	0.291	0.842	0.245	104.2	104.3	12.5				-				17.8	0.335	0.332	0.880	0.292	104.2	104.3	17.8					-				
2	同列 同フロ の2戸	ア 12	. 10	04.5	12.6		-			-	-						_								-								_				
1	各列 各フロ の代表1	ア 16 戸	1(04.5	12.6					_							_								_								-				
[2	F																																				
[2	:F]			入口	1								A	列														В	列								
[2	:F】			入口	1	达旦		羊ㅁ=	A	3			A 泪 庄	列		수다음				日中	法旦		羊됴클	B	3	БЪ		B	列		수다러	B	4			泪中	各戸
【2 戸	:F】 選定個	_所 割代		入口]	流量		差圧計	A †(kPa)	3	圧力	l(kPa) 機差	A 温度	列		差圧調	A 4 †(kPa)	圧力	(kPa) 機差	温度	流量		差圧言	B †(kPa)	3	圧力	(kPa) 機差	B 温度	列流量		差圧計	B -(kPa)	4	压力(kPa) 機差	温度	各流会
【 <u>2</u> 戸数	: F】 選定個i	所 割f	寸 · 归 k	入口 E力 (Pa	」 温度 ℃	流量 Q	表示	差圧言機差	A †(kPa) 流量	 【補正	臣力	(kPa) 機差 補正 後	A 温度 (参考)	列 流量 Q	表示	差 機正 差 機正 後	A 4 †(kPa) 流量補正	圧力	(kPa) 機差 補正 後	温度 (参考)	流量 Q	表示	差圧言機差補正後	B †(kPa) 流量	3 補正	圧力	(kPa) 機差 補正 後	B 温度 (参考)	列 流量 Q	表示	差圧計 機差 補 後	B (kPa) 流量衫	4 浦正	庄力(表示	[kPa) 機差 補後	<u>温度</u> (参考)	各戸量計
【 <u>2</u> 戸数	: F】 選定個)	所 割作 No	寸 - 日 k	入口 E力 (Pa	」 温度 ℃	流量 Q L/min	表示	差圧 機差 補正 後 -0.008	A †(kPa) 流量	3 【補正 【補正後	圧力	(kPa) 機差 補正 後 -0.2	A 温度 (参考) ℃	列 流量 Q L/min	表示	差圧 機差 補正 後 0.002	A 4 †(kPa) 流量補正 (Q ₀ /Q) ² 補正倒	压力 表示	(kPa) 機差正 -0.1	<u>温度</u> (参考) ℃	流量 Q L/min	表示	差圧 機差 補正 後 0.002	B †(kPa) 流量	3 補正 <mark>補正後</mark>	圧力	(kPa) 機差正 0.1	B 温度 (参考) ℃	列 流量 Q L/min	表示	差 圧 計 機 差 補 後 0.005	B -(kPa) 流量ネ (Q ₀ /Q) ²	4 捕正 補正後	压力(表示	(kPa) 機差 補正 後 0.1	<u>温度</u> (参考) ℃	各戸 合計 L/min
【 <u>2</u> 戸数 8	:F】 選定個 全 F	所 割付 No ■ 1	寸 - 归 k 1(入口 E力 (Pa] 温度 ℃ 12.6	流量 Q L/min 17.8	表示 0.704	差圧 請 機差 補正 後 -0.008	A †(kPa) 流量 (Q ₀ /Q) ² 0.880	3 【補正 (補正後 0.613	正力 表示 104.2	((kPa) 機差 補正 後 -0.2	A 温度 (参考) ℃ 11.4	列 流量 Q L/min 17.5	表示 0.673	差圧 機差 補正 0.002 0.675	A 4 †(kPa) 流量補正 ((Q ₀ /Q) ² 補正後 0.911 0.615	正力 表示 104	(kPa) 機差 補正 (後 -0.1	温度 (参考) ℃ 11.4	流量 Q L/min 17.9	表示 0.872	差圧 機差 補正 後 0.002 0.874	B †(kPa) 流量 (Q ₀ /Q) ² 0.870	3 補正 <mark>補正後</mark> 0.761		(kPa) 機差 補後 0.1 103.7	B 温度 (参考) ℃ 11.4	<u>列</u> 流量 Q L/min	表示 0.855	差圧計 機差 補正 0.005 0.86	B (kPa) 流量ネ (Q ₀ /Q) ²	4 甫正 補正後 0.757	<u>圧力(</u> 表示 103.7	(kPa) 機差 後 0.1 103.8	<u>温度</u> (参考) ℃ 11.3	各戸 合計 L/min 144.1
【 <u>2</u> 戸数 8	 () 選定個) () 全 所 両フロア 代表各1 	所 割 ^们 No	т - Д к 1(入口 E力 (Pa 04.5] 温度 ℃ 12.6	流量 Q L/min 17.8	表示 0.704 0.333	差圧 橋 補正 (後 -0.008 0.696	A †(kPa) 流量 0.880 0.880	3	圧力 表示 104.2 104.5	((kPa) 機差 補正 そ -0.2 104 104.3	A 温度 (参考) ℃ 11.4 11.8	列 流量 Q L/min 17.5	表示 0.673	差圧 機差 値 0.002 0.675	A 4 †(kPa) 流量補正 ((Q ₀ /Q) ² 補正領 0.911 0.615	ED 表示 104	(kPa) 機差 補後 -0.1 103.9	<u>温度</u> (参考) ℃ 11.4	流量 Q L/min 17.9 18	表示 0.872 0.366	<u>差圧</u> 言 機差 補正 後 0.002 0.874 0.368	B †(kPa) 流量 (Q ₀ /Q) ²¹ 0.870 0.861	3 補正 <u>補正後</u> 0.761 0.317	圧力 表示 103.6 104.1	(kPa) 機差 補正 後 103.7 104.2	B 温度 (参考) ℃ 11.4	列 流量 Q L/min 17.8	表示 0.855	<u>差</u> 圧計 機差 補後 0.005	B (kPa) 流量ネ (Q ₀ /Q) ²	4 甫正 <u>補正後</u> 0.757 -	<u>圧力(</u> 表示 103.7	(kPa) 機差 後 0.1 103.8	<u>温度</u> (参考) ℃ 11.3	各戸 流量 合計 144.1 71.8
【 <u>2</u> 戸数 8 4	 F】 選定個 全 所 両フロア 代表名1 同フロア の2戸 	所 割 ^{(†} No □ 1 ア 12	++ 	入口 E力 (Pa 04.5 04.5	ユ ℃ 12.6 12.5	流量 Q L/min 17.8	表示 0.704 0.333	<u>差圧</u> 機差 一0.008 0.696		3 補正 0.613 0.286	<u>圧力</u> 表示 104.2 104.5	((kPa) 機差 補正 後 -0.2 104	A 温度 (参考) ℃ 11.4 11.8	列 流量 Q L/min 17.5	表示 0.673	差圧 機差 補正 0.002 0.675	A 4 †(kPa) 流量補正 (Q ₀ /Q) ² 補正領 0.911 0.615 - -	E力 表示 104	(kPa) 機差 イの.1 103.9	<u>温度</u> (参考) 11.4	流量 Q L/min 17.9 18	表示 0.872 0.366 0.34	<u>差圧</u> 機差 補正 後 0.002 0.874 0.368	B †(kPa) 流量 0.870 0.870	3 補正 0.761 0.317 0.298	圧力 表示 103.6 104.1 104.1	(kPa) 機差 補正 後 0.1 103.7 104.2	B 温度 (参考) ℃ 11.4 11.8	列 流量 Q L/min 17.8	表示 0.855 0.34	差圧計 機差 補正 0.005 0.86	B (kPa) 流量ネ (Q₀/Q) ² 0.880	4 浦正 補正後 0.757 - 0.300	圧力(表示 103.7 104.2	(kPa) 機差 び.1 103.8	<u>温度</u> (参考) 11.3	各戸 流量 合計 144.1 71.8 35.8

注1:高低差による圧力上昇値を追加する。