

平成 2 9 年度 経済産業省委託

**石油ガス等供給事業の保安確保に向けた
安全管理技術の調査等事業
(マイコンメータを活用する漏えい検知等の
高度化調査研究) に関する報告書**

平成 3 0 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, 300万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。

「東日本大震災」を受けて、経済産業省では、平成24年3月の総合エネルギー調査会高圧ガス及び火薬類保安分科会液化石油ガス部会で「東日本大震災を踏まえた今後の液化石油ガス保安の在り方について～真に災害に強いL Pガスの確立に向けて～」を取りまとめ、その具体化に取り組み、平成25年3月の産業構造審議会保安分科会液化石油ガス小委員会に「L Pガス災害対策マニュアル」をはじめとした対策を報告した。

当該災害対策マニュアルにおいて、災害時の被害状況の確認と二次災害の発生防止のための緊急対応の一つとして、大規模地震が発生した際のL Pガス設備の応急的な点検方法について、次のように提言している。

- ・マイコンメータ出口からガス栓までの配管（マイコンメータ下流部）についてはマイコンメータの復帰安全確認機能により代替する。
- ・マイコンメータ上流部については、ガス検知器等を使った点検を行う。

しかしながら、マイコンメータには上記の他にも様々な保安機能が搭載されており、当該保安機能を有効活用することにより大規模災害時において、L Pガス事業者が迅速なL Pガス供給設備等の復旧を行うことができる可能性がある。従って、本事業では、マイコンメータの保安機能の有効活用を図る観点から、災害時におけるマイコンメータを活用する漏えい試験方法の高度化やマイコンメータやガス検知器等を活用した消費設備点検等の高度化を検討するとともに、L Pガス消費者に対する保安の向上に資する災害時の二次災害の発生防止等のための技術基準等の策定を検討することを目的とする。

このため、高圧ガス保安協会では、経済産業省から「石油ガス供給事業安全管理技術開発等事業（マイコンメータを活用する漏えい検知等の高度化調査）」の委託を受け、マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知機能等を有効活用することで、大規模災害時における、マイコンメータの上流部から消費機器の入り口までにおけるL Pガス設備の漏えい試験等の高度化について調査研究するとともに、ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化の検討、さらなるマイコンメータの保安機能の有効活用の可能性等の検討について調査を実施し、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、平成29年度に実施した調査研究の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	3
3.1 実施場所	3
3.2 調査研究概要	3
4. 調査研究実施期間	5
4.1 全体スケジュール	5
4.2 平成29年度調査スケジュール	6
5. 調査研究実施体制	7
5.1 主たる研究担当部署	7
5.2 委員会等	7
6. 調査研究の内容	9
6.1 調査研究の実施方法	9
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 LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査	18
7.2 ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査	57
7.3 マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査	65
8. まとめ	102
8.1 LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査	102
8.2 ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査	104
8.3 マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査	105
8.4 今後の課題	108

1. 調査研究の課題

マイコンメータを活用する漏えい検知等の高度化調査研究

2. 調査研究目的

2.1 事業の目的

「東日本大震災」を受けて、経済産業省では、平成24年3月の総合エネルギー調査会高圧ガス及び火薬類保安分科会液化石油ガス部会で「東日本大震災を踏まえた今後の液化石油ガス保安の在り方について～真に災害に強いLPガスの確立に向けて～」を取りまとめ、その具体化に取り組み、平成25年3月の産業構造審議会保安分科会液化石油ガス小委員会に「LPガス災害対策マニュアル」をはじめとした対策を報告した。

当該災害対策マニュアルにおいて、災害時の被害状況の確認と二次災害の発生防止のための緊急対応の一つとして、大規模地震が発生した際のLPガス設備の応急的な点検方法について、次のように提言している。

- ・マイコンメータ出口からガス栓までの配管（マイコンメータ下流部）についてはマイコンメータの復帰安全確認機能により代替する。
- ・マイコンメータ上流部については、ガス検知器等を使った点検を行う。

しかしながら、マイコンメータには上記の他にも様々な保安機能が搭載されており、当該保安機能を有効活用することにより大規模災害時において、LPガス事業者が迅速なLPガス供給設備等の復旧を行うことができる可能性がある。従って、本事業では、マイコンメータの保安機能の有効活用を図る観点から、災害時におけるマイコンメータを活用する漏えい試験方法の高度化やマイコンメータやガス検知器等を活用した消費設備点検等の高度化を検討するとともに、LPガス消費者に対する保安の向上に資する災害時の二次災害の発生防止等のための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

本事業は、平成28年度から平成30年度の3か年計画で、マイコンメータを活用して漏えい検知等の高度化を提言するため、次の項目について調査研究する。

マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知機能等を有効活用することで、大規模災害時における、マイコンメータの上流部から消費機器の入り口までにおけるLPガス設備の漏えい試験等の高度化について調査研究するとともに、ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化の検討、さらなるマイコンメータの保安機能の有効活用の可能性等の検討について調査を実施し、技術基準案、提言等の作成・検討を行う。

2.2.2 平成29年度の目標

(1) LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査

①ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査

集合住宅等に用いられるLPガス配管設備と同等の配管モデルにより、擬似的にガス漏えいを発生させ、その配管長や温度等の環境条件や、配管内圧力とガス漏えい量に関するデータを収集し、それらの相関関係について検討を行う。

②漏えい解析調査

ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査で得られたデータを基に、実証調査で行うことのできない環境条件等におけるデータを、シミュレーションシステムにより解析を行い、得られたデータによって漏えい試験等の精度について検討を行う。

(2) ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査

①漏えい試験に関する性能確認調査

「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14年12月27日制定 平成14・11・26原院第6号）」の第29節「供給管又は配管等の漏えい試験の方法」において規定されている漏えい試験方法のうち、(1)①で行う実証調査時に自記圧力計等を用いて行う漏えい試験を行い、測定時の加圧ガスの圧力変動とガス漏えい量との因果関係を把握するためのデータを収集する。

(3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

①LPガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査

(1)①で行う実証調査時に、マイコンメータが漏えいを検知するまでの時間等に係るデータを収集し、マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知の限界性能に関する検証調査を行う。

②マイコンメータの経年影響調査

マイコンメータの経年による性能変化状況を把握するため、長期間実使用されたマイコンメータのセンサー等の性能試験を行い、データを収集する。

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

調査研究概要を次表に示す。

表3.2.1 研究概要一覧

項目	背景・課題	H29年度目標（仕様）	H29年度実施内容
(1)LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査	LPガス配管内のガス流量が無い場合の圧力は、日照等による配管温度の変化に左右される。マイコンメータに搭載されている圧力式漏えい検知機能はこの現象を利用して漏えいを検知する原理となっており、温度変化が少ない設備環境では漏えいを検知する性能に影響を及ぼすことが考えられる。	集合住宅等に用いられるLPガス配管設備と同等の配管モデルにより、擬似的にガス漏えいを発生させ、その配管長や温度等の環境条件や、配管内圧力とガス漏えい量に関するデータを収集し、それらの相関関係について検討を行う。	一般家庭に比べて大規模な配管設備である集合住宅を想定したモデル配管設備を構築して、擬似的なガス漏えいを発生させた場合に、配管長や環境温度などの環境条件と配管内圧力との相関関係に関するデータを収集する。
②漏えい解析調査	マイコンメータの漏えい検知機能に関するデータの収集に関して、モデル配管による実測だけでは、条件設定や計測条件に限度がある。様々な条件によるデータを充実させるとともに信頼性を高める必要がある。	ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査で得られたデータを基に、実証調査で行うことのできない環境条件等におけるデータを、シミュレーションシステムにより解析を行い、得られたデータによって漏えい試験等の精度について検討を行う。	実験によって取得したデータの信頼性を高めるとともにデータを充実させるため、モデル配管により実測したデータに加えて、様々な条件設定が可能なコンピュータシミュレーションにより算定した数値を取得し、それらと比較・評価する。
(2)ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査	現行の基準に定められた漏えい試験方法は自記圧力計等による圧力変動の有無において漏えいを判定する。マイコンメータの漏えい検知性能と比較検討するためには圧力変動と漏えい量の関係に関するデータを収集する必要がある。	「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14年12月27日制定 平成14・11・26原院第6号）」の第29節「供給管又は配管等の漏えい試験の方法」において規定されている漏えい試験方法のうち、(1)①で行う実証調査時に自記圧力計等を用いて行う漏えい試験を行い、測定時の加圧ガスの圧力変動とガス漏えい量との因果関係を把握するためのデータを収集する。	現行の基準に規定された漏えい試験方法による漏えい検知性能を確認するため、長い配管設備を想定したモデル配管設備を使って、加圧ガスの圧力とガス漏えい量の関係や配管長の違い等の条件による実験を行いデータを収集する。
(3)マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査	復旧時の迅速な点検作業を目的として、マイコンメータの漏えい検知性能が現行の基準において要求されている性能と比較・検討するため、様々な条件においてマイコンメータのガス漏えい検知に関する限界性能に関するデータを収集する必要がある。	(1)①で行う実証調査時に、マイコンメータが漏えいを検知するまでの時間等に依るデータを収集し、マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知の限界性能に関する検証調査を行う。	一般家庭に比べて大規模な配管設備である集合住宅を想定したモデル配管設備を構築し、様々な環境条件により漏えい試験方法に関するデータを収集する。ガス漏えいを検知できる能力、流量検知式や圧力検知式などの原理の違い等についての計測等を実施し、定量的なデータ収集・計測調査を実施する。
②マイコンメータの経年影響調査	マイコンメータはLPガス設備に設置されて10年間有効であるが、その間に圧力センサ等の性能に変化が起る可能性がある。保安レベル維持の観点から実際のマイコンメータの性能変化に関するデータを取得し特性を把握する必要がある。	マイコンメータの経年による性能変化状況を把握するため、長期間実使用されたマイコンメータのセンサー等の性能試験を行い、データを収集する。	全国から30台程度の使用済みマイコンメータ（検満期間10年）を回収し、経年による性能変化に関するデータを取得し、保安上の観点からの評価を行う。

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	H28fy	H29fy	H30fy
(1) L P ガス設備の漏えい試験等の高度化調査			
① ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査			
② 漏えい解析調査			
(2) ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査			
① 漏えい試験に関する性能確認調査			
(3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査			
① L P ガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査			
② マイコンメータの経年影響調査			
(4) 技術基準案等の検討			

4.2 平成29年度調査スケジュール

表 4.2.1 平成29年度スケジュール

実施項目	平成 29 年										平成 30 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) L P ガス設備の漏えい試験等の高度化調査														
①ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査														
②漏えい解析調査														
(2) ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化検討														
①漏えい試験に関する性能確認調査														
(3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査														
① L P ガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査														
②マイコンメータの経年影響調査														
(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、マイコンメータを活用する漏えい検知等の高度化調査委員会を設置した。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

マイコンメータを活用する漏えい検知等の高度化調査委員会（敬称略、委員長以下五十音順）

【委員長】

渡邊嘉二郎 法政大学 名誉教授

【委員】

飯田正史 一般社団法人全国LPガス協会 保安部 保安技術担当部長

各務亮 愛知時計電機株式会社 R & D本部 技術開発部 主任
〔日本ガスメーター工業会〕

笠井尚哉 横浜国立大学 環境情報研究院 准教授

金木洋一 一般財団法人日本エルピーガス機器検査協会 業務部 業務課 課長

中村睦実 矢崎エナジーシステム株式会社 ガス機器事業部 企画部事業推進チーム
主管 〔(一社)日本エルピーガス供給機器工業会〕

水越由佳 一般財団法人消費科学センター 企画運営委員

横畑光男 パナソニック株式会社 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 主任技師

【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

マイコンメータを活用する漏えい検知等の高度化調査委員会

第1回 平成29年 7月 7日・・・・平成29年度調査研究計画について

第2回 平成29年11月16日・・・・平成29年度進捗状況について

第3回 平成30年 2月23日・・・・平成29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) L P ガス設備の漏えい試験等の高度化調査

① ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査

(仕様)

(1) L P ガス設備の漏えい試験等の高度化調査

① ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査

集合住宅等に用いられる L P ガス配管設備と同等の配管モデルにより、擬似的にガス漏えいを発生させ、その配管長や温度等の環境条件や、配管内圧力とガス漏えい量に関するデータを収集し、それらの相関関係について検討を行う。

(a) 背景・課題

L P ガス配管内のガス流量が無い場合の圧力は、日照等による配管温度の変化に左右される。マイコンメータに搭載されている圧力式漏えい検知機能はこの現象を利用して漏えいを検知する原理となっており、温度変化が少ない設備環境では漏えいを検知する性能に影響を及ぼすことが考えられる。

(b) 実施内容

実施内容として、実施内容として、一般家庭に比べて大規模な配管設備である集合住宅を想定したモデル配管設備を構築して、擬似的なガス漏えいを発生させた場合に、配管長や環境温度などの環境条件と配管内圧力との相関関係に関するデータを収集する。

(c) 実施方法

収集するデータ及び条件

(イ) ガス漏えい量と配管長の関係

例えば配管長 50 m を想定した配管内容積を持つモデル配管の場合に圧力を復帰した場合のガス漏えい量と配管内圧力の時間的変化の計測。

ガス漏えい用バルブにより擬似的な微少なガス漏えい(例えば調整圧 2.8kPa において 3 L/h 程度)を起こし、配管長が異なる場合の配管内圧力の時間的変化を観察し、配管長、ガス漏えい量の関係についてのデータを収集する。

(ロ) ガス漏えい量と配管温度の関係

配管の温度が例えば 20℃ の場合と 40℃ 場合のガス漏えい量の変化。

配管を電熱線等により強制的に暖め、配管内温度とガス漏えい量の関係についてデータを収集する。

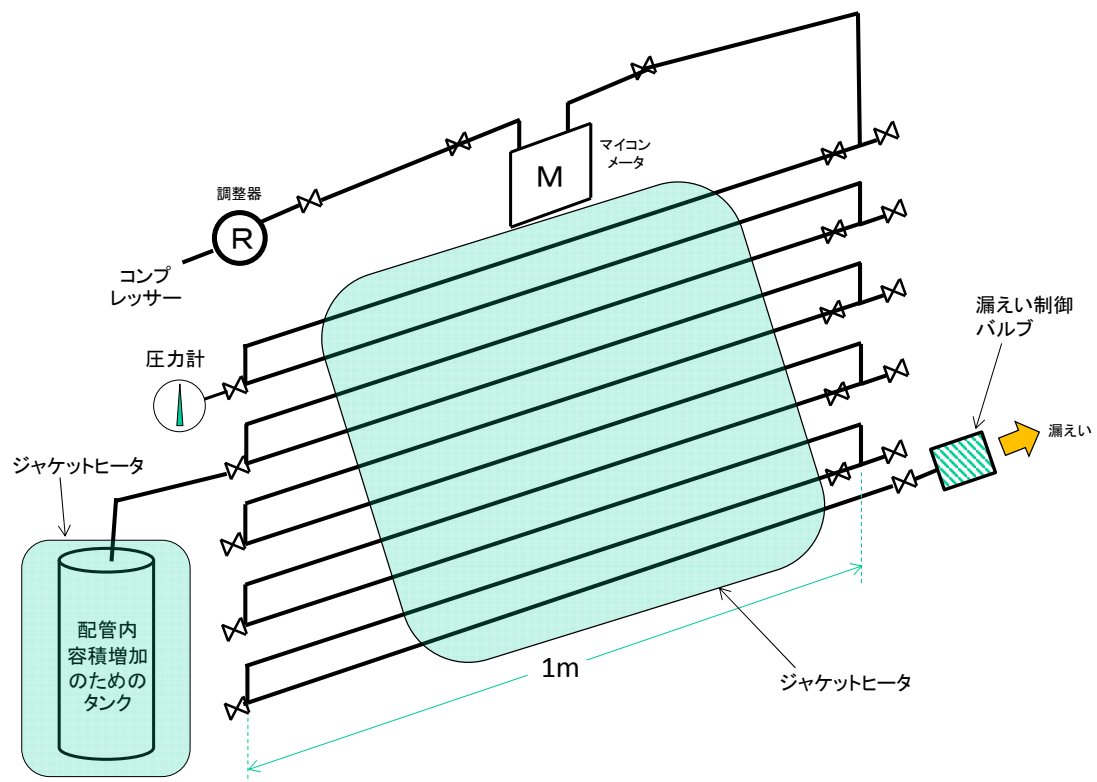


図 6.1.1.1 モデル配管

②漏えい解析調査

(仕様)

(1) LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査

②漏えい解析調査

ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査で得られたデータを基に、実証調査で行うことのできない環境条件等におけるデータを、シミュレーションシステムにより解析を行い、得られたデータによって漏えい試験等の精度について検討を行う。

(a)背景・課題

マイコンメータの漏えい検知機能に関するデータの収集に関して、モデル配管による実測だけでは、条件設定や計測条件に限度がある。様々な条件によるデータを充実させるとともに信頼性を高める必要がある。

(b)実施内容

実施内容として、実験によって取得したデータの信頼性を高めるとともにデータを充実させるため、モデル配管により実測したデータに加えて、様々な条件設定が可能なコンピュータシミュレーションにより算定した数値を取得し、それらを比較・評価する。

(c)実施方法

実験による計測結果を基にガス圧力とガス噴出量の関係性を算出し、様々な条件（配管長さ、加える圧力、温度等）におけるガス圧力からガス噴出量や圧力降下の時間等を算出する。

ガス噴出量（ガス漏えい量）と圧力降下の時間等を基に漏えい検知性能に関する比較検証を行う。

(2) ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査

①漏えい試験に関する性能確認調査

(仕様)

(2) ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査

①漏えい試験に関する性能確認調査

「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 14 年 12 月 27 日制定 平成 14・11・26 原院第 6 号）」の第 29 節「供給管又は配管等の漏えい試験の方法」において規定されている漏えい試験方法のうち、

(1) ①で行う実証調査時に自記圧力計等を用いて行う漏えい試験を行い、測定時の加圧ガスの圧力変動とガス漏えい量との因果関係を把握するためのデータを収集する。

(a)背景・課題

現行の基準に定められた漏えい試験方法は自記圧力計等による圧力変動の有無において漏えいを判定する。マイコンメータの漏えい検知性能と比較検討するためには圧力変動と漏えい量の関係に関するデータを収集する必要がある。

(b)実施内容

実施内容として、現行の基準に規定された漏えい試験方法による漏えい検知性能を確認するため、長い配管設備を想定したモデル配管設備を使って、加圧ガスの圧力とガス漏えい量の関係や配管長の違い等の条件による実験を行いデータを収集する。

(c)実施方法

収集するデータ及び条件

(イ)ガス漏えい量と圧力変動の関係

例えば配管長 50 m に相当する配管内容積をもつモデル配管を用意して、自記圧力計を用いた漏えい試験を実施した際に、ガス漏えい用バルブによりガス漏えい量を例えば 2 L/h の場合と 3 L/h 変化させた場合、ガス漏えい量と計測圧力に関するデータを収集する。

(ロ)加える圧力と圧力変動の関係

自記圧力計を用いた漏えい試験において、ハンドポンプを使って加圧する圧力を例えば最小の 2.3kPa と最大の 5.5kPa で行った際の加圧圧力と圧力変動の関係に関するデータを収集する。

(ハ)保持時間と圧力変動の関係

ガス漏えい用バルブによりガス漏えいを発生させた状態で漏えい試験を行った際に、保持時間が 5 分の場合と 10 分の場合における圧力変動の差に関するデータを収集する。

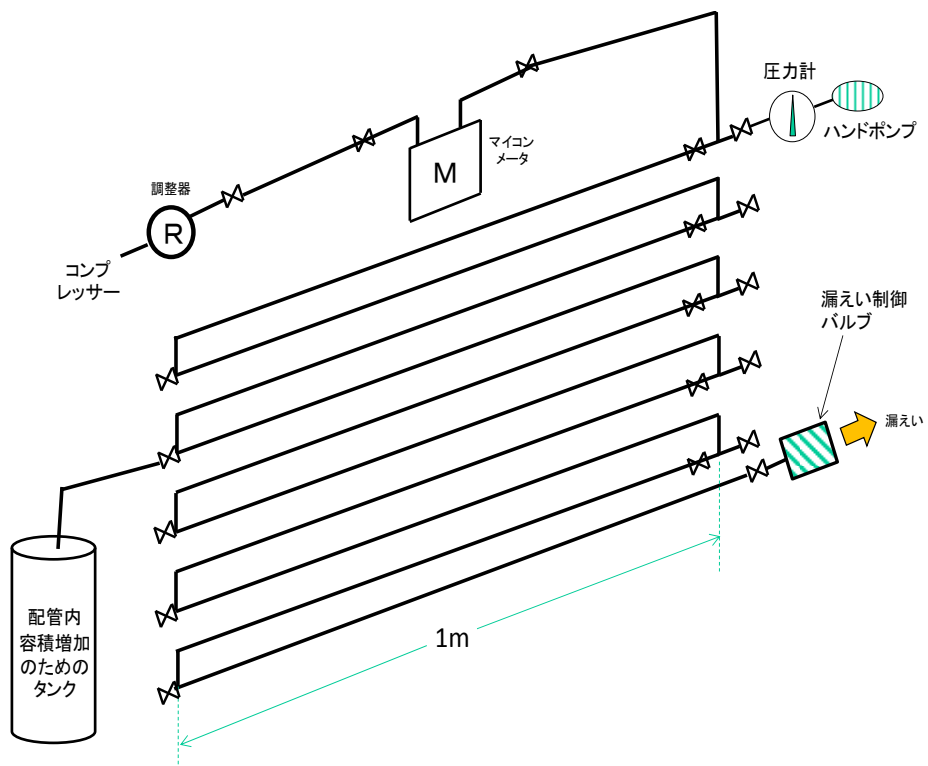


図 6.1.1.2 モデル配管

(3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

① LPガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査

(仕様)

(3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

① LPガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査

(1) ①で行う実証調査時に、マイコンメータが漏えいを検知するまでの時間等に係るデータを収集し、マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知の限界性能に関する検証調査を行う。

(a)背景・課題

復旧時の迅速な点検作業を目的として、マイコンメータの漏えい検知性能が現行の基準において要求されている性能と比較・検討するため、様々な条件においてマイコンメータのガス漏えい検知に関する限界性能に関するデータを収集する必要がある。

(b)実施内容

実施内容として、一般家庭に比べて大規模な配管設備である集合住宅を想定したモデル配管設備を構築し、様々な環境条件により漏えい試験方法に関するデータを収集する。ガス漏えいを検知できる能力、流量検知式や圧力検知式などの原理の違い等についての計測等を実施し、定量的なデータ収集・計測調査を実施する。

(c)実施方法

(イ)復帰安全確認機能の性能調査

例えば配管長が50mに相当する配管内容積のモデル配管においてガス漏えいバルブにより3L/hの場合と21L/hのガス漏えいを起こした場合に、マイコンメータの復帰安全確認機能を作動させて、ガス漏えいの判定結果から限界性能について検証する。膜式または超音波式マイコンメータを取り替えて行うことで、マイコンメータの原理の違いとの関係についても検証する。

マイコンメータの判定結果と自記圧力計による漏えい試験の判定結果と比較・検討を行い、その性能に関する検証を行うことで、試験方法の代替可能性について検討を行う。

(ロ)マイコンメータによる漏えい検査機能の性能調査

例えば配管長が50mに相当する配管内容積のモデル配管においてガス漏えいバルブにより3L/hの場合と21L/hのガス漏えいを起こした場合に、マイコンメータに搭載されている圧力センサを使用した漏えい検査機能を実施して、その判定結果から限界性能について検証する。さらに、膜式または超音波式のマイコンメータと取り替えて行うことでマイコンメータの原理の違いとの関係についても検証する。

(ハ) 微小漏えい検知機能に関する性能調査

微小漏えい検知機能は21L/h未満のガス流量を検知して、30日間継続した場合に警告表示をする機能である。流量検知式と圧力監視式の2種類の方式があり、検知対象範囲は流量検知式がマイコンメータ下流、圧力監視式がマイコンメータ上流及び下流となっている。微小漏えいを検知して30日後に表示を出す、専用の表示器や集中監視システムの通信機能により、30日経つ前にカウントされている日数を読み出すことができる。

モデル配管設備を使って検知性能についてのデータ収集を行う。

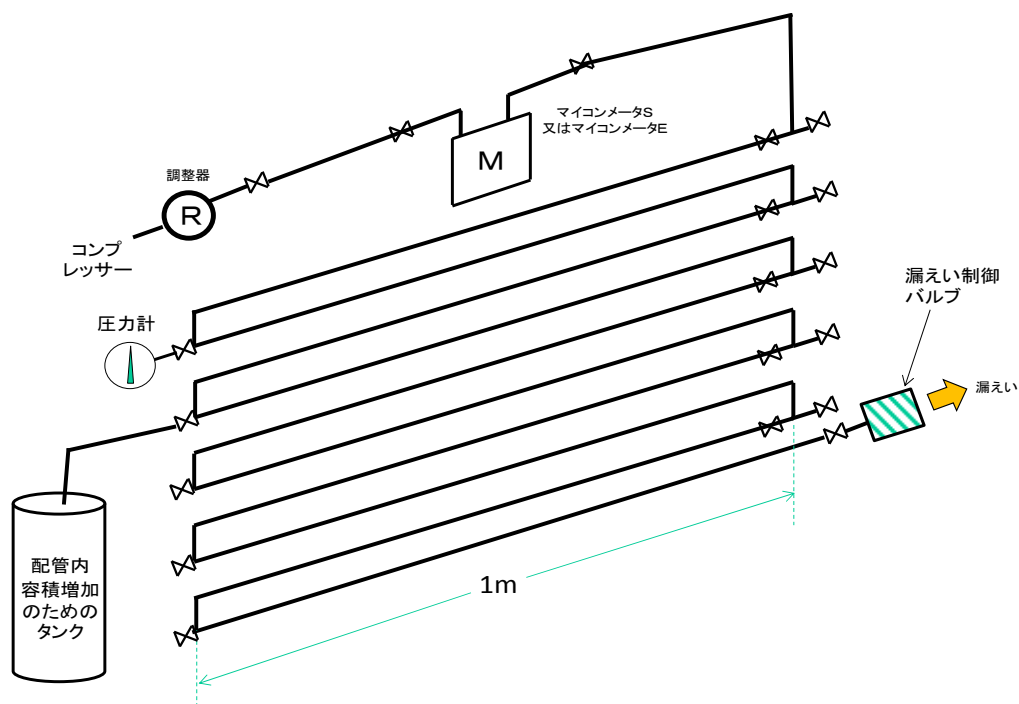


図 6.1.1.3 モデル配管

②マイコンメータの経年影響調査

(仕様)

(3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

②マイコンメータの経年影響調査

マイコンメータの経年による性能変化状況を把握するため、長期間実使用されたマイコンメータのセンサー等の性能試験を行い、データを収集する。

(a)背景・課題

マイコンメータはLPガス設備に設置されて10年間有効であるが、その間に圧力センサ等の性能に変化が起こる可能性がある。保安レベル維持の観点から実際のマイコンメータの性能変化に関するデータを取得し特性を把握する必要がある。

(b)実施内容

実施内容として、全国から30台程度の使用済みマイコンメータ(検満期間10年)を回収し、経年による性能変化に関するデータを取得し、保安上の観点からの評価を行う。

(c)実施方法

(イ)使用済みマイコンメータの回収

(回収予定台数)

全国から30台程度回収

(回収するマイコンメータ)

使用期間が10年近いマイコンメータS又はマイコンメータE

(ロ)評価方法

高精度圧力計による内蔵圧力センサの性能評価

回収したマイコンメータの内蔵ここに数式を入力します。圧力センサの性能に関するデータを収集

①指示圧力の測定

②差分圧力の測定

(ハ)評価項目

- ・経年による性能変化への影響
- ・環境による性能変化への影響

6.2 調査研究の経過

- (1) L P ガス設備の漏えい試験等の高度化調査
平成 29 年 6 月～平成 29 年 12 月
- (2) ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化検討
平成 29 年 7 月～平成 30 年 1 月
- (3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査
平成 29 年 6 月～平成 29 年 12 月
- (4) 報告書の作成
平成 30 年 1 月～平成 30 年 3 月

7. 調査研究の実施結果及び考察

7. 1 L P ガス設備の漏えい試験等の高度化調査

7.1.1 ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査

(1) 概要

(仕様)

(1) L P ガス設備の漏えい試験等の高度化調査

①ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査

集合住宅等に用いられる L P ガス配管設備と同等の配管モデルにより、擬似的にガス漏えいを発生させ、その配管長や温度等の環境条件や、配管内圧力とガス漏えい量に関するデータを収集し、それらの相関関係について検討を行う。

(a)背景・課題

L P ガス配管内のガス流量が無い場合の圧力は、日照等による配管温度の変化に左右される。マイコンメータに搭載されている圧力式漏えい検知機能はこの現象を利用して漏えいを検知する原理となっており、温度変化が少ない設備環境では漏えいを検知する性能に影響を及ぼすことが考えられる。

(b)実施内容

実施内容として、実施内容として、一般家庭に比べて大規模な配管設備である集合住宅を想定したモデル配管設備を構築して、擬似的なガス漏えいを発生させた場合に、配管長や環境温度などの環境条件と配管内圧力との相関関係に関するデータを収集する。

(c)実施方法

収集するデータ及び条件

(イ)ガス漏えい量と配管長の関係

例えば配管長 50 m を想定した配管内容積を持つモデル配管の場合に圧力を復帰した場合のガス漏えい量と配管内圧力の時間的変化の計測。

ガス漏えい用バルブにより擬似的な微少なガス漏えい（調整圧 2.8kPa において 10L/h 以下の流量）を起こし、配管長が異なる場合の配管内圧力の時間的変化を観察し、配管長、ガス漏えい量の関係についてのデータを収集する。

(ロ)ガス漏えい量と配管温度の関係

配管の温度が例えば 20℃ の場合と 40℃ 場合のガス漏えい量の変化。

配管を電熱線等により強制的に暖め、配管内温度とガス漏えい量の関係についてデータを収集する。

(2) ガス漏えい量と配管長の関係

1) 実験手順

実験手順は以下の通り。

- ①モデル配管を通常の供給状態（空気を使用）とする。
- ②マイコンメータ直下のバルブを閉じる
- ③マイコンメータ下流部のバルブを開き、下流部の配管内圧力を 0 kPa(大気圧)とする。
- ④マイコンメータ直下の遮断弁を復帰させ、復帰確認時間中（10 分間）の圧力変動を圧力計により測定する。

2) 収集するデータ及び条件

i) ガス漏えい量と圧力変動の関係

マイコンメータ下流に漏えい制御バルブを設置し、意図的に空気で微少漏えいを発生させた時の圧力変動を計測する。ガス漏えい量の条件は

- ① 0 L/h (漏えい無し)
② 0.5 L/h
② 1 L/h
③ 3 L/h
④ 5 L/h
⑤ 8 L/h

として、1 秒周期で配管内圧力を約 10 分間計測する。

ii) 配管長と圧力変動の関係

L P ガス配管モデルの配管内容積を変更することで同条件の計測を行う。

配管内容積は 4.67 L (20A 管で 12.6m 相当)、と 28.67 L (77.5m 相当) の 2 つのケースで計測した。

3) 実験設備

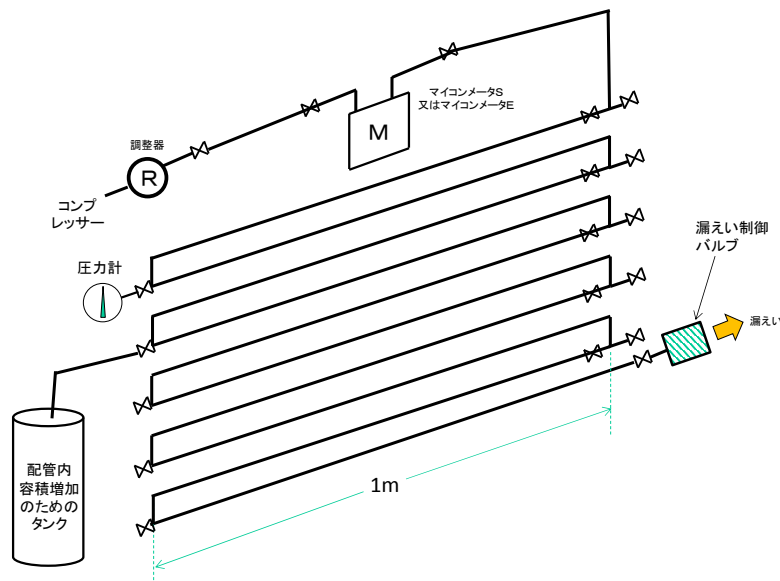


図 7.1.1.1 モデル配管

4) 実験結果

実験結果を以下に示す。

条件：膜式マイコンメータ、配管内容積 4.67L、気温 23℃、湿度 18%

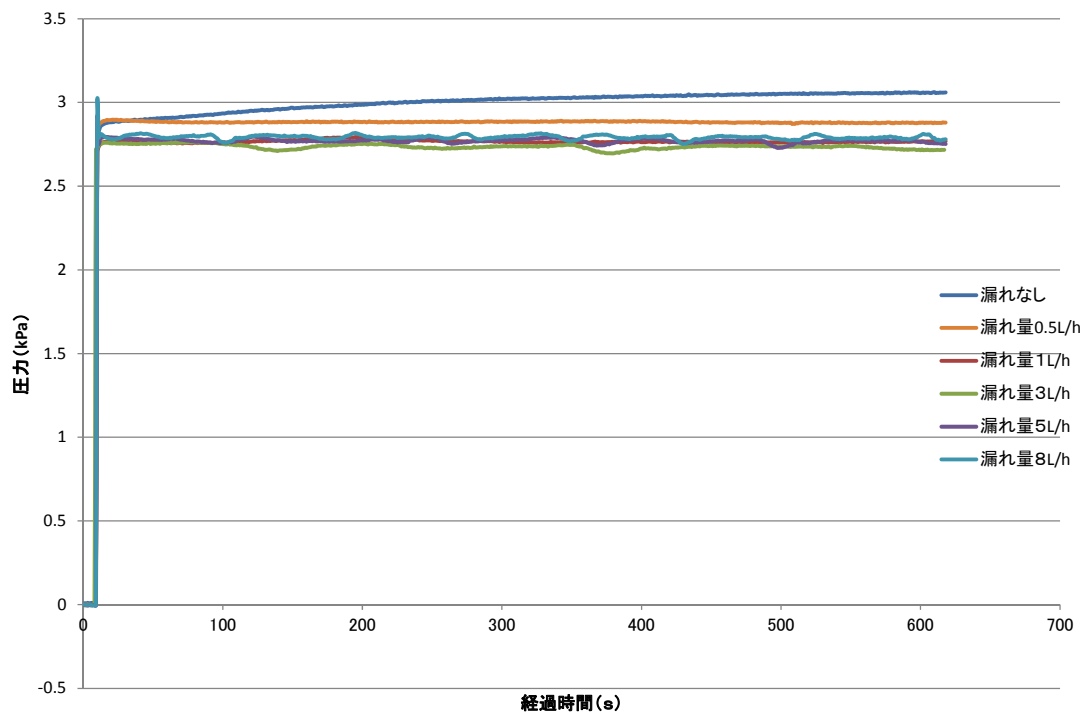


図 7.1.1.2 圧力変動（配管内容積 4.67L）

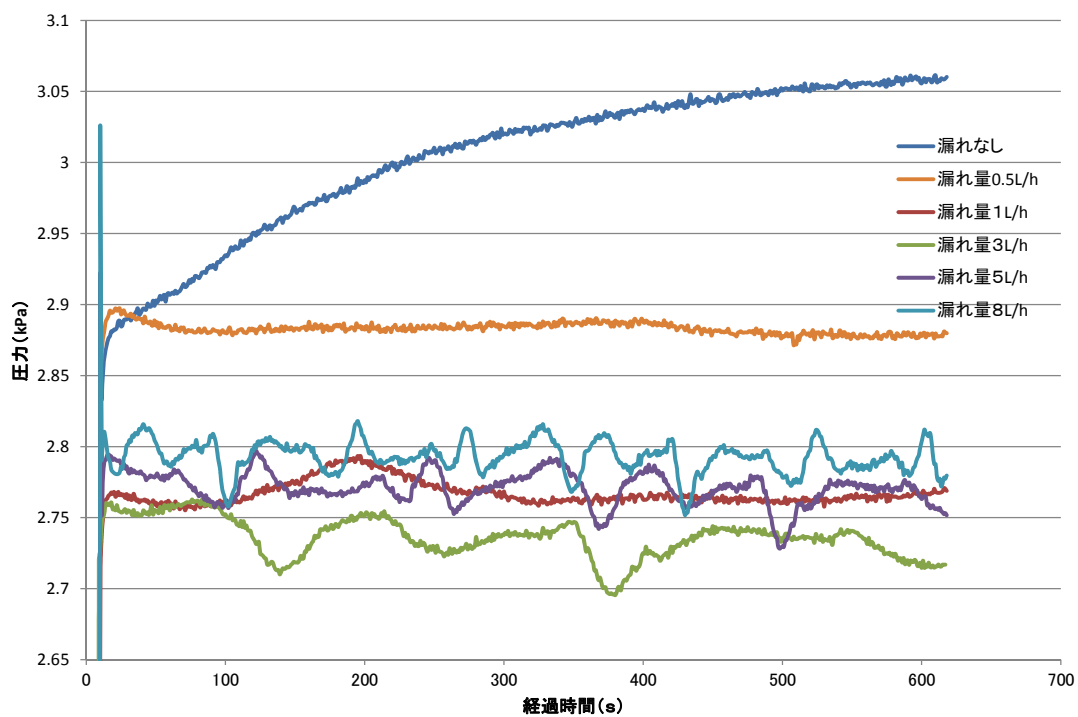


図 7.1.1.3 拡大図

条件：膜式マイコンメータ、配管内容積 28.67L、気温 23℃、湿度 18%

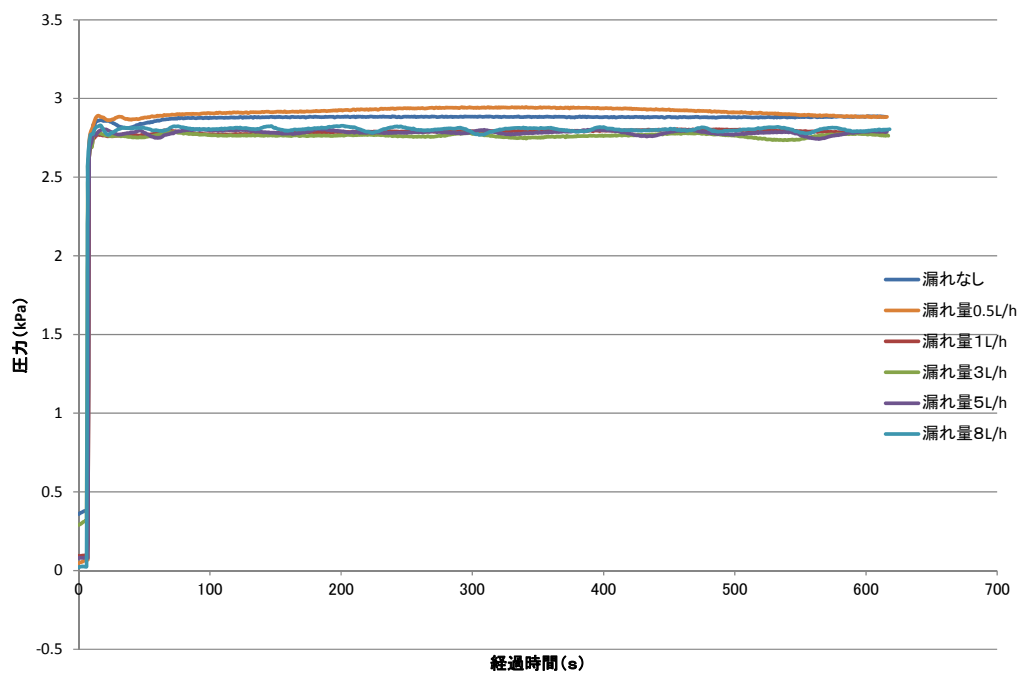


図 7.1.1.4 圧力変動（配管内容積 28.67L）

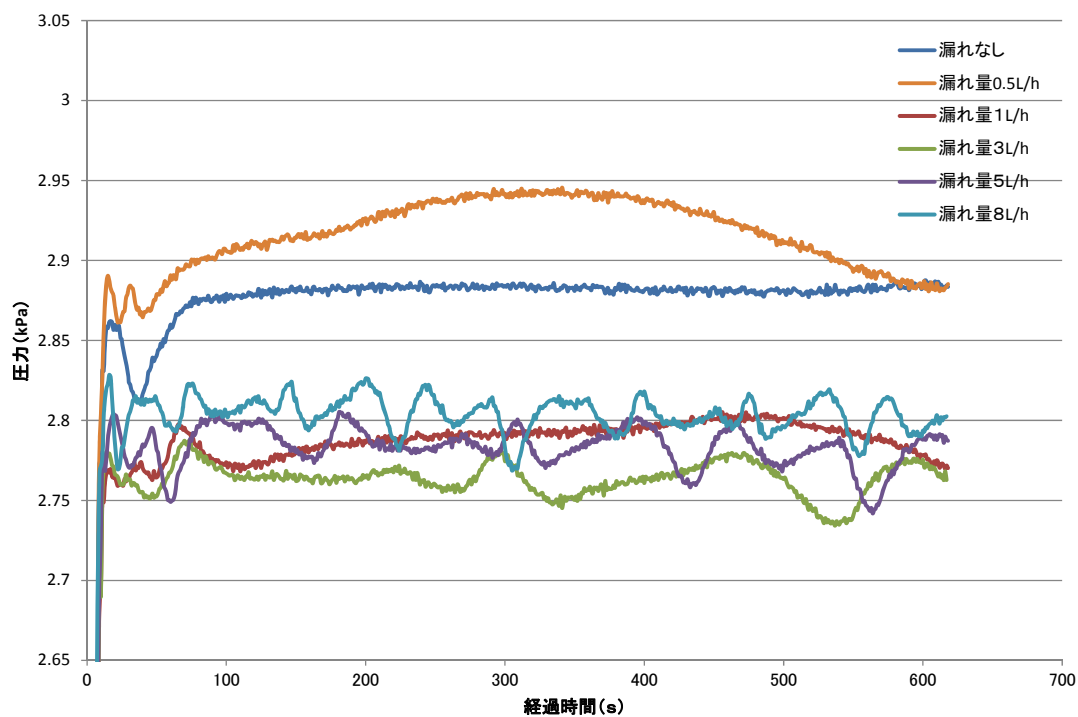


図 7.1.1.5 拡大図

条件：超音波式マイコンメータ、配管内容積 4.67L、気温 22℃、湿度 32%

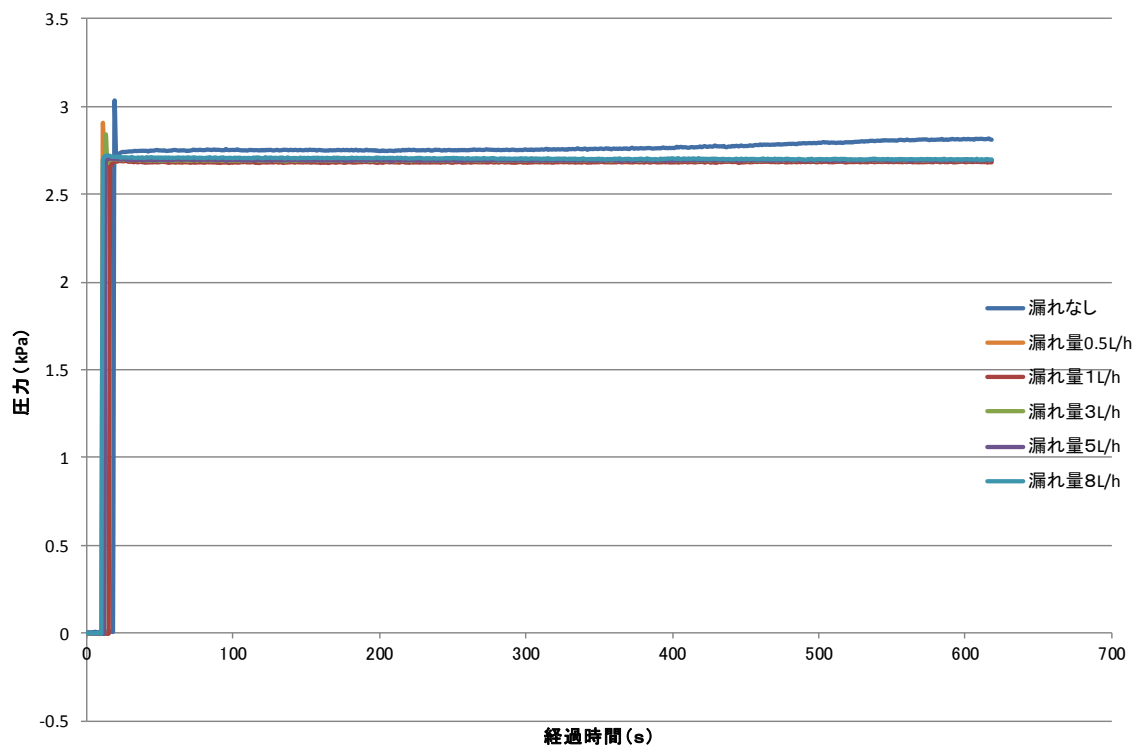


図 7.1.1.5a 圧力変動（配管内容積 4.67L）

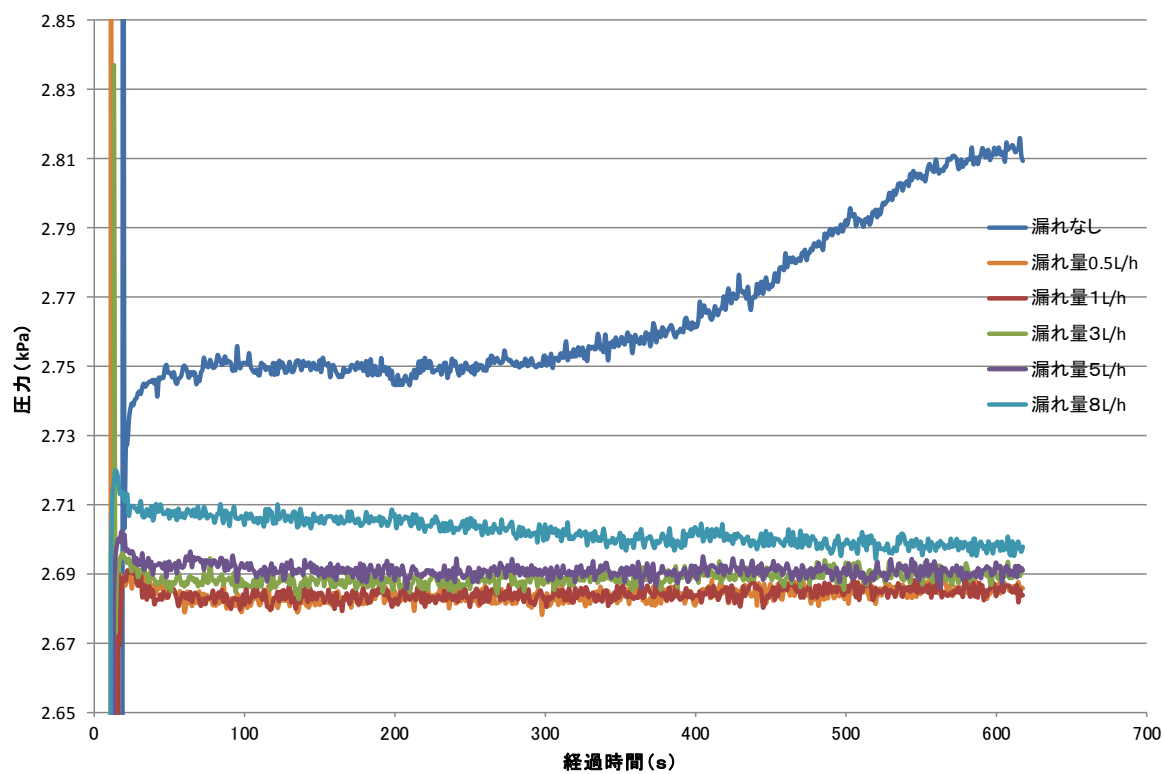


図 7.1.1.5b 拡大図

条件：超音波式マイコンメータ、配管内容積 28.67L、気温 22℃、湿度 32%

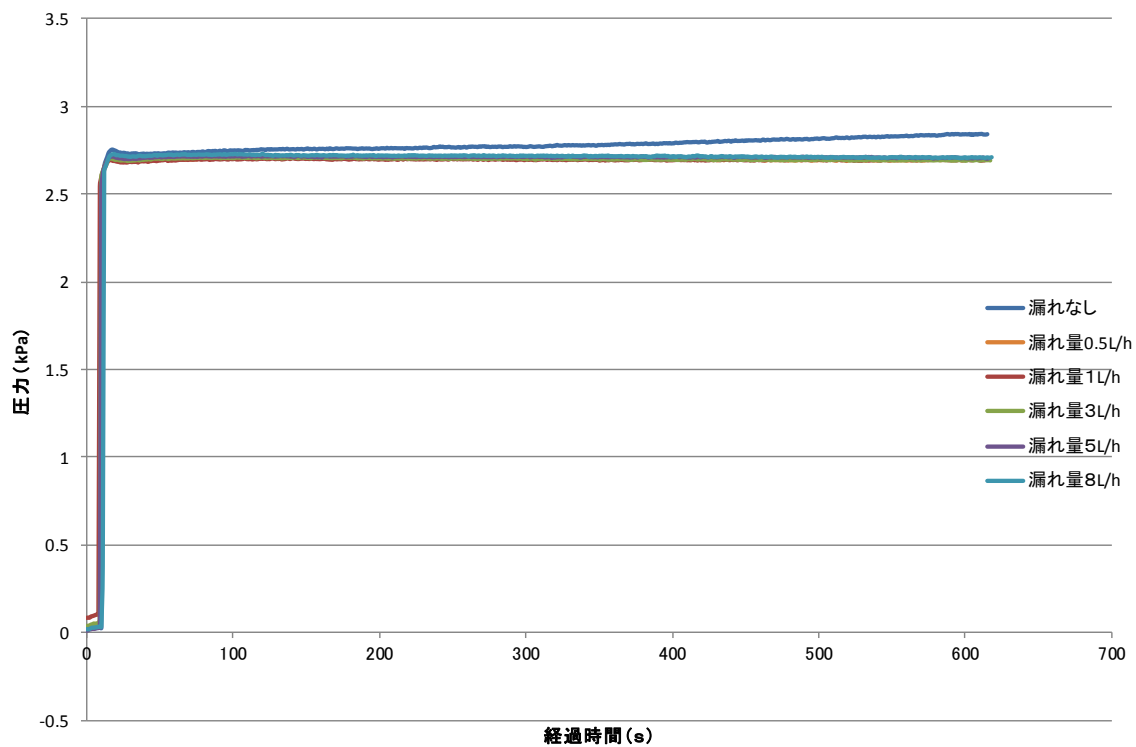


図 7.1.1.5c 圧力変動（配管内容積 28.67L）

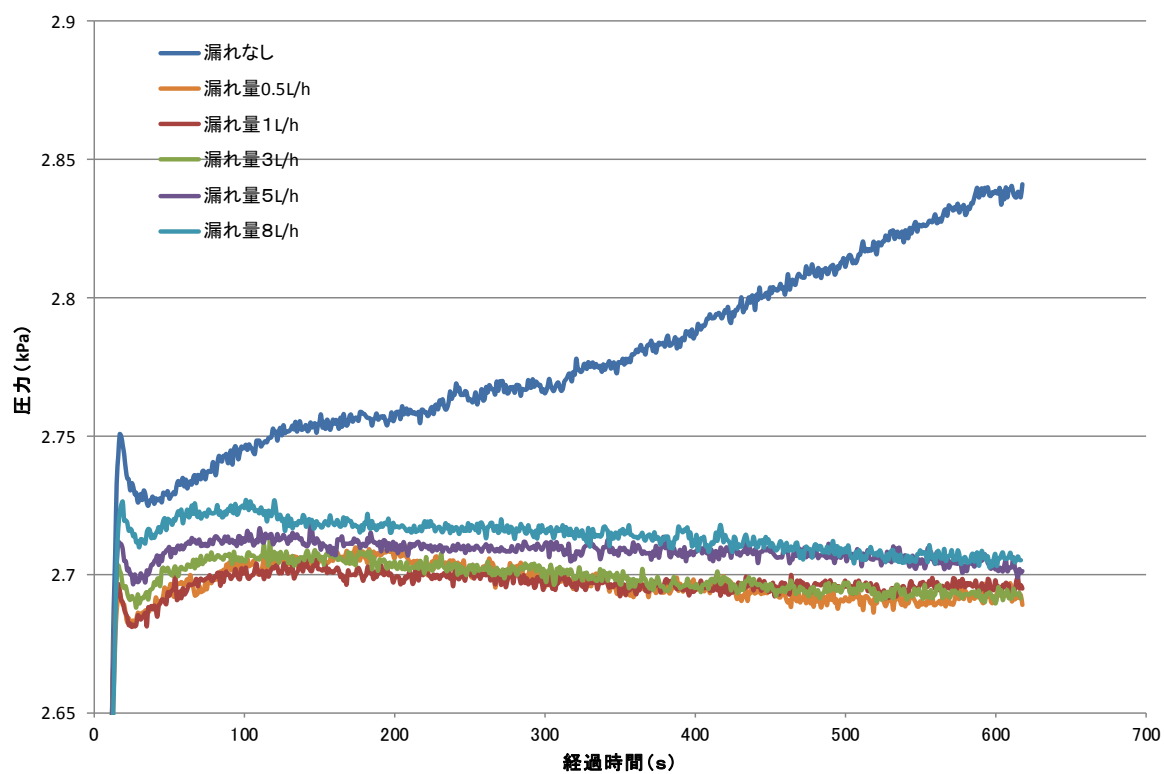


図 7.1.1.5d 拡大図

5) 考察

膜式マイコンメータの場合、図 7.1.1.2 から、大気圧の状態（0kPa）からガスを復帰した場合、2.8kPa 程度の圧力が維持されていることがわかる。図 7.1.1.3 から、配管からの漏えいがない場合とある場合に注目すると、配管から 1～8 L/h のガスが漏えいしている場合は圧力が 2.82～2.69kPa 程度の範囲に維持されているが、ガス漏えいがない場合には、圧力は緩やかに上昇していることがわかる。これについて、ガス漏えいがある場合に、圧力が下がった際には調整器の調圧機能が働くことで小さな圧力変動が起こりつつも 2.8kPa 程度に圧力が維持されるが、漏えいがない場合は配管内は密閉空間となり調整器の調圧機能は働かず配管の環境温度の影響等で上昇するためであると思われる。

漏れ量が 0.5L/h の場合には、図 7.1.1.3 では高めに調圧されていることがわかるが、図 7.1.1.5 では調圧機能が働かずに、圧力が上昇している。このことから、調整器の調圧機能の限界が 0.5L/h 程度のガス流量であることが推測される。

配管内容積の大小に着目した場合、1 L/h 以上のガス漏えいがある場合には大きな違いは見られないが、ガス漏えいがない場合には配管容量が小さい方が配管内の圧力上昇が大きいことがわかる。

図 7.1.1.5a～図 7.1.1.5d は超音波式マイコンメータの場合の実験結果である。膜式マイコンメータの場合と比較すると、漏れがない場合とある場合とでは圧力上昇の違いが明確であると同時に漏えいがある場合において圧力変動の幅が小さく、0.5L/h の漏えいの場合であっても、調圧機能が働いていることが分かる。

以上のことから配管の圧力を復帰してガス供給状態とした場合の配管内圧力については、ガス漏えいがない場合と 1 L/h 以上の漏えいがある場合とでやや違うことがわかる（膜式マイコンメータの場合）。その理由は調整器の調圧性能に起因していると考えられる。

(3) ガス漏えい量と配管温度の関係

1) 実験手順

漏えい制御バルブを設置して意図的に空気による微少漏えいを発生させ、ジャケットヒータにより 配管温度を上昇させた場合（約 40 分間）の圧力変動、温度を計測する。

2) データ収集条件

ガス漏えい量の条件は

- ① 0 L/h（漏えい無し）
- ② 0.5 L/h
- ③ 1 L/h
- ④ 2 L/h
- ⑤ 3 L/h

として、周期 1 秒で配管内圧力、温度を計測する。（配管内容積：28.67 L）

3) 実験設備

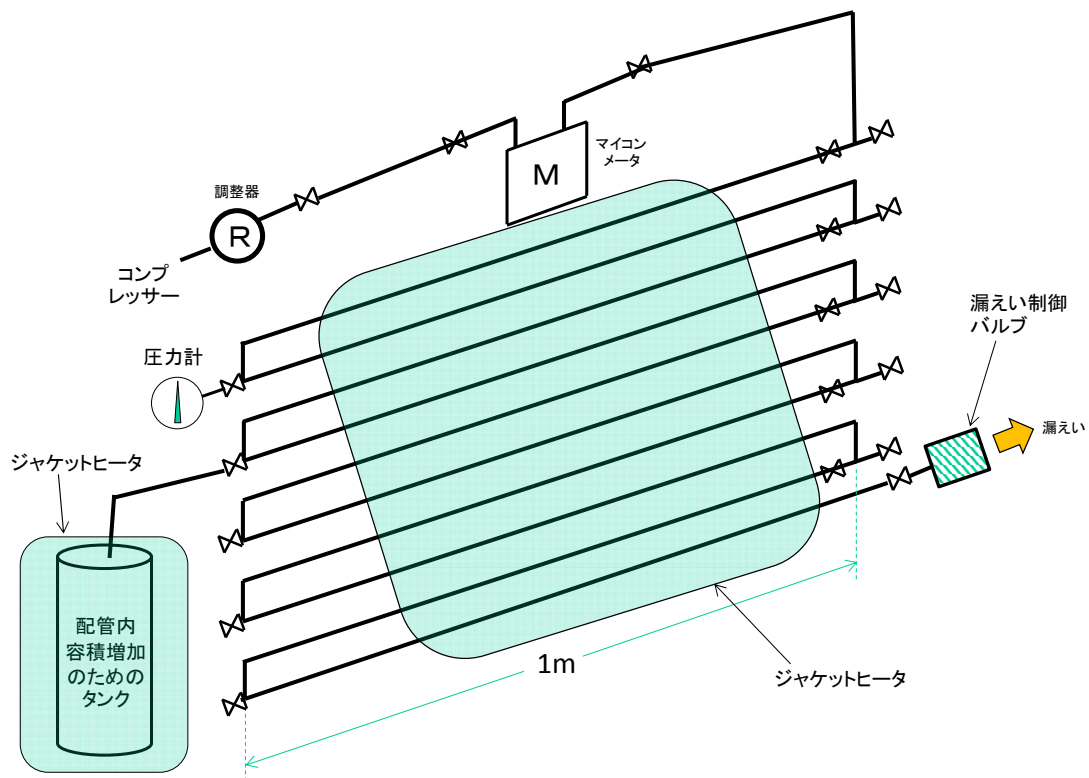


図 7.1.1.6 モデル配管

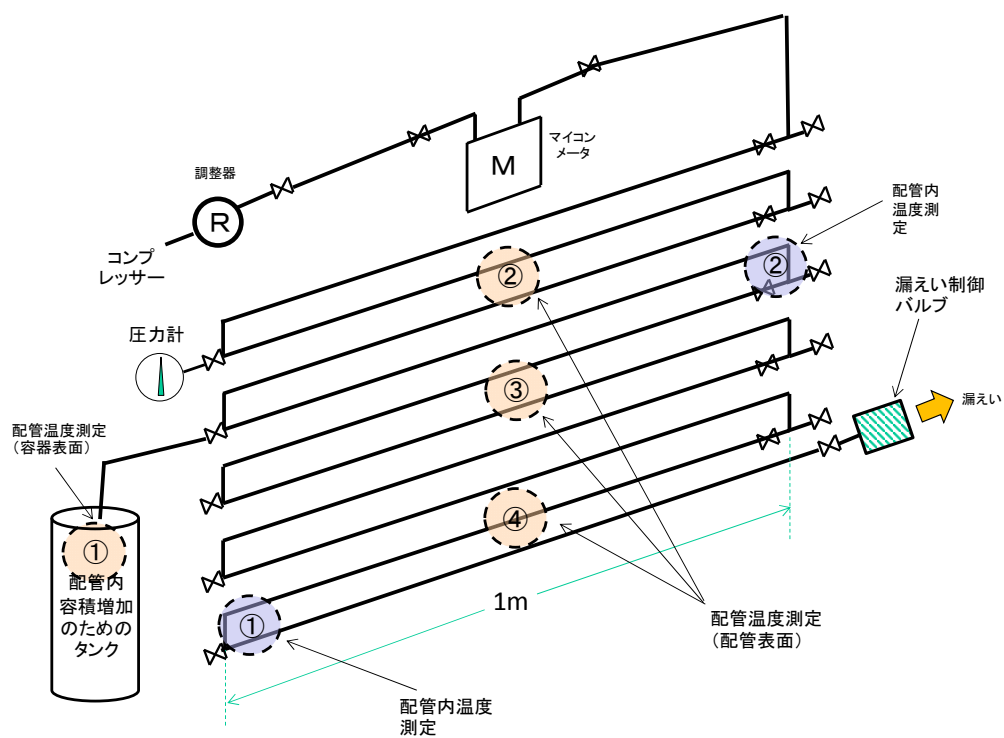


図 7.1.1.7 温度計測箇所

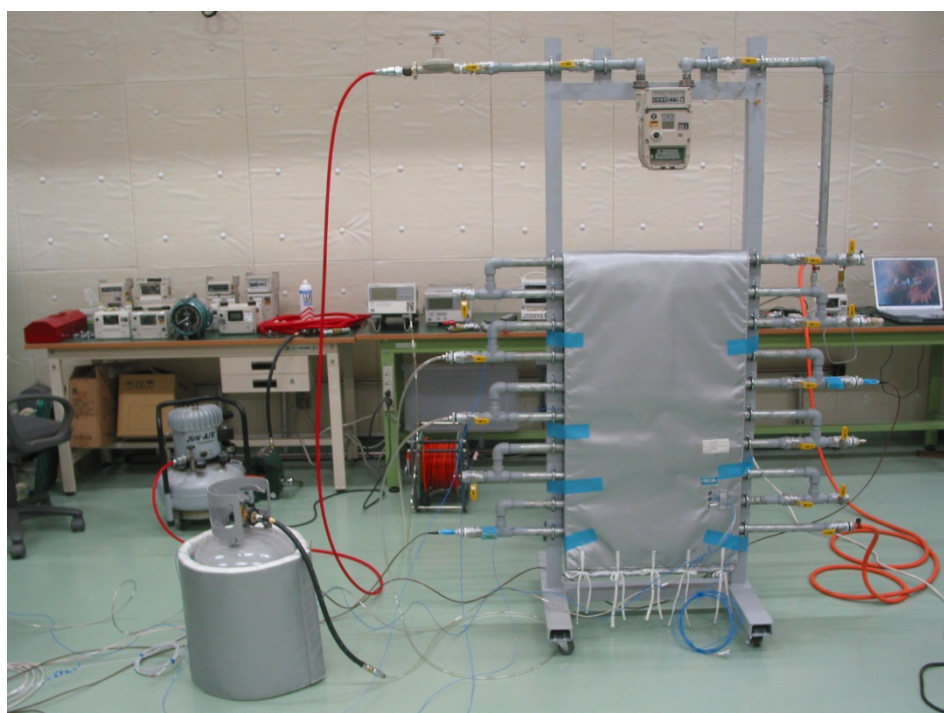


写真 7.1.1.1 モデル配管

4) 実験結果

① 漏えい無しの場合

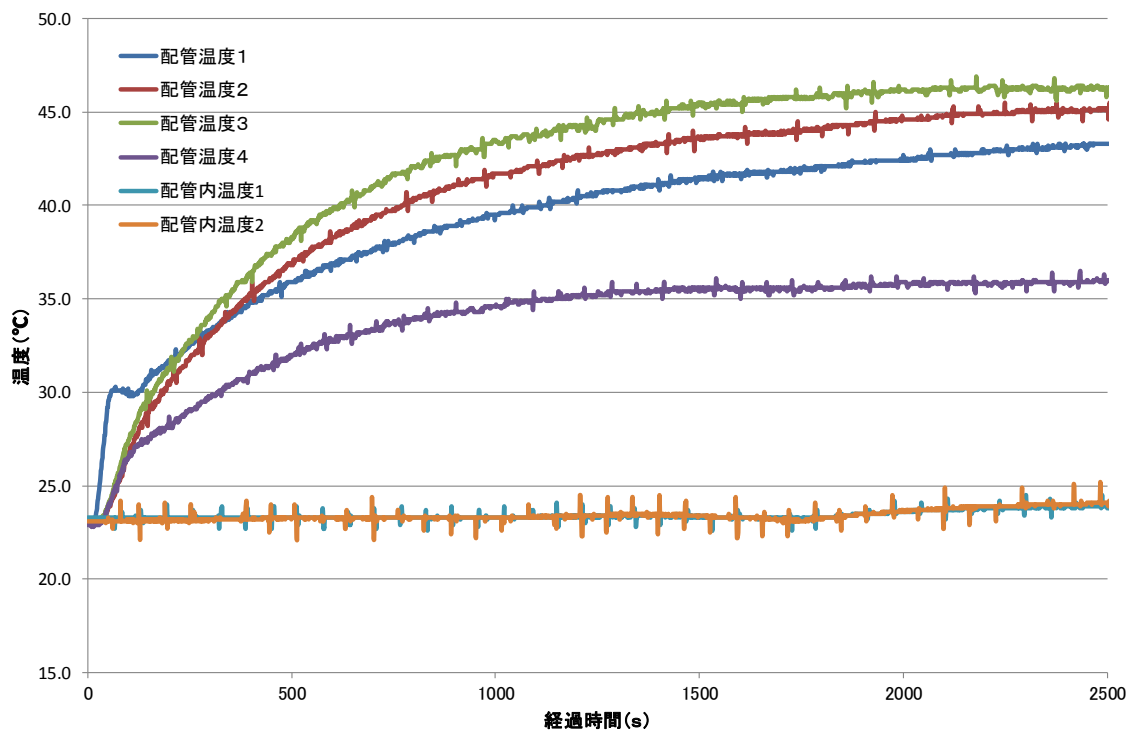


図 7.1.1.8 温度変化

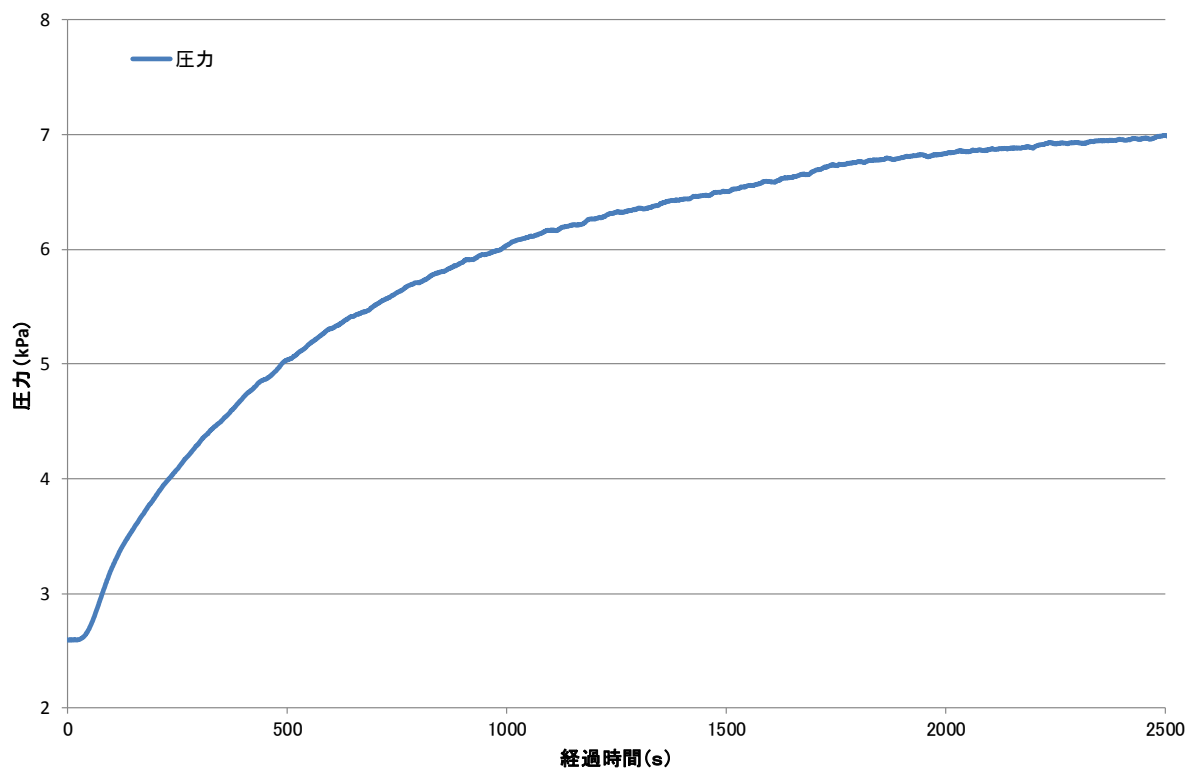


図 7.1.1.9 圧力変化

②漏えい量 0.5L/h の場合

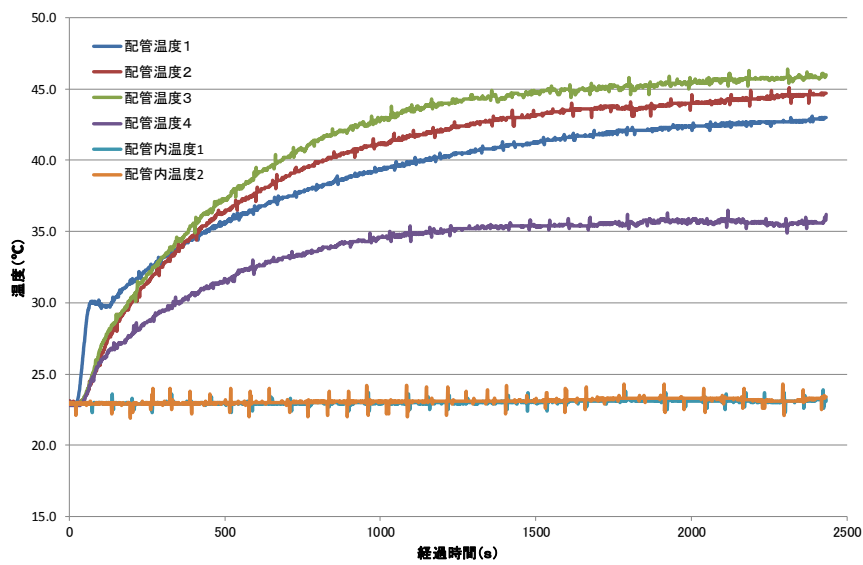


図 7.1.1.10 温度変化

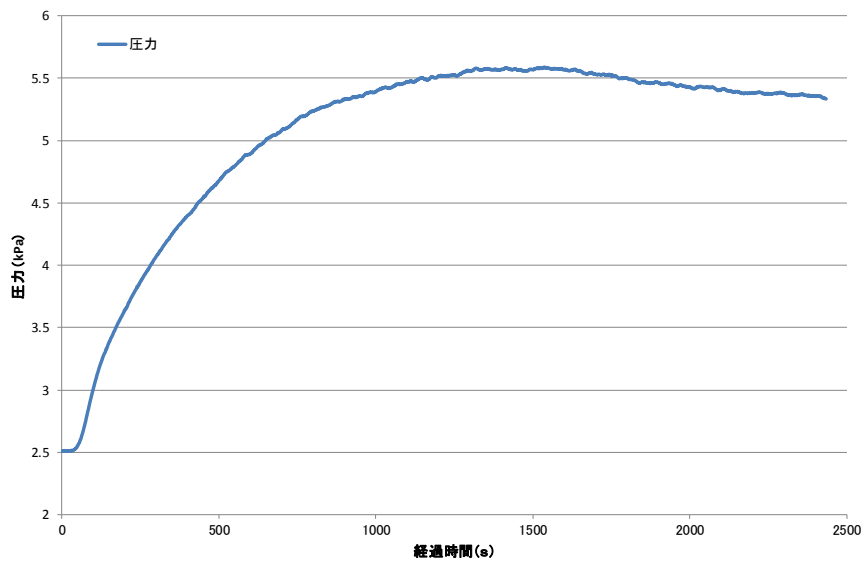


図 7.1.1.11 圧力変化

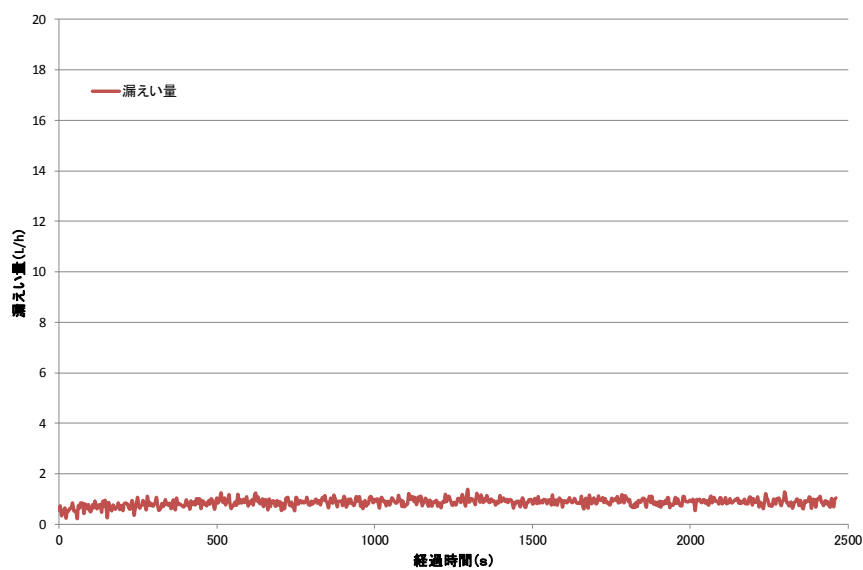


図 7.1.1.12 漏えい量変化

③漏えい量 1 L/h の場合

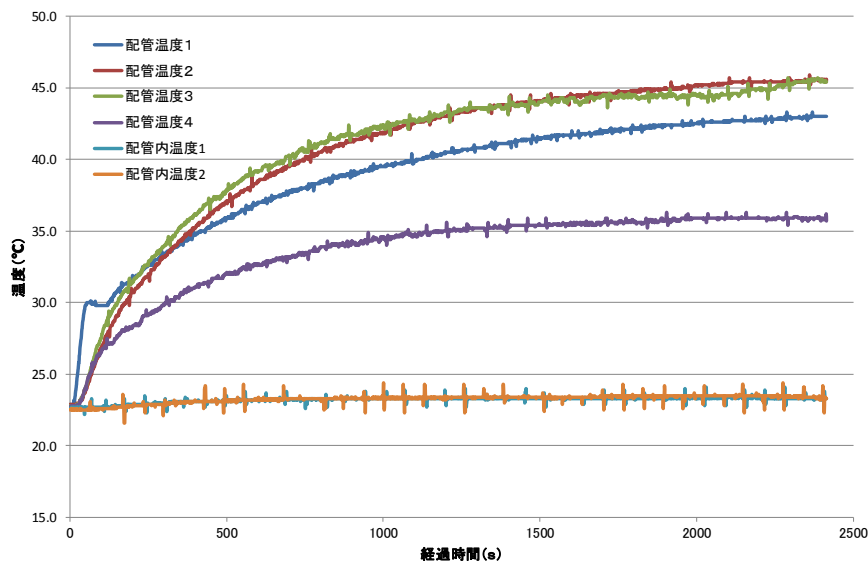


図 7.1.1.13 温度変化

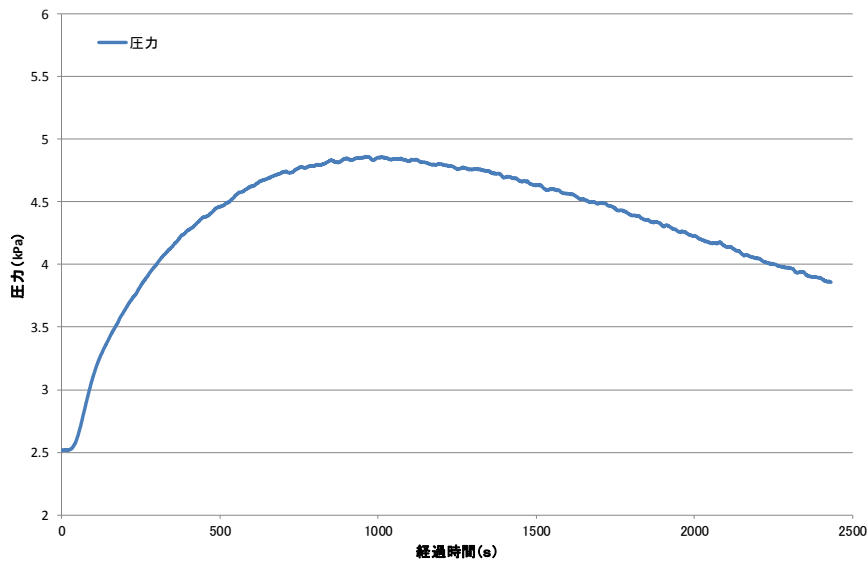


図 7.1.1.14 圧力変化

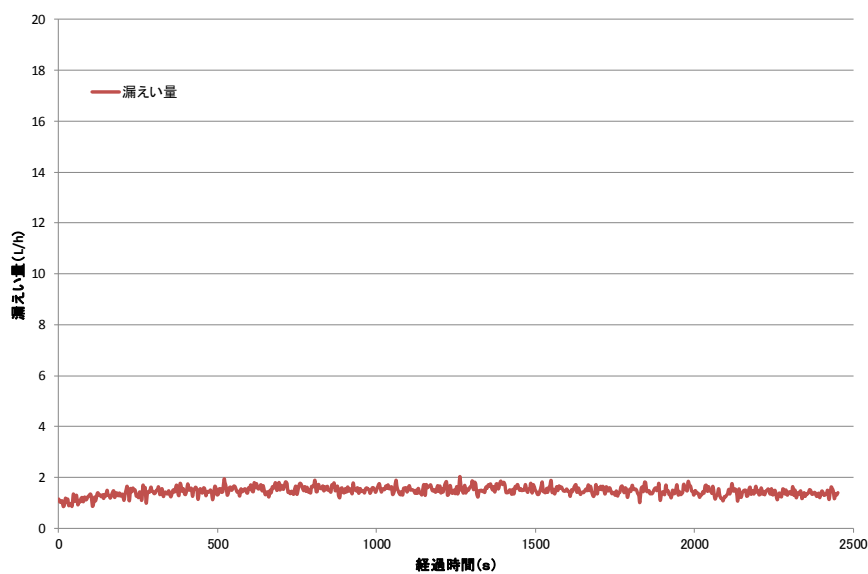


図 7.1.1.15 漏えい量変化

④漏えい量 2L/h の場合

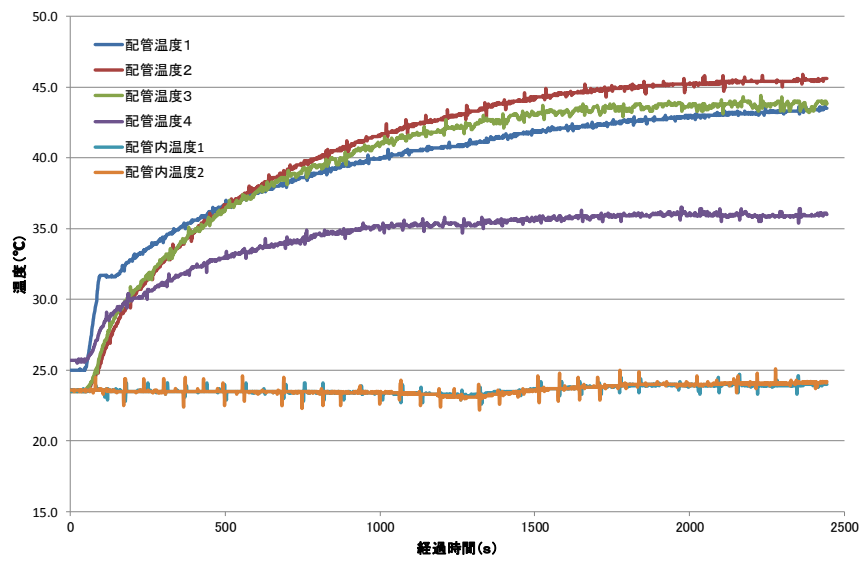


図 7.1.1.16 温度変化

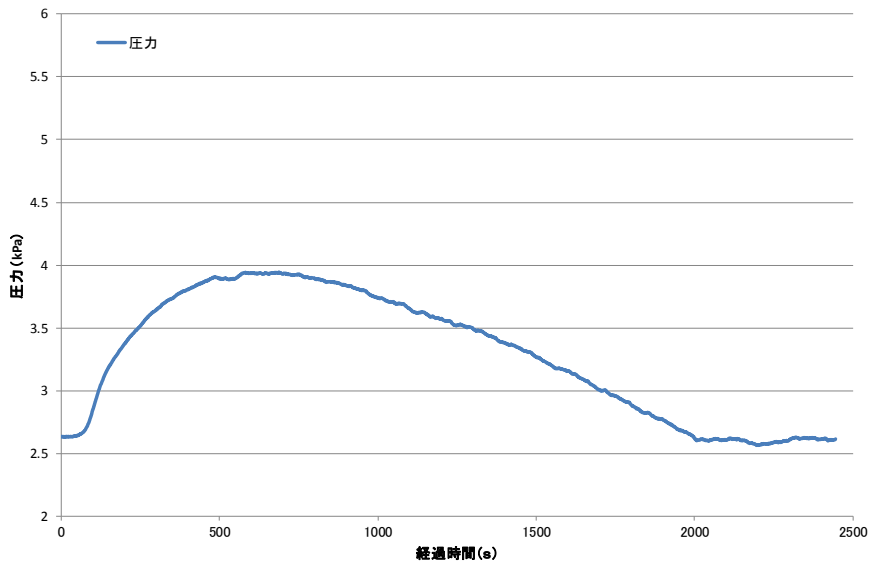


図 7.1.1.17 圧力変化

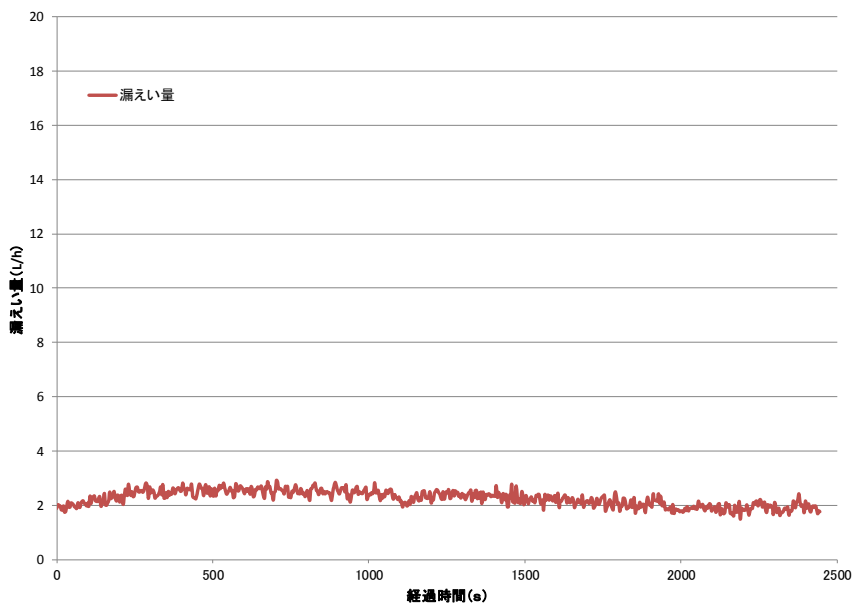


図 7.1.1.18 漏えい量変化

⑤漏えい量 3L/h の場合

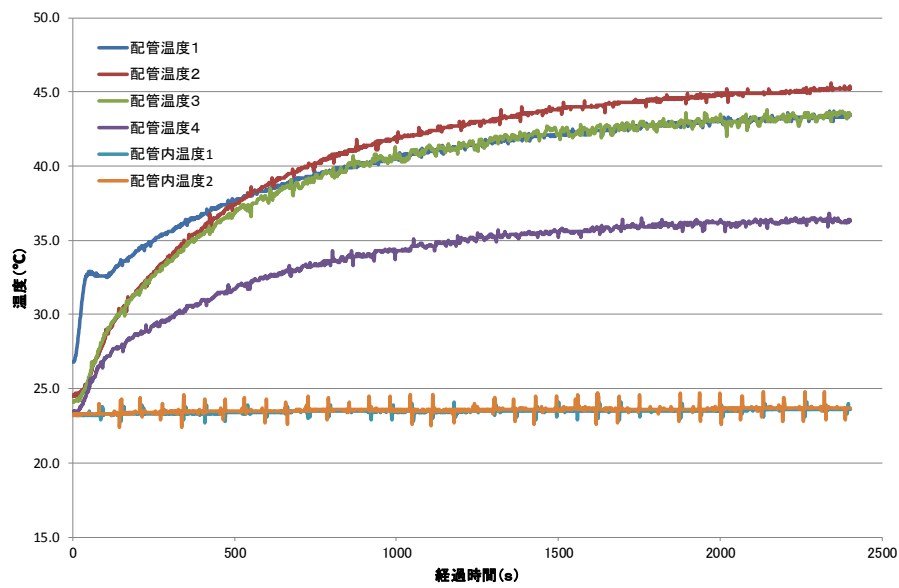


図 7.1.1.19 温度変化

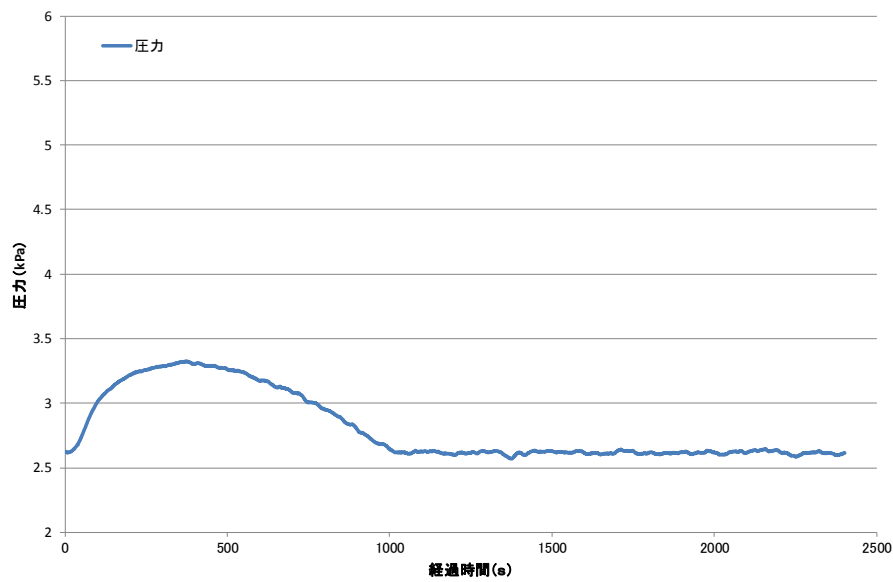


図 7.1.1.20 圧力変化

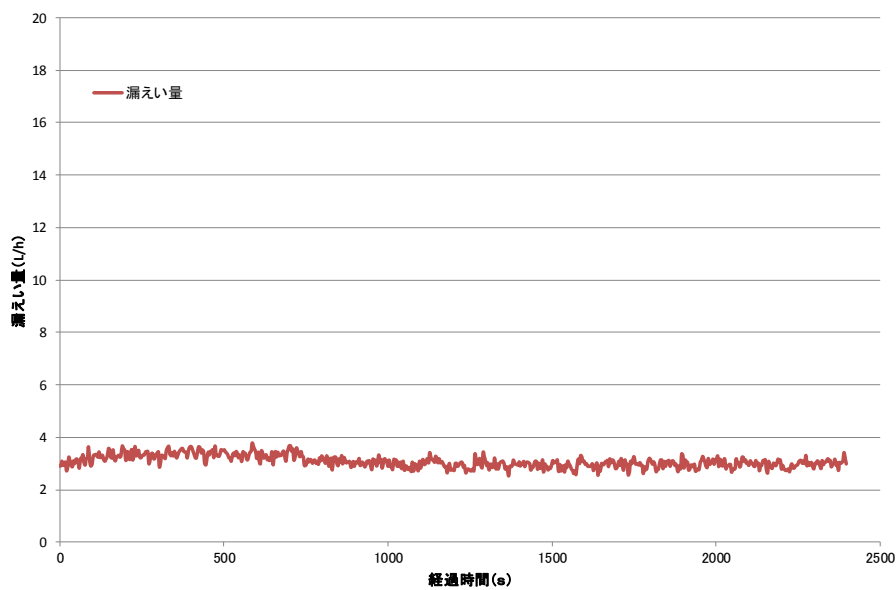
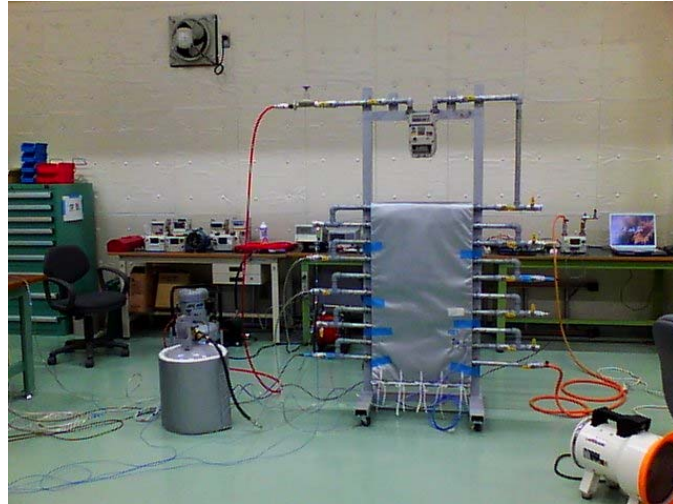


図 7.1.1.21 漏えい量変化



(a) 画像



(b) 加熱前



(c) 加熱後

写真 7.1.1.2 モデル配管の温度変化

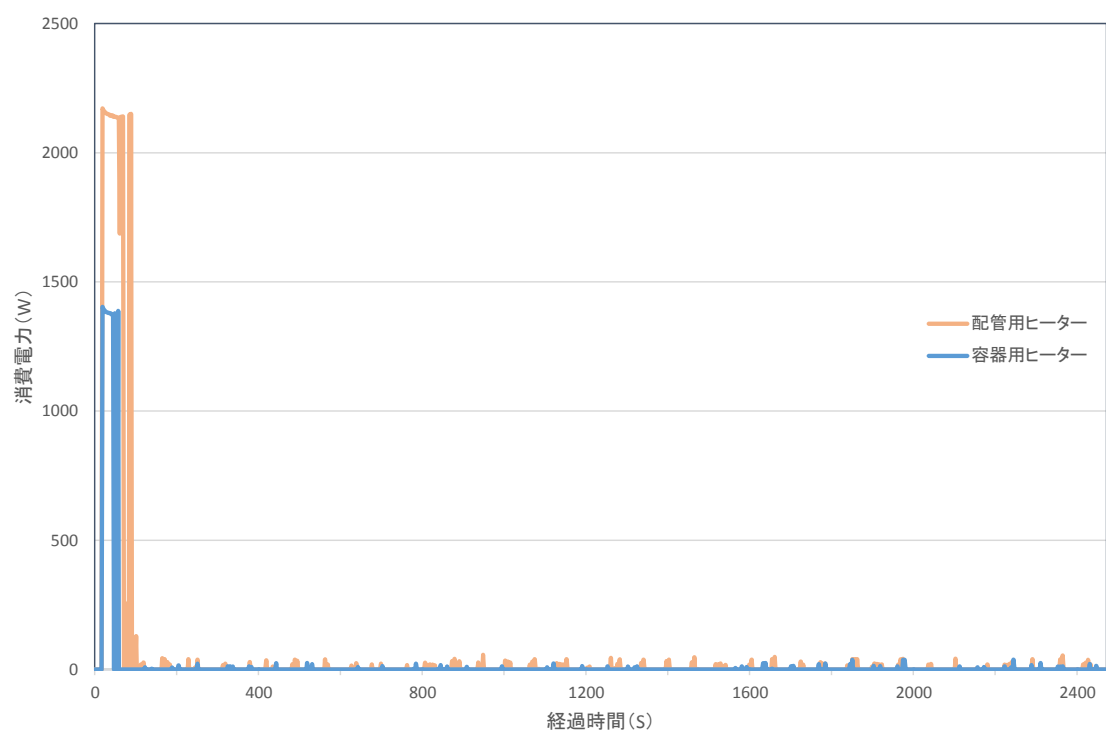


図 7.1.1.22 ジャケットヒーターの消費電力

5) 考察

ジャケットヒータによるモデル配管の温度測定結果についてまとめたものを、次表に示す。

表 7.1.1.1 温度測定結果

単位： ℃		配管温 度 1	配管温 度 2	配管温 度 3	配管温 度 4	配管内 温度 1	配管内 温度 2
漏えい 無し	温度上昇前（最小値）	23.1	23.1	23	22.8	22.6	22.1
	温度上昇後（最大値）	43.3	45.5	46.9	36.5	24.5	25.2
	上昇温度	20.2	22.4	23.9	13.7	1.9	3.1
漏えい 量 0.5L/h	温度上昇前（最小値）	22.9	23	22.9	22.8	22.3	21.9
	温度上昇後（最大値）	43.1	45.1	46.4	36.5	23.9	24.3
	上昇温度	20.2	22.1	23.5	13.7	1.6	2.4
漏えい 量 1L/h	温度上昇前（最小値）	22.9	22.9	22.8	22.6	22.2	21.6
	温度上昇後（最大値）	44.6	46.1	45.7	37.5	24.1	24.4
	上昇温度	21.7	23.2	22.9	14.9	1.9	2.8
漏えい 量 2L/h	温度上昇前（最小値）	25	23.5	23.5	25.5	22.6	22.2
	温度上昇後（最大値）	43.6	45.9	44.4	36.5	24.7	25.1
	上昇温度	18.6	22.4	20.9	11	2.1	2.9
漏えい 量 3L/h	温度上昇前（最小値）	26.8	24.5	24.1	23.4	22.7	22.4
	温度上昇後（最大値）	43.7	45.6	43.8	36.8	24.1	24.8
	上昇温度	16.9	21.1	19.7	13.4	1.4	2.4
	上昇温度平均	19.52	22.24	22.18	13.34	1.78	2.72

約 40 分間の加熱したことにより、配管表面は 40℃以上に上昇している。上昇温度の平均は 13.34～22.24℃であった。

配管温度の上昇は温度計測ポイントにより違いがある。配管温度 4 ではヒーターの熱があまり伝わっていないためと思われる。

配管内温度を 2 ヶ所で計測しているが、上昇温度の平均は 1.78 及び 2.72℃であった。

配管の温度変化と漏えい量の大小との関係については、最高温度は漏えい無しの場合の 25.2℃であった。

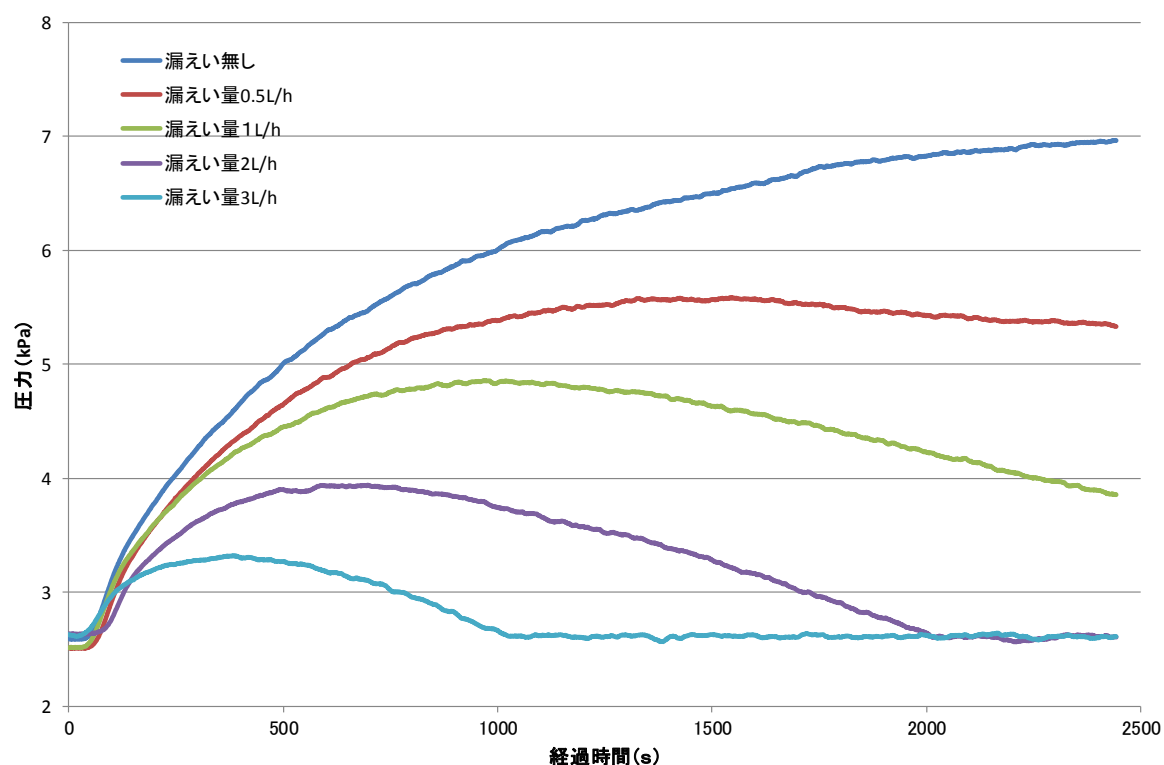
温度上昇前後の配管内圧力及び漏えい量の変化を以下に示す。

表 7.1.1.2 配管内圧力と漏えい量（計測前後）

		配管内圧力 (kPa)	漏えい量 (L/h)
漏えい無し	温度上昇前	2.59	-
	温度上昇後	6.98	-
	変化量	4.39	-
漏 え い 量 0.5L/h	温度上昇前	2.51	0.56
	温度上昇後	5.32	1.05
	変化量	2.81	0.49
漏 え い 量 1L/h	温度上昇前	2.51	1.15
	温度上昇後	3.71	1.40
	変化量	1.20	0.25
漏 え い 量 2L/h	温度上昇前	2.64	1.89
	温度上昇後	2.62	1.77
	変化量	-0.02	-0.12
漏 え い 量 3L/h	温度上昇前	2.63	2.90
	温度上昇後	2.63	2.98
	変化量	0.00	0.08

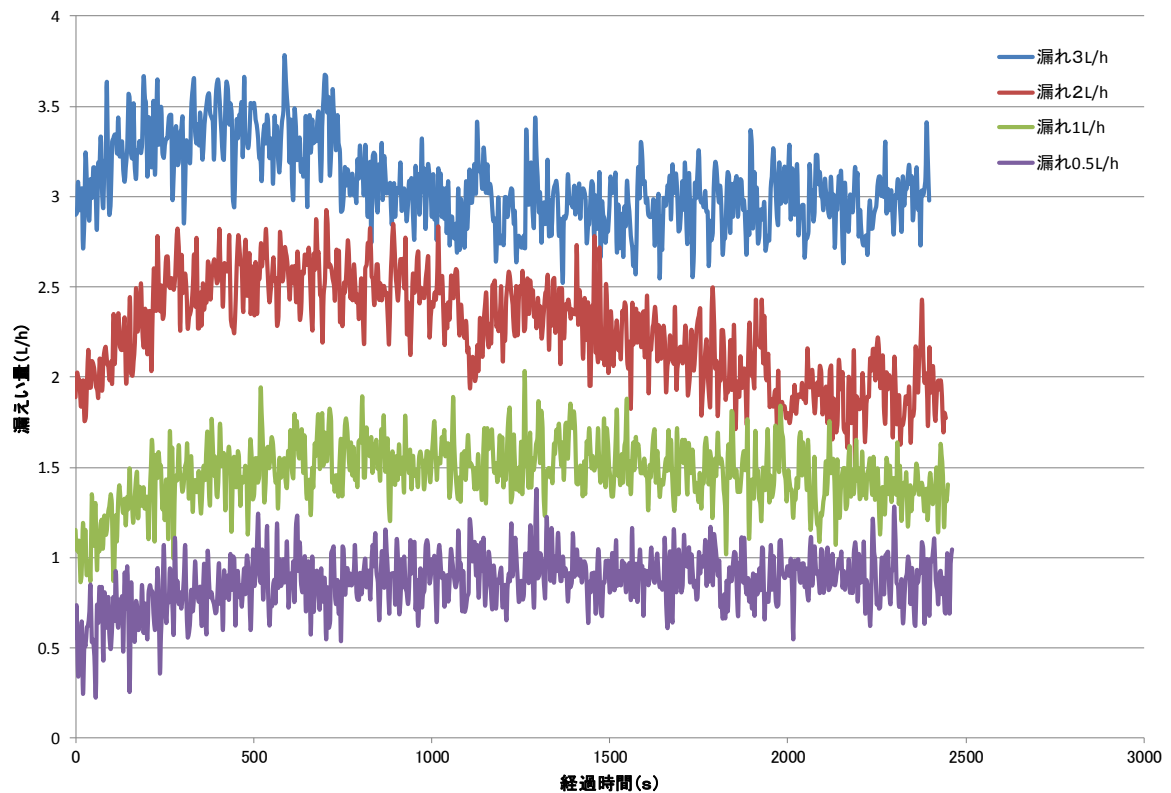
表 7.1.1.3 配管内圧力と漏えい量（最小と最大）

		配管内圧力 (kPa)	漏えい量 (L/h)
漏えい無し	最小値	2.59	-
	最大値	6.98	-
	変化量	4.39	-
漏 え い 量 0.5L/h	最小値	2.51	0.23
	最大値	5.59	1.38
	変化量	3.08	1.14
漏 え い 量 1L/h	最小値	2.51	0.86
	最大値	4.86	2.03
	変化量	2.35	1.17
漏 え い 量 2L/h	最小値	2.57	1.50
	最大値	3.94	2.92
	変化量	1.38	1.42
漏 え い 量 3L/h	最小値	2.57	2.52
	最大値	3.32	3.78
	変化量	0.76	1.26



グラフ 7.1.1.1 配管内圧力の変化

- 配管内圧力はジャケットヒータによる熱発生と同時に、上昇を始めている。
- 図 7.1.1.22 からジャケットヒータは実験開始直後は高い電力を発生させて温度が上昇するが、実験中のほとんどの時間は保温（設定温度 50℃）状態となり電力はほとんど使わない。
- 漏えい無し及び有りの両方の場合において、漏えい量が多い場合は加熱開始直後は圧力の上昇が見られるが時間の経過とともに、通常の供給圧力となる。
- 漏えい量が 0 L/h に近づくほど、漏えい無しとの判別が難しくなる。
- 配管内温度に比べて配管内圧力は環境温度の影響を受けやすい。



グラフ 7.1.1.2 漏えい量の変化

- 漏えい量は加熱を開始後にやや上昇するが、時間とともに低下して加熱開始時の漏えい量に戻る。
- 漏えい量は配管内圧力との関係による上昇と考えられる。
- 漏えい量が小さいほど、配管内圧力との関連が小さくなる。

(4) まとめ

(イ) ガス漏えい量と配管長の関係

今回の計測では、集合住宅の配管を想定した配管内容積が約 28L、長さにすると 20A 管で約 77m 相当であるモデル配管を使って、配管内容積の違いとガス漏えい量との関係について計測を行った。大気圧の状態から供給圧力に復帰した場合に、圧力の変動が漏えいの有無により異なるかについて、観察を行った。その結果、漏えいの有無により圧力が閉塞圧力として上昇するのか、供給圧力として調圧されるのかで異なることがわかる。漏えい量が 1 L/h 程度で、その違いを判定することが難しくなる。

配管内にハンドポンプを使って圧力をかけずに、圧力変動を観察してガス漏えいの有無を判定することの可能性があるが、そのためには適切な時間をかける必要がある。

(ロ) ガス漏えい量と配管温度の関係

L P ガスの配管が環境から熱を受けた場合に、配管内圧力とガス漏えい量に関する計測を行いデータを収集した。今回の計測では配管内容積を約 28L（長さにして約 77m）という大規模な配管を想定したモデル配管で計測した。

加熱により配管表面が 20℃ 以上の上昇がある場合でも、配管内温度は 2℃ 程度の上昇であった。これに対し、配管内圧力に関しては、加熱開始直後は漏えいの有無に関わらず上昇を始めるが、その後、漏えい量が多いほど圧力の上昇は小さくなり、時間の経過とともに供給圧力として一定に調整された。ただし、ジャケットヒータの温度制御特性の影響もあると考えられる。

今回行った計測から、環境温度の変化はガスの温度上昇よりも配管内圧力に大きな影響を与えていることがわかる。逆に温度が変化する環境においては、配管内圧力の計測を行う際には、その影響を考慮して行う必要がある。

7.1.2 漏えい解析調査

(1) 概要

(仕様)

(1) LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査

②漏えい解析調査

ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査で得られたデータを基に、実証調査で行うことのできない環境条件等におけるデータを、シミュレーションシステムにより解析を行い、得られたデータによって漏えい試験等の精度について検討を行う。

(a)背景・課題

マイコンメータの漏えい検知機能に関するデータの収集に関して、モデル配管による実測だけでは、条件設定や計測条件に限度がある。様々な条件によるデータを充実させるとともに信頼性を高める必要がある。

(b)実施内容

実施内容として、実験によって取得したデータの信頼性を高めるとともにデータを充実させるため、モデル配管により実測したデータに加えて、様々な条件設定が可能なコンピュータシミュレーションにより算定した数値を取得し、それらを比較・評価する。

(c)実施方法

実験による計測結果を基にガス圧力とガス噴出量の関係性を算出し、様々な条件(配管長さ、加える圧力、温度等)におけるガス圧力からガス噴出量や圧力降下の時間等を算出する。

ガス噴出量(ガス漏えい量)と圧力降下の時間等を基に漏えい検知性能に関する比較検証を行う。

(2) シミュレーションの内容

LPガス設備のガス漏えいに関するデータを検証するため、漏えい時の設備の条件(配管内の圧力や温度等)をコンピュータ上で設定しシミュレーションを行うことで、ガス漏えい現象に関する計算値データを収集する。

この目的に資するために、ガス漏えい量をシミュレーションにより推定するプログラムを作成した。このプログラムの特徴は以下のとおりである。

- 任意のガス組成に対して適用可能
- 任意の配管内初期圧力、初期温度に対して適用可能
- 任意の亀裂形状、亀裂長さに対して適用可能
- ガスの漏えい伴う配管内圧力の低下、漏えい流量の低減などを計算可能

(3) 計算理論

粘性流体の流れの記述方程式はナビエ・ストークス方程式と呼ばれ、以下のように記述される。

(質量保存式)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0$$

(運動量方程式)

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial (\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) + \rho F_i$$

ここで、 ρ : 密度[kg/m³]、 μ : 粘度[Pa・s]、 x_i : 座標[m]、 u_i : 流速[m/s]、

p : 圧力[Pa]、 F_i : 外力項[m/s²]

一般的にナビエ・ストークス式から解析的に解を求めることは困難であるが、特定の形状、条件では解析解を得ることができる。運動方程式を円筒座標系で記述すると以下ようになる。

(質量保存式)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho u_r) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho u_z) = 0$$

(r 方向運動量方程式)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho u_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho u_r u_r) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho u_r u_z) - \frac{\rho u_\theta^2}{r} = & -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial r} \left(2\mu \frac{\partial u_r}{\partial r} \right) + \frac{2\mu}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} \\ & + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) \right) + \rho F_r \end{aligned}$$

(z 方向運動量方程式)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho u_z) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho u_z u_r) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho u_z u_z) = & -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\mu \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) \right) + \frac{\mu}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} \\ & + \frac{\partial}{\partial z} \left(2\mu \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) + \frac{\mu}{r} \frac{\partial u_r}{\partial z} + \rho F_z \end{aligned}$$

円管を通過する圧縮性流体の定常一次元層流流れ場を考えてみる。この場合には z 方向運動量方程式は以下のように簡略化される。

$$-\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\mu \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) + \frac{\mu}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) = 0$$

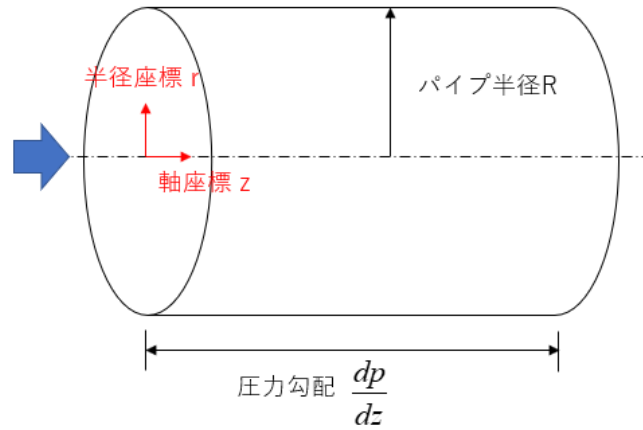


図 7.1.2.1 円管座標

円管壁面($r=R$)で流速 $u=0$ 、中心軸上 ($r=0$) で $\frac{\partial u_z}{\partial r} = 0$ とすれば、この微分方程式を積分することで流速分布が得られる（ハーゲンポアズイユ流）。ここで r は半径座標値、 R はパイプ半径を表している。

$$u_z(r) = -\frac{R^2}{4\mu} \frac{dp}{dz} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

この流速分布を円管断面全体に渡って積分することにより体積流量が得られる。これより、円管直径、ガス粘度、圧力勾配が分かれば、亀裂を通過する流量を計算することができる。がわかる。

$$Q_v = -\frac{\pi R^4}{8\mu} \frac{dp}{dz}$$

次に、ガス貯留タンク（ガス配管）から亀裂を通して、ガスが外部に漏えいする場合を考えてみる。亀裂の断面形状は円形と仮定する。

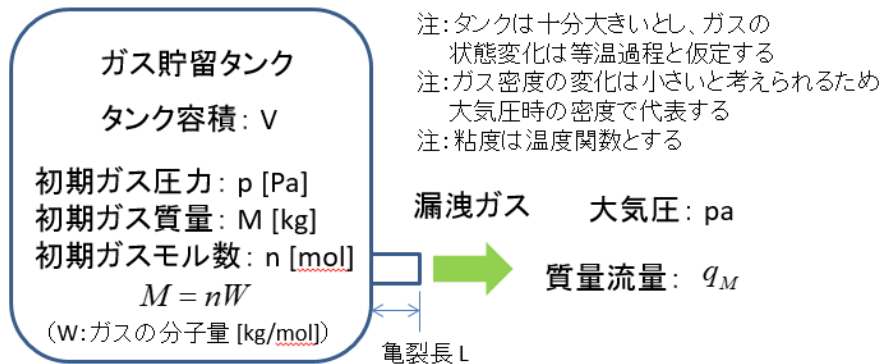


図 7.1.2.2 漏えいのイメージ

理想気体の方程式より

$$p = \frac{M}{W} \frac{RT}{V} \quad (1)$$

質量保存式より

$$\frac{dM}{dt} = -Q_M \quad (2)$$

ここで Q_M は質量流量である。前ページに示したハーゲンポアズイユの式より

$$Q_v = \frac{\pi R^4}{8\mu} \frac{p - p_a}{L} = \frac{Q_M}{\rho} \quad (3)$$

以下ではガス定数と混乱を避けるため、リークの半径を r と記述し、ガス定数を R と記述する。

(1)、(2)、(3) 式を組み合わせることで M に関する方程式が得られる。

$$\frac{dM}{dt} = -\frac{\rho \pi r^4}{L} \left(\frac{M}{W} \frac{RT}{V} - p_a \right) \quad (4)$$

ここから計測データ（ゲージ圧）に対応するように変数を次のように定義、再定義する。

$$\text{タンク内のゲージ圧 } p_g(t) = p(t) - p_a \quad (5)$$

$$\text{初期ゲージ圧 } p_g(o)$$

大気圧が一定値の場合（温度は一定値）

(1)式の絶対圧 $p(t)$ を (4) に代入して絶対圧に関する方程式を求める。

$$\frac{d\left(\frac{WV}{RT} p(t)\right)}{dt} = -\frac{\rho \pi r^4}{L} (p(t) - p_a)$$

両辺を $\frac{WV}{RT}$ で割ると

$$\frac{dp(t)}{dt} = -\frac{RT}{WV} \frac{\rho \pi r^4}{L 8\mu} (p(t) - p_a), \quad \text{初期値 } p(0)$$

この方程式を (5) 式よりゲージ圧で表すと

$$\frac{d(p_g(t) + p_a)}{dt} = -\frac{RT}{WV} \frac{\rho \pi r^4}{L 8\mu} p_g(t), \quad \text{初期値 } p_g(0) = p(0) - p_a$$

大気圧は一定とし、時間微分すると0となり

$$\frac{dp_g(t)}{dt} = -\frac{RT}{WV} \frac{\rho \pi r^4}{L 8\mu} p_g(t), \quad \text{初期値 } p_g(0) \quad (6)$$

いま次のように時定数 τ を定義する。

$$\frac{1}{\tau} = \frac{RT}{WV} \frac{\rho \pi r^4}{L 8\mu} \quad \text{or} \quad \tau = \frac{8\mu LWV}{\pi r^4 \rho RT} \quad (7)$$

タンク内のゲージ圧に関する(6)式の方程式は

$$\frac{dp_g(t)}{dt} = -\frac{1}{\tau} p_g(t), \quad \text{初期値 } p_g(0)$$

この方程式の解は

$$p_g(t) = p_g(0) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (8)$$

となり、時定数 $\tau = \frac{8\mu LWV}{\pi r^4 \rho RT}$ にパラメータを導入するだけで解析的に計算できる。 $t=0$ で $p_g(0)$ 、ここから指数関数的に減少し $t=\tau$ の時刻で $p_g(0)/2.718$ ($e=2.718$) まで減少し、最終的にはゲージ圧は0となる。

★計算上の留意事項

このプログラムは、前項の理論式で記述したように幾つかの仮定を行っている。従ってこれらの前提が成り立たない場面では、このプログラムの計算結果は妥当でなくなることに注意が必要である。

①亀裂内部の流れがハーゲンポアズイユ流れになっているとしている。これは流れ場のレイノルズ数（慣性力／粘性力）が小さい範囲（例えば $Re < 100$ 程度）に対してのみ有効である。流れ場のレイノルズ数は以下の式で評価することができる。

$Re = \text{流体密度} \times \text{亀裂通過流速} \times \text{等価水力直径} / \text{流体粘度}$

②ハーゲンポアズイユ流れを導く際に流体は非圧縮性であると仮定している。計算で得られた亀裂通過流速が非常に大きい場合（例えば音速の 0.2 倍を超える）、基礎式的前提が成り立たないため、計算結果は不適切になる。音速は、室温の空気の場合大体 340 m/s 程度、室温のプロパンガスの場合 大体 250 m/s 程度である。

(4) 設定項目

- ① タンク（配管）容積[m³]：タンク内部のガス容積を指定する。
- ② 初期ガス圧力[Pa]：漏えい開始時点におけるタンク内のゲージ圧力を指定する。
- ③ ガス分子量[g/mol]：ガスの分子量を指定する。もしガスが複数の成分から構成されている場合には、モル分率から算出した等価分子量を指定する。
- ④ 亀裂長さ[m]：亀裂の長さを指定する。ここで言及している長さはタンク内部の亀裂始点からタンク外表面の亀裂終点までの距離の意味である。
- ⑤ 等価水力直径[m]：亀裂断面を等価な円形断面に置き直した場合の直径を指定する。このプログラムは亀裂内の流れは、ハーゲンポアズイユ流れ（流路は円形断面）と仮定している。しかし、現実的には亀裂は様々な形状であると考えられるため、等価水力直径を使い任意の亀裂断面形状に対して流体力学的に等価な円管の直径を計算して入力する
- ⑥ 基準圧力[Pa]：圧力の基準値を指定する（例えば平均大気圧=101325[Pa]）
- ⑦ 気体定数[J/mol/K]：気体定数を指定する（=8.31451）
- ⑧ 出力ファイル名：ここで指定されたファイルに出力される。
- ⑨ 出力時間刻み[sec]：計算結果を出力する間隔を指定する。
- ⑩ 出力ステップ数[-]：計算結果を出力する全ステップ数を指定する。計算結果が出力される最終時刻は（出力時間刻み）×（出力ステップ数）となる。
- ⑪ 検査時刻[sec]：ある特定の時刻における漏えい計算結果を見たい場合に、その時刻を指定する。指定可能な時刻は任意個数である。またここで指定する時刻は前記の出力時間刻みから決定される時刻（等間隔の時間刻み幅）とは全く無関係に指定することが可能である。
- ⑫ 検査圧力[Pa]：ある特定のタンクゲージ圧力における漏洩計算結果を見たい場合に、その圧力を指定する。指定可能な圧力は任意個数である。
- ⑬ ガス物性値：想定するガスの温度[°C]、密度[kg/m³]、粘度[Pa.s]を指定する。

(5) シミュレーション結果

1) 漏えい試験の検知性能

漏えい試験は降下圧力が使用する圧力測定器の許容誤差範囲を超えることで漏えいと判断する。例えば機械式自記圧力計では 0.2kPa、電気式ダイヤフラム式自記圧力計では 0.03kPa となっている。

降下圧力と漏えい量の関係について等価水力直径を変化させてシミュレーションを行った。

【条件】

- タンク（配管）容積[m³]：0.00467 （=20A 配管で 12.61m 相当）
- 初期ガス圧力[Pa]：2300
- ガス分子量[g/mol]：44.11（プロパン）
- 亀裂長さ[m]：0.01
- 等価水力直径[m]：0.00007
- 基準圧力[Pa]：101325
- 気体定数[J/mol/K]：8.31451
- 出力時間刻み[sec]：1
- 出力ステップ数[-]：600
- ガスの温度[°C]：20
- 密度[kg/m³]：1.8954（プロパン）
- 粘度[Pa.s]：0.8e-005（プロパン）
- 初期レイノルズ数：73.0117705078125

【出力結果】

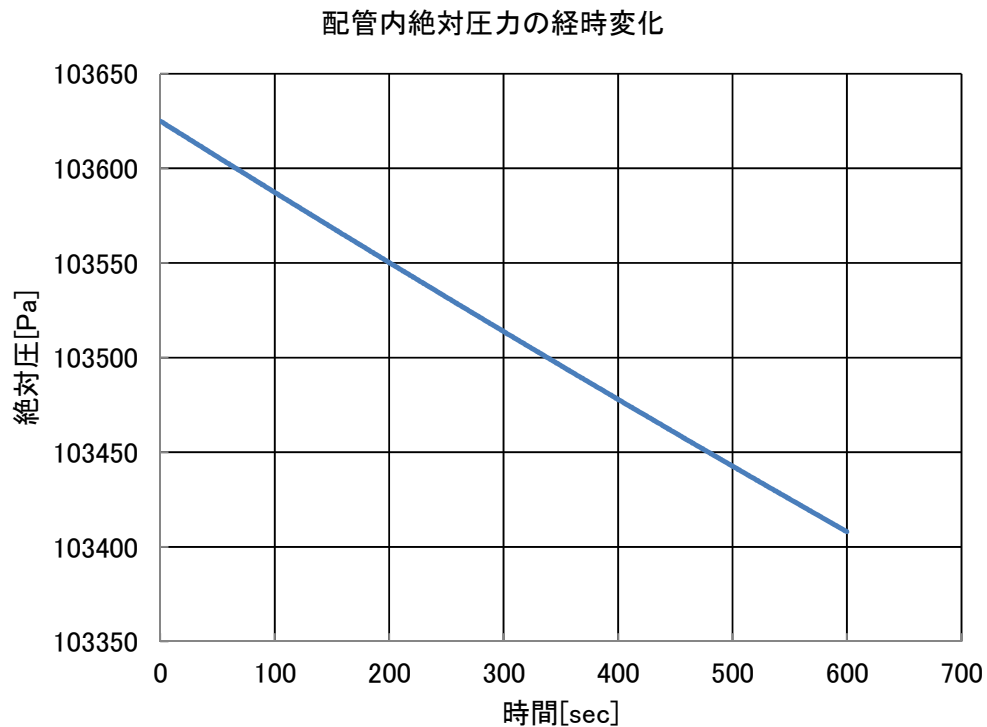


図 7.1.2.3

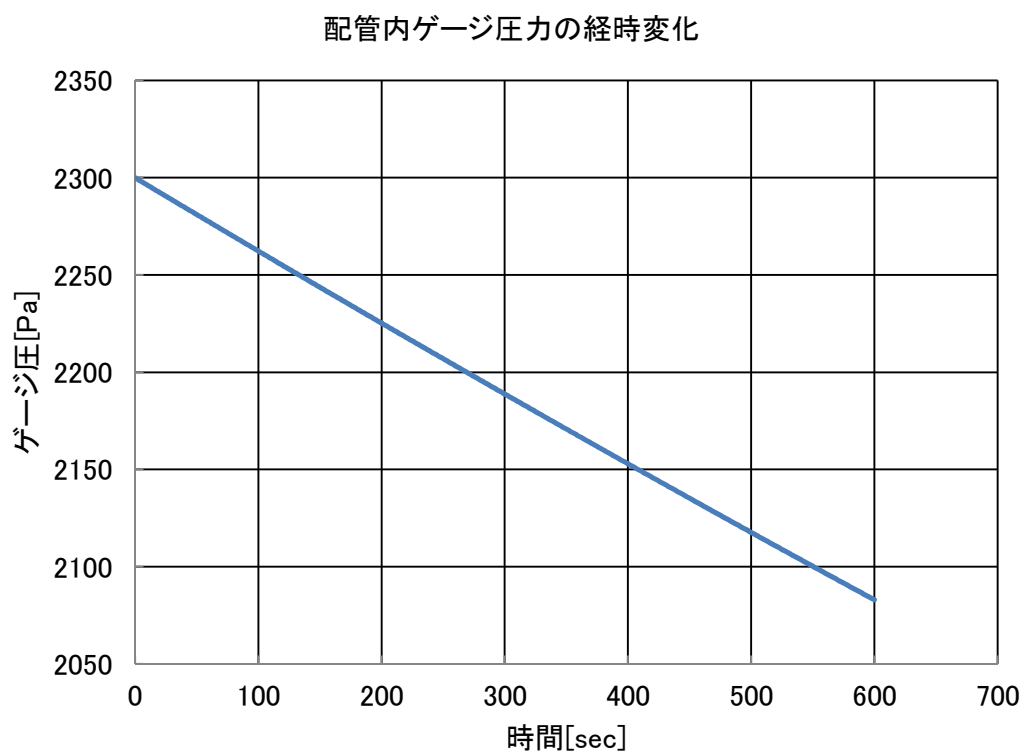


図 7.1.2.4

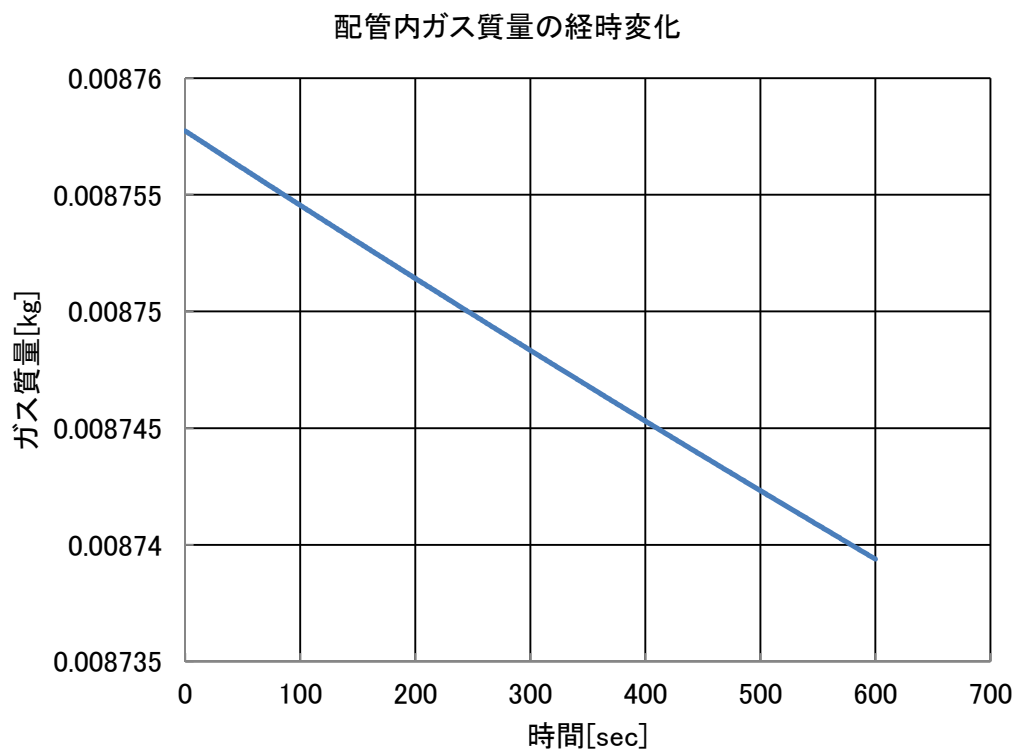


図 7.1.2.5

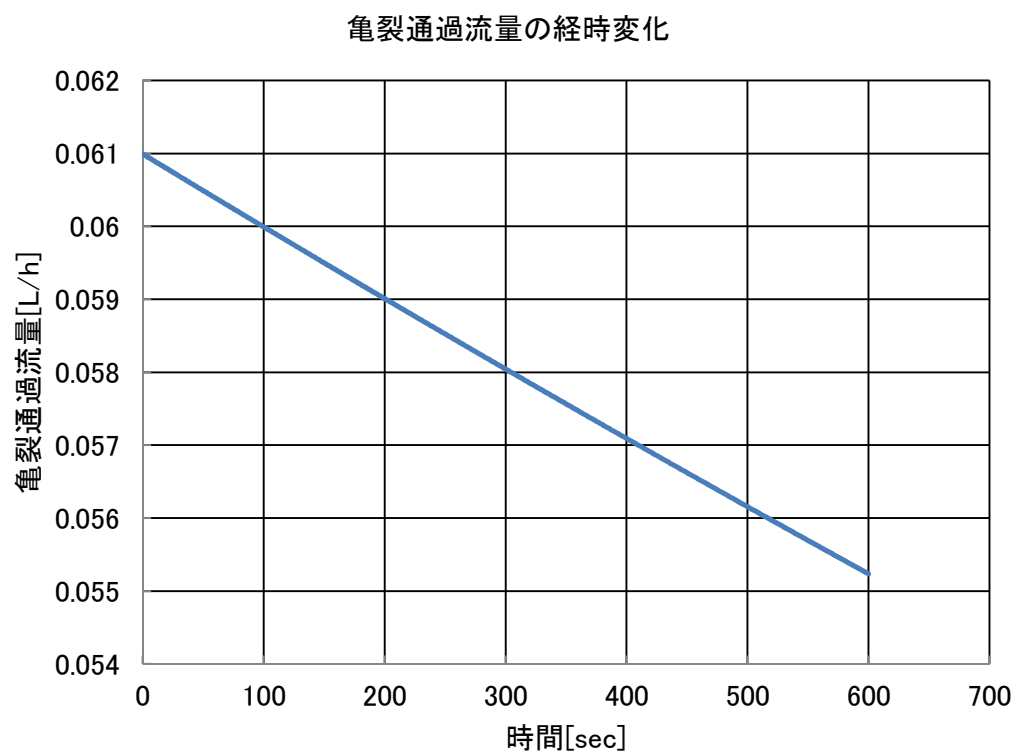


図 7.1.2.6

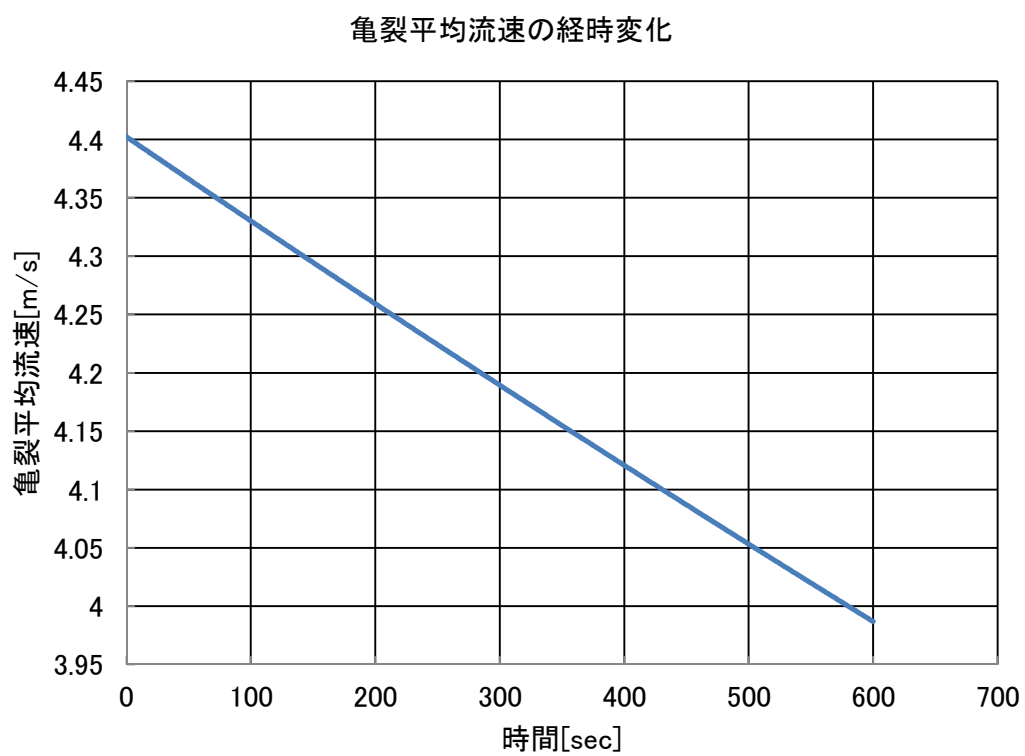


図 7.1.2.7

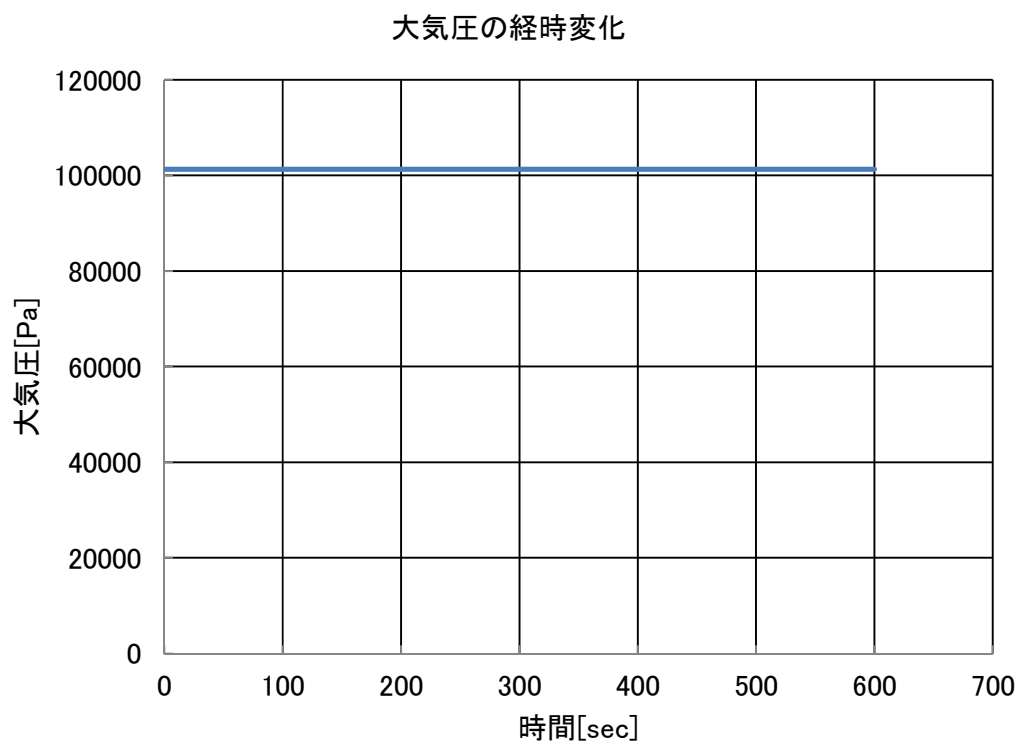


図 7.1.2.8

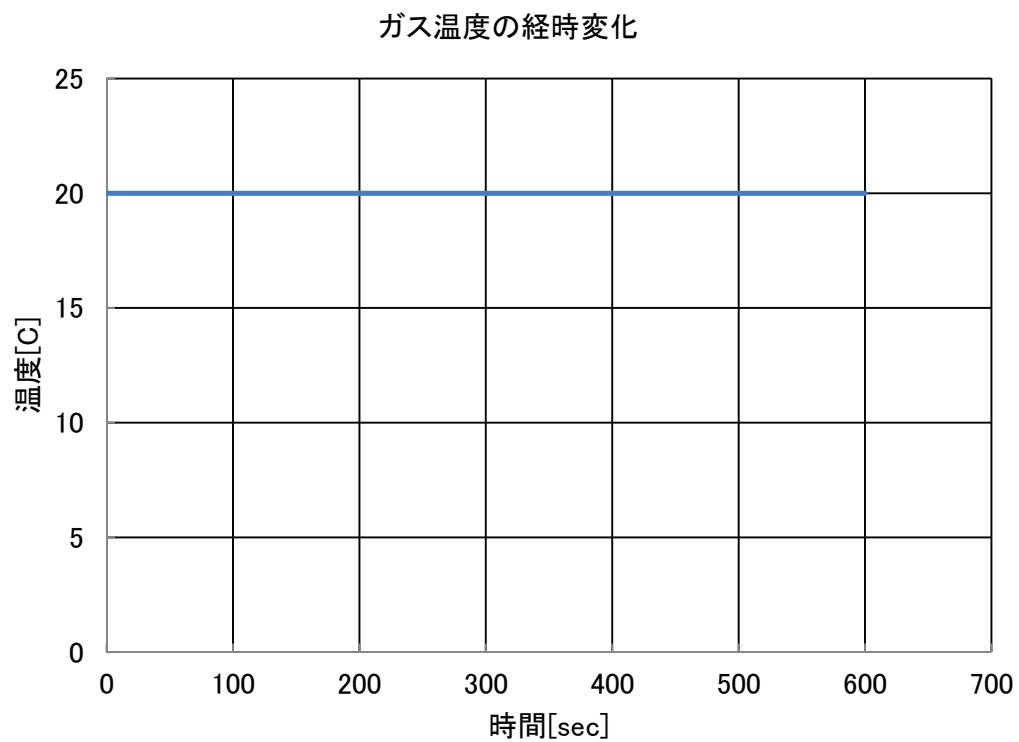


図 7.1.2.9

図7.1.2.4より、初期圧力2300Paが600秒後に2080Paに降下しており、その差は220Paであることがわかる。次に同じ条件下において等価水力直径を変化させ、配管内圧力の降下状況との関係を見る。

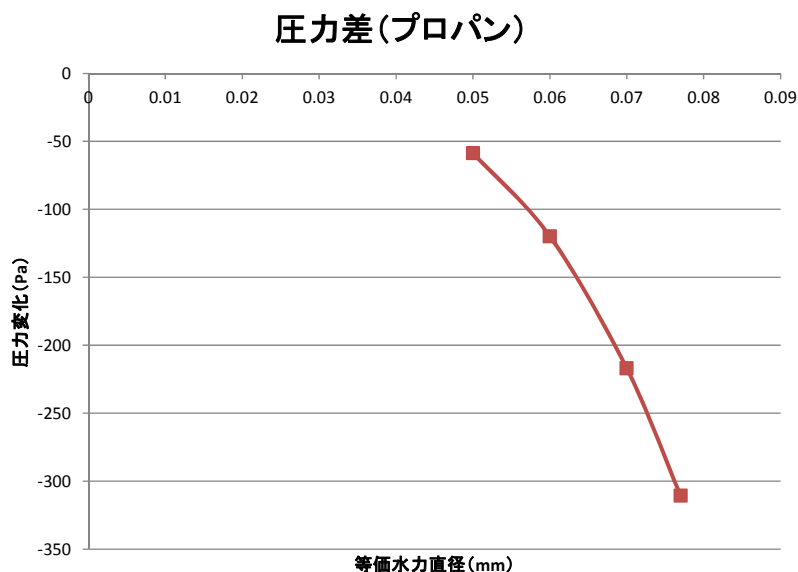


図 7.1.2.10

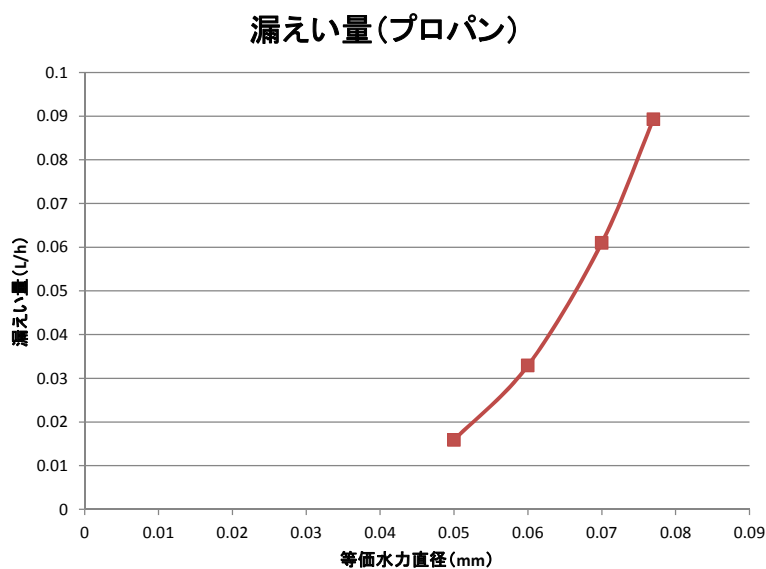


図 7.1.2.11

機械式自記圧力計の場合、加圧圧力（使用圧力以上5.5kPa未満）を10分間保持した際に、許容誤差（0.2kPa）以上の圧力変動があった場合に漏えいと判断する。

図7.1.2.10は圧力差と等価水力直径の計算結果を示したものであるが、圧力降下が0.2kPa以上となるのは等価水力直径が約0.068mmを越える場合である。

更に図7.1.2.11は等価水力直径とガス漏えい量の計算結果であるが、等価水力直径が0.068mmの場合にガス漏えい量は約0.06L/h程度であることがわかる。

2)加圧圧力と検知性能について

漏えい試験では加圧する圧力は使用圧力以上 5.5kPa 未満で行うこととなっている。使用圧力は $2.8\text{kPa} \pm 0.5\text{kPa}$ とすると、2.3～5.5kPa を加圧する必要がある。加圧圧力と漏えい検知性能に関するシミュレーションを行った。

前記のシミュレーションと初期ガス圧力を変更（2300→5500Pa）することで検知性能の変化を考察する。

【条件】

- タンク（配管）容積[m³]：0.00467 （=20A 配管で 12.61m 相当）
- 初期ガス圧力[Pa]：5500
- ガス分子量[g/mol]：44.11（プロパン）
- 亀裂長さ[m]：0.01
- 等価水力直径[m]：0.00004～0.000056
- 基準圧力[Pa]：101325
- 気体定数[J/mol/K]：8.31451
- 出力時間刻み[sec]：1
- 出力ステップ数[-]：600
- ガスの温度[°C]：20
- 密度[kg/m³]：1.8954（プロパン）
- 粘度[Pa.s]：0.8e-005（プロパン）
- 初期レイノルズ数：32.5771875

【結果】

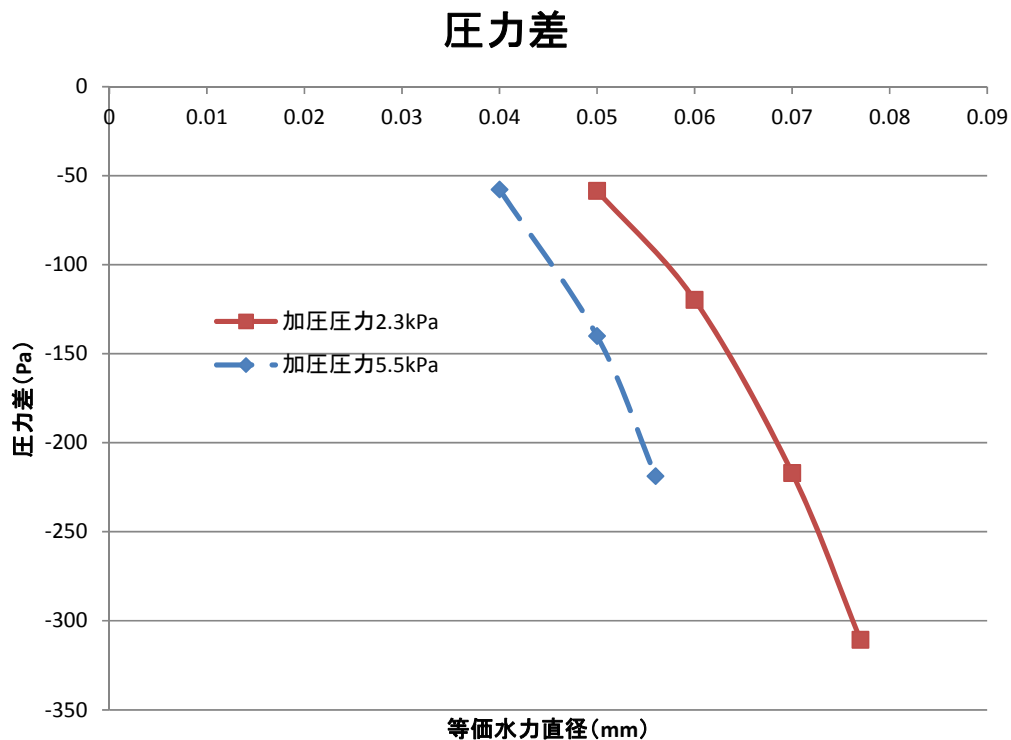


図 7.1.2.12

図 7.1.2.12 より加圧圧力が 5.5kPa の場合に、圧力差が-200Pa となるのは等価水力直径が 0.053mm の時であるから、加圧圧力 2.3kPa 場合（0.068mm）よりも小さな亀裂を検知することが可能となる。

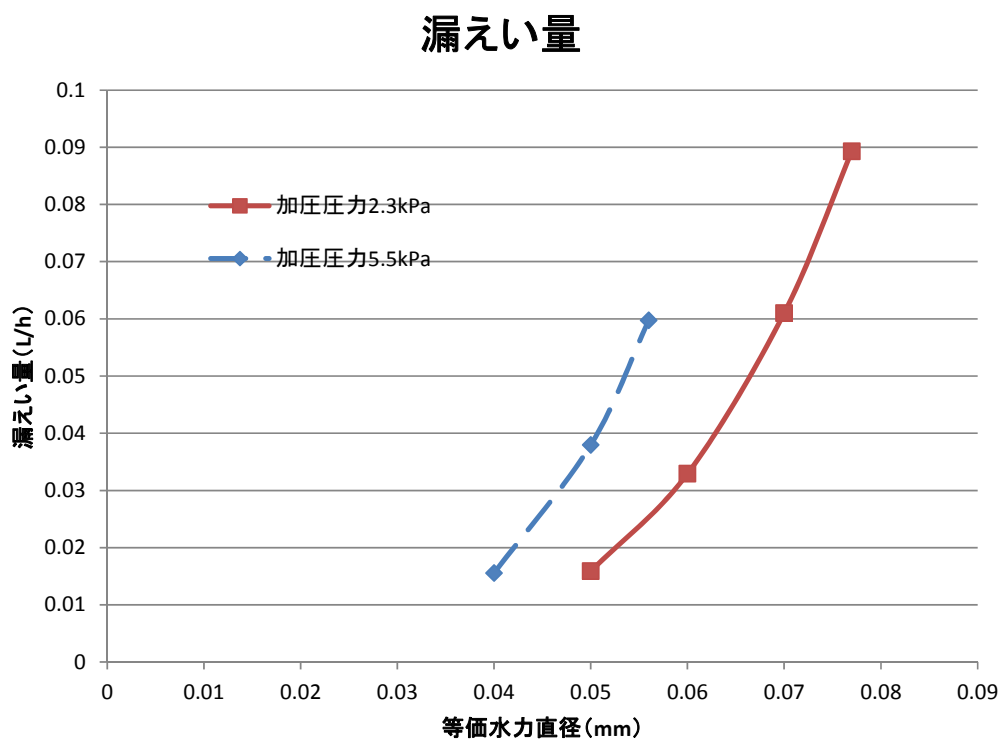


図 7.1.2.13

図 7.1.2.13 より等価水力直径が 0.053mm の際には、加圧圧力が 5.5kPa の場合には、漏えい量が 0.045L/h である。加圧圧力が 2.3kPa の時に比べ 0.015L/h 程度、検知能力が向上する。

3)配管容量と漏えい検知性能

漏えい試験の圧力降下と配管容積の関連に関するシミュレーション行う。

配管容積が2 L (20A 配管で 5.4m 相当)、4.67L (同 12.6m)、15 L (同 41m) の場合の圧力降下時間を計算した。

【条件】

- タンク（配管）容積[m³]：0.00467、0.002、0.015
- 初期ガス圧力[Pa]：2300
- ガス分子量[g/mol]：44.11（プロパン）
- 亀裂長さ[m]：0.01
- 等価水力直径[m]：0.000068
- 基準圧力[Pa]：101325
- 気体定数[J/mol/K]：8.31451
- 出力時間刻み[sec]：1
- 出力ステップ数[-]：600
- ガスの温度[°C]：20
- 密度[kg/m³]：1.8954（プロパン）
- 粘度[Pa.s]：0.8e-005（プロパン）
- 初期 Re 数：66.9307201875

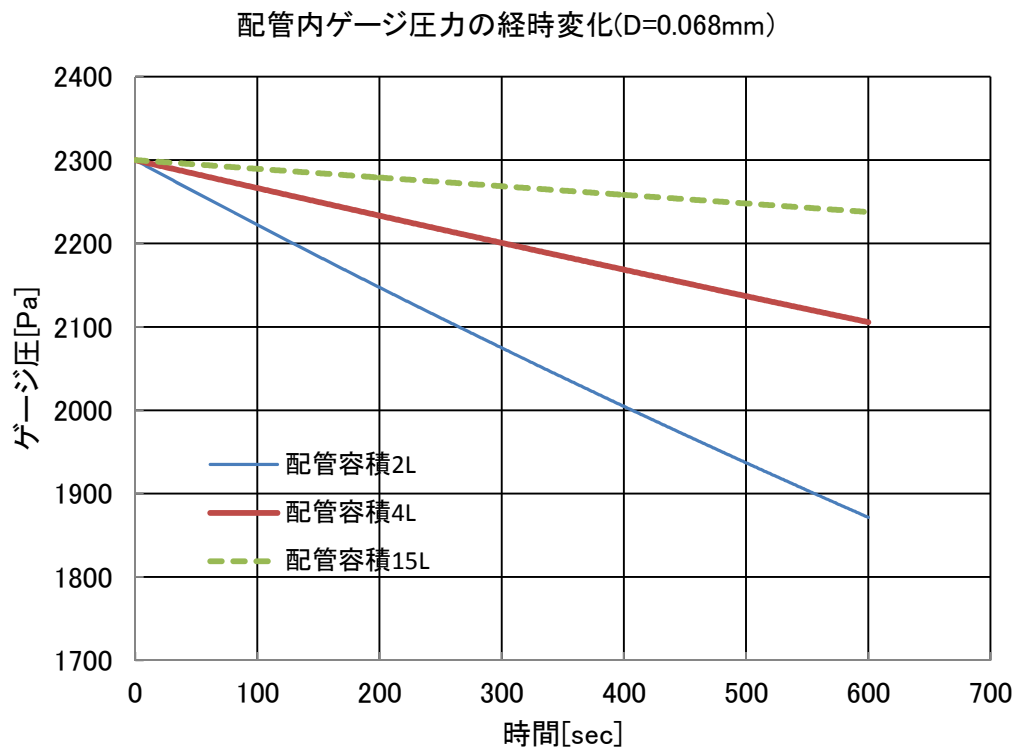


図 7.1.2.14

同じ亀裂に対し配管容積が小さいほど圧力降下が大きい。

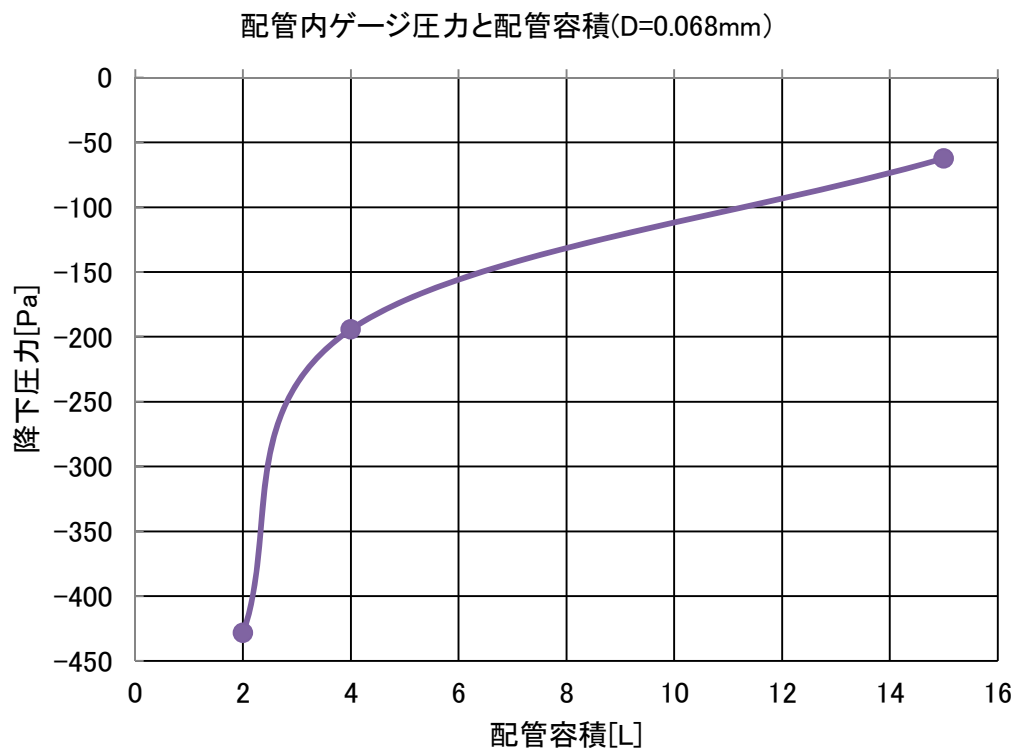


図 7.1.2.15

配管容積が約 5 L を超えると 600 秒後に降下する圧力が小さくなることがわかる。(漏えい試験における保持時間は配管容積に応じた時間が定められている。)

4) ガス種の違い

図 7.1.2.10 及び図 7.1.2.11 で行ったシミュレーションに関して、ガス種の条件をプロパンから空気に変えて計算した結果を以下に示す。

【条件】

- タンク（配管）容積[m³]：0.00467 （=20A 配管で 12.61m 相当）
- 初期ガス圧力[Pa]：2300
- ガス分子量[g/mol]：44.11（プロパン）、28.966（空気）
- 亀裂長さ[m]：0.01
- 等価水力直径[m]：0.00005～0.000068
- 基準圧力[Pa]：101325
- 気体定数[J/mol/K]：8.31451
- 出力時間刻み[sec]：1
- 出力ステップ数[-]：600
- ガスの温度[°C]：20
- 密度[kg/m³]：1.8954（プロパン）、1.176（空気）
- 粘度[Pa.s]：0.8e-005（プロパン）、1.862e-005（空気）
- 初期 Re 数：8.36218836565097（空気）

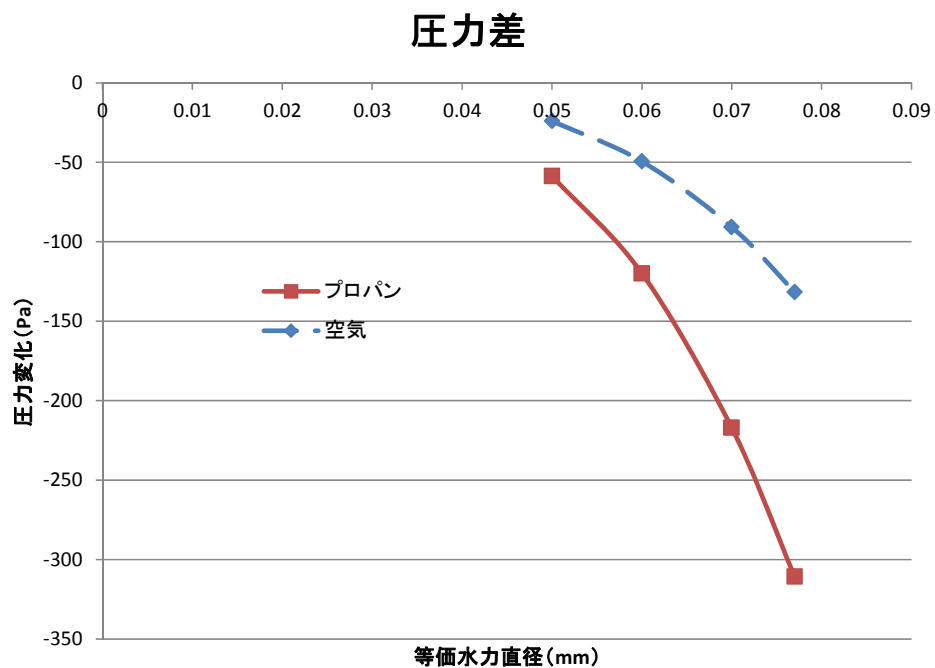


図 7.1.2.16

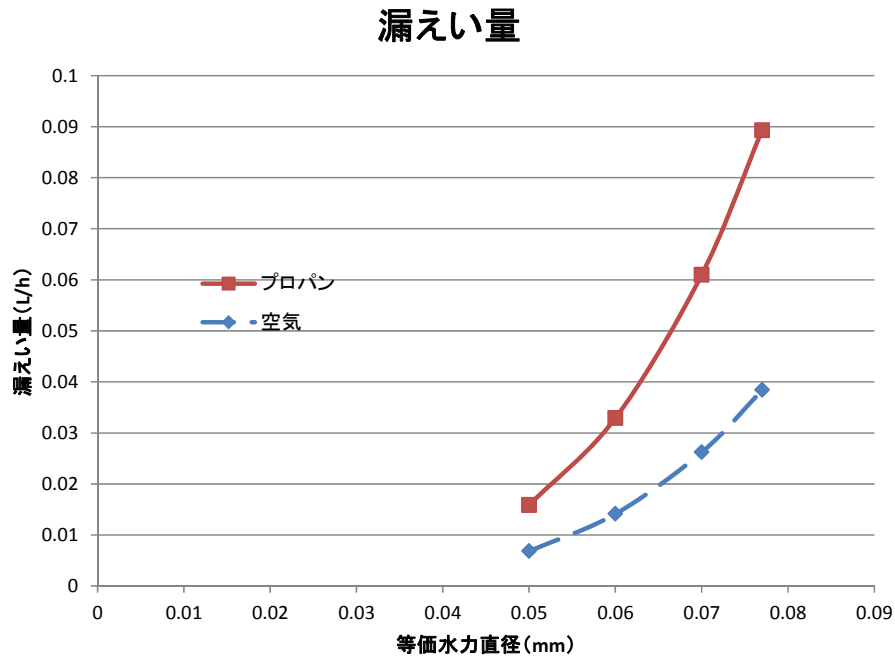


図 7.1.2.17

ガス種が空気の場合にはプロパンよりも同じ亀裂であっても圧力降下が小さい。

（６）考察

①漏えい試験の検知性能

亀裂のある配管設備に圧力計を使った漏えい試験を実施したと想定するシミュレーションした場合、0.06L/hの漏えい（プロパンの場合）が検知できる限界であるという結果であった。

②加圧圧力と検知性能について

漏えい試験を実施する場合、加圧する圧力に幅がある。シミュレーションでは2.3kPaと5.5kPaの条件で計算を行い、等価水力直径が各々0.068mmと0.053mmの検知が可能となる結果であった。面積比にすると約60%の亀裂を検知可能となる。

③配管容量と漏えい検知性能

配管容積と漏えい試験の検知性能に関するシミュレーションでは、配管容積が大きいほど配管内圧力の降下は小さい。従って配管の大きさにより圧力の監視時間を長くとる必要がある。シミュレーション結果では配管容積が約5Lを超えると降下速度が鈍る結果であった。

④ガス種の違い

配管内のガスの種類をプロパンと空気ですべてシミュレーションを行った。亀裂の大きさが同じ場合には空気に比べプロパンの方が漏えい量が2.33倍多い結果となった。空気とプロパンの物性値（ガス分子量、密度、粘度）が影響している。

⑤実験との比較について

これまでの実験値と比較した場合、電気式ダイヤフラム式自記圧力計を用いた漏えい試験の検知限界が0.1L/hであった。シミュレーション結果との差の原因としては測定器具の測定能力やガスの噴出状況（亀裂の状態）が影響していると考えられる。シミュレーションにおいて、理論上は等価水力直径を数値的に小さくすることで表現できるが、実測の際には計測する流量が小さくなるにつれて指示値が不安定となっていく。また、計測器の限界性能に加えて、ガスや漏えい制御バルブ中の異物等により穴が塞がってしまった等の理由により確率的にガスが流れてしまうこと等があるため、計算結果と一致しない部分があることが考えられる。

また、モデル配管実験では空気を使ってデータ収集を行っている。漏えい試験の性能とマイコンメータの検知機能を比較して評価する上では問題ないものの、爆発等の安全性を検証する際には漏えいするプロパンの量が関係するため、ガス種の違いによるシミュレーション結果を考慮する必要がある。

7. 2 ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査

7.2.1 漏えい試験に関する性能確認調査

(1) 概要

(仕様)

(2) ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査

①漏えい試験に関する性能確認調査

「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 14 年 12 月 27 日制定 平成 14・11・26 原院第 6 号）」の第 29 節「供給管又は配管等の漏えい試験の方法」において規定されている漏えい試験方法のうち、(1) ①で行う実証調査時に自記圧力計等を用いて行う漏えい試験を行い、測定時の加圧ガスの圧力変動とガス漏えい量との因果関係を把握するためのデータを収集する。

(a)背景・課題

現行の基準に定められた漏えい試験方法は自記圧力計等による圧力変動の有無において漏えいを判定する。マイコンメータの漏えい検知性能と比較検討するためには圧力変動と漏えい量の関係に関するデータを収集する必要がある。

(b)実施内容

実施内容として、現行の基準に規定された漏えい試験方法による漏えい検知性能を確認するため、長い配管設備を想定したモデル配管設備を使って、加圧ガスの圧力とガス漏えい量の関係や配管長の違い等の条件による実験を行いデータを収集する。

(2) 実施方法

(イ)ガス漏えい量と圧力変動の関係

配管内容積 28.67L (20A 管で約 77.5m に相当) と 4.67L (20A 管で約 12m に相当) のモデル配管を用意して、自記圧力計を用いた漏えい試験を実施した際に、ガス漏えい用バルブによりガス漏えい量を 1L/h 以下に設定した場合、ガス漏えい量と計測圧力の関係に関するデータを収集した。

(ロ)加える圧力と圧力変動の関係

自記圧力計を用いた漏えい試験において、ハンドポンプを使って加圧する圧力が 2.8kPa 程度と 5.5kPa 程度で行った際の加圧圧力と圧力変動の関係に関するデータを収集した。

(ハ)保持時間と圧力変動の関係

ガス漏えい用バルブによりガス漏えいを発生させた状態で漏えい試験を行った際に、保持時間が 5 分の場合と 10 分の場合における圧力変動の差に関するデータを収集した。

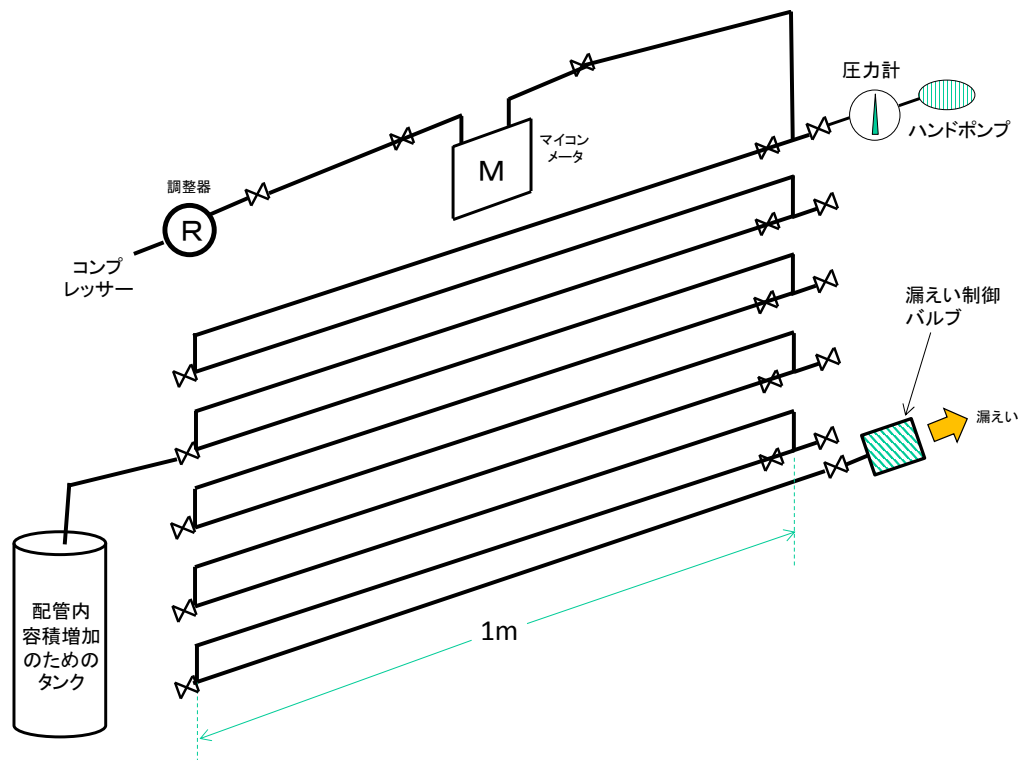


図 7.2.1.1 モデル配管



写真 7.2.1.1 実験設備



写真 7.2.1.2 機械式自記圧力計（左）と電気式ダイヤフラム式自記圧力計

◆実施手順

- ①コンプレッサーのバルブを閉止する。
- ②圧力計等を取り付ける。
- ③配管等内の圧力を大気圧と同じ圧力に減圧した後、調整器下流部の配管をハンドポンプを使って使用圧力以上 5.5kPa 未満の圧力に空気を加圧する。
- ⑤機械式自記圧力計の場合には 10 分間以上、電気式ダイヤフラム式自記圧力計の場合には 5 分間又は 2 分間（配管内容積による）保持し、圧力測定器具により圧力降下を測定する。
- ⑥圧力に変動のないものを合格とする。この場合、圧力の変動がないものとは、漏えい試験の始めと終わりとの測定圧力差(漏えい試験の始めと終わりに温度差がある場合は温度補正したものをいう。)が圧力測定器具の許容誤差内にあるものをいう。(今回使用した器具の許容誤差は機械式自記圧力計の場合は $\pm 0.2\text{kPa}$ 、電気式ダイヤフラム式自記圧力計の場合には $\pm 0.03\text{kPa}$)

(3) 実施結果

配管内容積 28.67L (20A 管で約 77.5mに相当) と 4.67L (20A 管で約 12mに相当) のモデル配管を用意して、自記圧力計を用いた漏えい試験を実施した際に、ガス漏えい用バルブによりガス漏えい量を 1L/h 以下に設定した場合、ガス漏えい量と判定結果の関係に関するデータを収集した。

①機械式自記圧力計による判定結果

表 7.2.1.1 機械式自記圧力計判定結果

試験No.	試験時間 (分)	漏えい量 (L/h)	配管内 容積 (L)	試験開始 時圧力 (kPa)	試験終了 時圧力 (kPa)	降下した 圧力 (kPa)	判定結果
11	10	0.6	28.67	2.8	2.6	0.2	漏えい有り
14	10	0.5	28.67	2.74	2.6	0.14	漏えい無し
17	10	0.4	28.67	2.76	2.74	0.02	漏えい無し
20	10	0.3	28.67	2.76	2.7	0.06	漏えい無し
23	10	0.2	28.67	2.72	2.72	0	漏えい無し
26	10	0.1	28.67	2.84	2.84	0	漏えい無し

【条件】配管内容積：28.67L、気温：22℃、湿度：22%

表 7.2.1.2 機械式自記圧力計判定結果

試験No.	試験時間 (分)	漏えい量 (L/h)	配管内 容積 (L)	試験開始 時圧力 (kPa)	試験終了 時圧力 (kPa)	降下した 圧力 (kPa)	判定結果
12	10	0.6	4.67	2.78	1.9	0.88	漏えい有り
15	10	0.5	4.67	2.74	2.2	0.54	漏えい有り
18	10	0.4	4.67	2.74	2.4	0.34	漏えい有り
21	10	0.3	4.67	2.74	2.56	0.18	漏えい無し
24	10	0.2	4.67	2.78	2.66	0.12	漏えい無し
27	10	0.1	4.67	2.84	2.82	0.02	漏えい無し

【条件】配管内容積 4.67L、気温：22℃、湿度：22%

表 7.2.1.3 機械式自記圧力計判定結果

試験No.	試験時間(分)	漏えい量(L/h)	配管内容積(L)	試験開始時圧力(kPa)	試験終了時圧力(kPa)	降下した圧力(kPa)	判定結果
13	10	0.6	28.67	5.2	4.42	0.78	漏えい有り
16	10	0.5	28.67	5.2	4.1	1.1	漏えい有り
19	10	0.4	28.67	5.38	5.1	0.28	漏えい有り
22	10	0.3	28.67	5	4.8	0.2	漏えい無し
25	10	0.2	28.67	5.2	5	0.2	漏えい無し
28	10	0.1	28.67	5.4	5.3	0.1	漏えい無し

【条件】配管内容積 28.67L、試験開始圧力 5.2kPa 程度、気温：22℃、湿度：22%

◆考察

(a)配管内容積の違い

配管内容積が 28.67L の場合は 0.6L/h のガス漏えいを検知したのに対し、配管内容積が 4.67L の場合は、0.4L/h のガス漏えい検知している。

配管内容積が大きい方が、定められた時間での圧力降下が小さいため、ガス漏えい検知の性能が下がることがわかる。

(b)試験開始時圧力の違い

配管内容積が同じ場合、試験開始圧力が高い場合（5kPa 程度）には 0.4L/h のガス漏えいを検知しているのに対し、試験開始圧力が低い場合（2.8kPa 程度）には 0.6L/h であった。試験開始圧力が高い方が、より小さなガス漏えいを検知できることがわかる。

ガス漏えい検知の不利な条件の時である配管が長くて、試験開始圧力が低い場合であっても 0.6L/h 程度のガス漏えいを検知できている。

以上のことから、漏えい検知性能に関して不利な条件である配管内容積が大きく、試験圧力が低い場合の検知結果を考慮すると、機械式自記圧力計によるガス漏えい検知の性能は 0.6L/h 程度と考えられる。

②電気式ダイヤフラム式自記圧力計による判定結果

表 7.2.1.4 電気式ダイヤフラム式自記圧力計判定結果

試験 No.	配管内 容積(L)	試験 時間 (分)	漏えい 量 (L/h)	試験開始 時圧力 (kPa)	試験終了 時圧力 (kPa)	降下した 圧力 (kPa)	温度補正 後降下圧 力(kPa)	判定結果
31	28.67	5	0.5	2.8	2.72	0.08	0.24	漏えい有り
33	28.67	5	0.4	2.84	2.75	0.09	0.43	漏えい有り
35	28.67	5	0.3	2.84	2.76	0.08	0.31	漏えい有り
37	28.67	5	0.2	2.86	2.77	0.09	0.39	漏えい有り
39	28.67	5	0.1	2.84	2.8	0.04	0.42	漏えい有り

【条件】配管内容積 28.67L、試験時間 5 分、試験開始圧力 2.8kPa、気温 22℃、湿度 22%

表 7.2.1.5 電気式ダイヤフラム式自記圧力計判定結果

試験 No.	配管内 容積(L)	試験 時間 (分)	漏えい 量 (L/h)	試験開始 時圧力 (kPa)	試験終了 時圧力 (kPa)	降下した 圧力 (kPa)	温度補正 後降下圧 力(kPa)	判定結果
32	4.67	2	0.5	2.83	2.66	0.17	0.14	漏えい有り
34	4.67	2	0.4	2.87	2.75	0.12	0.09	漏えい有り
36	4.67	2	0.3	2.93	2.84	0.09	0.06	漏えい有り
38	4.67	2	0.2	2.9	2.83	0.07	0.04	漏えい有り
40	4.67	2	0.1	2.93	2.89	0.04	0.01	漏えい無し

【条件】配管内容積 4.67L、試験時間 2 分、試験開始圧力 2.8kPa、気温 22℃、湿度 22%

◆考察

(a)配管内容積の違い

配管内容積が 28.67L の場合は 0.1L/h のガス漏えいを検知したのに対し、配管内容積が 4.67L の場合においては、0.1L/h のガス漏えい検知できていない。

今回の計測において最小値のガス漏えい量 0.2L/h 程度のガス漏えい検知の性能があることがわかる。

(b)試験時間の違い

定められている試験時間が配管容積によって異なっている。試験時間が 5 分と 2 分で行った場合に配管内容積が小さい方が、0.1L/h の漏えいを検知できていない。0.1L/h という極めて小さい流量に関しては、試験時間の長短の影響よりも、計測設備の限界の要因が影響している可能性が高いと思われる。

以上のことから、電気式ダイヤフラム式自記圧力計によるガス漏えい検知の性能は 0.2L/h 程度と考えられる。

(4) まとめ

(イ) ガス漏えい量と圧力変動の関係

配管内容積が異なる場合のガス漏えい量と圧力変動の関係についてデータ収集を行った。機械式と電気式の2種類の自記圧力計による漏えい判定を行ったところ、以下のような結果となる。

検知した漏えい量（試験圧力 2.8kPa の場合）

	機械式自記圧力計	電気式ダイヤフラム式 自記圧力計
配管内容積 28.67L	0.6L/h	0.1L/h
配管内容積 4.67L	0.4L/h	0.2L/h

(ロ) 加える圧力と圧力変動の関係

試験開始圧力が異なる場合のガス漏えい量と圧力変動による漏えい判定結果に関するデータ収集を行った結果、以下の通りであった。

検知した漏えい量（配管内容積 28.67L の場合）

	機械式自記圧力計	電気式ダイヤフラム式 自記圧力計
試験圧力 2.8kPa	0.6L/h	0.1L/h
試験圧力 5.2kPa	0.4L/h	—

(ハ) 保持時間と圧力変動の関係

保持時間は配管内容積及び使用する自記圧力計の種類に応じて定められている。漏えい判定結果を以下の通りとなる。

検知した漏えい量（配管内容積 28.67L、2.8kPa）

	機械式自記圧力計	電気式ダイヤフラム式 自記圧力計
保持時間 10 分	0.6L/h	—
保持時間 5 分	—	0.1L/h

今回の計測では、通常の一般住宅よりも配管容積が大きなモデル配管を使って、機械式及び電気式の自記圧計の漏えい検知機能データを収集した。その結果、機械式自記圧力計では 0.6L/h 程度、電気式ダイヤフラム式自記圧力計では 0.2L/h 程度 のガス漏えいを検出した。なお、0.1L/h 未満の漏えいは今回の実験設備において発生・計測することが難しいため、データが取得可能な限界でもあった。

漏えい試験では配管内容積に応じて監視時間が定められているが、今回の計測は 28.67L（長さで 77.5m 相当）で行っており、配管内容積が大きい配管設備であることを勘案すると、これらの判定結果は各自記圧力計による漏えい試験の限界の検知性能であると考えられる。

7.3 マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

7.3.1 LPガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査

(1) 概要

(仕様)

(3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

① LPガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査

(1) ①で行う実証調査時に、マイコンメータが漏えいを検知するまでの時間等に係るデータを収集し、マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知の限界性能に関する検証調査を行う。

実施内容として、一般家庭に比べて大規模な配管設備である集合住宅を想定したモデル配管設備を構築し、様々な環境条件により漏えい試験方法に関するデータを収集する。ガス漏えいを検知できる能力、流量検知式や圧力検知式などの原理の違い等についての計測等を実施し、定量的なデータ収集・計測調査を実施する。

(2) 微少漏えい警告機能について

マイコンメータのガス漏えい検知機能の一つに、微少漏えい警告機能がある。マイコンメータは21L/h以上のガス流量がある場合には、継続時間を監視して異常と判断した時は遮断する(使用時間遮断機能)。ガス流量が21L/h未満の場合は、30日間継続を確認した時に警告表示をする(微少漏えい警告機能)。

微少漏えい警告機能は流量式微少漏洩警告と圧力式微少漏洩警告がある。

① 流量式微少漏洩警告

マイコンメータ以降に微少流量のガスが30日を超えて流量が継続して流れ続けた場合、ガス供給配管に漏れがあると判断し警告表示を行うと共に、通信端子に警告信号を出力する機能である。尚、微少漏洩の継続日数をマイコンメータ内部で積算し、必要に応じて通信端子より読み出すことができる。

● 警告判定

1時間毎に流量を検出している状態が連続30日以上継続した時

- ・ 1時間以内に流量を検出しない状態があった場合はリセットする。
- ・ 『口火登録あり』が設定をされ、口火流量が登録されている場合は、登録流量の範囲に入った時点で流量式微少漏洩日数をリセットする。ただし、流量式微少漏洩警告が発生していない時のみとする。

液化石油ガス用マイコン型流量検知式自動ガス遮断装置(S型)技術基準
(KHKS0733)による規定

「⑳ 3 L/h未満の流量を継続して30日間検知したときに表示する機能（以下「流量式微量漏洩検知機能」という。）を有し、かつ、他の事象により遮断、復帰しても当該機能に影響を与えないものであること。」

②圧力式微量漏洩警告

ガス未使用中、15分毎に供給管内の圧力を計測し、ガス使用停止直後の圧力と15分毎に計測した圧力差が所定値以上の上昇を、30日間連続して観測されなかった場合、圧力式微量漏洩警告を発する機能である。（以下『圧力式微量漏洩検知機能』という）

●警告判定

ガス未使用中（流量 2.8 L/h 未満）に定期的（15分毎）に計測し、未使用判定初回の計測値との差圧が所定値（ $\Delta p = 0.2 \text{ kPa}$ ）を超えて上昇することが30日間連続して1度もない時。尚、今回の計測値と前回の計測値の差が0.2kPaを超えて上昇した時、初期値を更新する。

液化石油ガス用マイコン型流量検知式自動ガス遮断装置（S型）技術基準（KHKS0733）による規定

「㉑ ガス未使用中の圧力差が0.2kPa未満の日を継続して30日間検知したときに表示する機能（以下「圧力式微量漏洩検知機能」という。）を有し、かつ、他の事象により遮断、復帰しても当該機能に影響を与えないものであること。」

1) 実験設備

L P ガス配管モデルを構築し、ガス漏えいバルブにより微少漏えいを起こした場合に、マイコンメータの微少漏えい検知機能が働くかを確認する。判定結果から限界性能について検証する。膜式または超音波式マイコンメータを取り替えて行うことで、マイコンメータの原理の違いとの関係についても検証する。

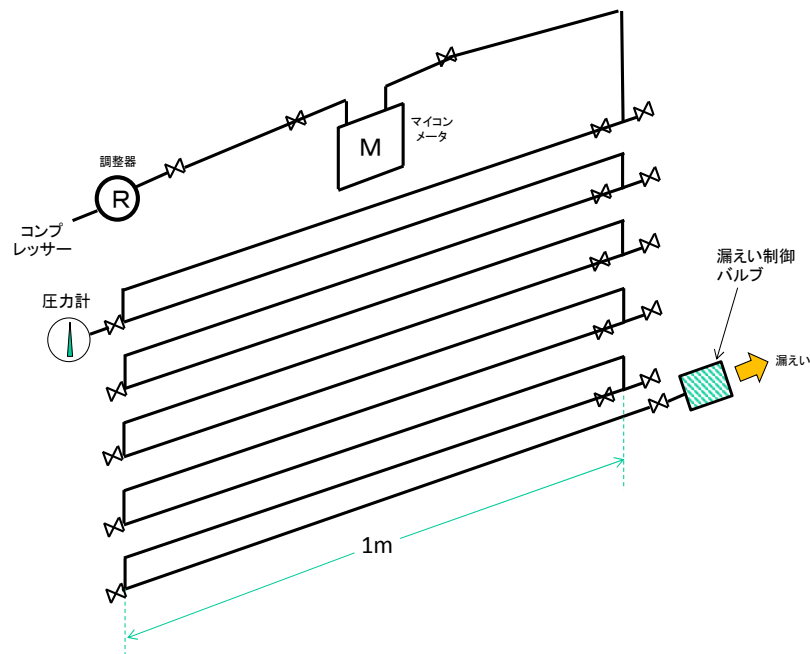


図 7.3.1.1 実施方法

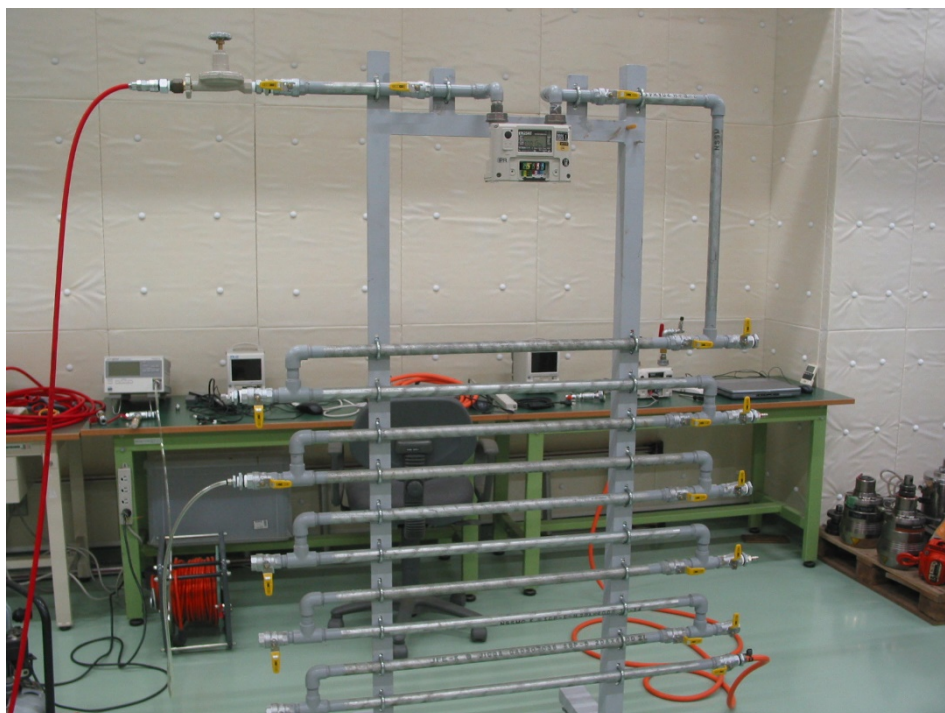


写真 7.3.1.1 実験設備

2)実験手順

実験では漏えい制御バルブを使って意図的に配管からガスを漏えいさせた場合に、微少漏洩警告機能によりガス漏えいを判定できるガス漏えい量のデータを取得する。

漏えい制御バルブにより発生させる漏えい量はマイコンメータの技術基準に要求されている3 L/h 未満のガス漏えい量を設定する。

(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 漏えい制御バルブにより 3 L/h 未満のガス漏えい状態をつくる。
- ③ 漏えい制御バルブをそのままにして、設定器を使用して微少漏洩タイマ値データを確認する。
- ④ 約 24 時間後、再度、微少漏洩タイマ値を確認してカウントされているかを確認する。

(試験サンプル (使用したマイコンメータ))

膜式マイコンメータ (S 型) : 5 台

超音波式マイコンメータ (E 型) : 5 台



写真 7.3.1.2 膜式マイコンメータ



写真 7.3.1.3 超音波式マイコンメータ

3)実験結果

表 7.3.1.1 に膜式マイコンメータの微少漏えい検知機能の判定結果を、表 7.3.1.2 に超音波式マイコンメータ微少漏えい検知機能の判定結果を示す。

表 7.3.1.1 膜式マイコンメータの判定結果

試験サンプル	漏えい量(L/h)	漏えい判定 (流量式)	漏えい判定 (圧力式)
1	0.8	○	○
	0.5	○	○
	0.4	×	○
2	0.7	○	○
	0.5	×	○
3	1.6	○	○
	1.4	×	○
	0.9	×	○
	0.8	×	○
4	1.8	○	○
	1.2	○	○
	1.1	○	○
	0.8	×	○
5	2	○	○
	1.8	×	○
	1.5	×	○

○：検知、×：検知せず

計測条件：配管温度 23～25℃

配管長 12.61m（内容積 4.67L）

供給圧力 2.8～2.9kPa

表 7.3.1.2 超音波式マイコンメータの判定結果

試験サンプル	漏えい量(L/h)	漏えい判定 (流量式)	漏えい判定 (圧力式)
6	1.9	○	○
	1.8	×	○
	1.6	×	○
	1.2	×	○
7	2.5	○	○
	2	×	○
	1.6	×	○
8	2.2	○	○
	1.6	×	○
9	2.5	○	○
	2	○	○
	1.8	×	○
10	2	○	○
	1.8	○	○
	1.5	×	○

○：検知、×：検知せず

計測条件：配管温度 23～25℃

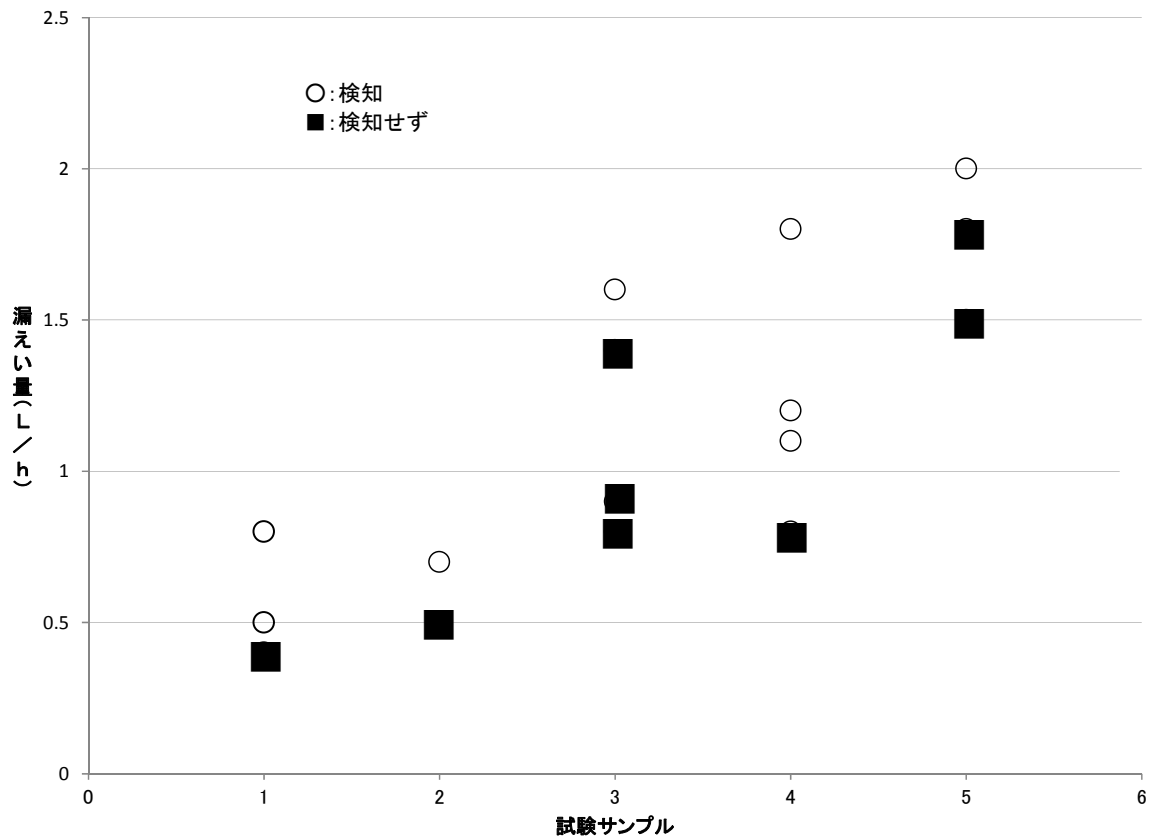
配管長 12.61m（内容積 4.67L）

供給圧力 2.8～2.9kPa

4) 考察

① 膜式マイコンメータの微小漏えい検知機能

表 7.3.1.1 の判定結果をグラフ 7.3.1.1 に示す。

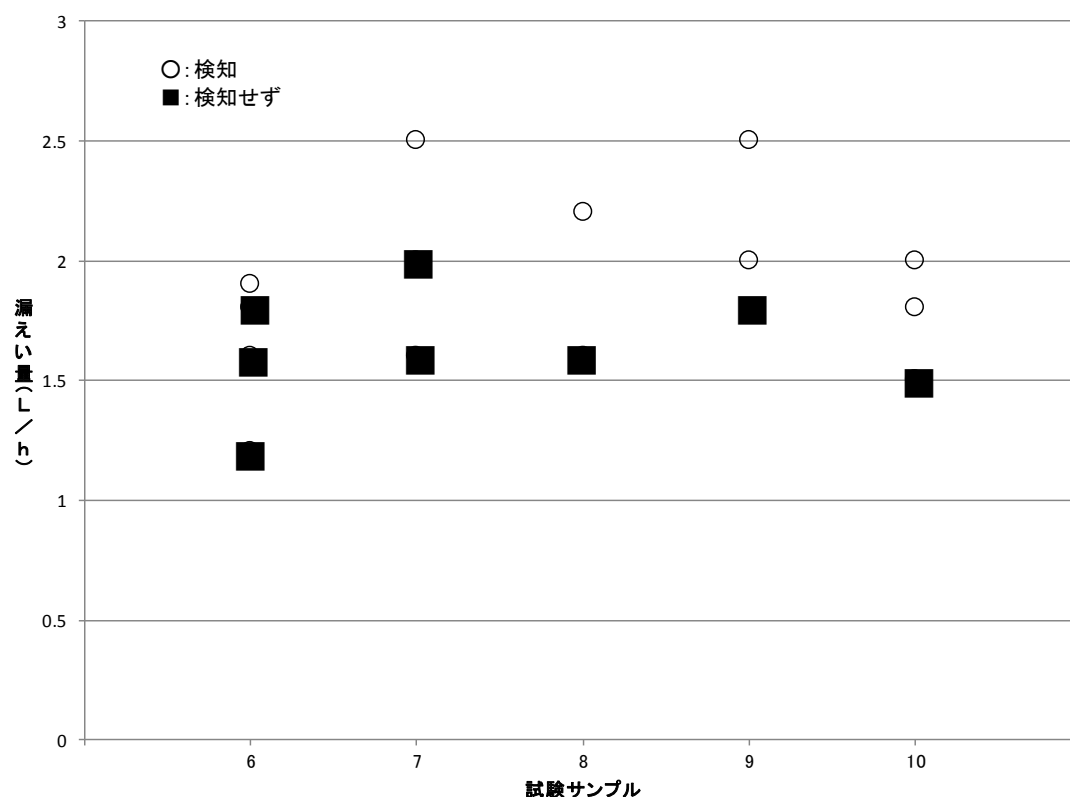


グラフ 7.3.1.1 微小漏えい検知機能実験結果（膜式）

- 規程では 3 L/h 未満の微小流量を検知することが求められているが、いずれの試験サンプルも性能は満足している。
- 5 台の試験サンプル（膜式マイコンメータ）において、最も小さな漏えい量を検知することができたのは、試験サンプル 1 であり、0.5L/h の漏えい量を検知している。
- 逆に試験サンプル 5 では 2 L/h の漏えい量までしか検知できなかった。
- 検知性能に幅があるのは、微小流量の検知原理は各メーカーの検知プログラムに因るものであるためと考えられる。例えば通過するガスの体積を 0.35L で 1 パルスとしているマイコンメータである時、パルスが 1 時間発生しなければ、0.35L/h の流量を検知することとなる。
- 表 7.3.1.1 から、圧力式微小漏えい検知機能は 0.4L/h の漏えいを検知している。圧力式の検知原理は配管への日照等の温度変化による圧力変動を基に判定を行っているが、流量式よりも圧力式の方の漏えい検知性能が高いことがわかる。
- 今回の計測から、膜式マイコンメータの微小漏えい検知機能について、流量式の場合は 2L/h、圧力式の場合は 0.4L/h の漏えいを検知した。

①超音波式マイコンメータの微少漏えい検知機能

表 7.3.1.2 の判定結果をグラフ 7.3.1.1 に示す。



グラフ 7.3.1.2 微少漏えい検知機能実験結果（超音波式）

- 膜式マイコンメータの場合と同じく、規程では 3 L/h 未満の微少流量を検知することが求められているが、いずれの試験サンプルも性能は満足している。
- 5 台の試験サンプル（超音波式マイコンメータ）において、最も小さな漏えい量を検知することができたのは、試験サンプル 10 であり、1.8 L/h の漏えい量を検知している。
- 逆に試験サンプル 7 では 2.5 L/h の漏えい量までしか検知できなかった。
- 検知性能に幅があるのは、微少流量の検知原理は各メーカーの検知プログラムに因るものであるためと考えられる。超音波式は瞬時流量計測が可能であり計測に時間を要しないため、超音波センサの信号処理方法が微少漏えい検知性能に影響すると思われる。
- 圧力式微少漏えい検知機能については、超音波式と膜式のマイコンメータは同一の検知原理であるため、流量式微少漏えい検知機能よりも高い漏えい検知性能であることがわかる。
- 今回の計測から、超音波式マイコンメータの微少漏えい検知機能について、流量式の場合は 2.5 L/h の漏えい検知性能を確認した。
- 膜式と超音波式マイコンメータの性能を比較すると、膜式の方がより微少な漏えいを検知することが可能であることがわかる。流量の検知原理の違いから、膜式の場合はパルスのカウントする時間が長いほど小さな流量を検知できることが可能となる。

（３）復帰安全確認機能について

1)実施方法

復帰安全確認機能はマイコンメータが遮断した後に、復帰ボタンを押してガスを復帰させる際に、１分間（膜式の場合、超音波式の場合は２０秒間）の間にマイコンメータの下流部にガス漏えい（２１Ｌ/ｈ以上のガス流量）の有無を確認する機能。漏えいが検知された場合は遮断弁を再び閉じて復帰できない。

実験では漏えい制御バルブを使って意図的に配管からガスを漏えいさせた場合に、復帰安全確認機能によりガス漏えいを判定できるガス漏えい量のデータを取得する。

漏えい制御バルブにより発生させる漏えい量はマイコンメータの技術基準に要求されている２１Ｌ/ｈ未満のガス漏えい量を設定する。

（手順）

- ① ＬＰ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 漏えい制御バルブにより２１Ｌ/ｈ未満のガス漏えい状態をつくる。
- ③ 漏えい制御バルブをそのままにして、マイコンメータの弁を閉じて遮断状態にする。
- ④ マイコンメータの下流部を解放して一度大気圧に下げる。
- ⑤ マイコンメータの復帰ボタンを押して復帰安全確認機能を作動させる。
- ⑥ マイコンメータが復帰するか、あるいは遮断弁を再度閉じるかを確認する。

（試験サンプル（使用したマイコンメータ））

膜式マイコンメータ（Ｓ型）：５台

超音波式マイコンメータ（Ｅ型）：５台

2)実施結果

膜式マイコンメータの検知結果及び超音波式マイコンメータの検知結果を以下の表に示す。

表 7.3.1.3 膜式マイコンメータの検知結果

試験サンプル	漏えい量 (L/h)	配管内圧力 (kPa)	計測1回 目	計測2回 目	計測3回 目
①	20	2.85	○	○	○
	19	2.88	○	○	×
	16	2.91	○	○	×
	14	2.84	×	×	×
	12	2.88	×	×	×
②	11.8	2.71	○	○	○
	9.3	2.72	×	○	○
	7.6	2.75	○	×	×
	4.5	2.75	×	×	×
③	18.8	2.79	○	○	○
	15.8	2.83	○	○	×
	14.4	2.81	○	×	○
	11.2	2.83	○	○	×
	8.3	2.86	○	○	×
	5	2.85	×	×	×
④	18.5	2.84	○	○	○
	14.6	2.83	○	○	○
	10.9	2.85	×	○	○
	7.8	2.85	×	○	×
	5.1	2.83	×	×	○
	3.8	2.85	×	×	×
⑤	14.5	2.77	○	○	○
	10.5	2.77	×	○	×
	8.2	2.79	○	×	○
	5	2.79	×	×	×
	3.1	2.8	×	×	×

○：検知 ×：検知できない

条件：配管内容積 28.47L（長さ約 77m相当）

気温 21℃、湿度 23%

表 7.3.1.4 超音波式マイコンメータの検知結果

試験サンプル	漏えい量 (L/h)	配管内圧力 (kPa)	計測1回目	計測2回目	計測3回目
⑥	7.6	2.76	○	○	○
	6.2	2.77	○	○	○
	5.4	2.76	×	×	○
	4.5	2.61	×	×	×
⑦	5.5	2.78	○	○	○
	5.2	2.78	○	○	○
	4.8	2.9	×	×	×
	4.5	2.79	×	×	×
⑧	5.8	2.89	○	○	○
	5.4	2.89	○	×	×
	5	2.89	×	×	×
	4.7	2.91	×	×	×
⑨	6.2	2.87	○	○	○
	5.9	2.87	○	○	×
	5.5	2.86	×	×	×
	5.4	2.87	×	×	×
⑩	5.7	2.86	○	○	○
	5.6	2.85	○	○	○
	5.2	2.85	×	×	×
	5	2.85	×	×	×

○：検知 ×：検知できない

条件：配管内容積 28.47L（長さ約 77m相当）

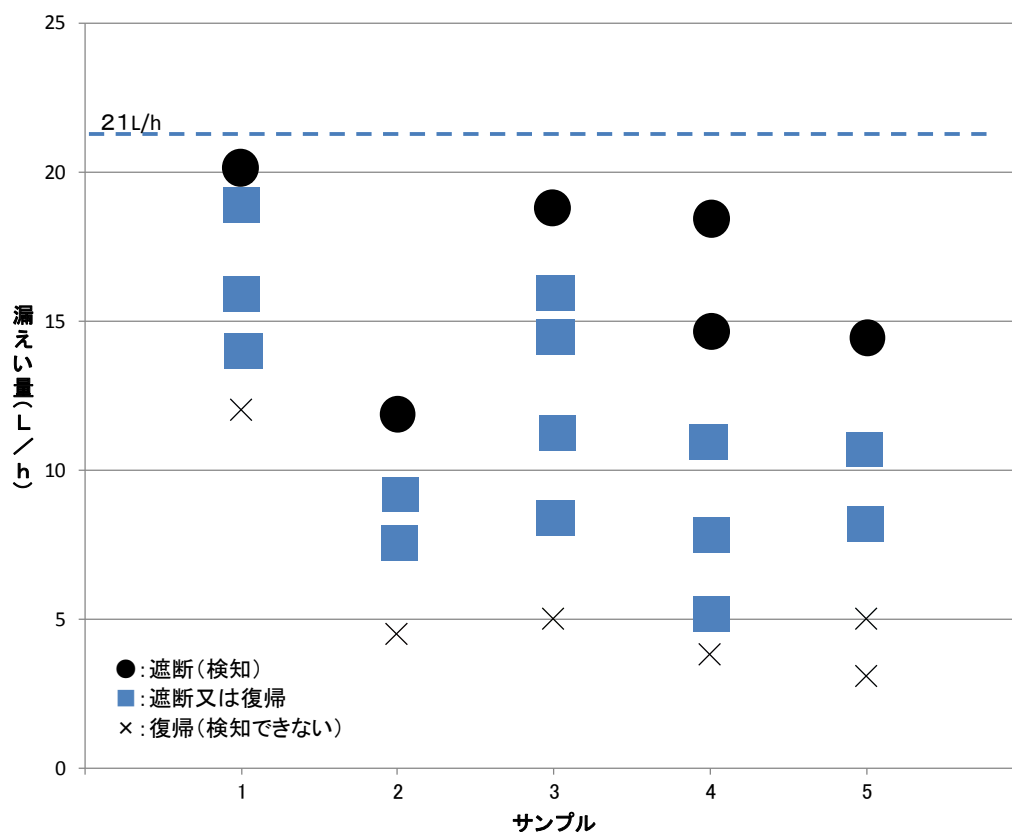
気温 22℃、湿度 22%

3) 考察

①膜式マイコンメータの検知結果について

3回の計測で3回とも検知できた漏えい量は11.8～20L/hの間である(配管内容積28.67L(長さにして約77m相当))。サンプルにより差があるが、膜式マイコンメータの検知性能と考えられる。昨年度計測した際には配管内容積が4.67L(長さにして約12m相当)の時に、10.8～15.4L/hであった。今回の計測では配管内容積が大きくなったために、検知できる漏えい量は大きくなったと考えられる。

以上のことから、膜式マイコンメータの復帰安全確認機能の漏えい検知性能は20L/h程度と考えられる。

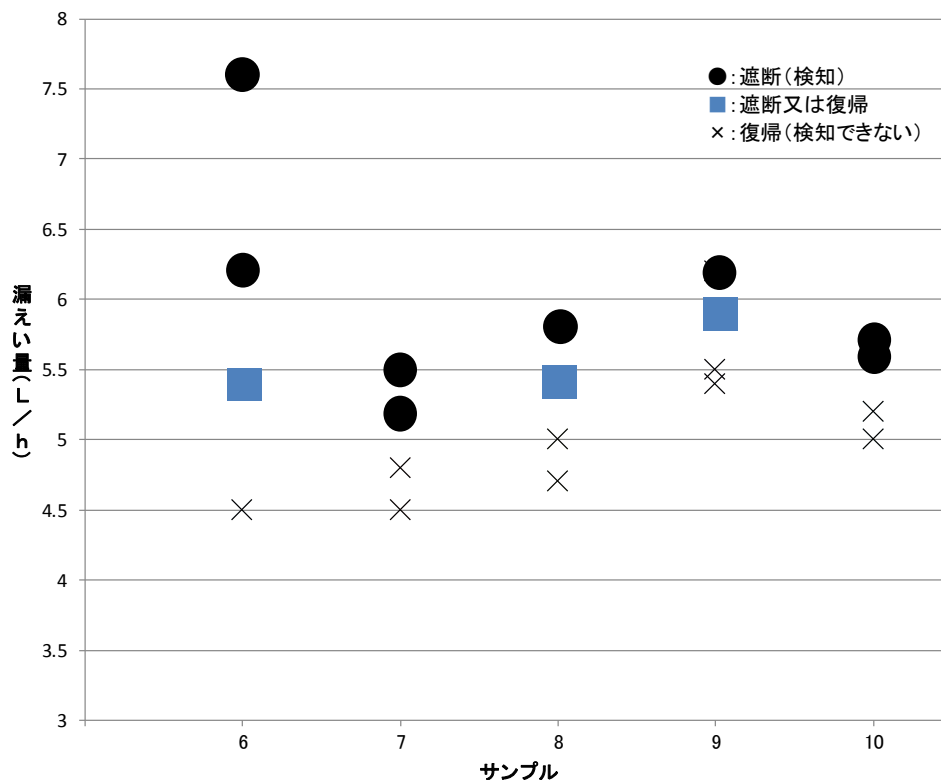


グラフ 7.3.1.3 膜式マイコンメータの検知結果

②超音波式マイコンメータの検知結果について

3回の計測で3回とも検知できた漏えい量は5.2～6.2L/hの間である。（配管内容積 28.67L（長さにして約 77m相当））。膜式マイコンメータよりもサンプルによる差は小さくなっており、超音波式マイコンメータの検知性能と考えられる。昨年度計測した際には配管内容積が4.67L（長さにして約 12m相当）の時に、4.7～8.1L/hであった。膜式と同じく配管内容積が増えたために最小検知流量は4.7から5.2L/hと大きくなっている。

以上のことから超音波式マイコンメータの復帰安全確認機能の漏えい検知性能は 6.2L/h 程度と考えられる。



グラフ 7.3.1.3 超音波式マイコンメータの検知結果

（４）漏えい検査機能

1)実施方法

漏えい検査機能はマイコンメータに搭載されている圧力センサを使って、マイコンメータの上流部及び下流部の圧力変化を一定時間監視することで漏えいの有無を確認する機能である。実験では漏えい制御バルブを使って意図的に配管からガスを漏えいさせた場合に、漏えい検査機能によりガス漏えいを判定できるガス漏えい量のデータを取得する。今年度は配管内容積を大きくしたモデル配管を使用してデータを計測する。

漏えい制御バルブにより発生させる漏えい量はマイコンメータの2 1 L/h 未満のガス漏えい量を設定する。

（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 漏えい制御バルブにより2 1 L/h 未満の任意のガス漏えい状態をつくる。
- ③ 漏えい制御バルブをそのままにして、調整器上流部を解放する。
- ④ 漏えい検査機能を作動させる。（検査時間は5 分間）
- ⑤ 検査が終了した際にマイコンメータに表示される漏えいの有無を確認する。

（試験サンプル（使用したマイコンメータ））

膜式マイコンメータ（S 型）：2 台

超音波式マイコンメータ（E 型）：2 台

2) 計測結果

表 7.3.1.5 に漏えい検査機能の計測結果を示す。

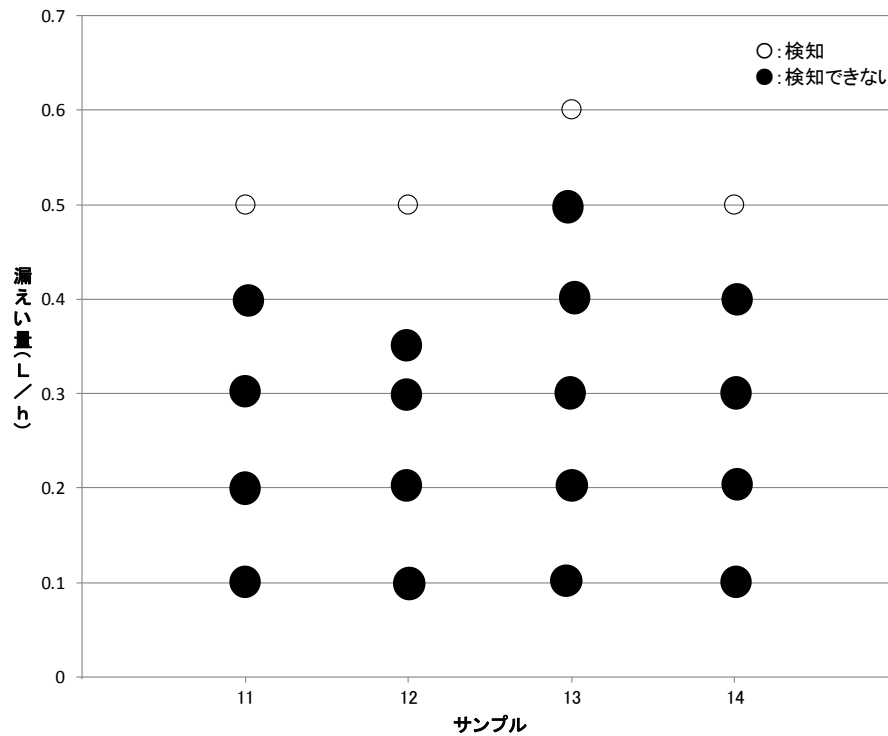
表 7.3.1.5 漏えい検査機能の計測結果

試験サンプル	漏えい量 (L/h)	配管内圧力 (kPa)	判定結果(配 管容量 28.47L)	判定結果(配 管容量 4.47L)
⑪	0.5	2.82	○	○
	0.4	2.82	×	○
	0.3	2.83	×	○
	0.2	2.83	×	○
	0.1	2.83	×	○
⑫	0.5	2.82	○	○
	0.35	3.03	×	○
	0.3	2.82	×	○
	0.2	2.82	×	○
	0.1	2.8	×	×
⑬	0.6	2.76	○	○
	0.5	2.78	×	○
	0.4	2.76	×	○
	0.3	2.74	×	○
	0.2	2.73	×	○
	0.1	2.93	×	×
⑭	0.5	2.91	○	○
	0.4	2.9	×	○
	0.3	2.9	×	○
	0.2	2.88	×	○
	0.1	2.9	×	×

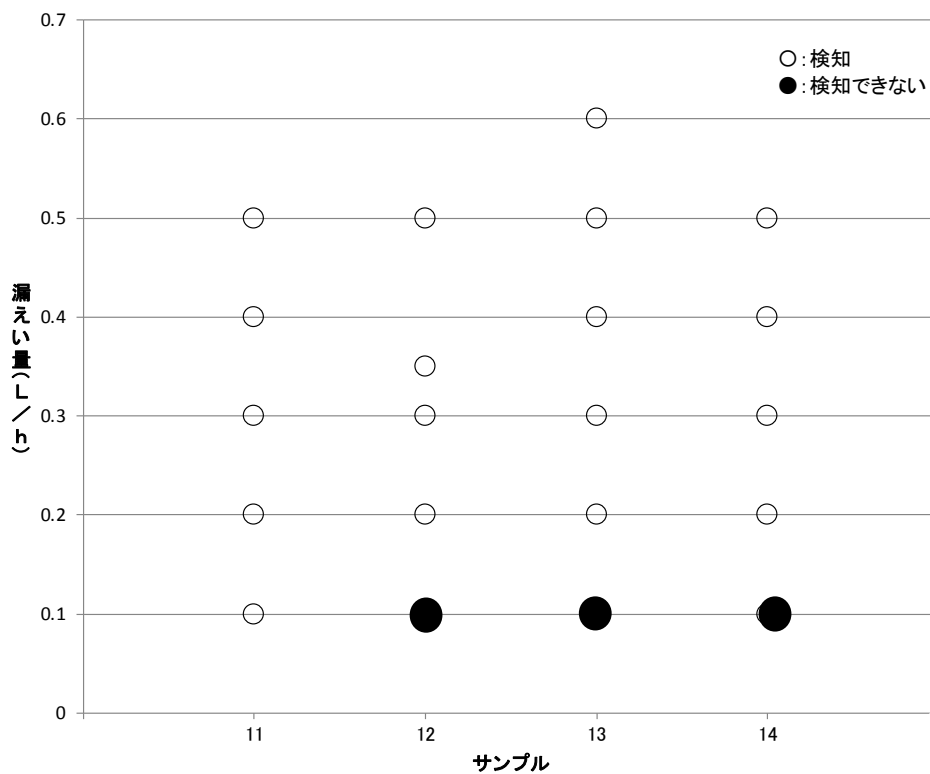
○：検知 ×：検知できない

3) 考察

以下のグラフに配管内容積が 28.47L の場合と 4.47L の場合の漏えい判定結果を示す。



グラフ 7.3.1.5 漏えい検査機能の計測結果（配管内容積 28.47L）



グラフ 7.3.1.6 漏えい検査機能の計測結果（配管内容積 4.47L）

グラフ 7.3.1.5 において、配管内容積が 28.47L の場合にはガス漏えい量が 0.6L/h 程度の判定ができています。また、配管内容積が 4.47L（グラフ 7.3.1.6）の場合には 0.2L/h 程度のガス漏えいを検知することが可能であることがわかる。

圧力を監視してガス漏えいを監視して判定する方式である本機能は、配管内容積が小さい方がより小さなガス漏えいを検知することが可能である。

漏えい検査機能はマイコンメータに内蔵されている圧力センサを使用して、漏えいの有無を判定する機能であり、それに関する性能データを収集した。

本機能は膜式及び超音波式のいずれのマイコンメータにも圧力センサが搭載されていることから、流量計測の原理の違いの影響は無いと考えられる。配管内容積が 28.47L（長さで約 77 m）という大きな場合であっても約 0.6L/h のガス漏えいを検知することを確認した。従って漏えい検査機能の限界能力が 0.6L/h 程度であると考えられる。

(5) まとめ

漏えい検知機能の比較について、これまでに実施した漏えい試験及びマイコンメータの各々の性能データについて比較すると以下の通りである。

表 7.3.1.6 検知機能の比較

	現行の漏えい試験		マイコンメータの漏えい検知機能					
漏えい検知方式	機械式自記圧力計	電気式ダイヤフラム式自記圧力計(温度補正付き)	復帰安全確認機能		漏えい検査機能	微小漏えい検知機能(流量式)		微小漏えい検知機能(圧力式)
			膜式	超音波式		膜式	超音波式	
検知可能なガス漏えい量	0.6L/h程度 (圧力:2.8kPa時)	0.2L/h程度 (圧力:2.8kPa時)	20L/h程度	6.2L/h程度	0.6L/h程度	2L/h程度	2.5L/h程度	0.4L/h程度
検知に要する時間	10分 (又は5分)	5分 (又は2分)	1分	20秒	5分	30日間(1日毎に確認可能)		
漏えい試験の実施方法	自記圧力計を配管設備に設置して加圧する		マイコンメータの復帰ボタンを押す		調整器上流部を開放し、マイコンメータに設定器を接続する	操作は不要		
検知可能な範囲	マイコンメータの上流及び下流		マイコンメータの下流		マイコンメータの上流及び下流	マイコンメータの下流		マイコンメータの上流及び下流

- A) マイコンメータの漏えい検知機能は、流量を計測する方式と圧力を計測する方式があるが、圧力を計測して判定を行う漏えい検知方式が、より小さな漏えいを検知できる。
- B) 圧力を監視して漏えいを検知する方式ではマイコンメータの上流部及び下流部を検知することが可能である。
- C) 現行の漏えい試験は配管容積に応じて検知に要する時間が違う。
- ・ 機械式自記圧力計：10 分間（容積が 2.5L 以下の場合 5 分間）
 - ・ 電気式ダイヤフラム式自記圧力計：5 分間（容積が 10L 以下の場合 2 分間）
- D) 現行の漏えい試験とマイコンメータの漏えい検知機能の作業性を比較した場合、自記圧力計を配管に設置する必要がないマイコンメータの機能を使う方が、現場での作業効率は良い。
- E) 漏えい検知に要する時間が最も短いのはマイコンメータの復帰安全確認機能である。
- F) マイコンメータの微小漏えい検知機能は操作は不要であり、自動的に実施される。

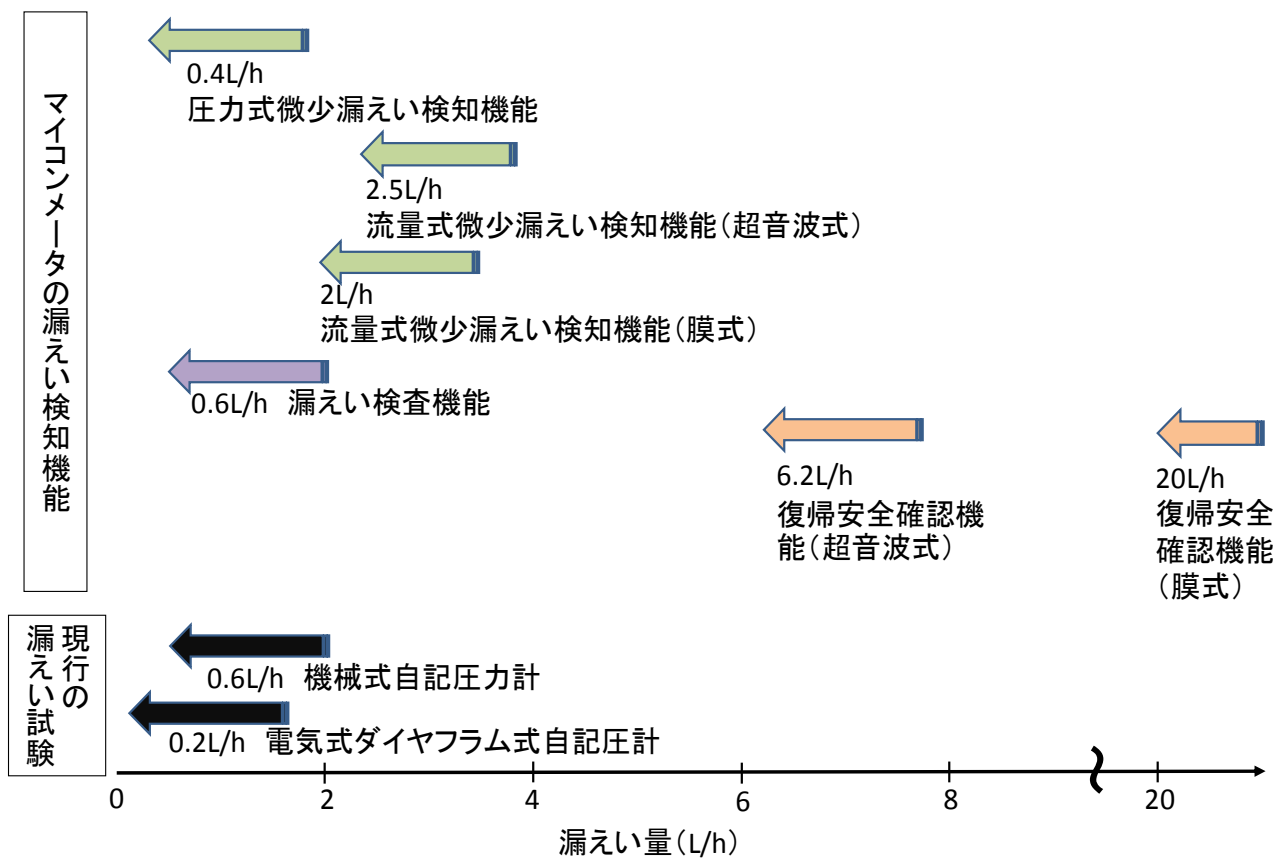


図 7.3.1.2 検知機能の比較

7.3.2 マイコンメータの経年影響調査

(1) 概要

(仕様)

(3) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

② マイコンメータの経年影響調査

マイコンメータの経年による性能変化状況を把握するため、長期間実使用されたマイコンメータのセンサー等の性能試験を行い、データを収集する。

(a) 背景・課題

マイコンメータはLPガス設備に設置されて10年間有効であるが、その間に圧力センサ等の性能に変化が起こる可能性がある。保安レベル維持の観点から実際のマイコンメータの性能変化に関するデータを取得し特性を把握する必要がある。

(b) 実施内容

実施内容として、全国から30台程度の使用済みマイコンメータ（検満期間10年）を回収し、経年による性能変化に関するデータを取得し、保安上の観点からの評価を行う。

調査手順は以下のとおり。

(イ) 使用済みマイコンメータの回収

(回収予定台数)

全国から30台程度回収

(回収するマイコンメータ)

使用期間が10年近いマイコンメータS又はマイコンメータE

(ロ) 評価方法

高精度圧力計による内蔵圧力センサの性能評価

回収したマイコンメータの内蔵ここに数式を入力します。圧力センサの性能に関するデータを収集

① 指示圧力の測定

② 差分圧力の測定

(ハ) 評価項目

- ・ 経年による性能変化への影響
- ・ 環境による性能変化への影響

(2) 使用済みマイコンメータの回収

L Pガス販売事業者の協力により、国内の3地域から使用済みマイコンメータを回収した。次表に回収品の内容を示す。

表 7.3.2.1 回収したマイコンメータ

回収品No.	使用量(m3)	製造年月	経過年数	使用地域
1	2154.623	2008 年 4 月	9	北海道札幌市
2	148.734	2008 年 3 月	9	
3	310.535	2008 年 3 月	9	
4	358.187	2007 年 10 月	10	
5	192.937	2008 年 3 月	9	
6	187.01	2008 年 3 月	9	
7	146.91	2007 年 10 月	10	
8	210.74	2008 年 3 月	9	
9	568.303	2007 年 10 月	10	
10	1882.19	2008 年 3 月	9	
11	241.913	2007 年 6 月	10	東京都あきる野市
12	545.209	2007 年 6 月	10	
13	467.243	2007 年 6 月	10	
14	120.993	2007 年 6 月	10	
15	1500.289	2007 年 6 月	10	
16	5088.149	2007 年 5 月	10	
17	64.609	2007 年 6 月	10	
18	1575.568	2007 年 6 月	10	
19	183.83	2007 年 6 月	10	
20	651.106	2007 年 6 月	10	
21	288.105	2007 年 9 月	10	宮崎県宮崎市
22	397.634	2007 年 9 月	10	
23	55.627	2007 年 9 月	10	
24	142.031	2007 年 9 月	10	
25	796.45	2007 年 8 月	10	
26	1647.873	2007 年 9 月	10	
27	98.107	2007 年 9 月	10	
28	342.039	2007 年 9 月	10	
29	591.292	2007 年 9 月	10	
30	1810.824	2007 年 9 月	10	



図 7.3.2.1 回収品の使用量

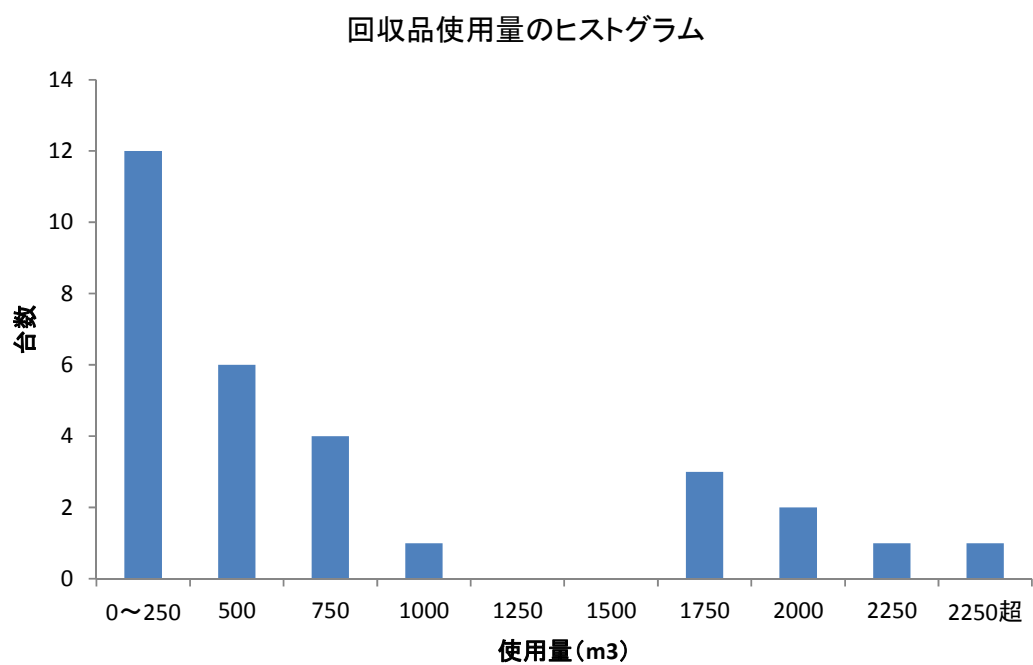


図 7.3.2.2 回収品の使用量のヒストグラム

- A) 使用期間は9～10年
- B) 使用量の最大は5088.149 m³、最小は55.627 m³、平均759 m³
- C) ヒストグラムから使用量が250 m³以下のものが最も多い



写真 7.3.2.1 回収したマイコンメータ

（３）評価方法

回収したマイコンメータに内蔵している圧力センサの評価を行うため、以下のデータを取得する。
評価方法例を以下に示す。

①計測方法

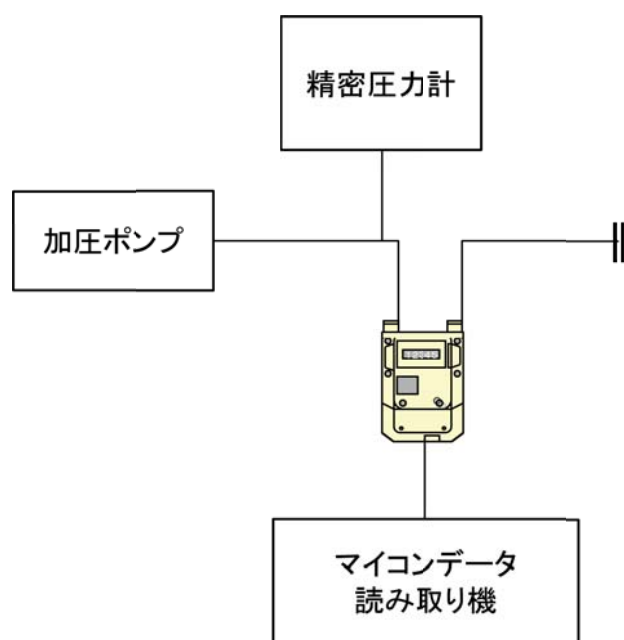


図 7.3.2.1 評価概要図

- A) マイコンメータ、精密圧力計、加圧ポンプ、マイコンメータ用データ読み取り機を図のように接続する。
- B) 加圧ポンプで空気を精密圧力計（横河計測製 MT210F）を見ながら設定圧力まで加圧する。
設定圧力は 0、2.3、2.8、2.9、3.5kPa とする。
- C) 基準圧力となった時にマイコンメータの内蔵圧力センサの値をマイコンデータ読み取り機で表示・記録する。



写真 7.3.2.2 計測状況

②評価方法

精密圧力計の基準圧力と内蔵センサの表示値の差から、以下の特性を考察する。

- A) 基準圧力と内蔵センサの差にどのような傾向があるか。
- B) 微少な圧力が加わった時に内蔵圧力センサの差にどのような傾向があるか。
- C) 設置地域（寒冷地（北海道）、標準地域（東京）、温暖地域（宮崎））に関して、どのような傾向があるか
- D) 使用流量の違いからその差に傾向があるか。

(4) 計測結果

計測結果を以下の表に示す。

表 7.3.2.2 計測結果 (設定圧力 0kPa)

回収品 No.	配管内温度[°C]	設定圧力 [kPa]	マイコンメータの表 示値[kPa]	設定圧力と表示圧 力の差[kPa]
1	23.7	0.000	0.07	0.07
2	23.7	0.000	0.08	0.08
3	23.7	0.000	0.07	0.07
4	23.8	0.000	0.00	0.00
5	23.8	0.000	0.05	0.05
6	23.1	0.000	0.05	0.05
7	23.7	0.000	0.03	0.03
8	23.8	0.000	0.07	0.07
9	23.2	0.000	0.00	0.00
10	23.6	0.000	0.07	0.07
11	23.6	0.000	0.04	0.04
12	23.6	0.000	0.06	0.06
13	23.7	0.000	0.02	0.02
14	23.6	0.000	0.08	0.08
15	23.8	0.000	0.01	0.01
16	23.9	0.000	0.02	0.02
17	23.9	0.000	0.02	0.02
18	23.7	0.000	0.06	0.06
19	23.7	0.000	0.01	0.01
20	23.9	0.000	0.02	0.02
21	23.7	0.000	0.07	0.07
22	23.8	0.000	0.05	0.05
23	23.9	0.000	0.04	0.04
24	23.8	0.000	0.05	0.05
25	23.9	0.000	0.06	0.06
26	23.9	0.000	0.07	0.07
27	23.9	0.000	0.08	0.08
28	23.9	0.000	0.08	0.08
29	23.8	0.000	0.06	0.06
30	23.7	0.000	0.06	0.06

最小	23.10	0.00	0.00	0.00
最大	23.90	0.00	0.08	0.08
平均	23.73	0.00	0.05	0.05
標準偏差	0.19	0.00	0.03	0.03
分散	0.04	0.00	0.00	0.00

(気温 22°C、湿度 27%)

表 7.3.2.3 計測結果（設定圧力 2.3kPa）

回収品 No.	設定圧力 [kPa]	マイコンメータの表 示値[kPa]	設定圧力と表示圧 力の差[kPa]	割合[%]
1	2.300	2.30	0.00	0.00
2	2.300	2.31	0.01	0.43
3	2.300	2.31	0.01	0.43
4	2.300	2.26	-0.04	-1.77
5	2.300	2.30	0.00	0.00
6	2.300	2.29	-0.01	-0.44
7	2.300	2.34	0.04	1.71
8	2.300	2.31	0.01	0.43
9	2.300	2.27	-0.03	-1.32
10	2.300	2.38	0.08	3.36
11	2.300	2.28	-0.02	-0.88
12	2.300	2.32	0.02	0.86
13	2.300	2.20	-0.10	-4.55
14	2.300	2.35	0.05	2.13
15	2.300	2.26	-0.04	-1.77
16	2.300	2.27	-0.03	-1.32
17	2.300	2.30	0.00	0.00
18	2.300	2.29	-0.01	-0.44
19	2.300	2.27	-0.03	-1.32
20	2.300	2.31	0.01	0.43
21	2.300	2.37	0.07	2.95
22	2.300	2.35	0.05	2.13
23	2.300	2.35	0.05	2.13
24	2.300	2.36	0.06	2.54
25	2.300	2.36	0.06	2.54
26	2.300	2.36	0.06	2.54
27	2.300	2.38	0.08	3.36
28	2.300	2.38	0.08	3.36
29	2.300	2.36	0.06	2.54
30	2.300	2.36	0.06	2.54

最小	2.30	2.20	-0.10	-4.55
最大	2.30	2.38	0.08	3.36
平均	2.30	2.32	0.02	0.75
標準偏差	0.00	0.04	0.04	1.94
分散	0.00	0.00	0.00	3.76

表 7.3.2.4 計測結果（設定圧力 2.8kPa）

回収品 No.	設定圧力 [kPa]	マイコンメータの表 示値[kPa]	設定圧力と表示圧 力の差[kPa]	割合[%]
1	2.800	2.80	0.00	0.00
2	2.800	2.80	0.00	0.00
3	2.800	2.81	0.01	0.36
4	2.800	2.76	-0.04	-1.45
5	2.800	2.79	-0.01	-0.36
6	2.800	2.79	-0.01	-0.36
7	2.800	2.84	0.04	1.41
8	2.800	2.80	0.00	0.00
9	2.800	2.77	-0.03	-1.08
10	2.800	2.87	0.07	2.44
11	2.800	2.76	-0.04	-1.45
12	2.800	2.81	0.01	0.36
13	2.800	2.71	-0.09	-3.32
14	2.800	2.86	0.06	2.10
15	2.800	2.75	-0.05	-1.82
16	2.800	2.78	-0.02	-0.72
17	2.800	2.80	0.00	0.00
18	2.800	2.79	-0.01	-0.36
19	2.800	2.77	-0.03	-1.08
20	2.800	2.82	0.02	0.71
21	2.800	2.88	0.08	2.78
22	2.800	2.85	0.05	1.75
23	2.800	2.85	0.05	1.75
24	2.800	2.87	0.07	2.44
25	2.800	2.86	0.06	2.10
26	2.800	2.87	0.07	2.44
27	2.800	2.88	0.08	2.78
28	2.800	2.88	0.08	2.78
29	2.800	2.86	0.06	2.10
30	2.800	2.86	0.06	2.10

最小	2.80	2.71	-0.09	-3.32
最大	2.80	2.88	0.08	2.78
平均	2.80	2.82	0.02	0.61
標準偏差	0.00	0.05	0.05	1.64
分散	0.00	0.00	0.00	2.69

表 7.3.2.5 計測結果（設定圧力 2.9kPa）

回収品 No.	設定圧力 [kPa]	マイコンメータの 表示値[kPa]	設定圧力と表示圧 力の差[kPa]	割合[%]
1	2.900	2.88	-0.02	-0.69
2	2.900	2.90	0.00	0.00
3	2.900	2.91	0.01	0.34
4	2.900	2.87	-0.03	-1.05
5	2.900	2.89	-0.01	-0.35
6	2.900	2.88	-0.02	-0.69
7	2.900	2.94	0.04	1.36
8	2.900	2.90	0.00	0.00
9	2.900	2.88	-0.02	-0.69
10	2.900	2.98	0.08	2.68
11	2.900	2.87	-0.03	-1.05
12	2.900	2.91	0.01	0.34
13	2.900	2.82	-0.08	-2.84
14	2.900	2.95	0.05	1.69
15	2.900	2.86	-0.04	-1.40
16	2.900	2.88	-0.02	-0.69
17	2.900	2.91	0.01	0.34
18	2.900	2.89	-0.01	-0.35
19	2.900	2.87	-0.03	-1.05
20	2.900	2.91	0.01	0.34
21	2.900	2.97	0.07	2.36
22	2.900	2.95	0.05	1.69
23	2.900	2.95	0.05	1.69
24	2.900	2.96	0.06	2.03
25	2.900	2.96	0.06	2.03
26	2.900	2.97	0.07	2.36
27	2.900	2.98	0.08	2.68
28	2.900	2.98	0.08	2.68
29	2.900	2.96	0.06	2.03
30	2.900	2.96	0.06	2.03

最小	2.90	2.82	-0.08	-2.84
最大	2.90	2.98	0.08	2.68
平均	2.90	2.92	0.02	0.60
標準偏差	0.00	0.04	0.04	1.50
分散	0.00	0.00	0.00	2.24

表 7.3.2.6 計測結果（設定圧力 3.5kPa）

回収品 No.	設定圧力 [kPa]	マイコンメータの表 示値[kPa]	設定圧力と表示圧 力の差[kPa]	割合[%]
1	3.500	3.49	-0.01	-0.29
2	3.500	3.51	0.01	0.28
3	3.500	3.52	0.02	0.57
4	3.500	3.47	-0.03	-0.86
5	3.500	3.50	0.00	0.00
6	3.500	3.48	-0.02	-0.57
7	3.500	3.54	0.04	1.13
8	3.500	3.50	0.00	0.00
9	3.500	3.49	-0.01	-0.29
10	3.500	3.58	0.08	2.23
11	3.500	3.47	-0.03	-0.86
12	3.500	3.51	0.01	0.28
13	3.500	3.43	-0.07	-2.04
14	3.500	3.53	0.03	0.85
15	3.500	3.44	-0.06	-1.74
16	3.500	3.49	-0.01	-0.29
17	3.500	3.53	0.03	0.85
18	3.500	3.48	-0.02	-0.57
19	3.500	3.46	-0.04	-1.16
20	3.500	3.52	0.02	0.57
21	3.500	3.58	0.08	2.23
22	3.500	3.56	0.06	1.69
23	3.500	3.55	0.05	1.41
24	3.500	3.56	0.06	1.69
25	3.500	3.56	0.06	1.69
26	3.500	3.57	0.07	1.96
27	3.500	3.58	0.08	2.23
28	3.500	3.58	0.08	2.23
29	3.500	3.56	0.06	1.69
30	3.500	3.57	0.07	1.96

最小	3.50	3.43	-0.07	-2.04
最大	3.50	3.58	0.08	2.23
平均	3.50	3.52	0.02	0.56
標準偏差	0.00	0.04	0.04	1.26
分散	0.00	0.00	0.00	1.59

(5) 考察

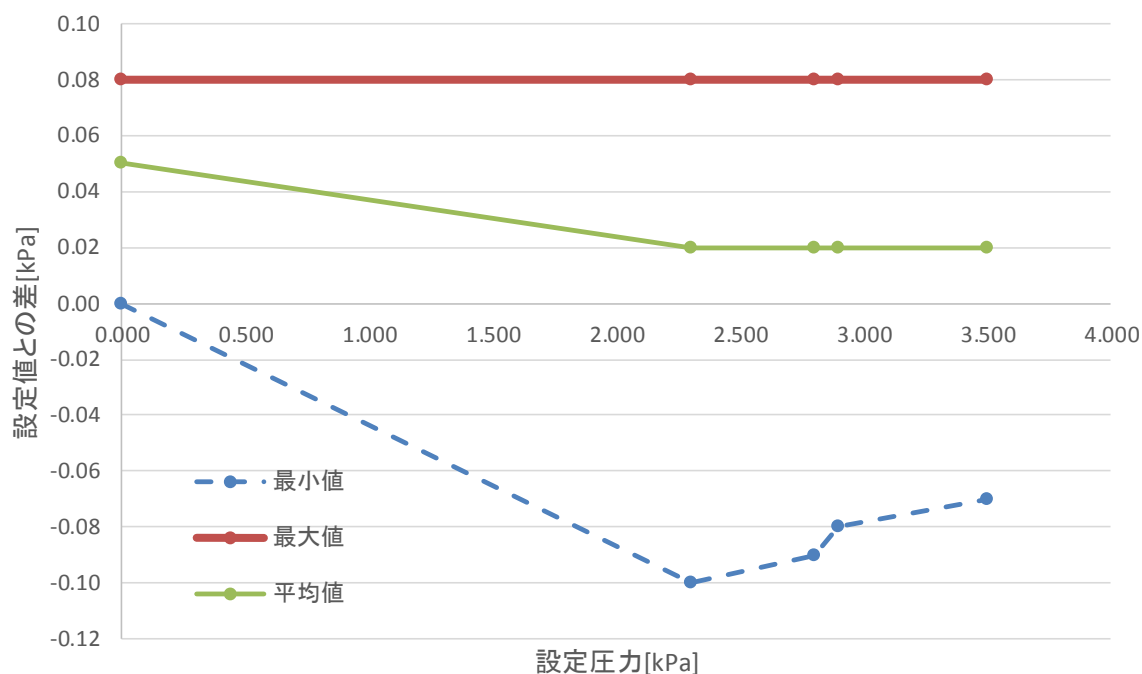
表 7.3.2.2～7.3.2.6 からマイコンメータの表示値の最小値、最大値、平均値をまとめると以下の表となる。

表 7.3.2.7 計測結果（全体）

設定圧力 [kPa]	マイコンメ ータの表 示値 [kPa] (最小値)	設定圧力 と表示圧 力の差 [kPa] (最小値)	マイコンメ ータの表 示値 [kPa] (最大値)	設定圧力 と表示圧 力の差 [kPa] (最大値)	マイコンメ ータの表 示値 [kPa] (平均値)	設定圧力 と表示圧 力の差 [kPa] (平均値)	割合の平 均値[%]
0.000	0.00	0.00	0.08	0.08	0.05	0.05	－
2.300	2.20	－0.10	2.38	0.08	2.32	0.02	0.75
2.800	2.71	－0.09	2.88	0.08	2.82	0.02	0.61
2.900	2.82	－0.08	2.98	0.08	2.92	0.02	0.60
3.500	3.43	－0.07	3.58	0.08	3.52	0.02	0.56
全体						0.026	0.63

回収した 30 台のマイコンメータにおいて、設定圧力（基準圧力）とマイコンメータの表示値の差については、最小で-0.1kPa、最大で 0.08kPa であった。

表示値の差の平均として、+0.026kPa（0.63%）であり、設定圧力よりもマイコンメータの表示圧力が高くなっていることがわかる。



グラフ 7.3.2.1 測定値との差

1) 圧力の微小変化に関する性能

圧力が微少に変化したときの圧力センサの性能を調べるため、2.8kPa から 2.9kPa へ 0.1kPa だけ微少な圧力が増加した際のデータを求めた。

表 7.3.2.8

回収品 No.	設定圧力の 増加分[kPa]	マイコンメータの表示 値の増加分[kPa]	増加分の差 [kPa]	割合[%]
1	0.100	0.08	-0.02	-20
2	0.100	0.10	0.00	0
3	0.100	0.10	0.00	0
4	0.100	0.11	0.01	10
5	0.100	0.10	0.00	0
6	0.100	0.09	-0.01	-10
7	0.100	0.10	0.00	0
8	0.100	0.10	0.00	0
9	0.100	0.11	0.01	10
10	0.100	0.11	0.01	10
11	0.100	0.11	0.01	10
12	0.100	0.10	0.00	0
13	0.100	0.11	0.01	10
14	0.100	0.09	-0.01	-10
15	0.100	0.11	0.01	10
16	0.100	0.10	0.00	0
17	0.100	0.11	0.01	10
18	0.100	0.10	0.00	0
19	0.100	0.10	0.00	0
20	0.100	0.09	-0.01	-10
21	0.100	0.09	-0.01	-10
22	0.100	0.10	0.00	0
23	0.100	0.10	0.00	0
24	0.100	0.09	-0.01	-10
25	0.100	0.10	0.00	0
26	0.100	0.10	0.00	0
27	0.100	0.10	0.00	0
28	0.100	0.10	0.00	0
29	0.100	0.10	0.00	0
30	0.100	0.10	0.00	0
最小	0.10	0.08	-0.02	-20.00
最大	0.10	0.11	0.01	10.00
平均	0.10	0.10	0.00	0.00

表から設定圧力が 0.1kPa 増加したときのマイコンメータの表示圧力は 0.08kPa から 0.11kPa の範囲内であり、平均では 0.1kPa となっており、設定圧力とほぼ一致することがわかる。

2)使用地域の環境温度の影響について

マイコンメータを使用した地域を寒冷地域（北海道）、標準地域（東京）、温暖地域（宮崎）に分けて、データをまとめた結果を以下に示す。

表 7.3.2.9 北海道

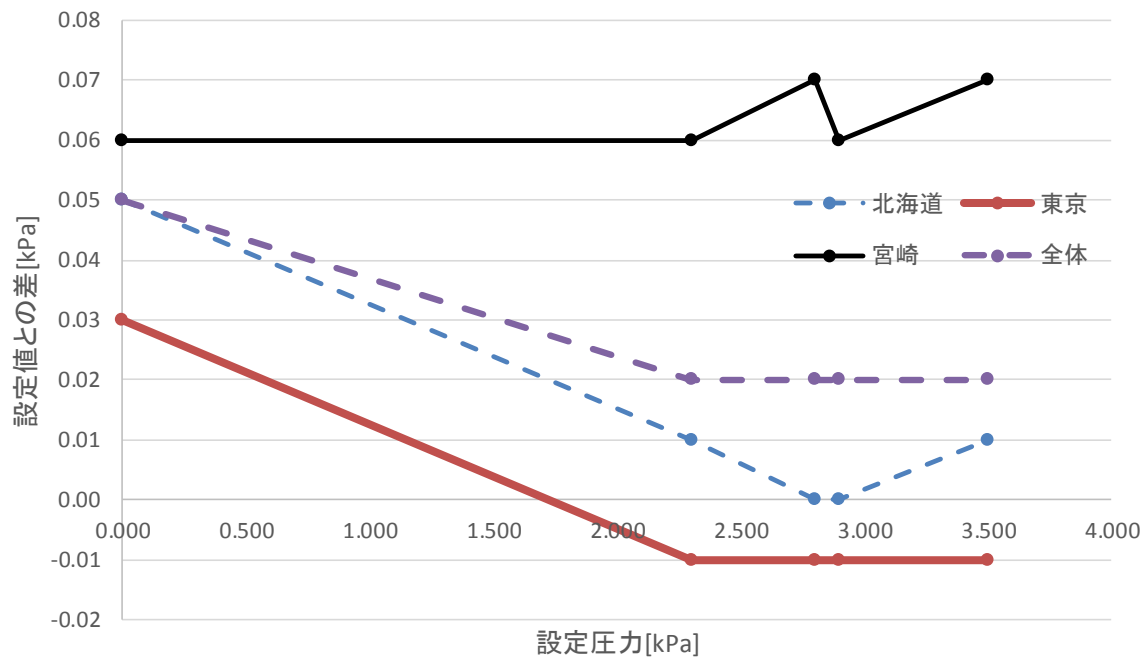
設定 圧力 [kPa]	マイコンメ ータの表示 値[kPa](最 小値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最小値)	マイコンメ ータの表示値 [kPa](最大 値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最大値)	マイコンメ ータの表示 値[kPa] (平均値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (平均値)	割合 [%]
0.000	0.00	0.00	0.08	0.08	0.05	0.05	－
2.300	2.26	－0.04	2.38	0.08	2.31	0.01	0.28
2.800	2.76	－0.04	2.87	0.07	2.80	0.00	0.10
2.900	2.87	－0.03	2.98	0.08	2.90	0.00	0.09
3.500	3.47	－0.03	3.58	0.08	3.51	0.01	0.22
平均						0.014	0.17

表 7.3.2.10 東京

設定 圧力 [kPa]	マイコンメ ータの表示 値[kPa] (最小値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最小値)	マイコンメ ータの表示値 [kPa](最大 値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最大値)	マイコンメ ータの表示 値[kPa] (平均値)	設定圧力と 表示圧力の 差[kPa](平 均値)	割合 [%]
0.000	0.01	0.01	0.08	0.08	0.03	0.03	－
2.300	2.20	－0.10	2.35	0.05	2.29	－0.01	－0.68
2.800	2.71	－0.09	2.86	0.06	2.79	－0.01	－0.56
2.900	2.82	－0.08	2.95	0.05	2.89	－0.01	－0.46
3.500	3.43	－0.07	3.53	0.03	3.49	－0.01	－0.41
平均						－0.002	－0.53

表 7.3.2.11 宮崎

設定 圧力 [kPa]	マイコンメ ータの表示 値[kPa] (最小値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最小値)	マイコンメ ータの表示値 [kPa](最大 値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最大値)	マイコンメ ータの表示値 [kPa](平均 値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (平均値)	割合 [%]
0.000	0.04	0.04	0.08	0.08	0.06	0.06	－
2.300	2.35	0.05	2.38	0.08	2.36	0.06	2.66
2.800	2.85	0.05	2.88	0.08	2.87	0.07	2.30
2.900	2.95	0.05	2.98	0.08	2.96	0.06	2.16
3.500	3.55	0.05	3.58	0.08	3.57	0.07	1.88
平均						0.064	2.25



グラフ 7.3.2.2 平均値の比較

圧力が 0kPa の時を除くと、北海道と東京は平均値が $\pm 0.01\text{kPa}$ の範囲内であるが、宮崎では $+0.06\text{kPa}$ を超えている。マイコンメータの使用環境温度の影響の可能性も考えられる。
参考として 3 地域の平均気温を以下に示す。

表 7.3.2.12 収集地域の気温

使用地域	年平均最高気温 [°C]	年平均最低気温 [°C]	年平均気温 [°C]
北海道札幌市	12.9	5.3	8.9
東京都あきる野市（青梅市）	19.1	9.2	13.8
宮崎県宮崎市	22	13.2	17.4

（気象庁 HP）

3) ガスの使用量の影響の検討

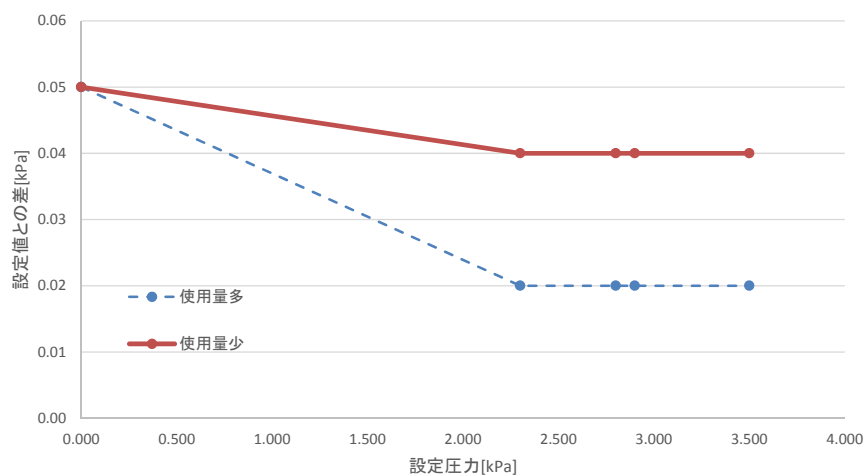
回収したマイコンメータにおいて、ガスの使用量が多かった設置先（カウンタが 1500m³ を超えた 7 台）と少なかった設置先（使用量が少ない 7 台）のグループに分けてまとめた結果を以下に示す。

表 7.3.2.13 使用量が多かったマイコンメータ

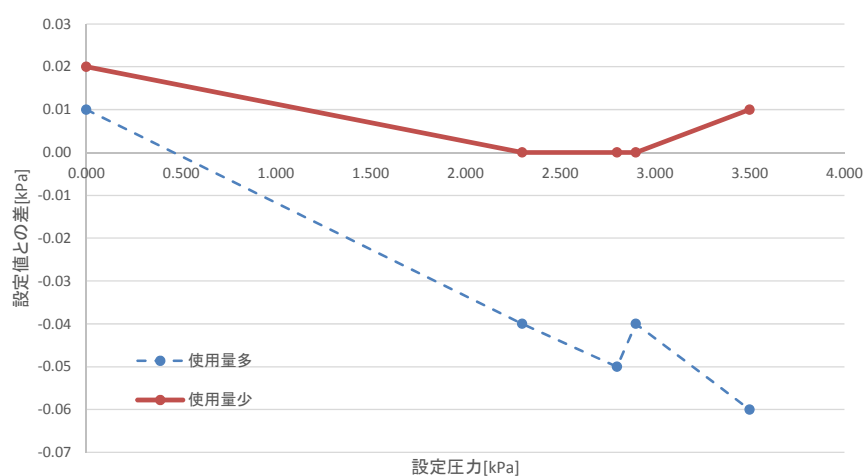
設定 圧力 [kPa]	マイコン メータの 表示値 [kPa](最 小値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最小値)	マイコンメ ータの表示値 [kPa](最大 値)	設定圧力と 表示圧力の 差[kPa](最 大値)	マイコンメ ータの表示 値[kPa](平 均値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (平均値)	割合 [%]
0.000	0.01	0.01	0.07	0.07	0.05	0.05	－
2.300	2.26	－0.04	2.38	0.08	2.32	0.02	0.70
2.800	2.75	－0.05	2.87	0.07	2.82	0.02	0.58
2.900	2.86	－0.04	2.98	0.08	2.92	0.02	0.56
3.500	3.44	－0.06	3.58	0.08	3.52	0.02	0.47
平均						0.026	0.58

表 7.3.2.14 使用量が少なかったマイコンメータ

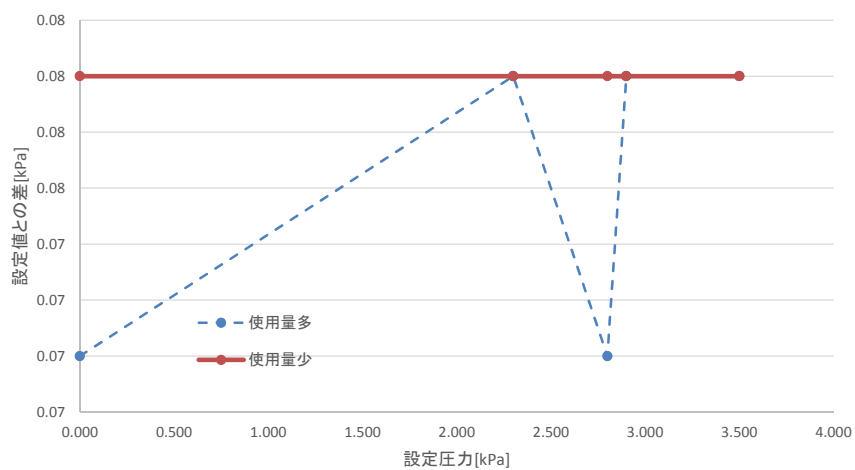
設定 圧力 [kPa]	マイコン メータの 表示値 [kPa](最 小値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最小値)	マイコンメ ータの表示値 [kPa](最大 値)	設定圧力と 表示圧力 の差[kPa] (最大値)	マイコンメ ータの表示値 [kPa](平均 値)	設定圧力 と表示圧 力の差 [kPa](平 均値)	割合 [%]
0.000	0.02	0.02	0.08	0.08	0.05	0.05	－
2.300	2.30	0.00	2.38	0.08	2.34	0.04	1.76
2.800	2.80	0.00	2.88	0.08	2.84	0.04	1.50
2.900	2.90	0.00	2.98	0.08	2.94	0.04	1.40
3.500	3.51	0.01	3.58	0.08	3.54	0.04	1.21
平均						0.04	1.47



グラフ 7.3.2.3
使用量別の比較（平均値）



グラフ 7.3.2.4
使用量別の比較（最小値）



グラフ 7.3.2.5
使用量別の比較（最大値）

グラフ 7.3.2.3～7.3.2.5 において平均値、最小値、最大値を比較すると使用量が少ないマイコンメータの方が設定圧力との差が高く表示する傾向があることがわかる。

(6) まとめ

①内蔵圧力センサの経年変化

約 10 年間使用したマイコンメータに内蔵されている圧力センサは高く表示する結果となり、今回回収した 30 台の計測では平均で+0.026kPa であった。また、圧力表示の差としては最小値で-0.1kPa、最大値で 0.08kPa の圧力表示差があった。常用圧力 2.8kPa に対しては平均で 0.63% の表示差となった。

現行の自記圧力計を使用した漏えい試験に関する規定では、自記圧力計の誤差が機械式自記圧力計の場合で 0.2kPa 以下、電気式ダイヤフラム式自記圧力計の場合では 0.03kPa 以下であり、補正することで使用できることとなっている。

今回の計測結果から、マイコンメータの内蔵圧力センサはこれらの測定器具の性能と同等の性能が保たれていると考えられる。

②圧力の微小変化に関する性能

マイコンメータの圧力式微少漏えい検知機能はガス流量がないと判断してから、10 分間隔での微小な圧力変化 (0.1kPa) を計測して漏えいを検知する。今回の評価では、設定圧力 0.1kPa に対して表示圧力は 0.08kPa から 0.11kPa の範囲内であり、平均では 0.1kPa となっており、マイコンメータの表示圧力と設定圧力とは一致している。

従って、圧力式微少漏えい検知機能についての経年による性能の低下の可能性は低いと考えられる。

③使用地域の環境温度の影響

マイコンメータの回収地域を寒冷、標準、温暖地域に分けて分析した場合に、寒冷、標準地域での表示差は平均値が±0.01kPa の範囲内であるが、温暖地域では+0.06kPa を超えていた。このことから、使用環境温度が高い地域の方が表示差が大きくなる傾向が考えられる。

④ガスの使用量の影響

ガスを多く使用した場合とそうでない場合により、圧力センサの性能変化について検討した。今回の回収品データにおいて、ガスの使用量が少ない場合の方が圧力表示が高く出る傾向があった。

以上のことから、マイコンメータの内蔵圧力センサに関して、経年による性能の変化及び傾向があることがわかったが、それらは許容範囲内であると考えられ、さらに積極的に活用していくことで保安の効率化、高度化につながると思われる。

8. まとめ

8. 1 LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査

8.1.1 ガス漏えいに影響を及ぼす配管環境等の調査

一般家庭に比べて大規模な配管設備である集合住宅を想定したモデル配管設備を構築して、擬似的なガス漏えいを発生させた場合に、配管長や環境温度などの環境条件と配管内圧力との相関関係に関するデータを収集した。

(イ)ガス漏えい量と配管長の関係

今回の計測では、集合住宅の配管を想定した配管内容積が約 28L、長さにすると 20A 管で約 77m相当であるモデル配管を使って、配管内容積の違いとガス漏えい量との関係について計測を行った。大気圧の状態から供給圧力に復帰した場合に、圧力の変動が漏えいの有無により異なるかについて、観察を行った。その結果、漏えいの有無により圧力が閉塞圧力として上昇するのか、供給圧力として調圧されるのかで異なることがわかる。漏えい量が 1 L/h 程度で、その違いを判定することが難しくなる。

配管内にハンドポンプを使って圧力をかけずに、圧力変動を観察してガス漏えいの有無を判定することの可能性があるが、そのためには適切な時間をかける必要がある。

(ロ)ガス漏えい量と配管温度の関係

LPガスの配管が環境から熱を受けた場合に、配管内圧力とガス漏えい量に関する計測を行いデータを収集した。今回の計測では配管内容積を約 28L（長さにして約 77m）という大規模な配管を想定したモデル配管で計測した。

加熱により配管表面が 20℃以上の上昇がある場合でも、配管内温度は 2℃程度の上昇であった。これに対し、配管内圧力に関しては、加熱開始直後は漏えいの有無に関わらず上昇を始めるが、その後、漏えい量が多いほど圧力の上昇は小さくなり、時間の経過とともに供給圧力として一定に調整された。ただし、ジャケットヒータの温度制御特性の影響もあると考えられる。

今回行った計測から、環境温度の変化はガスの温度上昇よりも配管内圧力に大きな影響を与えていることがわかる。逆に温度が変化する環境においては、配管内圧力の計測を行う際には、その影響を考慮して行う必要がある。

8.1.2 漏えい解析調査

実験によって取得したデータの信頼性を高めるとともにデータを充実させるため、モデル配管により実測したデータに加えて、様々な条件設定が可能なコンピュータシミュレーションにより算定した数値を取得し、それらを比較・評価した。

①漏えい試験の検知性能

亀裂のある配管設備に圧力計を使った漏えい試験を実施したと想定するシミュレーションした場合、0.06L/hの漏えい（プロパンの場合）が検知できる限界であるという結果であった。

②加圧圧力と検知性能について

漏えい試験を実施する場合、加圧する圧力に幅がある。シミュレーションでは 2.3kPa と 5.5kPa の条件で計算を行い、等価水力直径が各々0.068mmと 0.053mm の検知が可能となる結果であった。面積比にすると約 60%の亀裂を検知可能となる。

③配管容量と漏えい検知性能

配管容積と漏えい試験の検知性能に関するシミュレーションでは、配管容積が大きいほど配管内圧力の降下は小さい。従って配管の大きさにより圧力の監視時間を長くとる必要がある。シミュレーション結果では配管容積が約 5 Lを超えると降下速度が鈍る結果であった。

④ガス種の違い

配管内のガスの種類をプロパンと空気でシミュレーションを行った。亀裂の大きさが同じ場合には空気に比べプロパンの方が漏えい量が 2.33 倍多い結果となった。空気とプロパンの物性値（ガス分子量、密度、粘度）が影響している。

⑤実験との比較について

これまでの実験値と比較した場合、電気式ダイヤフラム式自記圧力計を用いた漏えい試験の検知限界が 0.1L/hであった。シミュレーション結果との差の原因としては測定器具の測定能力やガスの噴出状況（亀裂の状態）が影響していると考えられる。シミュレーションにおいて、理論上は等価水力直径を数値的に小さくすることで表現できるが、実測の際には計測する流量が小さくなるにつれて指示値が不安定となっていく。また、計測器の限界性能に加えて、ガスや漏えい制御バルブ中の異物等により穴が塞がってしまった等の理由により確率的にガスが流れてしまうこと等があるため、計算結果と一致しない部分があることが考えられる。

また、モデル配管実験では空気を使ってデータ収集を行っている。漏えい試験の性能とマイコンメータの検知機能を比較して評価する上では問題ないものの、爆発等の安全性を検証する際には漏えいするプロパンの量が関係するため、ガス種の違いによるシミュレーション結果を考慮する必要がある。

8. 2 ガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化調査

8.2.1 漏えい試験に関する性能確認調査

現行の基準に規定された漏えい試験方法による漏えい検知性能を確認するため、長い配管設備を想定したモデル配管設備を使って、加圧ガスの圧力とガス漏えい量の関係や配管長の違い等の条件による実験を行いデータを収集した。

①ガス漏えい量と圧力変動の関係

配管内容積が異なる場合のガス漏えい量と圧力変動の関係についてデータ収集を行った。機械式と電気式の2種類の自記圧力計による漏えい判定を行ったところ、機械式自記圧力計で0.4～0.6L/h程度、電気式ダイヤフラム式自記圧力計で0.2L/hであった。

②加える圧力と圧力変動の関係

試験開始圧力が異なる場合のガス漏えい量と圧力変動による漏えい判定結果に好いてデータ収集を行った結果、機械式自記圧力計で0.4～0.6L/h程度、電気式ダイヤフラム式自記圧力計で0.1L/hであった。

③保持時間と圧力変動の関係

保持時間は配管内容積及び使用する自記圧力計の種類に応じて定められている。漏えい判定結果、機械式自記圧力計で0.6L/h程度、電気式ダイヤフラム式自記圧力計で0.1L/hであった。

今回の計測では、通常の一般住宅よりも配管容積が大きなモデル配管を使って、機械式及び電気式の自記圧計の漏えい検知機能データを収集した。その結果、機械式自記圧力計では0.6L/h程度、電気式ダイヤフラム式自記圧力計では0.2L/h程度のガス漏えいを検出した。なお、0.1L/h未満の漏えいは今回の実験設備において発生・計測することが難しいため、データが取得可能な限界でもあった。

漏えい試験では配管内容積に応じて監視時間が定められているが、今回の計測は28.67L（長さで77.5m相当）で行っており、配管内容積が大きい配管設備であることを勘案すると、これらの判定結果は各自記圧力計による漏えい試験の限界の検知性能であると考えられる。

8. 3 マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

8.3.1 LPガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査

漏えい検知機能の比較について、これまでに実施した漏えい検査及びマイコンメータの各々の性能実験について比較すると以下の通りである。

表 8.3.1.1 検知機能の比較

	現行の漏えい試験		マイコンメータの漏えい検知機能					
漏えい検知方式	機械式自記圧力計	電気式ダイヤフラム式自記圧力計(温度補正付き)	復帰安全確認機能		漏えい検査機能	微量漏えい検知機能(流量式)		微量漏えい検知機能(圧力式)
			膜式	超音波式		膜式	超音波式	
検知可能なガス漏えい量	0.6L/h程度 (圧力:2.8kPa時)	0.2L/h程度 (圧力:2.8kPa時)	20L/h程度	6.2L/h程度	0.6L/h程度	2L/h程度	2.5L/h程度	0.4L/h程度
検知に要する時間	10分 (又は5分)	5分 (又は2分)	1分	20秒	5分	30日間(1日毎に確認可能)		
漏えい試験の実施方法	自記圧力計を配管設備に設置して加圧する		マイコンメータの復帰ボタンを押す		調整器上流部を開放し、マイコンメータに設定器を接続する	操作は不要		
検知可能な範囲	マイコンメータの上流及び下流		マイコンメータの下流		マイコンメータの上流及び下流	マイコンメータの下流		マイコンメータの上流及び下流

- A) マイコンメータの漏えい検知機能は、流量を計測する方式と圧力を計測する方式があるが、圧力を計測して判定を行う漏えい検知方式が、より小さな漏えいを検知できる。
- B) 圧力を監視して漏えいを検知する方式ではマイコンメータの上流部及び下流部を検知することが可能である。
- C) 現行の漏えい試験は配管容積に応じて検知に要する時間が違う。
 - ・ 機械式自記圧力計：10 分間（容積が 2.5L 以下の場合 5 分間）
 - ・ 電気式ダイヤフラム式自記圧力計：5 分間（容積が 10L 以下の場合 2 分間）
- D) 現行の漏えい試験とマイコンメータの漏えい検知機能の作業性を比較した場合、自記圧力計を配管に設置する必要がないマイコンメータの機能を使う方が、現場での作業効率は良い。
- E) 漏えい検知に要する時間が最も短いのはマイコンメータの復帰安全確認機能である。
- F) マイコンメータの微量漏えい検知機能は操作は不要であり、自動的に実施される。

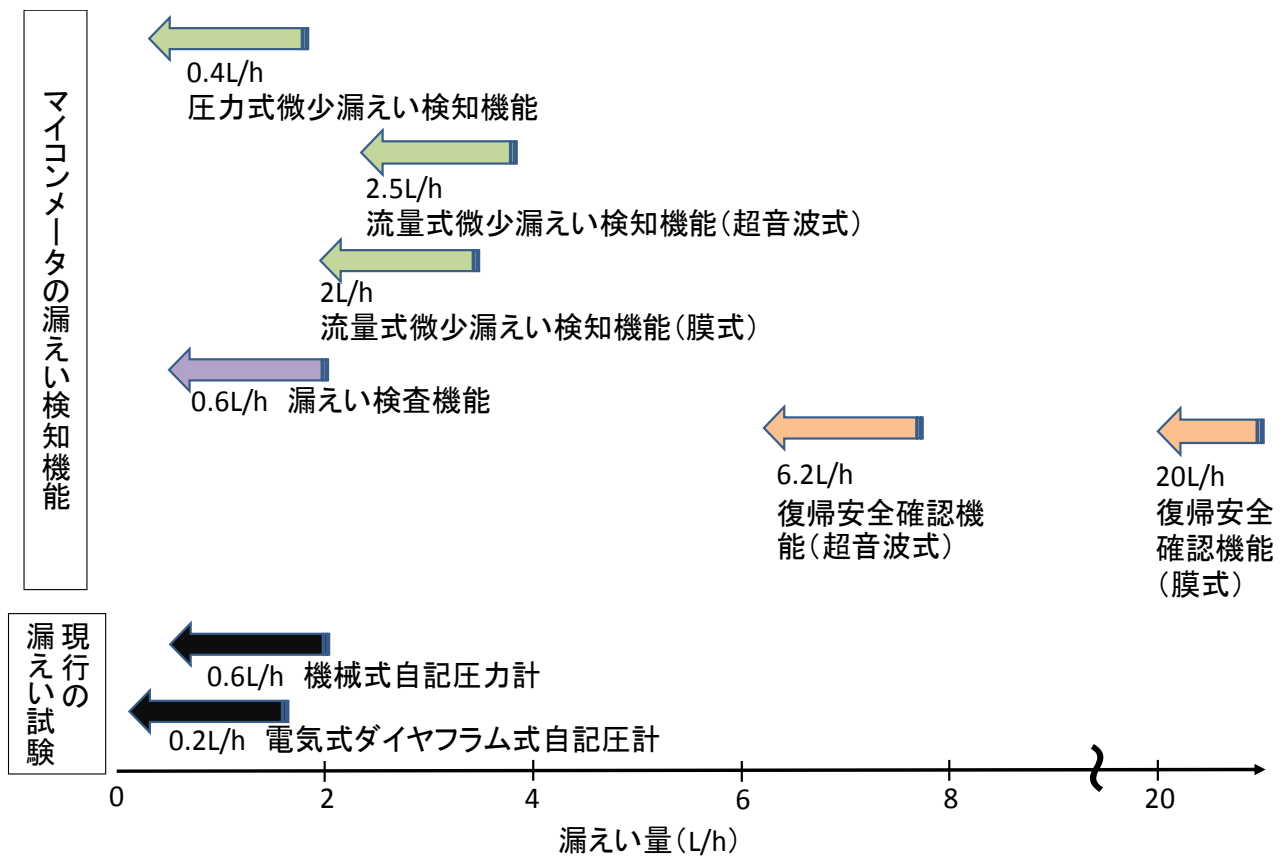


図 8.3.1.2 検知機能の比較

8.3.2 マイコンメータの経年影響調査

マイコンメータの経年による性能変化状況を把握するため、長期間実使用されたマイコンメータのセンサー等の性能試験を行い、データを収集した。

①内蔵圧力センサの経年変化

約 10 年間使用したマイコンメータに内蔵されている圧力センサは高く表示する結果となり、今回回収した 30 台の計測では平均で+0.026kPa であった。また、圧力表示の差としては最小値で-0.1kPa、最大値で 0.08kPa の圧力表示差があった。常用圧力 2.8kPa に対しては平均で 0.63% の表示差となった。

現行の自記圧力計を使用した漏えい試験に関する規定では、自記圧力計の誤差が機械式自記圧力計の場合で 0.2kPa 以下、電気式ダイヤフラム式自記圧力計の場合では 0.03kPa 以下であり、補正することで使用できることとなっている。

今回の計測結果から、マイコンメータの内蔵圧力センサはこれらの測定器具の性能と同等の性能が保たれていると考えられる。

②圧力の微小変化に関する性能

マイコンメータの圧力式微少漏えい検知機能はガス流量がないと判断してから、10 分間隔での微小な圧力変化（0.1kPa）を計測して漏えいを検知する。今回の評価では、設定圧力 0.1kPa に対して表示圧力は 0.08kPa から 0.11kPa の範囲内であり、平均では 0.1kPa となっており、マイコンメータの表示圧力と設定圧力とは一致している。

従って、圧力式微少漏えい検知機能についての経年による性能の低下の可能性は低いと考えられる。

③使用地域の環境温度の影響

マイコンメータの回収地域を寒冷、標準、温暖地域に分けて分析した場合に、寒冷、標準地域での表示差は平均値が±0.01kPa の範囲内であるが、温暖地域では+0.06kPa を超えていた。このことから、使用環境温度が高い地域の方が表示差が大きくなる傾向が考えられる。

④ガスの使用量の影響

ガスを多く使用した場合とそうでない場合により、圧力センサの性能変化について検討した。今回の回収品データにおいて、ガスの使用量が少ない場合の方が圧力表示が高く出る傾向があった。

以上のことから、マイコンメータの内蔵圧力センサに関して、経年による性能の変化及び傾向があることがわかったが、それらは許容範囲内であると考えられ、さらに積極的に活用していくことで保安の効率化、高度化につながると思われる。

8. 4 今後の課題

本事業は、既に普及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及び高度化を図り、大規模災害時の復旧の迅速化や省力化することを目的としている。

本年度は現行の基準に示されている試験方法の内容、漏えい試験及びマイコンメータにおける漏えい検知に関する性能データ収集及びマイコンメータの経年影響変化等について調査を行った。その結果、マイコンメータに搭載されている漏えい検知機能には現行の漏えい試験の性能と同等の性能があることが分かった。

今後、マイコンメータによる漏えい検知性能が現行の例示基準に示されている試験方法と同等の性能があることを示すデータに関して収集を続けると同時に、点検作業の効率化・高度化を図るために基準等へ反映させるために安全性の評価・検討を行っていく必要がある。