

令和 2 年度 経済産業省委託

石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業
（バルク貯槽告示検査方法効率化技術及び
L P ガス配管内圧力等の測定・点検システムに
係る調査研究）に関する報告書

〔L P ガス配管内圧力等の測定・点検システムに係る調査研究〕

令和 3 年 3 月

高圧ガス保安協会

はじめに

液化石油ガス（以下「L P ガス」という。）は、ガス体エネルギーとしては都市ガスと同等に全国約 2, 3 0 0 万世帯で消費されているなど、広く国民生活で利用されている基幹的エネルギーの一つである。

一方、燃える、爆発するという性質上、L P ガスによる災害の防止は極めて重要であり、保安の確保を大前提としてその普及が図られてきた。

平成 8 年の液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（以下「液石法」という。）の改正（平成 9 年 4 月施行）により民生用バルク供給システムが導入され、また、保安業務を実施する保安機関制度等が創設された。

液石法の改正後 2 0 年以上が経過し、バルク供給システムの告示検査及び保安業務の適切な実施における運用上の課題等が出てきている。

具体的には、バルク貯槽の告示検査に関し、初回の告示検査後、5 年以内に告示検査を実施する必要がある、作業性・経済性等の観点から大部分は再検査せずに新規バルク貯槽の設置がなされている一方、バルク貯槽の製造事業者数の減少によりバルク貯槽の新規需要に対応できないことが懸念されている。また、保安業務においては、L P ガスを使用している一般消費者等の不在等により、液石法で求められている燃焼器入口圧力の測定など、保安機関が実施すべき保安業務において実施困難な場合が増えてきている。

このため、バルク供給システム及び保安業務の適切な実施に当たり、安全性を考慮した上で効率的かつ合理的な告示検査及び点検を可能とする検査方法・技術開発が必要である。

高圧ガス保安協会では、経済産業省から石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（バルク貯槽告示検査方法効率化技術及び L P ガス配管内圧力等の測定・点検システムに係る調査研究）の委託を受け、上記の調査研究を実施し技術基準案、提言等の作成・検討を行うこととした。

本報告書は、令和 2 年度に実施した調査研究の内、「L P ガス配管内圧力等の測定・点検システムに係る調査研究」に係る調査研究結果を取りまとめたものである。

目 次

1. 調査研究の課題	1
2. 調査研究目的	1
2.1 事業の目的	1
2.2 目標	1
3. 実施場所と調査研究概要	4
3.1 実施場所	4
3.2 調査研究概要	4
4. 調査研究実施期間	5
4.1 全体スケジュール	5
4.2 令和2年度調査スケジュール	5
5. 調査研究実施体制	6
5.1 主たる研究担当部署	6
5.2 委員会等	6
6. 調査研究の内容	8
6.1 調査研究の実施方法	8
6.2 調査研究の経過	17
7. 調査研究の実施結果及び考察	18
7.1 自動計測・点検機能の検討	18
7.1.1 自動点検記録システムの検討	18
7.2 配管内圧力の調査	28
7.2.1 配管内圧力等計測調査	28
7.2.2 圧力損失解析調査	50
7.3 自動測定・点検記録の評価	68
7.3.1 自動点検記録システムの評価	68
8. まとめ	94
8.1 自動計測・点検機能の検討	94
8.1.1 自動点検記録システムの検討	94
8.2 配管内圧力の調査	95
8.2.1 配管内圧力等計測調査	95
8.2.2 圧力損失解析調査	95
8.3 自動測定・点検記録の評価	96
8.3.1 自動点検記録システムの評価	96
8.4 今後の課題	97

1. 調査研究の課題

L P ガス配管内圧力等の測定・点検システムに係る調査研究

2. 調査研究目的

2.1 事業の目的

L P ガス配管内圧力（低圧部）は、調整器の調圧機能により、液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則に定められた圧力の範囲内に保つ必要があり、供給設備点検等では、調整器の調整圧力、閉塞圧力及び燃焼器入口圧力等の圧力検査が義務付けられている。例えば、燃焼器の入口圧力を確認する際に自記圧力計を配管等に装着して圧力測定を行う場合、家屋内にある燃焼器を燃焼させて測定を行うため、消費者が不在の時には実施できない。また、別の点検方法としてあらかじめ配管設備に設置してある圧力検知装置（マイコンメータ等）の圧力異常検知機能により、調整圧力異常等の確認ができるが、異常が表示された場合には自記圧力計による圧力測定・記録を行う必要がある。

L P ガスの取引に係る保安業務等を効率的に実施するためにはこれらの課題を解決する必要があることから、消費者が不在であっても当該点検作業等が行えるように、自記圧力計を設置する必要が無く配管設備にあらかじめ設置してあるマイコンメータの機能を活用することで自動的に圧力等を測定・記録して配管の圧力異常等を検知・評価できるシステムについて試作・検討する。

本事業はL P ガス消費者の保安レベル向上・維持に資するため、L P ガス販売事業者等が実施する安全確認のための作業についての効率化を達成することが可能な新たな安全機器の提言及び技術基準等の策定を検討することを目的とする。

2.2 目標

2.2.1 全体の目標

L P ガス配管設備に設置されたマイコンメータに搭載されている圧力センサ等を有効活用することにより、圧力測定機器を配管設備に接続する工事を必要とせずに、消費者が不在であっても燃焼器入口圧力等を確認することが可能であるシステムを検討する。それによる供給設備点検・調査等の効率化について検討を実施し、技術基準案、提言等の作成・検討を行う。

2.2.2 令和2年度の目標

(1) 自動計測・点検機能の検討

①自動点検記録システムの検討

マイコンメータに内蔵されている圧力センサ及び流量センサを使って、L P ガス配管設備の圧力及びガス流量データを自動的に計測・記録する機能について調査・検討する。マイコンメータ内において計測された圧力や流量等のデータを通信機能により取得し、時系列に保存することによりL P ガス配管設備の安全性を検証することが可能な機器を試作・検討する。

【令和2年度実施内容】

令和元年度事業においては、マイコンメータで計測された圧力や流量を取得することが可能な通信ソフトウェアを試作して動作確認を行い、5秒間隔で取得することが可能であるとの成果を得た。令和2年度事業においては、令和元年度事業において試作したソフトウェアを搭載した自動点検記録システムを試作する。

(2) 配管内圧力の調査

①配管内圧力等計測調査

L P ガス配管内の圧力データ等を収集し、配管長、配管径、ガス流量、圧力損失等の条件による影響について調査・検討する。例えばL P ガス配管設備における燃焼器の入口圧力や調整器の出口圧力等の計測を行い、配管長やガス流量等の様々な条件による影響について調査・検討する。

【令和2年度実施内容】

令和元年度事業においては、モデル配管による圧力計測を行い、L P ガス配管設備に関する圧力及び流量等に関するデータを取得した。令和2年度事業においても、引き続きL P ガス配管設備に関する圧力及び流量等に関するデータを取得し、配管長やガス流量等の様々な条件による影響について調査・検討する。

②圧力損失解析調査

L P ガス配管内における圧力計測箇所の違いによる影響について調査・検討する。L P ガス配管設備は定められた圧力値を満足するために燃焼器のガス消費量及び設備の圧力損失等を考慮して設計されている。圧力損失は計算により算出することができるが、配管の圧力計測箇所の違いによる影響と計算による圧力損失との関係について検討する。

【令和2年度実施内容】

令和元年度事業においては、配管内圧力等計測データから圧力損失解析を行い、理論式との相関性に関する成果を得た。一方、圧力測定箇所による圧力データの差違については、条件により補正の必要性に課題があることが明らかになった。令和2年度事業においては、当初の計画のとおり引き続き圧力損失解析を行う。令和元年度事業で明らかになった補正等に関する課題については、引き続き解析を行い、検討を行う。

(3) 自動測定・点検機能の評価

①自動点検記録システムの評価

消費者が不在であってもLPガス設備に設置することにより、自動で圧力データ等を計測・記録することが可能である自動点検記録システムに要求されている各種の性能を評価して、現行の点検方法との性能差について検討を行う。

【令和2年度実施内容】

令和2年度においては、(1)①で試作した自動点検記録システムの評価を行う。現行の点検方法との性能比較評価等を行い、評価結果から課題を抽出して次年度に向けた改善策の検討等を行う。

3. 実施場所と調査研究概要

3.1 実施場所

高圧ガス保安協会 総合研究所

3.2 調査研究概要

研究の概要を以下に示す。

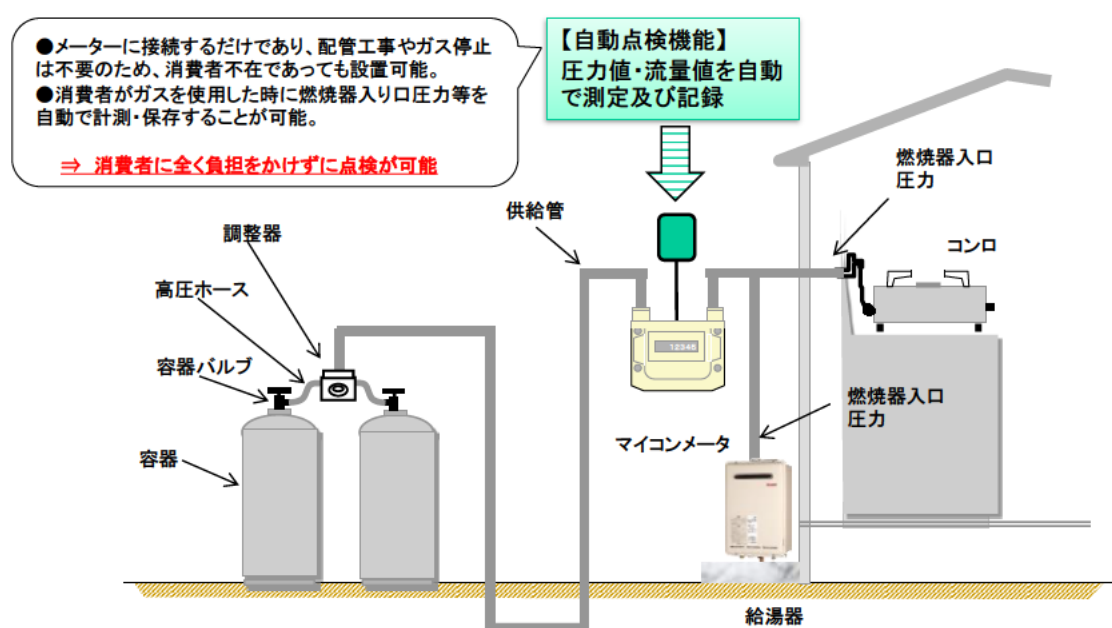


図 3.1 研究概要

4. 調査研究実施期間

4.1 全体スケジュール

表 4.1.1 全体スケジュール

実施項目	令和 元年度	令和 2 年度
(1) 自動計測・点検機能の検討		
(2) 配管内圧力の調査		
(3) 自動測定・点検機能の評価		
(4) 技術基準案等の検討		

4.2 令和2年度調査スケジュール

表 4.2.1 令和元年度スケジュール

実施項目	令和 2 年										令和 3 年		
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	
(1) 自動計測・点検機能の検討													
1) 自動点検記録システムの検討													
(2) 配管内圧力の調査													
1) 配管内圧力等計測調査													
2) 圧力損失解析調査													
(3) 自動測定・点検機能の評価													
1) 自動点検記録システムの評価													
(4) 報告書の作成													
(5) 委員会の開催			○						○		○		

5. 調査研究実施体制

5.1 主たる研究担当部署

高圧ガス保安協会 総合研究所

5.2 委員会等

本調査研究の実施に当っては、事業を効率的に推進するため、L P ガス配管内圧力等の測定・点検システムに係る調査研究委員会を設置した。以下に、それぞれの組織、運営について、委員会の構成並びに審議経過を示す。

5.2.1 委員会の構成

L P ガス配管内圧力等の測定・点検システムに係る調査研究委員会（敬称略、委員長以下五十音順）

【委員長】

笠井尚哉 横浜国立大学 環境情報研究院 准教授

【委員】

飯田正史 （一社）全国L P ガス協会 保安部 保安技術担当部長

因幡和晃 東京工業大学 環境・社会理工学院 准教授

酒井厚 （一財）日本エルピーガス機器検査協会 中央検査所 検査課 課長

佐々木定雄 （一社）日本ガス石油機器工業会 専務理事

段祐司 東洋ガスメーター(株) 技術開発部 部長
〔日本ガスメーター工業会〕

中東寿恵文 I・T・O(株) 技術部 取締役
〔（一社）日本エルピーガス供給機器工業会〕

横畑光男 パナソニック(株) アプライアンス社 スマートエネルギーシステム事業部
スマートメータデバイス技術部 メータソフト開発課 L P 係長

【関係者】

経済産業省 産業保安グループ ガス安全室

5.2.2 審議経過

L P ガス配管内圧力等の測定・点検システムに係る調査研究委員会

- 第 1 回 （書面審議） 令和 2 年度調査研究計画について
- 第 2 回 令和 2 年 1 1 月 2 0 日 令和 2 年度進捗状況について
- 第 3 回 令和 3 年 3 月 5 日 令和 2 年度調査研究報告について

6. 調査研究の内容

6.1 調査研究の実施方法

6.1.1 調査計画

(1) 自動計測・点検機能の検討

① 自動点検記録システムの検討

(1) 自動計測・点検機能の検討

① 自動点検記録システムの検討

マイコンメータに内蔵されている圧力センサ及び流量センサを使って、L P ガス配管設備の圧力及びガス流量データを自動的に計測・記録する機能について調査・検討する。マイコンメータ内において計測された圧力や流量等のデータを通信機能により取得し、時系列に保存することにより L P ガス配管設備の安全性を検証することが可能な機器を試作・検討する。

【令和2年度実施内容】

令和元年度事業においては、マイコンメータで計測された圧力や流量を取得することが可能な通信ソフトウェアを試作して動作確認を行い、5秒間隔で取得することが可能であるとの成果を得た。

令和2年度事業においては、令和元年度事業において試作したソフトウェアを搭載した自動点検記録システムを試作する。

(背景・課題)

L P ガス設備の圧力計測を実施する際に消費者が不在であっても実施可能とするために、マイコンメータに内蔵されている圧力センサを利用して計測するシステムを検討する。マイコンメータ内で計測されているガス圧力及びガス流量データを読み出し記録することで、調整圧力異常や閉そく圧力異常の他に燃焼器入口圧力異常を把握することが可能となる。現行のマイコンメータからデータを読み出し保存することが可能であることを確認する必要があるため、試作を行う。

(自動点検システムの試作)

試作による機能の確認、課題の抽出を行う。試作による機能確認・評価の全体のスケジュールは以下の通り

- 第1年度（令和元年度）
搭載プログラムを試作して機能確認。
- 第2年度（令和2年度）
前年度作成したプログラムを電子基板に搭載したハードウェアを試作して機能確認。高圧ガス保安協会研究所内で評価。

本年度試作については、前年度に確認したプログラムを搭載したハードウェアについて試作を行う。主な仕様は以下の通り。

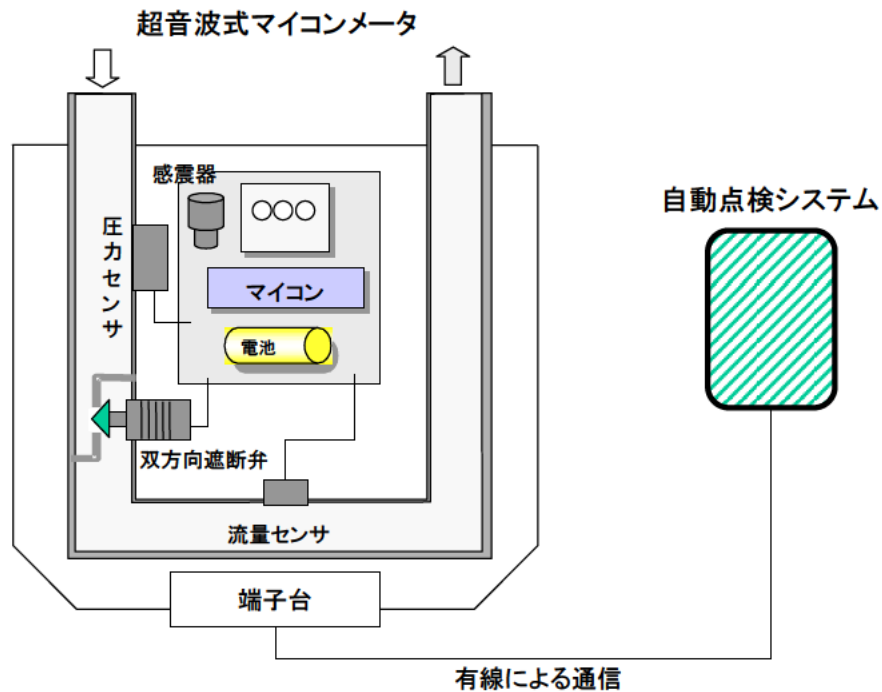


図 6.1.1.1 試作品の概要

①通信部

- A) 通信インターフェース：Uバス
- B) 対象とするマイコンメータ：超音波式（電子式）
- C) 収集するデータ：圧力(kPa)、流量(L/h)、時刻(s)
- D) データ取得周期：5秒以内

(記録データイメージ)

2020/5/8 13:00:00, 2.80, 181

2020/5/8 13:00:05, 2.82, 180

2020/5/8 13:00:10, 2.81, 181

.....

②ハードウェア

- 消費者宅のLPガス配管設備に設置し、例えば長期間計測を行うことを考慮した場合に、現行のNCUや無線子機のような筐体・外形が望まれる。
- 設置現場には電源がないことが想定されるため、電池駆動とする。
- 内部に蓄積したメータからのデータをPC等への機器に移動させる手段についてはSDカード等の記録メディアまたは通信による方法が考えられる。

(検討課題)

①通信インターフェース

マイコンメータ内のセンサで計測された圧力データ等をインターフェースを介して自動点検システムに記録する。マイコンメータのインターフェースは標準化されており、Nライン、Uバスがある。これらとの通信が可能なインターフェースを搭載する必要がある。この他に、必要なインターフェースに関する検討が必要である。消費電力を抑えるためには通信速度が速いほうが有利である。

②データ記録機能

通信により取得した圧力等のデータを記録するためには、記録媒体が必要である。搭載するメモリ内に記録して通信によりダウンロードする方法や、SDカード等に直接記録して記録媒体を取り出す方法等が考えられる。また、記憶容量は収集データ数を想定する必要がある。

③収集データ

燃焼器の入口圧力等を測定するためには、同時刻の圧力、流量データを計測する必要がある。そして、マイコンメータで計測された圧力、流量データを自動点検システムが通信により取得してデータを記録するが、時系列的に保存する必要があるため、自動点検システムは時計機能を有する必要がある。

④通信タイミング

時系列に記録した圧力、流量データから燃焼器入口圧力等を評価する場合、データ取得の周期が大きいと適切な圧力値を判別できない。また、周期が短すぎると無駄に電力を消費してしまう可能性がある。

⑤電源

自動点検システムの電源は電池を搭載することを想定しているが、使用期間とデータ通信頻度により消耗度に影響がある。また、マイコンメータ内の電池の消耗も極力抑える必要がある。

⑥利便性

自動点検システムは顧客のLPガス配管設備に設置してデータを自動的に取得する。可搬性、操作性等が要求される。

試作品による主な確認項目は以下の通り。

(機能確認)

- ① マイコンメータとの通信（Uバス）による作動確認
- ② 超音波式マイコンメータからの圧力・流量情報の受信確認
- ③ 収集したデータの設定周期での保存の確認

（２）配管内圧力の調査

1) 配管内圧力等計測調査

（２）配管内圧力の調査

① 配管内圧力等計測調査

L P ガス配管内の圧力データ等を収集し、配管長、配管径、ガス流量、圧力損失等の条件による影響について調査・検討する。例えばL P ガス配管設備における燃焼器の入口圧力や調整器の出口圧力等の計測を行い、配管長やガス流量等の様々な条件による影響について調査・検討する。

【令和２年度実施内容】

令和元年度事業においては、モデル配管による圧力計測を行い、L P ガス配管設備に関する圧力及び流量等に関するデータを取得した。

令和２年度事業においても、引き続きL P ガス配管設備に関する圧力及び流量等に関するデータを取得し、配管長やガス流量等の様々な条件による影響について調査・検討する。

（背景・課題）

L P ガス配管設備は設置先で使用する燃焼器等の各設置先条件を勘案して設計されるため、配管長、配管径等の違いがある。L P ガス配管設備における圧力を計測箇所の違い（例えば燃焼器入口圧力と調整器出口圧力等）の関係は配管長等の違いの影響を大きく受けることとなる。新たな点検システムでは、一箇所の計測により点検を行うことを想定しているため、配管長、配管径、ガス流量、圧力損失等の違いによる圧力計測結果への影響を把握しておく必要がある。

L P ガス配管設備を模したモデル配管設備を構築して、配管径、配管長、ガス流量等の様々な条件による配管内圧力等のデータ計測を行う

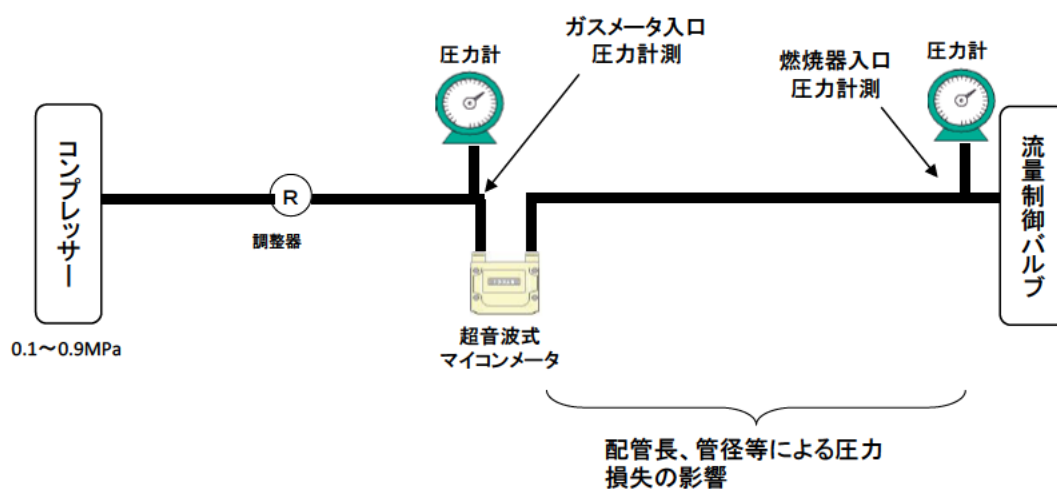


図 6.1.1.2 モデル配管設備の概要

(検討項目)

L P ガス設備の配管モデルを使ってメーター入口圧力と燃焼器入口圧力に関するデータを取得して、実際の L P ガス配管の圧力損失の実態や新たなシステムの試作品の評価等を検討するための基礎データとする。

(計測項目)

(a)モデル配管によるガスメーター入口圧力と燃焼器入口圧力の計測

- 配管長
1m～10m程度
- 配管径
15A～20A
- ガス流量
80L/h (1口コンロ) ～1800L/h (24号給湯器) など

(b)各部材の圧力損失計測

- 部材種類
エルボ、ティー、閉止弁、フレキ管など



- 管径
15A～20A
- ガス流量
80L/h (1口コンロ) ～1800L/h (24号給湯器) など

2) 圧力損失解析調査

② 圧力損失解析調査

L P ガス配管内における圧力計測箇所の違いによる影響について調査・検討する。L P ガス配管設備は定められた圧力値を満足するために燃焼器のガス消費量及び設備の圧力損失等を考慮して設計されている。圧力損失は計算により算出することができるが、配管の圧力計測箇所の違いによる影響と計算による圧力損失との関係について検討する。

【令和2年度実施内容】

令和元年度事業においては、配管内圧力等計測データから圧力損失解析を行い、理論式との相関性に関する成果を得た。一方、圧力測定箇所による圧力データの差違については、条件により補正の必要性に課題があることが明らかになった。

令和2年度事業においては、当初の計画のとおり引き続き圧力損失解析を行う。令和元年度事業で明らかになった補正等に関する課題については、引き続き解析を行い、検討を行う。

（背景・課題）

L P ガス設備の 供給管・配管の口径決定に際しては、最大ガス消費量（ガス流量）、配管長さ、圧力損失等を考慮して決定される。計算により 圧力損失を算出し、基準に適合した配管内圧力が確保されている。圧力損失が原因で圧力計測箇所の違いにより計測した圧力値は変化する。例えばメータ入口圧力と燃焼器入口圧力は異なるため、メータ入口圧力と燃焼器入口圧力の関係について計測データと計算による算出データの解析・検討を行い、自動点検システムによる配管内圧力計測の信頼性を検証する必要がある。

（本年度実施内容）

マイコンメータから取得したデータと各部位で計測した圧力データとの比較検証を行う。同じ配管設備であっても燃焼器入口圧力とガスメータ入口圧力等の計測箇所によって計測値に差が生じる。その原因となる圧力損失について理論上の計算との比較・検討を行う

（例）

直管部分の圧力損失の計算方法（KHKS0738）

$$H = \frac{9.8Q^2SL}{K^2D^5}$$

Q ガスの流量（m³/h）

D 管の内径（cm）

H 圧力損失（Pa）

S ガス比重

L 管の長さ（m）

K 定数（例えば 米花氏：K=0.837÷√(1+(4.35/D))

（検討課題）

超音波式マイコンメータの場合、圧力と同時に流量を計測することが可能であるため、ガスメータ入口圧力値から燃焼器入口圧力値を計算で算出することが可能となる。計算値と実測値との比較検討を行い、代替性について検討を行う。モデル配管を使用した計測データの他に、例えば配管設備の各配管部材の圧力損失に関して、計測値と計算式の比較検討を行う。

（検討項目）

- モデル配管設備を使用した実測値と高圧ガス保安協会基準（KHKS0738）に示されている圧力損失の計算方法による計算値との比較・検証の継続
- 実測値とLPガス設備の各部材（エルボー、ティーなど）の圧力損失の計算値の検証
- 計算による圧力損失推定による基準化の検討

ガスメータから燃焼器までの圧力損失については、計算により求めることを可能とするための基準案の検討を行う。

前年度までの検討結果から、当該圧力損失計算方法と実測値による比較すると十分な相関関係があることが分かった。例示基準 30 節においてこの結果を反映可能である部分についての検討を行う。

(3) 自動測定・点検機能の評価

1) 自動点検記録システムの評価

(仕様書)

(3) 自動測定・点検機能の評価

①自動点検記録システムの評価

消費者が不在であってもLPガス設備に設置することにより、自動で圧力データ等を計測・記録することが可能である自動点検記録システムに要求されている各種の性能を評価して、現行の点検方法との性能差について検討を行う。

【令和2年度実施内容】

令和2年度においては、(1)①で試作した自動点検記録システムの評価を行う。現行の点検方法との性能比較評価等を行い、評価結果から課題を抽出して次年度に向けた改善策の検討等を行う。

(背景・課題)

現行のマイコンメータにおいて計測されている配管内圧力とガス流量を新たな通信プログラムを使って取得可能であることが昨年度の検証で示された。当該プログラムを搭載した自動点検システムは消費者宅のLPガス設備に設置され、消費者の操作を必要とせずに自動的に作動してデータを取得することが可能なシステムである。当該システムの動作を確認するとともに要求される性能を検証するために、試作品に対してモデル配管設備を使用して各種の評価を実施する。

(評価項目)

1) 自動点検可能な項目とシステム動作の評価

①調整圧力

調整圧力の点検は燃焼器が使用された場合の、最大及び最小のガスが流れている際の圧力を計測して2.3～3.3kPaの範囲内にあることを確認するものである。自動点検システムは圧力を計測する際のガス流量を同時に記録・保存する機能を確認し、保存時間を検証する。

②閉そく圧力

閉塞圧力の点検は燃焼器の使用が停止された場合に、その後の圧力(1分後以降)が3.5kPa以下であることを確認するものである。自動点検システムは計測した際の圧力が、ガス流量が無いこと及び流量が無くなってからの時間を確認可能であることを確認・検証する。

③燃焼器入口圧力

燃焼器入口圧力の点検は燃焼器が使用され他場合の、ガスが流れている際の燃焼器近傍での圧力を計測して2.0～3.3kPaの範囲内にあることを確認するものである。自動点検システムはマイコンメータ内で計測された圧力値を記録するため、直接燃焼器入口圧力を記録することは出来ない。調整圧力の測定値に圧力損失を考慮した補正を行うことで燃焼入

口圧力の点検が可能となる。

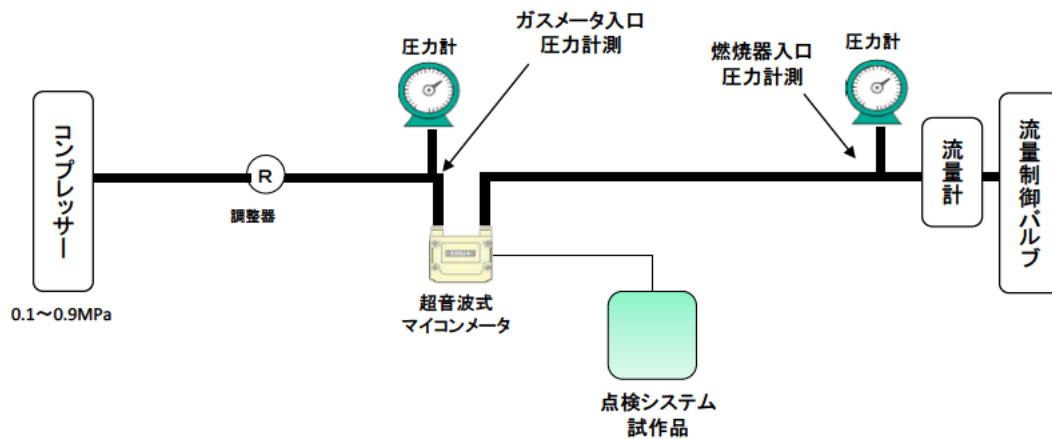


図 6.1.1.3 評価方法

試作品に記録された圧力・流量等のデータと別の圧力計等に記録されたデータを比較して検証を行う。

2) 実用性に関する評価

① 耐久性・耐候性

ユニット（筐体）の強度と屋外設置の検証

② 操作性

操作方法、操作手順の検証

③ データの取得方法

データのダウンロード操作の検証

④ 電源

稼働時間と電池の消耗検証

6.2 調査研究の経過

(1) 自動計測・点検機能の検討

令和2年4月～令和3年2月

(2) 配管内圧力の調査

令和2年7月～令和3年2月

(3) 自動測定・点検機能の評価

令和2年11月～令和3年2月

(4) 報告書の作成

令和3年1月～令和3年3月

7. 調査研究の実施結果及び考察

7. 1 自動計測・点検機能の検討

7.1.1 自動点検記録システムの検討

(1) 自動計測・点検機能の検討

1) 自動点検記録システムの検討

(背景・課題)

LPガス設備の圧力計測を実施する際に消費者が不在であっても実施可能とするために、マイコンメータに内蔵されている圧力センサを利用して計測するシステムを検討する。マイコンメータ内で計測されているガス圧力及びガス流量データを読み出し記録することで、調整圧力異常や閉そく圧力異常の他に燃焼器入口圧力異常を把握することが可能となる。現行のマイコンメータからデータを読み出し保存することが可能であることを確認する必要があるため、試作を行う。

(自動点検システムの試作)

試作による機能の確認、課題の抽出を行う。試作による機能確認・評価の全体のスケジュールは以下の通り

- 第1年度（令和元年度）
搭載プログラムを試作して機能確認。
- 第2年度（令和2年度）
前年度作成したプログラムを電子基板に搭載したハードウェアを試作して機能確認。
高圧ガス保安協会研究所内で評価。

本年度試作については、前年度に確認したプログラムを搭載したハードウェアについて試作を行う。主な仕様は以下の通り。

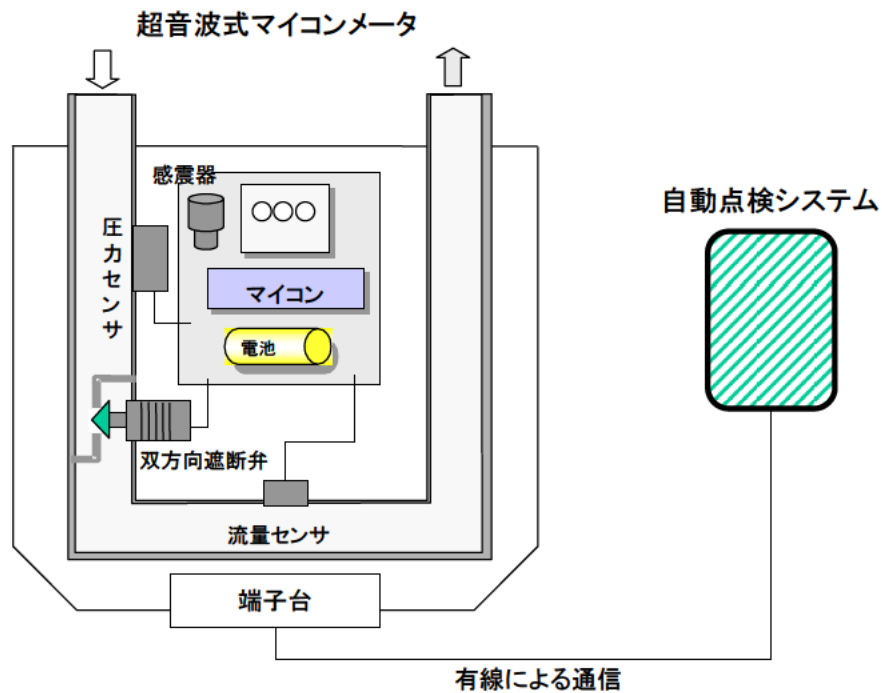


図 7.1.1 試作品の概要

①通信部

- A) 通信インターフェース：Uバス
- B) 対象とするマイコンメータ：超音波式（電子式）
- C) 収集するデータ：圧力(kPa)、流量(L/h)、時刻(s)
- D) データ取得周期：5秒以内

(記録データイメージ)

2020/5/8 13:00:00, 2.80, 181

2020/5/8 13:00:05, 2.82, 180

2020/5/8 13:00:10, 2.81, 181

.....

②ハードウェア

- 消費者宅のLPガス配管設備に設置し、例えば長期間計測を行うことを考慮した場合に、現行のNCUや無線子機のような筐体・外形が望まれる。
- 設置現場には電源がないことが想定されるため、電池駆動とする。
- 内部に蓄積したメータからのデータをPC等への機器に移動させる手段についてはSDカード等の記録メディアまたは通信による方法が考えられる。

(検討課題)

①通信インターフェース

マイコンメータ内のセンサで計測された圧力データ等をインターフェースを介して自動点検システムに記録する。マイコンメータのインターフェースは標準化されており、Nライン、

Ｕバスがある。これらとの通信が可能なインターフェースを搭載する必要がある。この他に、必要なインターフェースに関する検討が必要である。消費電力を抑えるためには通信速度が速いほうが有利である。

②データ記録機能

通信により取得した圧力等のデータを記録するためには、記録媒体が必要である。搭載するメモリ内に記録して通信によりダウンロードする方法や、ＳＤカード等に直接記録して記録媒体を取り出す方法等が考えられる。また、記憶容量は収集データ数を想定する必要がある。

③収集データ

燃焼器の入口圧力等を測定するためには、同時刻の圧力、流量データを計測する必要がある。そして、マイコンメータで計測された圧力、流量データを自動点検システムが通信により取得してデータを記録するが、時系列的に保存する必要があるため、自動点検システムは時計機能を有する必要がある。

④通信タイミング

時系列に記録した圧力、流量データから燃焼器入口圧力等を評価する場合、データ取得の周期が大きいと適切な圧力値を判別できない。また、周期が短すぎると無駄に電力を消費してしまう可能性がある。

⑤電源

自動点検システムの電源は電池を搭載することを想定しているが、使用期間とデータ通信頻度により消耗度に影響がある。また、マイコンメータ内の電池の消耗も極力抑える必要がある。

⑥利便性

自動点検システムは顧客のＬＰガス配管設備に設置してデータを自動的に取得する。可搬性、操作性等が要求される。

試作品による主な確認項目は以下の通り。

(機能確認)

- ① マイコンメータとの通信（Ｕバス）による作動確認
- ② 超音波式マイコンメータからの圧力・流量情報の受信確認
- ③ 収集したデータの設定周期での保存の確認

2) 検討結果

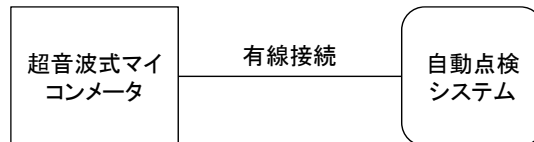
① 試作品の概要

(a) 概要

本システムは超音波式マイコンメータで計測された圧力、流量データ等を通信によりダウンロードして、保存等する機能を有するシステムである。

(b) 構成

超音波式マイコンメータと当該システムを有線接続して作動させる。



(c) ダウンロードするデータ

① 超音波式マイコンメータにおいて計測されるデータと条件

- ガス流量データ
- ガス圧力データ
- 計測時刻データ

② 当該システムでデータ取得する条件

- ガス流量及びガス圧力データ等を 5 秒以内の周期でダウンロードすることが可能とする。

(d) データ取得条件

通信により超音波式マイコンメータから取得した情報を保存することができる。保存する情報は以下のデータを取得して時系列に保存する。

- 圧力計測データ最小表示：0.01 kPa
- 流量計測データ最小表示：0.001 L/h
- 時刻

(e) 保存機能

- メータで記録した圧力データ等を通信インターフェースを介して取得し、システム内に保存することができる。
- 圧力データの単位は kPa とする。
- ガス流量データの単位は L/h とする。
- 保存するデータ形式は CSV 形式とする。

②外觀

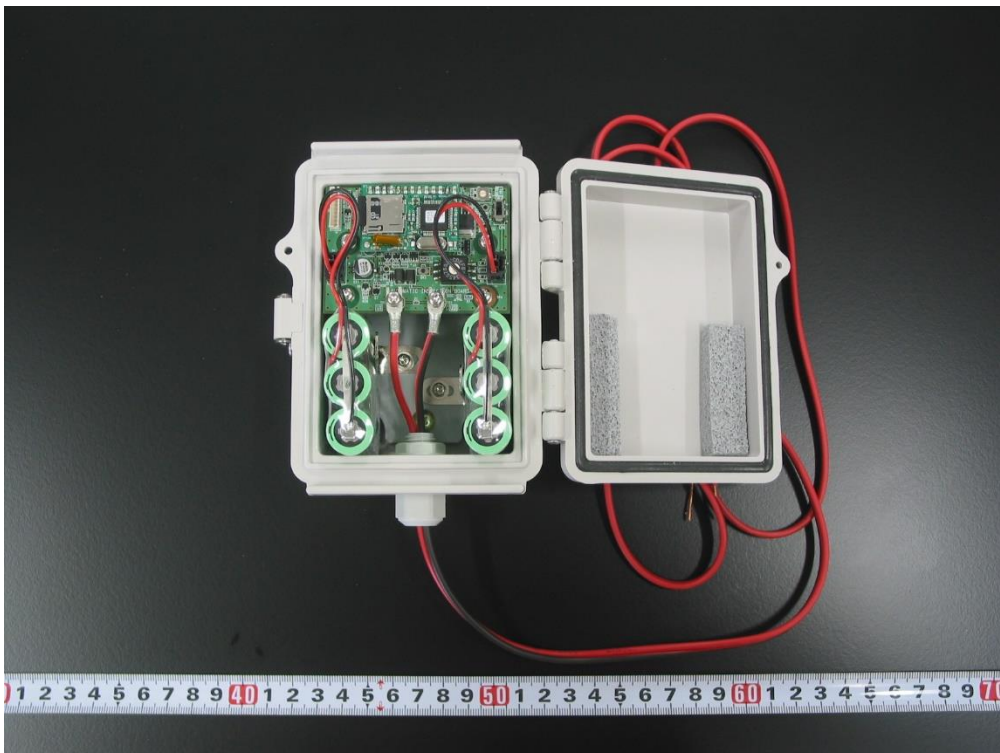
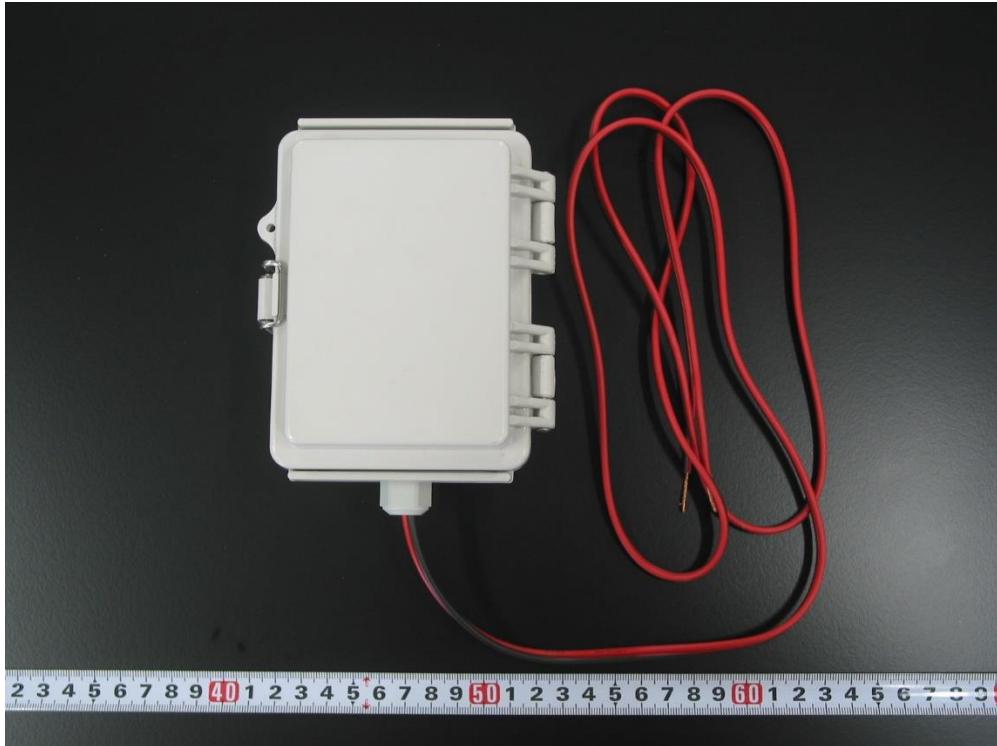


写真 7. 1. 1 試作品外觀

- 外形：130×100×75 mm
- 重量：0.47 kg
- 電源：電池式
- 記録メディア：MicroSD カード

③保存データの確認

モデル配管設備のマイコンメータに接続して、動作確認を行った。

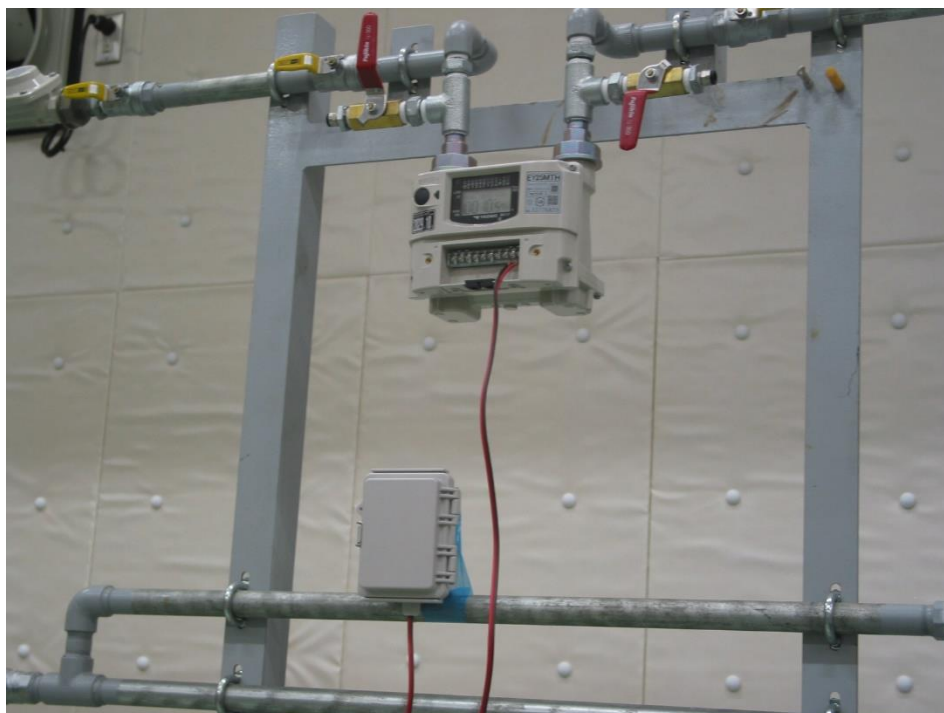


写真 7.1.2 マイコンメータと試作品

- 使用したガス：空気
- 流量：約 400L/h

(記録されたデータ)

20/10/29	11:02:57,	+0113.337,	+00408.013,	2.86
20/10/29	11:03:01,	+0113.378,	+00408.160,	2.87
20/10/29	11:03:05,	+0113.495,	+00408.582,	2.87
20/10/29	11:03:09,	+0113.313,	+00407.926,	2.87
20/10/29	11:03:13,	+0113.470,	+00408.492,	2.86
20/10/29	11:03:17,	+0113.344,	+00408.038,	2.86
20/10/29	11:03:21,	+0113.534,	+00408.722,	2.87
20/10/29	11:03:25,	+0113.485,	+00408.546,	2.87
20/10/29	11:03:29,	+0113.479,	+00408.524,	2.87
20/10/29	11:03:33,	+0113.624,	+00409.046,	2.88
20/10/29	11:03:37,	+0113.782,	+00409.615,	2.88
20/10/29	11:03:41,	+0113.618,	+00409.024,	2.88
20/10/29	11:03:45,	+0113.753,	+00409.510,	2.88
20/10/29	11:03:49,	+0113.768,	+00409.564,	2.88
20/10/29	11:03:53,	+0113.768,	+00409.564,	2.88

データの内容は試作品内の MicroSD カードに C S V 形式で記録されており、

メータ日時 , 流量(cc/s) , 流量(L/h) , 圧力(kPa)

を表している。保存周期は 4 秒に設定した。

④調整圧力と閉そく圧力の確認

試作品に記録されたデータ（日付、流量、圧力）により調整圧力及び閉そく圧力の確認を行った。

◆手順

試作品をマイコンメータに接続し、4秒周期でデータを記録した。ガスが止まっている状態から約5分程度ガスを流量400L/h及び1200L/h程度流し、ガスを停止させてから4分程度までのデータを記録した

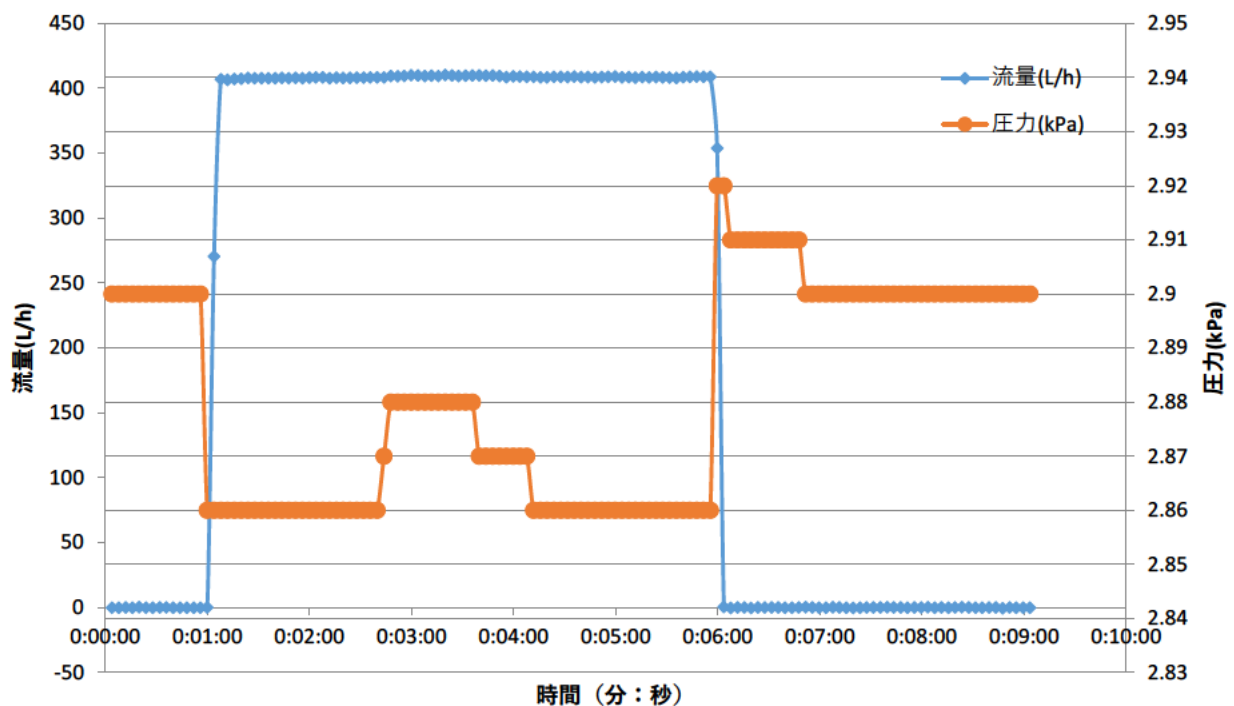


図 7.1.2 ガス流量 400L/h の場合の圧力値

- 調整圧力は 2.86～2.88kPa、閉そく圧力 2.90kPa であることがわかる。

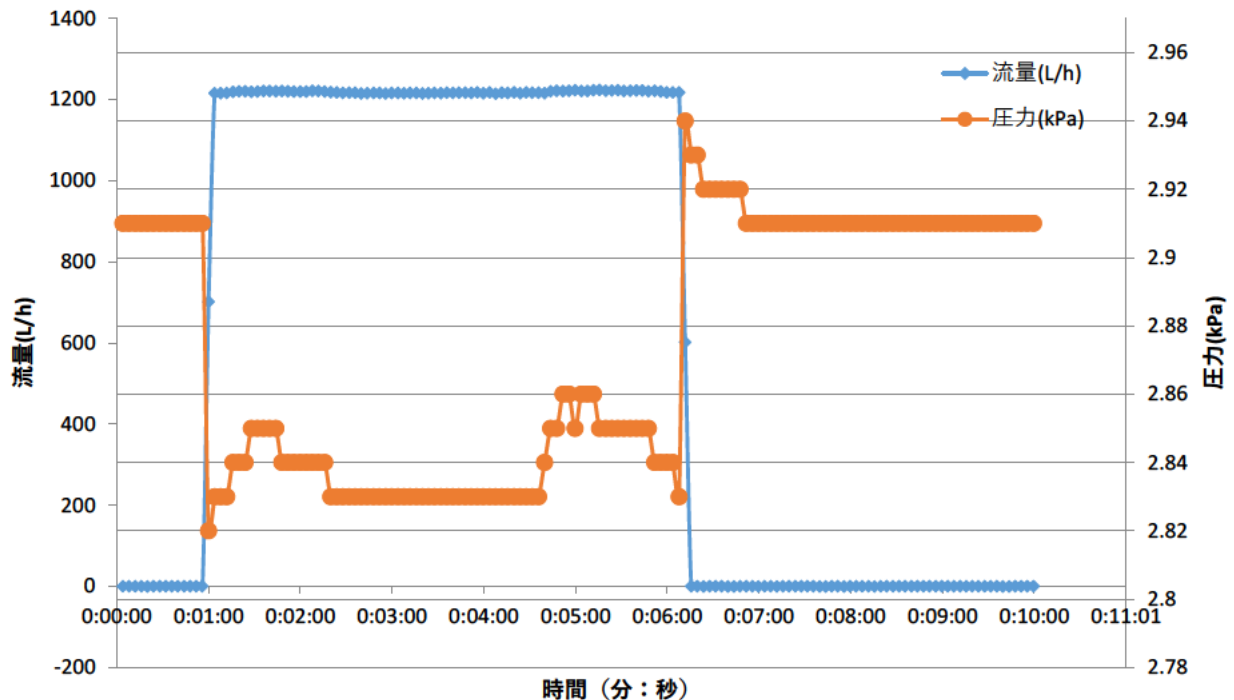


図 7.1.3 ガス流量 1200L/h の場合の圧力値

- 調整圧力は 2.82～2.86kPa、閉そく圧力 2.91kPa であることがわかる。

3) まとめ

- 試作したシステムの仕様は以下の通り
 - 通信インターフェース：Uバス
 - 対象とするマイコンメータ：超音波式マイコンメータ
 - 収集するデータ：圧力 (kPa)、流量 (L/h)、時刻 (s)
 - データ取得周期：3 秒～ 1 5 秒
 - 外形：130×100×75 mm
 - 重量：0.47 kg
 - 電源：電池式
 - 記録メディア：MicroSD カード
- 試作品の動作確認を行った結果、通信機能及びデータ保存機能は当初の想定通りの機能を確認した。また、大きさや重量も設置先での使用に問題ないことを確認した。
- マイコンメータでは調整圧力は 2.3～3.3kPa の範囲内にあることしか確認できなかったが、当該システムでは数値を直接確認することが出来る。また、閉そく圧力についても 3.5kPa 以下であることしか確認できなかったが、数値を直接確認することが出来る。

- 配管内圧力の確認方法について、現行の圧力計及びマイコンメータを使った方法と試作品との比較を以下に示す。

表 7.1.1 配管内圧力確認方法

確認方法	圧力計による確認		圧力検知装置（マイコンメータ）による確認		自動点検システムによる確認	
確認項目	調整圧力・閉そく圧力	燃 焼 器 入 口 圧 力	調 整 圧 力・閉そく圧力	燃 焼 器 入 口 圧 力	調整圧力・閉そく圧力	燃焼器入口圧力
計測時の配管工事	圧力計を接続		不要（設置済み）		マイコンメータと電氣的に結線	
計測時の確認方法	現場で計測値を確認		表示の確認		機器を回収	
消費者の立会い	必要		不要		不要	
使用条件	なし		なし	配管の圧力損失を計測・算出しておく必要がある（0.3kPa以下）	なし	配管の圧力損失を計測・算出しておく必要がある
点検頻度	4年に1度		2ヵ月に1度表示確認		4年に1度	
記録保管	前回点検記録		過去1年間分		前回点検記録	
その他			実際の圧力値を確認できない		圧力と流量から異常の原因を特定できる可能性がある	

7. 2 配管内圧力の調査

7.2.1 配管内圧力等計測調査

(1) 背景・課題

L P ガス配管設備は設置先で使用される燃焼器等の各設置先条件を勘案して設計されるため、配管長、配管径等の違いがある。L P ガス配管設備における圧力を計測箇所の違い（例えば燃焼器入口圧力と調整器出口圧力等）の関係は配管長等の違いの影響を大きく受けることとなる。新たな点検システムでは、一箇所の計測により点検を行うことを想定しているため、配管長、配管径、ガス流量、圧力損失等の違いによる圧力計測結果への影響を把握しておく必要がある。

(2) 実施内容

L P ガス配管設備を模したモデル配管設備を構築して、配管径、配管長、ガス流量等の様々な条件による配管内圧力等のデータ計測を行う

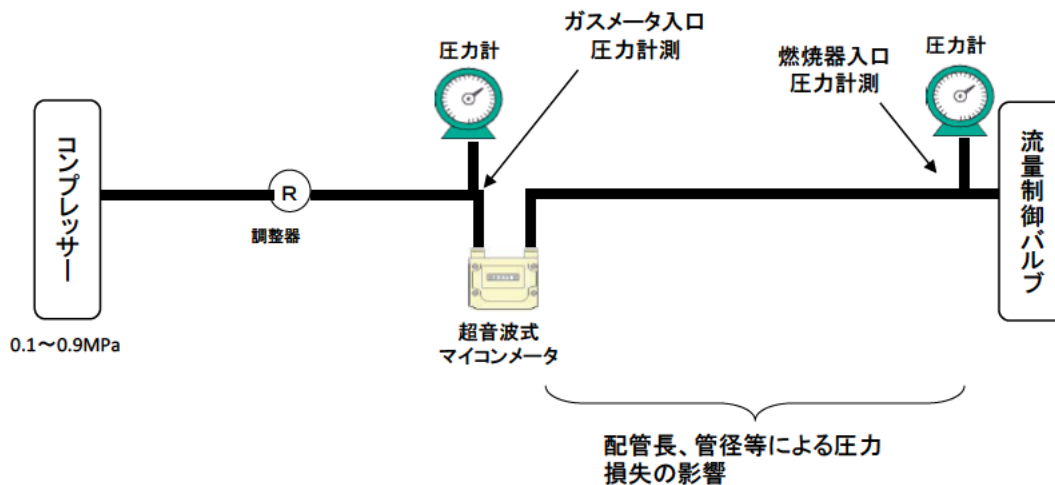


図 7.2.1.1 モデル配管設備の概要

(検討項目)

L P ガス設備の配管モデルを使ってガスメータ入口圧力と燃焼器入口圧力に関するデータを取得して、実際のL P ガス配管の圧力損失の実態や新たなシステムの試作品の評価等を検討するための基礎データとする。

(計測項目)

(a)モデル配管によるガスメータ入口圧力と燃焼器入口圧力の計測

- 配管長
1m～10m程度
- 配管径
15A～20A
- ガス流量
80L/h（1口コンロ）～1800L/h（24号給湯器） など

(b) 各部材の圧力損失計測

- 部材種類
エルボ、ティー、バルブ、フレキ管など



- 管径
15A～20A
- ガス流量
80L/h（1口コンロ）～1800L/h（24号給湯器） など

（3）計測方法

モデル配管設備を使用して流量制御バルブにより配管からガスを任意の流量で流した場合の、各測定点に設置した圧力計で圧力値を計測し、圧力損失に関するデータを取得する。

◆手順

- ① L P ガス配管モデルにおいて空気を使用して通常の使用状況をつくる。
- ② 流量制御バルブにより任意のガス流量を設定する。
- ③ 各点に設置した圧力計の値を記録する。
- ④ ガス流量設定を変更して圧力測定を繰り返す。

◆使用したマイコンメータ

超音波式マイコンメータ（E型）：1台

◆使用した調整器：自動切替式一体型 8kg タイプ

◆使用した圧力計

デジタルマノメータ

測定レンジ：0～10kPa

分解能：0.001kPa

デジタル差圧計

測定レンジ：0～10kPa

分解能：0.0001kPa

◆使用したガス：空気

◆使用した設備

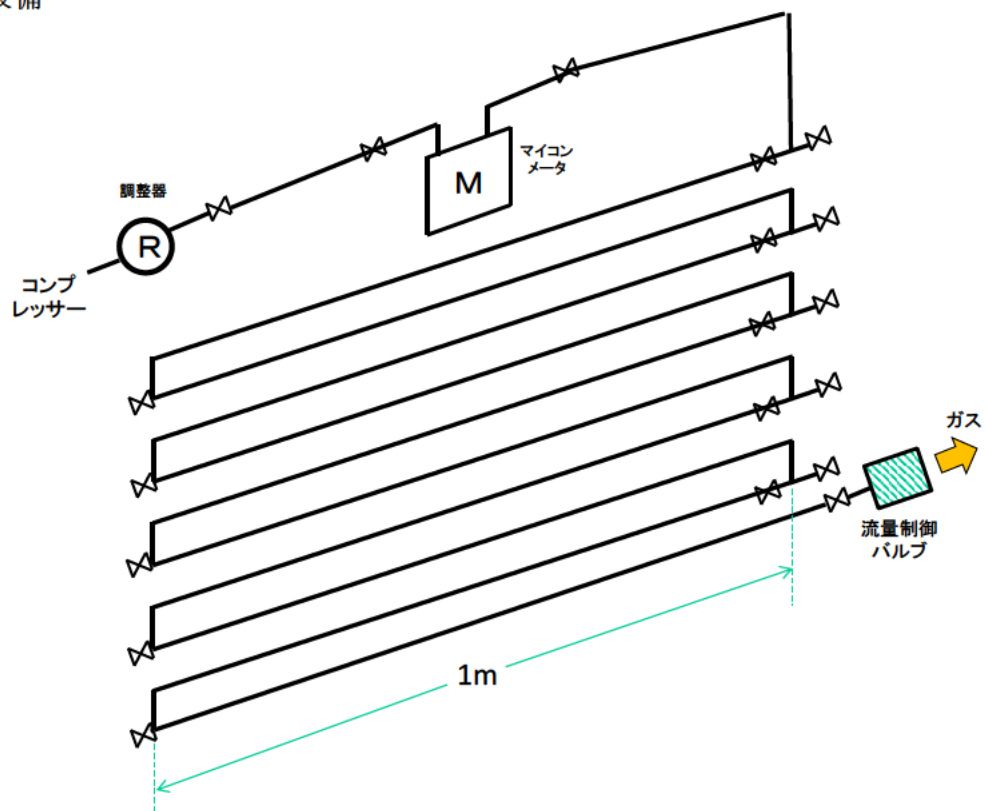


図 7.2.1.2 モデル配管設備

(4) 計測結果

(a)モデル配管によるガスメータ入口圧力と燃焼器入口圧力の計測

◆空気による計測

モデル配管の圧力測定点を以下の写真に示す。

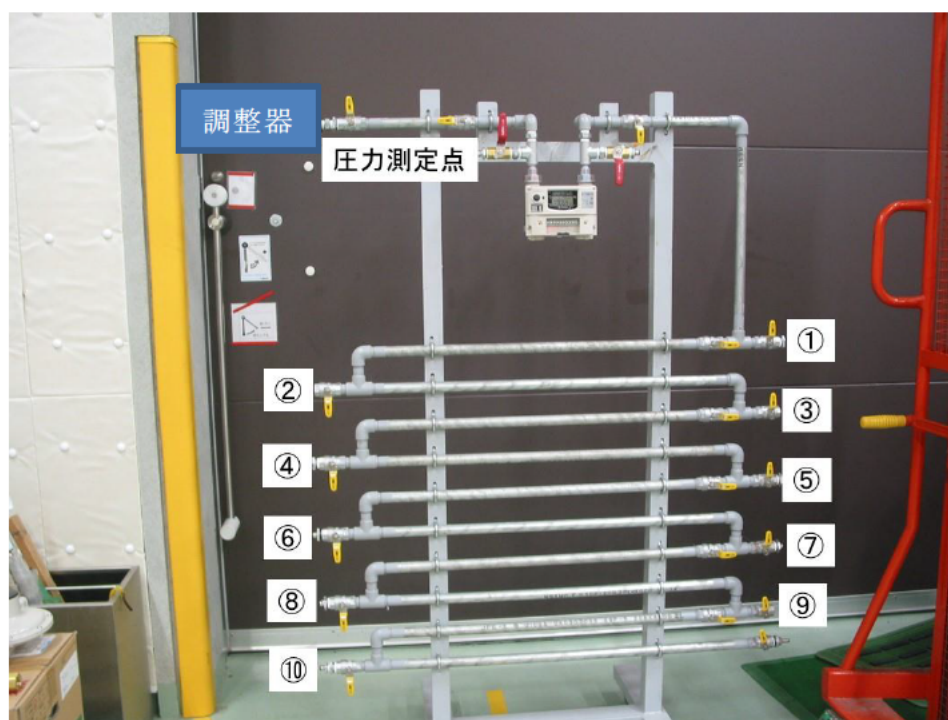


写真 7.2.1.1 測定位置

ガスメータ入口（圧力測定点 A）と No.①～⑩間の設定流量ごとの差圧を計測した。計測結果を次表に示す。

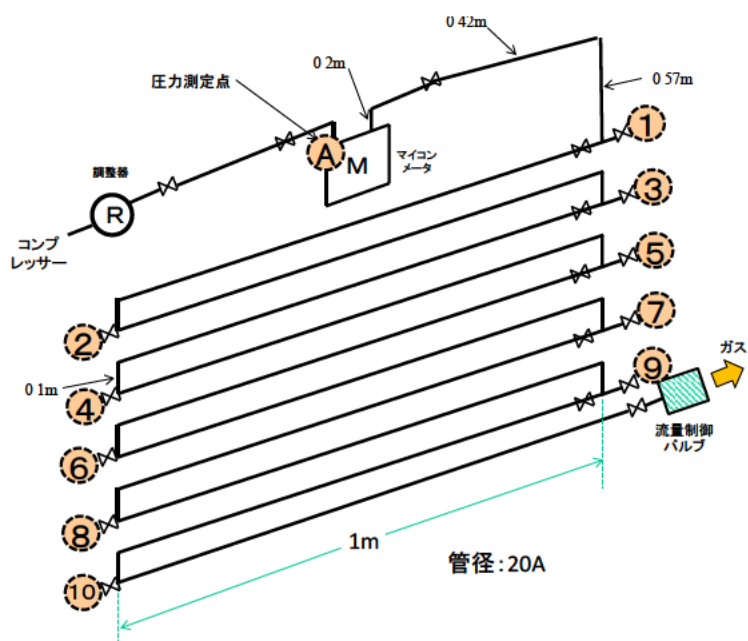


図 7.2.1.3 圧力損失測定点

表 7.2.1.1 測定結果

No	流量 (L/h)	メータ流量 (L/h)	圧力 (kPa)	メータ圧力 (kPa)	差圧 (kPa)
1	0	0	2.919	2.93	0
	202	203	2.891	2.9	0.0024
	398	404	2.87	2.88	0.006
	805	814	2.859	2.86	0.0174
	1408	1417	2.848	2.85	0.0432
	1995	1992	2.808	2.81	0.0776
2	0	0	2.975	2.98	0
	198	200	2.903	2.91	0.0026
	398	405	2.884	2.89	0.0068
	797	806	2.854	2.87	0.0194
	1390	1394	2.843	2.85	0.0473
	1988	1984	2.813	2.82	0.0865
3	0	0	2.982	2.99	0
	195	196	2.892	2.9	0.0028
	395	401	2.867	2.88	0.0074
	805	815	2.849	2.87	0.0212
	1408	1413	2.835	2.84	0.0517
	1991	1985	2.807	2.82	0.0925
4	0	0	2.972	2.98	0
	197	198	2.884	2.89	0.0031
	395	400	2.872	2.88	0.0081
	793	802	2.852	2.86	0.0229
	1403	1409	2.828	2.84	0.0568
	1996	1993	2.803	2.81	0.1026
5	0	0	2.957	2.96	0
	199	200	2.888	2.9	0.0034
	391	396	2.887	2.9	0.0086
	795	804	2.86	2.87	0.0244
	1393	1398	2.829	2.84	0.0594
	1990	1986	2.82	2.83	0.108
6	0	0	2.973	2.98	0
	195	196	2.883	2.89	0.0035
	399	403	2.871	2.88	0.0095
	791	799	2.858	2.87	0.0262
	1405	1410	2.834	2.84	0.0653
	2002	1997	2.799	2.81	0.1178

7	0	0	2.942	2.95	0
	195	196	2.896	2.91	0.0038
	394	399	2.883	2.89	0.01
	799	807	2.853	2.87	0.0282
	1403	1408	2.823	2.84	0.0685
	2006	1999	2.813	2.82	0.1244
8	0	0	2.958	2.97	0
	209	210	2.9	2.91	0.0044
	399	405	2.875	2.89	0.011
	802	810	2.851	2.86	0.0307
	1403	1403	2.824	2.84	0.0733
	1997	1990	2.812	2.82	0.1329
9	0	0	2.938	2.95	0.0001
	196	197	2.89	2.9	0.0042
	393	398	2.867	2.88	0.0113
	794	802	2.848	2.86	0.0317
	1411	1416	2.817	2.83	0.0778
	2013	2003	2.808	2.82	0.1408
10	0	0	2.924	2.94	0.0001
	195	196	2.882	2.89	0.0044
	393	398	2.868	2.88	0.012
	793	803	2.852	2.87	0.0338
	1404	1409	2.815	2.83	0.0825
	1995	1989	2.808	2.82	0.1482

メータ流量及びメータ圧力とは昨年度試作したシステムを使って、マイコンメータで計測された流量と圧力データを保存・記録したものである。(マイコンメータの圧力計測の最小単位は 0.01kPa)

各点でのガス流量と圧力損失を以下に示す。

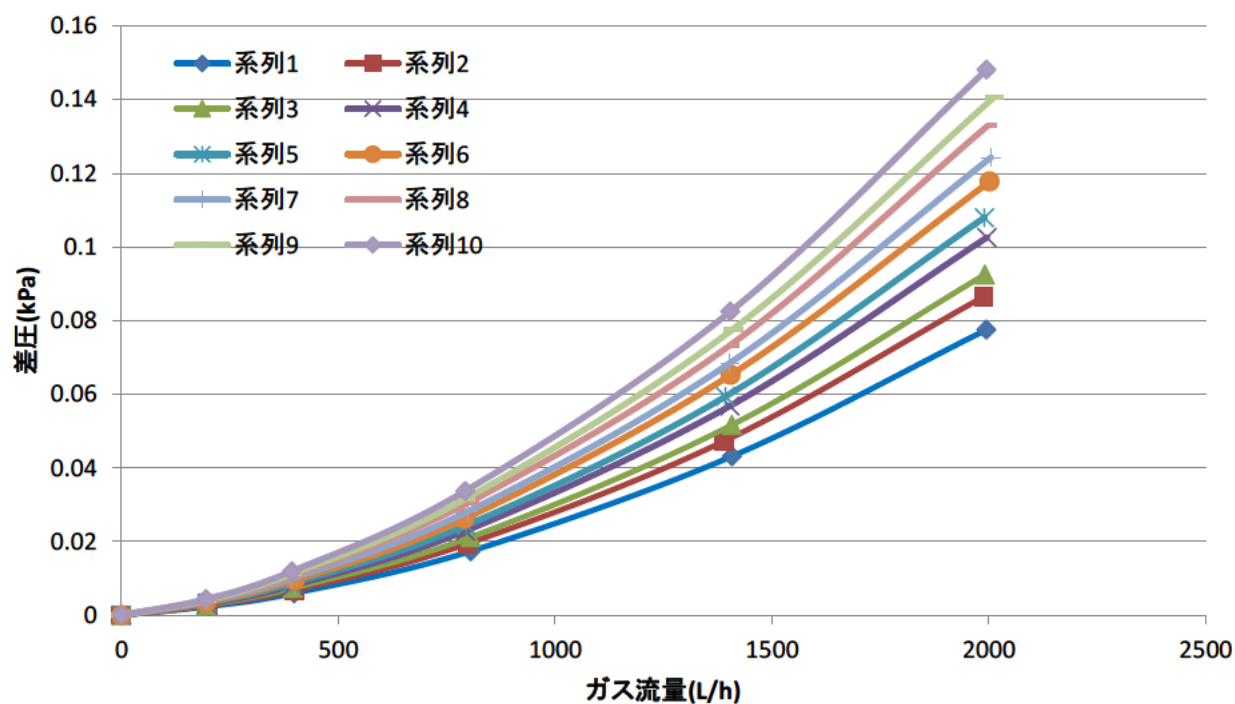


図 7.2.1.4 各測定点の差圧

- 流量計と圧力計での計測値とメーターでの計測値についてはほぼ一致していることが確認できる。(前年度の試作評価でも確認済み)
- グラフから流量と圧力損失の関係が配管長さに比例して増加していることがわかる。

◆ L P ガスによる計測

実際に L P ガスを使い、特に高い流量（1200L/h 以上）の際の圧力損失の計測を行った。その結果を以下に示す。

表 7. 2. 1. 5 L P ガスの圧力損失

No	流量(L/h)	差圧 (kPa)	圧力 (kPa)
1	0	0	2.976
	1213	0.0365	2.747
	1484	0.0538	2.745
2	0	0	2.99
	1211	0.0405	2.747
	1483	0.06	2.745
3	0	0	2.956
	1213	0.043	2.748
	1483	0.0637	2.746
4	0	0	2.965
	1214	0.0475	2.748
	1485	0.07	2.747
5	0	0	3
	1216	0.05	2.749
	1484	0.074	2.744
6	0	0	2.965
	1222	0.054	2.751
	1485	0.08	2.745
7	0	0	3.178
	1224	0.0569	2.747
	1486	0.084	2.744
8	0	0	2.96
	1224	0.061	2.749
	1489	0.09	2.74
9	0	0	3.136
	1228	0.064	2.749
	1489	0.094	2.74
10	0	0	2.886
	1241	0.0695	2.755
	1497	0.1016	2.747

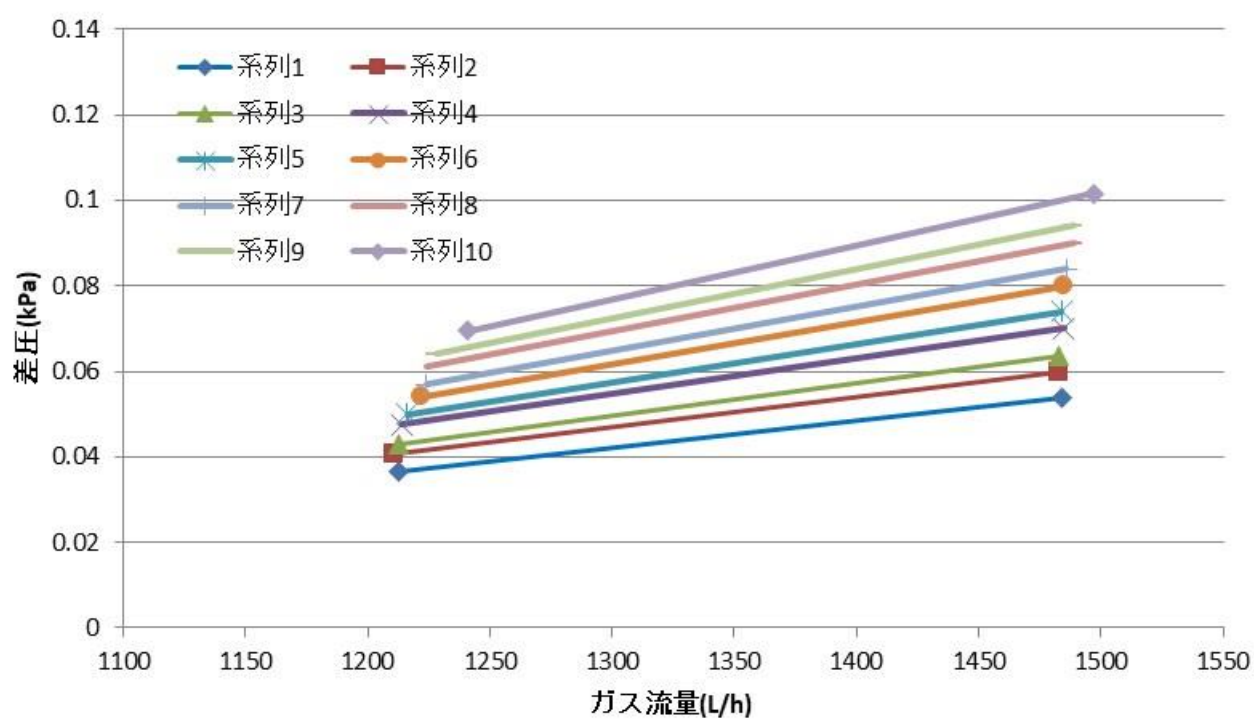


図 7.2.1.5 圧力損失 (L P ガス)

(b)各部材の圧力損失計測

各部材の圧力損失を次図の概要で計測した。

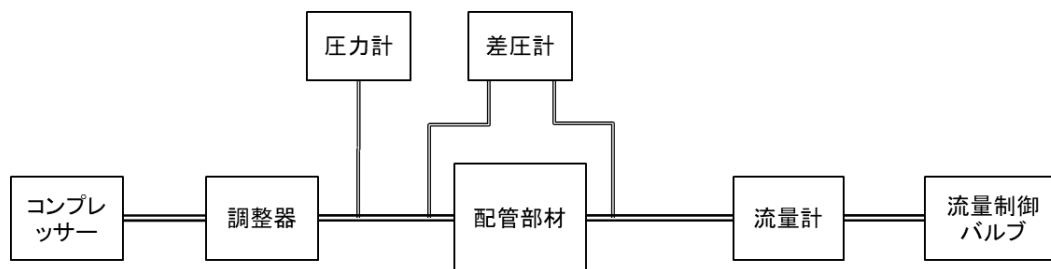


図 7.2.1.5 計測概要

- 圧力計、差圧計は前記に同じ。
- 計測した配管部材は
 - エルボ：15A 及び 20A、各 3 型式
 - バルブ：15A 及び 20A、各 3 型式
 - ティー：15A 及び 20A、各 3 型式及び各 3 方向

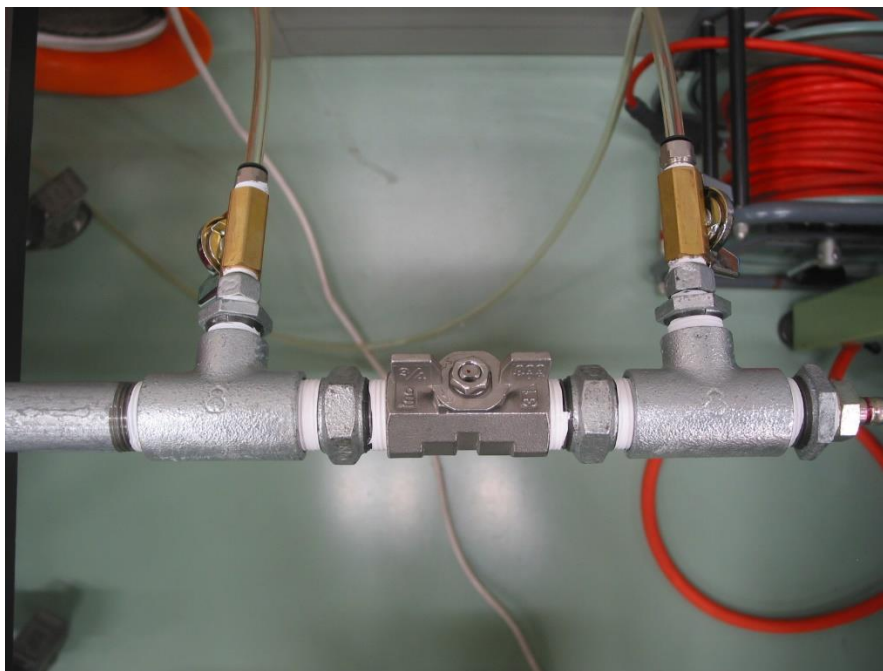


写真 7.2.1.2 計測状況（バルブ）
（ガスは左から右へ流れる）

(ア) エルボ

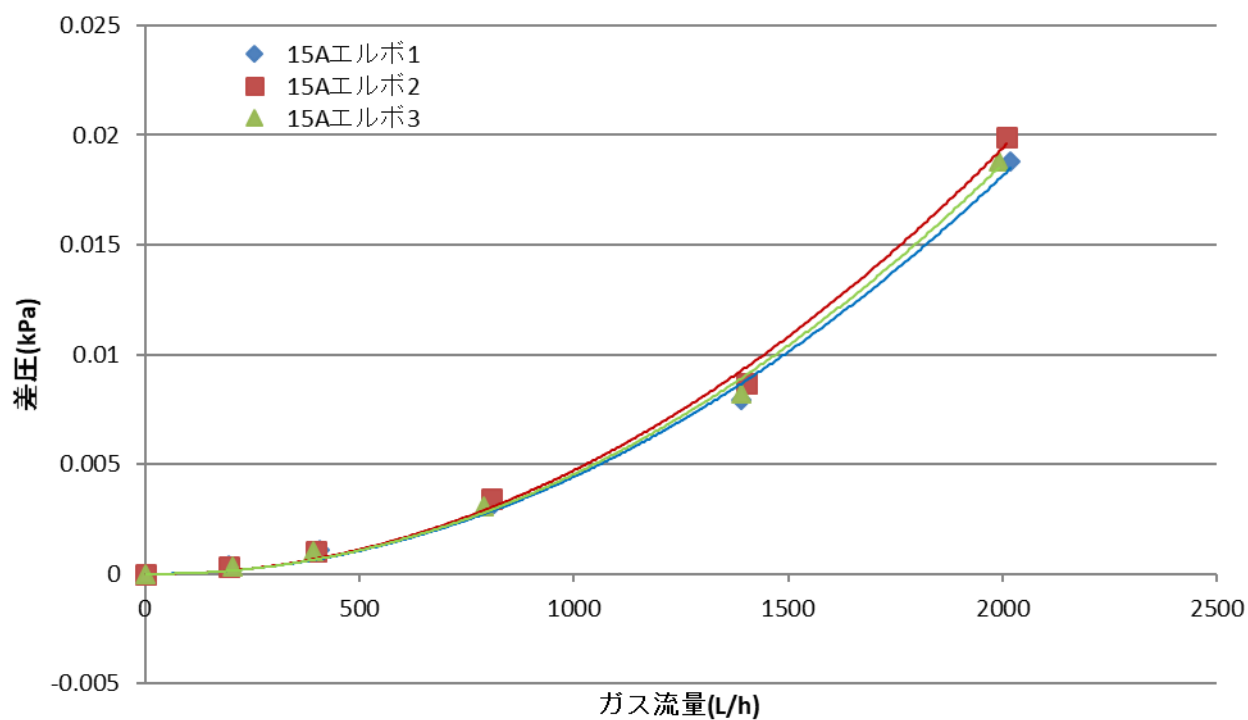


図 7.2.1.6 エルボ 15A の圧力損失

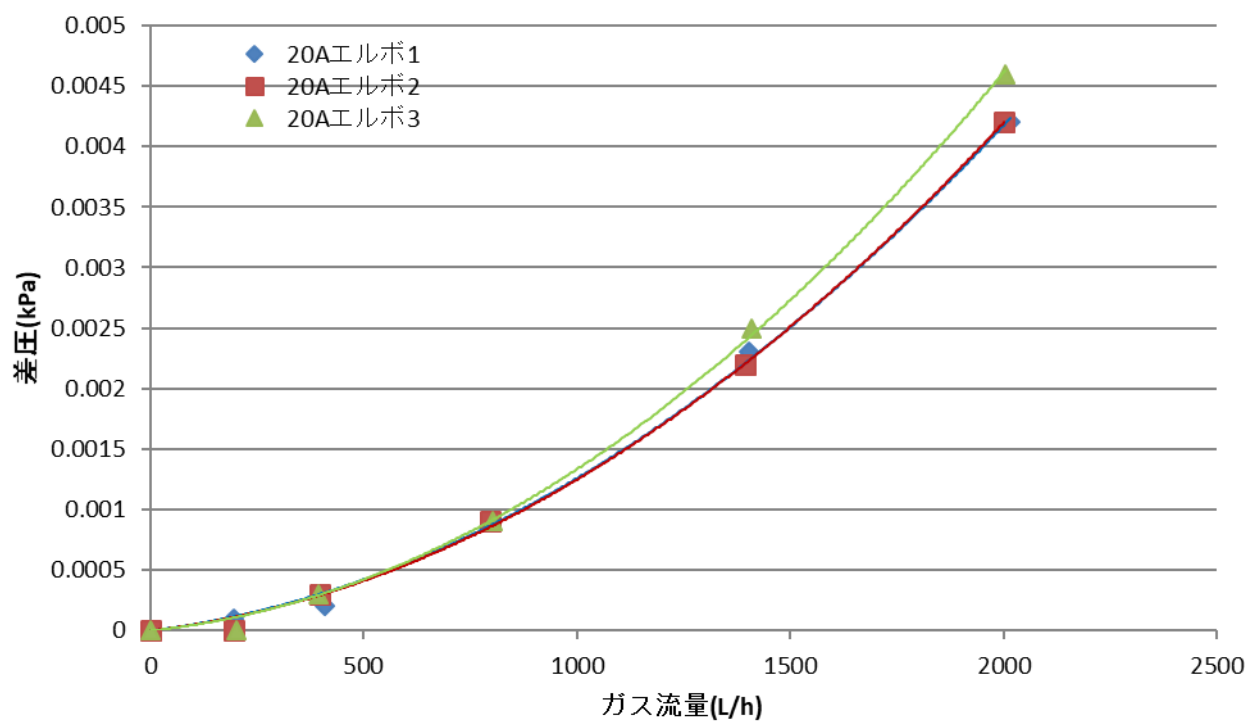


図 7.2.1.7 エルボ 20A の圧力損失

(イ) バルブ

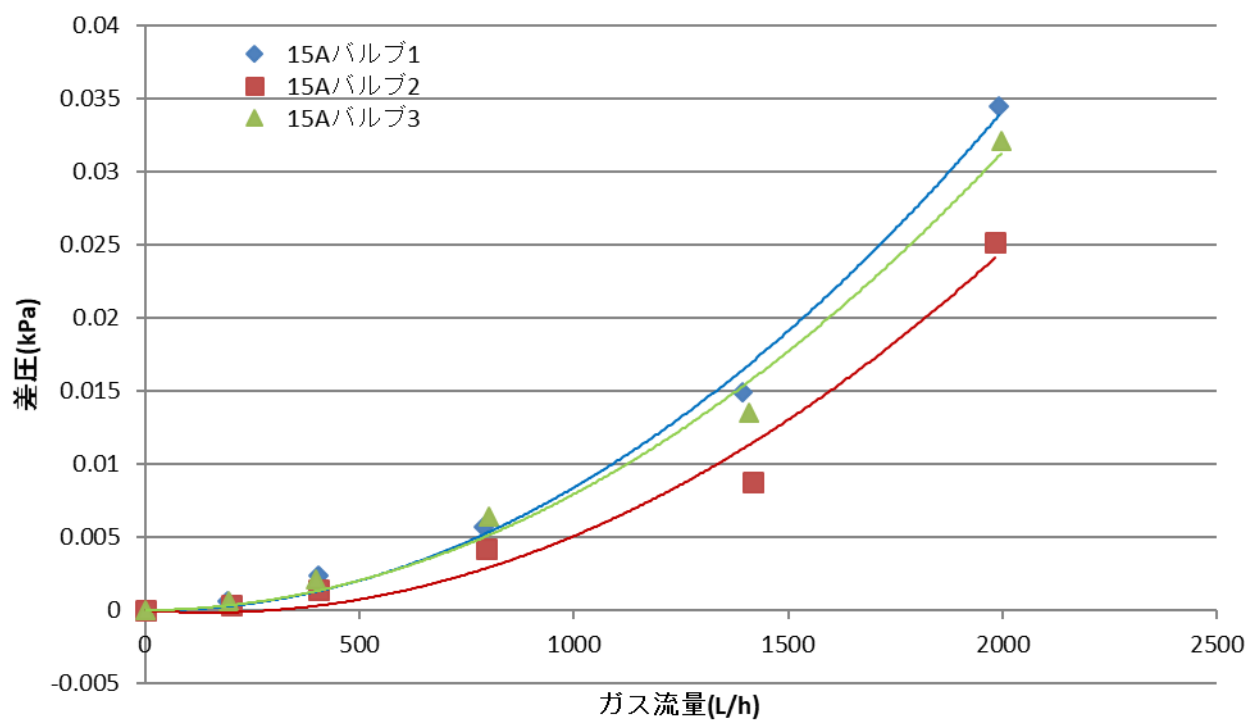


図 7.2.1.8 バルブ 15A の圧力損失

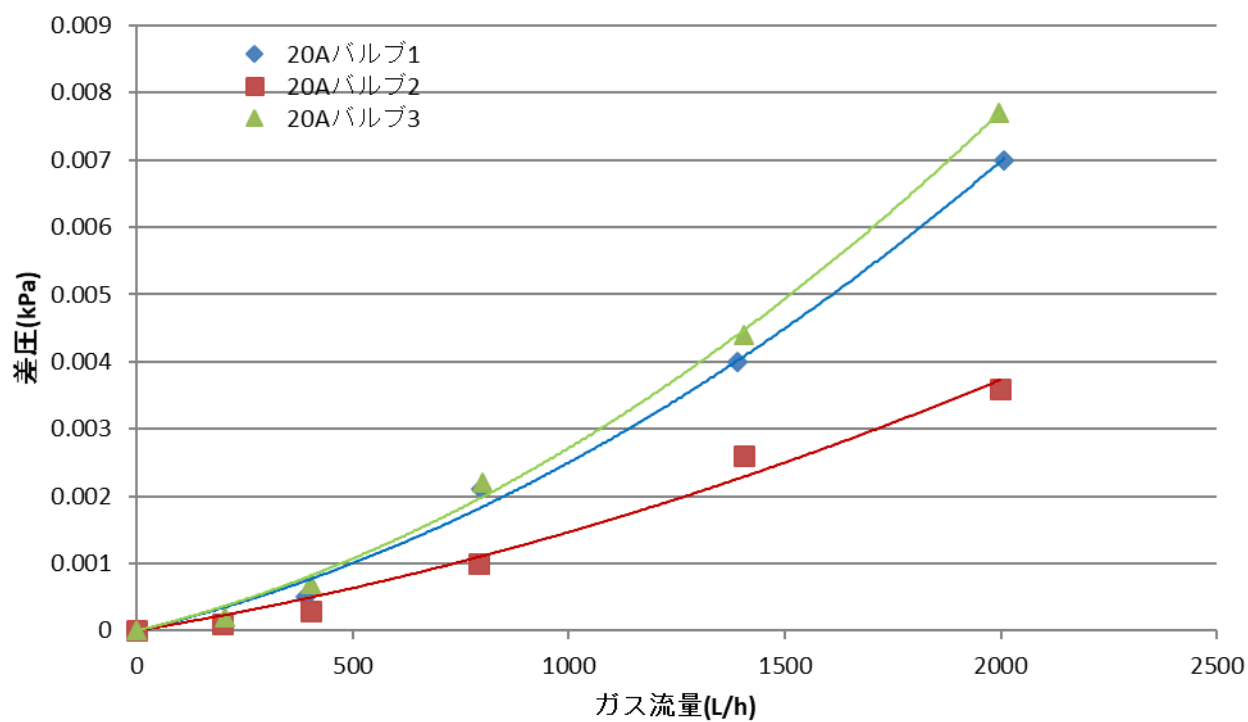


図 7.2.1.9 バルブ 20A の圧力損失

(ウ) ティー

ティーは配管を分岐する際に使用する部材であるが、出口の一つを閉そくすることで、3通りのパターンを計測した。

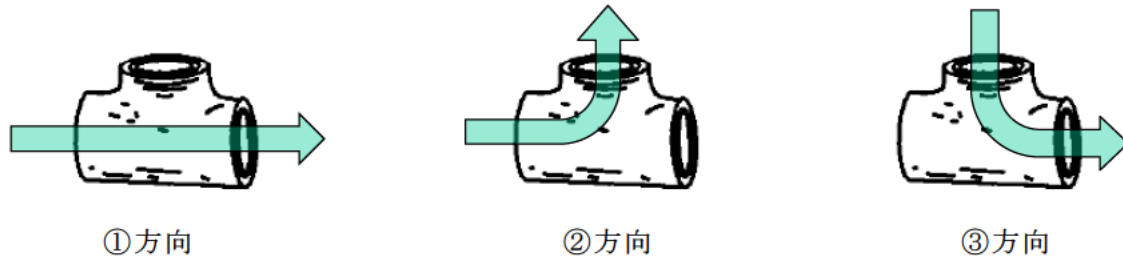


図 7.2.1.10 ティーのガス流路パターン

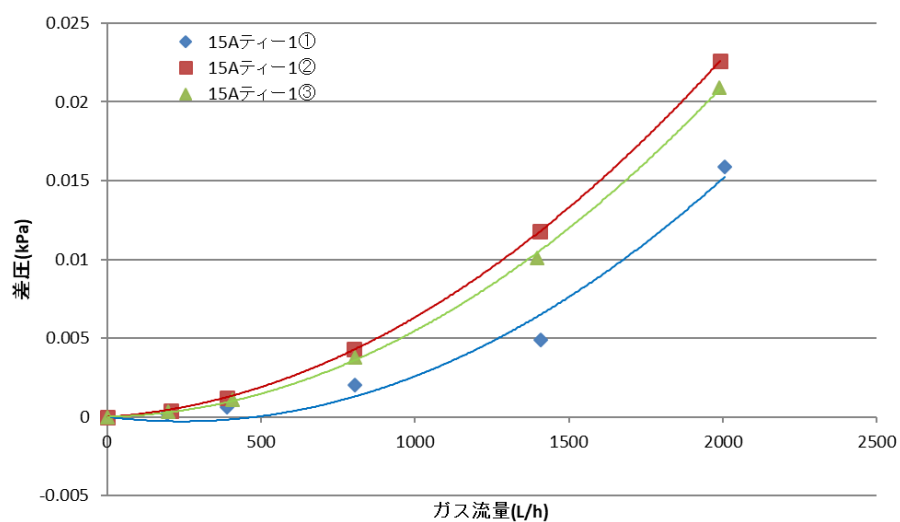


図 7.2.1.11 ティー15A の圧力損失（型式1）

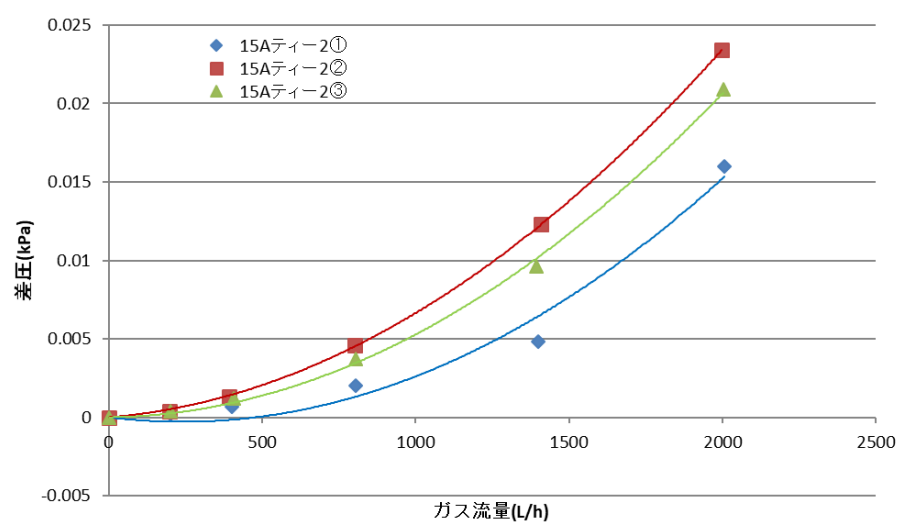


図 7.2.1.12 ティー15A の圧力損失（型式2）

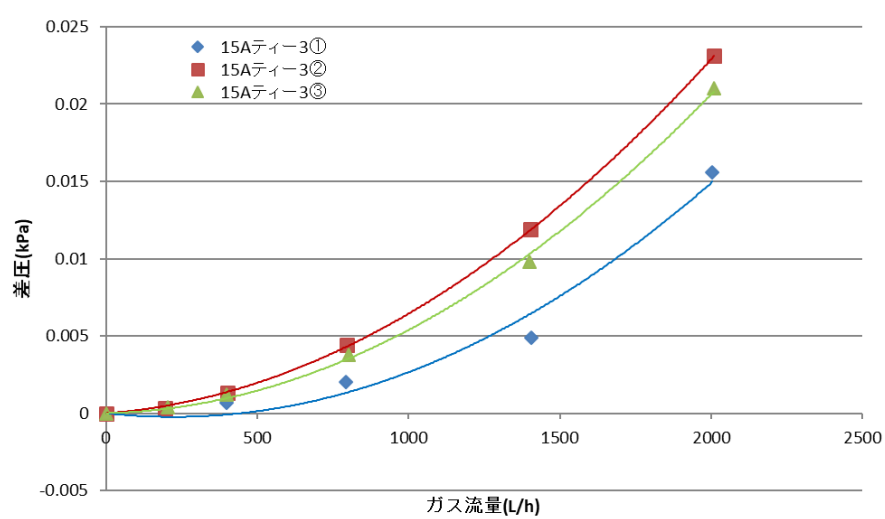


図 7.2.1.13 ティー15A の圧力損失（型式3）

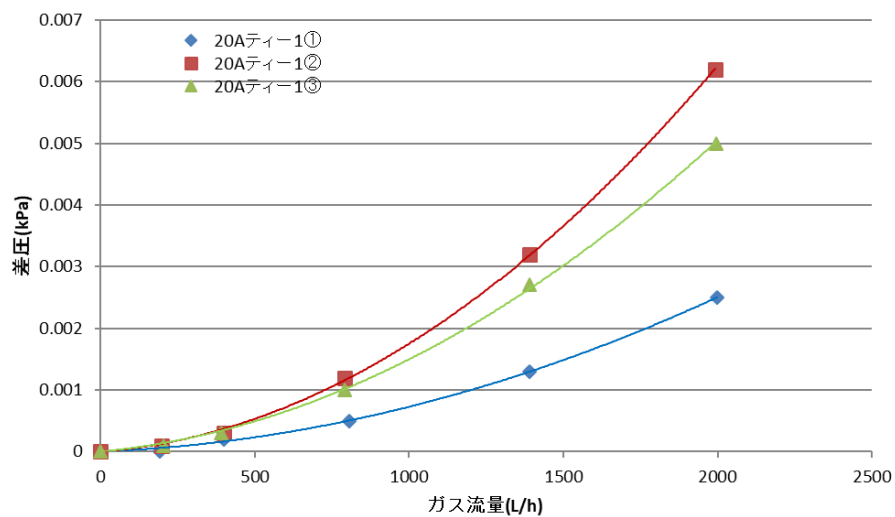


図 7.2.1.14 ティー20A の圧力損失（型式 1）

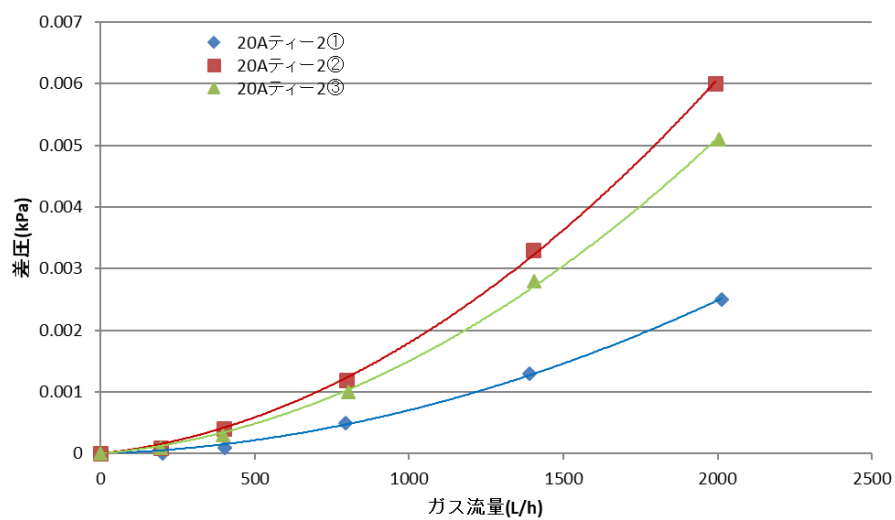


図 7.2.1.15 ティー20A の圧力損失（型式 2）

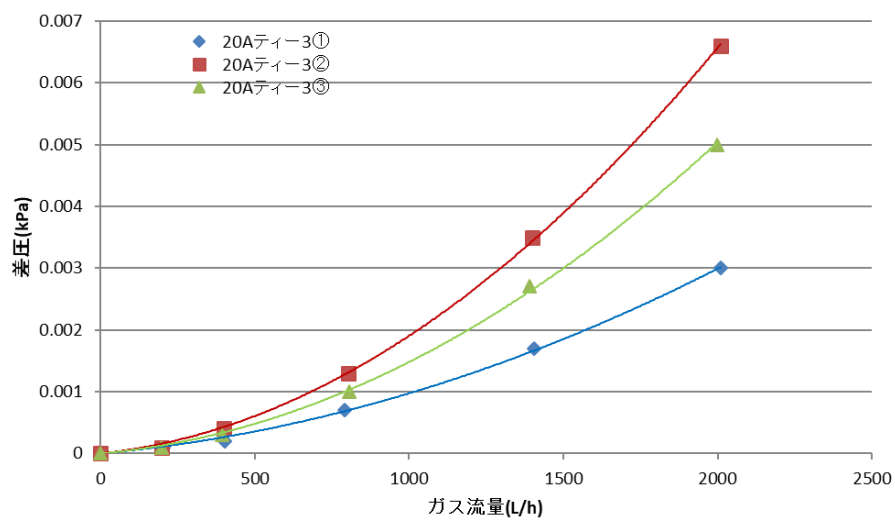


図 7.2.1.16 ティー20A の圧力損失（型式 3）

◆コメント

- 結果をまとめると以下の通りとなる。

①エルボ

15A エルボ	圧力損失(kPa)
型式 1	0.0188
型式 2	0.0199
型式 3	0.0188
平均	0.0192

20A エルボ	圧力損失(kPa)
型式 1	0.0042
型式 2	0.0042
型式 3	0.0046
平均	0.0043

②バルブ

15A バルブ	圧力損失(kPa)
型式 1	0.0345
型式 2	0.0252
型式 3	0.0321
平均	0.0306

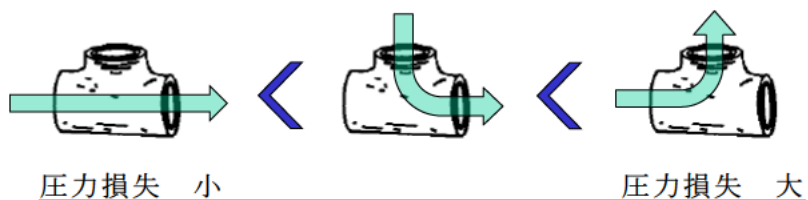
20A バルブ	圧力損失(kPa)
型式 1	0.007
型式 2	0.0036
型式 3	0.0077
平均	0.0061

③ティー

15A ティー	圧力損失最大(kPa)	圧力損失最小(kPa)	平均
型式 1	0.0226	0.0159	0.0193
型式 2	0.0234	0.016	0.0197
型式 3	0.0231	0.0156	0.0194
平均	0.0230	0.0158	0.0194

20A ティー	圧力損失最大(kPa)	圧力損失最小(kPa)	平均
型式 1	0.0062	0.0025	0.0044
型式 2	0.006	0.0025	0.0043
型式 3	0.0066	0.003	0.0048
平均	0.0063	0.0027	0.0045

- エルボについて、15A と 20A について各 3 型式の圧力損失を計測した。型式による違いは見られず、15A で 0.0192kPa、20A で 0.0043kPa（平均値）であった。
- バルブについても、15A と 20A について各 3 型式の圧力損失を計測した。型式による違いが見うけられ、15A で 0.0306kPa、20A で 0.0061kPa（平均値）であった。
- ティーについては、3 通りの流路パターンがあり、圧力損失に違いがあることがわかる。



- ティーの圧力損失については型式による違いは見られないが、流路の違いによる差が見うけられ、平均で 15A で 0.0194kPa、20A で 0.0045 であった。
- 計測した圧力損失と計算による圧力損失との関係は別に説明。

(c)フレキシ管

配管部材の計測と同じ計測方法によりフレキシ管 15A 及び 20A の圧力損失を計測した。フレキシ管は自在に形状を変更できるので、直線状態と円状態のケースで計測を行った。

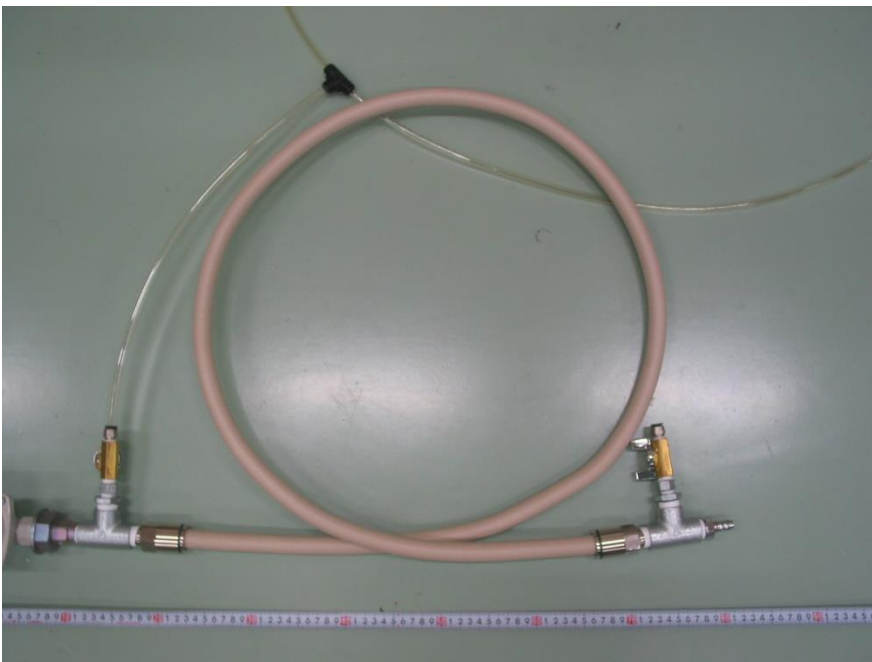


写真 7.2.1.3 フレキシ管

- フレキシ管の長さ：2m
- 使用したガス：空気

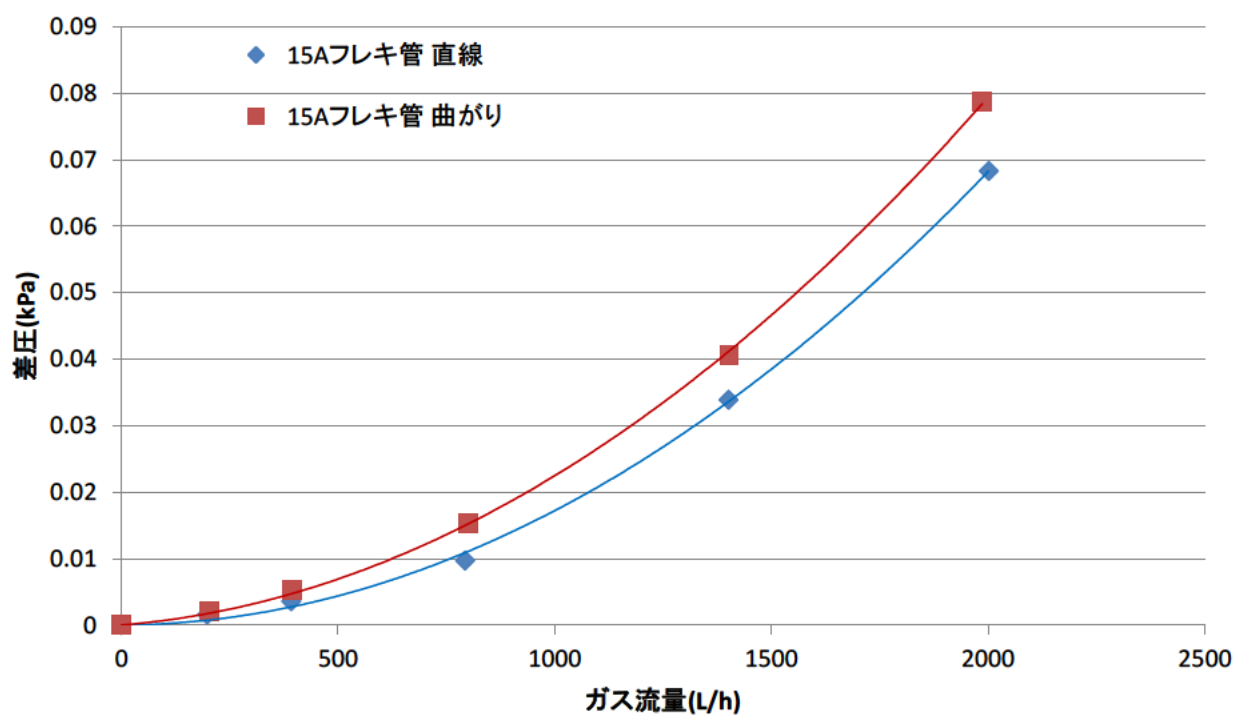


図 7.2.1.17 フレキ管 15A 圧力損失

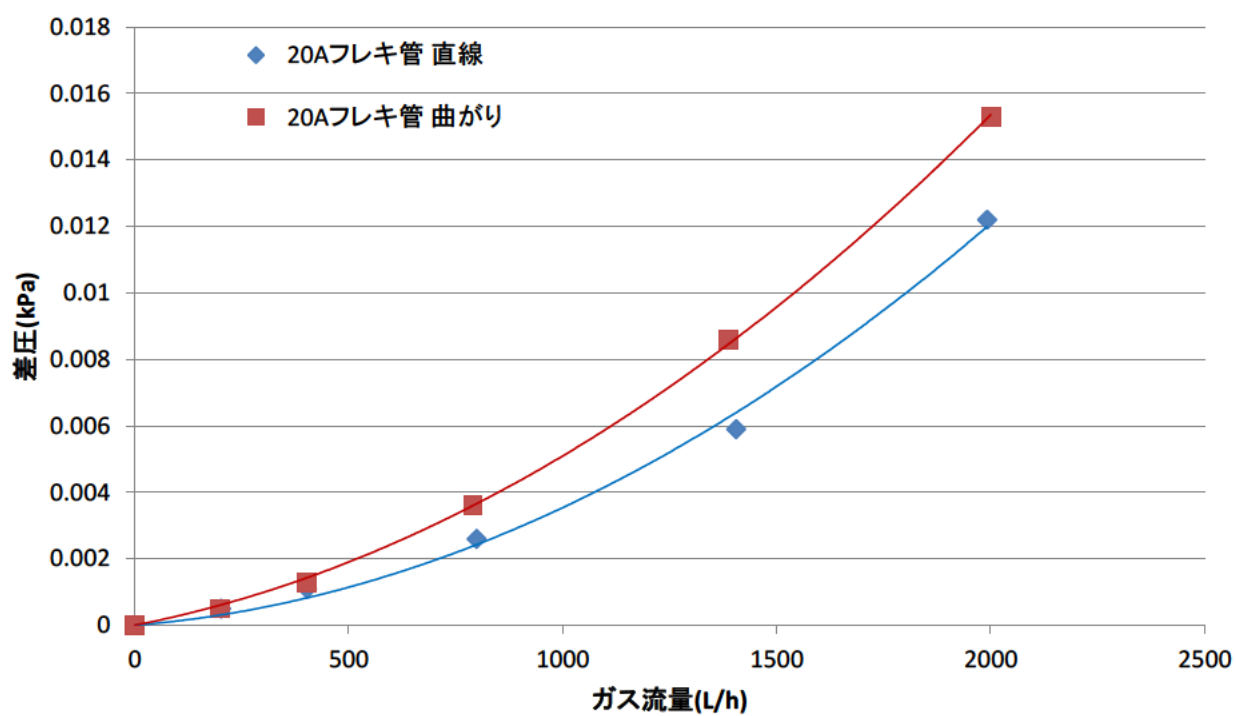


図 7.2.1.18 フレキ管 20A 圧力損失

比較のために、鋼管（15A 及び 20A）の計測を行った。

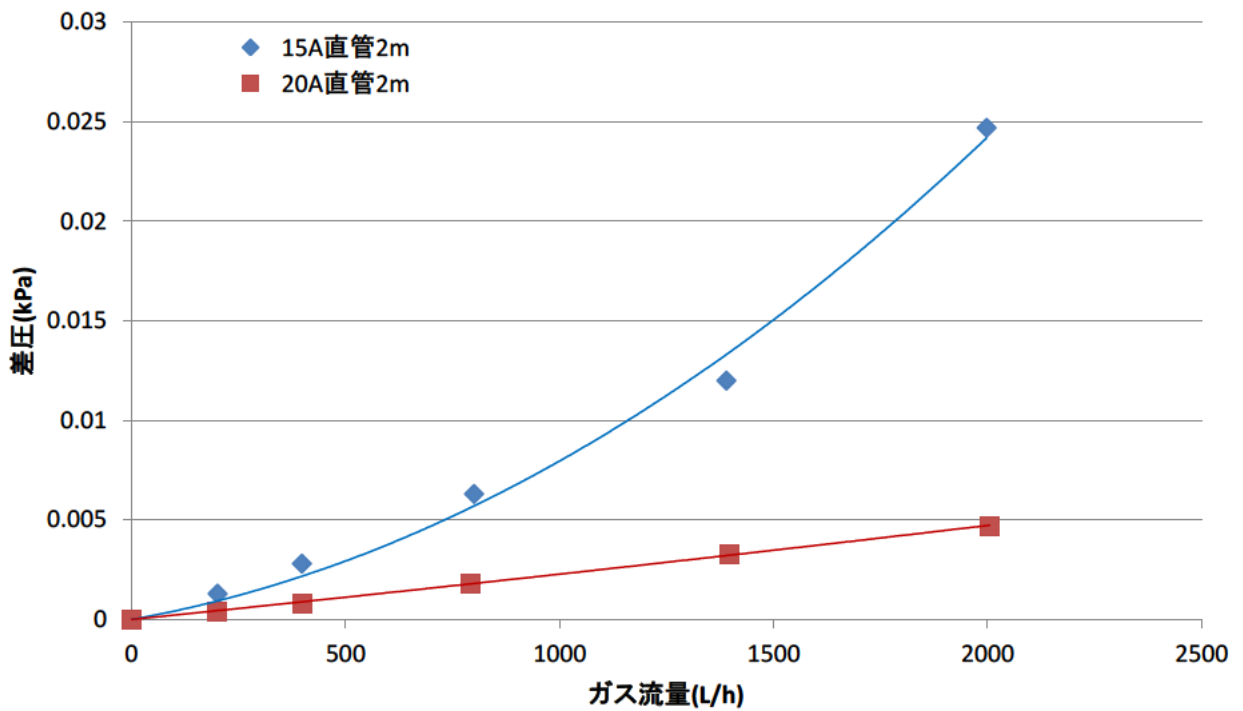


図 7.2.1.19 直管の圧力損失

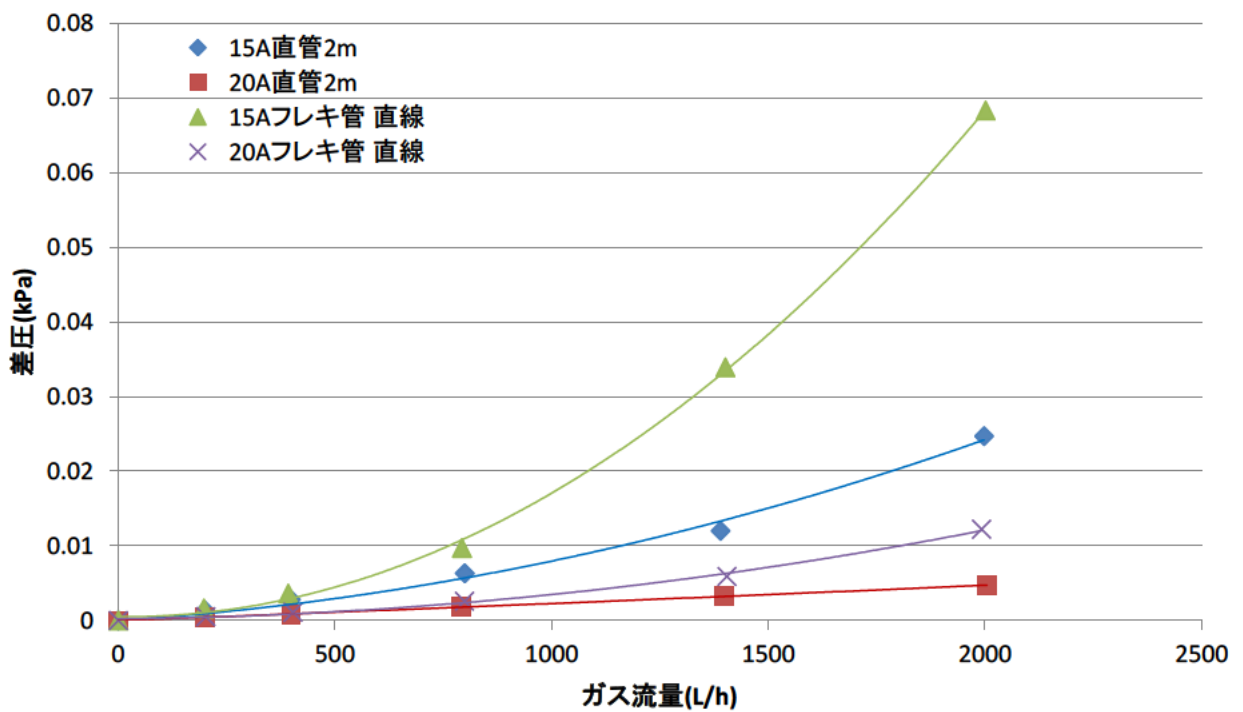


図 7.2.1.20 フレキ管と直管の比較

(LP ガスによる計測)

直線形状のフレキシ管については、比較のために LP ガスを使用して差圧（圧力損失）を計測した。空気との比較結果を以下に示す。

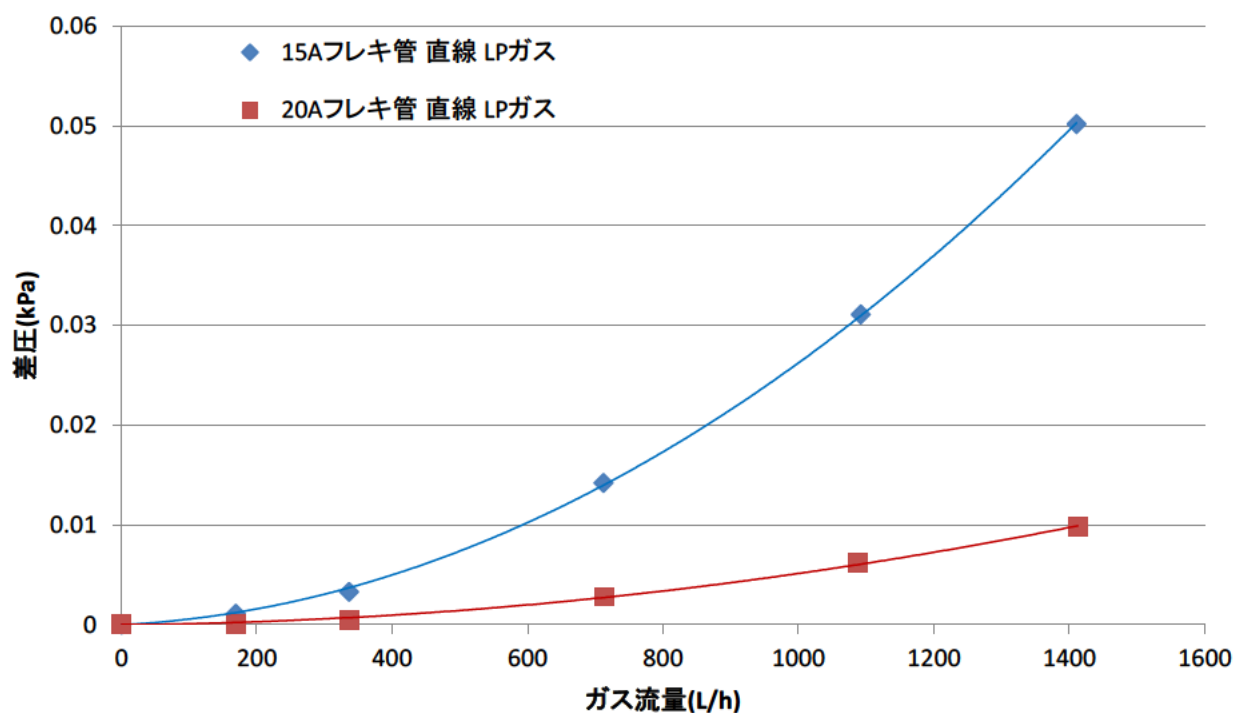


図 7.2.1.21 フレキシ管の圧力損失 (LP ガス)

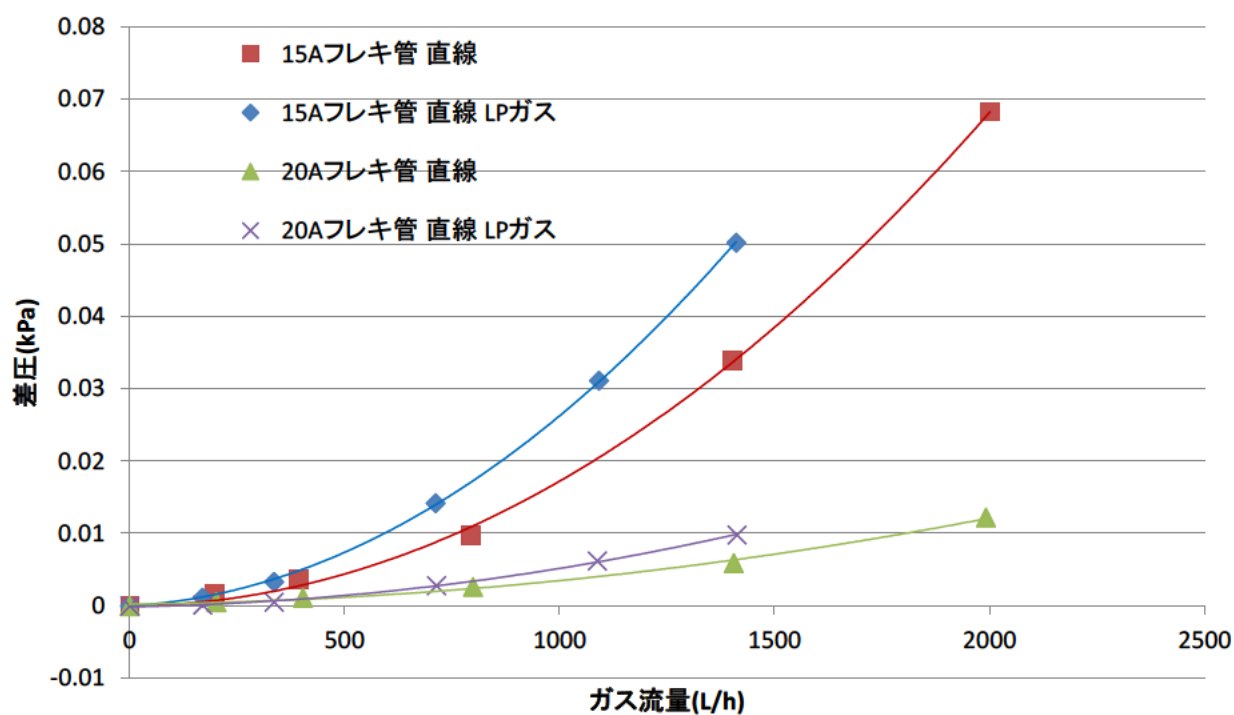


図 7.2.1.22 空気と LP ガスの場合の比較

◆コメント

- フレキ管と鋼管を比較した場合、同じ径の場合であっても圧力損失に大きな違いがあることがわかる。
- 鋼管とフレキ管の圧力損失の違いには、内径と内部構造の違いが関係していると考えられる。

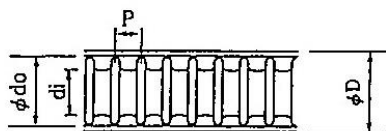
配管用フレキ管の寸法

[mm]

口	径	10 A	15 A	20 A	25 A
配管用 フレキ管	内 径 ϕ_{di}	11.5	15.0	20.8	25.0
	外 径 ϕ_{do}	14.2	18.4	24.2	30.8
	ピッチ P	3.4	3.8	4.2	6.0
	厚 さ	0.20			0.25
被 覆 (PVC)	厚 さ	0.75			
	外 径 ϕD	15.7	19.9	25.7	32.3
コイルの長さ[m]		30, 60			
10 m 当たりの管容積 [L]		1.4	2.0	3.9	6.0

鋼管の寸法

呼び方	外径(mm)	厚さ(mm)	内径(mm)
15A	21.7	2.8	16.1
20A	27.2	2.8	21.6
25A	34	3.2	27.6
32A	42.7	3.5	35.7



- フレキ管の圧力損失は長さの他に、曲がり部の数も影響していることがわかるが、直線状態においては、15A で 0.0683kPa、20A で 0.0122 であった。
- 計測した圧力損失と計算による圧力損失との関係は別資料で説明。

(5) まとめ

- モデル配管や各接続部材について、圧力損失に関する各種のデータを収集した。
- 取得したデータと計算値による比較・検証は次節で行う。

7.2.2 圧力損失解析調査

(1) 概要

L P ガス配管内における圧力計測箇所の違いによる影響について調査・検討する。L P ガス配管設備は定められた圧力値を満足するために燃焼器のガス消費量及び設備の圧力損失等を考慮して設計されている。圧力損失は計算により算出することができるが、配管の圧力計測箇所の違いによる影響と計算による圧力損失との関係について検討する。

(2) 背景・課題

L P ガス設備の 供給管・配管の口径決定に際しては、最大ガス消費量（ガス流量）、配管長さ、圧力損失等を考慮して決定される。計算により 圧力損失を算出し、基準に適合した配管内圧力が確保されている。圧力損失が原因で圧力計測箇所の違いにより計測した圧力値は変化する。例えばメータ入口圧力と燃焼器入口圧力は異なるため、メータ入口圧力と燃焼器入口圧力の関係について計測データと計算による算出データの解析・検討を行い、自動点検システムによる配管内圧力計測の信頼性を検証する必要がある。

(3) 実施内容

マイコンメータから取得したデータと各部位で計測した圧力データとの比較検証を行う。同じ配管設備であっても燃焼器入口圧力とガスメータ入口圧力等の計測箇所によって計測値に差が生じる。その原因となる圧力損失について理論上の計算との比較・検討を行う。

(例)

直管部分の圧力損失の計算方法 (KHKS0738)

$$H = \frac{9.8Q^2SL}{K^2D^5}$$

Q ガスの流量 (m³/h)

D 管の内径 (cm)

H 圧力損失 (Pa)

S ガス比重

L 管の長さ (m)

K 定数 (例えば 米花氏 : $K=0.837 \div \sqrt{1+(4.35/D)}$)

(検討課題)

超音波式マイコンメータの場合、圧力と同時に流量を計測することが可能であるため、ガスメータ入口圧力値から燃焼器入口圧力値を計算で算出することが可能となる。計算値と実測値との比較検討を行い、代替性について検討を行う。モデル配管を使用した計測データの他に、例えば配管設備の各配管部材の圧力損失に関して、計測値と計算式の比較検討を行う。

(検討項目)

- モデル配管設備を使用した実測値と高圧ガス保安協会基準 (KHKS0738) に示されている圧力損失の計算方法による計算値との比較・検証の継続
- 実測値とLPガス設備の各部材 (エルボー、ティーなど) の圧力損失の計算値の検証
- 計算による圧力損失推定による基準化の検討

ガスメータから燃焼器までの圧力損失については、計算により求めることを可能とするための基準案の検討を行う。

前年度までの検討結果から、当該圧力損失計算方法と実測値による比較すると十分な相関関係があることが分かった。例示基準 30 節においてこの結果を反映可能である部分についての検討を行う。

1) モデル配管による計測値との比較・検証

前節において計測したモデル配管設備の圧力損失計測結果と高圧ガス保安協会基準 (KHKS0738) に示されている圧力損失の計算方法との比較結果を以下に示す。

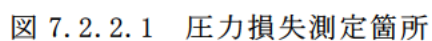


表 7.2.2.1 圧力損失（差圧）の比較

No	メータ流量 (L/h)	メータ圧力 (kPa)	測定差圧 (kPa)	計算差圧 (kPa)	差圧の差 (kPa)	率 (%)	LP ガス換算 (kPa)
1	0	2.93	0	0	0		0
	203	2.9	0.0024	0.0352	0.0328	1366.7	0.0499
	404	2.88	0.006	0.0358	0.0298	496.7	0.0453
	814	2.86	0.0174	0.0384	0.021	120.7	0.0319
	1417	2.85	0.0432	0.0454	0.0022	5.1	0.0033
	1992	2.81	0.0776	0.0556	-0.022	-28.4	-0.0334
2	0	2.98	0	0	0		0
	200	2.91	0.0026	0.0353	0.0327	1257.7	0.0497
	405	2.89	0.0068	0.0363	0.0295	433.8	0.0448
	806	2.87	0.0194	0.0401	0.0207	106.7	0.0315
	1394	2.85	0.0473	0.0503	0.003	6.3	0.0046
	1984	2.82	0.0865	0.066	-0.0205	-23.7	-0.0312
3	0	2.99	0	0	0		0
	196	2.9	0.0028	0.0354	0.0326	1164.3	0.0496
	401	2.88	0.0074	0.0366	0.0292	394.6	0.0444
	815	2.87	0.0212	0.0416	0.0204	96.2	0.0310
	1413	2.84	0.0517	0.0549	0.0032	6.2	0.0049
	1985	2.82	0.0925	0.0743	-0.0182	-19.7	-0.0277
4	0	2.98	0	0	0		00
	198	2.89	0.0031	0.0355	0.0324	1045.2	0.0492
	400	2.88	0.0081	0.037	0.0289	356.8	0.0439
	802	2.86	0.0229	0.0431	0.0202	88.2	0.0307
	1409	2.84	0.0568	0.0601	0.0033	5.8	0.0050
	1993	2.81	0.1026	0.0852	-0.0174	-17.0	-0.0264
5	0	2.96	0	0	0		0
	200	2.9	0.0034	0.0356	0.0322	947.1	0.0489
	396	2.9	0.0086	0.0373	0.0287	333.7	0.0436
	804	2.87	0.0244	0.0445	0.0201	82.4	0.0306
	1398	2.84	0.0594	0.0638	0.0044	7.4	0.0067
	1986	2.83	0.108	0.0932	-0.0148	-13.7	-0.0225
6	0	2.98	0	0	0		0
	196	2.89	0.0035	0.0357	0.0322	920.0	0.0489
	403	2.88	0.0095	0.0378	0.0283	297.9	0.0430
	799	2.87	0.0262	0.0461	0.0199	76.0	0.0302
	1410	2.84	0.0653	0.0696	0.0043	6.6	0.0065
	1997	2.81	0.1178	0.1045	-0.0133	-11.3	-0.0202

7	0	2.95	0	0	0		0
	196	2.91	0.0038	0.0358	0.032	842.1	0.0486
	399	2.89	0.01	0.0381	0.0281	281.0	0.0427
	807	2.87	0.0282	0.0477	0.0195	69.1	0.0296
	1408	2.84	0.0685	0.0737	0.0052	7.6	0.0079
	1999	2.82	0.1244	0.1131	-0.0113	-9.1	-0.0172
8	0	2.97	0	0	0		0
	210	2.91	0.0044	0.036	0.0316	718.2	0.0480
	405	2.89	0.011	0.0386	0.0276	250.9	0.0420
	810	2.86	0.0307	0.0496	0.0189	61.6	0.0287
	1403	2.84	0.0733	0.0787	0.0054	7.4	0.0082
	1990	2.82	0.1329	0.1229	-0.01	-7.5	-0.0152
9	0	2.95	0.0001	0	0		0
	197	2.9	0.0042	0.0359	0.0317	754.8	0.0482
	398	2.88	0.0113	0.0389	0.0276	244.2	0.0420
	802	2.86	0.0317	0.0506	0.0189	59.6	0.0287
	1416	2.83	0.0778	0.0838	0.006	7.7	0.0091
	2003	2.82	0.1408	0.1326	-0.0082	-5.8	-0.0125
10	0	2.94	0.0001	0	0		0
	196	2.89	0.0044	0.036	0.0316	718.2	0.0480
	398	2.88	0.012	0.0393	0.0273	227.5	0.0415
	803	2.87	0.0338	0.0524	0.0186	55.0	0.0283
	1409	2.83	0.0825	0.0886	0.0061	7.4	0.0093
	1989	2.82	0.1482	0.1418	-0.0064	-4.3	-0.0097

表 7.2.2.2 差圧の差の統計データ (kPa)

	空気	LP ガス換算
平均	0.0141	0.0214
標準誤差	0.0024	0.0037
中央値 (メジアン)	0.02	0.0304
最頻値 (モード)	0.0322	0.0489
標準偏差	0.0174	0.0265
分散	0.0003	0.0007
範囲	0.0548	0.0832
最小	-0.022	-0.0334
最大	0.0328	0.0498

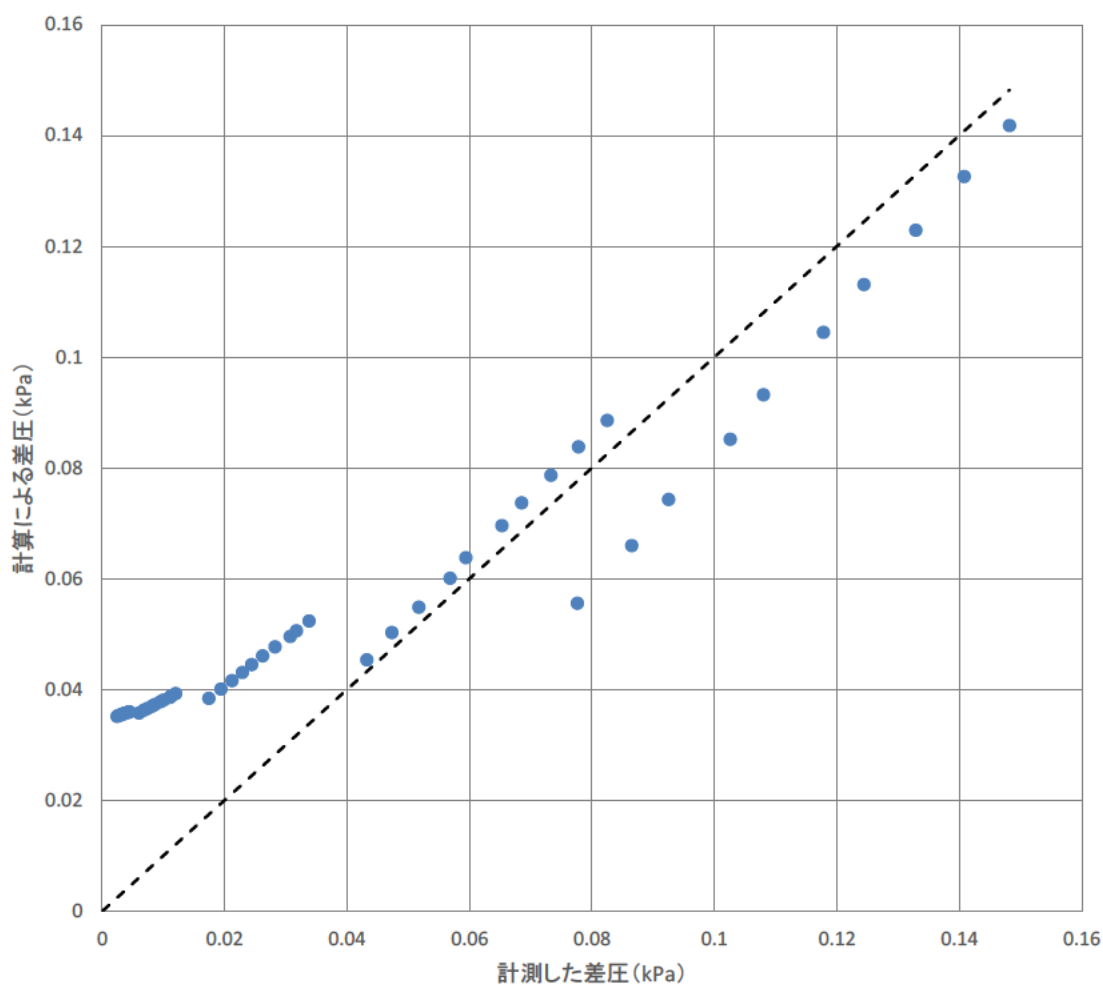


図 7.2.2.2 計測値と計算値の比較

(コメント)

- 上図において、マイコンメータの圧力損失を 0.35kPa と一定にしているため、流量が 0 に近づいた場合には 0.035kPa に近づく。
- 圧力損失が大きくなるほど計測値と計算値は近づく傾向がわかる。
- ガス流量が大きくなる又は配管長が長くなること等で圧力損失が大きくなることがわかるが、実際の配管設備に対して当該計算を行う場合は最大ガス流量を使用するため、計算値は計測値に近づくことが考えられる。

- 圧力損失の測定は、最大のガス流量を流した場合のものを計測するため、前表においてガス流量が大きい場合（ガス流量が約 1400L/h 以上）に着目する。（データ数 20 個）

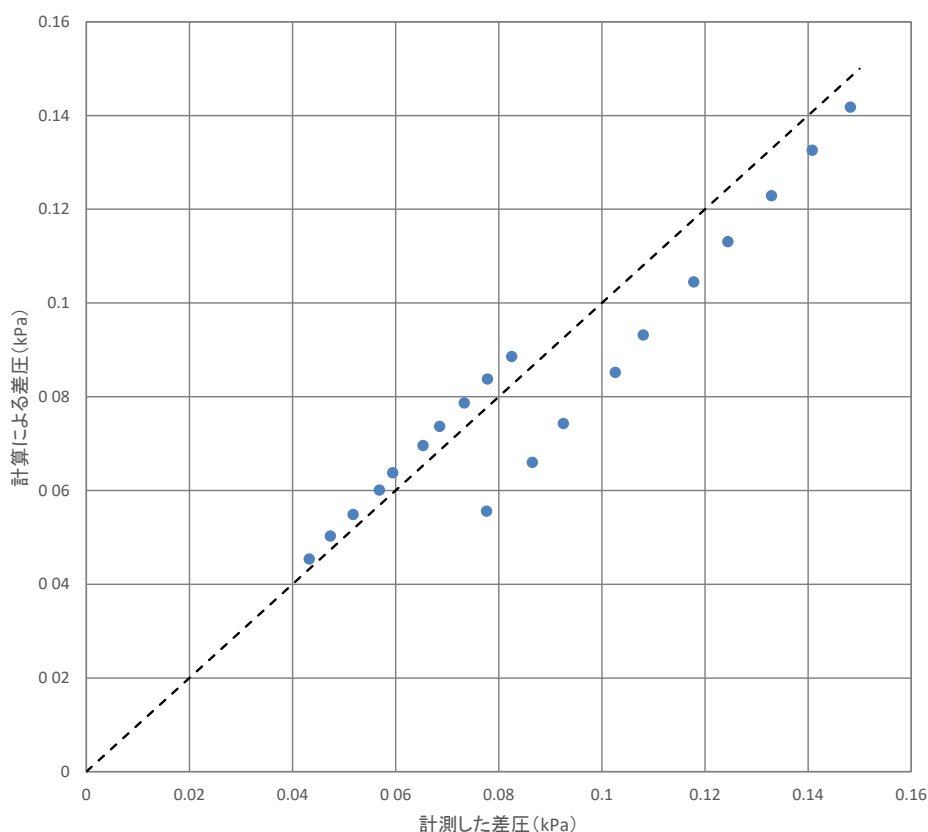


図 7.2.2.2-2 計測値と計算値の比較

表 7.2.2.2-2 統計データ

	空気 (kPa)	率 (%)	LP ガス換算 (kPa)
平均	-0.00495	-3.6469	-0.00752
標準誤差	0.002284	2.687017	0.003472
中央値 (メジアン)	-0.0021	0.387052	-0.00319
標準偏差	0.010214	12.0167	0.015526
分散	0.000104	144.4012	0.000241
範囲	0.0281	36.0626	0.042712
最小	-0.022	-28.3505	-0.03344
最大	0.0061	7.712082	0.009272

- 計測値と計算値の差は、平均で空気の場合-0.00495kPa、率は-3.6%であり、LP ガスに換算した場合、平均で-0.00752kPa となる。（率は差を計測値で割ったもの）
- 以上のことから、計測値と計算値を比較した場合、大きく乖離していないと思われる。

◆ L P ガスによる解析

1200L/h 以上の流量に着目して、L P ガスで圧力損失を計測した場合と計算により求めた計算差圧を比較してみた結果を以下に示す。(L P ガスの比重：1.52)

表 7.2.2.3 L P ガスの場合の計算値との比較

No	流量(L/h)	差圧(kPa)	圧力(kPa)	計算差圧(kPa)
1	0	0	2.976	0
	1213	0.0365	2.747	0.047
	1484	0.0538	2.745	0.0524
2	0	0	2.99	0
	1211	0.0405	2.747	0.0525
	1483	0.06	2.745	0.0613
3	0	0	2.956	0
	1213	0.043	2.748	0.0573
	1483	0.0637	2.746	0.0684
4	0	0	2.965	0
	1214	0.0475	2.748	0.0633
	1485	0.07	2.747	0.0774
5	0	0	3	0
	1216	0.05	2.749	0.0682
	1484	0.074	2.744	0.0844
6	0	0	2.965	0
	1222	0.054	2.751	0.0746
	1485	0.08	2.745	0.0934
7	0	0	3.178	0
	1224	0.0569	2.747	0.0795
	1486	0.084	2.744	0.1006
8	0	0	2.96	0
	1224	0.061	2.749	0.0856
	1489	0.09	2.74	0.1098
9	0	0	3.136	0
	1228	0.064	2.749	0.0907
	1489	0.094	2.74	0.117
10	0	0	2.886	0
	1241	0.0695	2.755	0.0982
	1497	0.1016	2.747	0.1269

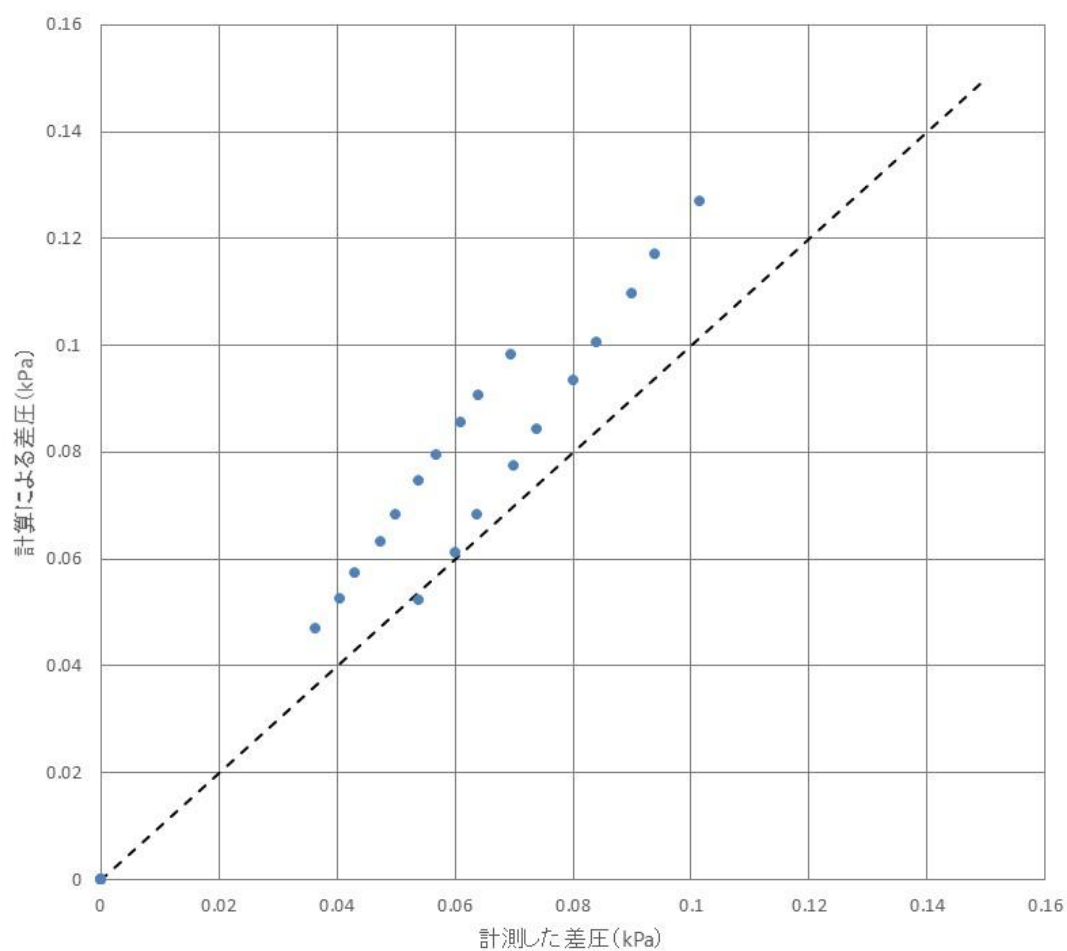


図 7.2.2.3 計算値と計測値の比較

表 7.2.2.4 統計データ

計測と計算による圧力損失の差	
平均	0.015725
標準誤差	0.001903
中央値	0.0162
標準偏差	0.00851
尖度	-0.59076
歪度	-0.40893
範囲	0.0301
最小	-0.0014
最大	0.0287
データの個数	20

(コメント)

- L P ガスを使って計測した圧力損失から計算による圧力損失との差による平均は約 0.016(kPa)であった。
- 最小値が-0.001、最大値が 0.029 であり、範囲が約 0.03kPa であった。これは計算値の方が大きく計算されることが多いことを示している。(安全側)

2) 各種の配管部材の検証

①エルボ

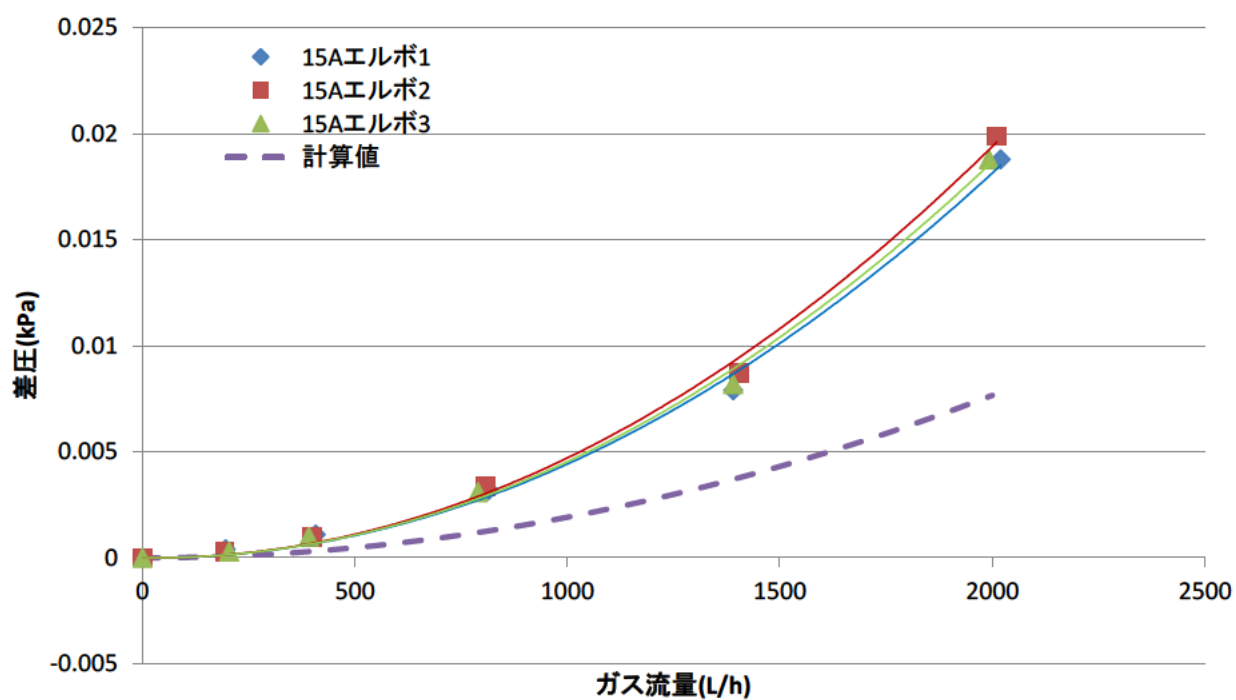


図 7.2.2.3 計測値と計算値 (エルボ 15A)

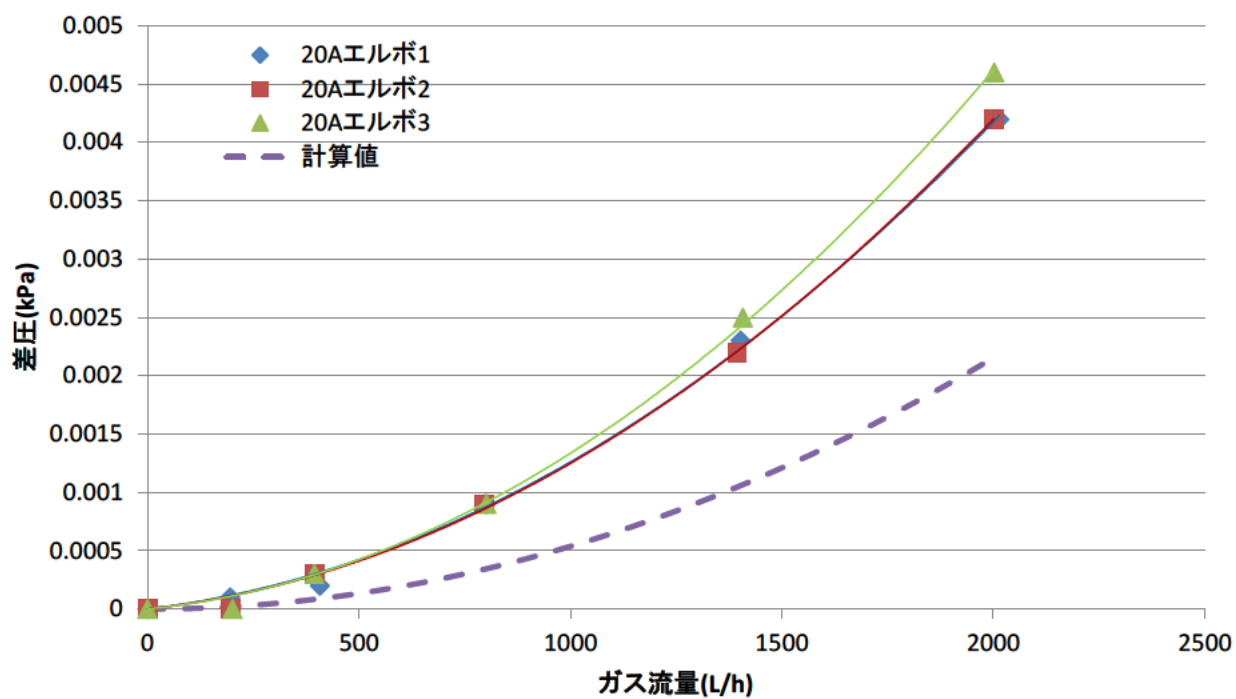


図 7.2.2.4 計測値と計算値 (エルボ 20A)

②バルブ

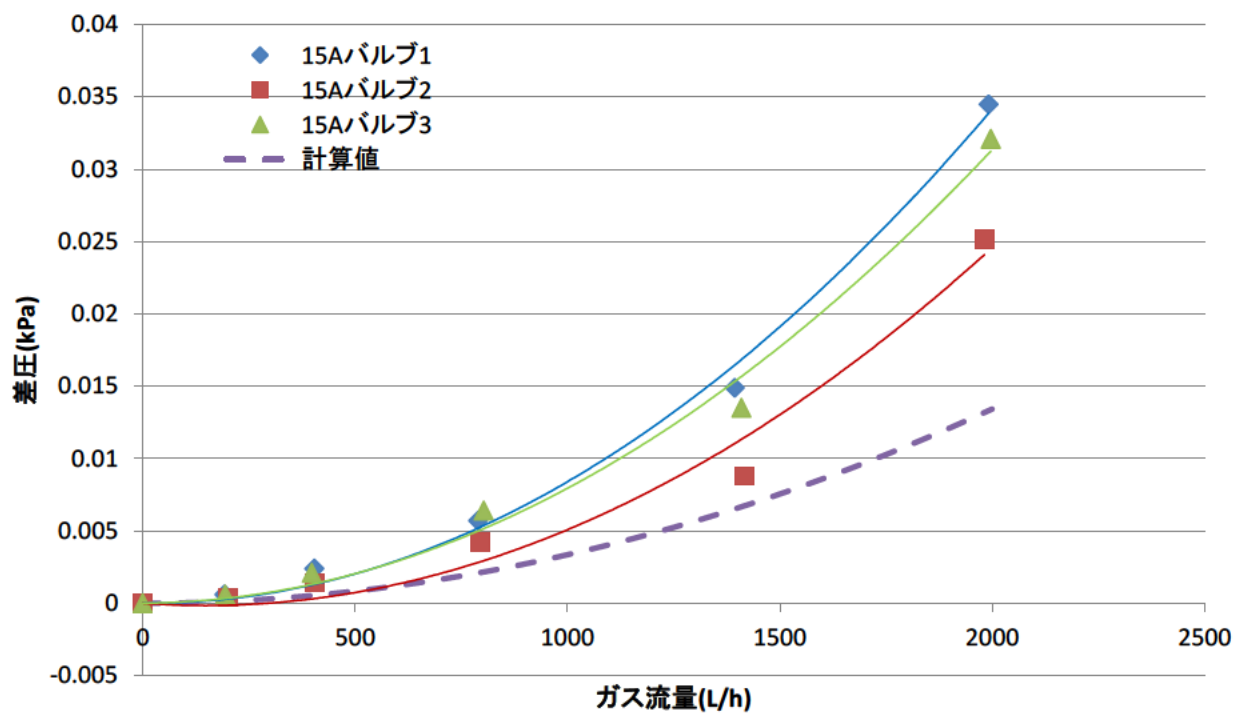


図 7.2.2.5 計測値と計算値 (バルブ 15A)

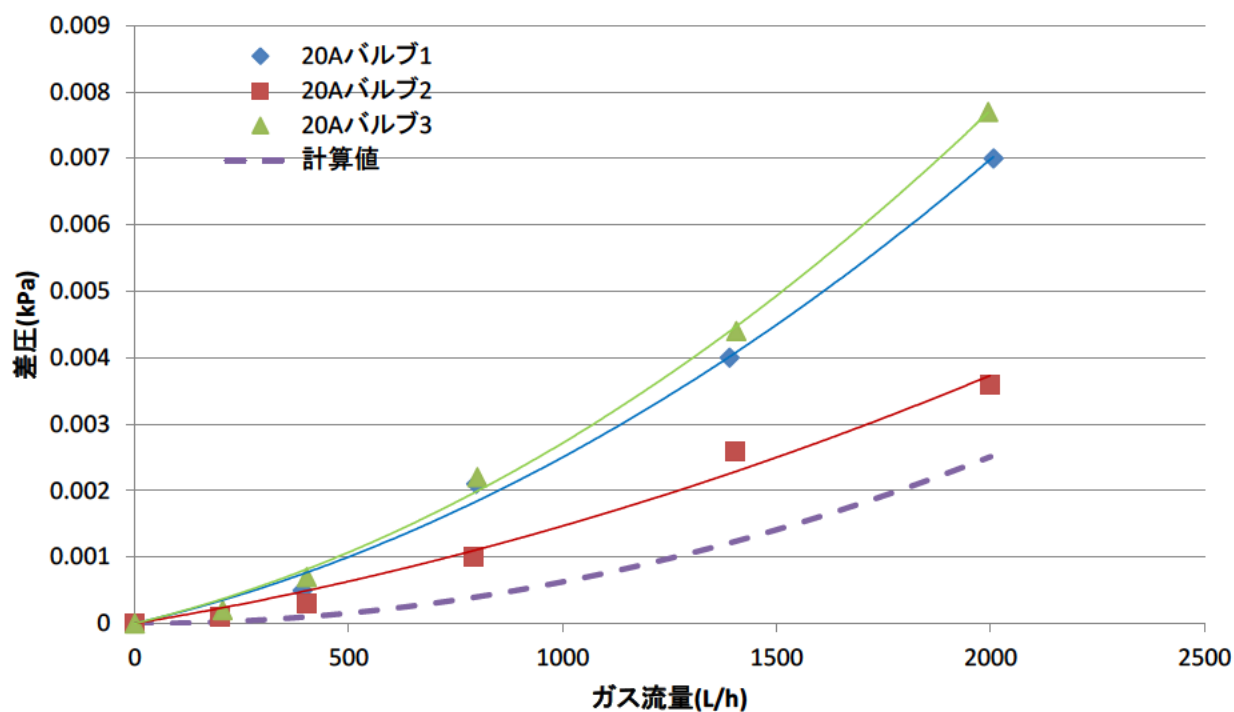


図 7.2.2.6 計測値と計算値 (バルブ 20A)

③ ティー

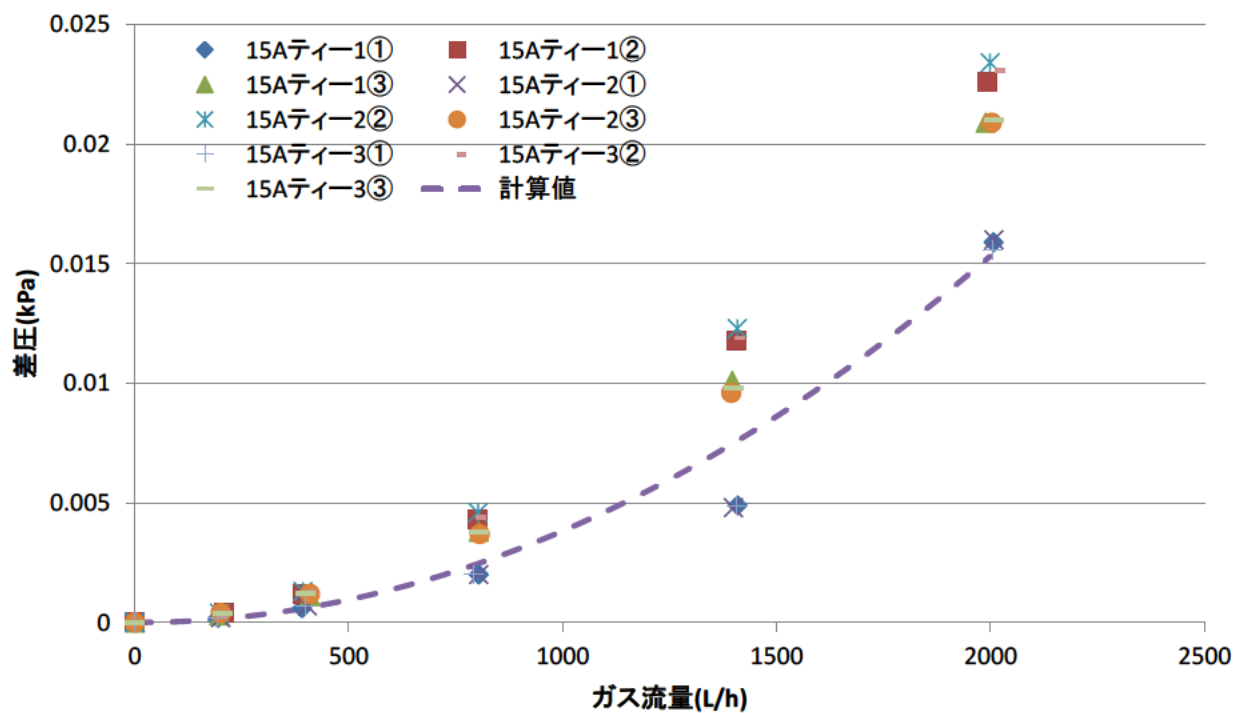


図 7. 2. 2. 7 計測値と計算値 (ティー15A)

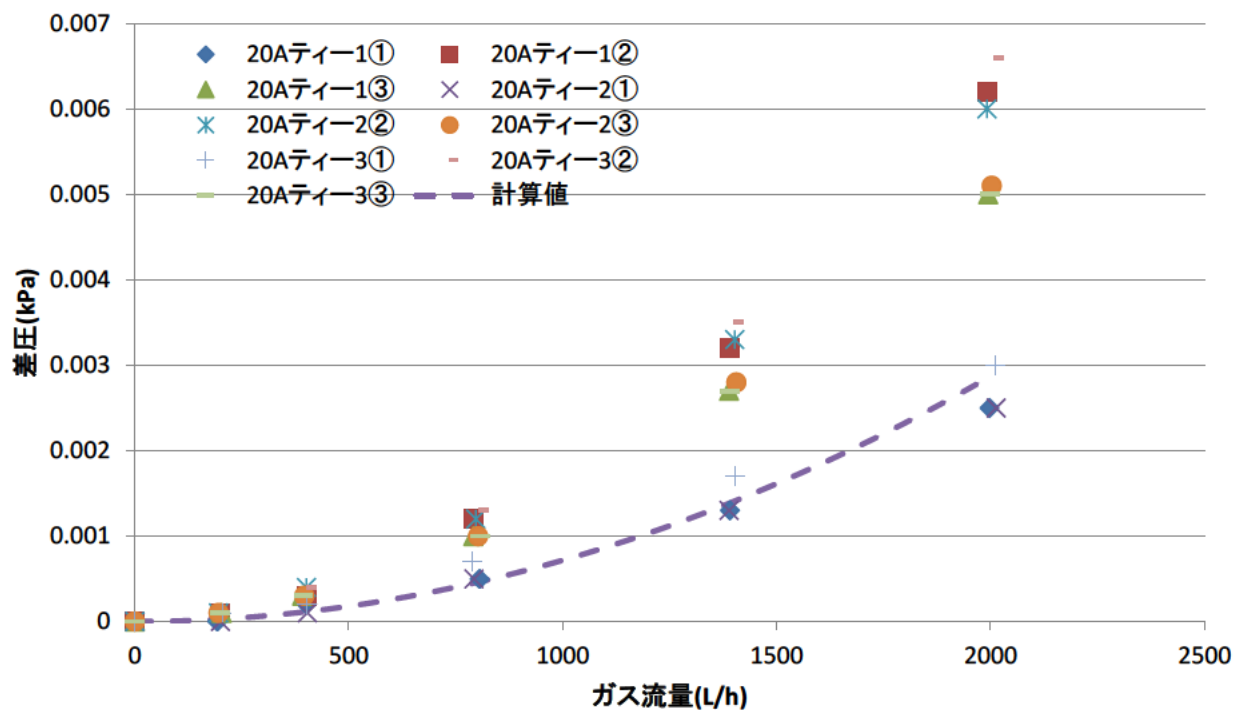


図 7. 2. 2. 8 計測値と計算値 (ティー20A)

(コメント)

- 各部材の計測値と計算値を比較した場合に、何れも計算値の方が小さく出ている。原因として考えられるのは計測時に計測対象以外の圧力損失も含まれていることが考えられる。補足実験として、計測対象の部材を付けずにソケットにより直結させて圧力損失を計測した。

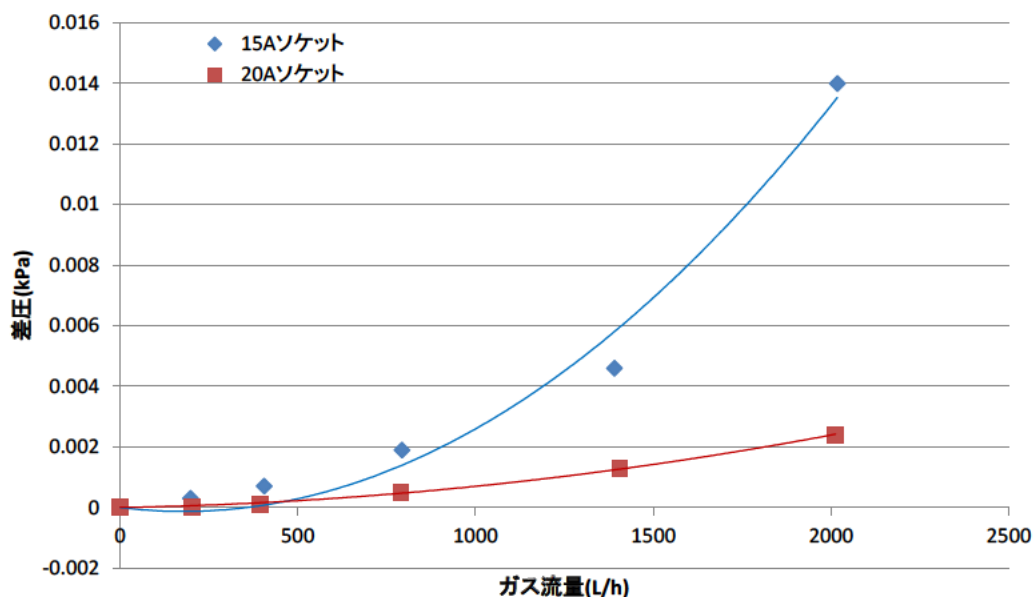


図 7.2.2.9 ソケットの圧力損失

例えば、図 3 のエルボ 15A について、この差圧分だけ差し引いてみると、以下のようなになる。

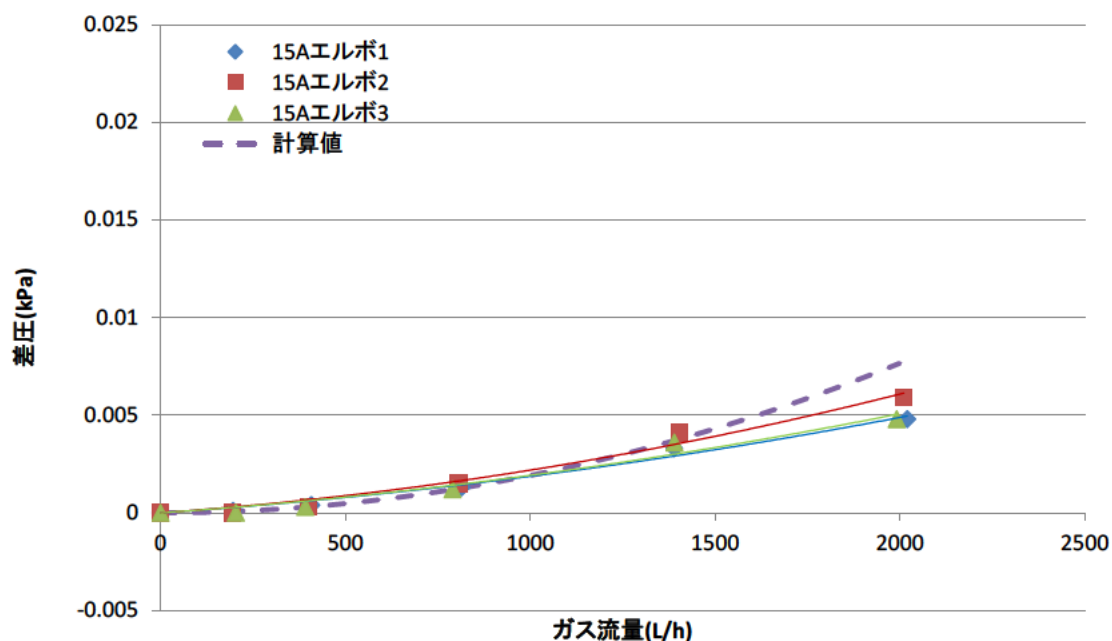


図 7.2.2.10 エルボ 15A の補正結果

- 以上のことから、各部材の個々の圧力損失は大きめの数値で計測されるが、補正すると計算値に近づく。従って、部材が複雑なパターンの組合わせとなるモデル配管設備の場合にも、より実測値に近い計算結果が得られることがわかる。

3) フレキ管

フレキ管の圧力損失の計算方法は以下の図による。

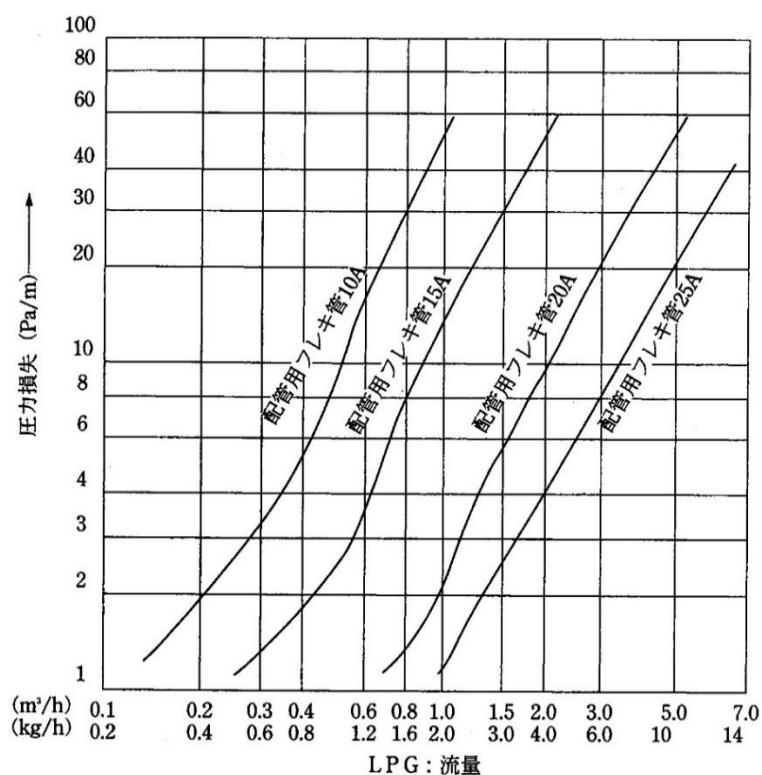


図 7.2.2.11 フレキ管の圧力損失計算

計測結果と計算結果の比較は以下の通りであった。(フレキ管の長さは 2 m、LP ガス)

表 7.2.2.5 フレキ管の計測値と計算値

ガス流量(L/h)	15A フレキ管直線 計測値 (kPa)	計算値 (kPa)
0	0	—
169	0.0011	—
336	0.0033	0.0062
712	0.0142	0.01
1092	0.0311	0.03
1411	0.0502	0.048

ガス流量(L/h)	20A フレキ管直線 計測値 (kPa)	計算値 (kPa)
0	0	—
170	0.0001	—
336	0.0005	—
714	0.0028	0.002
1088	0.0062	0.004
1413	0.0098	0.009

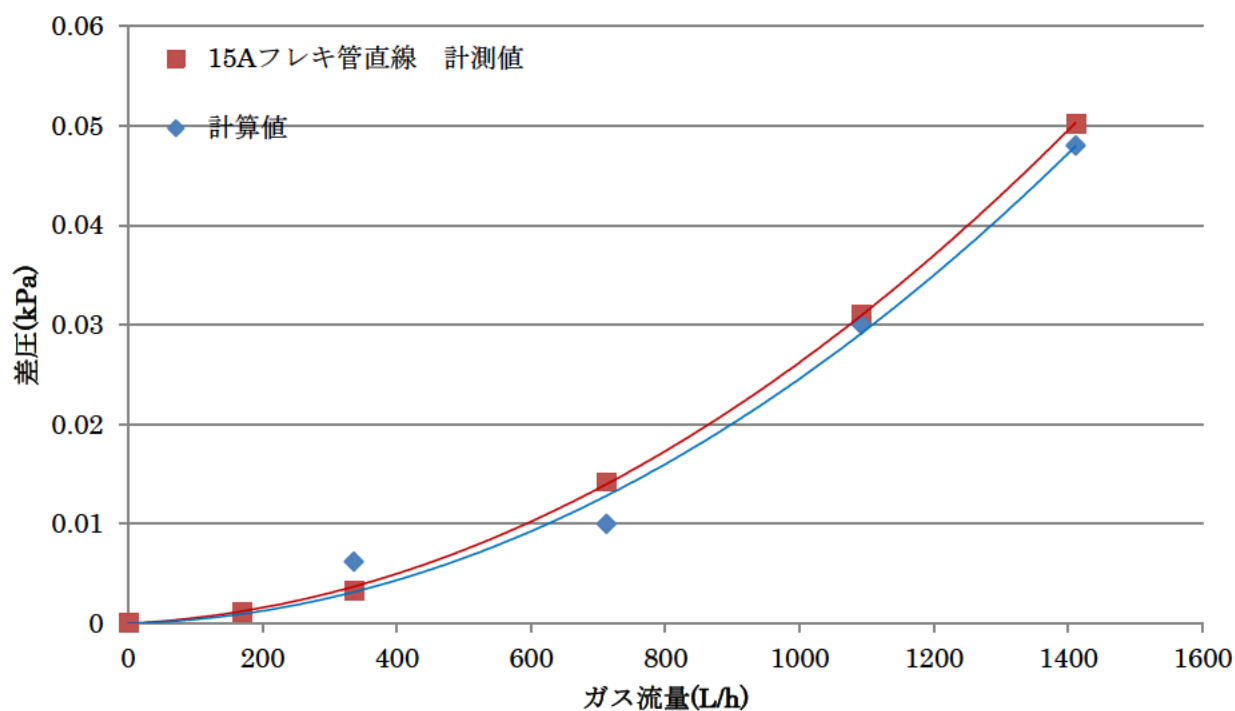


図 7.2.2.12 計測値と計算値（フレキ管 15A）

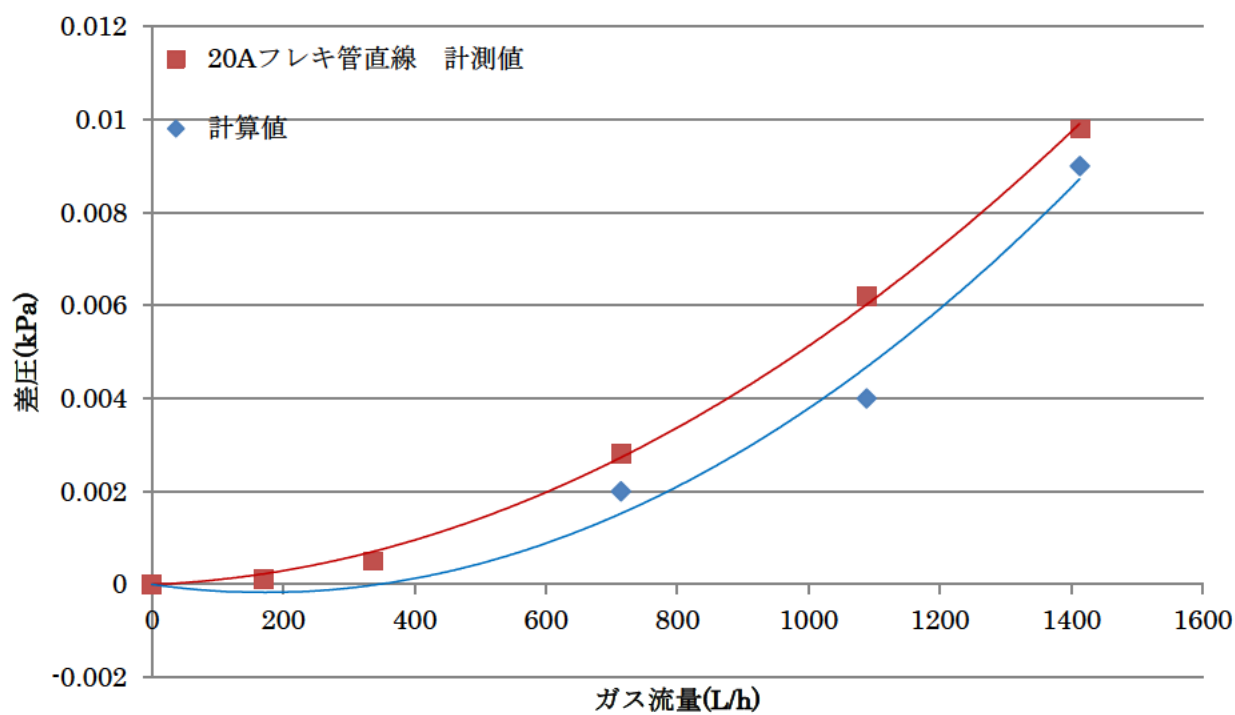


図 7.2.2.13 計測値と計算値（フレキ管 20A）

(コメント)

- フレキ管の圧力損失の計算は図から読み取ることによって求めることが出来る。実測値と計算値を比較した場合に、ほぼ同じ数値であることがわかる。
- フレキ管は自在に変形させて使うことが可能であり、多くの曲がりがある場合には計算値との差も大きくなると考えられる。

4) 実際の現場での実測値と計算値の比較

(社) 全国LPガス協会の協力により、圧力損失(メーター出口から燃焼器まで)を実測したことがあるLPガス供給先の配管図を入手して、計算により求めたものを比較した結果を以下に示す。

表 7.2.2.6 実測値と計算値との比較

現場	実測値(kPa)	計算値(kPa)	備考
①	0.02	0.04	長さ:12m(20A:2m、25A:10m)、流量 1821:L/h、エルボ 20A:5 ケ、エルボ 25A:4 ケ、 径違いチーズ:1 ケ
②	0.07	0.09	長さ:28m(20A)、流量 1246L/h、エルボ:10 ケ
③	0.02	0.01	長さ 10.4m(50A:9.4m、25A:0.9m)、流量 2785L/h、エルボ 50A:12 ケ、エルボ 25A:3 ケ、 径違いチーズ:2 ケ
④	0.03	0.21	長さ(15A):4.8m、流量 1860L/h、エルボ:8 ケ、 ガス栓:1 ケ
⑤	0.02	0.03	長さ(15A):25m、流量:392L/h、エルボ 15A:7 ケ、エルボ 20A:2 ケ、チーズ:2 ケ
⑥	0.03	0.01	長さ(15A):2.9m、流量:285L/h、エルボ 15A:6 ケ、チーズ:2 ケ

- ④は 24 号給湯器を 15A 配管で流していたため、計算値との差が大きいと考えられる。

5) まとめ

- モデル配管等による計測値と高圧ガス保安協会基準（KHKS0738）による計算値との比較検証を行った結果、その差は-3%程度（空気の場合）であった。計測値に替えて計算値により圧力損失をも求めることに精度的に問題はないと考えられる。
- 実際のLPガス設備で計測したデータとその配管図面から求めた計算値について、比較した結果、ほぼ問題はなかった。

7. 3 自動測定・点検機能の評価

7.3.1 自動点検記録システムの評価

消費者が不在であってもLPガス設備に設置することにより、自動で圧力データ等を計測・記録することが可能である自動点検記録システムに要求されている各種の性能を評価して、現行の点検方法との性能差について検討を行う。

（背景・課題）

現行のマイコンメータにおいて計測されている配管内圧力とガス流量を新たな通信プログラムを使って取得可能であることが昨年度の検証で示された。当該プログラムを搭載した自動点検システムは消費者宅のLPガス設備に設置され、消費者の操作を必要とせずに自動的に作動してデータを取得することが可能なシステムである。当該システムの動作を確認するとともに要求される性能を検証するために、試作品に対してモデル配管設備を使用して各種の評価を実施する。

1) 自動点検可能な項目とシステム動作の評価

① 調整圧力

調整圧力の点検は燃焼器が使用された場合の、最大及び最小のガスが流れている際の圧力を計測して2.3～3.3kPaの範囲内にあることを確認するものである。自動点検システムは圧力を計測する際のガス流量を同時に記録・保存する機能を確認し、保存時間を検証する。

② 閉そく圧力

閉塞圧力の点検は燃焼器の使用が停止された場合に、その後の圧力（1分後以降）が3.5kPa以下であることを確認するものである。自動点検システムは計測した際の圧力が、ガス流量が無いこと及び流量が無くなってからの時間を確認可能であることを確認・検証する。

③ 燃焼器入口圧力

燃焼器入口圧力の点検は燃焼器が使用され他場合の、ガスが流れている際の燃焼器近傍での圧力を計測して2.0～3.3kPaの範囲内にあることを確認するものである。自動点検システムはマイコンメータ内で計測された圧力値を記録するため、直接燃焼器入口圧力を記録することは出来ない。調整圧力の測定値に圧力損失を考慮した補正を行うことで燃焼入口圧力の点検が可能となる。

2) 実際の L P ガス設備への取り付け

試作品を実際の L P ガス設備に取り付けて、データを収集した。



写真 7.3.1.1 取り付けられた試作品

- ・実施期間
令和 3 年 1 月 8 日～ 1 3 日
- ・データ取得条件
4 秒ごとに圧力・流量データを取得

(試作品の取付先の概要)

- ・一般戸建て住宅

➤ 所有燃焼器

表 7.3.1.1 所有燃焼器

	種類	購入時期	容量
①	給湯器付風呂釜 (24 号)	2007/06	57.8 kW
②	3 口ガスコンロ	2008/03	9.4 kW
③	電子ジャー付き炊飯器	2002/02	2.33 kW
④	ファンヒーター	2015/09	2.44 kW
⑤	ファンヒーター	2015/10	4.07 kW

- L P G の設置容量 200 kg (50kg×4 本)
- 調整器 富士工器 RF15

3) 収集した結果

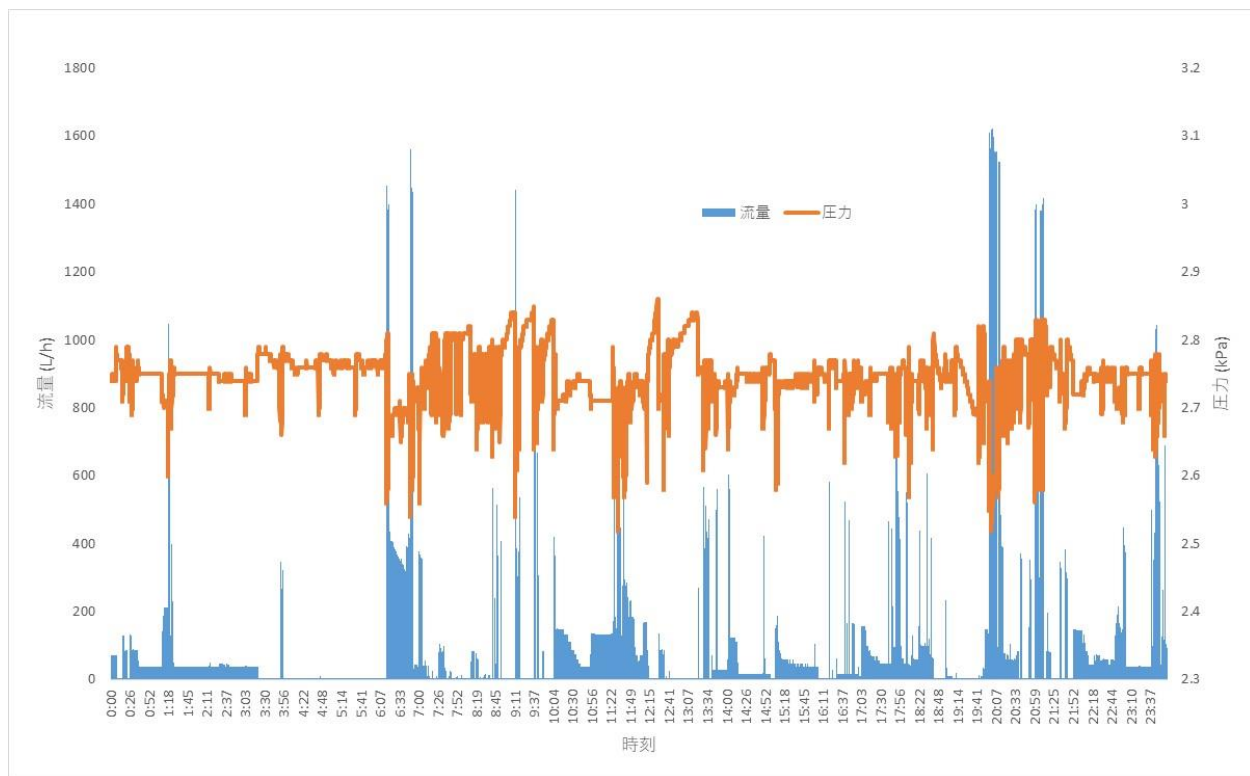


図 7.3.1.1 1 月 9 日のデータ

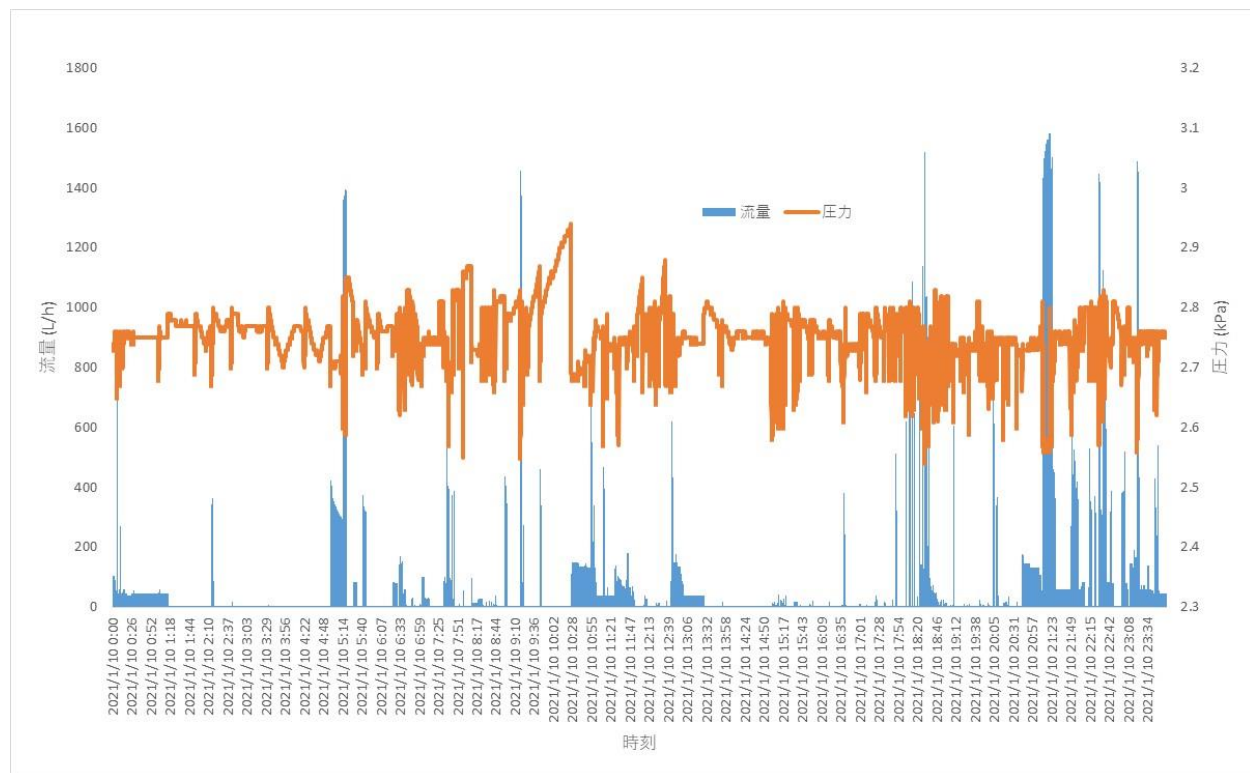


図 7.3.1.2 1 月 10 日のデータ

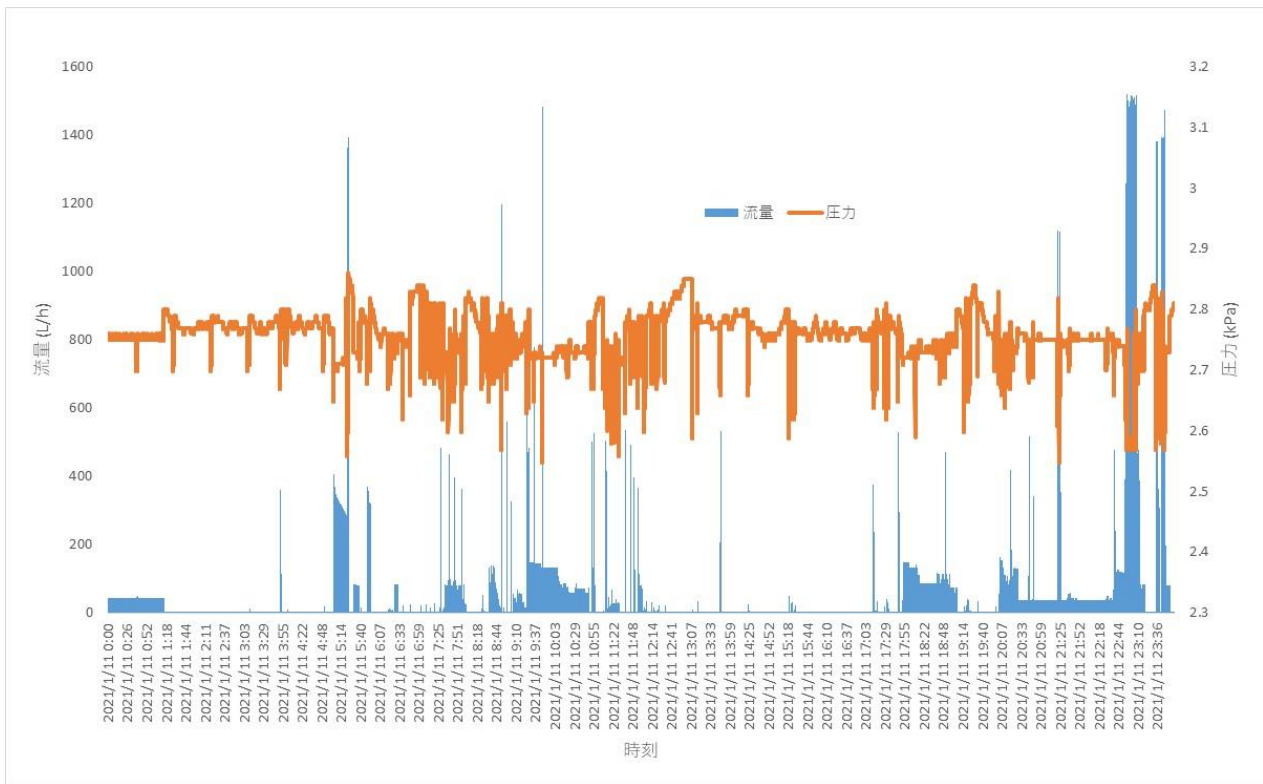


図 7.3.1.3 1 月 11 日のデータ

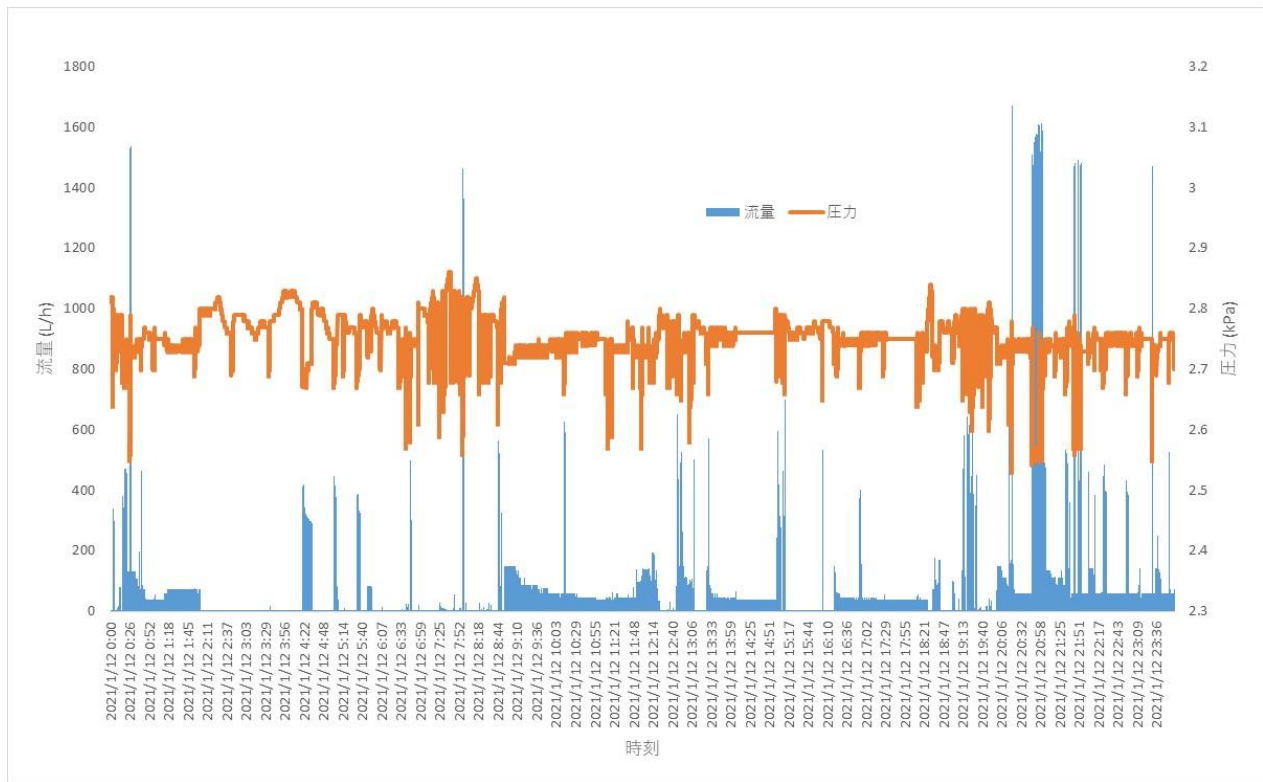


図 7.3.1.4 1 月 12 日のデータ

①調整圧力

- 例えば 1 月 9 日に注目すると、この日の圧力は 2.52～2.86kPa 程度であった。ガスが流れている際の圧力は最低で 2.52kPa（平均 2.75kPa）程度である。

表 7.3.1.2 統計データ

平均	2.747661
標準誤差	0.000269
中央値（メジアン）	2.75
標準偏差	0.039451
分散	0.001556
尖度	3.885654
歪度	-0.9025
範囲	0.34
最小	2.52
最大	2.86
データの個数	21565

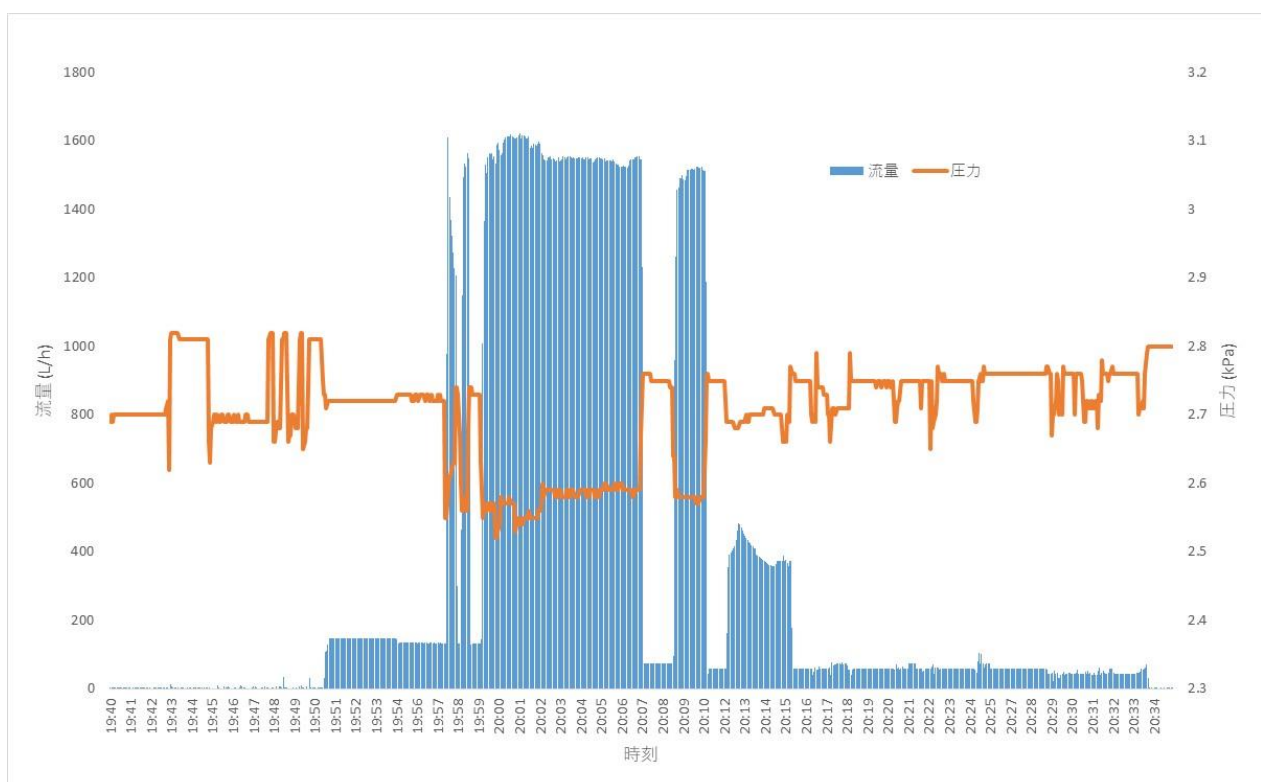


図 7.3.1.5 1 月 9 日 20 時頃のデータ

- 例えば、1600L/h 程度を 20 時頃使用しており、調整圧力は 2.59kPa 程度であった。

②閉そく圧力

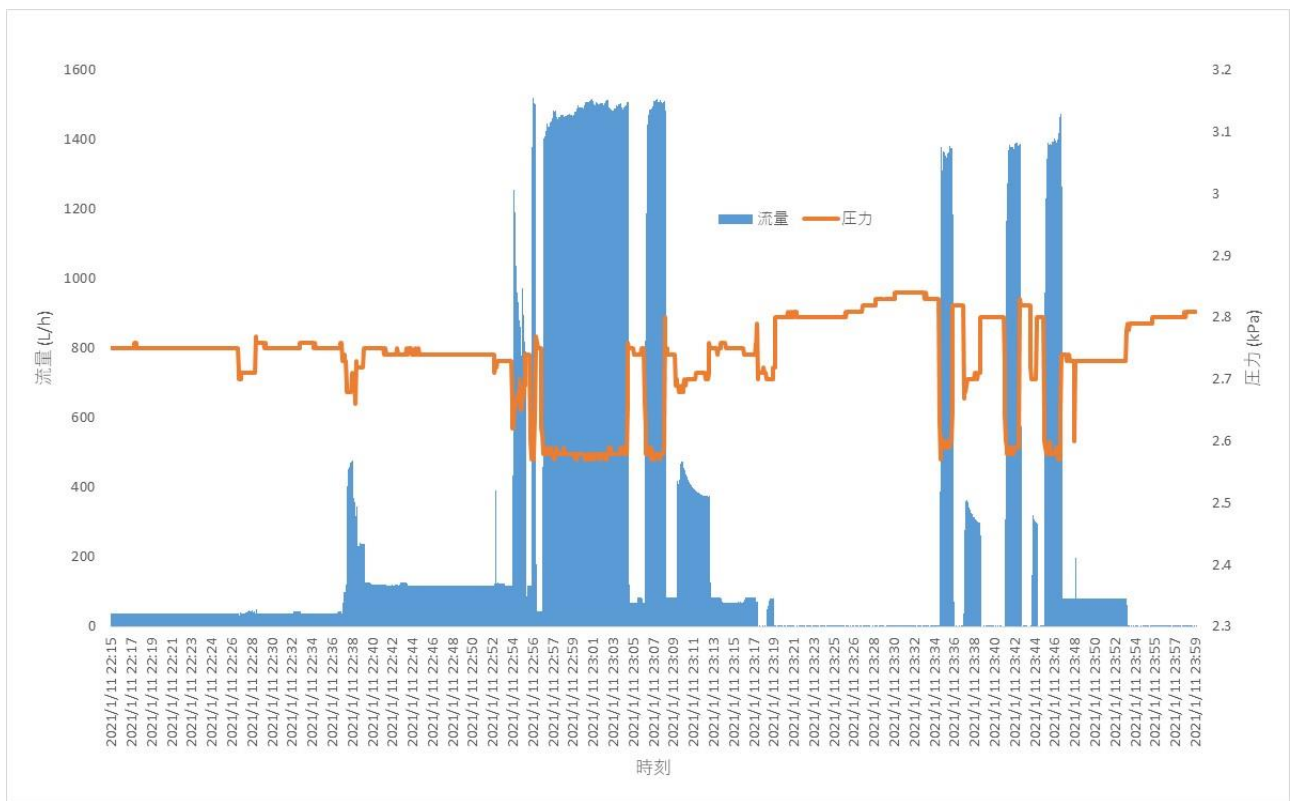


図 7.3.1.6 1 月 11 日のデータ

- 例えば 1 月 11 日 23 時 19 分頃にガスを停止した場合に、約 2.8kPa (3.5kPa 以下) であった。

③ 燃焼器入口圧力

- 燃焼器入口圧力は調整圧力（測定点はメーター入口）から燃焼器入口までの圧力損失を引いたものになる。
- 上記の計算は、給湯器（57.8kW（2064L/h））までの配管として、

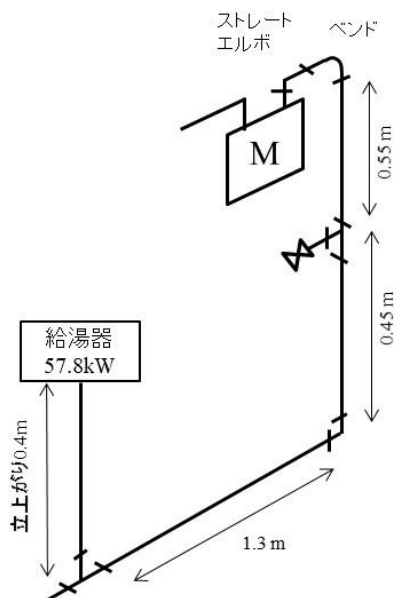


図 7.3.1.7 給湯器までの配管

管径：15A、長さ：2.7m（但し、2.3mまでは76kWが流れるとする。）、
 エルボ：1ヶ×0.4m相当、ティー：2ヶ×0.8m相当、ベンド：1ヶ×0.9m相当、
 ストレートエルボ：1ヶ×0.8m相当

以上の項目から、配管が分岐する2.3mまでは長さ6m相当となり76kW（2714L/h）の流量として、換算式から0.321kPaが圧力損失となる。更に2.3m以降の部分については長さ0.4mなので57.8kW（2064L/h）の流量として0.012kPaとなる。

ここで、立下がりで0.6m ⇒ 圧力損失 -0.003kPaとなる。

メーターの圧力損失を0.15kPaとすると

$$\therefore 2.59 \text{ (調整圧力)} - (0.321 + 0.012 + 0.15 - 0.003) = \underline{2.11 \text{ kPa}}$$

が燃焼器入口圧力となる。

④その他

- 1月10日10時頃にガスの流量が無い時に、圧力が増加している。この配管設備には漏えいが無いことが分かる。

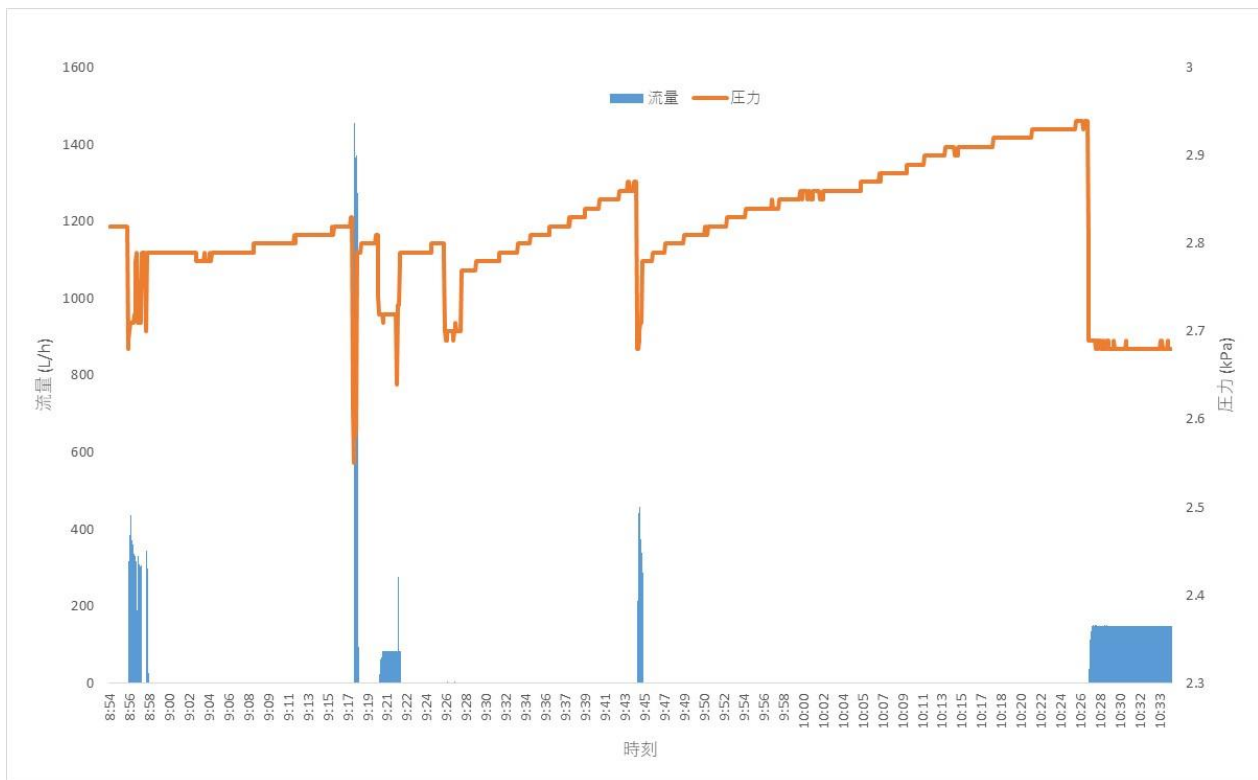


図 7.3.1.8 1月10日10時頃

◆コメント

- 調整圧、閉そく圧、燃焼器入口圧力については、よく把握できていることが分かる。また、配管に漏えいが無いことも確認できる。
- 今回は約4日程度データを取得したが、少なくとも1日設置すれば、①～③の項目は観察できると思われる。

4) まとめ

◆評価項目

①耐久性・耐候性

- 今回、6日間、実際の屋外のLPガス設備に設置して稼働させたが、動作に問題なかった。
- 設置期間中に大きな雨風は無かった。
- 今回は冬季であるが、結露等は起らなかった。
- 筐体はプラスチックであったが、強度に問題はなかった。

②操作性

- 操作は試作品内部のスイッチを操作してデータ収集を行う。
- 操作性に問題はなかった。

③データの取得方法

- ダウンロード開始の際はエラー表示の方法を検討。

④電源

- 今回はデータ収集中にメーターの異常報告等は無かった。
- メーター側の電池も消耗していると思われるので、別途検討が必要。

◆評価項目の検討

①通信インターフェース

今回の試作では、通信インターフェースとしてUバスを採用した。Uバスは通信速度がNラインに比べて約 40 倍以上早い仕様であり、既にこれを搭載したマイコンメータの販売が開始している。

表 7.3.1.4 マイコンメータの通信インターフェース

Nライン（標準搭載）	通信速度： 200 bps
Uバス	通信速度：9600 bps

②データ記録機能

今回の試作ではSDカードにより、データを保存した。（4秒周期、CSV形式）

表 7.3.1.5 取得したデータ

日付	データ容量 (KB)	データ取得数	データ取得 失敗数
1月9日	948	21565	0
1月10日	948	21552	4
1月11日	948	21568	4
1月12日	949	21581	2

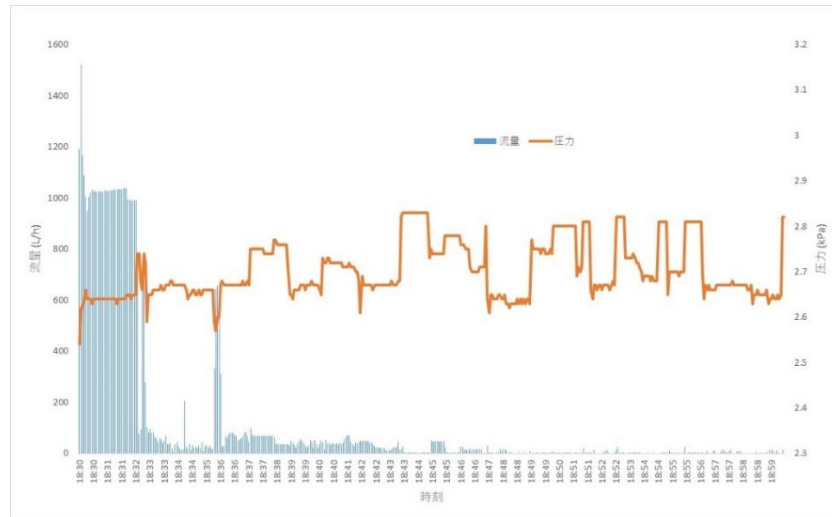
4秒周期で計測した場合、21600回のデータを1日で取得できるはずであるが、これはあるタイミングが5秒の周期になっているからと考えられる。また、データの取得失敗の割合は0.01%程度であった。

③収集データ

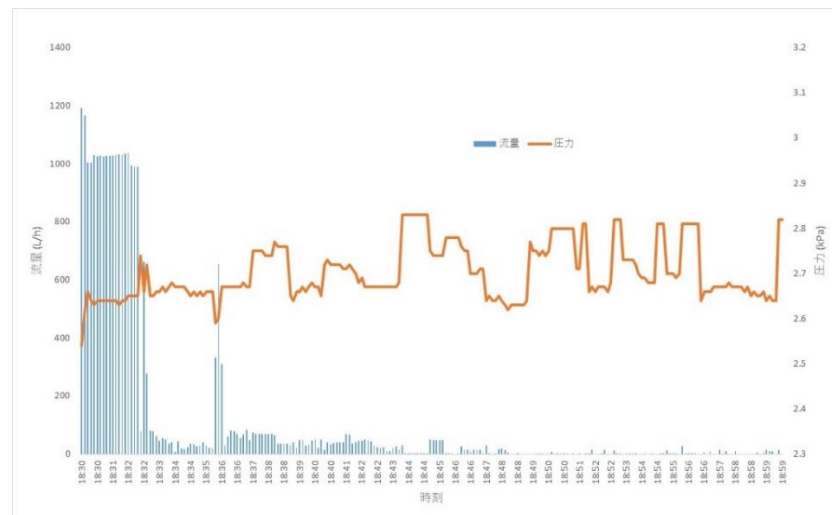
時系列的に保存するためには、マイコンメータ内の時計機能を使うことで数秒単位で保存することが可能となる。今回の試作では4秒周期でデータを記録した。そのデータを確認すると最低でも1日あれば、調整圧力等の確認は可能と考えられる。

④通信タイミング

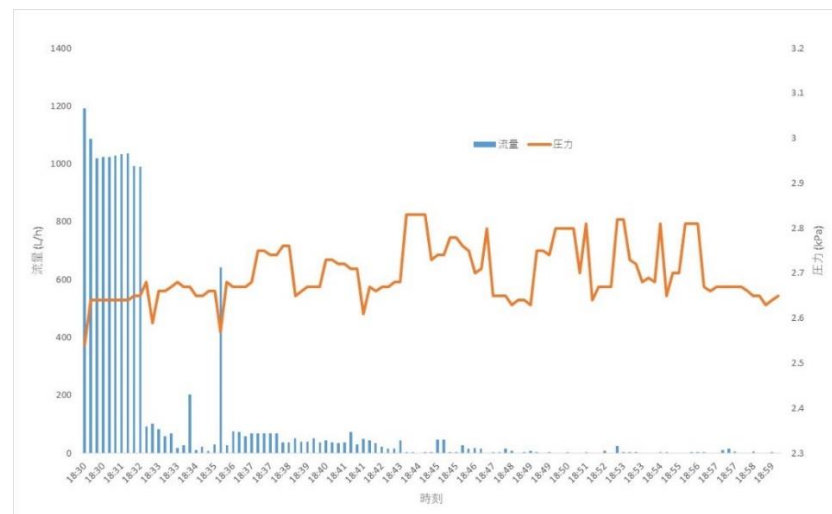
今回の試作では4秒周期でデータを取得した。それ以上の周期ではデータ取得することについて、8秒、16秒とデータを間引いてみた結果を以下に示す。



4 秒周期



8 秒周期



16 秒周期

図 7.3.1.9 取得データの周期

- データ収集の周期が長くなると、最大値や最小値の時間が小さくなることが見受けられる。

⑤電源

今回の試作品に内蔵されている電池はリチウムイオン電池であり取替え可能である。一方でマイコンメータに内蔵されている電池は取替えが出来ない。十年間使用できる容量が余裕をもって設計されている。仮に今回の試作品にて4秒毎に1日間のデータ収集を行ったとして、21,600回分の通信を行う必要がある。

⑥利便性

今回の試作評価において、可搬性及び操作性について特に問題はなかった。今後の製品化の際には、現場にて操作を確認するための情報表示機能については、検討すべきであると考えられる。

5) 例示基準 30 節の改正

現行では圧力検知装置（＝マイコンメータ）を使って、燃焼器入口圧力を点検する場合にはメータと燃焼器間の圧力損失を自記圧力計等を使って測定し、0.3kPa 以下であることを事前に確認することとなっております。しかし、その測定を計算により示された数値であっても認められることを追加することが趣旨である。

内容としては、例示基準 30 節『3. 圧力検知装置を用いる場合』において、計算方法を追加して測定又は計算による方法のいずれかを選択が可能とすることにする。

以下に液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則の機能性基準の運用について新旧対照表を添付する。

液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則の機能性基準の運用について（平成 29 年 3 月 31 日 20170316 商局第 9 号）新旧対照表

○別添 液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則の例示基準

（改正前欄に掲げる規定の傍線を付した部分は、これに順次対応する改正後欄に掲げる規定の傍線を付した部分のように改め、改正前欄及び改正後欄に二重傍線を付した規程は、改正後欄に掲げる対象規定で改正前欄にこれに対応するものを掲げていないものは、これを加え、改正前欄に掲げる対象規定で改正後欄にこれに対応するものを掲げていないものは、これを削る。）

改正案	現行
30. 調整器の調整圧力及び閉そく圧力並びに燃焼器の入口における液化石油ガスの圧力の確認方法 1～2. [略] 3. 圧力検知装置を用いる場合は、次の基準によるものとする。 (1) [略] (2) <u>圧力検知装置により測定された調整圧力を使用して燃焼器入口圧力を確認する場合は、次のいずれかの方法により行うこと。</u> <u>① 供給圧力差を測定して確認する方法</u> (i) 当該調整器が生活の用に供するものにあつては、<u>圧力検知装置設置場所</u>と燃焼器入口との間で、燃焼器に点火した場合の供給圧力差を測定するとともに、その測定値が、当該圧力検知装置が自動的に音響又は表示により警報を発する最低圧力と 2.0kPa との差圧より小さいこと及び燃焼状態が良好であることを確認すること。 (ii) 当該調整器が生活の用以外の用に供するものにあつては、<u>圧力検知装置設置場所</u>と燃焼器入口との間で、燃焼器に点火した	30. 調整器の調整圧力及び閉そく圧力並びに燃焼器の入口における液化石油ガスの圧力の確認方法 1～2. [略] 3. 圧力検知装置を用いる場合は、次の基準によるものとする。 (1) [略] (2) 圧力検知装置<u>の設置等は、次により行うこと。</u> [新設] ① 当該調整器が生活の用に供するものにあつては、<u>当該圧力検知装置を設置する際の圧力検知装置設置場所</u>と燃焼器入口との間で、燃焼器に点火した場合の供給圧力差を測定するとともに、その測定値が、当該圧力検知装置が自動的に音響又は表示により警報を発する最低圧力と 2.0kPa との差圧より小さいこと及び燃焼状態が良好であることを確認すること。 ② 当該調整器が生活の用以外の用に供するものにあつては、<u>当該圧力検知装置を設置する際の圧力検知装置設置場所</u>と燃焼器入口との間で、燃焼器に点火した場合の供給圧力差を測定するととも

場合の供給圧力差を測定するとともに、その測定値が、当該圧力検知装置が自動的に音響又は表示により警報を発する最低圧力と当該燃焼器に適応した最低圧力との差圧より小さいこと、当該調整器の容量が燃焼器に適合したものであること及び燃焼状態が良好であることを確認すること。

[削除]

(iii) (i)(ii)の測定者、測定日、測定値について記載した関係帳票等を圧力検知装置、供給設備(容器及び高圧部に用いる管等を除く。)及び消費設備の変更(同一のものとの取替えを除く。)があるまで又は圧力検知装置の設置を中止するまで保管するものとする。

② 供給圧力差を計算して確認する方法

(i) 当該調整器が生活の用に供するものにあつては、当該圧力検知装置設置場所と燃焼器入口との間で、高圧ガス保安協会基準 KHS0738 II. 設計編等に基づいて燃焼器の最大ガス流量を流した時の圧力差を算出するとともに、その算出値が、当該圧力検知装置が自動的に音響又は表示により警報を発する最低圧力と 2.0kPa との差圧より小さいことを確認すること。

(ii) 当該調整器が生活の用以外の用に供するものにあつては、当該圧力検知装置設置場所と燃焼器入口との間で、高圧ガス保安協会基準 KHS0738 II. 設計編等に基づいて燃焼器の最大ガス流量を流した時の圧力差を算出するとともに、その算出値が、当該圧力検知装置が自動的に音響又は表示により警報を発する最低圧力と当該燃焼器に適応した最低圧力との差圧より小さいこと及び

に、その測定値が、当該圧力検知装置が自動的に音響又は表示により警報を発する最低圧力と当該燃焼器に適応した最低圧力との差圧より小さいこと、容量が燃焼器に適合したものであること及び燃焼状態が良好であることを確認すること。

③ ①②については、圧力検知装置を設置する場合並びに圧力検知装置、供給設備(容器及び高圧部に用いる管等を除く。)及び消費設備を変更(同一のものとの取替えを除く。)する場合に行うものとする。

④ ①②の測定者、測定日、測定値について記載した関係帳票等を圧力検知装置、供給設備(容器及び高圧部に用いる管等を除く。)及び消費設備の変更(同一のものとの取替えを除く。)があるまで又は圧力検知装置の設置を中止するまで保管するものとする。

[新設]

<u>当該調整器の容量が燃焼器に適合したものであることを確認すること。</u> <u>(iii) (i) (ii)の圧力差を算出した者、算出日、算出根拠（ガス流量、配管径、配管長さ、継ぎ手の種類・数量を含む）について記載した関係帳票等を圧力検知装置、供給設備（容器及び高压部に用いる管等を除く。）及び消費設備の変更（同一のものとの取替えを除く。）があるまで又は圧力検知装置の設置を中止するまで保管するものとする。</u> (3) [略]	(3) [略]
備考 表中の [] の記載は注記である。	

高圧ガス保安協会基準 KHKS0738Ⅱ.設計編に示されている圧力損失の求め方において、以下の３つの方法で検証する。

①「高圧ガス保安協会基準 KHKS0738Ⅱ.設計編等」記載の計算式を使った方法

H : 圧力損失 (Pa)
Q : ガス流量 (m³/h)
S : ガス比重 (空気を1として)
L : 管の長さ (m)
D : 管の内径 (cm)
K : 定数

なお、上記式や早見表の他に、マイコンメータによる圧力損失や配管の立上がりによる圧力変動式等を使って圧力損失を求める。本中では以下の条件を用いて算出を行うが、燃焼量によりマイコンメータ圧力損失の値が異なることに留意されたい。

- 84 -

【条件】

1. 使用する配管、継手は同一呼び径(20A)とする。
2. マイコンメータによる圧力損失は燃焼量が 40kW 以下であることから 150Pa とする。
3. 配管の立ち上がり、立ち下がりによる圧力変動は 1m 当たり 10Pa とする。
4. 継手等による 1 個当たりの換算管長は次の通りとする。

1) バルブ	2.5 m
2) エルボ	0.5 m
3) ティー（直線方向）	0.0 m
4) ティー（垂直方向）	0.5 m
5. 圧力損失に影響する要因は、
 - [1] 配管による圧力損失
 - [2] マイコンメータの圧力損失
 - [3] 立上り/立下りによる圧力変動があり、これらの合計を燃焼器入口における圧力損失とする。

①計算式による算出

(a) A-B 間圧力損失

(A-B 間圧力損失=A-B' 間圧力損失+B' -B 間圧力損失)

(1) まず、A-B' 間の圧力損失を求める。

A-B' 間の消費量 $q(A-B')$ [kW] はコンロと給湯器の合計消費量であるので、

$$q(A-B') = 2.3\text{kW} + 34.9\text{kW} = 37.2\text{kW}$$

式を用いるために kW を m^3/h に変換する必要があるため、

$$Q = q / 26.88 \text{ から}$$

$$Q(A-B') = 1.38 \text{ m}^3/\text{h}$$

配管長 L は、

$$\text{A-B' 間の直管長} : 0.1\text{m} + 2.0\text{m} + 1.0\text{m} = 3.1\text{m}$$

$$\text{継手等の相当管長} : 2.5\text{m} \times 1 (\text{バルブ}) + 0.5\text{m} \times 3 (\text{エルボ}) + 0.5\text{m} \times 0 (\text{ティー垂直}) = 4\text{m}$$

以上より、 $L = 7.1\text{m}$

ガス比重 S は 1.49

管の内径 D (SGP) は 20A より 2.16cm

係数 K は、 $D = 2.16$ を用いて、

$$K = 0.482$$

これらを式に代入して、

$$H = \frac{9.8 \cdot (1.38)^2 \cdot 1.49 \cdot 7.1}{(0.482)^2 \cdot (2.16)^5}$$

$$= 18.17 \text{ Pa}$$

— [1]

マイコンメータの圧力損失は、条件より 150Pa

— [2]

圧力変動は、

$$\text{立上り} : 10\text{Pa}/\text{m} \times 0\text{m}$$

$$\text{立下り} : -10\text{Pa}/\text{m} \times 2\text{m}$$

以上より、

$$-20\text{Pa}$$

— [3]

よって、A-B' 間の圧力損失は 148.16Pa

(2) 次に、B' -B 間の圧力損失を求める。

B' -B 間の消費量 $q(B' -B)$ [kW] はコンロの消費量であるので、

$$q(B' -B) = 2.3 \text{ kW}$$

式を用いるために kW を m^3/h に変換する必要があるため、

$$Q = q / 26.88 \text{ から}$$

$$Q(B' -B) = 0.086 \text{ m}^3/\text{h}$$

配管長 L は、

$$B' -B \text{ 間の直管長} : 1.0\text{m} + 0.1\text{m} = 1.1\text{m}$$

$$\text{継手等の相当管長} : 2.5\text{m} \times 1(\text{バルブ}) + 0.5\text{m} \times 1(\text{エルボ}) + 0.5\text{m} \times 1(\text{ティー垂直}) = 3.5\text{m}$$

以上より、 $L = 4.6\text{m}$

ガス比重 S は 1.49

管の内径 $D(\text{SGP})$ は 20A より 2.16cm

係数 K は、 $D = 2.16$ を用いて、

$$K = 0.482$$

これらを式に代入して、

$$H = \frac{9.8 \cdot (0.086)^2 \cdot 1.49 \cdot 4.6}{(0.482)^2 \cdot (2.16)^5}$$

$$= 0.044 \text{ Pa}$$

— [1]

圧力変動は、

$$\text{立上り} : 10\text{Pa}/\text{m} \times 1\text{m}$$

$$\text{立下り} : -10\text{Pa}/\text{m} \times 0\text{m}$$

以上より、

$$10\text{Pa}$$

— [3]

よって、 $B' -B$ 間の圧力損失は 10.04Pa

以上 (1)、(2) を合計すると、

A-B 間の圧力損失は 158.2Pa

(b) A-C 間の圧力損失

(A-C 間圧力損失=A-B' 間圧力損失+B' -C 間圧力損失)

(1) まず、A-B' 間の圧力損失を求める。

(a) の (1) と同様の計算となり、
148.16Pa

(2) 次に、B' -C 間の圧力損失を求める。

B' -C 間の消費量 $q(B' -C)$ [kW] は給湯器の消費量であるので、

$$q(B' -C) = 34.9 \text{ kW}$$

式を用いるために kW を m^3/h に変換する必要があるため、

$$Q = q / 26.88 \text{ から}$$

$$Q(B' -C) = 1.30 \text{ m}^3/\text{h}$$

配管長 L は、

$$B' -C \text{ 間の直管長} : 1.0\text{m} + 2.0\text{m} + 1.0\text{m} = 4.0\text{m}$$

継手等の相当管長 : $2.5\text{m} \times 1(\text{バルブ}) + 0.5\text{m} \times 2(\text{エルボ}) + 0.5\text{m} \times 0(\text{ティー垂直}) = 3.5\text{m}$

以上より、 $L = 7.5\text{m}$

ガス比重 S は 1.49

管の内径 $D(\text{SGP})$ は 20A より 2.16cm

係数 K は、 $D = 2.16$ を用いて、

$$K = 0.482$$

これらを式に代入して、

$$H = \frac{9.8 \cdot (1.30)^2 \cdot 1.49 \cdot 7.5}{(0.482)^2 \cdot (2.16)^5}$$

$$= 16.89 \text{ Pa}$$

- [1]

圧力変動は、

$$\text{立上り} : 10\text{Pa}/\text{m} \times 1\text{m}$$

$$\text{立下り} : -10\text{Pa}/\text{m} \times 0\text{m}$$

以上より、

$$10\text{Pa}$$

- [3]

よって、B' -C 間の圧力損失は 26.89Pa

以上、(1)(2) を合計すると、

A-C 間の圧力損失は 175.06Pa

②早見表による算出

(a) A-B 間の圧力損失

(A-B 間圧力損失=A-B' 間圧力損失+B' -B 間圧力損失)

(1) まず、A-B' 間の圧力損失を求める。

A-B' 間の消費量 $q(A-B')$ [kW] はコンロと給湯器の合計消費量であるので、
 $q(A-B') = 2.3\text{kW} + 34.9\text{kW} = 37.2\text{kW}$

配管長 L は、

A-B' 間の直管長： $0.1\text{m} + 2.0\text{m} + 1.0\text{m} = 3.1\text{m}$

継手等の相当管長： $2.5\text{m} \times 1(\text{バルブ}) + 0.5\text{m} \times 3(\text{エルボ}) + 0.5\text{m} \times 0(\text{ティー垂直}) = 4.0\text{m}$

以上より、 $L = 7.1\text{m}$

早見表を用いる。

まず燃焼量-呼び径の表を用いて、

20A の行から 37.2kW より大きく最も近い燃焼量を探すと 38.0 である。

38.0 の列において、配管長 7.1m より大きく最も近い配管の長さである 8m と交差する値を読むと 21.3 であることから、

配管による圧力損失は 21.3Pa と求められる。

－[1]

8m(7.1m)	→	21.3Pa
20A	→	38.0kW(37.2kW)

マイコンメータの圧力損失は、条件より 150Pa

－[2]

圧力変動は、

立上り： $10\text{Pa/m} \times 0\text{m}$

立下り： $-10\text{Pa/m} \times 2\text{m}$

以上より、

-20Pa

－[3]

よって、A-B' 間の圧力損失は 151.3Pa

(2) 次に、B' -C 間の圧力損失を求める

B' -B 間の消費量 $q(B' -B)$ [kW] はコンロの消費量であるので、
 $q(B' -B) = 2.3\text{kW}$

配管長 L は、

$B' - B$ 間の直管長： $1.0\text{m} + 0.1\text{m} = 1.1\text{m}$

継手等の相当管長： $2.5\text{m} \times 1 (\text{バルブ}) + 0.5\text{m} \times 1 (\text{エルボ}) + 0.5\text{m} \times 1 (\text{ティー垂直}) = 3.5\text{m}$
以上より、 $L = 4.6\text{m}$

早見表を用いる。

まず燃焼量-呼び径の表を用いて、

20A の行から 2.3kW より大きく最も近い燃焼量を探すと 23.2 である。

23.2 の列において、配管長 4.6m より大きく最も近い配管の長さである 5m と交差する値を読むと 5.0 であることから、

配管による圧力損失は 5.0Pa と求められる。

- [1]

5m(4.6m)	→	5.0Pa
20A	→	23.2kW(2.3kW)

圧力変動は、

立上り： $10\text{Pa}/\text{m} \times 1\text{m}$

立下り： $-10\text{Pa}/\text{m} \times 0\text{m}$

以上より、

10Pa

- [3]

よって、 $B' - B$ 間の圧力損失は 15Pa

以上 (1)、(2) を合計すると、

A-B 間の圧力損失は 166.3Pa

(b) A-C 間の圧力損失

(A-C 間圧力損失 = A-B' 間圧力損失 + B' -C 間圧力損失)

(1) まず、A-B' 間の圧力損失を求める。

(a) の (1) と同様の計算となり、

151.3Pa

(2) 次に、B' -C 間の圧力損失を求める。

B' -C 間の消費量 $q(B' -C)$ [kW] は給湯器の消費量であるので、

$$q(B' -C) = 34.9 \text{ kW}$$

配管長 L は、

$$B' -C \text{ 間の直管長} : 1.0\text{m} + 2.0\text{m} + 1.0\text{m} = 4.0\text{m}$$

継手等の相当管長 : $2.5\text{m} \times 1$ (バルブ) + $0.5\text{m} \times 2$ (エルボ) + $0.5\text{m} \times 0$ (ティー垂直) = 3.5m
以上より、 $L = 7.5\text{m}$

早見表を用いる。

まず燃焼量-呼び径の表を用いて、

20A の行から 34.9 kW より大きく最も近い燃焼量を探すと 38.0 である。

38.0 の列において、配管長 7.5m より大きく最も近い配管の長さである 8m と交差する値を読むと 21.3 であることから、

配管による圧力損失は 21.3 Pa と求められる。

- [1]

8m(7.5m)	→	21.3Pa
20A	→	38.0kW(34.9kW)
		↑

圧力変動は、

$$\text{立上り} : 10\text{Pa/m} \times 1\text{m}$$

$$\text{立下り} : -10\text{Pa/m} \times 0\text{m}$$

以上より、

$$10\text{Pa}$$

- [3]

よって、B' -C 間の圧力損失は 31.3 Pa

以上 (1)、(2) を合計すると、

A-C 間の圧力損失は 182.6 Pa

∴以下の通り。

	①による場合	②による場合
A-B 間の圧力損失 (Pa)	158.2	166.3
A-C 間の圧力損失 (Pa)	175.1	182.6

(コメント)

- ①計算式を使った方法よりも、②早見表を使った方法の方が、計算値としては大きくなる。

※接続燃焼器の消費量とマイコンメータ(L：2.5m³/h)における圧力損失の対応表

	30kW	40kW	50kW	60kW	70kW
膜式マイコンメータ(S型)	94	122	150	190	229

③算定を不要とする最大モデルケースについて

①②のように算定し、記録を保存することを規定しているが、以下に定めるモデルケース以下の設備であれば、算定しても圧力損失が 0.3kPa 以内であることが確認されていることから、算定及びその記録の保存をすることなく代替え措置を運用しても差し支えない。

ただし、点検調査票等において、燃焼器の最大燃焼量、配管径及び長さの概算が記録されていること。

表 7.3.2.1 最大モデルケース

a. 膜式マイコンメータの場合

	70kW 以下	60kW 以下	50kW 以下
15A	3m 以下の場合 チーズ・エルボ等 0 ケ	3m 以下の場合 チーズ・エルボ等 1 ケ	3m 以下の場合 チーズ・エルボ等 3 ケ
20A	5m 以下の場合 チーズ・エルボ等 2 ケ	10m 以下の場合 チーズ・エルボ等 5 ケ	15m 以下の場合 チーズ・エルボ等 10 ケ

(膜式マイコンメータの圧力損失を各々0.23kPa、0.19、0.15 とした場合)

b. 超音波式マイコンメータの場合

	70kW 以下	60kW 以下	50kW 以下
15A	3m 以下の場合 チーズ・エルボ等 1 ケ	3m 以下の場合 チーズ・エルボ等 3 ケ	3m 以下の場合 チーズ・エルボ等 7 ケ
20A	5m 以下の場合 チーズ・エルボ等 15 ケ	15m 以下の場合 チーズ・エルボ等 15 ケ	25m 以下の場合 チーズ・エルボ等 20 ケ

(超音波式マイコンメータの圧力損失を膜式の半分とした場合)

8. まとめ

8. 1 自動計測・点検機能の検討

8.1.1 自動点検記録システムの検討

マイコンメータに内蔵されている圧力センサ及び流量センサを使って、LPガス配管設備の圧力及びガス流量データを自動的に計測・記録する機能について調査・検討を行った。マイコンメータ内において計測された圧力や流量等のデータを通信機能により取得し、時系列に保存することによりLPガス配管設備の安全性を検証することが可能な機器の試作品を製作した。

- ① 自動点検記録システムを試作して機能確認を行った。
- ② 市販されている超音波式マイコンメータにより計測されたデータ（日時、配管内圧力、ガス流量）を保存が可能であることを確認した。
- ③ マイコンメータに搭載されている通信インターフェースであるUバスが使用できたことを確認した。
- ④ データ記録周期が4秒で記録可能であることを確認した。
- ⑤ 調整圧力、閉そく圧力を確認できることを確認した。

8. 2 配管内圧力の調査

8.2.1 配管内圧力等計測調査

モデル配管設備を使ってL Pガス配管内の圧力データ等を収集し、配管径、ガス流量、圧力損失等の条件による影響について調査・検討を行った。また、L Pガス配管設備における各部材の圧力損失の計測を行い、圧力損失への影響について調査・検討を行った。

- ① モデル配管設備を使って各々の圧力損失を計測した。
- ② 配管設備用部材（エルボ、ティー、バルブ）の圧力損失を計測した。
- ③ フレキ管の圧力損失を計測した。
- ④ 使用するガスが空気及びL Pガスの場合で計測した。

8.2.2 圧力損失解析調査

L Pガス配管内における圧力計測箇所の違いによる影響について調査・検討を行った。L Pガス配管設備は定められた圧力値を満足するために燃焼器のガス消費量及び設備の圧力損失等を考慮して設計されている。圧力損失は計算により算出することができるが、配管の圧力計測箇所の違いによる影響と計算による圧力損失との関係について検討を行った。

- ① モデル配管設備を使って計測したマイコンメータ下流部の圧力損失と、高圧ガス保安協会基準（KHKS0738）に示されている圧力損失の計算方法により導出した圧力損失を、空気及びL Pガスの場合で比較した。
- ② 計測値と計算値の差は、平均で空気の場合-0.00495kPaであった。
- ③ L Pガスを使って計測した圧力損失から計算による圧力損失との差による平均は0.016(kPa)であった。
- ④ 配管接続用部材（エルボ、ティー、バルブ）について圧力損失を計測し、計算結果と比較した。
- ⑤ 配管設備用フレキ管について圧力損失を計測し、計算結果と比較した。
- ⑥ モデル配管等による計測値等と高圧ガス保安協会基準（KHKS0738）による計算値との比較検証を行った結果、計測値に替えて計算値により圧力損失を求めることに精度的に問題はないと考えられる。

8. 3 自動測定・点検機能の評価

8.3.1 自動点検記録システムの評価

消費者が不在であってもLPガス設備に設置することにより、自動で圧力データ等を計測・記録することが可能である自動点検記録システムに要求されている各種の性能を評価して、現行の点検方法との性能差について検討を行った。

例示基準の改正案を提案した。

- ① 実際のLPガス設備に取り付けて性能評価を行った。
- ② 調整圧力及び閉そく圧力については、1日の流量及び圧力の変化を観察することで確認できた。
- ③ 燃焼器入口圧力については、計測現場の図面を基に計算により求めた圧力損失を調整圧力から引いて求めることで取得できた。
- ④ 耐久性・耐候性について、今回の設置試験において問題はなかった。
- ⑤ 操作性について、試作品内部のスイッチを操作して行うが、問題はなかった。
- ⑥ 電源について、試作品の電源は取替式であるがメーター側の電池消耗については別途検討が必要。
- ⑦ データ記録機能は99.99%であった。
- ⑧ 通信タイミングは最短で4秒周期であった。周期に関しては別途検討が必要。
- ⑨ 例示基準の改正案を提案した。

8. 4 今後の課題

本事業は規則に定められた圧力測定・記録等の点検作業を、消費者が不在であっても行えることを可能とするためのシステムを検討するものである。そのためには既に設置しているマイコンメータの機能を有効活用することでL Pガスの点検作業の効率化を図り、点検作業者の負担を減らすと共に消費者の保安を維持するものである。

本年度はマイコンメータで計測された圧力等のデータを記録することが可能な機器を試作し、評価を行った。また、燃焼器入口圧力を求めるための計算方法について検証を行うと共に、各々の配管部材の圧力損失に関するデータを収集した。更に、検証した計算方法を基に例示基準の改正案を提案した。今後は、製品化に向けて電池容量の最適な設計や操作性の向上等に向けての努力が要求される。