

平成30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
（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31年3月

高圧ガス保安協会

はじめに

液化石油ガス（以下「LP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、LP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。

このため、高圧ガス保安協会では、経済産業省から「石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（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）」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・検討を行うこととした。

本報告書は、平成30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30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	16
7. 調査研究の実施結果及び考察	17
7.1 LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査	17
7.2 マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査	33
7.3 技術基準案等の検討	129
8. まとめ	148
8.1 LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査	148
8.2 マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査	149
8.3 技術基準案等の検討	152
8.4 おわりに	153

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30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

業務用設備（工場、学校等）に用いられるLPガス配管設備と同等の配管モデルを使って、擬似的にガス漏えい状態を発生させ、配管内圧力とガス漏えい量等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) 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

業務用設備に設置される業務用マイコンメータが漏えいを検知するまでの時間及び検知できる漏えい量等に係るデータを収集し、業務用マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知機能の限界性能に関する検証調査を行う。

②ガス漏えい時の安全性調査

マイコンメータによる検知が難しいガス漏えい量について、安全性の検討を行う。収集したマイコンメータのガス漏えい検知性能データを基に、検知できない微量なガス漏れが発生した際の爆発可能性等について、計測あるいは数値解析等による安全性に関する調査を行う。

(3) 技術基準案等の検討

収集したマイコンメータのガス漏えい検知機能に関するデータ等を基に、例示基準や災害対策マニュアル等の改正に向けた提言を検討する。

3. 実施場所と調査研究概要

3.1 実施場所

高压ガス保安協会 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	H30年度目標（仕様）	H30年度実施内容
<p>(1)LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査</p> <p>①ガス漏えい影響を及ぼす配管環境等の調査</p>	<p>LPガス配管設備の業務用設備（工場、学校等）では、一般家庭用設備に比べると配管、調整器、ガスメータ等の各機器が大型のものが使用されているため、配管内圧力の状態が影響されていることが考えられる。前年度までは一般家庭用設備を想定したモデル配管設備において配管内圧力等のデータを収集してきたが、業務用設備においてもデータを収集してそれらのデータの比較・検討を行う。</p>	<p>業務用設備（工場、学校等）に用いられるLPガス配管設備と同等の配管モデルを使って、擬似的にガス漏えい状態を発生させ、配管内圧力とガス漏えい量等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。</p>	<p>業務用設備を想定した各種の調整器（単段式、2段式等）、大型マイコンメータ等を使用したモデル配管設備を構築して、配管内圧力の状態に関するデータを収集する。また、自記圧力計による漏えい試験を実施して、一般家庭用マイコンメータのデータと比較・検討する。</p>
<p>(2)マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査</p> <p>①LPガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査</p>	<p>LPガス設備のガス流量によって、適切な容量のマイコンメータが設置される。一般家庭用から大流量の設備用の業務用マイコンメータが販売されている。業務用マイコンメータにも一般家庭用と同様に漏えい検知機能が搭載されているが、微量流量検知に関する検知性能についてデータを収集し、検証する必要がある。</p>	<p>業務用設備に設置される業務用マイコンメータが漏えいを検知するまでの時間及び検知できる漏えい量等に係るデータを収集し、業務用マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知機能の限界性能に関する検証調査を行う。</p>	<p>業務用設備を想定したモデル配管設備を構築し、業務用マイコンメータの漏えい検知性能に関するデータを収集する。収集したデータを基に一般家庭用マイコンメータのデータとの比較や現行の漏えい試験への代替の可能性、さらには漏えい検知性能の向上策等について検討する。</p>
<p>②漏えい解析調査</p>	<p>自記圧力計による漏えい試験及びマイコンメータによる漏えい検知性能に関する漏えい検知性能に関するデータ取集を行い、限界の検知性能について検討を行ってきた。検知性能の限界のデータを把握できたが、検知することができない微量なガス漏えいとマイコンメータの検知性能の安全性に関する検討を行う必要がある。</p>	<p>マイコンメータによる検知が難しいガス漏えい量について、安全性の検討を行う。収集したマイコンメータのガス漏えい検知性能データを基に、検知できない微量なガス漏れが発生した際の爆発可能性等について、計測あるいは数値解析等による安全性に関する調査を行う。</p>	<p>実測による方法では計測器の性能、あるいは実際のガスを使った検証は難しいため、コンピュータシミュレーションによる検証を行うことで、微量なガス漏えいと爆発可能性について検討を行う。</p>
<p>(3)技術基準案等の検討</p>	<p>マイコンメータの機能により現行の漏えい試験の代替を図ることで、災害発生時の迅速な復旧及び定期点検時等の効率化等を達成し、保安の高度化に寄与する。</p>	<p>収集したマイコンメータのガス漏えい検知機能に関するデータを検討する。特に、例示基準や災害対策マニュアル等の改正に向けた提言を検討する。</p>	<p>実施内容として、例示基準案等の検討を行う。</p>

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) 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	→		→
(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	→	→	
(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 ②ガス漏えい時の安全性調査	→	→	→
(4) 技術基準案等の検討	→	→	→

4.2 平成30年度調査スケジュール

表 4.2.1 平成30年度スケジュール

実施項目	平成30年									平成31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) 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	→												
(2) 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	→												
②ガス漏えい時の安全性調査			→										
(3) 技術基準案等の検討		→											
(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 (一社)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) R&D本部 技術統括部 Mグループ 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

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

中村睦実 矢崎エナジーシステム(株) ガス機器事業部 企画部 事業推進チーム [(一社)日本エルピーガス供給機器工業会]

水越由佳 (一財)消費科学センター 教育部 企画運営委員

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 LP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

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30年 6月11日・・・平成30年度調査研究計画について

第2回 平成30年11月14日・・・平成30年度進捗状況について

第3回 平成31年 2月28日・・・平成30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) 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
仕様

(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

業務用設備（工場、学校等）に用いられるLPガス配管設備と同等の配管モデルを使って、擬似的にガス漏えい状態を発生させ、配管内圧力とガス漏えい量等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

LPガス配管設備の業務用設備（工場、学校等）では、一般家庭用設備に比べると配管、調整器、ガスメータ等の各機器が大型のものが使用されているため、配管内圧力の状態が影響されていることが考えられる。前年度までは一般家庭用設備を想定したモデル配管設備において配管内圧力等のデータを収集してきたが、業務用設備に関してもデータを収集してそれらのデータの比較・検討を行う。

(b) 実施内容

業務用設備を想定した各種の調整器（単段式、2段式等）、大型マイコンメータ等を使用したモデル配管設備を構築して、配管内圧力の状態に関するデータを収集する。また、上記圧力計による漏えい試験を実施して、一般家庭用マイコンメータのデータと比較・検討する。

(c) 実施方法

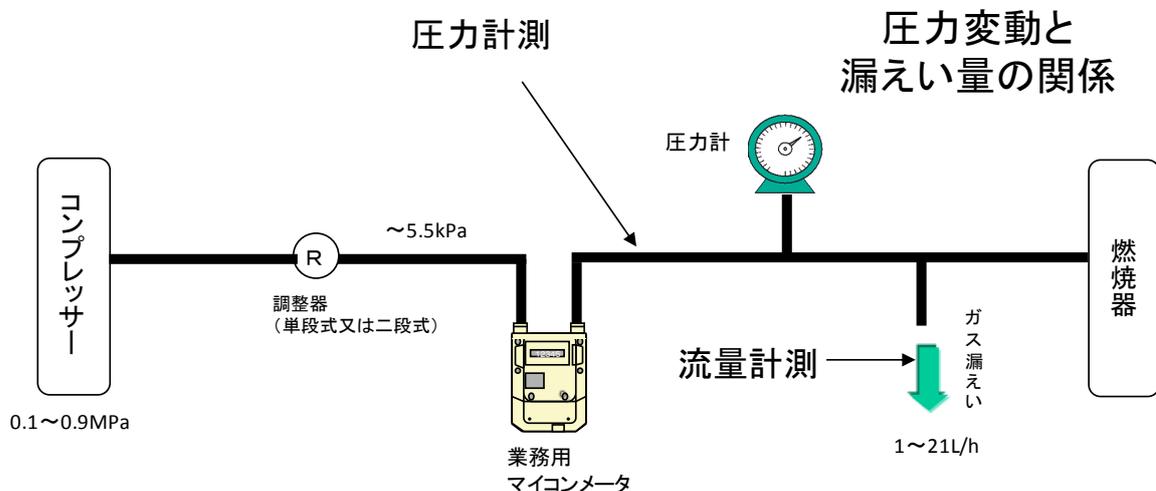


図 6.1.1 実施方法

①使用する調整器

2 段式調整器、自動切換え式等の調整器を使用。



写真 6.1.1 2 段式調整器(左)と自動切換え式調整器 (一体型)

②使用するマイコンメータ

業務用マイコンメータ (最大で16号) の膜式及び超音波式を使用する。



写真 6.1.2 業務用マイコンメータ

(2) 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

(2) 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
業務用設備に設置される業務用マイコンメータが漏えいを検知するまでの時間及び検知できる漏えい量等に係るデータを収集し、業務用マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知機能の限界性能に関する検証調査を行う。

(a) 背景・課題

LPガス設備のガス流量によって、適切な容量のマイコンメータが設置される。一般家庭用から大流量の設備用の業務用マイコンメータが販売されている。業務用マイコンメータにも一般家庭用と同様に漏えい検知機能が搭載されているが、微小流量検知に関する検知性能についてデータを収集し、検証する必要がある。

(b) 実施内容

業務用設備を想定したモデル配管設備を構築し、業務用マイコンメータの漏えい検知性能に関するデータを収集する。収集したデータを基に一般家庭用マイコンメータのデータとの比較や現行の漏えい試験への代替の可能性、さらには漏えい検知性能の向上策等について検討する。

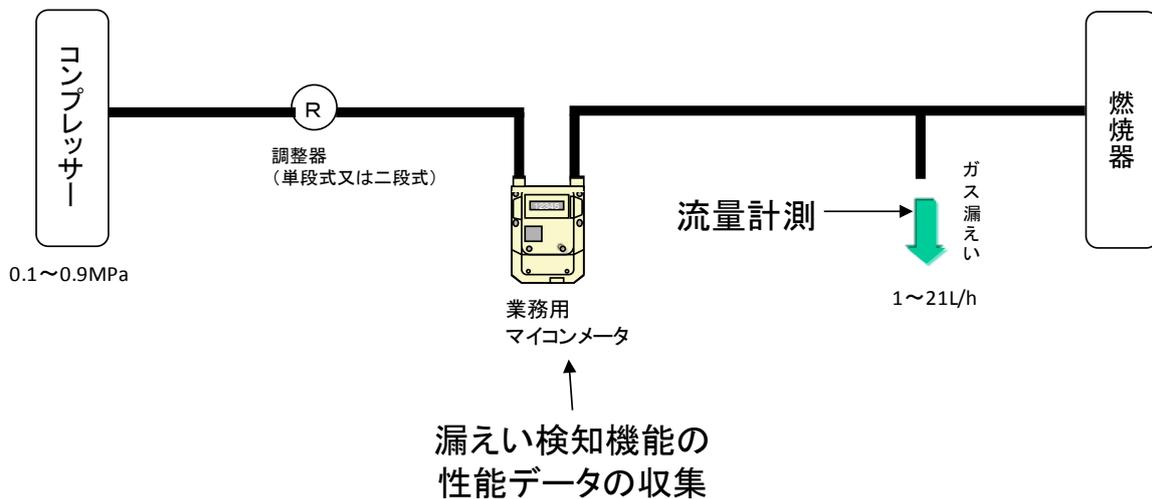


図 6.1.2 実施内容

(c)実施方法

- 使用するマイコンメータ
 - マイコンメータ 16号（膜式及び超音波式）等
- 収集する性能データ
 - 復帰安全確認機能
 - 漏えい検査機能
 - 微少漏えい検知機能 など



写真 6.1.3 超音波式マイコンメータ 16号（左）と 2.5号

②ガス漏えい時の安全性調査 仕様

②ガス漏えい時の安全性調査

マイコンメータによる検知が難しいガス漏えい量について、安全性の検討を行う。収集したマイコンメータのガス漏えい検知性能データを基に、検知できない微量なガス漏れが発生した際の爆発可能性等について、計測あるいは数値解析等による安全性に関する調査を行う。

(a)背景・課題

自記圧力計による漏えい試験及びマイコンメータによる漏えい検知機能に関する漏えい検知性能に関するデータ収集を行い、限界の検知性能について検討を行ってきた。検知性能の限界のデータを把握できたが、検知することができない微量なガス漏えいとマイコンメータの検知性能の安全性に関する検討を行う必要がある。

(b)実施内容

実測による方法では計測器の性能、あるいは実際のガスを使つての検証は難しいため、コンピュータシミュレーションによる検証を行うことで、微量なガス漏えいと爆発可能性について検討を行う。

(c)実施方法

◆概要

屋内および屋外においてプロパンガスが漏えいした場合のガス濃度の空間的、時間的な挙動を把握する。解析には、三次元ナビエ・ストークス方程式および、エネルギー保存式、化学種質量保存式を使用する。

◆計算内容

(ア) 屋内におけるプロパンガス漏えい

- 漏えい流量を2ケース程度考える（例えば5、20L/h）
- 室内に台所がある場合を想定
- 換気扇（空気穴）は作動していないとする（危険側）
- 部屋にはドアがあり、閉じている場合と開いている場合を考える
- 時刻ゼロにおいて漏えいが発生したとし、ある期間（例えば1時間）漏えいが継続する
- ガスの密度差に伴う浮力を考慮する。燃焼はないとする

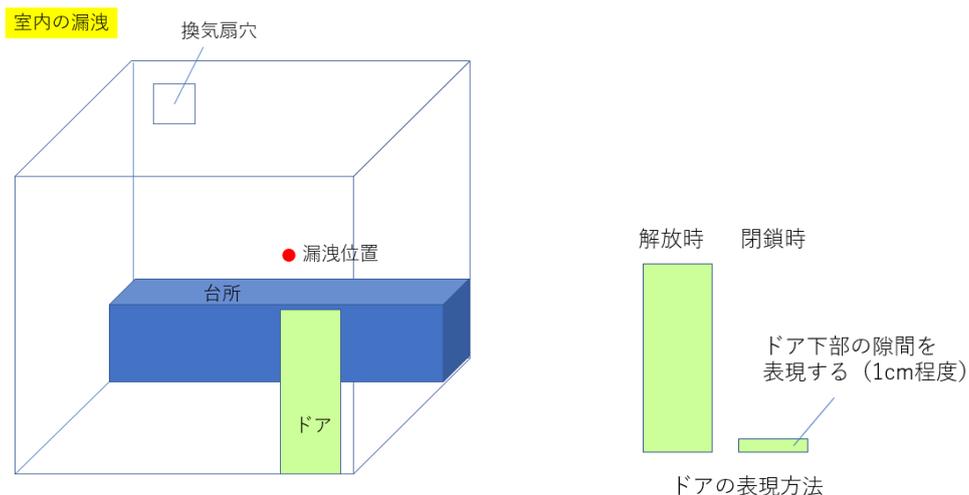


図 6.1.3 計算ケース（屋内）

（例）：漏えい流量 2 ケース × ドア開閉 2 ケースで計 4 ケース

（イ）屋外におけるプロパンガス漏えい

屋外の漏えい

家屋の間に置かれている配管から漏えいした場合を想定

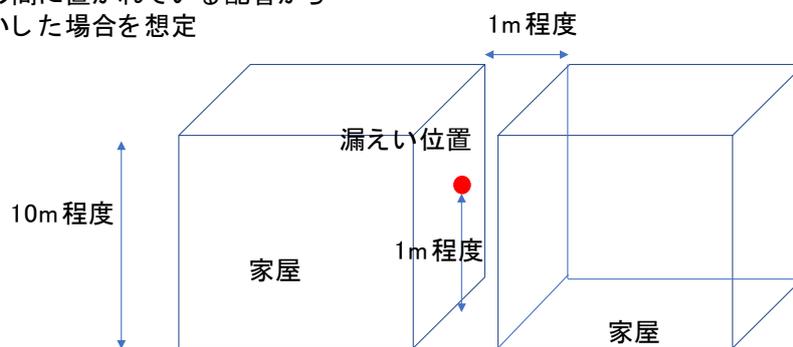


図 6.1.4 計算ケース（屋外）

- 風速を設定（1 L/h）
 - 漏えい流量を 2 ケース程度考える（例えば 5、20L/h）
 - 時刻ゼロにおいて漏えいが発生したとし、ある期間（例えば 1 時間）漏えいが継続する
 - ガスの密度差に伴う浮力を考慮する。燃焼はないとする
- 計算ケース（例）：漏えい流量 2 ケース × 風速 2 ケースで計 4 ケース

◆解析結果の評価

いくつかの検査時刻について、プロパンガスの濃度分布を調べ、最もプロパンガスが滞留しやすい場所（爆発限界濃度位置）を把握する。またいくつかの検査点においてプロパンガス濃度の経時変化を調べる。

(3) 技術基準案等の検討

仕様

(3) 技術基準案等の検討

収集したマイコンメータのガス漏えい検知機能に関するデータ等を基に、例示基準や災害対策マニュアル等の改正に向けた提言を検討する。

これまでに取得した漏えい検知に関するデータ等を基に、マイコンメータによる漏えい試験の代替の可能性、例示基準や災害対策マニュアル等への反映方法案について検討を行う。

検討結果を提言としてまとめ、本事業の報告書として作成する。

◆検討の対象と考えられる基準等

- ① 「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）」第 29 節「供給管又は配管等の気密試験方法及び漏えい試験の方法」
- ② LP ガス災害対策マニュアル

6.2 調査研究の経過

- (1) LPガス設備の漏えい試験等の高度化調査
平成30年4月～平成31年1月
- (2) マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査
平成30年4月～平成31年2月
- (3) 技術基準案等の検討
平成30年6月～平成31年2月
- (4) 報告書の作成
平成31年1月～平成31年3月

7. 調査研究の実施結果及び考察

7. 1 LP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

仕様

(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

業務用設備（工場、学校等）に用いられるLPガス配管設備と同等の配管モデルを使って、擬似的にガス漏えい状態を発生させ、配管内圧力とガス漏えい量等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

LPガス配管設備の業務用設備（工場、学校等）では、一般家庭用設備に比べると配管、調整器、ガスメータ等の各機器が大型のものが使用されているため、配管内圧力の状態が影響されていることが考えられる。前年度までは一般家庭用設備を想定したモデル配管設備において配管内圧力等のデータを収集してきたが、業務用設備に関してもデータを収集してそれらのデータの比較・検討を行う。

(b)実施内容

業務用設備を想定した各種の調整器（単段式、2段式等）、大型マイコンメータ等を使用したモデル配管設備を構築して、配管内圧力の状態に関するデータを収集する。また、自記圧力計による漏えい試験を実施して、一般家庭用マイコンメータのデータと比較・検討する。

(1) 自記圧力計による漏えい検知性能の調査

配管内容積 17.1L (32A 管で約 17.1mに相当) と 64.1L (32A 管で約 64.1mに相当) の業務用設備を模した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。

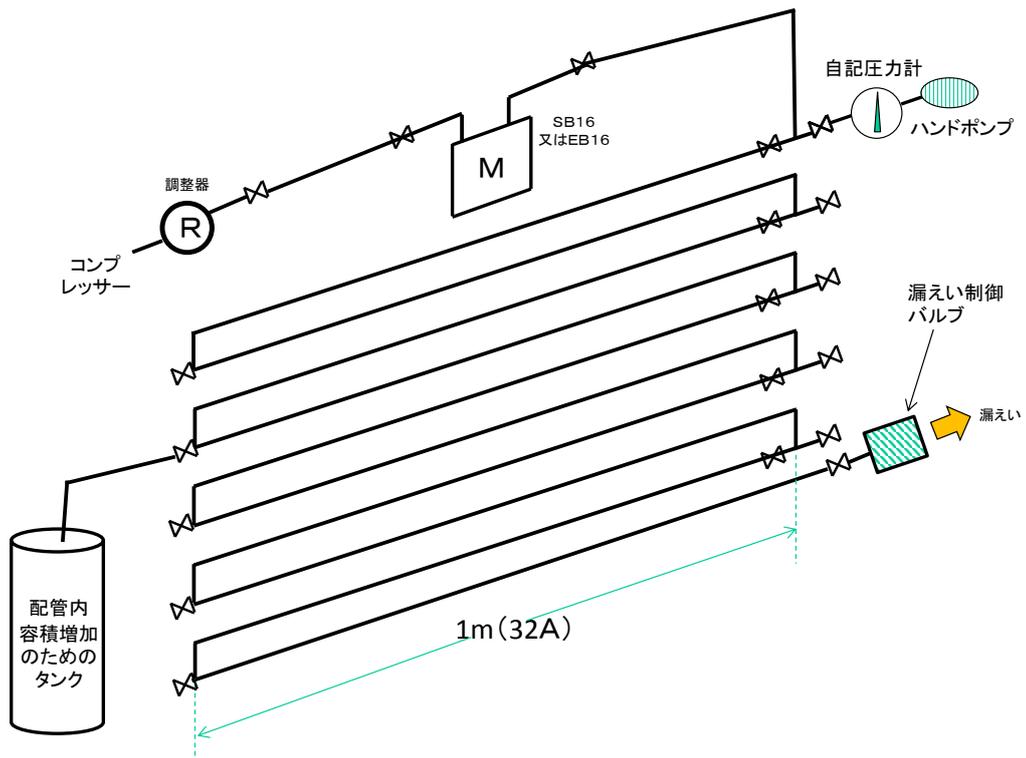


図 7.1.1.1 モデル配管



写真 7. 1. 1. 1 実験設備



写真 7. 1. 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

1) 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 $\pm 0.03\text{kPa}$)

2) 実施結果

配管内容積 17.1L (32A 管で約 17.1mに相当) と 64.1L (32A 管で約 64.1m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 7.1.1.1 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	正誤
1	10	1.0	17.1	3.60	3.10	0.50	漏えい有り	正
2	10	0.8	17.1	3.60	3.20	0.40	漏えい有り	正
3	10	0.6	17.1	3.40	3.15	0.25	漏えい有り	正
4	10	0.5	17.1	3.20	3.00	0.20	漏えい有り	正
5	10	0.4	17.1	3.35	3.10	0.25	漏えい有り	正
6	10	0.3	17.1	3.45	3.35	0.10	漏えい無し	誤
7	10	0.2	17.1	3.42	3.35	0.07	漏えい無し	誤
8	10	0.1	17.1	3.70	3.70	0.00	漏えい無し	誤

【条件】配管内容積：17.1L、気温：21℃、湿度：31%

表 7.1.1.2 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	正誤
9	10	1.0	64.1	3.60	3.30	0.30	漏えい有り	正
10	10	0.8	64.1	3.60	3.40	0.20	漏えい有り	正
11	10	0.6	64.1	3.40	3.35	0.05	漏えい有り	正
12	10	0.5	64.1	3.40	2.95	0.45	漏えい有り	正
13	10	0.4	64.1	3.40	3.30	0.10	漏えい無し	誤
14	10	0.3	64.1	3.45	3.40	0.05	漏えい無し	誤
15	10	0.2	64.1	3.50	3.50	0.00	漏えい無し	誤
16	10	0.1	64.1	3.50	3.50	0.00	漏えい無し	誤

【条件】配管内容積：64.1L、気温：21℃、湿度：31%

◆考察

配管内容積が大きい64.1Lの場合は0.5L/hのガス漏えいを検知したのに対し、配管内容積が小さい17.1L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程、圧力降下が小さいため、ガス漏えい検知の性能が下がっている。

前年度までに測定した配管内容積が小さい場合の測定結果と合わせて、配管内容積と漏えい検知能力の関係をみると以下の通りである。

表 7.1.1.3 配管内容積と検知量（機械式自記圧力計）

配管内容積(L)	検知できた量(L/h)
4.7	0.4（前回計測分）
17.1	0.4
28.7	0.6（前回計測分）
64.1	0.5

以上のことから、配管内容積が今回の計測では最も大きい64.1L(管径32Aで約64.1m、20Aで約173.2m相当)の場合であっても、機械式自記圧力計の漏えい検知性能は0.6L/h程度であると考えられる。

②電気式ダイヤフラム式自記圧力計による判定結果

表 7.1.1.4 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	正 誤
21	17.1	5	1.0	3.38	3.18	0.20	0.16	漏えい有り	正
22	17.1	5	0.8	3.19	3.06	0.13	0.08	漏えい有り	正
23	17.1	5	0.6	2.97	2.91	0.06	0.08	漏えい有り	正
24	17.1	5	0.5	3.14	3.08	0.06	0.03	漏えい有り	正
25	17.1	5	0.4	3.18	3.09	0.09	0.06	漏えい有り	正
26	17.1	5	0.3	3.54	3.47	0.07	0.03	漏えい有り	正
27	17.1	5	0.2	3.68	3.64	0.04	0.04	漏えい有り	正
28	17.1	5	0.1	3.37	3.33	0.04	0.04	漏えい有り	正

【条件】配管内容積 17.1L、試験時間 5 分、気温 21℃、湿度 31%

表 7.1.1.5 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	正 誤
29	64.1	5	1.0	3.3	3.15	0.15	0.52	漏えい有り	正
30	64.1	5	0.8	3.23	3.11	0.12	0.29	漏えい有り	正
31	64.1	5	0.6	2.98	2.93	0.05	0.21	漏えい有り	正
32	64.1	5	0.5	3.16	3.08	0.08	0.41	漏えい有り	正
33	64.1	5	0.4	3.09	3.06	0.03	0.34	漏えい有り	正
34	64.1	5	0.3	3.28	3.21	0.07	0.39	漏えい有り	正
35	64.1	5	0.2	3.54	3.48	0.06	0.25	漏えい有り	正
36	64.1	5	0.1	3.28	3.26	0.02	0.39	漏えい有り	正

【条件】配管内容積 64.1L、試験時間 5 分、気温 21℃、湿度 31%

◆ 考察

今回計測した配管内容積が大きい 64.1L の場合及び小さい 17.1L の場合、いずれの場合も 0.1L の漏えい量を検知して、正しい判定を示している。

前年度までに測定した配管内容積が小さい場合の測定結果と合わせて、配管内容積と漏えい検知能力の関係をみると以下の通りである。

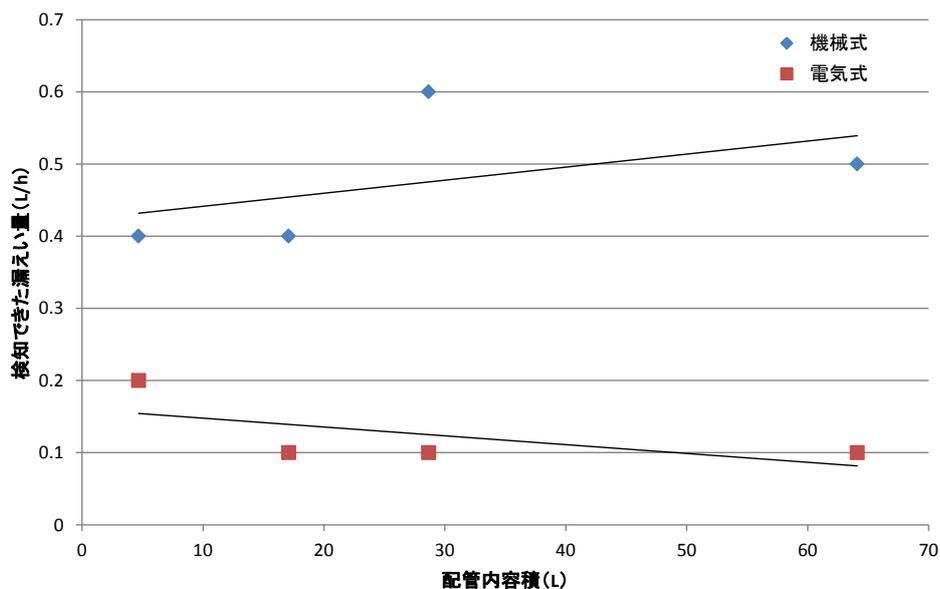
表 7.1.1.6 配管内容積と検知量（電気式自記圧力計）

配管内容積(L)	検知できた量(L/h)
4.7	0.2（前回計測分）
17.1	0.1
28.7	0.1（前回計測分）
64.1	0.1

配管内容積が小さい場合において 0.1L/h を検知できなかったが、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（漏えい量の設定限界など）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、配管内容積が今回の計測では最も大きい約 64.1L（管径 32A で約 64.1m、20A で約 173.2m 相当）の場合であっても、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少なくとも 0.2L/h 程度であると考えられる。

機械式自記圧力計及び電気式ダイヤフラム式自記圧力計の漏えい検知性能と配管内容積との関係に着目したが、今回計測した最大 64.1L までの範囲においては大きな検知性能の低下は見られなかった。



グラフ 7.1.1.1 配管内容積と検知した流量

(2) ガス復帰時のガス漏えい量と配管内容積の関係

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、意図的に空気で微小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

- ①0 L/h（漏えい無し）
- ②0.5 L/h
- ③1 L/h
- ④3 L/h
- ⑤5 L/h
- ⑥8 L/h

として、1秒間隔で配管内圧力を約10分間計測する。

ii) 配管長と圧力変動の関係

LP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14.6 L（32A管で14.6m相当）、と61.6 L（61.6m相当）の2つのケースで計測した。

3) 実験設備

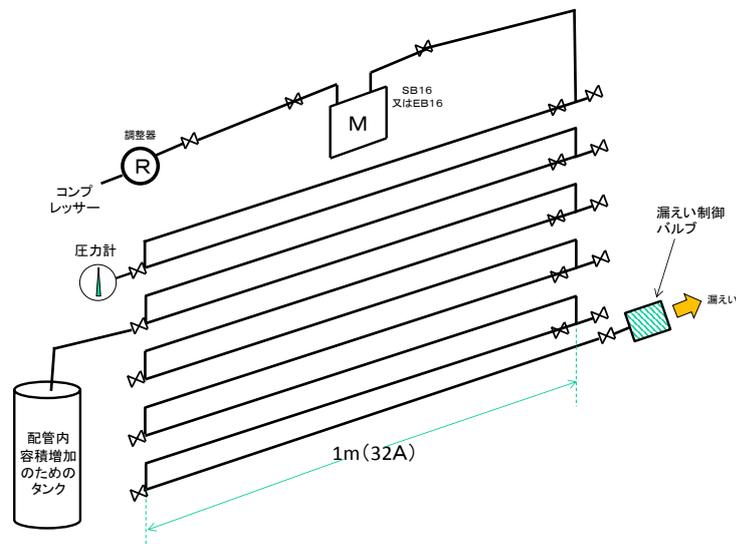


図 7.1.1.1 モデル配管



写真 7.1.1.3 使用した設備



写真 7.1.1.4 業務用マイコンメータ（超音波式(左)と膜式)

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 14.6L、気温 22℃、湿度 25%

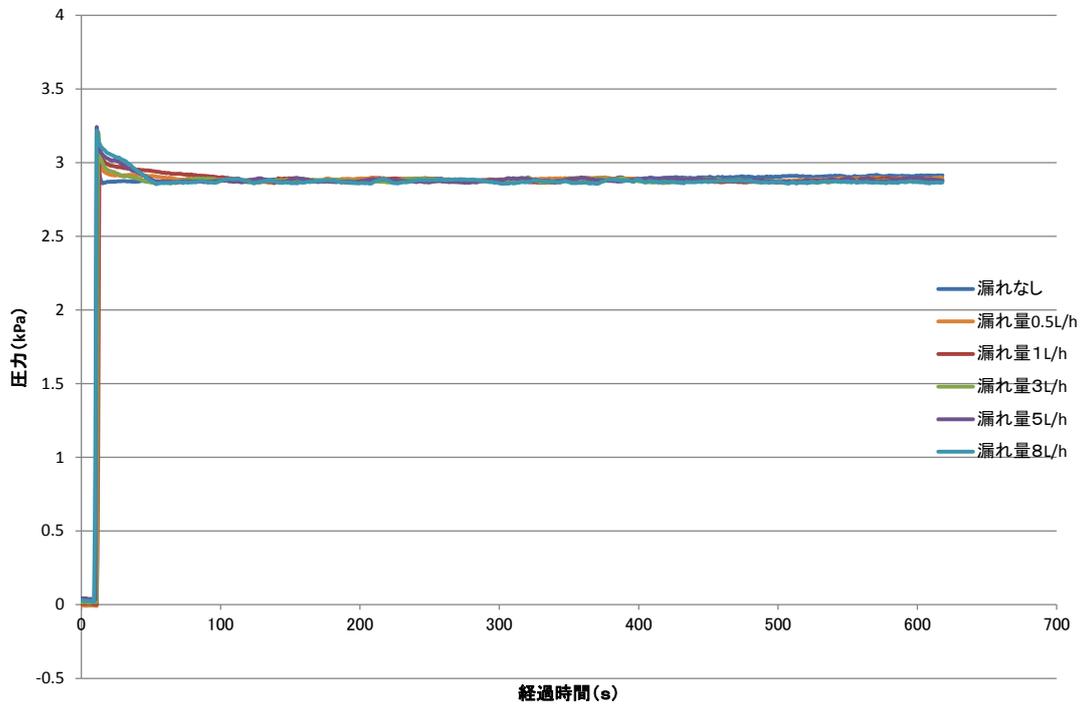


図 7.1.1.2 圧力変動（配管内容積 14.6L）

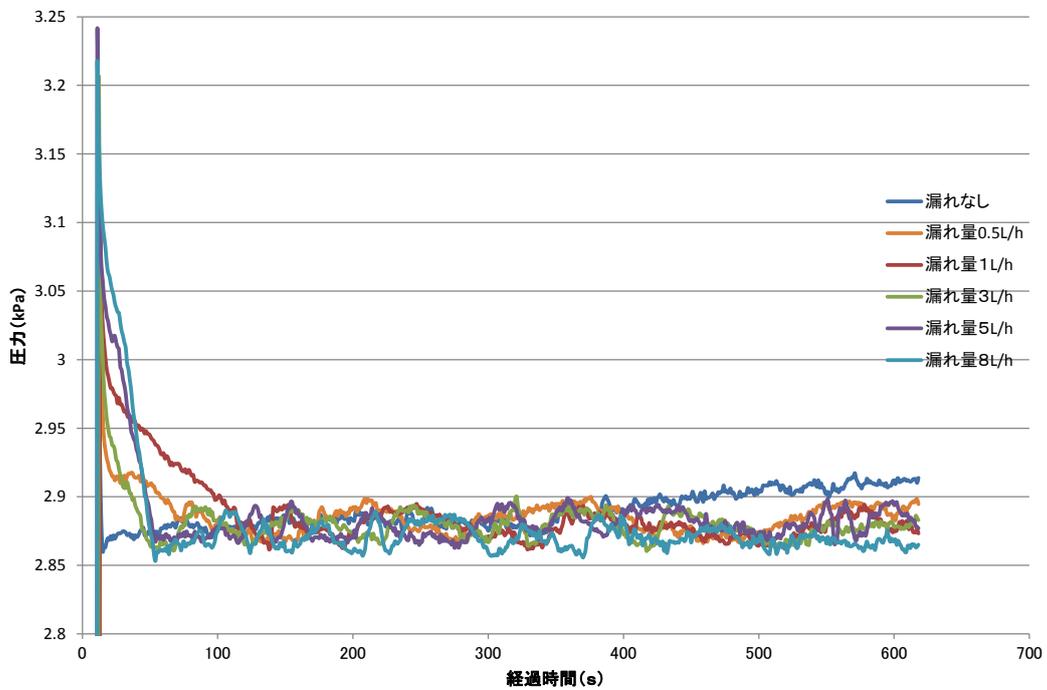


図 7.1.1.3 拡大図

条件：膜式マイコンメータ、配管内容積 61.6L、気温 22℃、湿度 25%

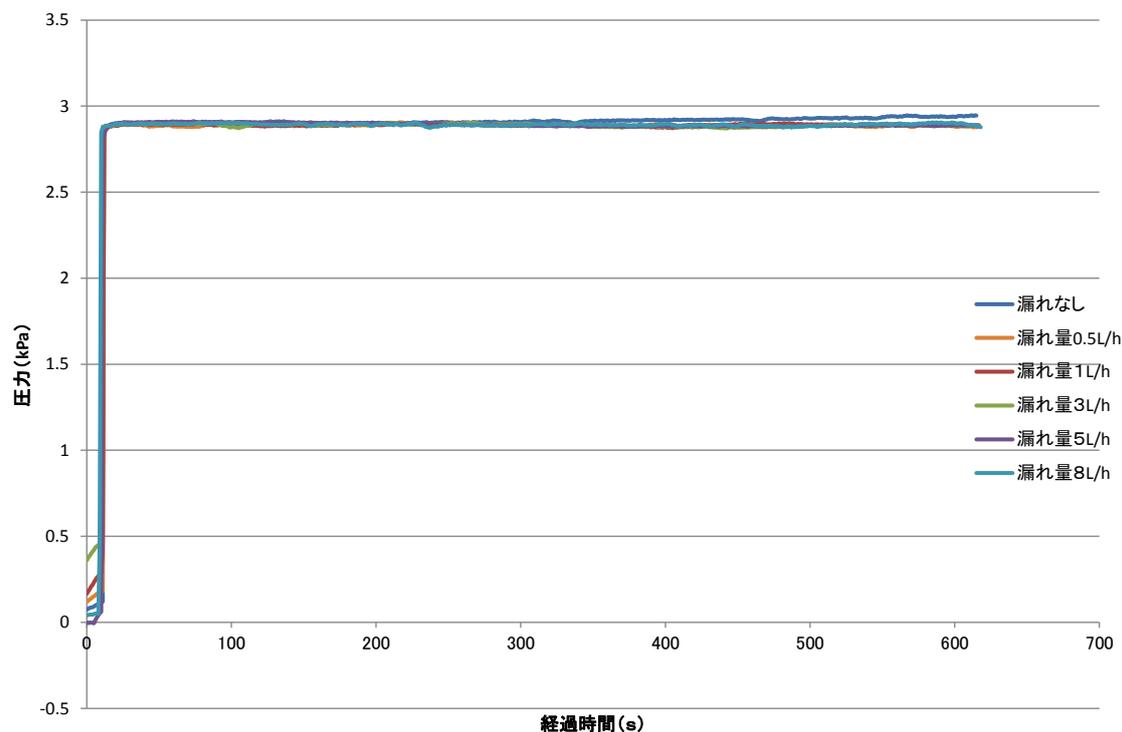


図 7.1.1.4 圧力変動（配管内容積 61.6L）

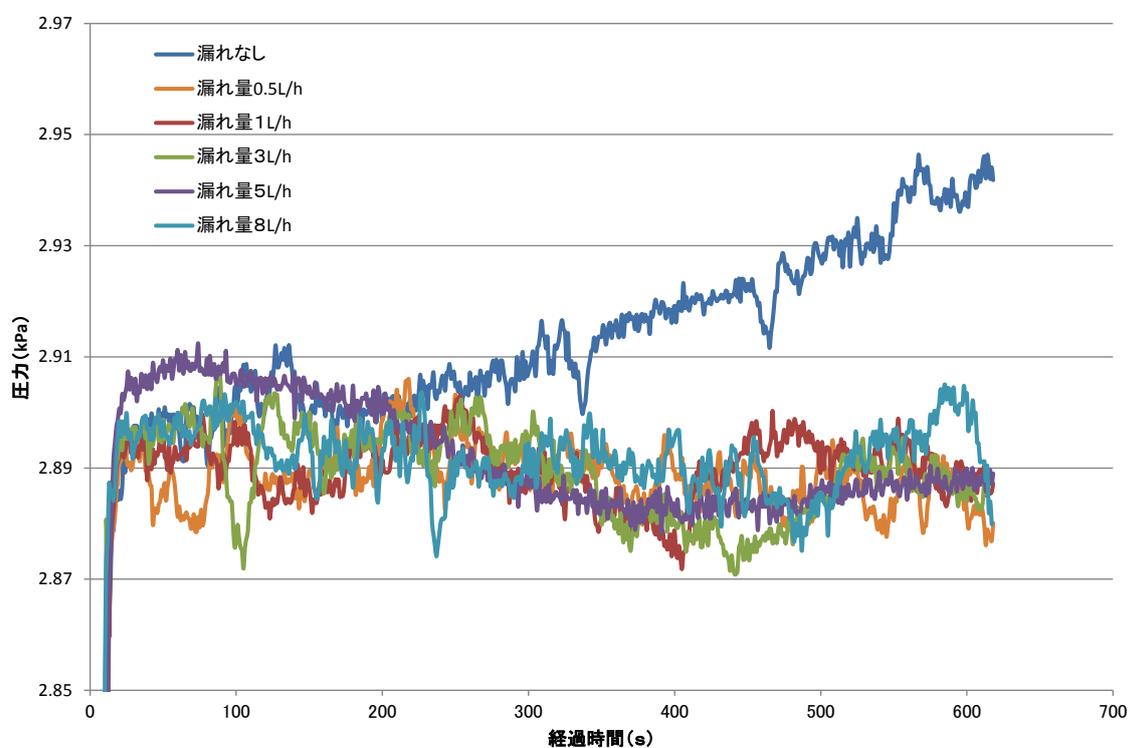


図 7.1.1.5 拡大図

条件：超音波式マイコンメータ、配管内容積 14.6L、気温 22℃、湿度 25%

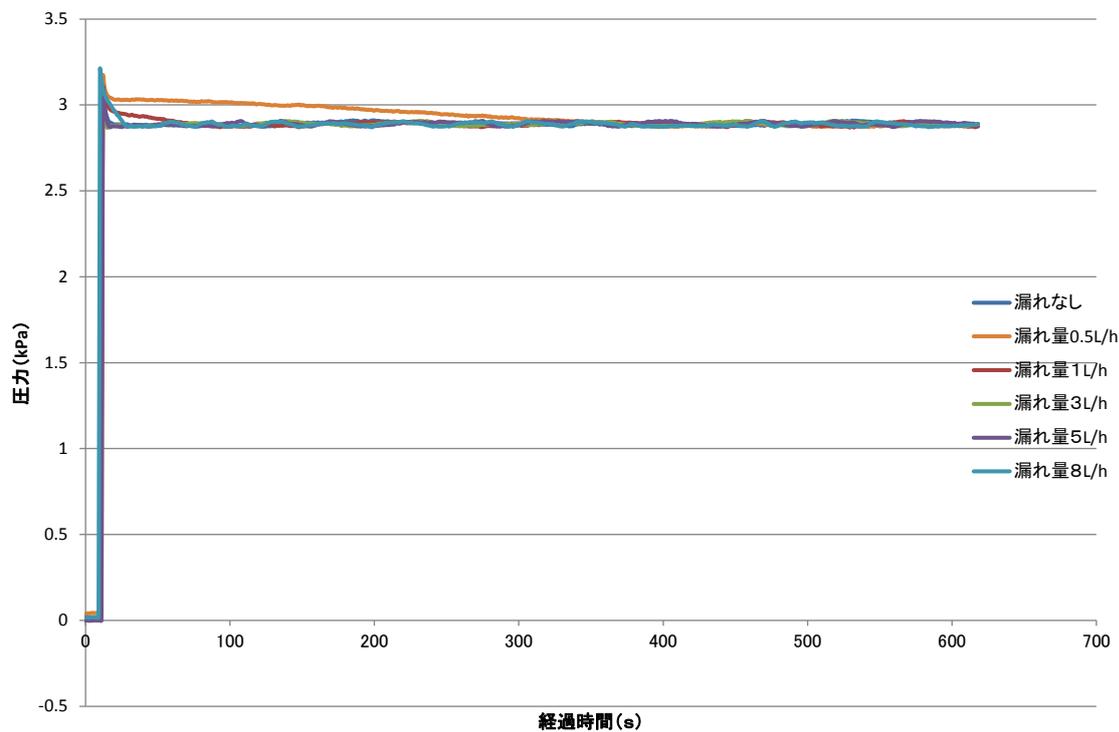


図 7.1.1.5a 圧力変動（配管内容積 14.6L）

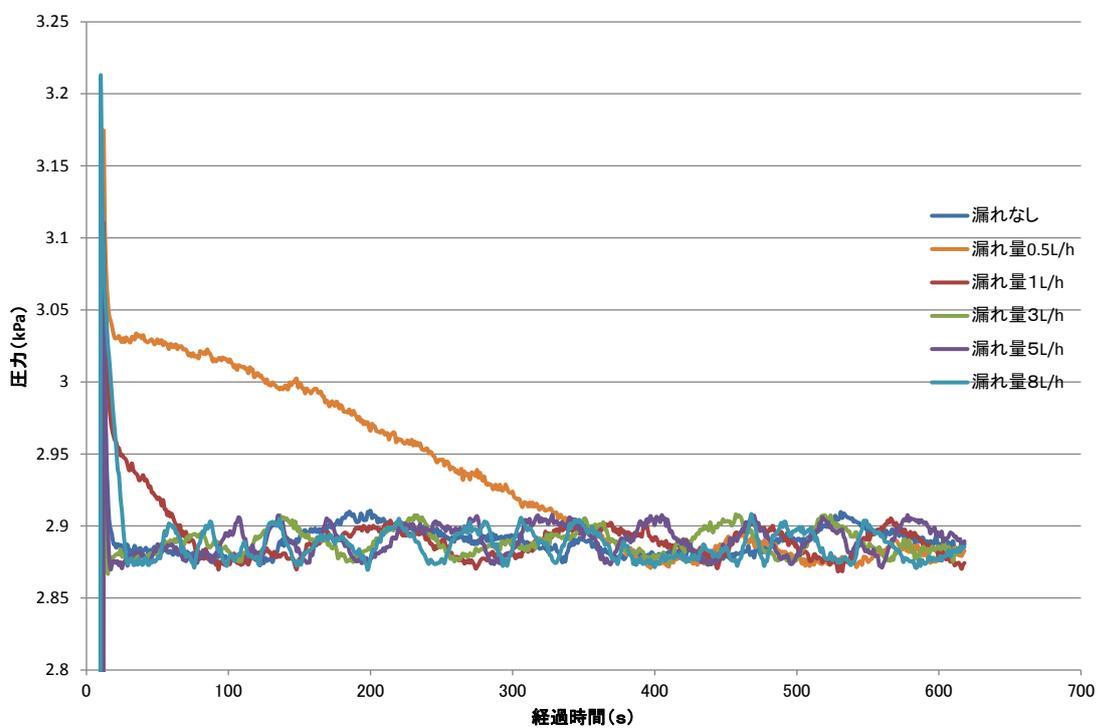


図 7.1.1.5b 拡大図

条件：超音波式マイコンメータ、配管内容積 61.6L、気温 22℃、湿度 25%

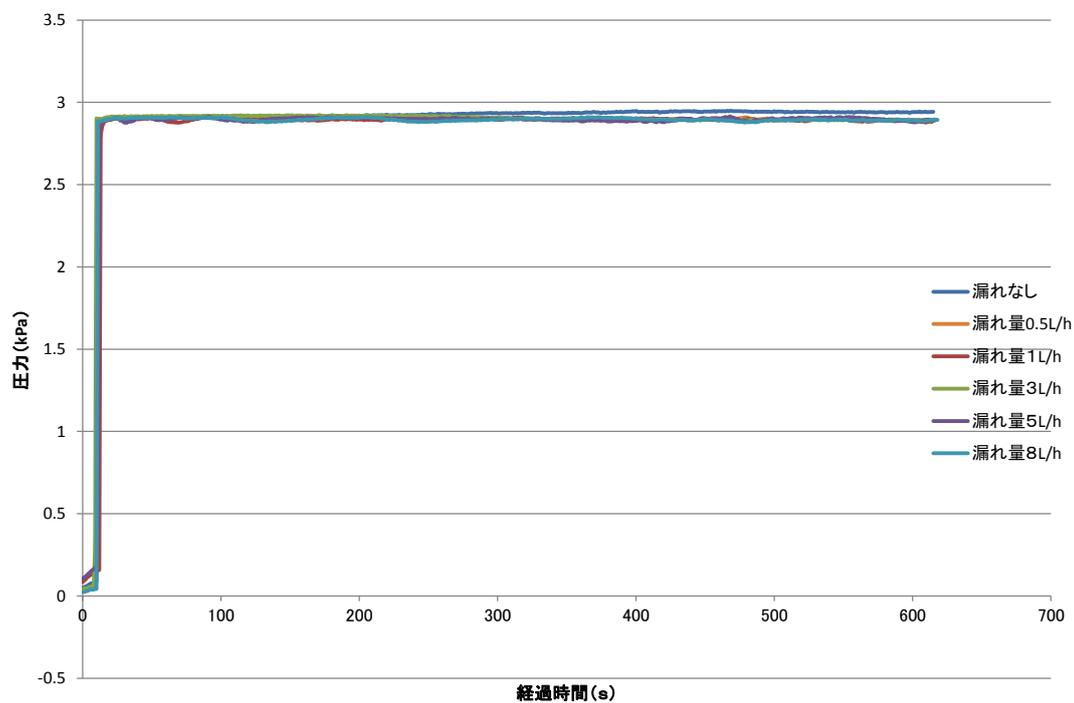


図 7.1.1.5c 圧力変動（配管内容積 61.6L）

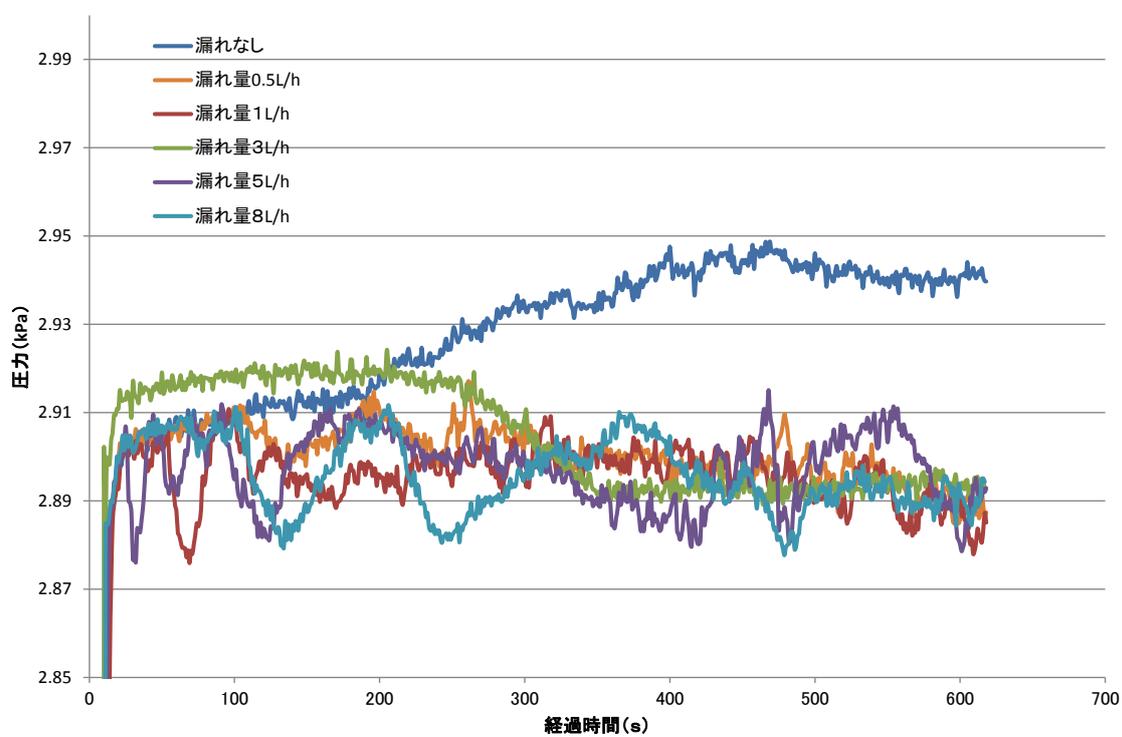


図 7.1.1.5d 拡大図

5) 考察

- マイコンメータの下流部が大気圧の状態（0kPa）からガスを復帰した場合、2.9 kPa 程度の圧力が維持されていることがわかる。
- 拡大図により配管からの漏えいが無い場合とある場合に注目すると、漏えいが有る場合は圧力が 2.9kPa 程度の範囲に維持されているが、ガス漏えいが無い場合には、圧力は緩やかに上昇する傾向がある。流量がある場合は調整器により調圧されていることが分かる。
- 配管内容積の大小に着目した場合、配管内容積が大きい場合には弁を開けた直後の急な圧力上昇（オーバーシュート）が見られない。
- 超音波式マイコンメータの場合の実験結果と膜式マイコンメータの場合と比較すると、大きな差は見られない。
- 前年度までに取得した一般家庭用設備を想定した圧力変動データと合わせて、配管内容積別にグラフ化したものを以下に示す。

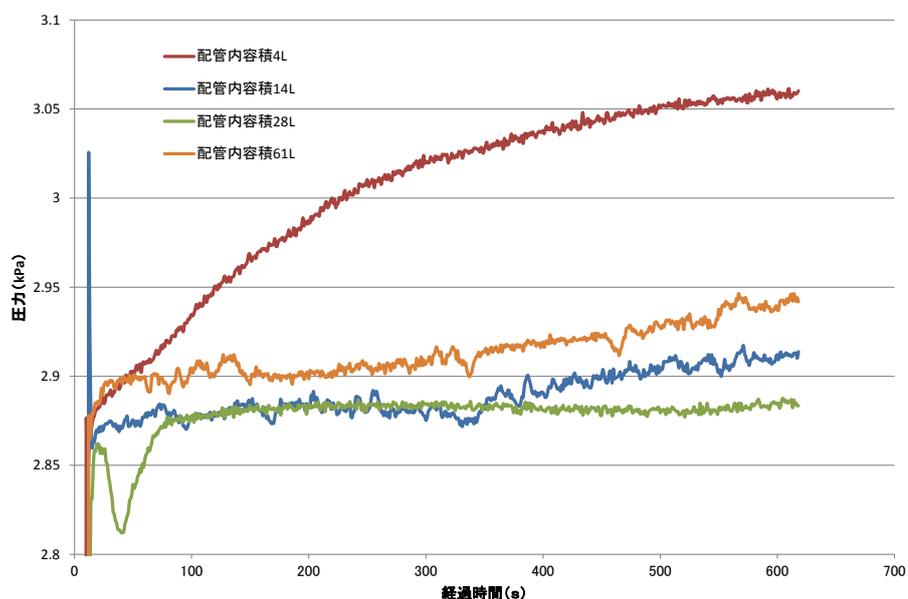


図 7.1.1.5 e 復帰時圧力の変動（膜式マイコンメータ、漏えいなしの場合）

表 7.1.1.6 変動した圧力（膜式）

	配管内 容積 4L	配管内 容積 14L	配管内 容積 28L	配管内 容積 61L
復帰後の圧力 (kPa)	2.88	2.87	2.85	2.88
約 10 分後の圧力 (kPa)	3.05	2.91	2.88	2.94
変動した圧力 (kPa)	0.17	0.04	0.03	0.06

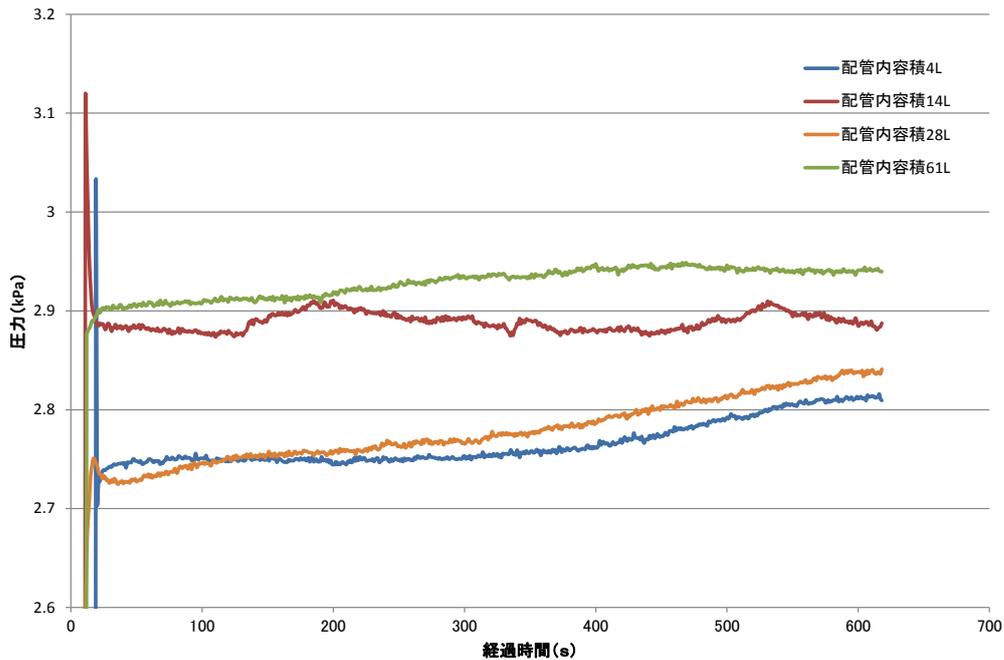


図 7.1.1.6 復帰時圧力の変動（超音波式マイコンメータ、漏えいなしの場合）

表 7.1.1.7 変動した圧力（超音波式）

	配管内 容積 4L	配管内 容積 14L	配管内 容積 28L	配管内 容積 61L
復帰後の圧力 (kPa)	2.74	2.88	2.72	2.9
約 10 分後の圧力 (kPa)	2.81	2.88	2.83	2.94
変動した圧力 (kPa)	0.07	0	0.11	0.04

- 上記のグラフから、マイコンメータ下流の配管に対してガスを復帰した際に、漏えいが無い場合の配管内圧力の変動は配管内容積の違いによる関係は低いと考えられる。
- 以上のことから大気圧状態からガス圧を上昇させた場合に、漏えいがある場合と無しの場合とでは、圧力の変動に差が見受けられるが、設備の大きさ（配管内容積）との関係は見受けられない

(3) まとめ

(イ) 自記圧力計による漏えい検知性能の調査

L P ガスの業務用配管設備は一般家庭用設備に比べて機器及び配管等が大型化されている。例示基準第 29 節に定められている漏えい試験を行い、設備が大型している場合の漏えい検知性能についてデータ収集を行った。機械式自記圧力計と電気式ダイヤフラム式自記圧力計の各々で性能に関するデータを収集したところ、両方法とも最大約 64L (管径 32A で約 64.1m、20A で約 173.2m 相当) の配管内容積までの範囲においては大きな性能の低下は見られなかった。

(ロ) ガス復帰時のガス漏えい量と配管内容積の関係

ガス漏えいの有無の違いによりガス圧力を復帰した際の圧力変動に違いがあるかを確認した。ガス漏えいが有る場合には調整器により調圧されるため配管内容積に関係なく一定の圧力に収束するが、ガス漏えいが無い場合には圧力は上昇する傾向が見られた場合もあった。また、ガス漏えいが無い場合における圧力変動を観察した場合に、配管内容積の大小との関係は見られなかった。

これらの結果から、配管内のガスが流れている状態における圧力変動を計測することでガス漏えいを検知することは難しいが、ガスが密閉されている状態における圧力計測が精密な漏えい検知が可能であることが分かる。ガスが流れている際には流量測定による漏えい検知が有効であり、マイコンメータの復帰安全確認機能は内蔵の遮断弁を開けた時に流量を計測してガス漏えいを検知することが可能であることが分かる。

7. 2 マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

7.2.1 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)

(2) 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

業務用設備に設置される業務用マイコンメータが漏えいを検知するまでの時間及び検知できる漏えい量等に係るデータを収集し、業務用マイコンメータに搭載されているガス漏えい検知機能の限界性能に関する検証調査を行う。

(a) 背景・課題

LPガス設備のガス流量によって、適切な容量のマイコンメータが設置される。一般家庭用から大流量の設備用の業務用マイコンメータが販売されている。業務用マイコンメータにも一般家庭用と同様に漏えい検知機能が搭載されているが、微小流量検知に関する検知性能についてデータを収集し、検証する必要がある。

(b) 実施内容

業務用設備を想定したモデル配管設備を構築し、業務用マイコンメータの漏えい検知性能に関するデータを収集する。収集したデータを基に一般家庭用マイコンメータのデータとの比較や現行の漏えい試験への代替の可能性、さらには漏えい検知性能の向上策等について検討する。

(2) 業務用マイコンメータについて

前年度までは主に一般家庭のLPガス供給設備で使用されているマイコンメータS型(膜式)又はE型(超音波式)に関する性能調査を行ってきた。マイコンメータには設備のガス使用量等に応じて適切な容量のマイコンメータが設置される必要がある。マイコンメータの種類と設置対象について次表に示す。

表 7.2.1.1 マイコンメータの種類と設置対象

マイコンメータの種類		S 型 E 型	S4 型 E4 型	SB6 型 EB6 型	SB10 型 EB10 型	SB16 型 EB16 型
家庭用	ガス使用量が 2.5 m ³ /h 以下	○				
	ガス使用量が 4 m ³ /h 以下		○			
業務用	ガス使用量が 2.5 m ³ /h 以下	○				
	ガス使用量が 4 m ³ /h 以下		○			
	ガス使用量が 6 m ³ /h 以下			○		
	ガス使用量が 10 m ³ /h 以下				○	
	ガス使用量が 16 m ³ /h 以下					○

今年度はマイコンメータの中で、最大の容量である S B 1 6 型（膜式）、E B 1 6 型（超音波式）について調査を行った。



写真 7.2.1.1 マイコンメータの種類（左から E 型、E B 1 6 型、S B 1 6 型、S 型）

(3) 復帰安全確認機能に関する調査

1) 実施方法

復帰安全確認機能は業務用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、2分間（16号膜式の場合、超音波式の場合は20秒間）の間に業務用マイコンメータの下流部にガス漏えい（60L/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業務用マイコンメータの技術基準に要求されている60L/h未満のガス漏えい量を設定する。

◆手順

- ①LP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60L/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、業務用マイコンメータの弁を閉じて遮断状態にする。
- ④業務用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業務用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業務用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（使用した業務用マイコンメータ）

膜式マイコンメータ（SB16型）：1台

超音波式マイコンメータ（EB16型）：1台

◆自動切替式一体型調整器（30kg）

◆使用した設備

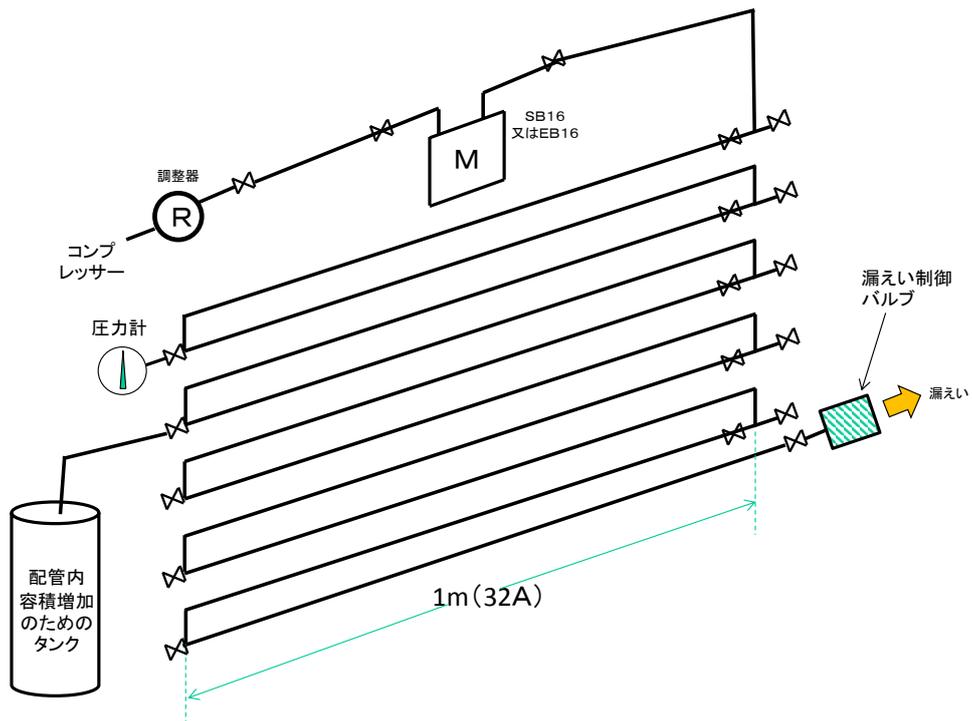


図 7.2.1.1 設備の概要



写真 7.2.1.2 実際の設備

配管内容積：配管内容積が小さい場合：約 14.6L
" 大きい場合：約 61.6L

2) 実施結果

膜式マイコンメータ（16号）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 7.2.1.2 膜式マイコンメータ（16号）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
1-1	59	2.99	○	○	○
	57	2.99	○	○	○
	55	2.99	○	○	○
	50	2.98	×	○	○
	49	2.99	○	○	○
	41	2.99	○	○	○
	39	3.03	○	○	○
	38	3.00	×	○	×
	37	3.01	○	○	×
	36	3.01	×	○	×
	35	3.02	×	○	×
	34	3.00	×	○	×
	33	3.03	×	×	×
	32	3.02	×	×	×
30	3.00	×	×	×	

○：検知 ×：検知できない

条件：配管内容積約 14.6L（32A 管で長さ約 14.6m 相当）

気温 24℃、湿度 46%

表 7.2.1.3 膜式マイコンメータ（16号）の検知結果（内容積大）

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
1-2	59	2.99	○	○	○
	57	2.99	○	○	○
	55	2.99	○	○	○
	50	2.98	×	○	○
	45	2.99	×	○	×
	40	3.00	×	○	×
	39	3.00	×	×	○
	38	2.99	×	○	×
	37	3.01	×	×	○
	36	3.00	×	○	×
	34	3.00	×	×	×
	33	3.02	×	○	×
	32	2.99	×	○	×
	31	2.99	×	○	×
	30	3.02	×	×	×

○：検知 ×：検知できない

条件：配管内容積約 64.1L（32A 管で長さ約 64.1m相当）

気温 23℃、湿度 50%

表 7.2.1.4 超音波式マイコンメータ（16号）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
2-1	12	3.02	○	○	○
	10.4	3.02	○	○	○
	8.3	3.02	○	○	○
	7.3	3.02	○	○	○
	6.2	3.02	○	○	○
	5.7	3.01	○	○	○
	5.2	3.02	○	×	○
	4.2	3.03	×	×	×
	3.5	3.04	×	×	×

○：検知 ×：検知できない

条件：配管内容積約 14.6L（32A 管で長さ約 14.6m相当）
 気温 24℃、湿度 46%

表 7.2.1.5 超音波式マイコンメータ（16号）の検知結果（内容積大）

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
2-2	10	3.01	○	○	○
	9.2	3.02	○	○	○
	8.3	3.01	○	○	○
	7.5	3.02	○	○	○
	6.3	3.01	○	○	○
	5.6	3.04	○	○	○
	5	3.03	○	×	○
	4.5	3.01	○	○	×
	4	3.02	×	×	×
	3.5	3.04	×	×	×

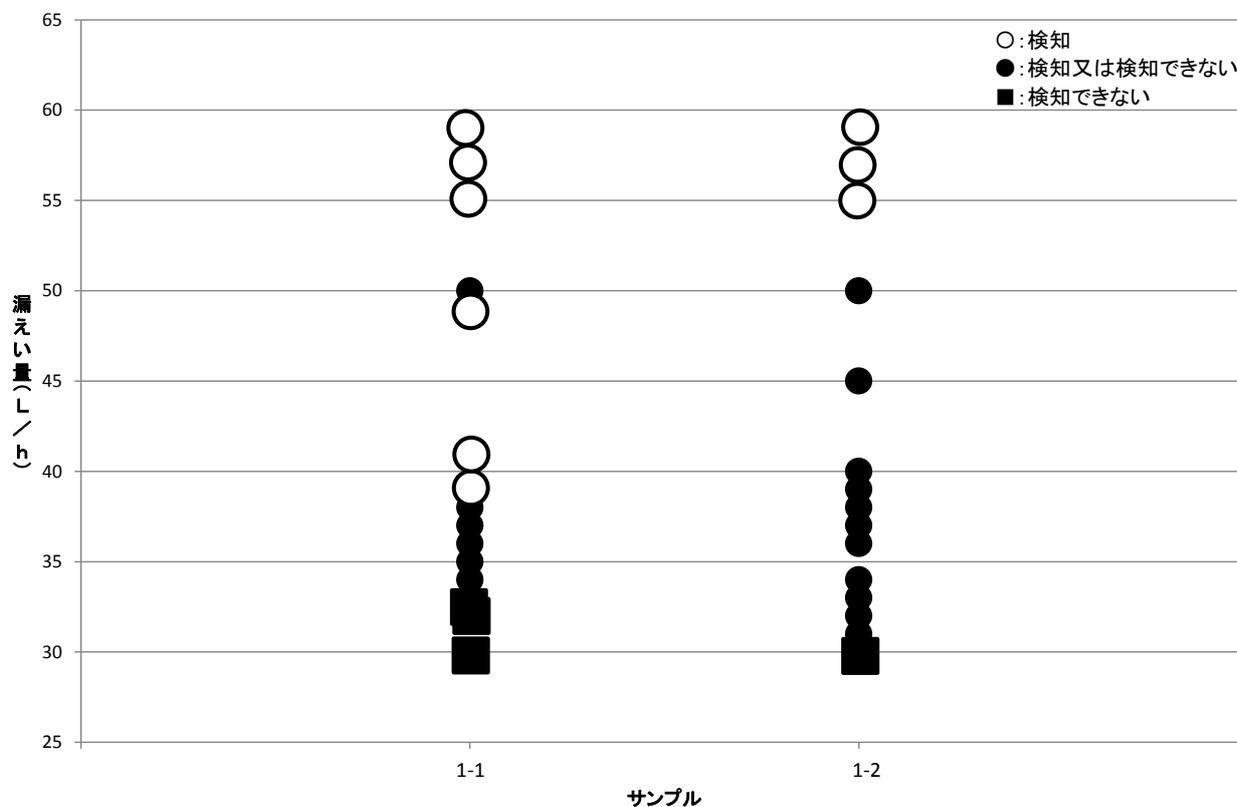
○：検知 ×：検知できない

条件：配管内容積約 64.1L（32A 管で長さ約 64.1m相当）
 気温 24℃、湿度 47%

3) 考察

① 膜式マイコンメータの検知結果について

膜式マイコンメータ（16号）の検知結果について配管内容積が小さい場合（サンプル 1-1）と大きい場合（サンプル 2-2）を次のグラフに示す。



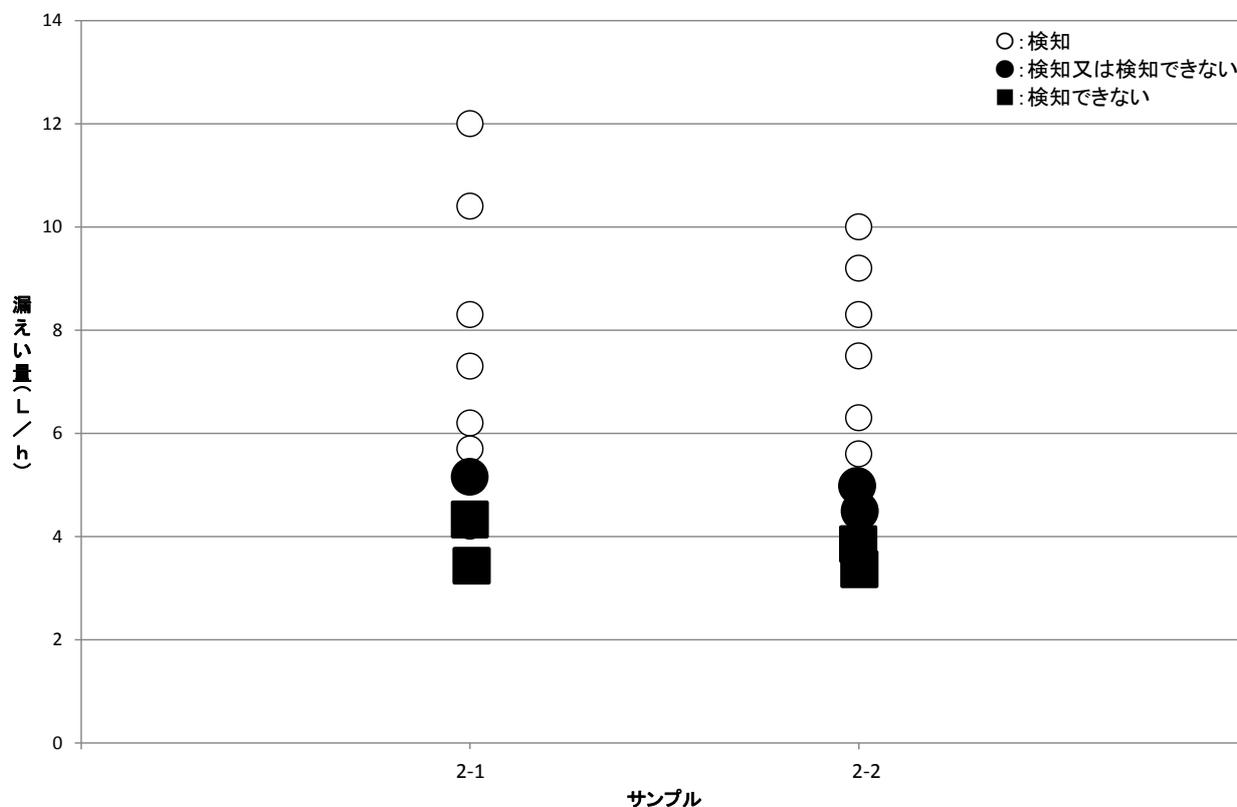
グラフ 7.2.1.1 膜式マイコンメータの検知結果

3回の計測で3回とも検知できた漏えい量は配管内容積が小さい場合と大きい場合いずれも55L/h以上であった。漏えい量が55L/h以下となると漏えい検知は確率的となり、検知できる場合とできない場合がある。33L/h程度以下では3回の計測では検知できなかった。配管内容積の違いによる検知性能の大きな違いは見受けられない。なお、この計測では配管内容積が大きいため大気圧からの復帰では必ず遮断することから、圧力がかった状態（2.8kPa程度）からの復帰安全確認を行った結果である。

以上のことから今回行った計測結果において、膜式マイコンメータ（16号）の復帰安全確認機能の漏えい検知性能は55L/h程度と考えられる。

②超音波式マイコンメータ（16号）の検知結果について

超音波式マイコンメータ(16号)の検知結果について配管内容積が小さい場合(サンプル 2-1)と大きい場合(サンプル 2-2)を次のグラフに示す。



グラフ 7.2.1.2 超音波式マイコンメータの検知結果

3回の計測で3回とも検知できた漏えい量は5.7L/h以上であった。漏えい量が5.7L/h以下となると漏えい検知は確率的となり、検知できる場合とできない場合がある。4L/h程度以下では3回の計測では検知できなかった。配管内容積の違いによる検知性能の大きな違いは見受けられない。なお、この計測では大気圧からの復帰安全確認を行っている。

以上のことから今回行った計測結果において、超音波式マイコンメータ（16号）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。

膜式と超音波式の違いに着目すると、漏えい検知性能は大きく差があることが分かる。また、漏えい検知ができる場合とできない場合の漏えい量の範囲が超音波式では小さいことが分かる。これは一般家庭用マイコンメータ（2.5号）の場合も同じであった。

③業務用マイコンメータの復帰安全確認機能について

今回行った業務用マイコンメータ（16号）の計測結果と、前年度までに計測した一般家庭用マイコンメータ（2.5号）の結果と比較して次表に示す。

表 7.2.1.6 復帰安全確認機能の比較

計測方式	一般家庭用マイコンメータ (2.5号)		業務用マイコンメータ (16号)	
	膜式	超音波式	膜式	超音波式
復帰安全確認に要する時間	1分以内	20秒以内	2分以内	20秒以内
検知できた漏えい量	20L/h程度	6.2L/h程度	55L/h程度	6.2L/h程度

業務用マイコンメータ（16号）の漏えい検知性能は計測方式の違いで大きな差がある結果となった。膜式は大きな流量を計るために大きな計量体積が必要であり、最小指示量も大きくなるため微少な漏えい量を計測することが不利になる。一方で超音波式は計量体積が不要であり、検知できた流量は一般家庭用の超音波式と同じ微少な漏えい量を検知できた。超音波式計測のメリットである大流量から小流量までの計測範囲が広いこと及び計測時間が短いことが漏えい検知の性能に役立っていることが分かる。

(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。一般家庭用マイコンメータと業務用マイコンメータとも機能の原理は同じである。実験では漏えい制御バルブを使って意図的に配管から微少なガス（空気）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。今年度は業務用マイコンメータ（16号）及び業務用設備を想定して配管容積を大きくしたモデル配管を使用してデータを計測した。また、調整器の違いによる検知機能への影響を確認するため、種類（機構や容量）が異なる調整器を使ったデータ収集を行った。

（参考）調整器の主な種類

- 単段式調整器（小型、中型、大型）
- 二段式一体型調整器（小型、中型、大型）
- 二段式分離型調整器（小型、中型、大型）
- 自動切替式一体型調整器（小型、中型、大型）
- 自動切替式分離型調整器（小型、中型、大型）

◆手順

- ①LP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1L/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

- 膜式マイコンメータ（SB16型）：1台
- 超音波式マイコンメータ（EB16型）：1台
- 膜式マイコンメータ（S型）：1台
- 超音波式マイコンメータ（E型）：1台

◆調整器

- 自動切替式一体型調整器（8kg）：4台
- 自動切替式一体型調整器（30kg）：1台

◆使用した設備

容量が8kgの調整器は主に一般家庭用設備で使用されるため、前年度に使用したモデル配管設備（20A配管）を使用した。



写真 7.2.1.3 自動切替式一体型調整器 (8kg)



写真 7.2.1.4 自動切替式一体型調整器 (30kg)

2) 計測結果

① 自動切替式一体型調整器（小型）

前年度では単段式調整器を用いて一般家庭の設備を想定した配管モデルを使用して計測を行ってきた。なお、自動切替式一体型調整器（8kg 型）は主に一般家庭用設備に使用されているため、前年度と同じ配管モデルを使用して計測を行った。表 に漏えい検査機能の計測結果を示す。

表 7.2.1.7 漏えい検査機能の計測結果

試験サンプル	調整器サンプル	マイコンメータ種類	漏えい量 (L/h)	配管内圧力 (kPa)	判定結果 (配管内容積小)	判定結果 (配管内容積大)
1	A	膜式	0.7	2.94	○	○
			0.6	2.92	○	○
			0.5	2.90	○	×
			0.4	2.92	○	×
			0.3	2.93	×	×
			0.2	2.95	×	×
2	A	超音波式	0.6	2.94	○	○
			0.5	2.93	○	×
			0.4	2.97	○	×
			0.3	2.93	○	×
			0.2	2.96	×	×
3	B	膜式	0.7	2.70	○	○
			0.6	2.70	○	○
			0.5	2.72	○	○
			0.4	2.72	○	×
			0.3	2.74	○	×
			0.2	2.74	○	×
			0.1	2.73	×	×
4	B	超音波式	0.7	2.72	○	○
			0.6	2.72	○	○
			0.5	2.72	○	×
			0.4	2.73	○	×
			0.3	2.71	○	×
			0.2	2.73	×	×
5	C	膜式	0.7	2.88	○	○
			0.6	2.86	○	○
			0.5	2.87	○	×
			0.4	2.86	○	×
			0.3	2.84	○	×
			0.2	2.87	×	×

6		超音波式	0.7	2.88	○	○
			0.6	2.89	○	○
			0.5	2.86	○	○
			0.4	2.87	○	×
			0.3	2.85	○	×
			0.2	2.87	○	×
			0.1	2.91	×	×
7	D	膜式	0.7	2.85	○	○
			0.6	2.85	○	○
			0.5	2.82	○	○
			0.4	2.84	○	×
			0.3	2.84	○	×
			0.2	2.85	○	×
			0.1	2.92	×	×
8		超音波式	0.7	2.89	○	○
			0.6	2.86	○	○
			0.5	2.87	○	○
			0.4	2.87	○	○
			0.3	2.85	○	×
			0.2	2.85	○	×
			0.1	2.87	×	×

○：検知 ×：検知できない

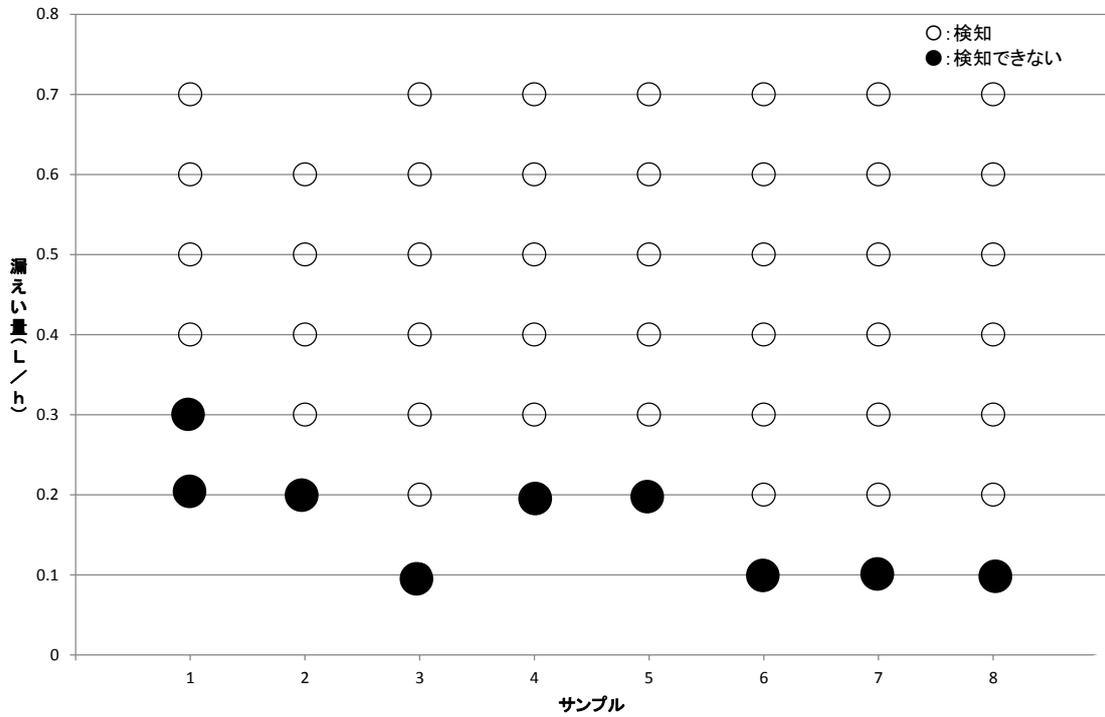
条件：配管内容積小：約 4.67L（20A 管で長さ約 12m 相当）

配管内容積大：約 28.67L（20A 管で長さ約 77m 相当）

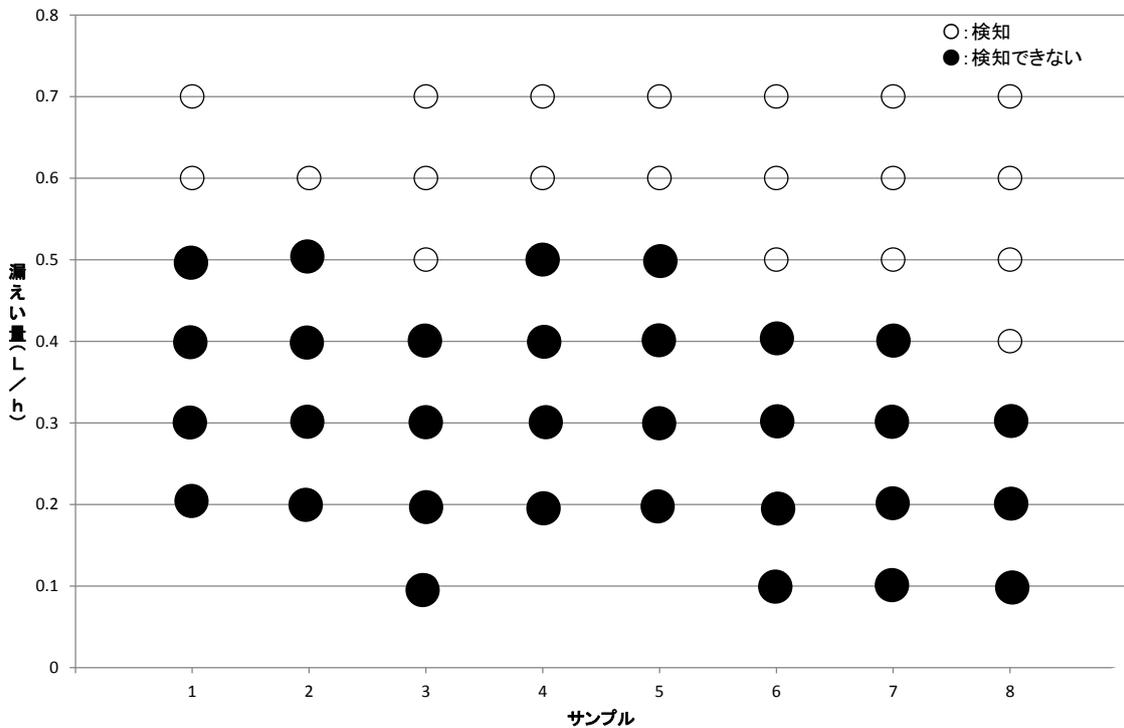
気温 24℃、湿度 72%

◆ 考察

以下のグラフに配管内容積が小さい場合（約 4.67L）と大きい場合（約 28.67L）の漏えい判定結果を示す。



グラフ 7.2.1.3 漏えい検査機能の計測結果（配管内容積小）



グラフ 7.2.1.4 漏えい検査機能の計測結果（配管内容積大）

グラフ 7.2.1.3 及び 7.2.1.4 において、配管内容積が小さい場合ガス漏えい量が 0.4L/h 程度の判定ができています。また、配管内容積が大きい場合には 0.6L/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ります。マイコンメータの種類の違いによる特徴は見られない。これらの判定結果は前年度までに計測を行った単段型調整器の結果とほぼ同じです。

一般家庭で使用されているほとんどの調整器は小型（10kg 以下）の単段型又は今回計測した自動切替式一体型であることから、一般家庭用の LP ガス配管設備の漏えい検知作業には適用できると思われる。

②自動切替式一体型調整器（大型）

業務用設備或いは集合住宅で使用されている自動切替式一体型調整器（30kg）の漏えい検査機能の測定結果を以下に示す。

表 7.2.1.8 膜式マイコンメータ（16号）

試験サンプル	配管内容積	漏えい量(L/h)	配管内圧力(kPa)	判定結果
3-1	17.1L	1.0	3.02	○
		0.9	3.01	○
		0.8	3.00	○
		0.7	3.01	○
		0.6	3.01	○
		0.5	3.02	×
		0.4	3.02	×
3-1	64.1L	1.0	3.02	○
		0.9	3.01	×
		0.8	3.00	×
		0.7	3.01	×
		0.6	3.01	×
		0.5	3.02	×
		0.4	3.02	×

表 7.2.1.9 超音波式マイコンメータ（16号）

試験サンプル	配管内容積	漏えい量(L/h)	配管内圧力(kPa)	判定結果
4-1	17.1L	1.0	3.06	○
		0.9	3.04	○
		0.8	3.05	○
		0.7	3.04	○
		0.6	3.03	○
		0.5	3.04	○
		0.4	3.05	○
		0.3	3.03	×
		0.2	3.04	×
4-1	64.1L	1.0	3.06	○
		0.9	3.04	×
		0.8	3.05	×
		0.7	3.04	×
		0.6	3.03	×
		0.5	3.04	×
		0.4	3.05	×

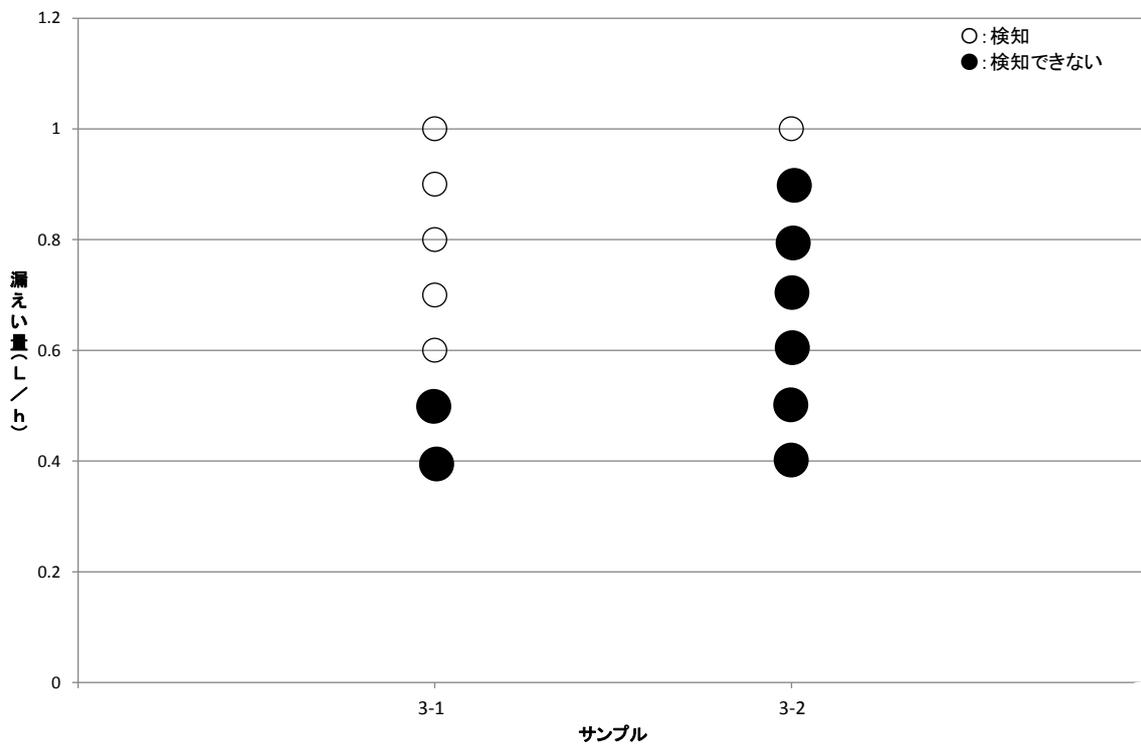
		0.3	3.03	×
		0.2	3.04	×

実施条件：検査時間 5 分

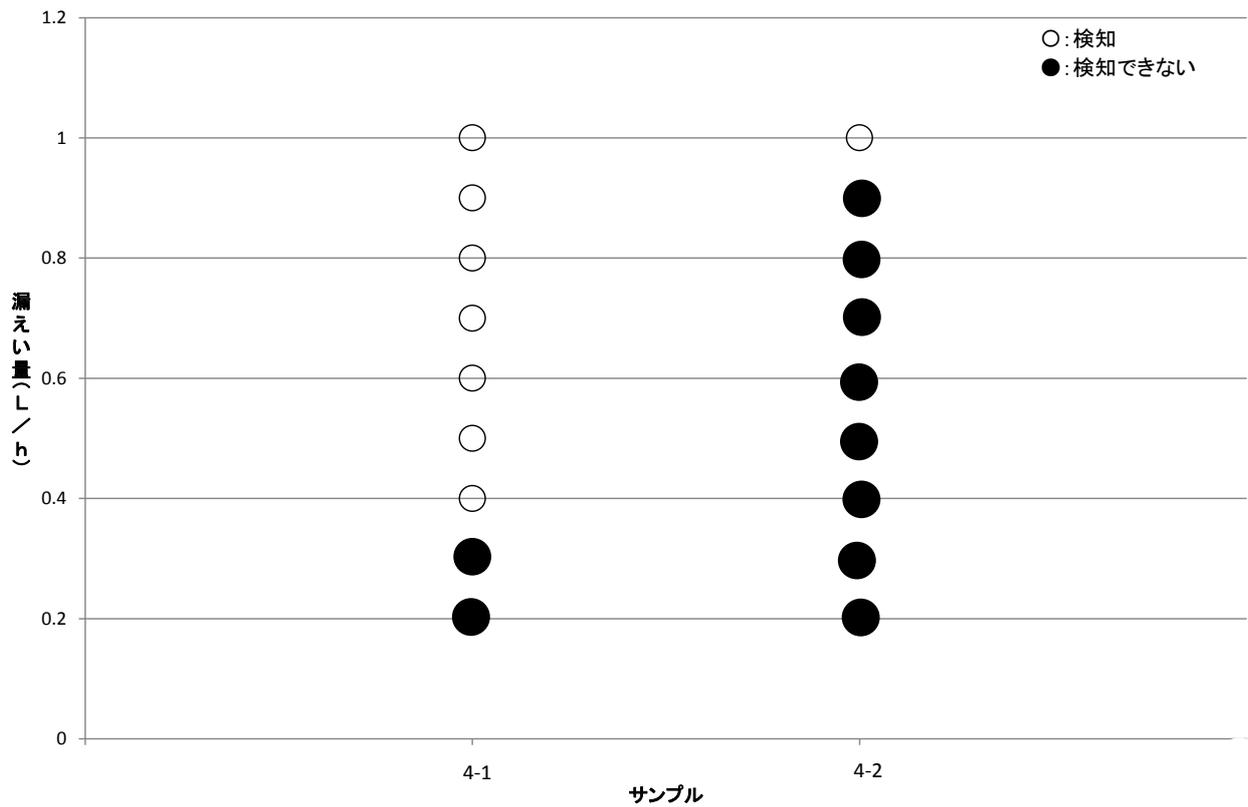
手順として、検査機能を開始する前に調整器上流部を解放して調整器下流部の圧力を保持必要があるが、今回の実験では調整器上流からガスが抜けてしまい調整器下流部の圧力を保持することができなかった。従って、調整器下流部にある閉止弁を止めて計測を行った。

◆ 考察

判定結果を膜式マイコンメータと超音波式マイコンメータのグラフに示す。



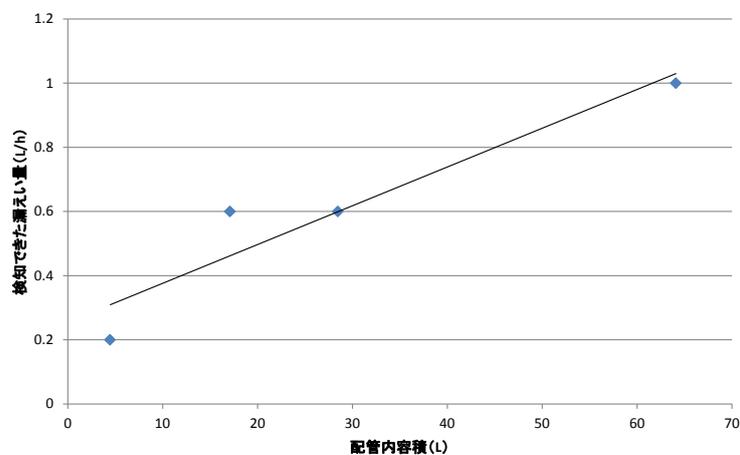
グラフ 7.2.1.5 膜式マイコンメータ (16 号)



グラフ 7.2.1.6 超音波式マイコンメータ (16号)

膜式マイコンメータの場合 0.6~1L/h、超音波式マイコンメータの場合 0.4~1L/h の漏えい量を検知しており、マイコンメータの計測方式の違い（膜式と超音波式）による性能の違いは見られない。また、配管内容積の違い（17.1L と 64.1L）との関係では、配管内容積が 17.1L の場合 0.4~0.6L/h の漏えいを検知しているが、配管内容積が 64.1L/h の場合は 1L/h の漏えいを検知している。

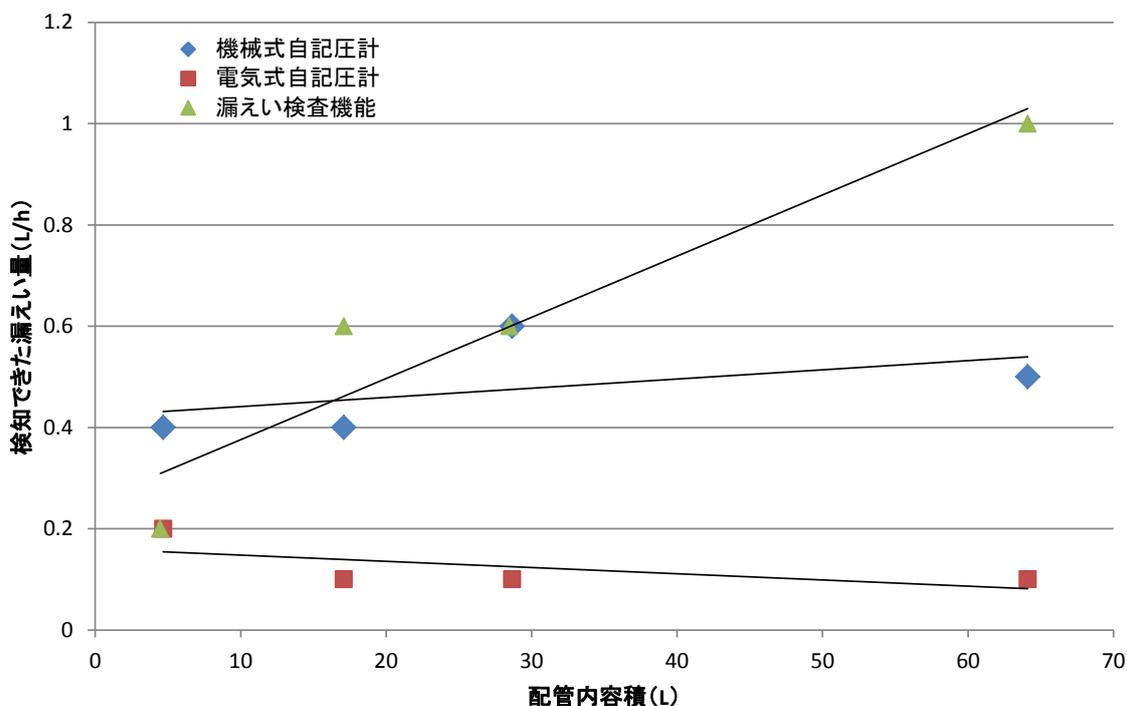
以上のことから、業務用マイコンメータ（16号）の漏えい検査機能による漏えい検知性能は今回の計測結果の範囲においては 1L/h 程度と考えられる。



グラフ 7.2.1.7 検出できた漏えい量と配管内容積の関係

漏えい検査機能は内蔵されている圧力センサを使用して漏えいを検知するため、マイコンメータの容量の影響は見られなかったが、検知対象である配管内容積の大小が漏えい検知能力に影響を及ぼしていると考えられる。

前年度までに計測した漏えい検査及び自記圧力計による漏えい検知性能と配管内容積に関するデータと合わせたグラフを以下に示す。



グラフ 7.2.1.8 配管内容積と検知流量

配管内容積が 60L 程度であっても自記圧力計による漏えい検知性能が下がらないが、マイコンメータによる漏えい検査機能は配管内容積に比例して性能が下がる（検知できた漏えい量が大きくなる）ことがわかる。原因として考えられるのは自記圧力計による試験はハンドポンプの加圧により圧力を高く設定していること等が考えられる。

以上のことからマイコンメータの漏えい検査機能による判定は配管内容積が 30L 程度（20A 管で約 81m 程度）までが自記圧力計と同程度の漏えい検知性能であると考えられる。

◆調整器下流部の圧力が保持されない理由について

これまで、マイコンメータの漏えい検査機能の性能について計測を行ってきたが、当該機能を使用するためには配管内の密封する必要がある。一般家庭用供給設備で使用されている小型（8kg 以下程度）の調整器の上流部（高圧部）を解放して大気圧にすることで調整器の内部機構を利用することで密封することができていた（単段式等）。しかしながら、自動切替式一体型（30kg）では高圧部を解放した際に、調整器下流のガスも放出されてしまうことが分かった。

以下の通り、大型調整器（30kg タイプ）の高圧部解放時の下流部圧力の保持の有無について確認を行った。



写真 7.2.1.5 確認した調整器

◆使用した調整器

自動切替式一体型及び二段式調整器

◆容量

30kg タイプ

◆サンプル数

5 台

◆実施方法

- ① LP ガスモデル配管に調整器を取り付け、通常の供給状態として、閉塞圧力を計測する。
- ② 調整器上流部の圧力を大気圧に下げる。
- ③ 調整器下流部の圧力保持されている時間を計測する。（最大 5 分間）

表 7.2.1.10 実施結果

調整器 サンプル	閉塞圧力 (kPa)	圧力を保持した時間
A	3.18	5分以上
B	2.97	5分以上
C	2.89	1秒
D	3.09	5分以上
E	2.96	1秒

理由について、以下が考えられる。

- 調整器内部の弁には内弁式と外弁式がある。
- 弁がノズルより入り口側（高圧側）にあるのを内弁式、外側（低圧側）にあるのを外弁式という。
- 内弁式は入口圧力によって弁を押すため（背圧）、気密を補助する性質がある。
- 二次側の減圧部に内弁式を用いた場合、一次側圧力を抜いてしまうと、圧力によって弁を押す力（背圧）がなくなることでバランスが崩れ、二次側圧力で逆側から弁を押すため気密性が低下しやすくなる。しかし、一次側の圧力がなくなることはないので、通常の使用では何ら問題はない。
- 二次側の調整器の弁が外弁式の場合、1次側圧力を抜くと弁を押し開ける方向の力がなくなることでさらに二次側の気密性が上昇しやすくなり、密封が保たれる。

これまで、計測した単段式及び自動切替式一体型（8kg）については外弁式が採用されていたため高圧部を解放することで二次側（下流部）を密封することができた。しかし自動切替式一体型（30kg）では内弁方式が採用されている場合もあることから、密封するためには閉止弁を調整器下流に設ける必要がある。

表 7.2.1.11 調整器の種類と密閉方法

調整器の 種類	単段式	自動切替式一 体型(8kg以下)	自動切替式一 体型(8kg超)	二段式
調整器内部 の弁方式	外弁式		外弁式又は内弁式	
調整器下流 の密閉方法	調整器上流部を解放又は調 整器直下の閉止弁を閉止		調整器直下の閉止弁を閉止	

以上のことから、単段式及び自動切替式一体型（8kg）が設置されている一般家庭用の設備では調整器上流部を解放することでマイコンメータの漏えい検査機能が使用できるが、自動切替式一体型（30kg）が設置されている業務用設備又は集合住宅等の設備では調整器～マイコンメータ間において閉止弁を設けておく必要がある。

なお、当該機能の作業性等の実情を考えた場合、閉止弁による密閉方法の方が、高圧部を解放する方法よりも安全且つ迅速であり、更にガスを再使用する時も配管にエアが入らないことを考えると、むしろ望ましいといえる。

(5) 実際のLPガス設備における確認

漏えい検査機能は現行のマイコンメータS、E等に搭載されている機能である。LPガス販売事業者の協力を得て、実際に設置されているマイコンメータを使って漏えい検査機能を実行して漏えい判定状況や機器の操作性等についての評価を行った。

◆実施場所

愛知県

◆実施時期

平成30年12月～平成31年1月

◆実施対象及び数

LPガス消費設備（戸建て住宅） 10箇所

◆使用した機器

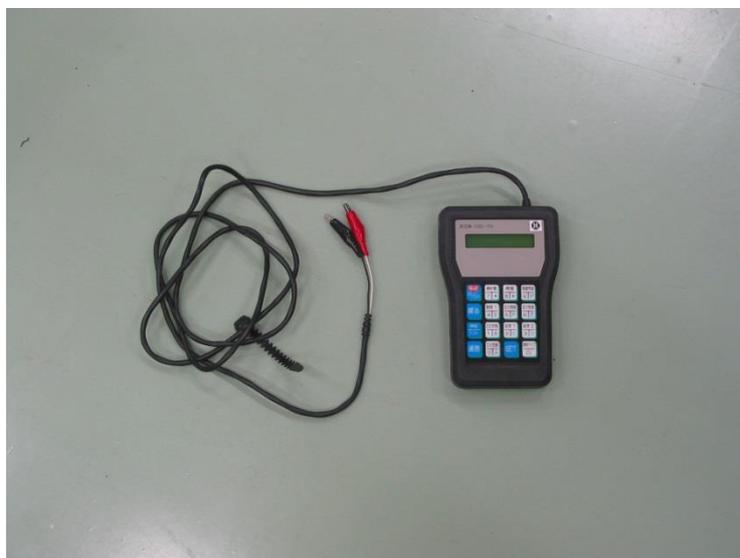


写真 7.2.1.6 マイコンメータ用設定器

◆実施手順

- ① LPガス消費設備においてガスが使われていないことを確認する。
- ② 調整器とマイコンメータ間にある閉止弁を閉じる。
- ③ マイコンメータの端子に設定器を接続して漏えい検査機能を作動させる。(検査時間は5分間に設定)
- ④ 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。



- ⑤ 専用マグネットで点滅を消し、復帰ボタン押して復帰する。

◆実施結果

表 7.2.1.12 実施結果

実施No.	メータの種類	配管径	配管長さ	検査結果
1	マイコン S	20A	15m	漏えい無し
2	マイコン S	15A	10m	漏えい無し
3	マイコン S	15A	3m	漏えい無し
4	マイコン S	15A	15m	漏えい無し
5	マイコン S	20A	15m	漏えい無し
6	マイコン E	20A	15m	漏えい無し
7	マイコン S	15A	4m	漏えい無し
8	マイコン S	15A	15m	漏えい無し
9	マイコン S	20A	20m	漏えい無し
10	マイコン S	20A	15m	漏えい無し

実施者からのご意見

(よかった点)

- 電気式ダイヤフラム式自記圧力計など自記圧力計に比べ計測・判定時間が5分以上短縮できた。
- 判定結果に圧力値の変動が表示されないため、機械式自記圧力計を使用する時のように、測定者が漏洩の有無を判断しなくてよい。
- 一旦計測が始まれば、結果が表示されるまで、他の作業に集中できる。
- 設定器が、機械式自記圧力計よりも軽く、運びやすい。
- 電気式ダイヤフラム式自記圧力計と比較して、作業が簡便で、測定作業も慣れてしまえば操作性も良い。

(課題と感じた点)

- LP販売業者の文化でもあるが、圧力値を確認できないと不安である。
- 仕様では、漏えい検査の他に、調整圧力・閉塞圧力も測定可能だが、圧力損失が判定できないため、保安業務の点検調査には不向きと思われる。
- 集中監視と接続しているメータの場合は、「ガス止め」表示が消える前に集中監視を接続すると、「圧力異常」の通報を発信してしまう。
- 集中監視と接続されているメータは、作業終了後に配線を接続しなおし、マグネットによる遮断通報を発信させるなどして、開通の確認をする必要性を感じた。

◆考察

- 10箇所とも漏えい無しの結果であり、判定結果は正しいことが確認できた。全ての箇所においてマイコンメータの圧力センサによる5分間の圧力監視を行った結果、0.1kPaの圧力低下がなかったということである。
- マイコンメータの漏えい検査機能には内蔵遮断弁を閉じて行うものと開けて行うことのいずれかで実施できる。内蔵遮断弁を閉じて行った場合はマイコンメータ上流部のみの検査となり、開けて行った場合は上流部及び下流部の漏えい検知を行うことができる。今回は遮断弁を開けて行った。
- 今回実施した設備で最大の配管内容積はNo.9場合であり、約7.4Lとなる。
- 実施者からのご意見から、当該機能による検査方法により作業効率が向上することがわかる。
- ご意見の中で課題として挙げられている項目から、以下のことが考えられる。
 - 検査結果の記録としてマイコンメータの表示は合否の結果のみであるが、実際の数値（圧力値）表示されると安心につながる。（一部の機種では圧力値が表示されるものも既に市販されている。）
 - 今回行った漏えい検査機能はガスが流れていない時の圧力なので圧力損失の影響はないが、別の機能である調整圧力測定機能は設備の圧力損失等の前提条件が必要となる。
 - マイコンメータが集中監視システムに接続されている場合は、集中監視センタに不要な通信が上がらないように手順を決めておく必要がある。
- 今回の実施先のマイコンメータの製造元は複数あったが、その操作は統一されているため、当該機能を利用することは比較的容易であったと考えられる。

(6) 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。前年度では一般家庭用マイコンメータについての漏えい検知性能を計測を行ったが、本年度は業務用マイコンメータの同機能に関する計測を行った。

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。

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（SB型）技術基準（KHKS0737）による規定

「3 $\frac{1}{2}$ 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「流量式微少漏洩検知機能」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 圧力式微少漏洩警告

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、圧力式微少漏洩警告を発する機能である。（以下『圧力式微少漏洩検知機能』という）

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（SB型）技術基準（KHKS0737）による規定

「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「圧力式微少漏洩検知機能」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

業務用設備を模したLPガス配管モデルを構築し、ガス漏えいバルブにより微小漏えいを起こした場合に、マイコンメータの微小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。

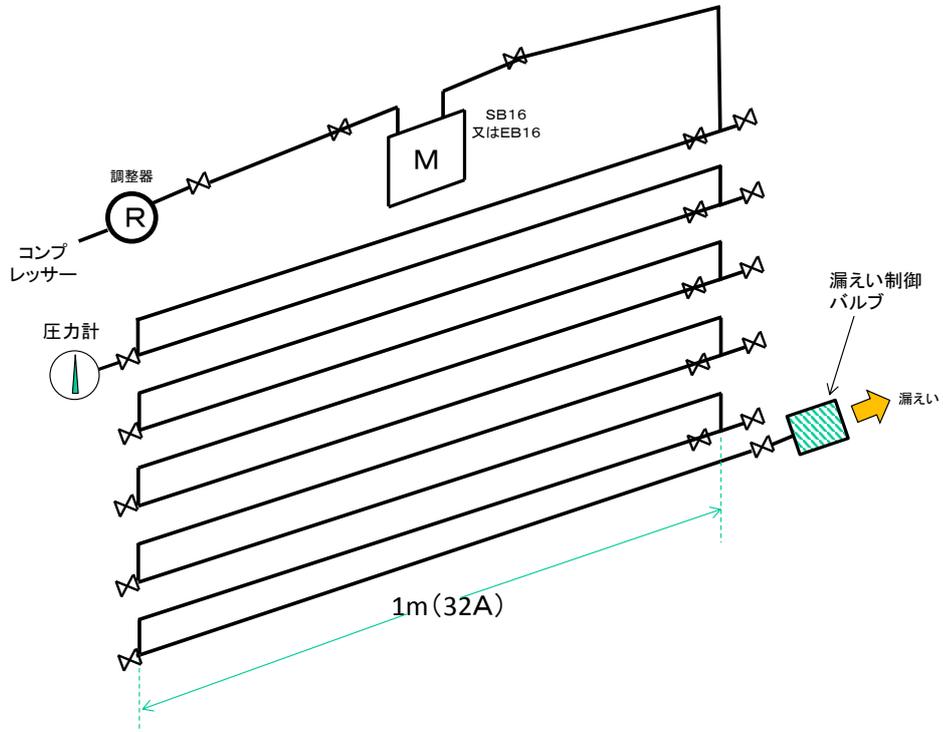


図 7.2.1.2 実施方法

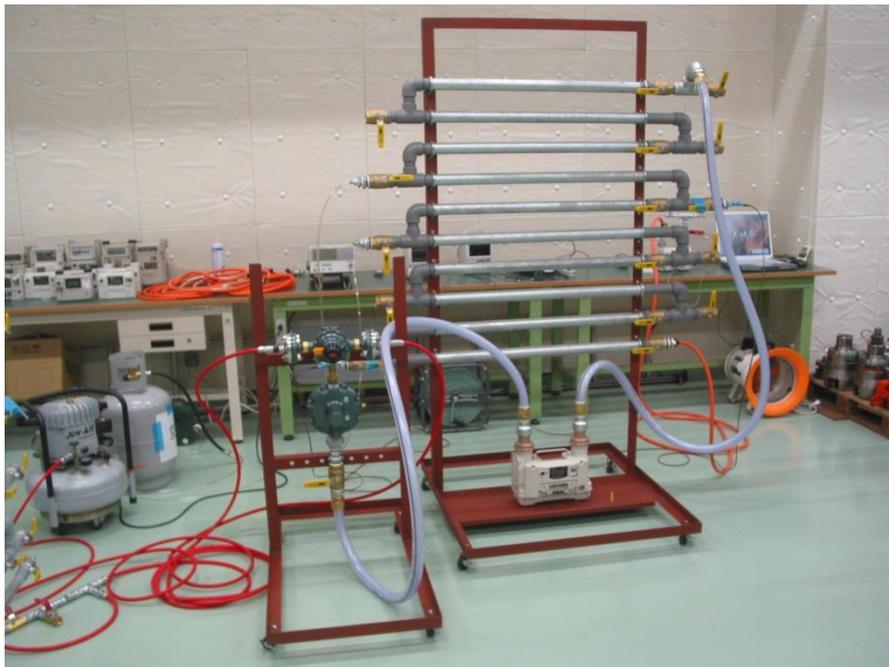


写真 7.2.1.7 実験設備

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、微小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小漏洩タイマ値データを確認する。
- ④ 約 24 時間後、再度、微小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 (SB16 型) : 1 台

超音波式マイコンメータ (EB16 型) : 1 台



写真 7.2.1.8 業務用マイコンメータ (膜式(右)と超音波式)

3)実験結果

表 7.2.1.13 業務用マイコンメータの微小漏えい検知機能の判定結果を示す。

表 7.2.1.13 業務用マイコンメータの微小漏えい判定結果

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)
業務用マイコンメータ (膜式)	5.0	○	○
	3.0	○	○
	2.5	○	○
	2.0	×	○
業務用マイコンメータ (超音波式)	3.0	○	○
	2.5	○	○
	2.0	○	○
	1.5	×	○

○：検知、×：検知せず

計測条件：気温 20℃、湿度 45%、内容積 14.6L

4)考察

- 基準では 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、膜式も超音波式も性能は満足している。
- 流量式の判定方式において、膜式マイコンメータでは 2.5L/h、超音波式マイコンメータでは 2L/h の微小流量を検知している。
- マイコンメータの計測原理（膜式又は超音波式）にかかわらず、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。
- 圧力式による判定方式は一般家庭用マイコンメータも業務用マイコンメータも内蔵されている圧力センサを使用する方式であるため、メータの大きさに関係なく一般家庭用マイコンメータと同等の限界性能と考えられる。
- 前年度に計測した一般家庭用マイコンメータと業務用マイコンメータの微小流量検知機能の検知性能を比較すると以下の通りとなる。

表 7.2.1.14 微小漏えい検知機能結果

	マイコンメータの計測原理	微小漏えい検知性能（流量検知式）（L/h）
一般家庭用マイコンメータ	膜式	2
	超音波式	2.5
業務用マイコンメータ	膜式	2.5
	超音波式	2

- 微小漏えい検知機能（流量式）の漏えい検知性能については、マイコンメータの大きさ関係なく 2～2.5L/h であることが分かる。

(7) 復帰安全確認機能の性能向上に関する検討

復帰安全確認機能の漏えい検知の性能は前年度までに行った計測結果から、超音波式マイコンメータでは5.2～6.2L/h程度の漏えい量を検知可能であることを確認した。例示基準第29節では漏えい試験を行うことが可能である漏えい検知装置について、5L/h以下のガス漏えいを検知できることが求められている。超音波式マイコンメータの復帰安全確認機能の性能向上に関する検討を行った。

1) 内容

超音波式マイコンメータの復帰安全確認機能の漏えいを判定する際のデータを計測し、性能向上に関する検討を行った。

2) 実施方法

モデル配管設備を使用して10L/h以下のガス漏えいを起こした場合に、復帰安全確認機能を作動させた時のマイコンメータ内で処理されている流量データを観察する。

◆使用した設備



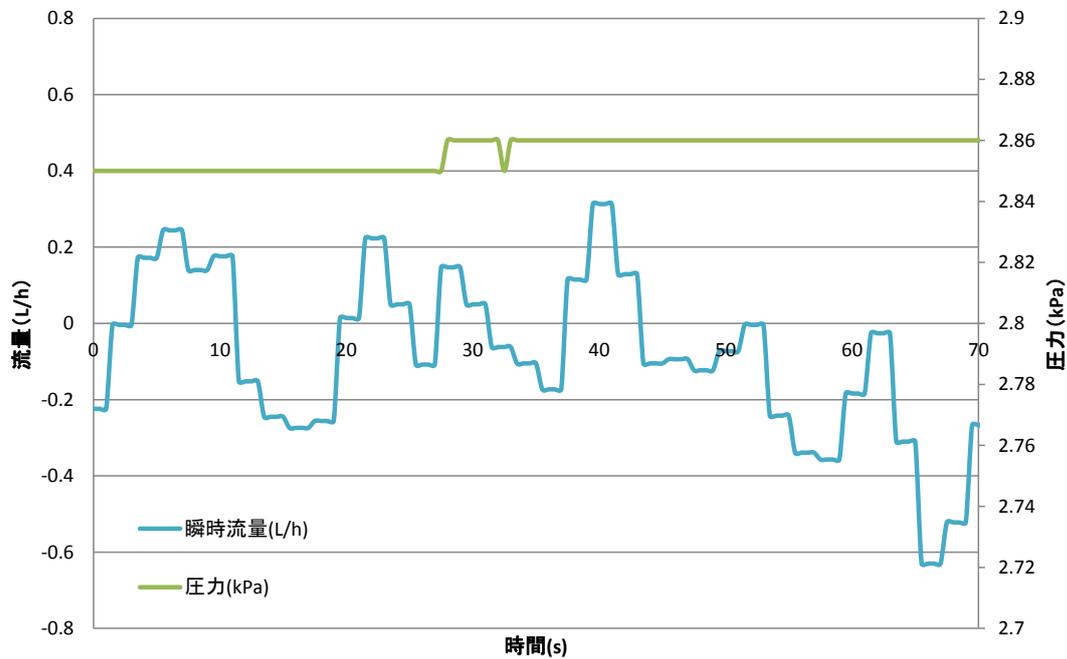
写真 7.2.1.9 使用したモデル配管設備

条件：配管内容積小　：約 4.5L（20A 管で長さ約 12m 相当）
配管内容積大　　：約 28.5L（20A 管で長さ約 77m 相当）

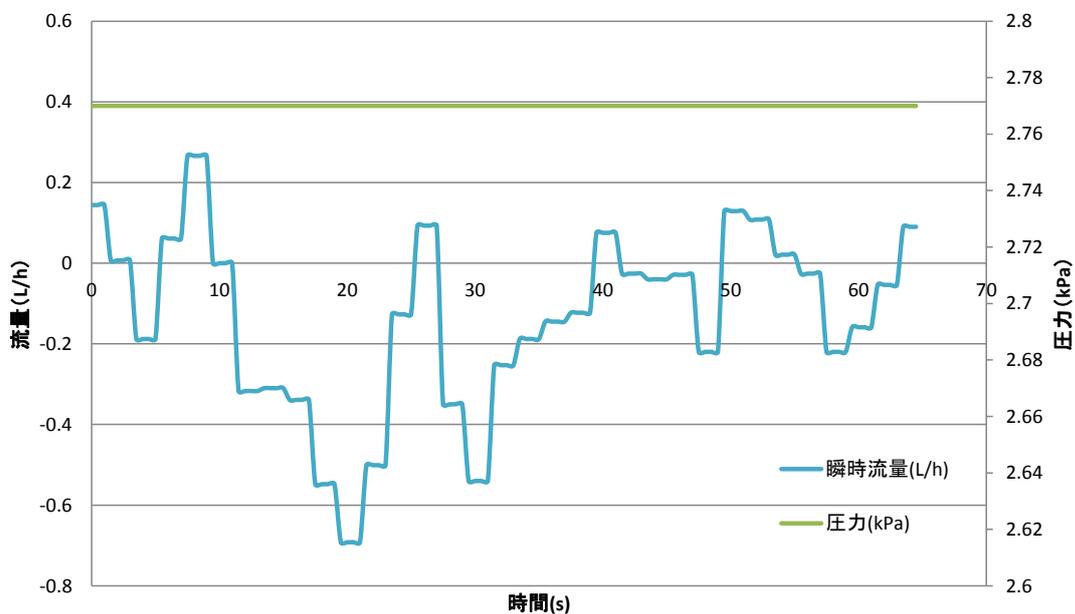
3) 実施結果

① ガス停止時の流量データ

予備計測として、ガスが流れていない時の瞬時流量を計測した。



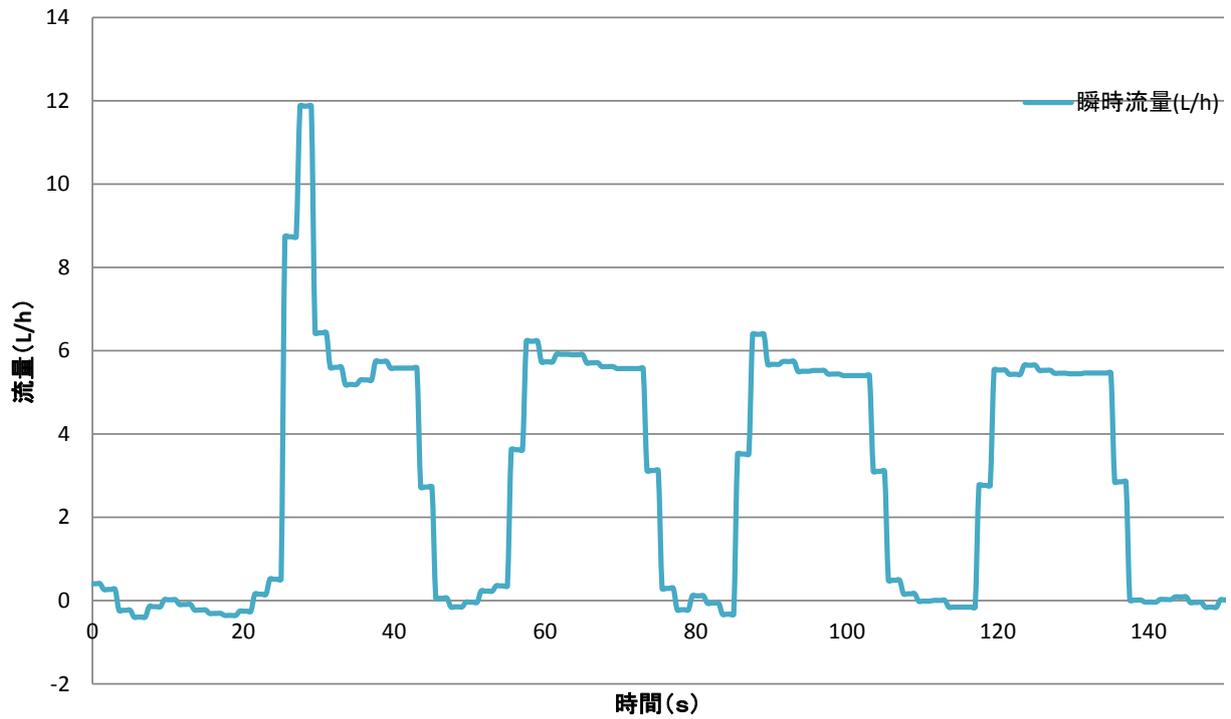
グラフ 7.2.1.9 配管内容積小



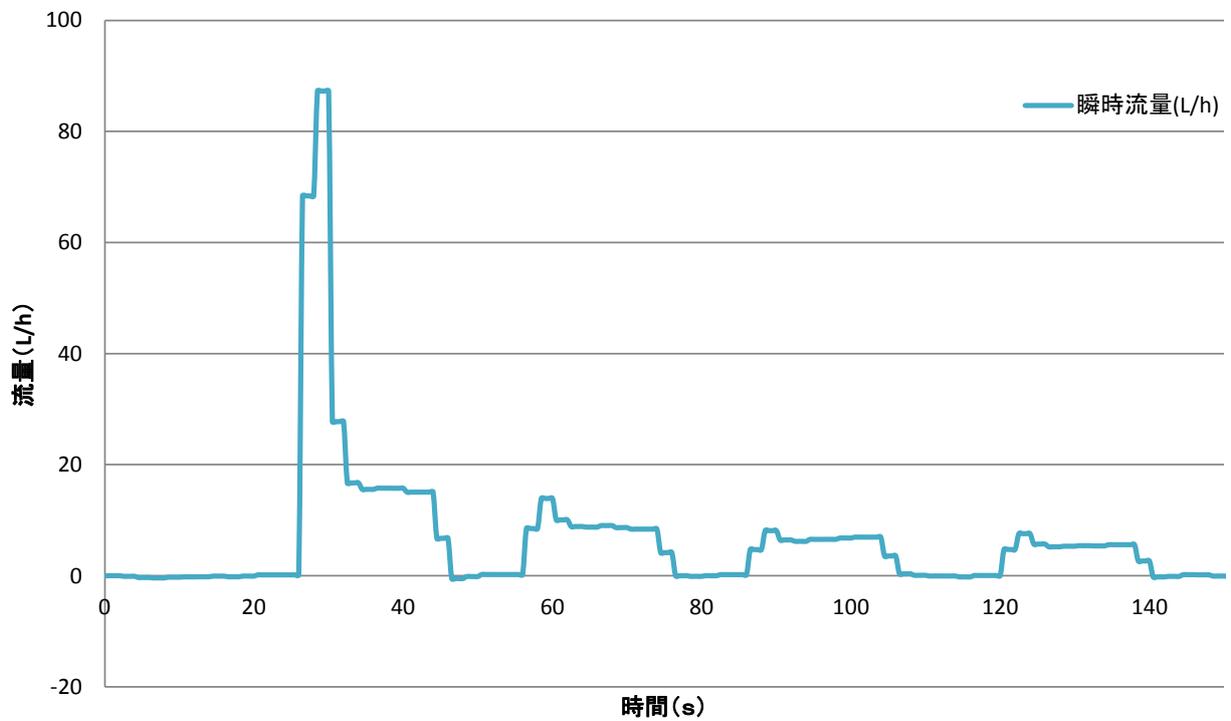
グラフ 7.2.1.10 配管内容積大

- 超音波式マイコンメータでは超音波センサからの信号を平均化し、2秒毎に流量を認識している。
- ガスが流れていない場合に、圧力はほとんど変動していないが微少な流量を計測している。
- 配管内容積の違いは見られない。

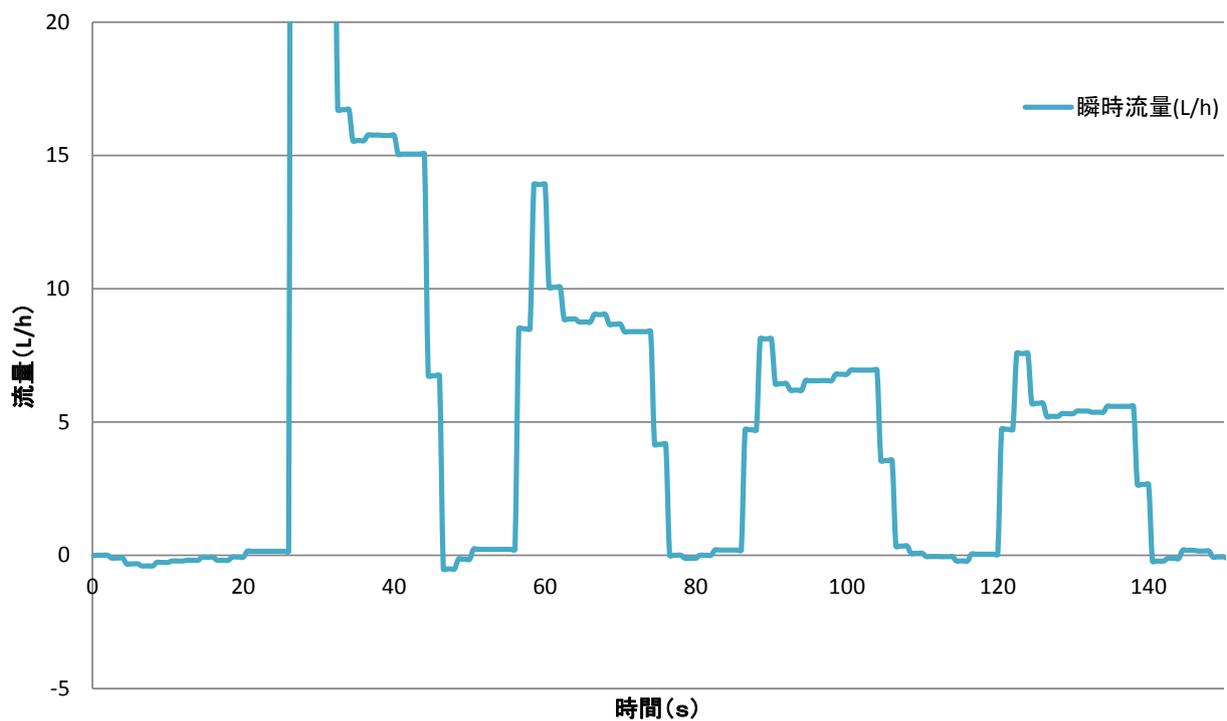
②復帰安全確認機能（漏えい量 6L/h の場合）



グラフ 7.2.1.11 配管内容積小



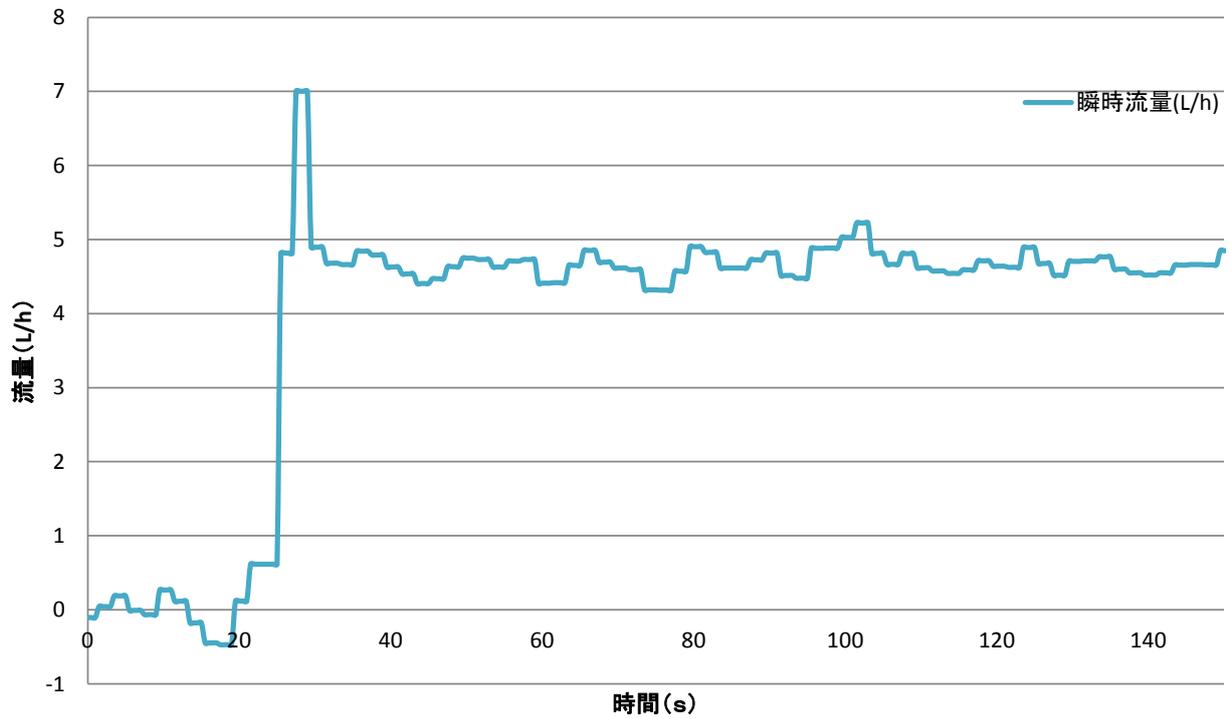
グラフ 7.2.1.12 配管内容積大



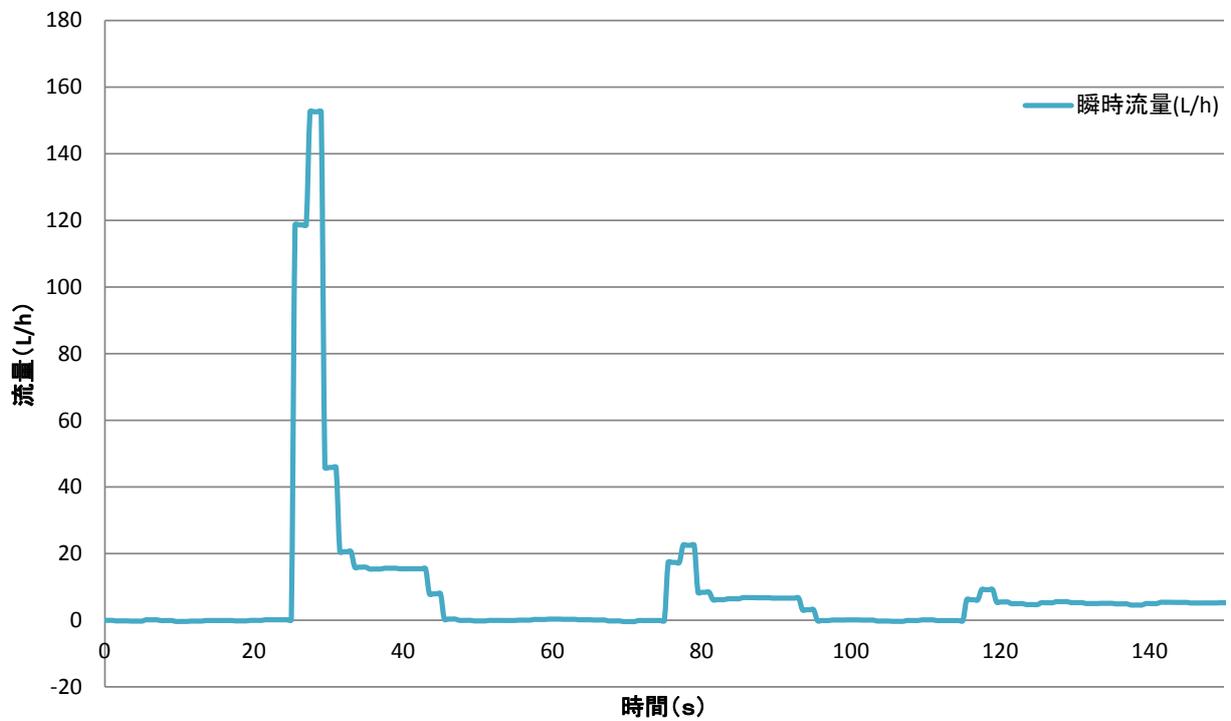
グラフ 7.2.1.13 配管内容積大（拡大図）

- 最初の復帰安全確認機能を作動させた（復帰ボタンを押す）のは時間軸の 20s であり、それから 20 秒間監視した後に漏えい有りと判定して遮断した。その後連続して復帰安全確認機能を作動させたが全て遮断した。
- 配管内容積の違いにより、瞬时流量の最大値が違う。

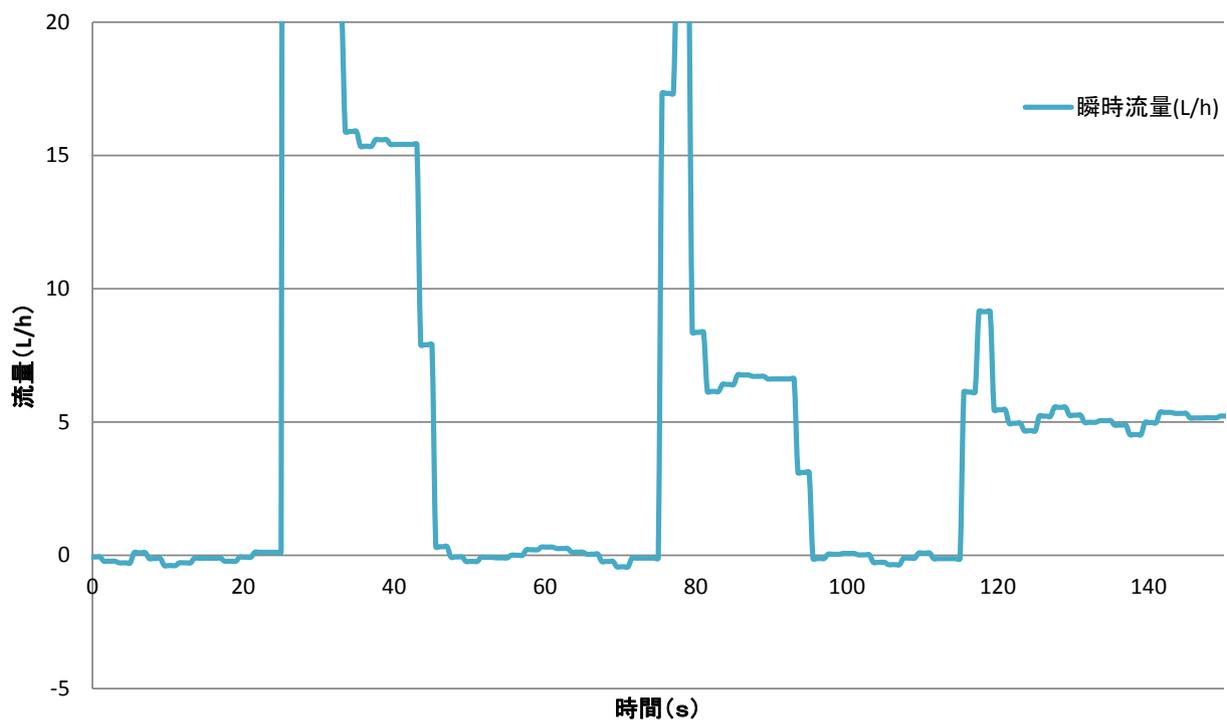
②復帰安全確認機能（漏えい量 5L/h の場合）



グラフ 7.2.1.14 配管内容積小



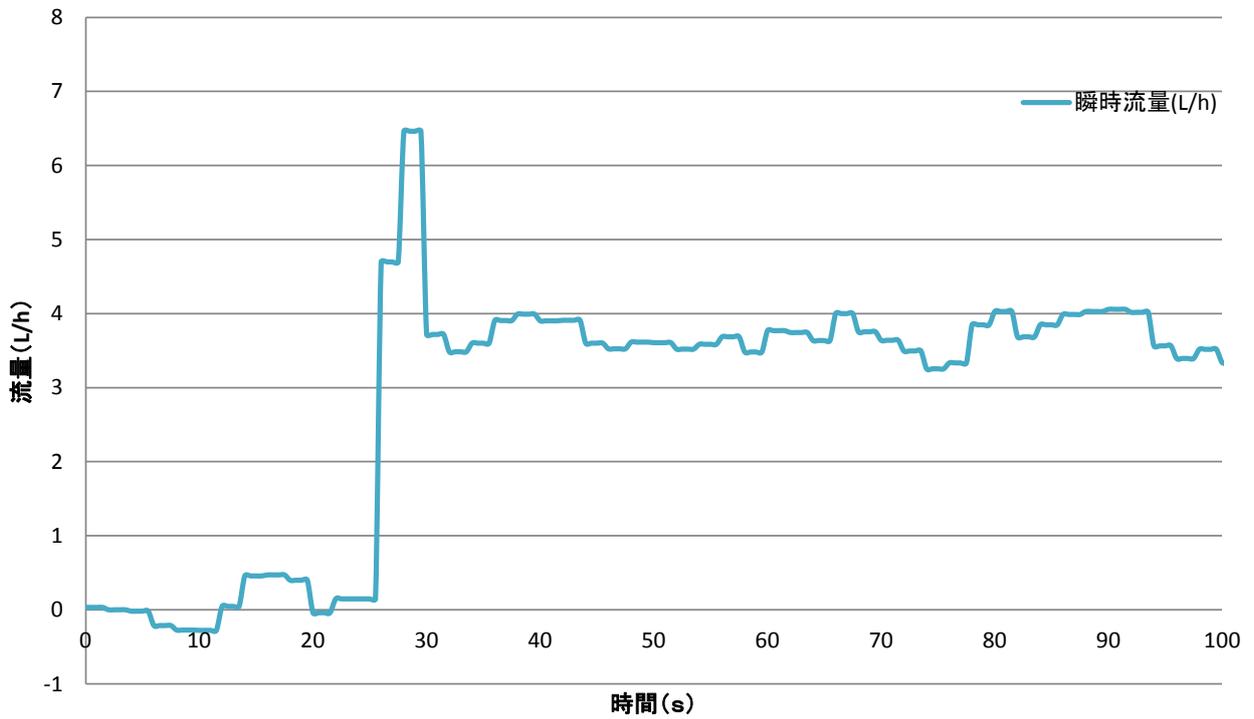
グラフ 7.2.1.15 配管内容積大



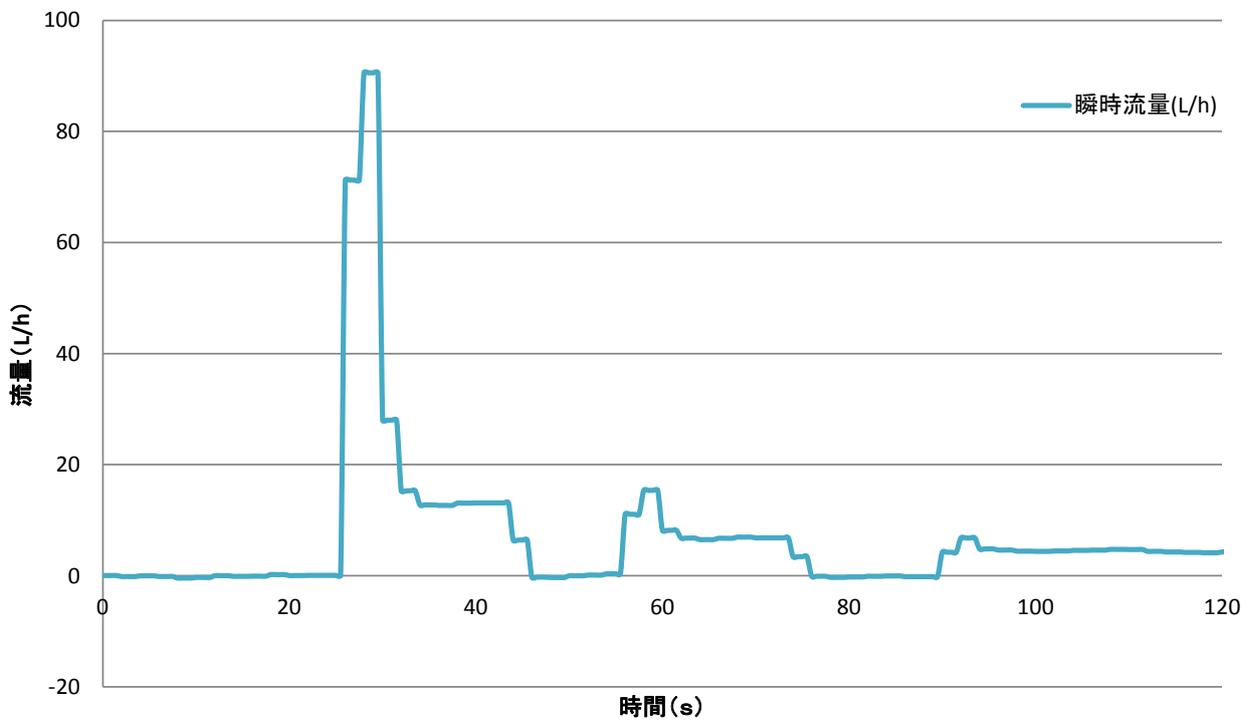
グラフ 7.2.1.16 配管内容積大（拡大図）

- 配管内容積が小さい場合には1回で復帰した（漏えいを検知できなかった）が、配管内容積が大きい場合には3回目で復帰した。
- 配管内容積が大きい場合は、連続して復帰動作を行うことで配管内の圧力が高まることで復帰した。1回目及び2回目の遮断は漏えいを検知したのではなく、配管に流れ込む量が大きいためである。
- この計測では5L/hの漏えいを検知できていない。

③復帰安全確認機能（漏えい量 4L/h の場合）

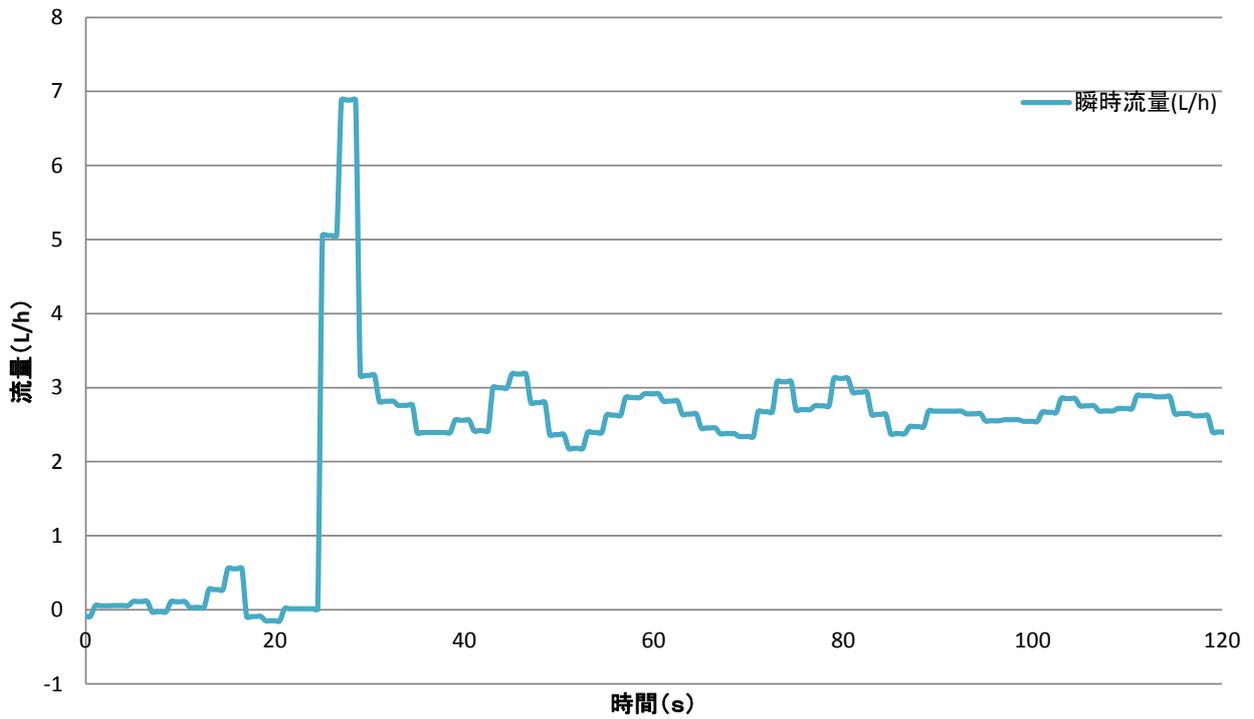


グラフ 7.2.1.17 配管内容積小

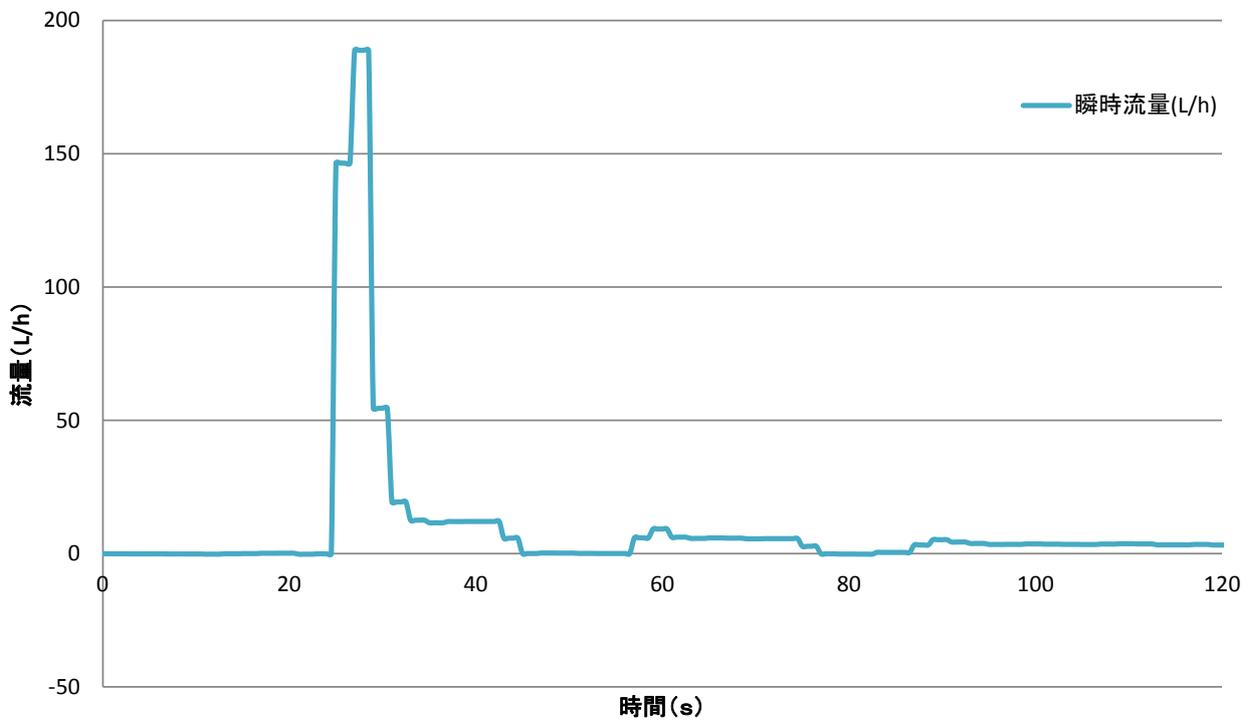


グラフ 7.2.1.18 配管内容積大

④復帰安全確認機能（漏えい量 3L/h の場合）

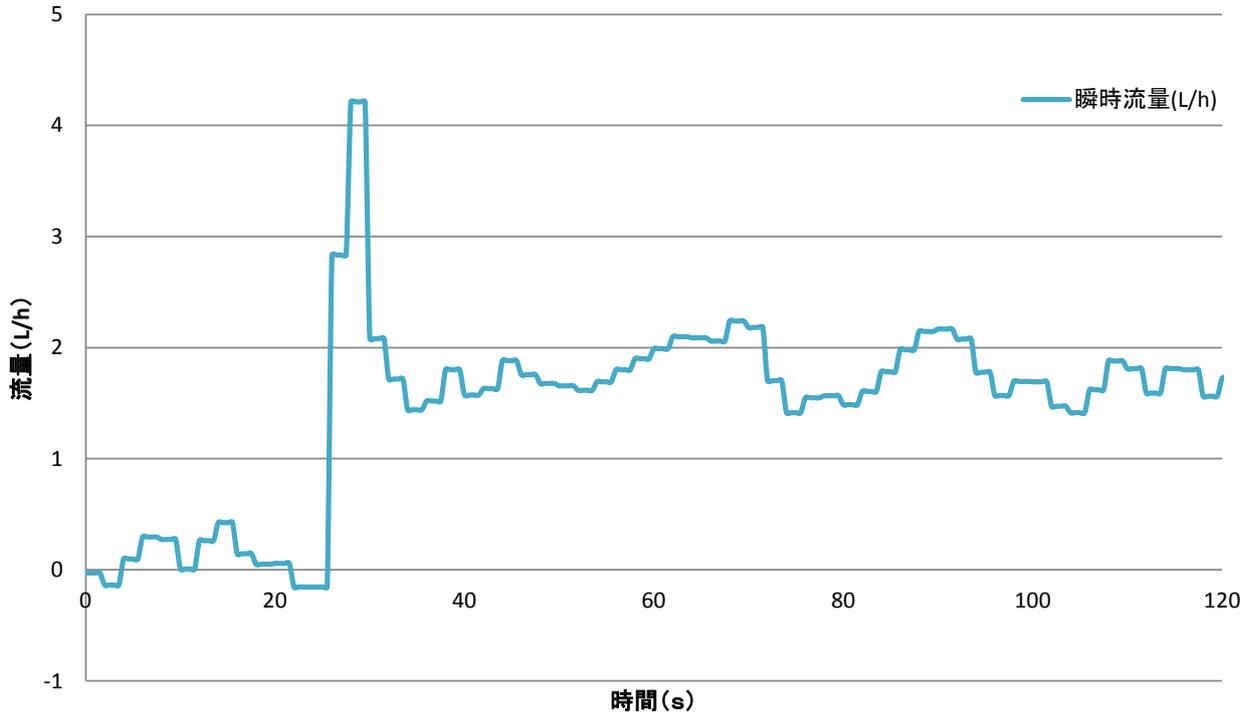


グラフ 7.2.1.19 配管内容積小

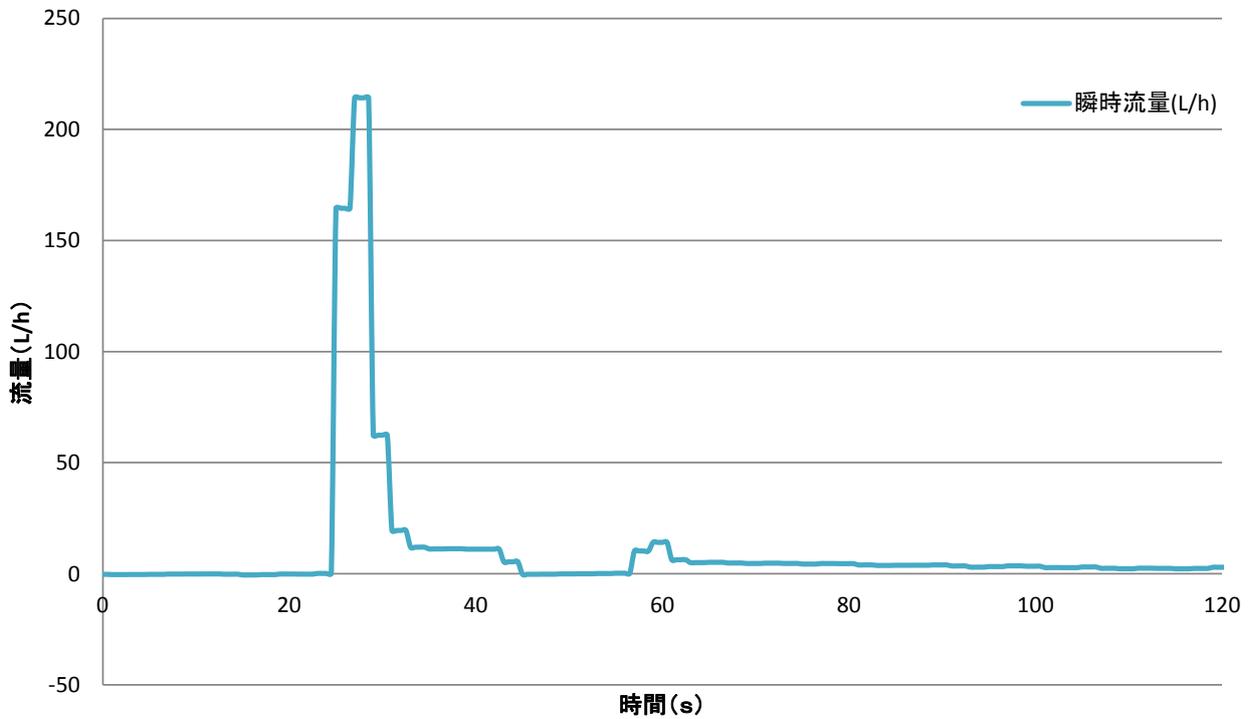


グラフ 7.2.1.20 配管内容積大

④復帰安全確認機能（漏えい量 2L/h の場合）

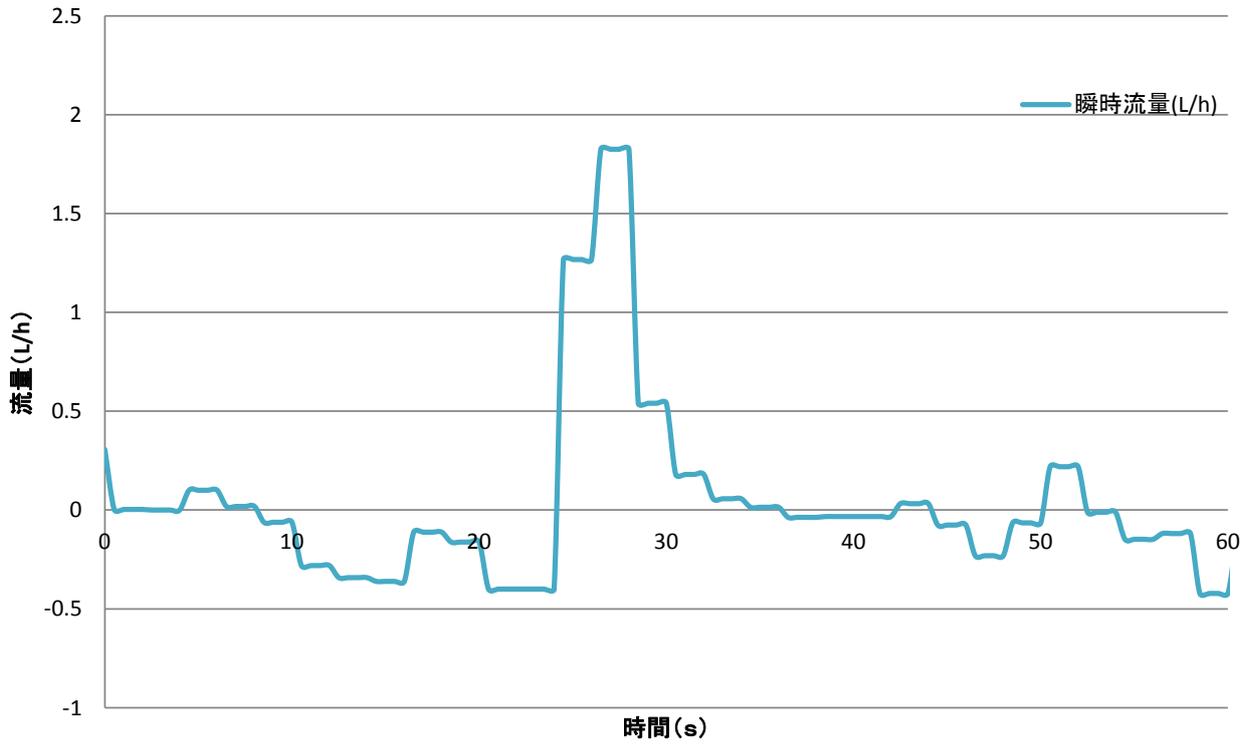


グラフ 7.2.1.21 配管内容積小

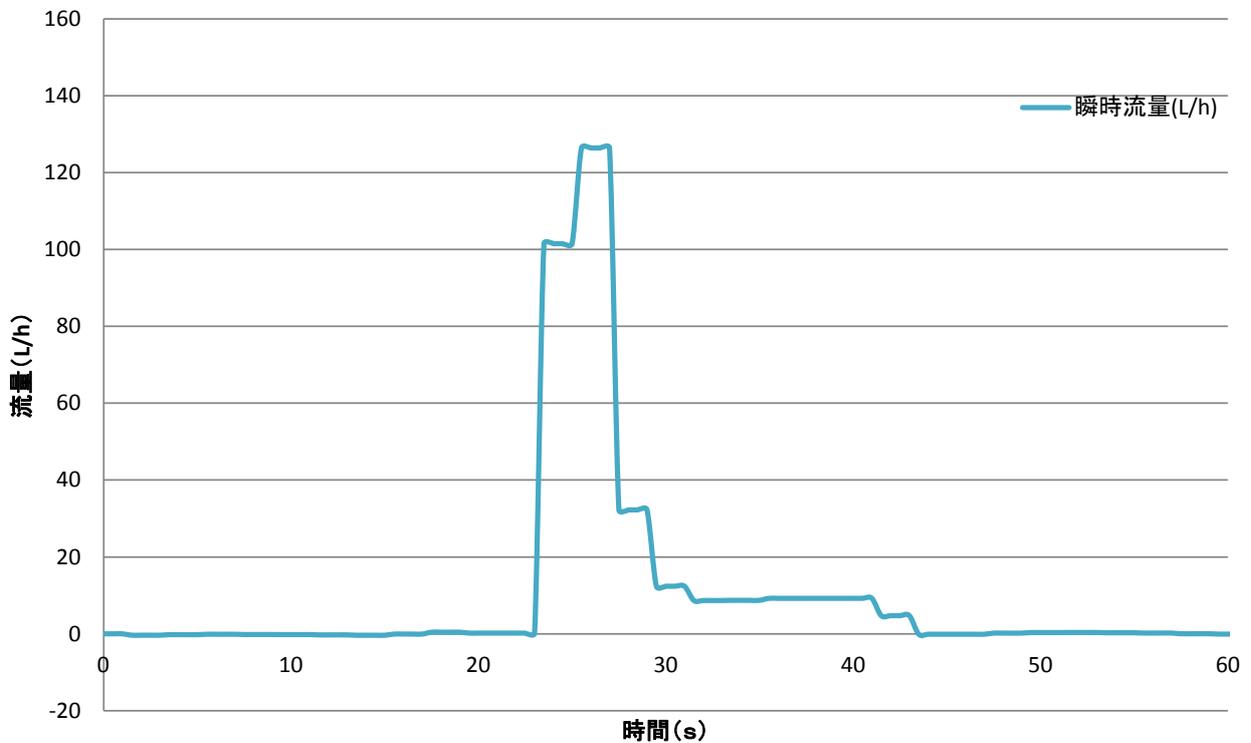


グラフ 7.2.1.22 配管内容積大

④復帰安全確認機能（漏えい無しの場合）



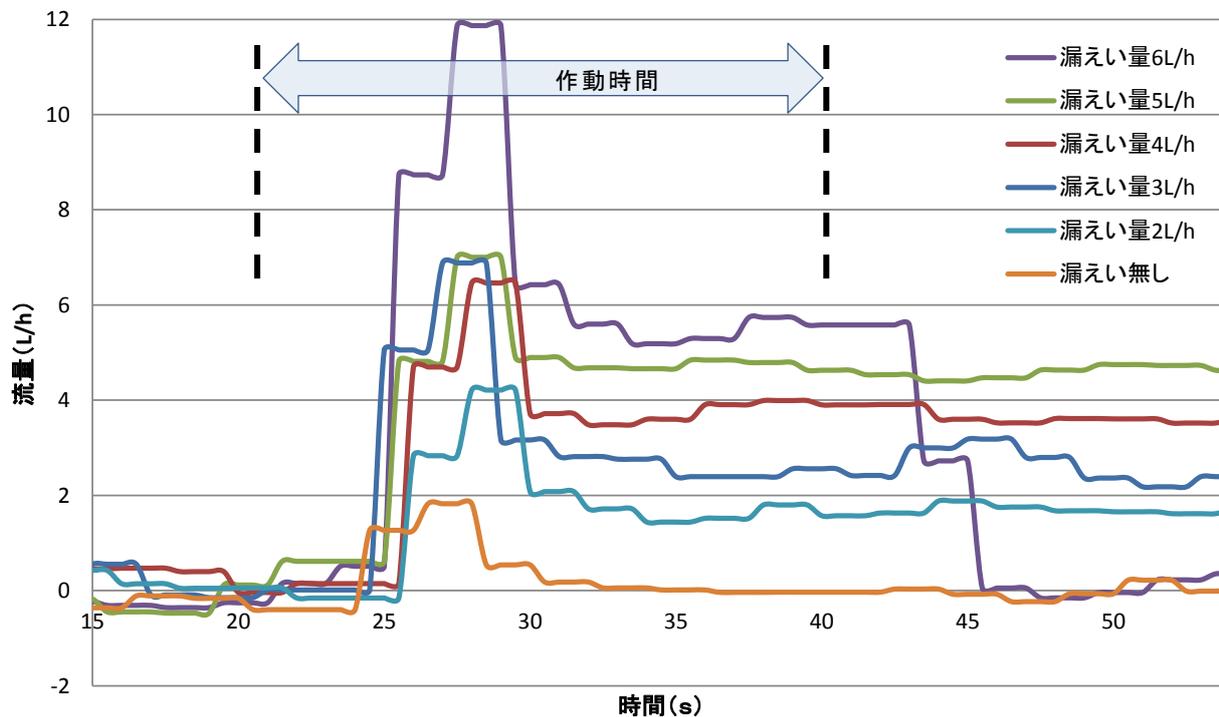
グラフ 7.2.1.23 配管内容積小



グラフ 7.2.1.24 配管内容積大

4) 考察

計測した復帰安全確認機能作動時の瞬時流量を比較したグラフを以下に示す。



グラフ 7.2.1.25 配管内容積小の場合瞬時流量の変化

- 作動時間 20s の間に漏えいの有無を判断する。
- 開始してから流量を認識するまでに遅れがある。
- 作動開始から 10 数秒程度までは配管にガスが流れ込むため、漏えいの判断ができない。
- 漏えい量が 6 L/h の場合は漏えいと認識しているが、5 L/h 以下の場合は漏えいと認識しない。
- 配管内容積が大きい場合は連続して機能を作動させることで本来の漏えい判断が可能となる。

以上のことから、現行では 6 L/h 程度の検知性能である超音波式マイコンメータの復帰安全確認機能はソフトウェアの改良により性能向上の可能性がある。例えば判定する際の数値（しきい値）の変更などが考えられる。

5) 復帰安全確認機能の性能向上の検証

上述の検討を踏まえ、復帰安全確認機能の検知性能向上のための検証を行った。

◆検証方法

超音波式マイコンメータの流量センサの感度を変更できるマイコンメータ（評価用マイコンメータ）を使い、流量センサの感度を上げる（即ち、流量ありと判断する際のしきい値を下げる）ことで、検知できるガス流量が小さくなることを確認する。

◆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6 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、評価用マイコンメータの弁を閉じて遮断状態にする。
- ④ 評価用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 評価用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 評価用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。（同じ操作を3回行う。）

◆試験サンプル（使用した評価用マイコンメータ）

超音波式マイコンメータ：1台



写真 7.2.1.10 評価用マイコンメータ

評価用マイコンメータのソフトウェアを変更することで感度を変更可能である。感度のレベルは以下の通り

表 7.2.1.15 流量の感度のレベル

感度	レベル
A	1.0
B	1.3
C	1.7
D	2.5
E	5.0
F	10.0
G	16.7

感度Aが通常の感度とした場合に、感度Bから感度Gまで徐々に感度が強くなる。

◆使用した設備



写真 7.2.1.11 使用した設備

条件：配管内容積小 : 約 4.5L (20A 管で長さ約 12m相当)
配管内容積大 : 約 28.5L (20A 管で長さ約 77m相当)

◆判定結果

判定結果を以下に示す。

表 7.2.1.16 判定結果

判定結果 ○：遮断（検知した） ×：復帰（検知せず）

漏えい 量(L/h)	感度	配管内容積：4.5L			配管内容積：28.5L		
		判定 1回目	判定 2回目	判定 3回目	判定 1回目	判定 2回目	判定 3回目
6	A	○	○	○	○	○	○
	B	○	○	○	○	○	○
5	A	×	×	×	○	○	○
	B	○	○	○	○	○	○
	C	○	○	○	○	○	○
4	A	×	×	×	×	×	×
	B	×	×	×	○	×	×
	C	○	○	○	○	○	○
	D	○	○	○	○	○	○
3	A	×	×	×	×	×	×
	B	×	×	×	×	×	×
	C	×	×	×	○	×	×
	D	○	○	○	○	○	○
	E	○	○	○	○	○	○
2	A	×	×	×	×	×	×
	B	×	×	×	×	×	×
	C	×	×	×	×	×	×
	D	×	×	×	○	○	×
	E	○	○	○	○	○	○
	F	○	○	○	○	○	○
1	A	×	×	×	×	×	×
	B	×	×	×	×	×	×
	C	×	×	×	×	×	×
	D	×	×	×	×	×	×
	E	×	×	×	○	○	○
	F	○	○	○	○	○	○
	G	○	○	○	○	○	○
0.5	C	×	×	×	×	×	×
	D	×	×	×	×	×	×
	E	×	×	×	○	×	×
	F	×	×	×	○	○	○
	G	×	×	×	○	○	×

表 7.2.1.17 判定結果（漏れ無しの場合）

判定結果 ○：遮断（検知した） ×：復帰（検知せず）

漏えい 量(L/h)	感度	配管内容積：4.5L			配管内容積：28.5L		
		判定 1 回目	判定 2 回目	判定 3 回目	判定 1 回目	判定 2 回目	判定 3 回 目
0	A	×	×	×	×	×	×
	B	×	×	×	×	×	×
	C	×	×	×	×	×	×
	D	×	×	×	○	×	×
	E	×	×	×	○	×	×
	F	×	×	×	○	○	○
	G	×	×	×	○	○	○

【条件】

気温：22℃ 湿度 25%

配管内容積が 4.5L の場合には配管内が大気圧の状態からの復帰安全確認機能を作動させた場合の判定結果であるが、28.5L の場合は 1 回目は必ず遮断するため、一度配管内を通常圧力まで上げてからの判定結果とした。

◆考察

- 漏えい量が 6 L/h の場合には通常の感度で漏えい検知できている。
- 漏えい量が 5 L/h の場合には配管内容積が小さい場合は感度 A は検知しない。
- 同様に、配管内容積が小さい場合に注目すると
 感度 C → 4 L/h
 感度 D → 3 L/h
 感度 E → 2 L/h
 感度 F → 1 L/h
 の漏えいを検知できているが、0.5L/h の漏えいは感度 G でも検知できていない。
- 配管内容積が大小の関係に着目すると、漏えい量が 1～5L/h の場合と同じ感度であっても配管内容積が大きい場合は検知して、小さい場合は検知しない結果となっている。この原因としては、配管内容積が大きいほど配管内でのガスの動きが大きいと考えられる。
- 漏えい量 0 L/h（漏えい無し）の場合に注目すると、感度が F 及び G の高感度の場合には配管内容積が大きい条件においては漏えいが無い状態であっても 3 回とも遮断している。感度が高すぎる可能性がある。従って、0.5L/h の場合に検知はしているがガス漏えいを検知しているわけではないと思われる。
- 以上のことから、復帰安全確認機能をソフトウェアの改良し、感度を上げることで少なくとも 3L/h 程度（感度 D の場合）までのガス漏えい検知性能を向上させることが可能であることが分かる。
- 3L/h 程度のガス漏えいを検知する性能は微少漏えい警告機能と同等の検知性能を有することとなる。即ち、30 日間かけてのガス漏えい検知を最短で 20 秒程度で行うことが可能となり、保安レベルの向上及び大幅な作業の効率化が可能となると考えられる。

(8) まとめ

マイコンメータの保安機能の有効活用のため、本年度は業務用マイコンメータ（大型マイコンメータ）の漏えい検知性能調査を行うと同時に一般家庭用マイコンメータの性能データと合わせて検証を行った。

①復帰安全確認機能について

復帰安全確認機能は業務用マイコンメータと一般家庭用マイコンメータとの性能を比較すると計測原理の違い（膜式又は超音波式）により漏えい検知性能に違いが見られた。膜式では業務用マイコンメータは一般家庭用に比べ検知性能が下がったが、超音波式では業務用マイコンメータと一般家庭用の間に性能の低下は見られなかった。その理由は超音波式計測のメリットである大流量から小流量までの計測範囲が広いこと及び計測時間が短いことであると考えられる。

②漏えい検査機能

漏えい検査機能について業務用マイコンメータの性能データを収集すると同時に自記圧力計による検知性能データと比較し、検証を行った。自記圧力計による検知性能に比べ、マイコンメータの漏えい検査機能の性能は大型設備であるため配管内容積が大きくなるに応じて下がることが確認された。その結果、配管内容積が 30L 程度までであれば、自記圧力計と同等の漏えい検知性能があると思われる。なお、同機能を動作させる際の密閉方法について、調整器上流部を解放することでの方法は難しく調整器とマイコンメータ間に閉止弁を設け、それにより行うことが適切であることを確認した。また、実際の LP ガス配管設備を使って同機能の動作検証を行ったところ、問題なく動作することを確認した。

③微少漏えい警告機能

微少漏えい警告機能は業務用マイコンメータと一般家庭用マイコンメータとの間に検知性能の差はなく、2～2.5L/h であることを確認した。

④復帰安全確認機能の向上の検討

超音波式マイコンメータの復帰安全確認機能について、現行品では 6L/h 程度のガス漏えいを検知することが可能であるが、搭載しているソフトウェアを改良することで 3L/h 程度まで検知性能が向上することを確認した。但し、製品化する際にはフィールドテスト等での評価を行い、実際の現場での検証を行う必要がある。

表 7.2.1.18 測定結果

漏えい検知方式	現行の漏えい試験		マイコンメータの漏えい検知機能					
	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	2.5L/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		マイコンメータ上流部を閉止して、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

* : 一般家庭用マイコンメータの場合

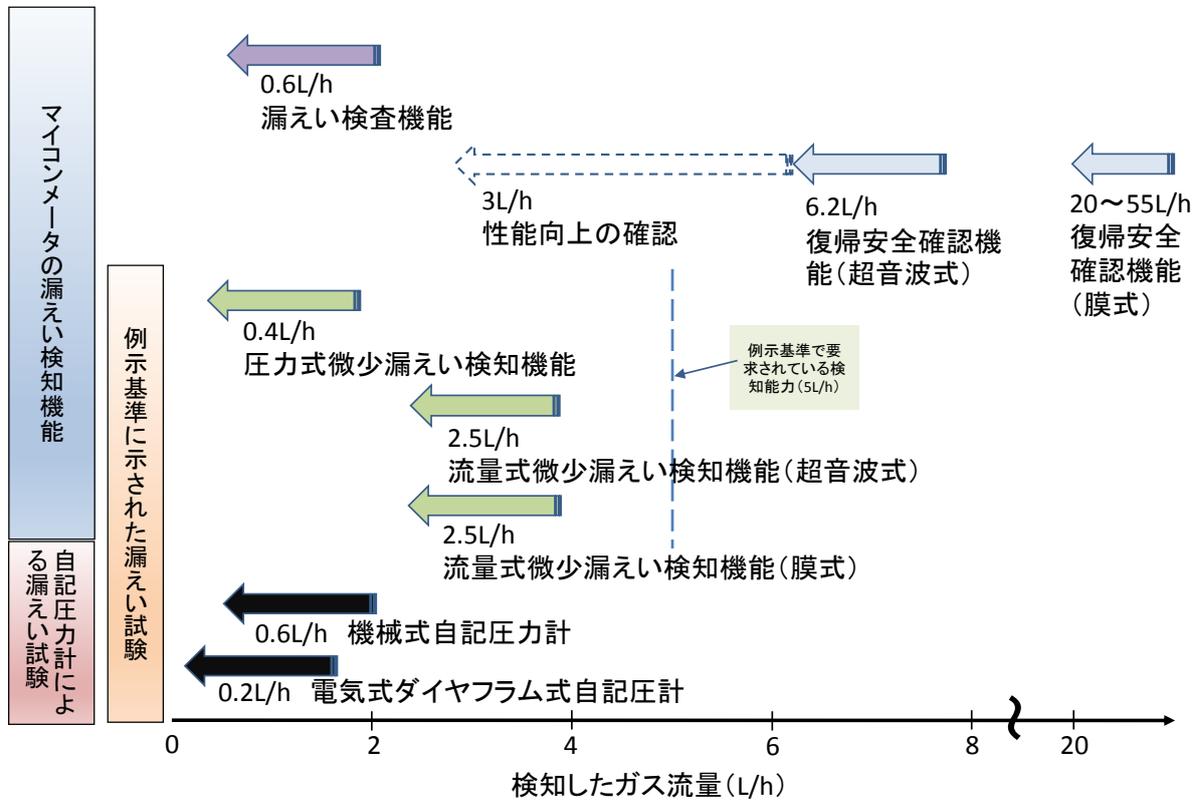


図 7.2.1.4 性能の比較

7.2.2 ガス漏えい時の安全性調査

仕様

②ガス漏えい時の安全性調査

マイコンメータによる検知が難しいガス漏えい量について、安全性の検討を行う。収集したマイコンメータのガス漏えい検知性能データを基に、検知できない微量なガス漏れが発生した際の爆発可能性等について、計測あるいは数値解析等による安全性に関する調査を行う。

(a)背景・課題

自記圧力計による漏えい試験及びマイコンメータによる漏えい検知機能に関する漏えい検知性能に関するデータ収集を行い、限界の検知性能について検討を行ってきた。検知性能の限界のデータを把握できたが、検知することができない微量なガス漏えいとマイコンメータの検知性能の安全性に関する検討を行う必要がある。

(b)実施内容

実測による方法では計測器の性能、あるいは実際のガスを使つての検証は難しいため、コンピュータシミュレーションによる検証を行うことで、微量なガス漏えいと爆発可能性について検討を行う。

7.2.2.1 概要

屋内および屋外においてプロパンガスが漏えいした場合のガス濃度の空間的、時間的な挙動を把握する。解析には、三次元ナビエ・ストークス方程式および、エネルギー保存式、化学種質量保存式を使用する。

7.2.2.2 理論式

屋内漏えい解析（詳細モデル）および屋外漏えい解析では、シミュレーションに汎用熱流体解析ソフトウェア ANSYS fluent を使用した。以下に解析に際して使用した基礎方程式を示す。粘性流体の流れを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）

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

（運動量保存方程式）

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

（化学種質量保存方程式）

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Y_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j Y_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho D_i \frac{\partial Y_i}{\partial x_j}) + R_i + S_i$$

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]、 Y_i : 化学種質量分率[-]、 D_i : 拡散係数[m²/s]、 R_i : 化学反応生成項[kg/m³s]、 S_i : ソース項[kg/m³s]

ここで、密度 ρ は、流体を構成するガス（化学種）成分の量に依存して変化し以下のように表される。

$$\rho = \frac{1}{\sum_i \frac{Y_i}{\rho_i}}$$

ρ_i は各成分ガスの密度である。密度が変化するため、運動量保存式中の外力項（=重力項）が空間的に変化する。その結果、重たいガス成分は下側に移動し、軽いガス成分は上側に移動することになる。

fluent ではこれらの方程式を、有限体積法を使って離散化している。最終的に適切な境界条件を設定し、反復計算により収束解を求めている。

7.2.2.3 屋内漏えい解析

(I) 簡易式を使った換気量の推定

プロパンガスが漏えいした場合の、ガス濃度の推移を簡易式を使い評価してみた。一般の家屋では部屋に必ず隙間、換気口があり、この隙間の大きさ、換気への影響を評価するために以下のような指標が用いられる。

C 値 : 気密性を表す数値であり、建物の床面積 $1[m^2]$ あたりの隙間面積を表す。単位は $[c m^2/m^2]$ 。数値が小さいほど気密性が高いことを表す。

換気回数 : 1時間あたりで部屋の中の空気を何回入れ替えることができるかということを表した数値。建築基準法では通常の住宅の居室の場合、0.5回/h以上とすることになっている。(平成15年7月1日施行)

C値は主として、部屋の保温性能、断熱性能を評価するための数値である。一方換気回数はシックハウス対策などのために設定された数値であり、部屋の換気効率を表す指標になっている。今回の解析はプロパンガスが漏えいした際のガス濃度に注目することになるため、換気回数に注目して検討を行った。

(参考) 換気回数の常識値

- ◆ 鉄筋コンクリート造 洋室 (自然換気) : 0.3~1.0回/h
- ◆ 木造・真壁造 和室 (自然換気) : 0.5~3.0回/h
- ◆ 厨房 (機械換気) : 20~30回/h
- ◆ トイレ (機械換気) : 10回/h

(出典: 建築気候、齊藤平蔵著、共立出版、1974年5月発行)

(1)簡易モデルの理論解の導出

以下に示す図において、室内のガス物質量の収支を考えてみる。



ここで 室内ガス濃度 $\sigma \left[\frac{m^3}{m^3} \right]$
室外ガス濃度 $\sigma_0 \left[\frac{m^3}{m^3} \right]$
ガス発生量 $q \left[\frac{m^3}{s} \right]$
換気流量 $G \left[\frac{m^3}{s} \right]$

図 7.2.2.1 簡易モデル

$$q\Delta t + \sigma_0 G\Delta t - \sigma G\Delta t = V\Delta\sigma$$

項を整理すると

$$\frac{d\sigma}{\frac{q}{G} + \sigma_0 - \sigma} = \frac{Gdt}{V}$$

両辺を積分する

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{q}{G} + A \exp\left(-\frac{G}{V}t\right)$$

ここでAは積分定数である。初期時刻 $t=0$ において $\sigma = \sigma_0$ とすると、最終的に以下の式が得られる(注)。

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{q}{G}(1 - \exp(-\frac{G}{V}t))$$

ガス濃度の経時変化の模式図を示す。

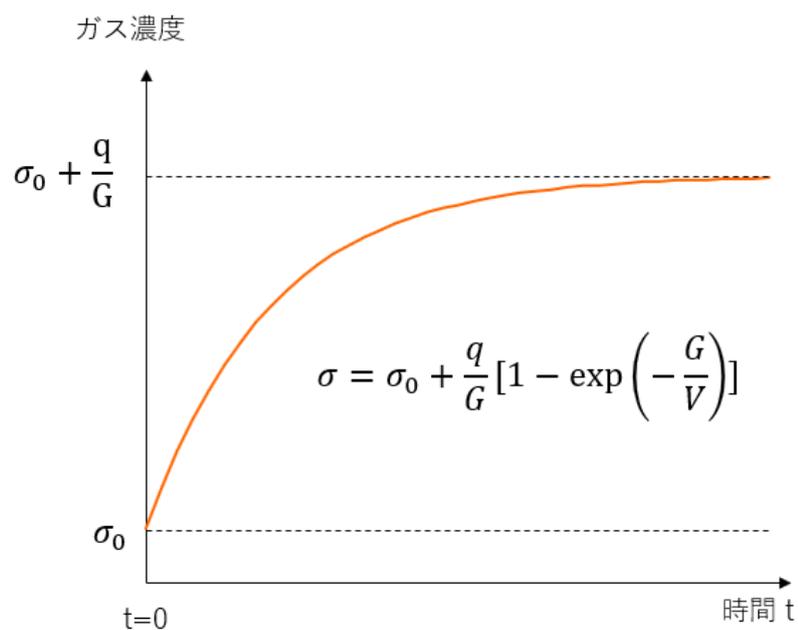


図 7.2.2.2 ガス濃度の経時変化

$\sigma_0 = 0$ として

$$\sigma = \frac{q}{G}(1 - \exp(-\frac{G}{V}t))$$

(ザイデルの式)

十分な時間が経過した場合、 t の項が消えて、

$$\sigma = \frac{q}{G}$$

室内の汚染濃度 σ は、発生量 q を吸気量 G で割った値となる。

(注) 出典：建築気候、齊藤平蔵著、共立出版、1974年5月発行

(2)簡易モデルの計算結果

定常状態（すなわち時間が ∞ ）では、ガス濃度は $\sigma_0 + \frac{q}{G}$ に漸近することになる。この値がプロパンガスの爆発下限値 σ_{crit} (2.1 vol%) 以下になるために必要な換気量を見積もると以下ようになる。なお、プロパンガス漏えい量は $q=20$ [L/h]、屋外濃度 $\sigma_0 = 0$ とした。

$$\sigma_{crit} = \frac{q}{G} = 2.1 [\text{vol}\%]$$

$$G = \frac{q}{\sigma_{crit}} = \frac{20}{0.021} = 952 \left[\frac{\text{L}}{\text{hr}} \right]$$

すなわち、952 [L/h]以上の換気が必要になることがわかる。

上記換気流量を適用した場合、必要な換気回数は以下のケースのようになる。

表 7.2.2.1 部屋体積と換気回数

ケース	部屋体積[L]	必要な換気回数[回/h]
6 畳	24762	0.0384
16 畳	68095	0.0140

建築基準法により換気回数が 0.5 回/h が確保されている場合、室内でプロパンガスが 20L/h の漏えいが起こっているととしても、この簡易計算では爆発下限界に達する可能性は低いという結果となる。

(II) 詳細モデルを使った解析

台所を対象として、プロパンガスが漏えいした場合の挙動を調べた。部屋のサイズとして6畳の場合、16畳の場合の2ケースについて解析を行った。またガス漏えい量が5[L/h]、20[L/h]の2ケースを想定した。

以下に計算ケース一覧を示す。

表 7.2.2.2 計算ケース

ケース	6 畳部屋	16 畳部屋
漏えい量 5 [L/h]	case-A1	
漏えい量 20 [L/h]	case-A2	case-B2

(A) 解析対象領域

以下に解析対象領域を示す。現在、換気設備の設計に際して換気回数を0.5回/h以上とすることが必要とされている。すなわち、1時間で部屋の体積の半分を入れ替える流量が確保できるような構造にすることが必要である。

一般的には、通気経路にそって通気量を確保できるように家屋内の形状が工夫されている。換気経路にあるドアについては、通気量を確保するためにドア下部に高さ1cm程度のアンダーカットを設置する方法がある。

ここでは台所の自然換気流れとして部屋の側面の換気口から空気が流入し、ドアの下端部（アンダーカット）から流出するような場合を想定した。

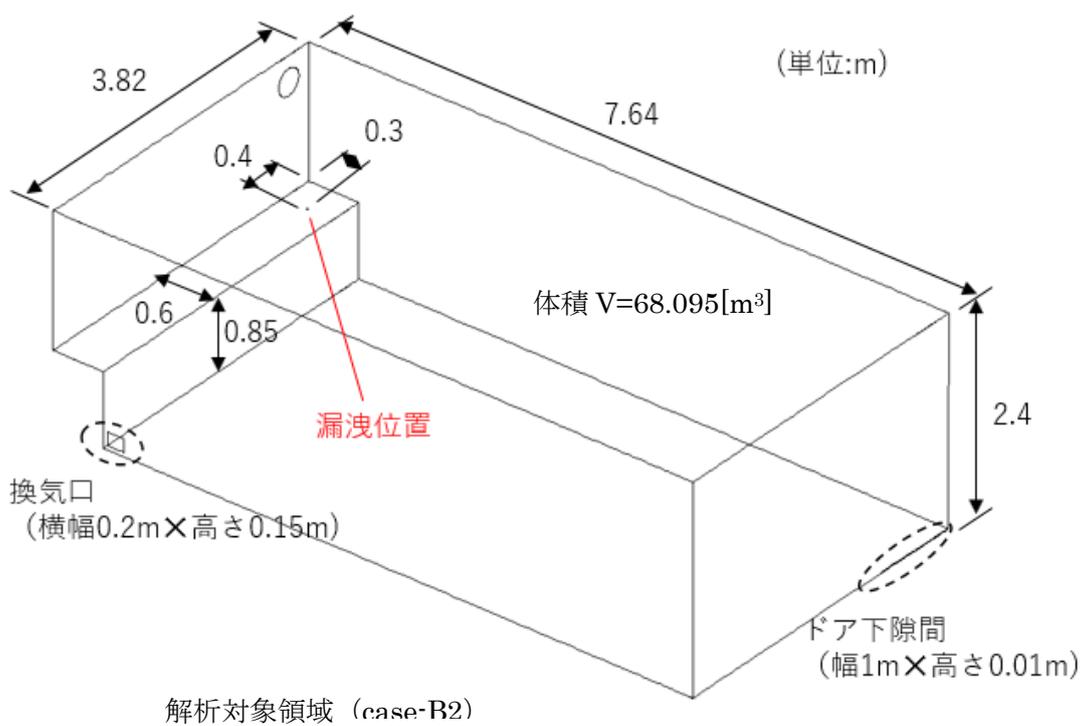
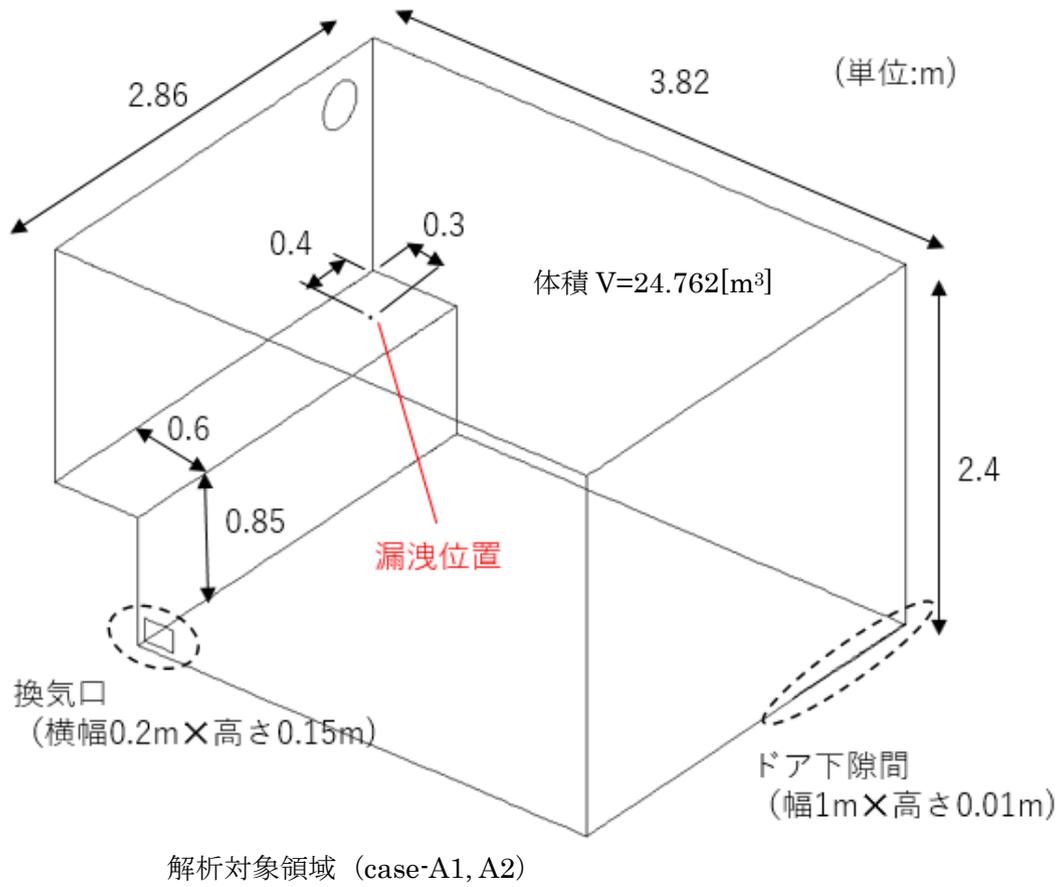


図 7.2.2.1 解析対象領域

(B) 解析モデル

i. 物性値

流体は、空気とプロパンガスの混合気体として扱った。すなわち空気中の成分（N₂ ガスと O₂ ガス）の区別は行わずに単一成分気体としてみなした。また、流れ場は等温であることから密度の温度依存性は考慮していない。プロパンガス濃度に依存して流体密度が変化するとした。

多成分気体： プロパンガス、空気（キャリア流体）

プロパンガスの物性値

$$\text{密度} : \rho_p = 1.91 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\text{粘度} : \mu_p = 7.95 \times 10^{-6} [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

$$\text{分子量} : W_p = 44.09 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]$$

空気の物性値

$$\text{密度} : \rho_a = 1.225 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\text{粘度} : \mu_a = 1.7894 \times 10^{-5} [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

$$\text{分子量} : W_a = 28.966 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]$$

混合気体の密度： volume-weighted-mixing-law $\left(\rho = \frac{1}{\sum_i \frac{Y_i}{\rho_i}} \right)$

混合気体の粘度： mass-weighted-mixing-law $\left(\mu = \sum_i Y_i \mu_i \right)$

プロパンガスの拡散係数： $D = 1.082 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$ (注)

(注)：プロパンおよびプロピレンの空気、窒素および酸素に対する拡散係数、松永直樹、堀守雄、長島昭、Netsu Bussei, 21[3] (2007), p143-148.

ii. 境界条件

漏えい部：漏えい流量 q を指定 (5[L/h]あるいは20[L/h])

換気口：換気流量 Q 指定(換気回数 0.5[回/h]から計算)

$$\text{case-A1,A2} : Q=0.5 \times 24.762 / 3600 = 3.439 \times 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{sec]}$$

$$\text{case-B2} : Q=0.5 \times 68.095 / 3600 = 9.458 \times 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{sec]}$$

漏えい部においてプロパンガス濃度 (体積分率) = 100%、換気口において同濃度 = 0%とした。

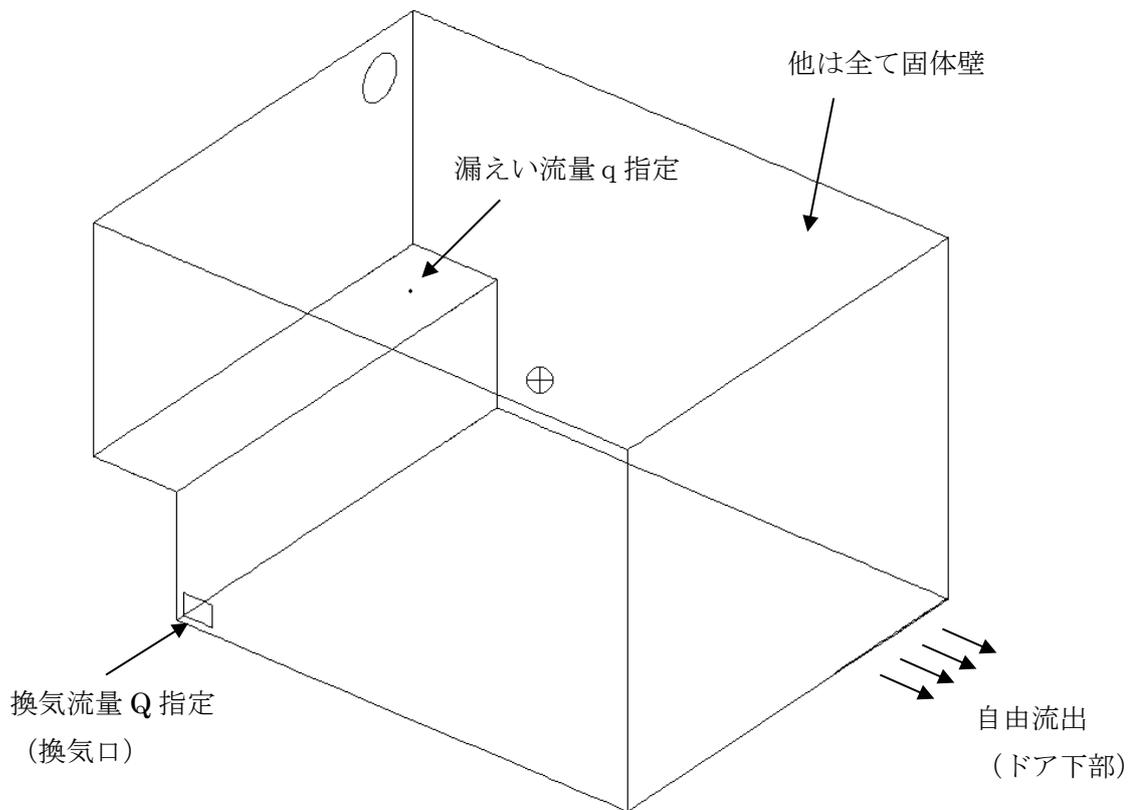


図 7.2.2.2 境界条件の指定

iii. 初期条件

初期流れ場として定常状態の換気流れを指定した。

iv. 乱流モデル

換気口におけるレイノルズ数は case-A1 で 1300 程度であることから、ここでは SST-k ω 乱流モデルを使用した。

(C) 解析結果

i. 解析ケース

以下に計算ケース一覧を示す。

表 7.2.2.3 計算ケース

ケース	6 畳部屋	16 畳部屋
漏えい量 5 [L/h]	case-A1	
漏えい量 20 [L/h]	case-A2	case-B2

ii. 解析手法

解析には以下に示すパラメータを使用した。

- 勾配の計算スキーム： Least Square Cell Based
- 圧力の補間： standard
- 運動量の風上法： 二次精度
- 乱流エネルギーの風上法： 二次精度
- 乱流散逸速度の風上法： 二次精度
- 化学種（プロパンガス）の風上法： 二次精度
- 圧力と速度の連成： Simple 法
- 時間積分： 1次精度 implicit オイラー（可変時間刻み）

iii. 解析の実行

解析はまず定常換気流れ場を求めた。次にこの結果を初期条件として、プロパンガスの漏えいの非定常解析を実施した。解析に要した CPU 時間は各ケースで3～4日程度（10コア並列計算）程度であった。

iv. 初期定常流れ場の詳細

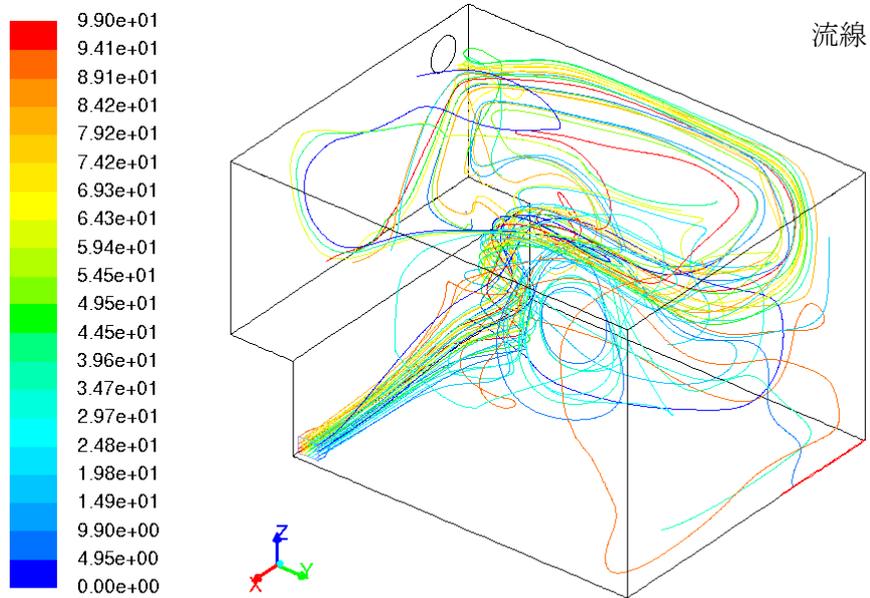
室内に換気回数 0.5 回/h の流れがあるとして初期流れ場の解析を実施した。この初期流れ場を次項で記述している非定常解析の初期値として設定した。

表 7.2.2.4 非定常解析の初期値

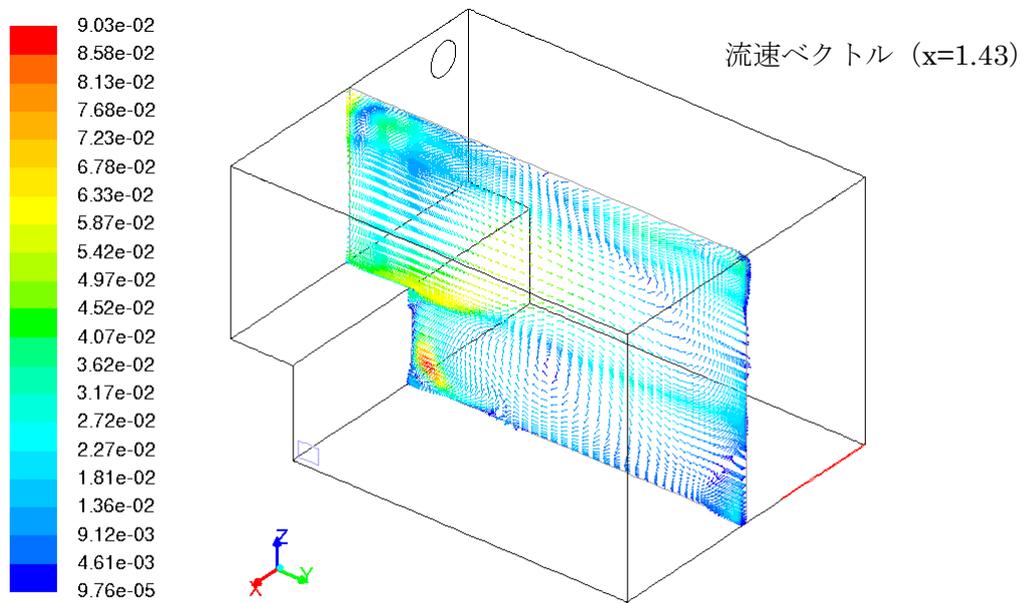
部屋サイズ	6 畳部屋 (case-A1,A2)	16 畳部屋(case-B2)
部屋体積[m ³]	24.762	68.095
換気回数[回/h]	0.5	0.5
換気流量[m ³ /s]	3.439e-3	9.4576e-3
換気口平均流速[m/s]	1.146e-1	3.153e-1

以下にいくつかの計算結果図を示す。換気口から流入した空気はそのまま直進し反対側の壁面に衝突してから部屋の内部に流れていくことがわかる。16 畳部屋の方が流入速度が大きいため、壁面のすぐ近傍まで直進する傾向が強くなっている。

1) 6 畳部屋の定常流れ



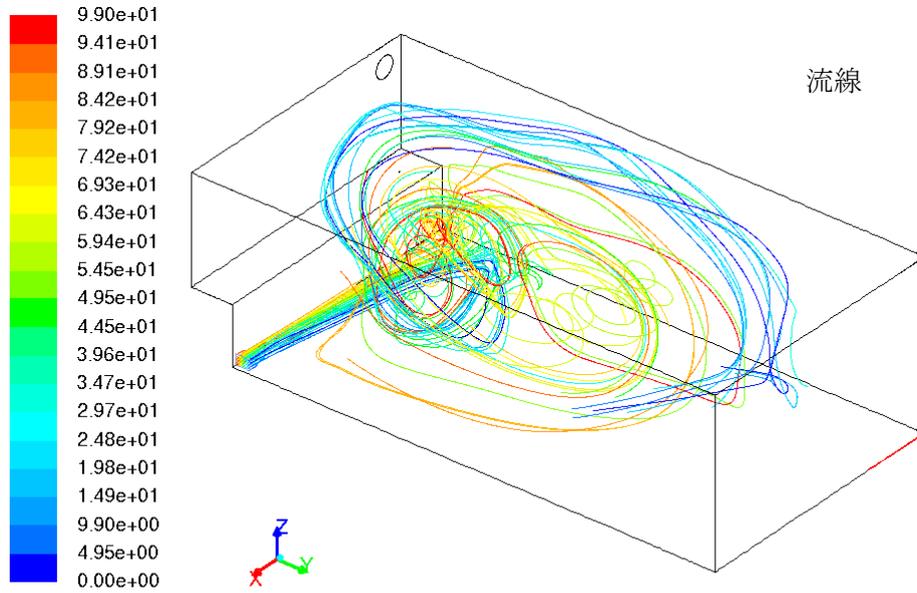
Pathlines Colored by Particle ID Sep 17, 2018
ANSYS FLUENT 14.0 (3d, dp, pbns, spe, sstk)



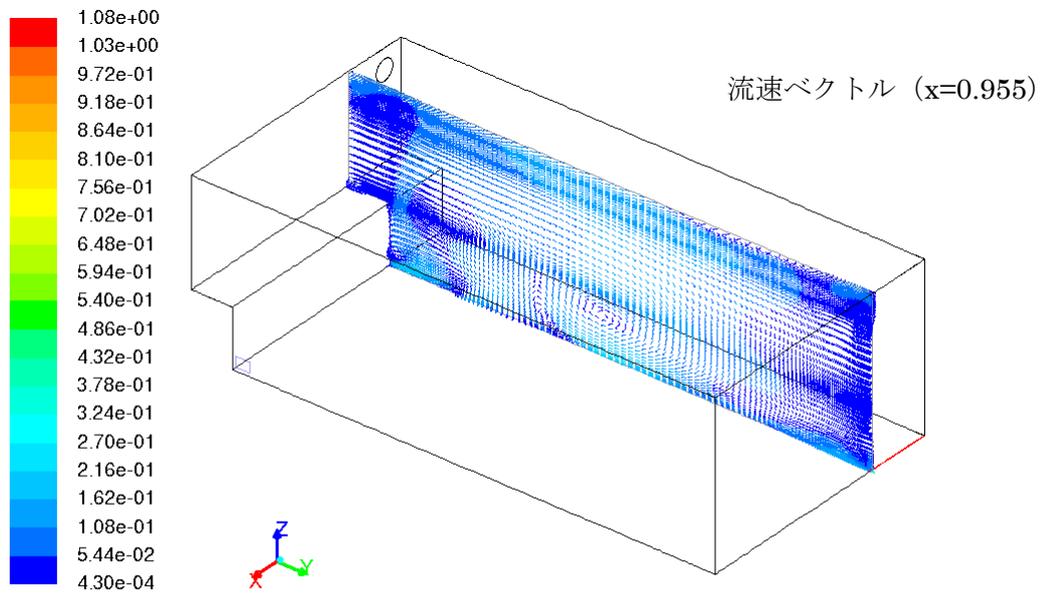
Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s) Sep 17, 2018
ANSYS FLUENT 14.0 (3d, dp, pbns, spe, sstk)

図 7.2.2.3 流線と流線ベクトル

2) 16 畳部屋の定常流れ



Pathlines Colored by Particle ID Sep 17, 2018
ANSYS FLUENT 14.0 (3d, dp, pbns, spe, sstk)



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s) Sep 17, 2018
ANSYS FLUENT 14.0 (3d, dp, pbns, spe, sstk)

図 7.2.2.4 流線と流速ベクトル (16 畳)

v. 非定常流れ場の詳細

前述の定常流れを初期条件と設定し、プロパンガスが漏えいした場合の非定常解析を実施した。以下にいくつかの計算結果図を示す

(A) プロパンガス濃度等値面：濃度（体積分率） = 0.021（21000ppm）、および $1e-3(1000ppm)$ の等値面

(B) プロパンガス濃度コンター：部屋の xy 方向中央断面内のコンター図。最大値 = $1e-3(1000ppm)$ で表示

(C) 流線：流線（流速方向を連続的につないで表示したもの）

(A) および (B) の図は左右 2 つの図を組にして時間ごとの結果を順番に並べたものになっている。

1) case-A1

① プロパンガス濃度等値面

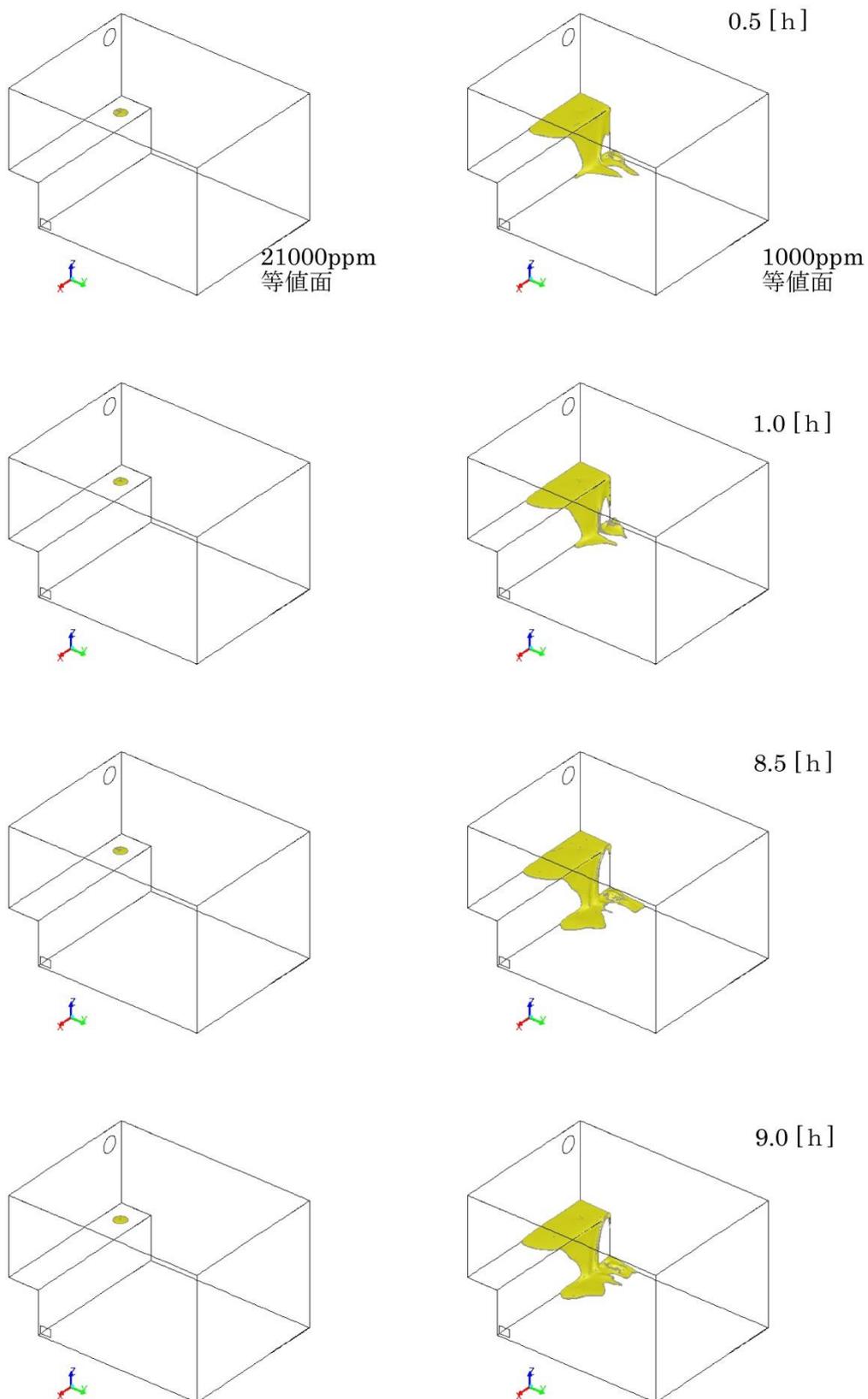


図 7.2.2.5 濃度等値面

② プロパンガス濃度コンター

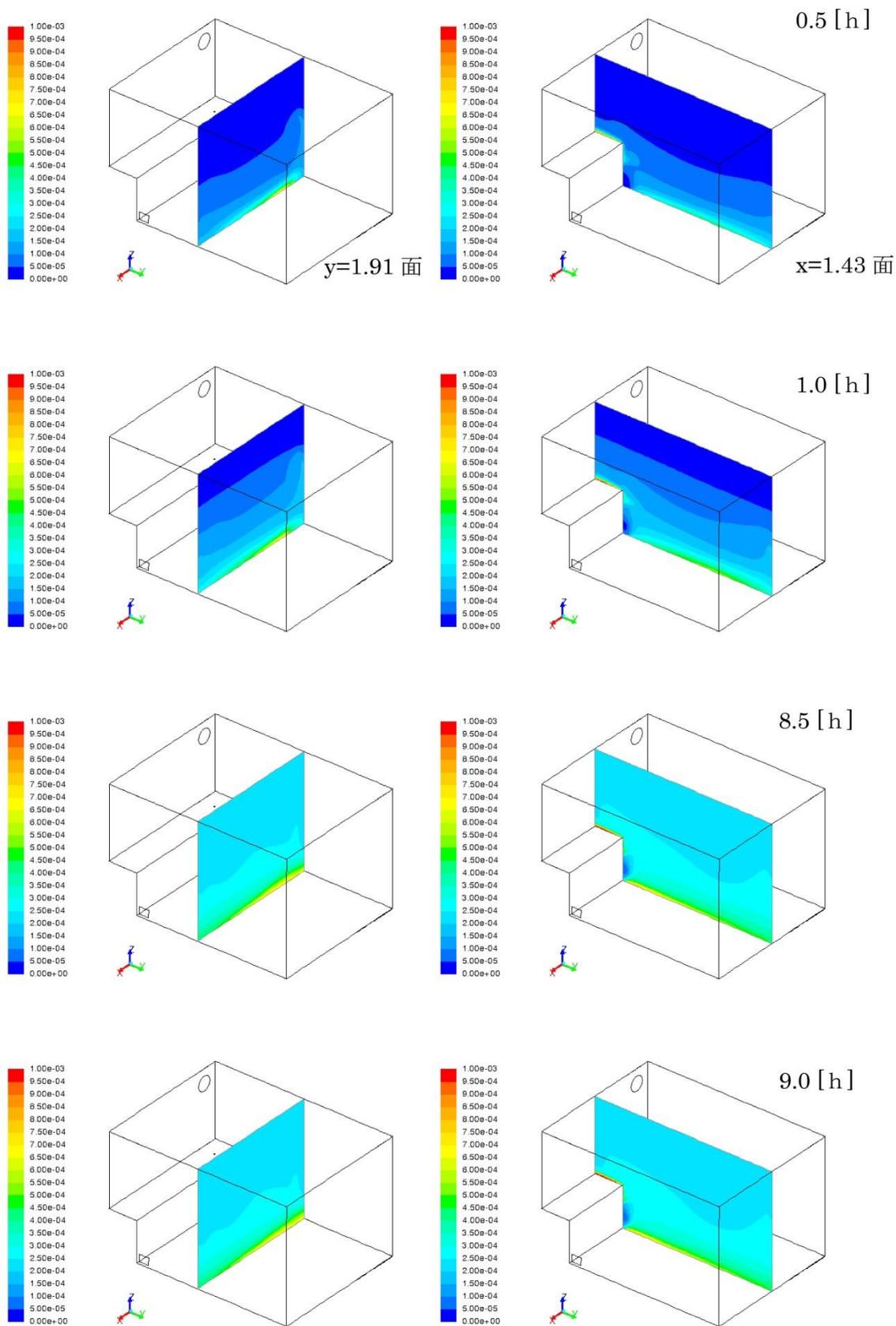


図 7.2.2.6 濃度コンター

③ 流線

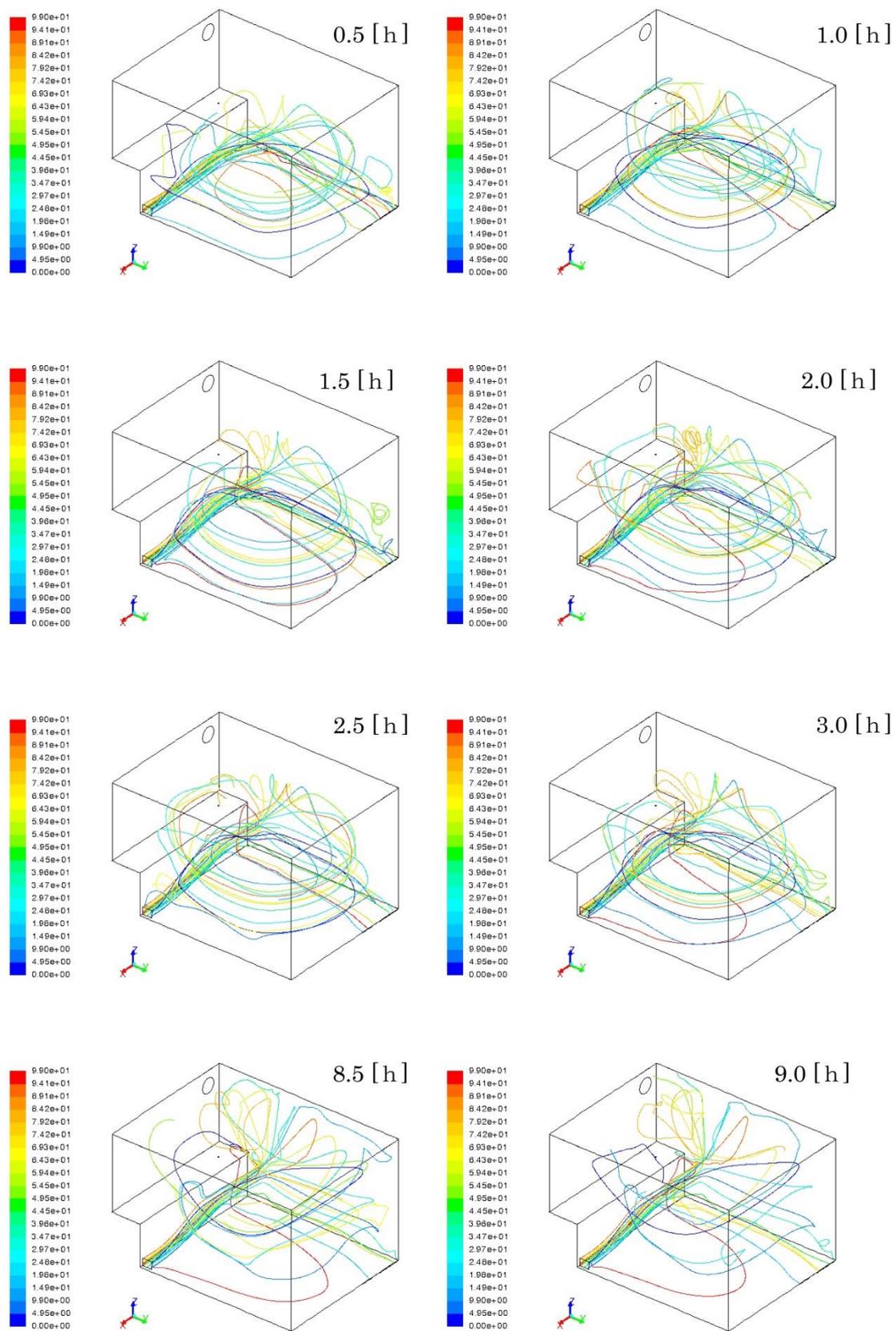


図 7.2.2.7 流線

2) case-A2

① プロパンガス濃度等値面

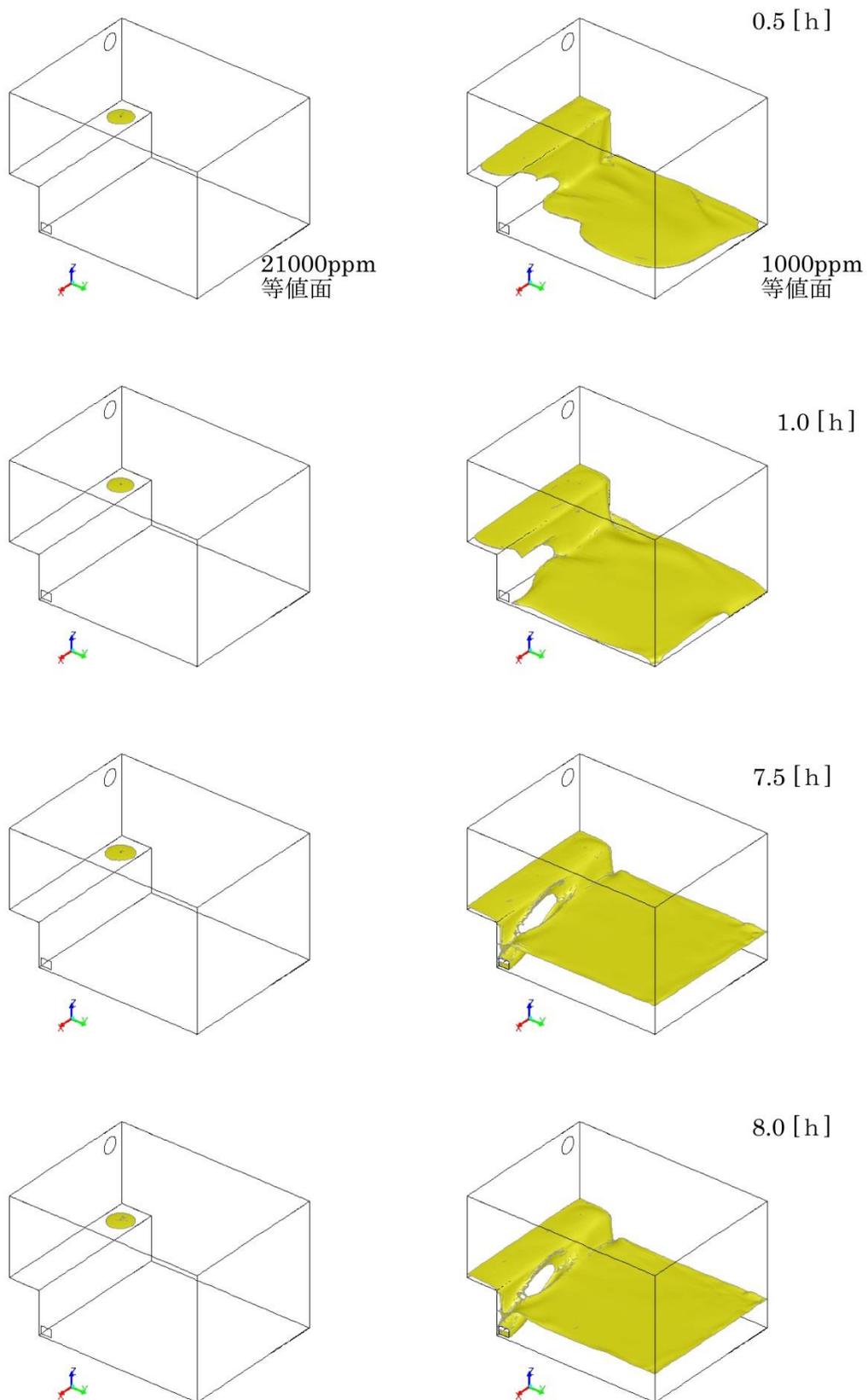


図 7.2.2.8 濃度等値面

② プロパンガス濃度コンター

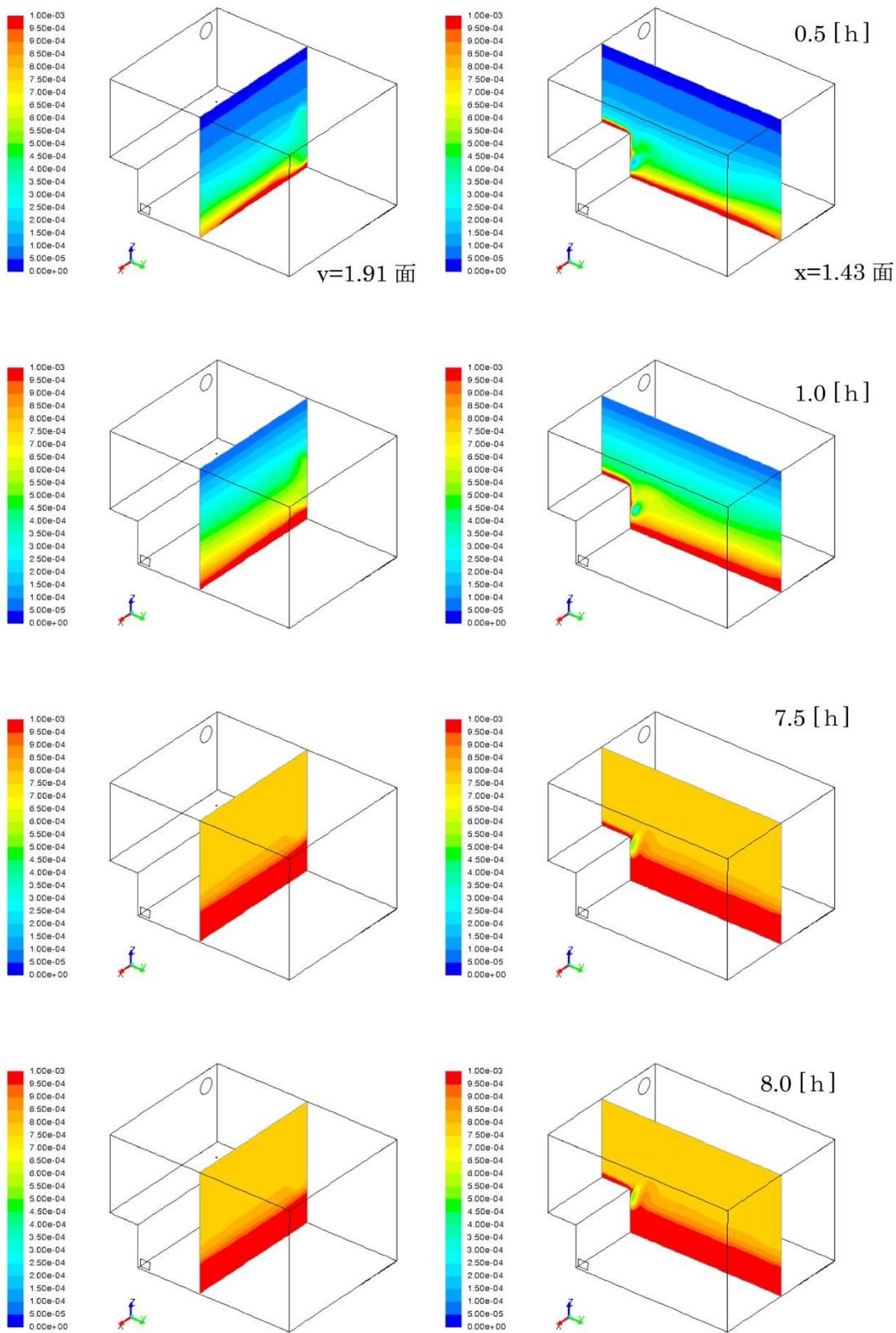


図 7.2.2.9 濃度コンター

③ 流線

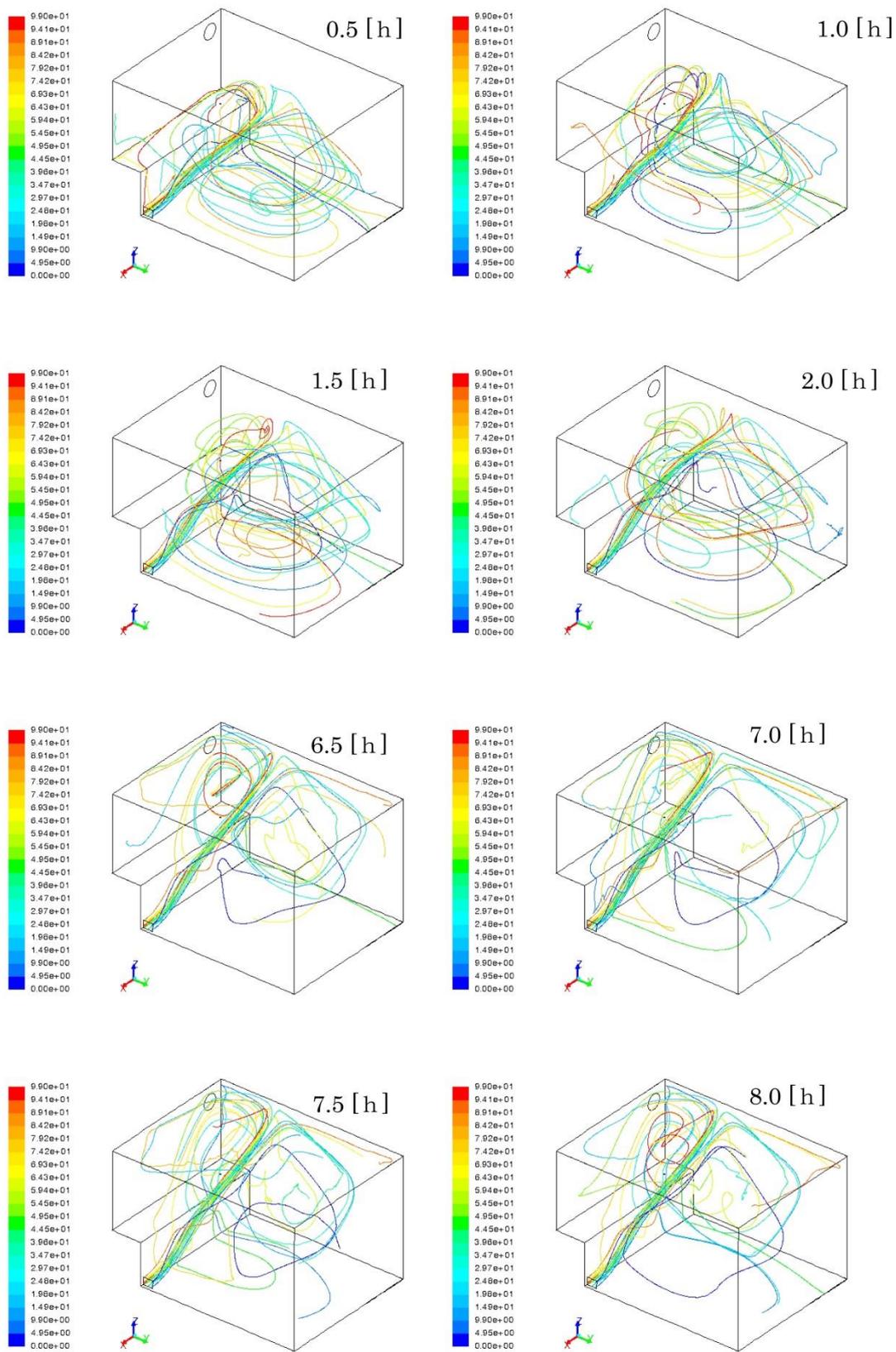


図 7.2.2.10 流線

3) case-B2

① プロパンガス濃度等値面

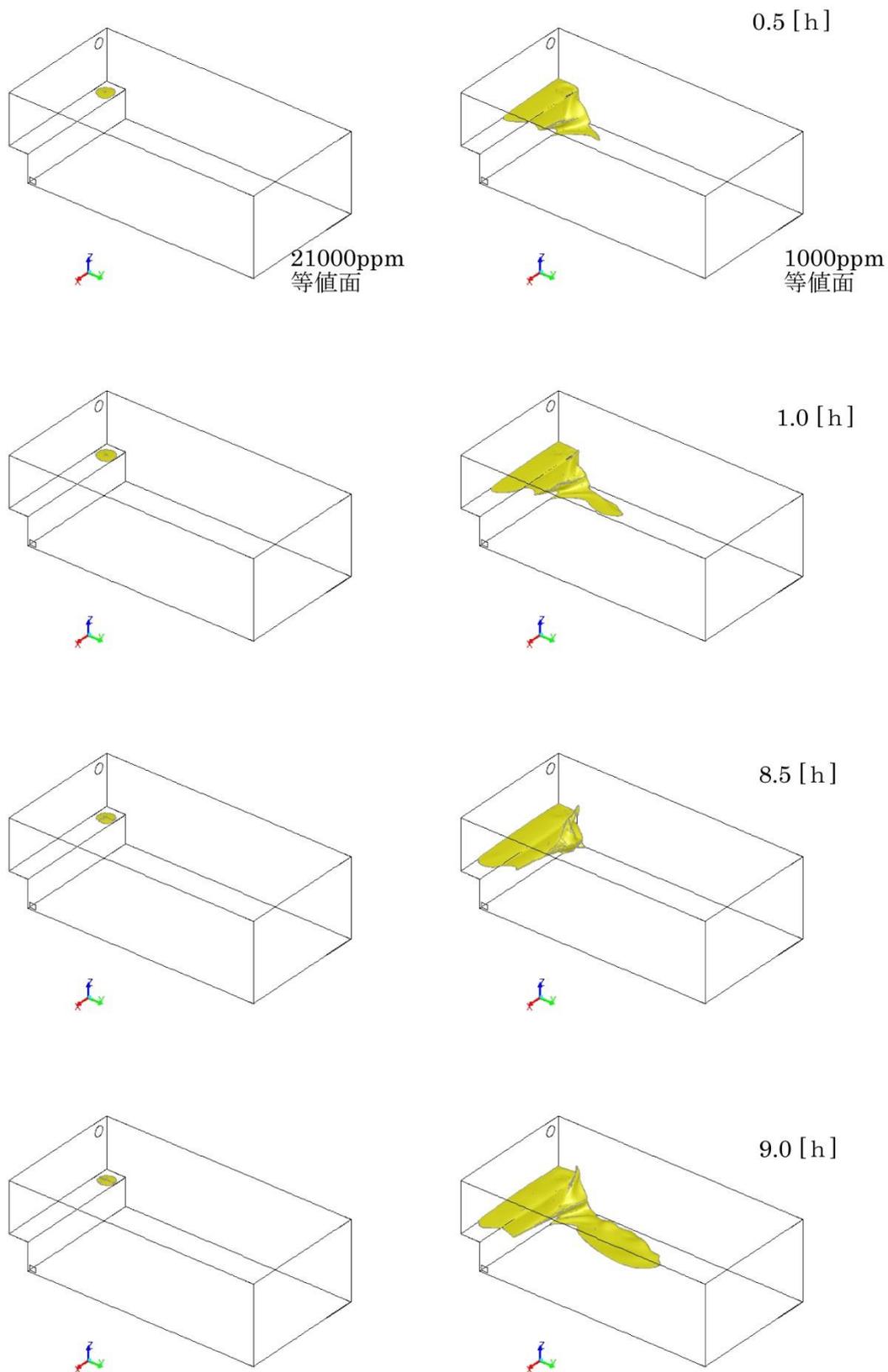


図 7.2.2.11 濃度等値面

② プロパンガス濃度コンター

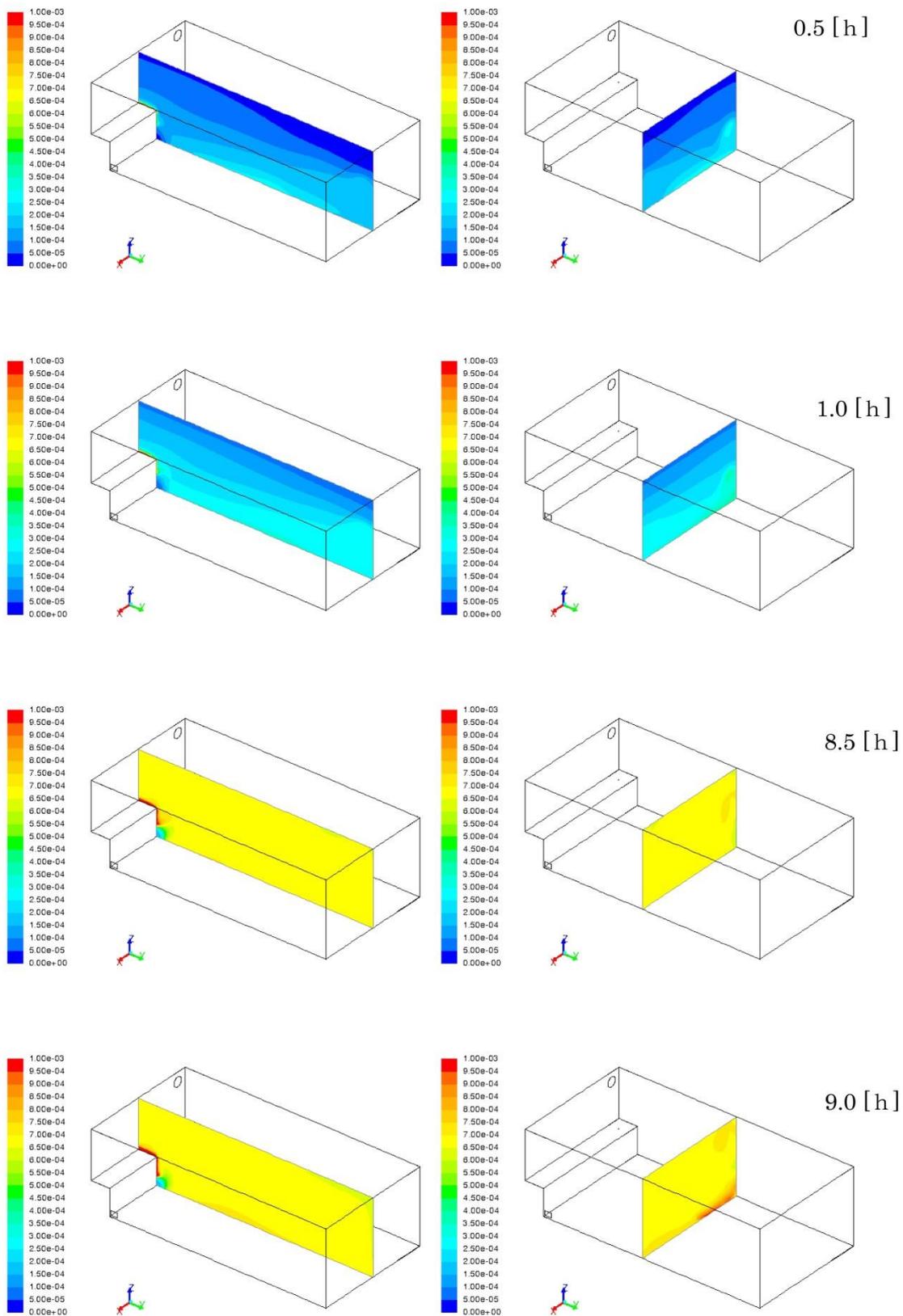


図 7.2.2.12 濃度コンター

③ 流線

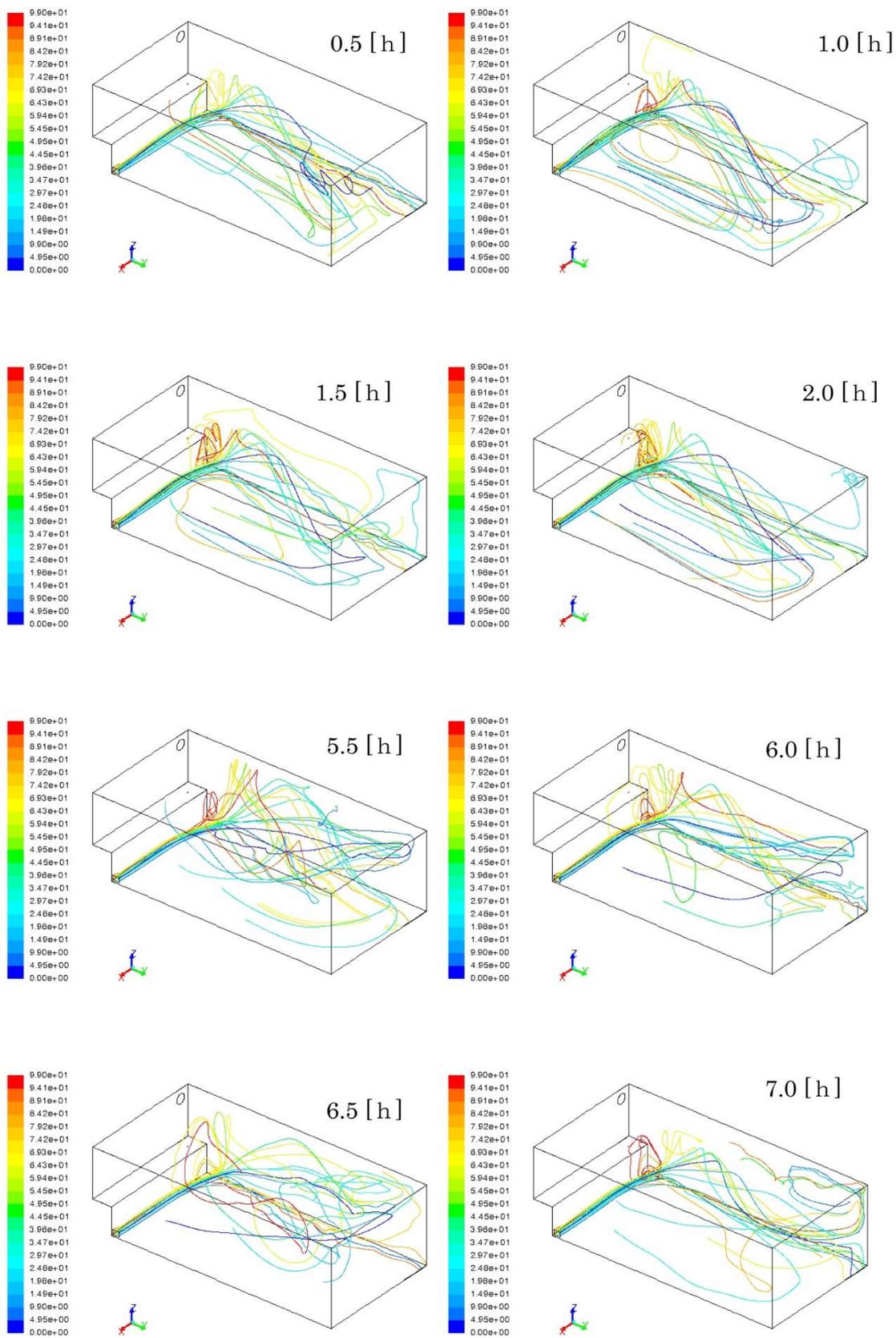


図 7.2.2.13 流線

vi. ガス漏れ警報器位置でのガス濃度

ガス漏れ警報器の位置を示す。調理台の下边角部から、水平方向、高さ方向に 30cm 離れた位置である。

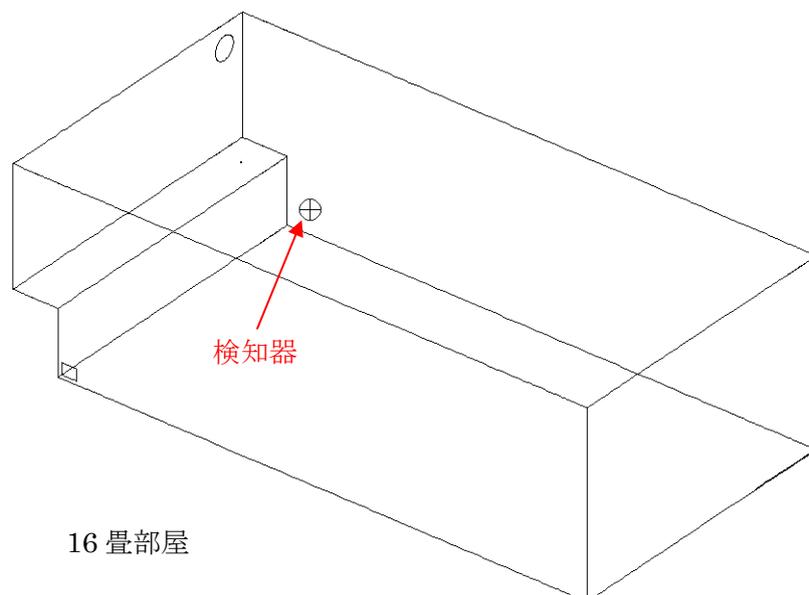
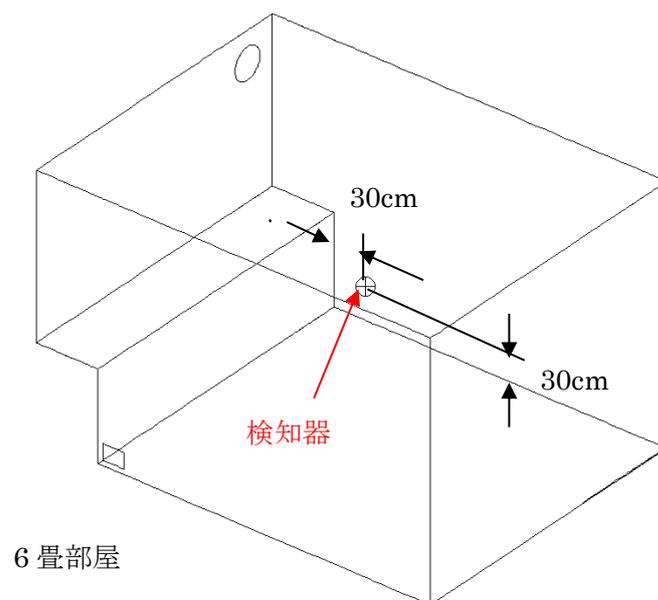


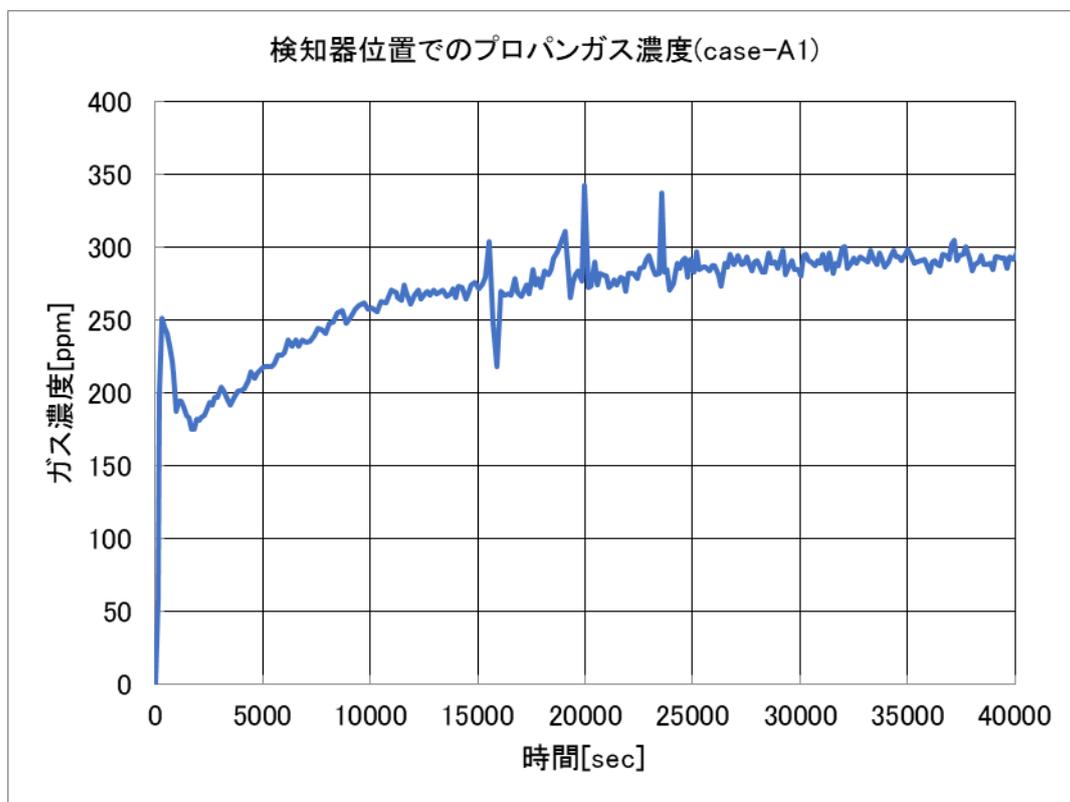
図 7.2.2.14 ガス漏れ警報器の位置

警報器位置でのプロパンガス濃度の経時変化を以下の図に示す。いずれのケースにおいても、ガス濃度は時間と共に増大し最終的にある一定値に漸近する傾向が見られる。

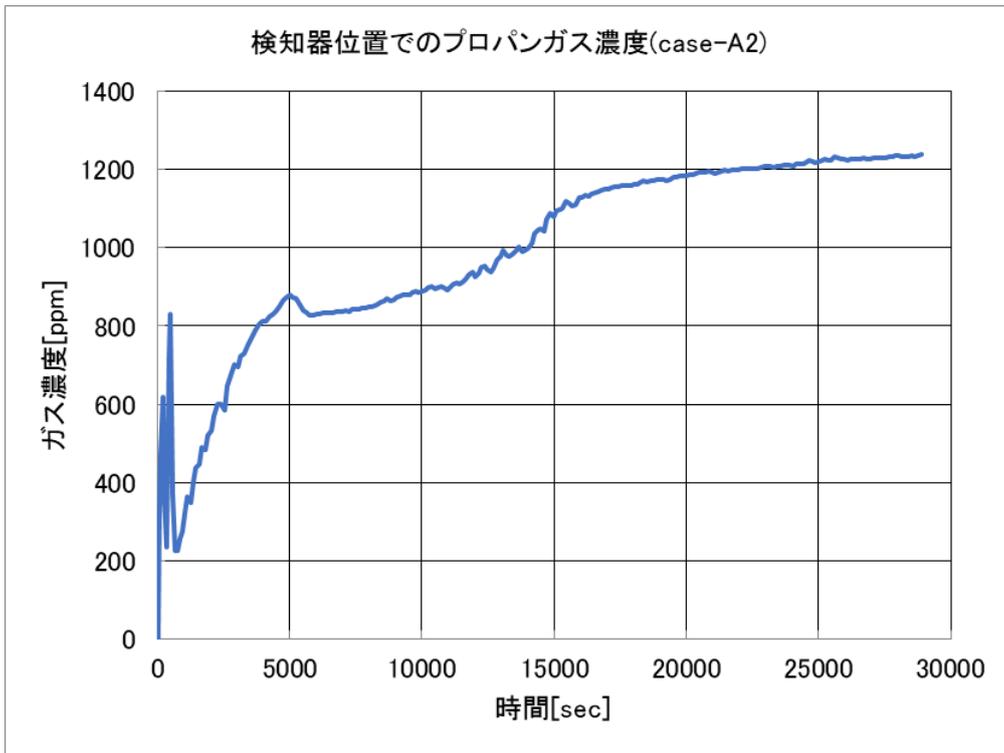
case-A1 :最終濃度=290[ppm]程度に漸近

case-A2 :最終濃度=1200~1300[ppm]程度に漸近

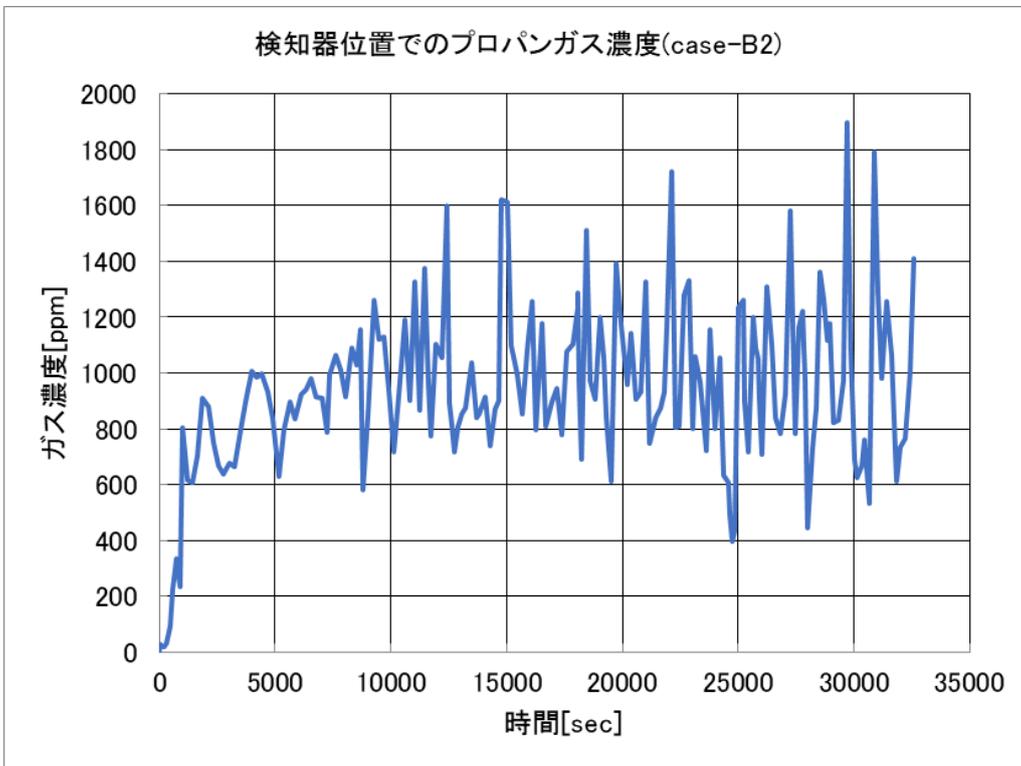
case-B2 :最終濃度=1000[ppm]程度に漸近。最終値を中心にして数 100ppm 程度の変動幅



グラフ 7.2.2.1 検知器位置のガス濃度 (case-A1)



グラフ 7.2.2.2 検知器位置のガス濃度 (case-A2)



グラフ 7.2.2.3 検知器位置のガス濃度 (case-B2)

(D) 考察

部屋の中の流線が時間と共に変化していく様子を見てみると、case-A1 および case-B2 では定常流れ場の流線とほぼ類似しているのに対して、case-A2 では流線が上側に移動していることがわかる。プロパンガスは空気よりも重いため下側に落ちてくることになるが、case-A2 のような流れ場では、プロパンガスは擾乱を受けずに部屋の下部に滞留することに

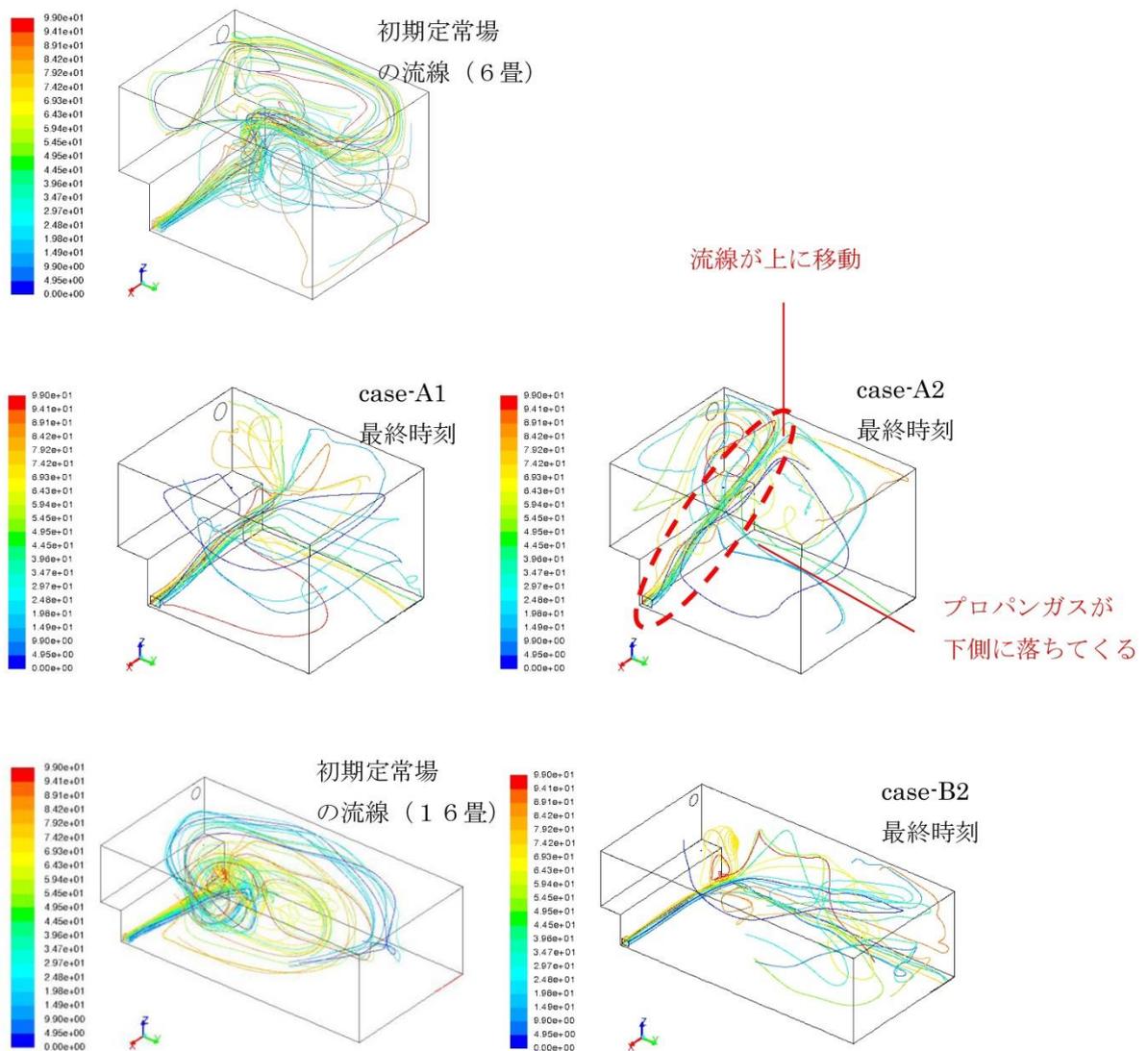


図 7.2.2.14 流線と時間経過

なる。一方、case-A1、case-B2 では調理台から落ちてきたプロパンガスは換気の空気流れにより強く攪拌されることになる。

最終時刻における部屋内部のガス濃度分布を見ると case-A2 では高濃度のプロパンガスが部屋の床面上に滞留していることがわかる。

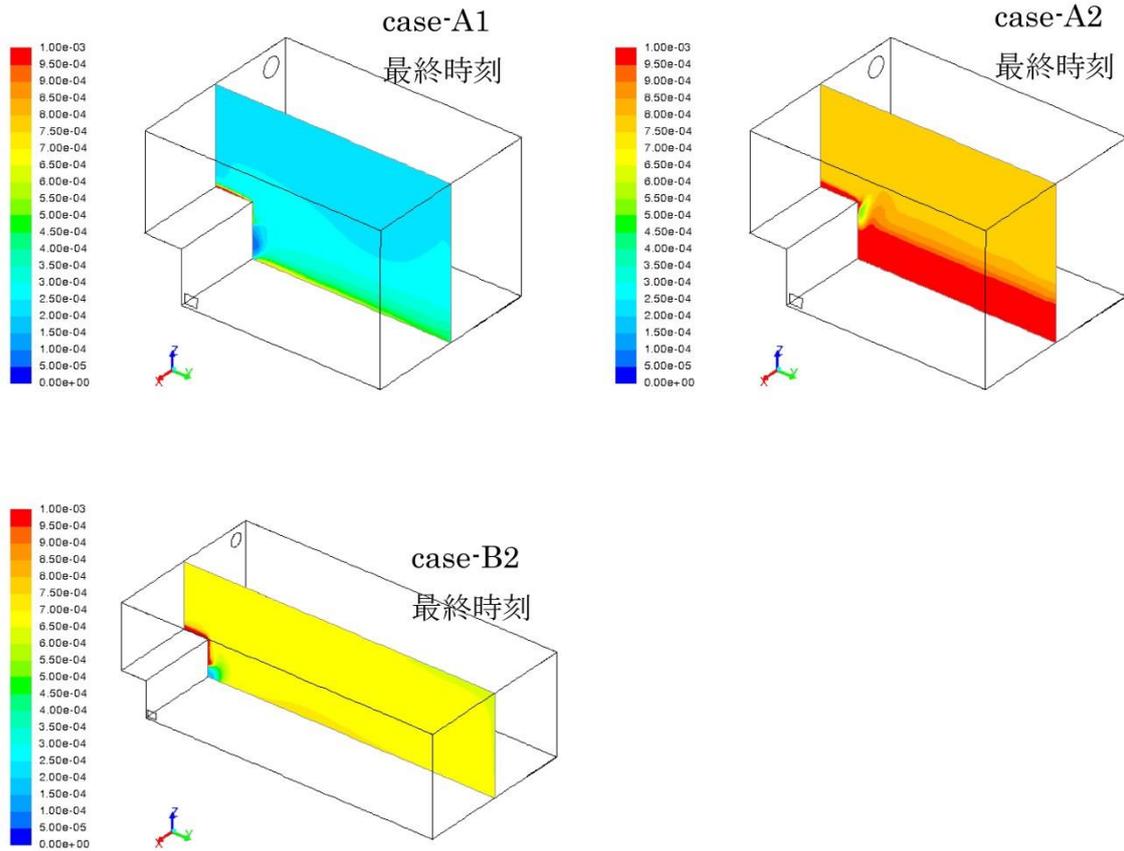


図 7.2.2.15 濃度コンターと時間経過

プロパンガスの爆発限界濃度 0.021 (21000ppm)の等値面をみると、漏えい点の近傍に限定されており、時間が経過してもこの様子は変化していないことがわかる。これは、case-A1, A2,B2 で共通である。case-A1, A2 を比較すると、A2の方が等値面領域が大きくなっていることがわかる。また、case-A2, B2 の等値面領域の大きさはほぼ同じとなっており、漏えいガス流量に応じて等値面領域の大きさがほぼ決まっていると考えられる。

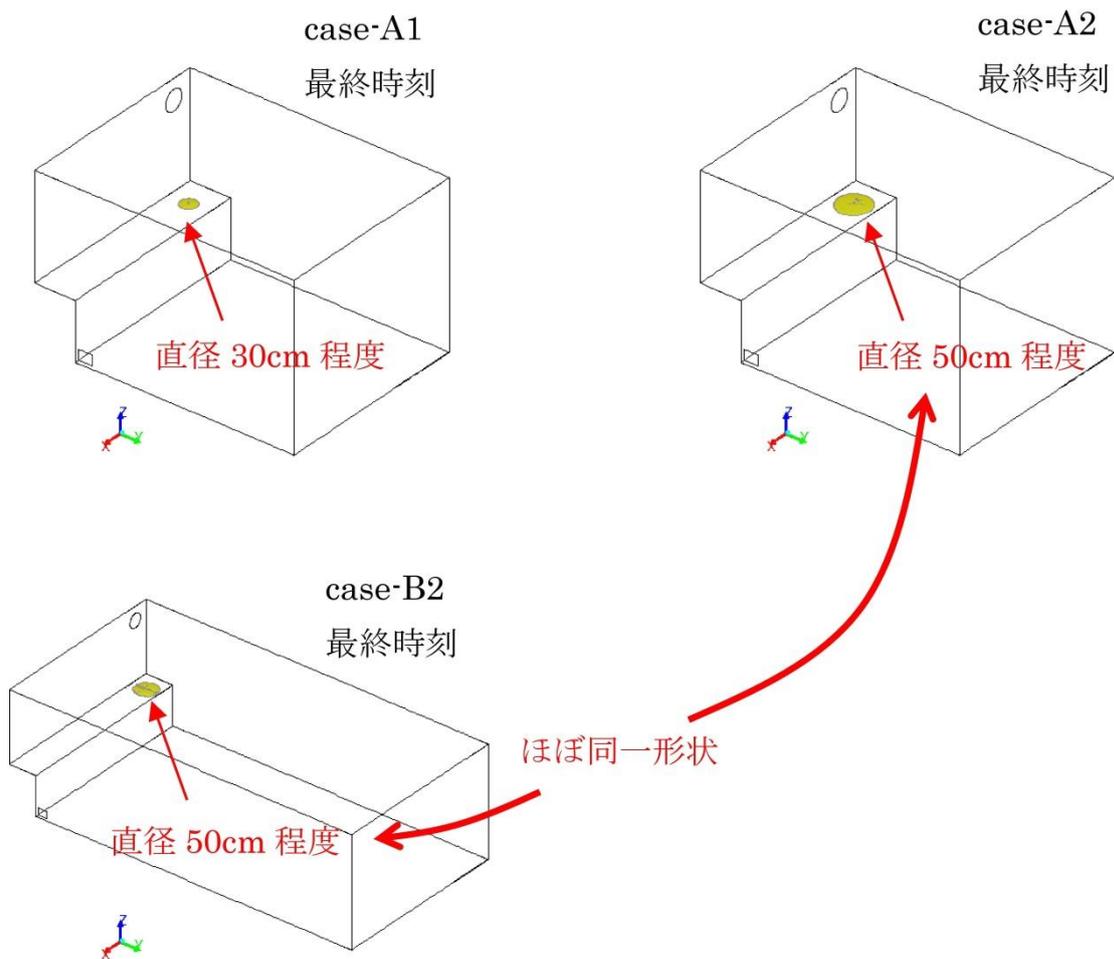


図 7.2.2.16 等値面領域と時間経過

一方濃度 0.001 (1000ppm)の等値面をみると、調理台の下方にまで等値面領域が広がっていることがわかる。case-A2 では床全面に渡ってプロパンガスが滞留している。これらの等値面領域は、時間と共に大きさが若干変化するが、ほぼこの大きさのままで推移している。

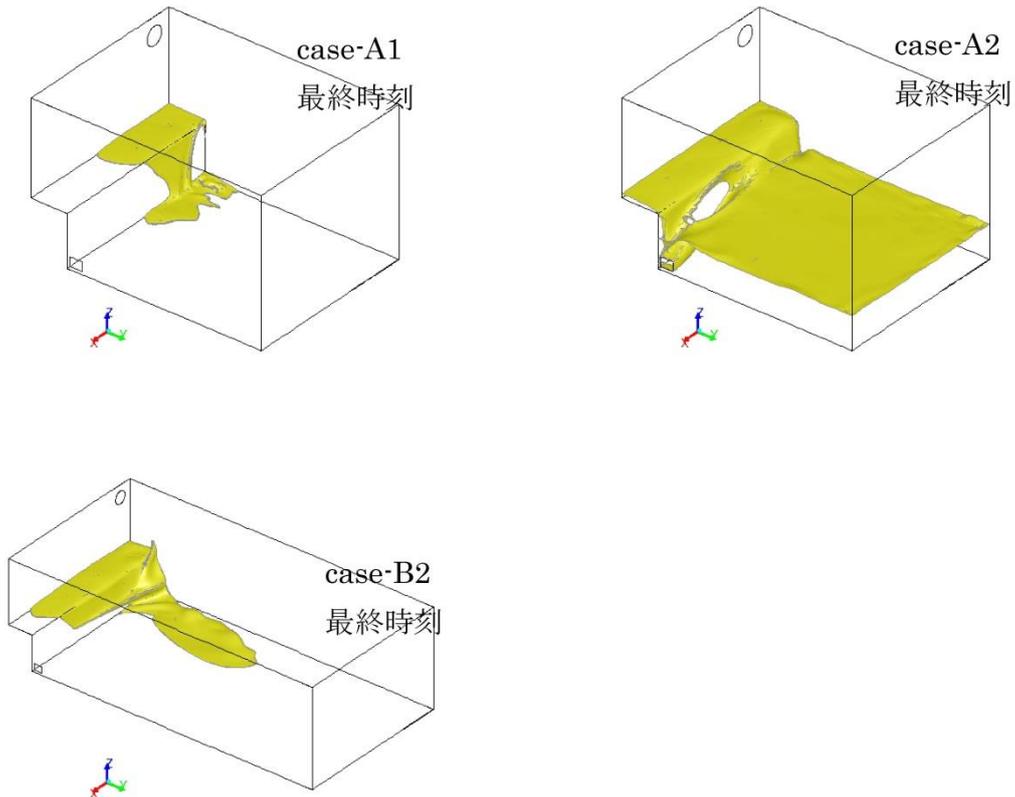


図 7.2.2.17 等値面領域と時間経過 (1000ppm)

ガス漏れ警報器位置でのプロパンガス平均濃度の経時変化をみると、最終時刻において case-A2 が 1200~1300ppm と最も大きくなった。一方漏えい量が同じ case-B2 では、平均濃度が約 1000ppm 程度となっている。しかしこのケースでは、濃度の時間変動が大きく瞬間的には 1800ppm 程度まで上昇することがわかった。

7.2.2.4 屋外漏えい解析

(A) 解析対象領域

プロパンガスの配管が何らかの理由によりガスの配管からガスが漏えいする状況を想定して解析を行った。解析対象は、家屋が2軒並んで建っており、それらの家屋間の隙間からガスが漏れるような状況を想定した。解析は、無風の場合と風速 1m/s の場合の2ケースについて実施した。

表 7.2.2.4 風速条件

ケース	風速
1	ゼロ
2	1.0 [m/s]

解析領域は対称性を考慮して半分領域のみとした。以下に家屋の配置図を示す。

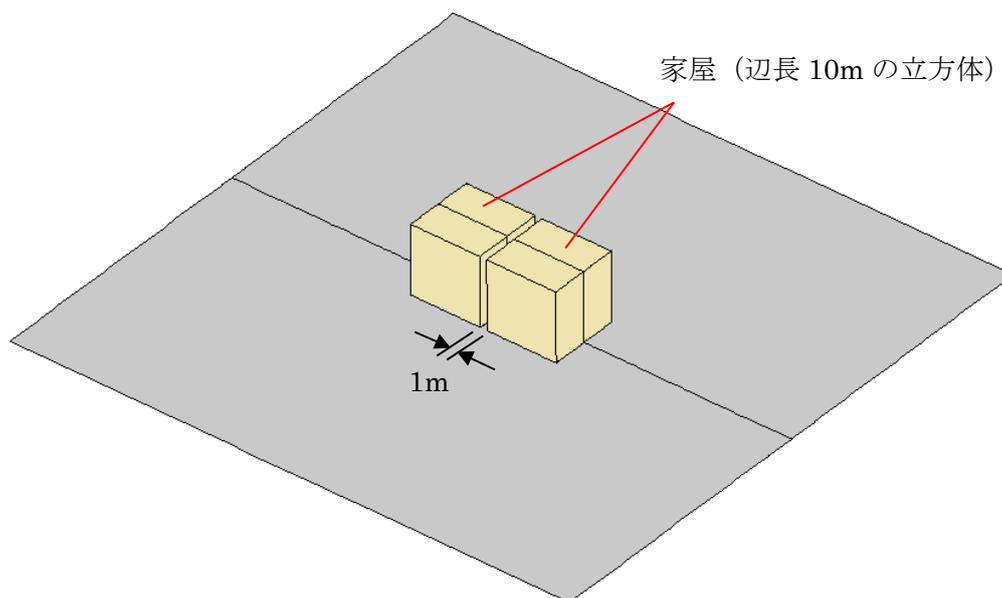


図 7.2.2.18 解析領域の考え方

家屋と敷地境界の間隔は、いくつかの法律によって規制されている。実際には各自治体の条例、都市計画法などで決定されており特定の数値は不明である。民法の規定では家屋と敷地境界の間隔は 50cm となっていることから、ここでは、家屋と家屋の間隔を 1m と仮定した。

また家屋は2階建てを想定し 1 辺 10m の立方体と仮定した。

プロパンガスは片側の家屋の壁面上にあり、地表から高さ 1.0 [m]の位置からガスが漏えいしているとした。

Case-2 については風向の影響を考慮し、上流側、下流側に若干広くなるように解析領域を設定した。

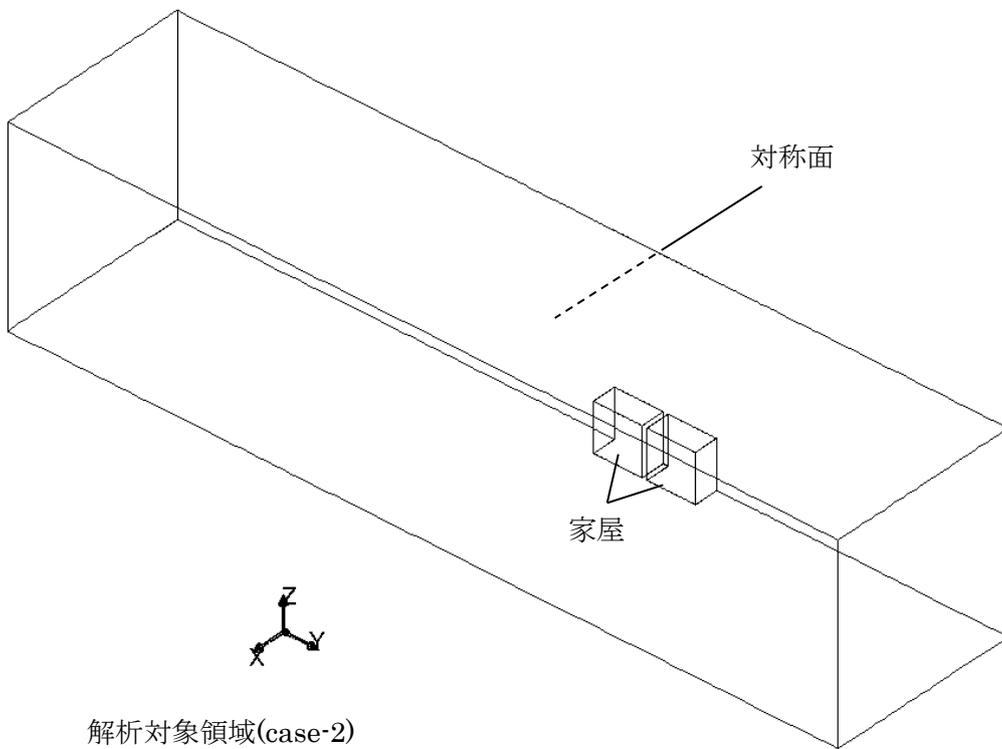
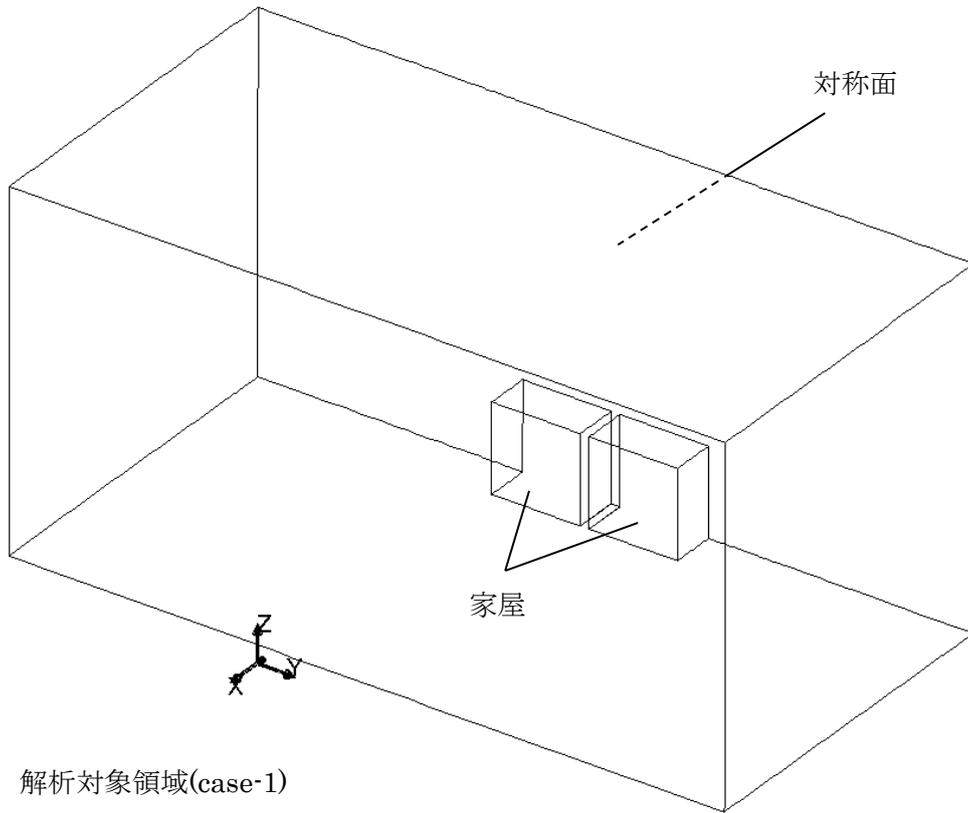


图 7.2.2.19 解析領域

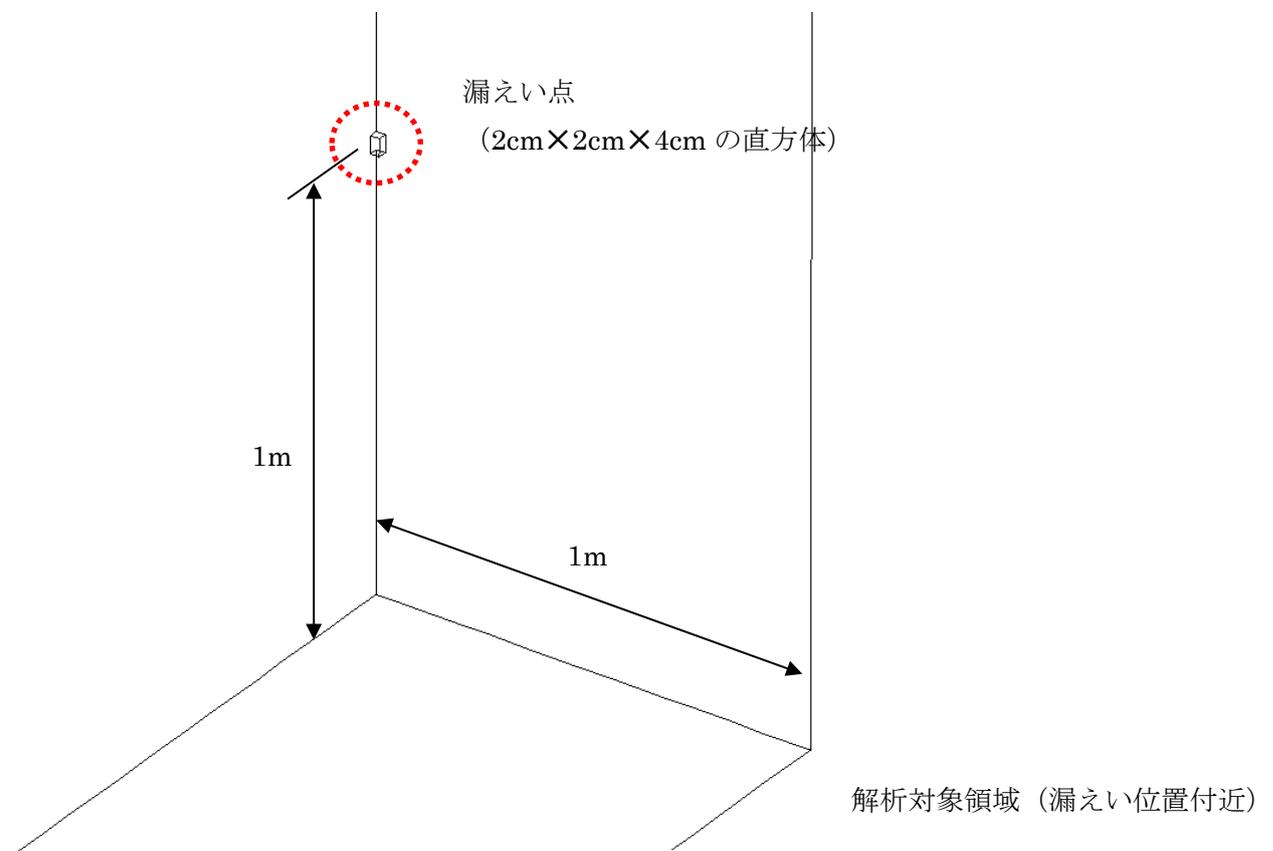
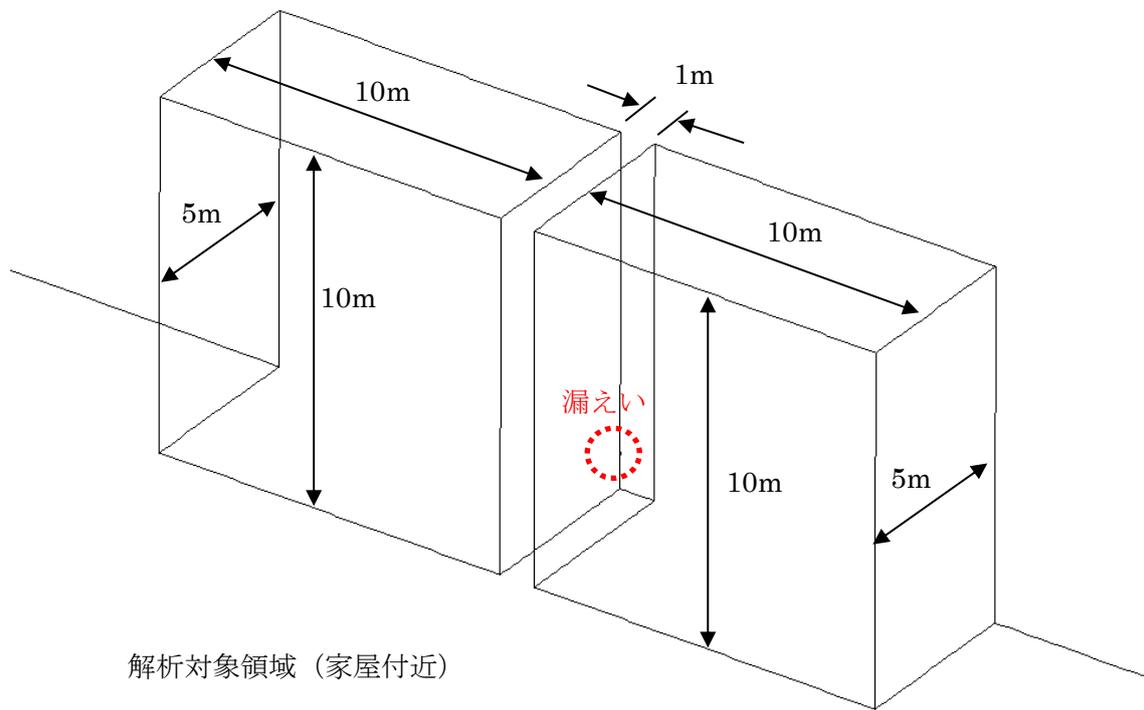


図 7.2.2.20 解析領域 (拡大図)

(B) 解析モデル

(1) 物性値

流体は、空気とプロパンガスの混合気体として扱った。すなわち空気中の成分 (N₂ ガスと O₂ ガス) の区別は行わずに単一成分気体としてみなした。また、流れ場は等温であることから密度の温度依存性は考慮していない。プロパンガス濃度に依存して流体密度が変化するとした。

多成分気体： プロパンガス、空気 (キャリア流体)

プロパンガスの物性値

$$\text{密度} : \rho_p = 1.91 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\text{粘度} : \mu_p = 7.95 \times 10^{-6} [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

$$\text{分子量} : W_p = 44.09 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]$$

空気の物性値

$$\text{密度} : \rho_a = 1.225 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\text{粘度} : \mu_a = 1.7894 \times 10^{-5} [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

$$\text{分子量} : W_a = 28.966 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]$$

$$\text{混合気体の密度} : \text{volume-weighted-mixing-law} \left(\rho = \frac{1}{\sum_i \frac{Y_i}{\rho_i}} \right)$$

$$\text{混合気体の粘度} : \text{mass-weighted-mixing-law} \left(\mu = \sum_i Y_i \mu_i \right)$$

$$\text{プロパンガスの拡散係数} : D = 1.082 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right] \text{ (注)}$$

(注) : プロパンおよびプロピレンの空気、窒素および酸素に対する拡散係数、松永直樹、堀守雄、長島昭、Netsu Bussei, 21[3] (2007), p143-148.

(2) 境界条件

以下の図に case-2 に対する境界条件の指定を示す。Case-1 については空気部の側面を全て自由流境界と指定した。

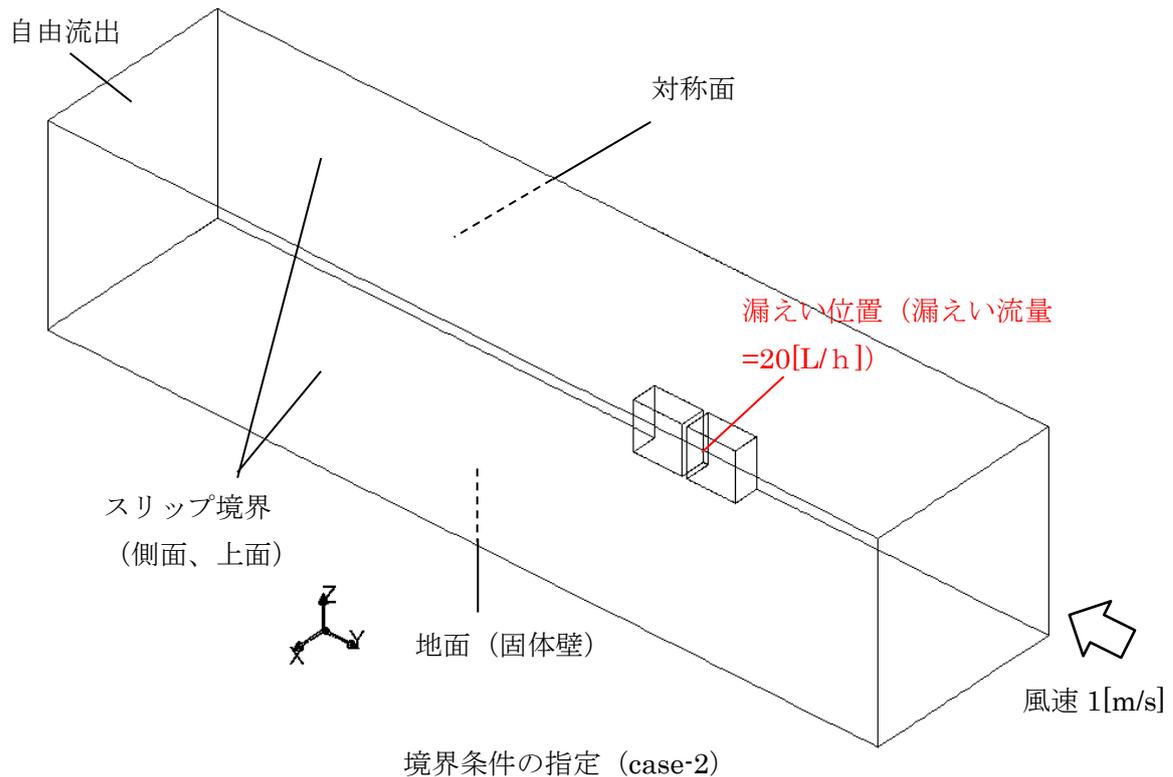


図 7.2.2.21 境界条件

(3) 初期条件

case-1 : 無風で全領域で流速ゼロとした

case-2 : 初期流速場として、予め定常流速場を計算しそれを初期条件とした。

(4) 乱流モデル

case-1 については、流れが微小であることから層流と仮定して計算を行った。一方、case-2 については、標準 ke 乱流モデルを使用した。

(C) 解析結果

(2) 解析ケース

計算は2種類の風速に対して実施した。case-2 については、風向は家屋の並びに並行な方向とした。

表 7.2.2.5 解析ケース

ケース	風速
1	ゼロ
2	1.0 [m/s]

(3) 解析手法

解析には以下に示すパラメータを使用した。

- 勾配の計算スキーム： Least Square Cell Based
- 圧力の補間： standard
- 運動量の風上法： 二次精度
- 乱流エネルギーの風上法： 1次精度
- 乱流散逸速度の風上法： 1次精度
- 化学種（プロパンガス）の風上法： 二次精度
- 圧力と速度の連成： PISO 法（Non-Iterative Time Advancement）
- 時間積分： 1次精度 implicit オイラー（固定刻み幅）

(4) 解析の実行

case-2 についてはまず周囲風速 1m/s の定常流れ場の解を求めた。次にこの結果を初期条件として、プロパンガスの漏えいの非定常解析を実施した。case-1 は静止状態から解析を実施した。解析に要した CPU 時間は各ケースで4～5日程度（10 コア並列計算）程度であった。

(5) 初期定常解

以下に case-2 で使用した初期流速場を示す。

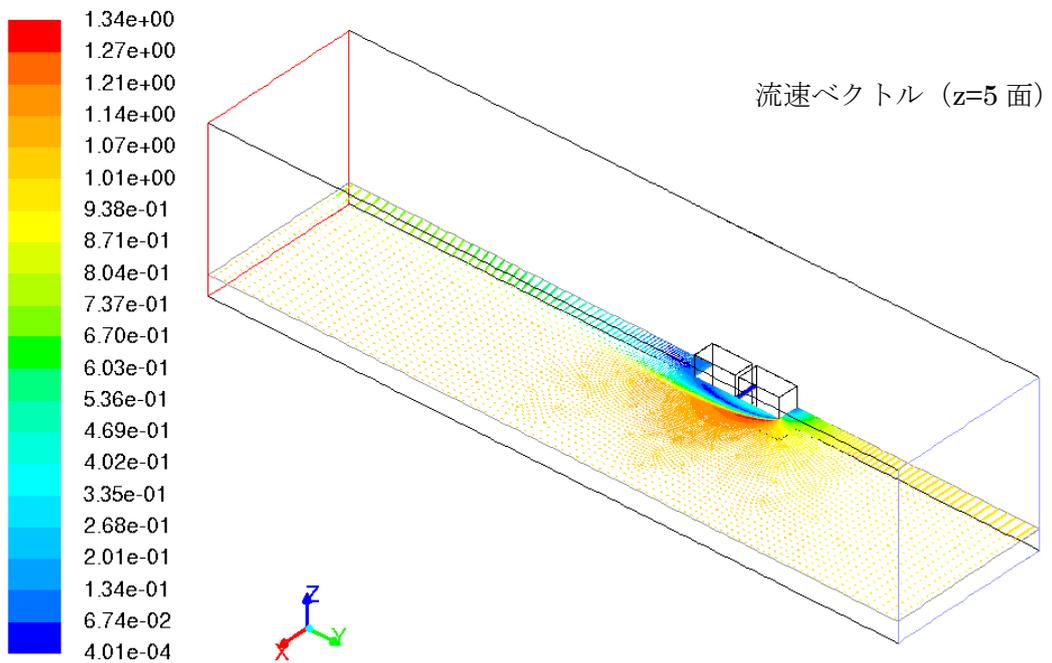
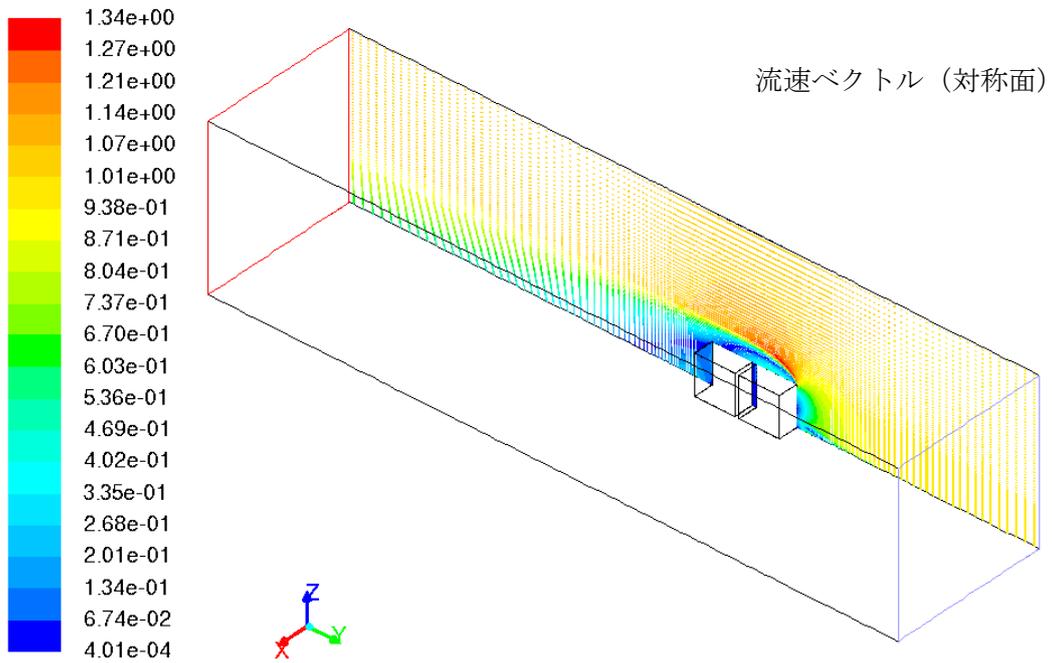


図 7.2.2.22 流線ベクトル

(6) 非定常流れ場の詳細

以下に経過時間ごとの、濃度等値面を示す。等値面濃度は以下の値を設定した。

$C=0.021$ (21000ppm)

$C=0.01$ (10000ppm)

$C=1e-4$ (100 ppm)

$C=1e-5$ (10 ppm)

前半は、 $C=0.021$ および $C=0.01$ の図、後半は $C=1e-4$ および $C=1e-5$ の図を示している。
左右に同じ時刻の図を並べて表示している。

i. case-1

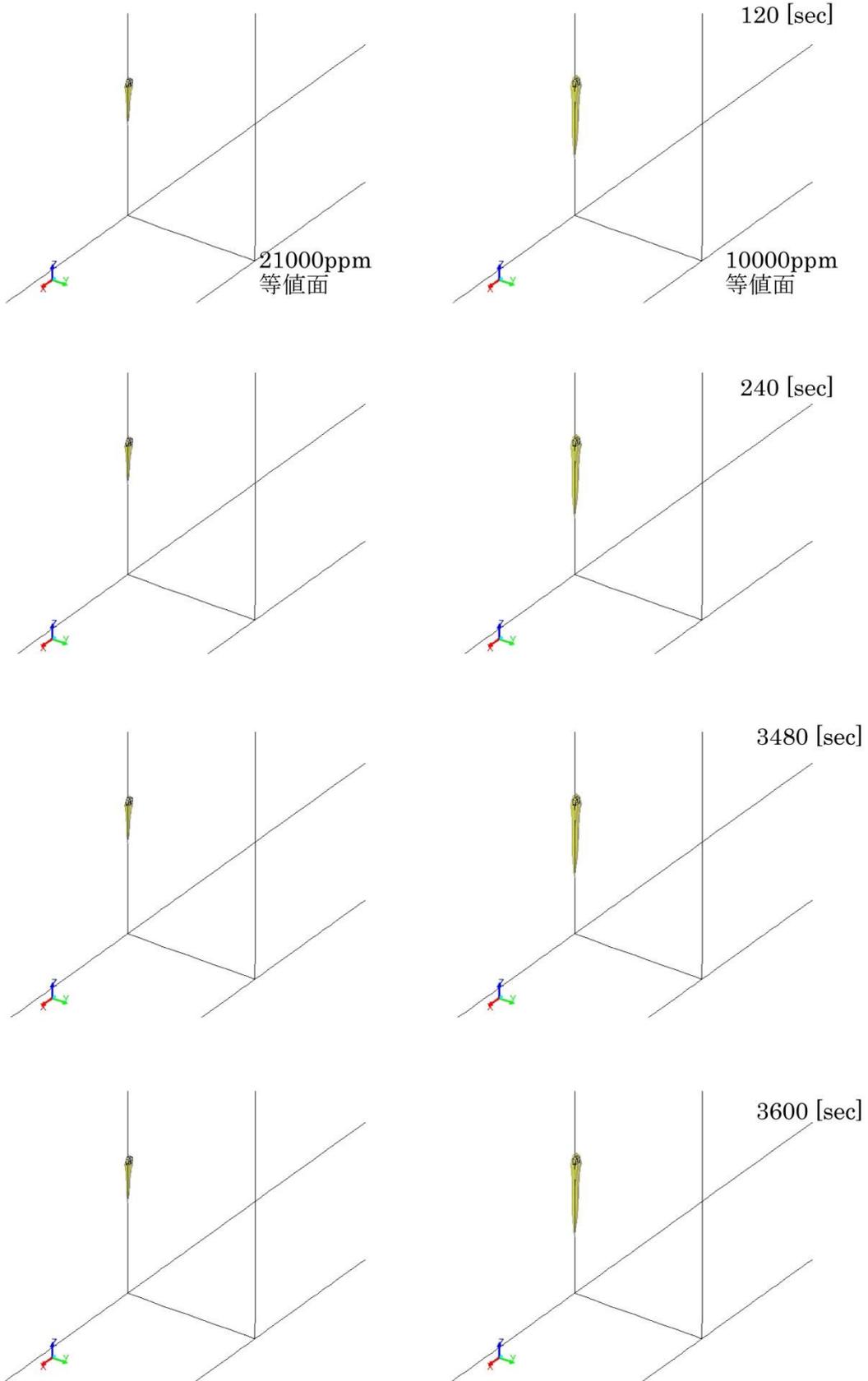


图 7.2.2.23 浓度等值面

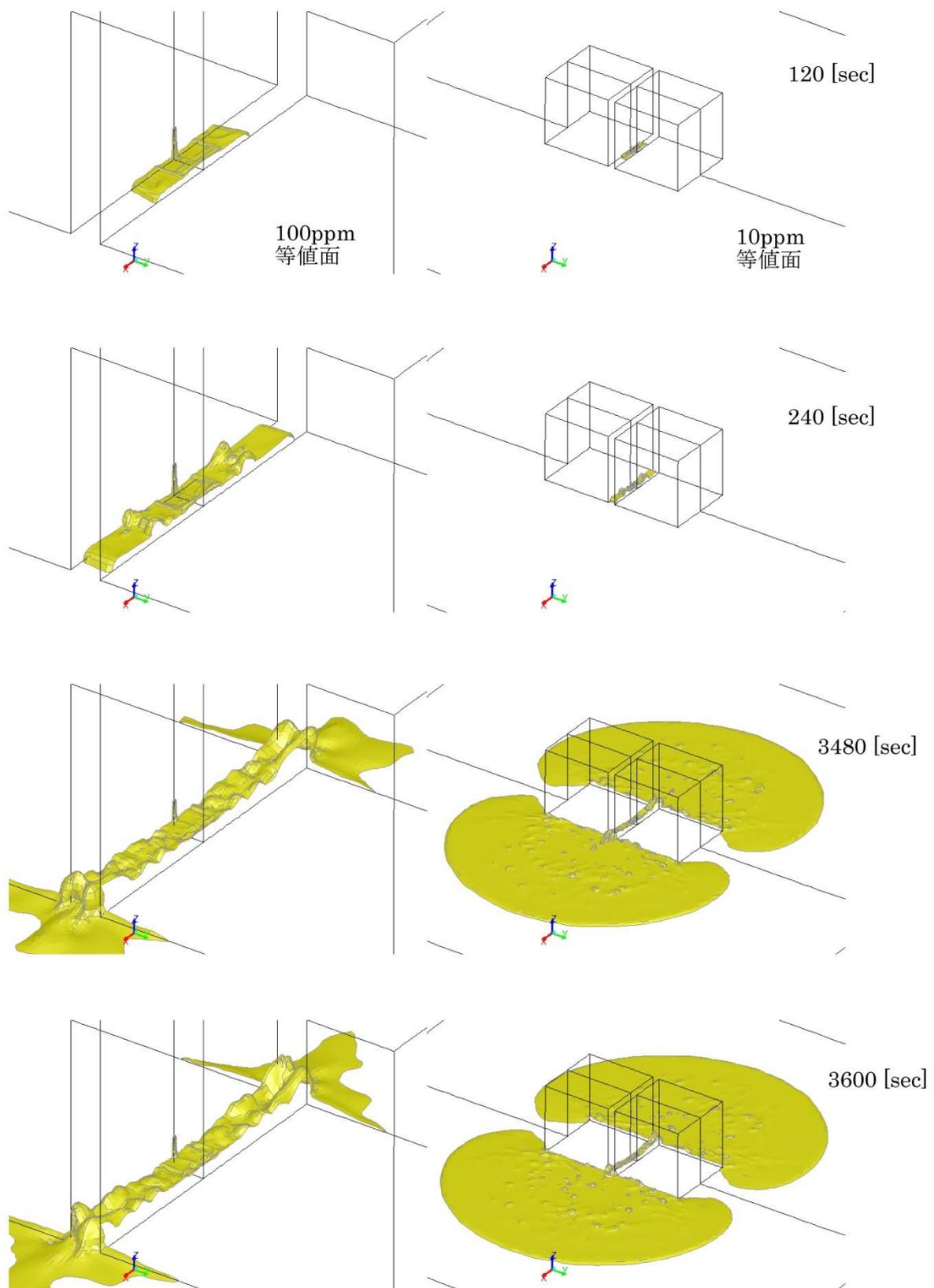


図 7.2.2.24 濃度等値面その2

ii. case-2

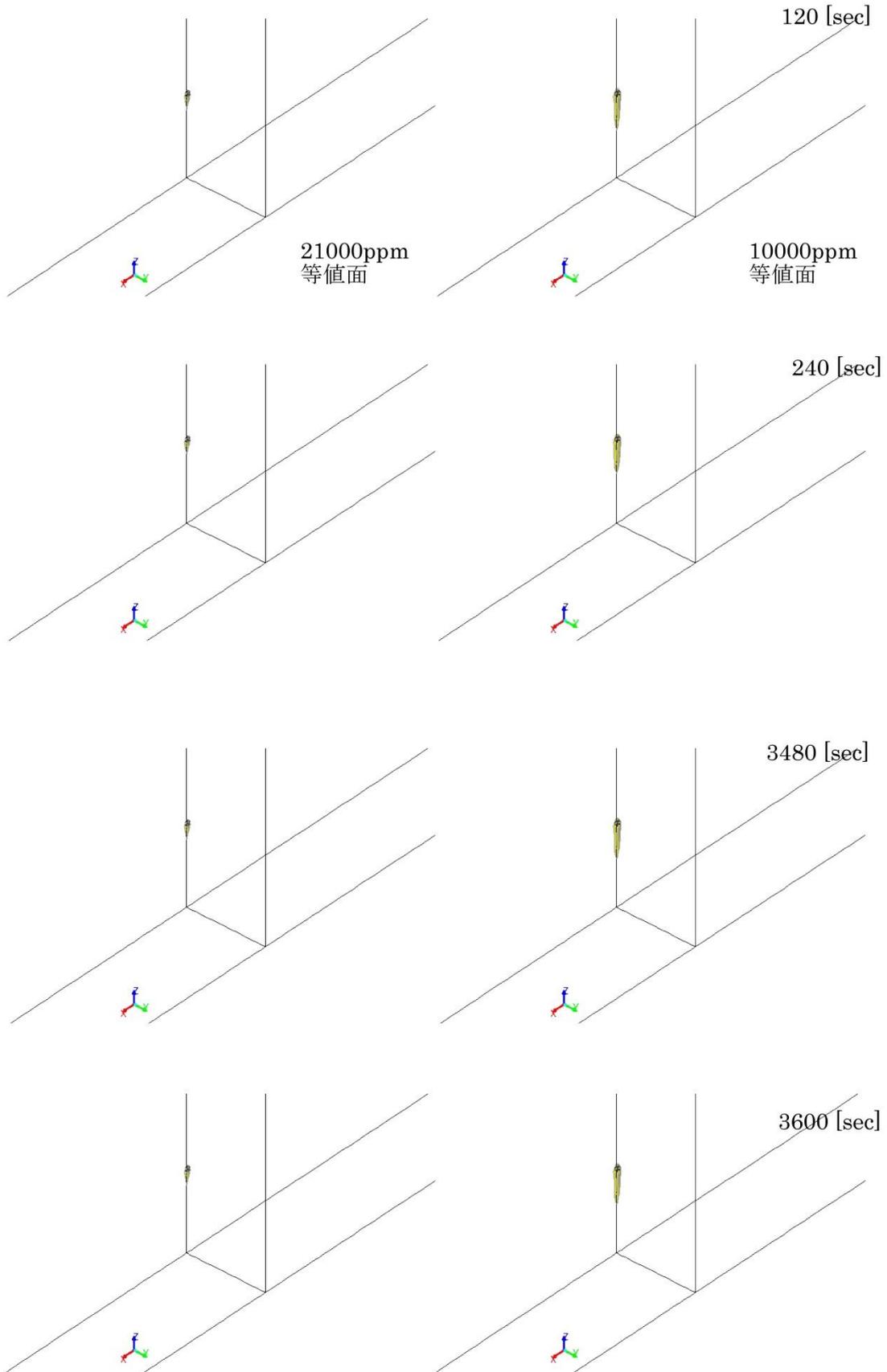


图 7.2.2.25 浓度等值面

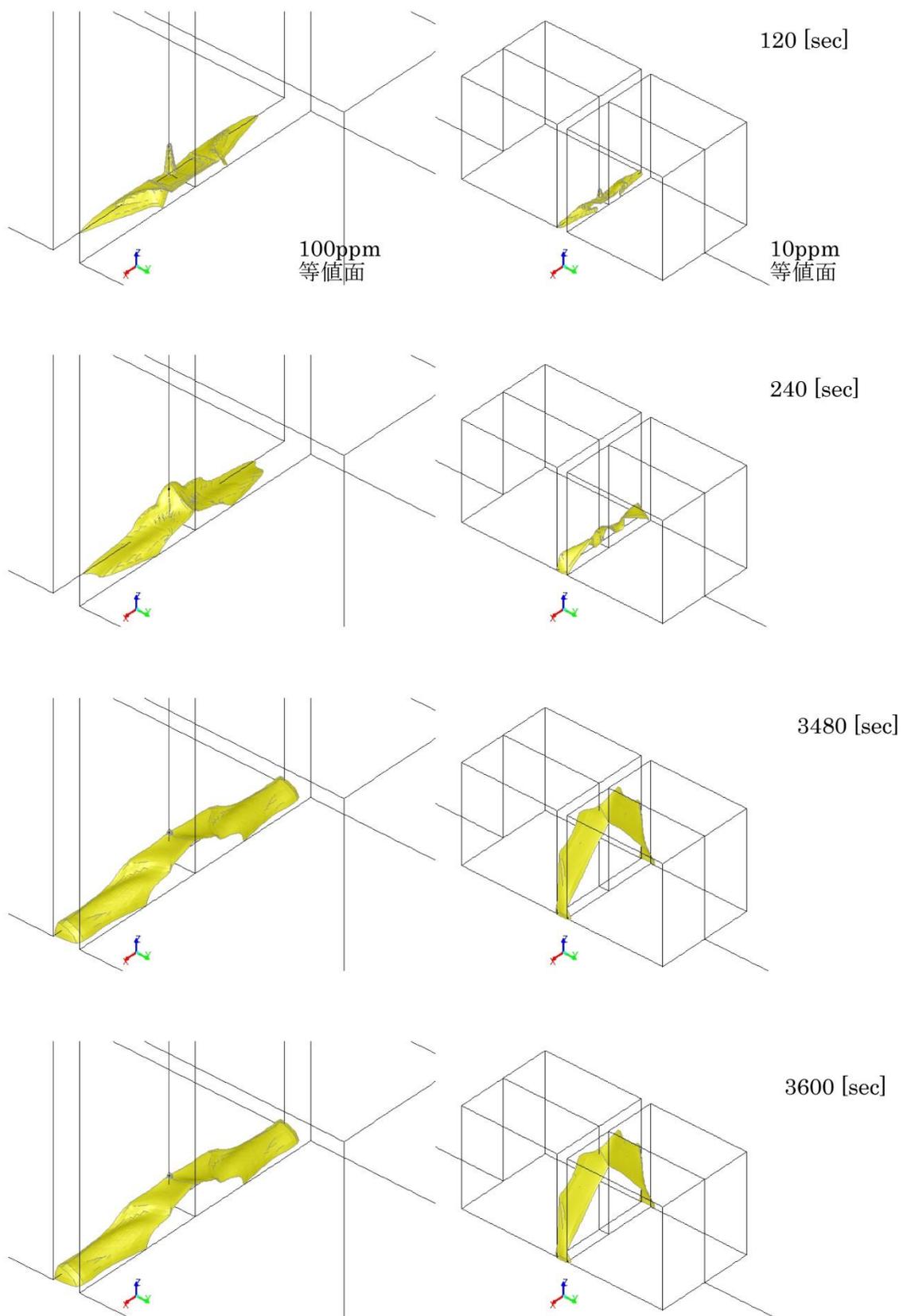


図 7.2.2.26 濃度等値面その 2

(7) プロパンガス濃度の経時変化

いくつかの検査点を設定し、プロパンガス濃度（体積分率）の時間変化を調べた。以下に検査点の位置を示す。

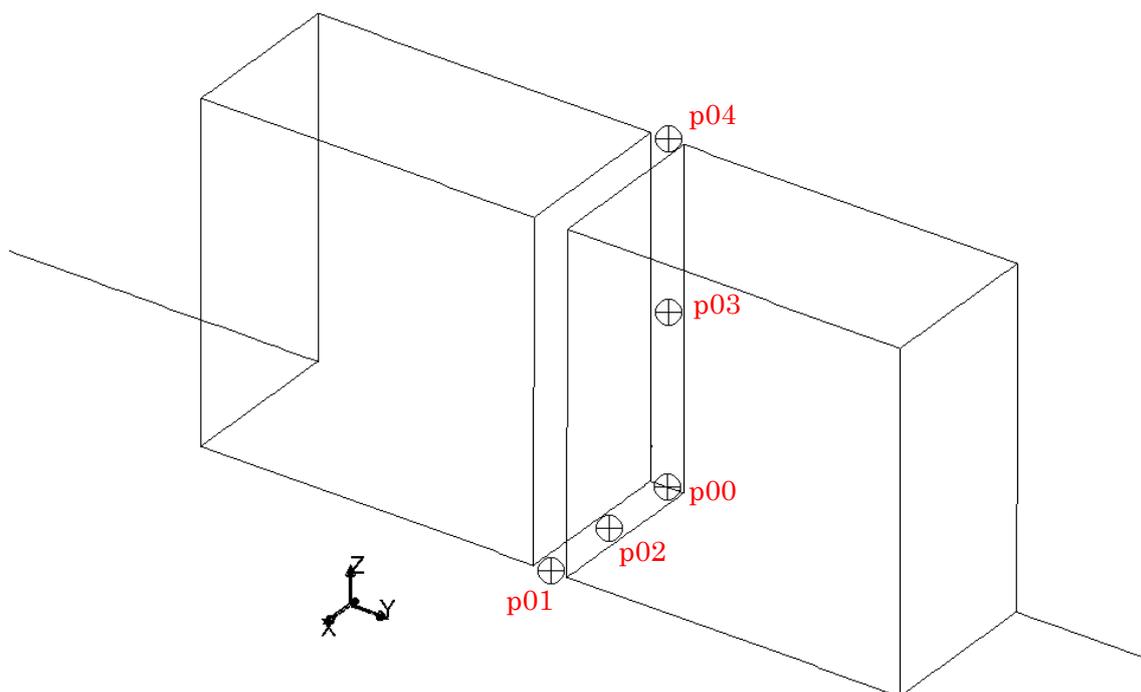
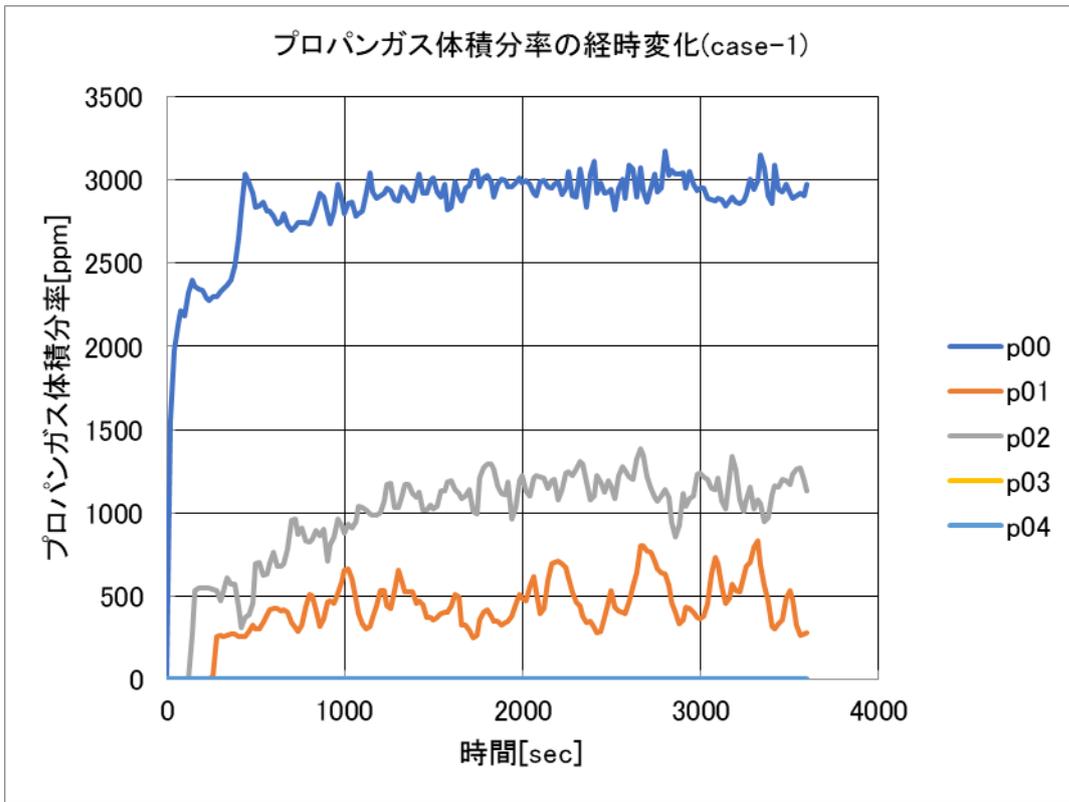
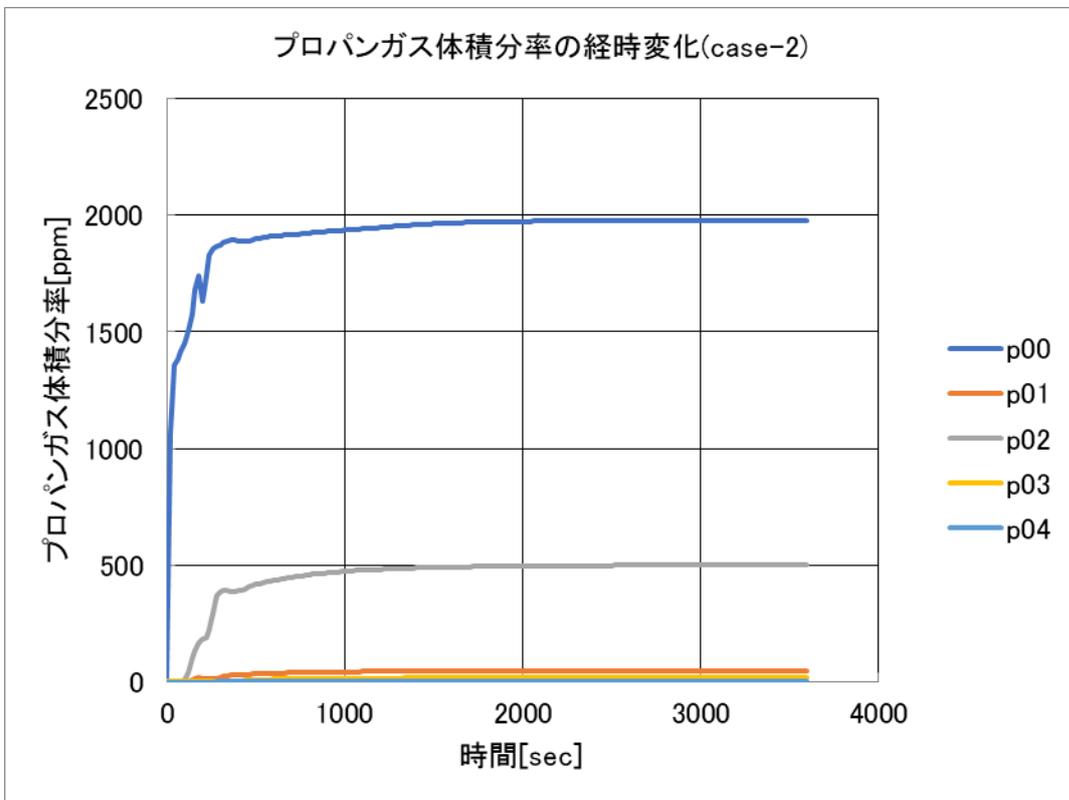


図 7.2.2.27 検査点の位置

case-1, 2 共に時間が 1000 秒を超えた付近からプロパンガス濃度はほぼ一定値となっていることがわかる。これらの 5 個の検査点で比較すると、p00 においてガス濃度が最も高くなっており、次に p02, p01 となっている。この傾向は、case-1, case-2 で共通である。また、case-1 と case-2 で比較すると、case-2 の方が低くなる傾向が見られる。



グラフ 7.2.2.4 体積分率の経時変化 (case1)



グラフ 7.2.2.5 体積分率の経時変化 (case2)

(8) 考察

case-1 について最終時刻 (3600 秒) におけるプロパンガス濃度等値面を以下に示す。爆発下限濃度 21000ppm の等値面は漏えい点の下方 20cm 程度の範囲に限定されている。一方 10000ppm の等値面は漏えい点の下方 60cm 程度の範囲に限定されている。この等値面範囲は時間が経過してもほとんど変化していない。一方 100ppm の等値面は漏えい点の直下の地面を中心に徐々に広がっていくが 1000 秒付近を超えるとほぼ同一形状になっている。一方 10ppm 等値面は徐々に広がっていく様子が見られる。

これよりガス濃度が爆発下限濃度よりも高くなる箇所は、漏えい点の直下の極めて微小な領域に限定されていることがわかる。

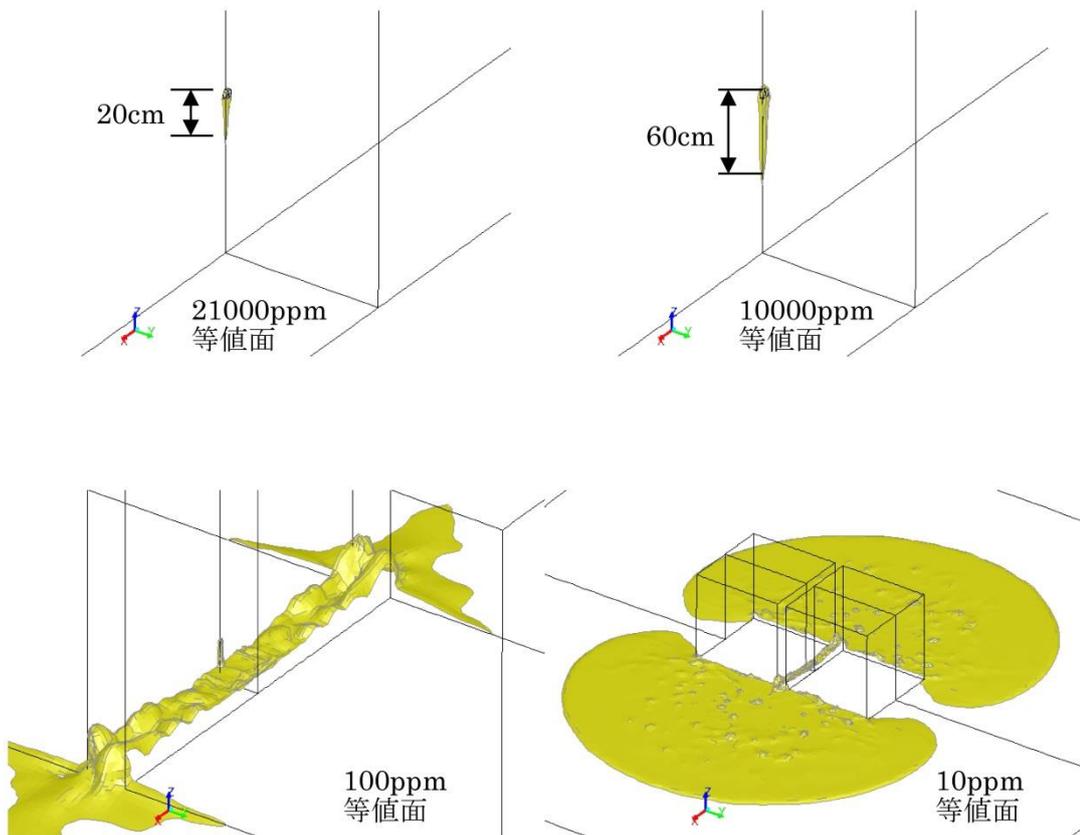


図 7.2.2.28 最終時刻の濃度等値面 (case2)

case-2 の最終時刻（3600 秒）におけるプロパンガス濃度等値面を以下に示す。case-2 については、爆発下限濃度 21000ppm の等値面は漏えい点の下方 10cm 程度の範囲に限定されている。一方 10000ppm の等値面は漏えい点の下方 40cm 程度の範囲に限定されている。この等値面範囲は時間が経過してもほとんど変化していない。これらの広がり範囲は case-1 よりも小さくなっている。一方 100ppm および 10ppm の等値面は漏えい点の直下の地面を中心に徐々に広がっていくが 1000 秒付近を超えるとほぼ同一形状になっている。これらの等値面は家屋と家屋の隙間内部に限定されており、遠方には広がって行かないことがわかる。

このケースについてもガス濃度が爆発下限濃度よりも高くなる箇所は、漏えい点の直下の極めて微小な領域に限定されていることがわかる。

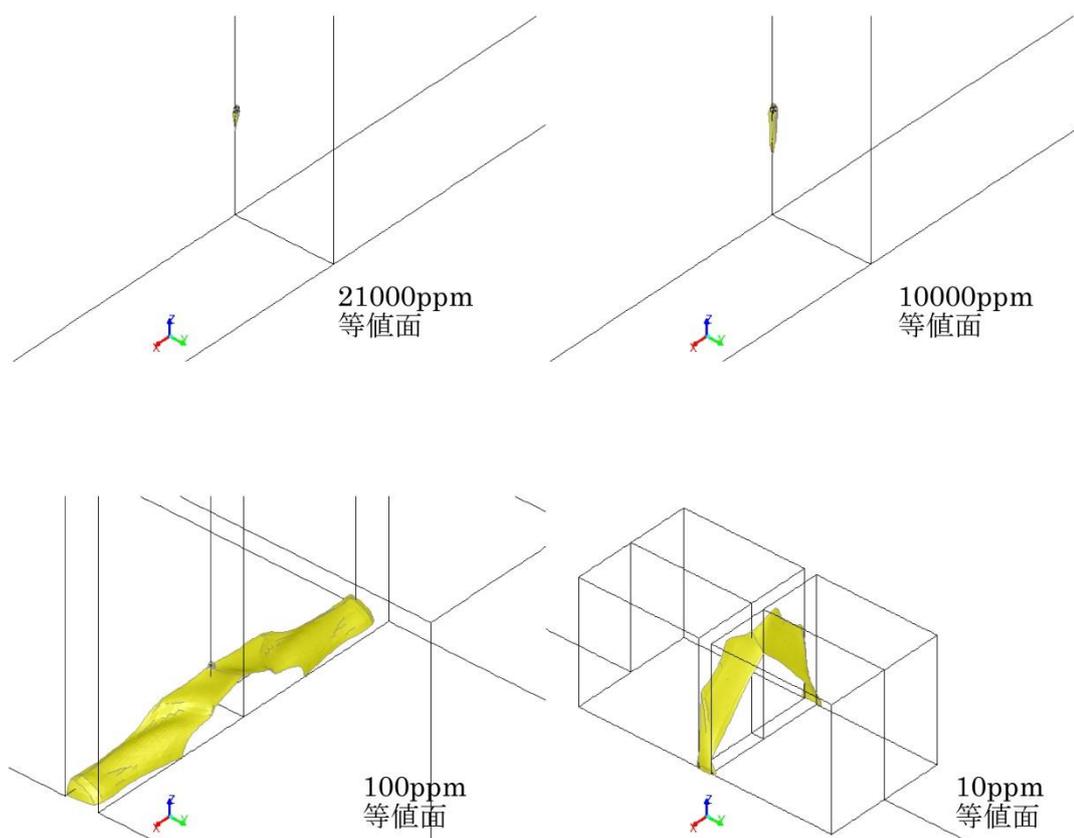


図 7.2.2.29 最終時刻の濃度等値面 (case2)

7.2.2.5 まとめ

屋内漏えいについては、台所内の調理台上でガス漏えいが発生した場合を考えた。条件として部屋のサイズが 6 畳の場合と 16 畳の場合を考えた。更に漏えいガス流量として 5[L/h] (超音波式マイコンメータの復帰安全確認機能の限界値) および 20[L/h] (膜式マイコンメータの同機能の限界値) の 2 ケースについて考えた。建築基準法により、部屋の広さに対して換気回数が 0.5[回/h]以上となるような換気流量であることを前提として計算を行った。まずこの流量を使い初期流れ場を計算し、その後プロパンガスが漏えい箇所から非定常的に広がっていく様子を調べた。その結果、プロパンガス濃度が爆発下限濃度 (2.1vol%) よりも高くなる箇所は、漏えい量が 20[L/h]の場合は漏えい点を中心として直径 50cm 程度の円内の領域に薄い厚さで限定されており、部屋の広さの違いの影響が見られないことがわかった (漏えい量が 5[L/h]の場合には 30cm 程度)。その範囲は時間が経過してもほぼ一定であることが見られ、この高濃度の領域は壁面に張り付いた薄膜のようなものにも見えるため、着火する可能性は低いと考えられる。

また、ガス漏れ警報器はガスの濃度が 500~3000ppm で作動することとなっているため、今回のシミュレーションでは漏えい量が 20[L/h]の場合には作動する可能性があり、5[L/h]の場合は作動しない結果となった。

屋外漏えいについては、家屋と家屋の隙間からプロパンガスが漏えいする場合を考えた。周辺の空気流れについては、無風の場合と風速 1m/s の場合を考えた。これらの計算結果を見ると、プロパンガス濃度が爆発下限濃度 (2.1vol%) よりも高くなる箇所は、漏えい点直下の 20cm 程度の範囲であることがわかった。また、無風の場合と風速 1m/s の場合を比較した場合、風速 1m/s のケースの方が、ガス濃度が低くなる傾向があることがわかった。実際の設備環境では風があると考えた方が自然であるため、屋外において漏えい・着火の可能性はかなり低いことが考えられる。

今回のシミュレーション結果から、今回想定した微少な漏えい量 20 又は 5L/h 程度の場合では爆発下限濃度を超える空間が広がり続けることがないことが示された。LP ガスの事故はガスが漏えいし滞留することで大きな爆発事故に発展するが、今回想定した微少な漏えい量においてはその可能性は低いと考えられる。

マイコンメータの復帰安全確認機能では検知できないガス漏えい (微少漏えい) においては、屋外・屋内とも漏えいしたガスに着火する可能性は低いと思われる。マイコンメータの計測方式が超音波式であるならば更に可能性は下がり、安全性が向上する。また、復帰安全確認機能において検知できないガス漏えいは微少流量検知機能やガス漏れ警報器において検知されるため安全性は保たれている。

7. 3 技術基準案等の検討

7.3.1 技術基準の検討

仕様

(3) 技術基準案等の検討

収集したマイコンメータのガス漏えい検知機能に関するデータ等を基に、例示基準や災害対策マニュアル等の改正に向けた提言を検討する。

これまでに取得した漏えい検知に関するデータ等を基に、マイコンメータによる漏えい試験の代替の可能性、例示基準や災害対策マニュアル等への反映方法案について検討を行った。

(1) 現行の試験方法

現行基準に規定されている漏えい試験について、関係する法令等を以下に示す。

★法第 16 条の 2

「液化石油ガス販売事業者は供給設備を経済産業省令で定める技術上の基準に適合するように維持しなければならない。」

★法第 35 条の 5

「都道府県知事は、消費設備が経済産業省令で定める技術上の基準に適合していないと認めるときは、その所有者又は占有者に対し、その技術上の基準に適合するように消費設備を修理し、改造し、又は移転すべきことを命ずることができる。」

●規則第 18 条第 9 号

「調整器とガスメータの間の供給管は、その設置又は変更（硬質管以外の管の交換を除く。）の工事の終了後に行う次に定める圧力による気密試験に合格するものであること。」

●同 第 10 号

「バルブ、集合装置、気化装置及び供給管は、漏えい試験に合格するものであること。」

●規則第 44 条第 1 号ホ

「配管はその設置又は変更（硬質管以外の管の交換を除く。）の工事の終了後に行う 8.4kPa 以上の圧力による気密試験に合格するものであること。」

●同 へ

「配管は漏えい試験に合格するものであること。」

(★法 : 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

●規則 : 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)

気密試験及び漏えい試験に関する「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日制定 平成20170316商局第9号）」第29節「供給管又は配管等の気密試験方法及び漏えい試験の方法」の抜粋を以下に示す。

1. 気密試験

供給管又は配管の気密試験は、次の基準により行うものとする。

- (1) 気密試験のための器具又は設備
- (2) 気密試験の手順

2. 漏えい試験（漏えい検知装置を用いる場合を除く。）

バルブ、集合装置、気化装置、供給管及び配管の漏えい試験は、次の基準により行うものとする。

- (1) 漏えい試験のための器具又は設備
- (2) 漏えい試験の手順

3. 漏えい試験（漏えい検知装置を用いる場合に限る。）

I. 次の(1)から(3)までに示す漏えい検知装置を設置した場合、その漏えい検知装置を設置した箇所から末端ガス栓までの間で行う供給管及び配管の漏えい試験は、(4)から(5)までの基準により行うものとする。

- (1) 流量検知式漏えい検知装置
- (2) 圧力検知式漏えい検知装置
- (3) 流量検知式圧力監視型漏えい検知装置
- (4) 漏えい検知装置の設置
- (5) 漏えいの確認等

II. 次の(1)に示す漏えい検知装置を設置した場合、その漏えい検知装置を設置した供給管における調整器から末端ガス栓までの間で行う供給管及び配管の漏えい試験は、次の基準により行うものとする。

- (1) 常時圧力検知式漏えい検知装置
- (2) 漏えい検知装置の設置
- (3) 漏えいの確認等

①自記圧力計による方法（抜粋）

(2) 漏えい試験は次の手順により行うこと。

- ① 充てん容器等のバルブを閉止する。
- ② 配管等(末端ガス栓を含む。)の任意の箇所に漏えいの有無を検知するための器具又は設備を取り付ける。
- ③ 充てん容器等のバルブを静かに開き、配管等に液化石油ガスを充満させた後、高圧部の配管等の漏えいの有無を確認する。
- ④ 次のいずれかの措置を講ずること。
 - (i) 充てん容器等のバルブを完全に閉じ、高圧ホースを使用しているものにあつては、当該高圧ホースの接続部を緩め、又は取り外すことにより高圧部のガスを放出するとともに、低圧部からのガスの漏えいを防止する。
 - (ii) 充てん容器等のバルブを完全に閉じ、配管等内の圧力を安全な方法で大気圧と同じ圧力に減圧した後、低圧部を空気又は液化石油ガスにより使用圧力以上 5.5kPa 未満の圧力に加圧する。
- ⑤ 次のいずれかの方法により圧力降下を測定する。
 - (i) 電気式ダイヤフラム式自記圧力計又は電気式ダイヤフラム式圧力計を用いる場合にあつては、④の状態を 5 分間、(当該配管等の内容積が 10L 以下の場合にあつては、2 分間)以上保持し圧力降下を測定する。
 - (ii) (i)以外の漏えいの有無を検知するための器具を用いる場合にあつては、④の状態を 10 分間(当該配管等の内容積が 2.5L 以下の場合にあつては、5 分間)以上保持し、圧力測定器具により圧力降下を測定する。
- ⑥ ③及び⑤により測定した結果、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。

なお、漏えいの箇所の確認に際し、埋設部分が漏えいしていると考えられるときは、当該埋設部分の配管等について、5m 間隔に(図面等により埋設管の接合部分が確認できる場合は、当該部分について)ボーリングバーを使用してボーリング調査を行い、漏えい箇所の確認を行うこと。この場合、ボーリングバーの先端は、埋設管に接触することを防止するため、当該埋設管の上端から 10cm 程度高い位置より深く打ち込まないこと。
- ⑦ 全系統について目視できる配管等にあつては、①から⑥までにかかわらず、2. (1) ①(iii) a. 又は b. の漏えい箇所を確認するための器具又は設備を使用して、警報又は発泡の有無により漏えい試験を行うことができるものとする。
- ⑧ 液化石油ガスの供給戸数が 2 戸以上であり、かつ液化石油ガスの供給を停止することが困難な配管等にあつては、①から⑥までにかかわらず、次に定めるところにより漏えい試験を行うことができるものとする。

(2) マイコンメータの漏えい検知機能に関する調査

マイコンメータに搭載されている漏えい検知機能を有効活用することでLPガス設備の漏えい試験等の高度化等を目的とし、それらに関する性能データに関してデータ収集を行ってきた。例示基準に定められた自記圧力計による方法との性能による比較検討を行い、代替の可能性等について検証を行った。

1) マイコンメータの漏えい検知機能

① 微量漏えい警告機能

マイコンメータのガス漏えい検知機能の一つに、微量漏えい警告機能がある。マイコンメータは2.1 L/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2.1 L/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(微量漏えい警告機能)。当該機能はマイコンメータにより自動的に作動するため、機能開始の操作を行う必要がない。

微量漏えい警告機能は流量式微量漏洩警告と圧力式微量漏洩警告がある。

(a) 流量式微量漏洩警告

マイコンメータ以降に微量流量のガスが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、微量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量漏洩日数をリセットする。ただし、流量式微量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。」

(b) 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『圧力式微小漏洩検知機能』という)

●警告判定

ガス未使用中(流量 2.8L/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

「⑱ 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「圧力式微小漏洩検知機能」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復帰安全確認機能

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。

③漏えい検査機能

マイコンメータの漏えい検査機能は、内蔵された圧力センサを利用して漏えい検査を行う機能である。

i) 検査方法

(イ) 遮断方式

対応する通信電文(信号)を受信したとき、圧力が2.3kPaを超え5.5kPa未満の時、遮断弁を閉じてから検査を開始し、指定時間(5~24分)の間に検査開始時の圧力から以降の計測圧力が所定値($\Delta P=0.1\text{kPa}$)を超えて低下するか否かを検査する。

(ロ) 未遮断方式

対応する通信電文(信号)を受信したとき、圧力が2.3kPaを超え5.5kPa未満の時、遮断弁を閉じないで検査を開始し、指定時間(5~24分)の間に検査開始時の圧力から以降の計測圧力が所定値($\Delta P=0.1\text{kPa}$)を超えて低下するか否かを検査する。

ii) 表示

項 目	内 容		
	遮断弁	表 示	備 考
		L C D	
1 ガスが使用されていないことを確認する			
2 調整器とマイコンメータ間の閉止弁を閉じる	開	○ ○ ○	
3 通信機等より、漏えい検査要求電文を送信する	開	○ ○ ○	
検査手順 4 検査開始	閉又は開	A ○ ○ *ガス止 R	A, R 2～3秒点灯
5 検査不可	閉	AB ○ ・ガス止 R	同時点滅 A, B, R点滅
6 漏洩検査中 注	閉又は開	A ○ ○ *ガス止 R	A, R点滅
7 検査異常	閉	○ B ○ ・ガス止 R	B, R点滅
8 検査結果正常	閉	○ ○ C ・ガス止 R	C, R点滅
表示期間	検査開始から終了操作まで		
表示停止	操作終了		

注 * 未遮断方式は、『ガス止』の表示なし
検査不可：圧力が 2.3kPa～5.5kPa の範囲外の時

図 7.3.1.1 マイコンメータの表示内容

(3) 例示基準第29節(案)の検討

自記圧力計による現行の漏えい試験及びマイコンメータの漏えい検知機能に関する性能データ調査結果を以下に示す。

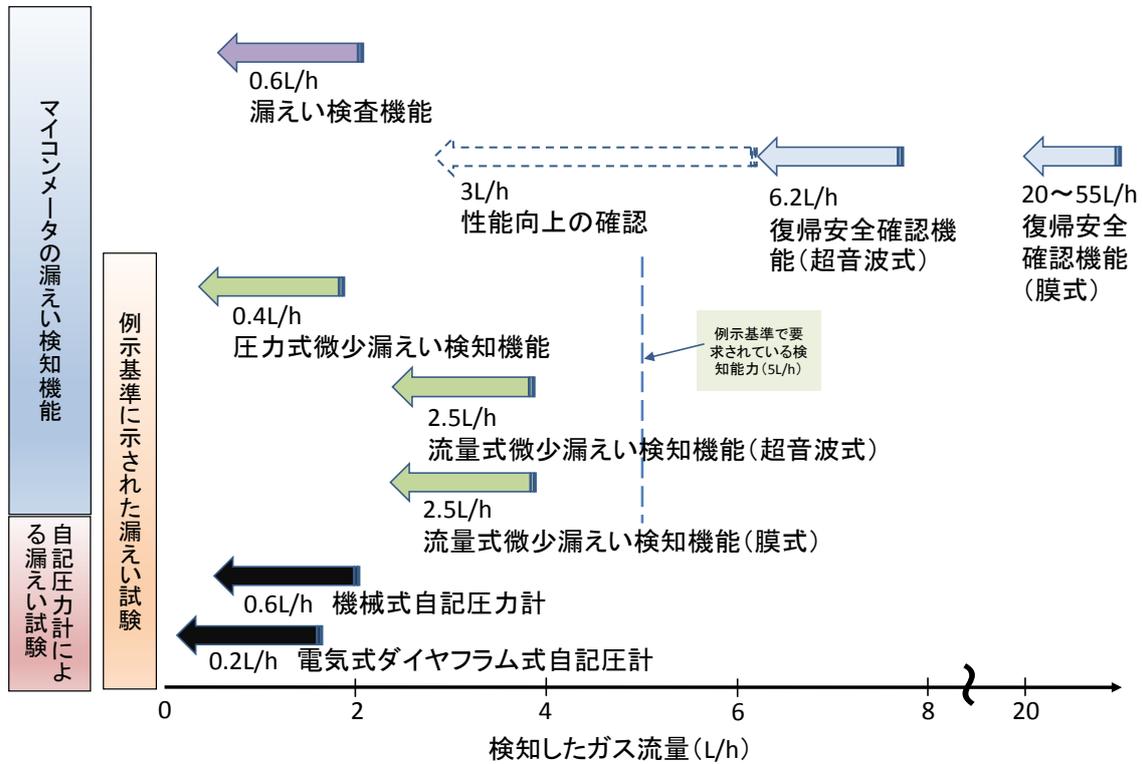


図 7.3.1.2 漏えい検知性能の比較

マイコンメータに搭載されている以下の二つの機能については、ガス漏えいを検知する性能が現行の自記圧力計による性能とほぼ同等であると考えられる。例示基準第29節として記載する際の案を以下に示す。

①漏えい検査機能

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、設備の漏えいの有無を判断する機能である。現行のマイコンメータに既に搭載されており、ほとんどのLPガス設備に設置されている。案では手動圧力検知式漏えい検知装置(仮称)とした。

②復帰安全確認機能

復帰安全確認機能はマイコンメータに内蔵されている遮断弁を開いた時のガス流量を検知することで、メータ下流部の漏えいの有無を判断する機能である。超音波式マイコンメータに搭載されているが、現行の漏えい試験と同等の漏えい検知性能を有するためには判断プログラムを改良する必要があるため、現時点では流通していない。案では瞬時流量検知式漏えい検知装置(仮称)とした。

◆例示基準第 29 節の構成と変更箇所

1. 気密試験

供給管又は配管の気密試験は、次の基準により行うものとする。

- (1) 気密試験のための器具又は設備
- (2) 気密試験の手順

2. 漏えい試験(漏えい検知装置を用いる場合を除く。)

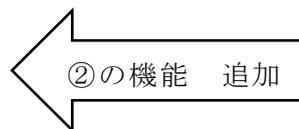
バルブ、集合装置、気化装置、供給管及び配管の漏えい試験は、次の基準により行うものとする。

- (1) 漏えい試験のための器具又は設備
- (2) 漏えい試験の手順

3. 漏えい試験(漏えい検知装置を用いる場合に限る。)

I. 次の(1)から(3)までに示す漏えい検知装置を設置した場合、その漏えい検知装置を設置した箇所から末端ガス栓までの間で行う供給管及び配管の漏えい試験は、(4)から(5)までの基準により行うものとする。

- (1) 流量検知式漏えい検知装置
- (2) 圧力検知式漏えい検知装置
- (3) 流量検知式圧力監視型漏えい検知装置
- (4) 漏えい検知装置の設置
- (5) 漏えいの確認等



II. 次の(1)に示す漏えい検知装置を設置した場合、その漏えい検知装置を設置した供給管における調整器から末端ガス栓までの間で行う供給管及び配管の漏えい試験は、次の基準により行うものとする。

- (1) 常時圧力検知式漏えい検知装置
- (2) 漏えい検知装置の設置
- (3) 漏えいの確認等



表 7.3.1.1 基準 (案)

改正案	現行
<p>3. 漏えい試験(漏えい検知装置を用いる場合に限る。)</p> <p>I. 次の(1)から(4)までに示す漏えい検知装置を設置した場合、その漏えい検知装置を設置した箇所から末端ガス栓までの間(以下I.において「被検知部分」という。)で行う供給管及び配管の漏えい試験は、(5)から(6)までの基準により行うものとする。</p> <p>(1)同右</p> <p><u>(2)瞬時流量検知式漏えい検知装置</u> <u>瞬時流量検知式漏えい検知装置は、被検知部分へのガスの流入の状況によりガスの漏えいを有効に検知し、ガスの消費者若しくはその他建物の関係者に音響若しくは表示により警報するもの又は被検知部分へのガスの供給を自動的に停止するものであって、次の基準に適合するものとする。</u></p> <p><u>① 被検知部分からのガスの漏えい量を被検知部分への流入量として検知するもの</u></p> <p><u>② 検知可能な最小のガスの漏えい量は、5L/hを超えるものではないこと。</u></p> <p><u>③ 被検知部分へのガスの流入について、5分以内で設定された時間内で検知した場合は、自動的に音響又は表示により警報し、かつ、ガスの漏えいがないことを確認できるまでは、警報し続けるものであること。</u></p> <p><u>④ 検知機能が維持できなくなった場合は、自動的に音響又は表示により警報するものであること。</u></p> <p><u>⑤ ガスの供給を自動的に停止するものにあつては、作動状況の確認が容易にでき、かつ、復帰安全機構を有すること。</u></p> <p><u>⑥ 漏えい表示の確認を行い、警報表示等が有った場合には2.の試験方法により</u></p>	<p>1. 省略</p> <p>2. 省略</p> <p>3. 漏えい試験(漏えい検知装置を用いる場合に限る。)</p> <p>I. 次の(1)から(3)までに示す漏えい検知装置を設置した場合、その漏えい検知装置を設置した箇所から末端ガス栓までの間(以下I.において「被検知部分」という。)で行う供給管及び配管の漏えい試験は、(4)から(5)までの基準により行うものとする。</p> <p>(1)省略</p>

ガスの漏えいの有無を確認し、必要な措置を講ずること。

(3)同右

(4)同右

(5)同右

(6) 漏えいの確認等は、次により行うこと。

①同右

②瞬時流量検知式漏えい検知装置を供給管又は配管に設置した場合には、次のいずれかの方法により漏えい表示又は漏えい通報の確認を行い、警報表示等があった場合には2.の試験方法によりガスの漏えいの有無を確認し、必要な措置を講ずること。

(i) 瞬時流量検知式漏えい検知装置を直接操作して警報表示の有無を確認する。

(ii) 瞬時流量検知式漏えい検知装置を通信回線等を介して操作して警報表示の有無を確認する。

③同右

④同右

⑤ ①、②、③及び④の確認結果及び講じた措置内容その他の事項を記載した関係帳票等を1年間保管すること。ただし、①(ii)の方法で確認を行う場合は、漏

(2)省略

(3)省略

(4)省略

(5) 漏えいの確認等は、次により行うこと。

① 流量検知式漏えい検知装置を供給管又は配管に設置した場合には、次のいずれかの方法により漏えい表示又は漏えい通報の確認を行い、警報表示等があった場合には2.の試験方法によりガスの漏えいの有無を確認し、必要な措置を講ずること。

(i) 警報表示の有無を2月に1回以上確認をする。

(ii) 漏えい表示に係る情報を電話回線等により自動的に伝達する機器により常時監視する。

②省略

③省略

④ ①、②及び③の確認結果及び講じた措置内容その他の事項を記載した関係帳票等を1年間保管すること。ただし、①(ii)の方法で確認を行う場合は、漏えい

えい通報があった場合の記録に限るものとする。

⑥同右

Ⅱ. 次の(1) または(2)に示す漏えい検知装置を設置した場合、その漏えい検知装置を設置した供給管における調整器(漏えい検知装置から最も近接した調整器) 又は調整器と漏えい検知装置の間にあるガス栓を閉止させた場合においてはそのガス栓から末端ガス栓までの間(以下Ⅱ.において「被検知部分」という。)で行う供給管及び配管の漏えい試験は、次の基準により行うものとする。

(1) 同右

(2) 手動圧力検知式漏えい検知装置はガスの使用停止中の被検知部分での圧力変動を有効に検知し、試験実施者に音響若しくは表示により警報するものであって、次の基準に適合するものとする。

① 被検知部からのガスの漏えいをガスの使用停止中の被検知部分での圧力変

通報があった場合の記録に限るものとする。

⑤省略

Ⅱ. 次の(1)に示す漏えい検知装置を設置した場合、その漏えい検知装置を設置した供給管における調整器(漏えい検知装置から最も近接した調整器)から末端ガス栓までの間(以下Ⅱ.において「被検知部分」という。)で行う供給管及び配管の漏えい試験は、次の基準により行うものとする。

(1) 常時圧力検知式漏えい検知装置は、ガスの使用停止中の被検知部分での圧力変動を有効に検知し、ガスの消費者若しくはその他建物の関係者に音響若しくは表示により警報するもの又は被検知部分へのガスの供給を自動的に停止するものであって、次の基準に適合するものとする。

① 被検知部からのガスの漏えいをガスの使用停止中の被検知部分での圧力変動により検知するものであること。

② 検知可能な最小のガス漏えい量は、5L/h を超えるものではないこと。

③ 被検知部分におけるガスの漏えいについて、30 日以下で設定された日数を連続して検知した場合は、自動的に音響又は表示により警報し、かつ、ガスの漏えいがないことを確認できるまでは、警報し続けるものであること。

④ 検知機能が維持できなくなった場合は、自動的に音響又は表示により警報するものであること。

⑤ ガスの供給を自動的に停止するものにあっては、作動状況の確認が容易にでき、かつ、復帰安全機構を有すること。

動により検知するものであること。

② 検知可能な最小のガス漏えい量は、5L/h を超えるものではないこと。

③ 検知機能が維持できなくなった場合は、自動的に音響又は表示により警報するものであること。

④ 被検知部分の内容積は 30 L 未満であること。

(3) 同右

(4) 手動圧力検知式漏えい検知装置を除く漏えいの確認等は、次により行うこと。

① 漏えい検知装置を供給管又は配管に設置した場合には、次のいずれかの方法により漏えい表示又は漏えい通報の確認を行い、警報表示等が有った場合には 2. の試験方法によりガスの漏えいの有無を確認し、必要な措置を講ずること。

(i) 警報表示の有無を 2 月に 1 回以上確認をする。

(ii) 漏えい表示に係る情報を電話回線等により自動的に伝達する機器により常時監視する。

② ①の確認結果及び講じた措置内容その他の事項を記載した関係帳票等を 1 年間保管すること。ただし、①(ii)の方法で確認を行う場合は、漏えい通報があった場合の記録に限るものとする。

③ 規則第 36 条第 1 項第 1 号に定める点検及び第 37 条第 1 号に定める調査にあつては、実施期間内の最終の警報表示の確認結果により所要の措置を講ずること。

(5) 手動圧力検知式漏えい検知装置の確認等は、次により行うこと。

① 調整器と漏えい検知装置の間にあるガス栓を閉止させる。

② 漏えい検知装置に専用の通信機器を接続し、漏えい検知機能を作動させる。

(2) 漏えい検知装置の設置は、次によること。

① 高温又は多湿となる場所、水等が大量にかかる場所及び衝撃を受ける場所を避けて設置されていること。

② 操作及び点検が容易にできるように設置されていること。

③ 警報するものにあつては、音響又は表示が容易に識別できる場所に設置されていること。

(3) 漏えいの確認等は、次により行うこと。

① 漏えい検知装置を供給管又は配管に設置した場合には、次のいずれかの方法により漏えい表示又は漏えい通報の確認を行い、警報表示等が有った場合には 2. の試験方法によりガスの漏えいの有無を確認し、必要な措置を講ずること。

(i) 警報表示の有無を 2 月に 1 回以上確認をする。

(ii) 漏えい表示に係る情報を電話回線等により自動的に伝達する機器により常時監視する。

② ①の確認結果及び講じた措置内容その他の事項を記載した関係帳票等を 1 年間保管すること。ただし、①(ii)の方法で確認を行う場合は、漏えい通報があった場合の記録に限るものとする。

③ 規則第 36 条第 1 項第 1 号に定める点検及び第 37 条第 1 号に定める調査にあつては、実施期間内の最終の警報表示の確認結果により所要の措置を講ずること。

検知するために要する時間は5分間以上とし、被検知部分を検知対象する。

③ 漏えい表示の有無を確認する。

④ 漏えい表示の確認を行い、警報表示等が有った場合には2.の試験方法によりガスの漏えいの有無を確認し、必要な措置を講ずること。

⑤ ③の確認結果及び講じた措置内容その他の事項を記載した関係帳票等を1年間保管すること。

(4) LPガス災害対策マニュアル

東日本大震災では、地震の被害に加え、津波の被害が甚大であったことなどから、経済産業省の総合資源エネルギー調査会（高圧ガス及び火薬類保安分科会（液化石油ガス部会））において復旧時におけるLPガスの問題点や課題が検討され「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（報告書）」が平成24年3月にまとめられ、【14の対応策】が示された。

高圧ガス保安協会では、これを受け、平成24年度保安専門技術者指導事業において上述の報告書に示された【14の対応策】を踏まえ、国からの委託で「LPガス消費者地震対策マニュアル」に津波、水害等における対策を加え、あらたに「LPガス災害対策マニュアル」として作成した。

LPガス災害対策マニュアルにおいて、災害発生後のLPガス設備の点検等については以下の通り。

（LPガス災害対策マニュアル（平成30年9月）から抜粋）

II. LPガス災害対策に係る体制整備

3. LPガス販売事業者等の防災体制・災害対策

3-1 LPガス販売事業者等の平常時の対策

(4) LPガス設備の点検・復旧体制の整備

大規模な災害が発生した後、LPガス販売事業者等は、一般消費者等の保安の確保のためLPガス設備の緊急対応・応急点検・復旧措置を実施すること。（以下略）

表 7.3.1.2 LPガス災害対策マニュアル（平成30年9月）から抜粋

	適用
緊急対応要領	<p>一般消費者等における緊急対応事項等に関する要領を作成すること。 その一例を次に示す。</p> <p>イ) 大規模な災害によりLPガス設備等に被害のあった場合は、二次災害を防止するために全てのLPガス関連設備について緊急対応を実施する。（急を要するため、おおむね48時間程度の活動として行う。）</p> <p>ロ) 緊急対応は、容器バルブの閉栓、転倒容器の回復、安全な場所への容器移動等を実施する。</p>
応急点検要領	<p>一般消費者等における災害発生後のLPガスの復帰における応急点検事項等に関する要領を作成すること。その一例を次に示す。</p> <p>イ) 応急点検は、供給設備の目視点検とガス漏れ検知器・漏えい検知液・自記圧力計で漏えい検査を実施する。（マイコンメータ出口からガス栓までの配管については、マイコンメータの復帰安全確認機能のチェックで漏えい検査の代替とする。）</p> <p>ロ) 屋内設置の燃焼器に給・排気筒がある場合は、給・排気筒の外れがないか否か目視点検で確認する。</p> <p>ハ) 漏えい等の異常が認められない場合は、燃焼テストを行う。</p> <p>ニ) 応急点検は、大規模災害等発災後にLPガスによる二次災害を防止するため、緊急対応終了後からおおむね2週間程度を想定し、「在宅」の消費者を前提に実施する。</p> <p>ホ) 応急点検をローラー作戦で行う場合は都道府県LPガス協会として実施することが望ましい。</p> <p>ヘ) 応急点検をローラー作戦で行うべき状況が整わないときは、系列卸売業者主導による系列別ローラー作戦などを立案し、迅速に対応する。</p> <p>ト) 応急点検は、専門知識を有する者（液化石油ガス設備士等）が実施すること。</p> <p>チ) 応急点検後は調査済のステッカー等を貼ること。</p> <p>リ) 応急点検により供給を停止した設備には、「使用不可能」等の表示及び一般消費者等への注意事項の表示等を行う。【資料5-13 消費者への設備改善のお願い】</p>
復旧措置要領	<p>LPガス販売事業者は応急点検実施後、一般消費者等の本格的な点検・調査を行うこと。</p> <p>イ) 応急点検により「使用不可能」と判定された一般消費者等の復旧措置は、原則としてLPガスの供給契約をしているLPガス販売事業者が実施すること。</p> <p>ロ) 津波、水害等により冠水した調整器、マイコンメータ、給湯器等は必ず交換する。</p> <p>ハ) 地盤沈下等で被害のあった地域の設備は、埋設部分の確認を行い設備の更新を図る。</p> <p>ニ) LPガス販売事業者自らが被災し復旧措置を行えない場合は、系列卸売事業者、LPガス協会災害対策本部等と協議の上、早急に一般消費者等の復旧措置を講じること。</p>

当該マニュアルにおいて、災害発生後の緊急対応要領、応急点検要領及び復旧措置要領について記載されている。

その中で、漏えい検査が応急点検要領において緊急対応後おおむね2週間程度において実施されるように求められている。漏えい検査は自記圧力計を使った検査が基本であるが、「マイコンメータ出口からガス栓までの配管については、マイコンメータの復帰安全確認機能のチェックで漏えい検査の代替とする」となっている。その後の復旧措置要領において、本格的な点検・調査を行うこととなっており、自記圧力計による漏えい試験を実施する必要がある。

今回の調査結果から、マイコンメータによる漏えい試験が可能となれば、応急点検時においてマイコンメータ下流部及び上流部の漏えい試験を迅速に実施することが可能となり、本格的な復旧に関する点検を同時に行うことが可能となると考えられる。

(5) 関係者からの意見収集

当該基準案に関して、LPガス関係者（LPガス事業者、機器メーカー団体等）からの意見・質問を集約し、それに対応する考え方を以下に示す。

●LPガス販売事業者からの意見

(良いと思う点)

- A) 電気式ダイヤフラム式自記圧力計など自記圧力計に比べ計測・判定時間が5分以上短縮できた。
- B) 判定結果に圧力値の変動が表示されないため、機械式自記圧力計を使用する時のように、測定者が漏洩の有無を判断しなくてよい。
- C) 一旦計測が始まれば、結果が表示されるまで、他の作業に集中できる。
- D) 設定器が、機械式自記圧力計よりも軽く、運びやすい。
- E) 電気式ダイヤフラム式自記圧力計と比較して、作業が簡便で、測定作業も慣れてしまえば操作性も良い。

(課題と感じた点)

- A) LP販売業者の文化でもあるが、圧力値を確認できないと不安である。
- B) 集中監視と接続しているメータの場合は、「ガス止め」表示が消える前に集中監視を接続すると、「圧力異常」の通報を発信してしまう。
- C) 集中監視と接続されているメータは、作業終了後に配線を接続しなおし、マグネットによる遮断通報を発信させるなどして、開通の確認をする必要性を感じた。

●機器メーカーからの質問

- A) マイコンメータの漏えい検査機能を利用することで、自記圧力計は必要でなくなるのか。

(考え方)

漏えい試験をマイコンメータで行うことが可能となった場合に、自記圧力計を使用する必要はなくなるが、他の検査（気密検査、調整圧測定、閉塞圧測定、燃焼器入口圧力測定等）においては必要である。そのため、現行のようにガス販売事業者にとっては必要な機器である。

- B) マイコンメータの漏えい検査を使用することで、圧力式微小漏えい警告機能を停止するケースが増えるのではないか。

(考え方)

当該機能を停止した場合に、メーター上流部については定期点検において漏えい試験を実施する必要がある。圧力式微小漏えい警告機能とマイコンメータの漏えい検査機能の漏えい検知性能はほぼ同等の能力と考えられるため、保安レベルが低下する可能性は低いと考えている。

- C) 検査に関する表示機能は統一した方がよいのではないか。

(考え方)

マイコンメータの統一仕様書に示された表示は既に統一されていると思うが、更に便利な機能についても統一した方が検査実施者の要望に応えることができると思われる。(例えば圧力値の表示など)

- D) 調整器の出口で気密検査を行う場合、外弁方式であれば、現在の製品は気密を保持できるが、調整器の弁の気密性は規格化された内容ではない。例示基準化により規制強化されることがないように配慮して欲しい。

(考え方)

基準案では調整器の弁ではなくガス栓により密閉を行うこととしているため、調整器の種類や方式等の違いの影響は無くなっている。

- E) 調整器出口のねじガス栓を閉じて計測する場合、ねじガス栓と調整器間の気密は検知液等で確認する必要があるが出てくる。家庭用以外の場合、調整器からねじガス栓までの距離が長い設備もあり、安全性が懸念されるところである。

(考え方)

漏えい試験の検知範囲外の部分については、別の試験方法で検知を行い、安全を確保することとしている。

- F) マイコンメータが地震で遮断した場合、消費者による復帰操作が認められている。実際、消費者が復帰させているケースも多く、地震後に販売事業者が漏洩の確認を行う設備（漏れている可能性が高い設備）はきちんと漏洩検査を行うべきではないか。

(考え方)

漏えいの可能性がある場合には漏えい試験を行って確認する必要がある。今回の調査結果が基準に反映された場合、マイコンメータによる漏えい確認可能となり復旧の迅速化、省力化が達成されると考えられる。

(6) まとめ

本調査の結果、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LPガス設備の漏えい試験等の高度化、効率化及び迅速化が向上することが可能となり、更に平常時においてもガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化、効率化等を達成するための方策として、以下の二つの提言を示した。

①例示基準に関する検討

LPガス設備のガス漏えいの有無を確認するには例示基準第29節に示されている方法により判定するが、示されている方法の中で自記圧力計を使用した方法が最もよく使われている。これまでに収集してきたマイコンメータの漏えい検知性能データと自記圧力計の性能データを比較・検討を行い、マイコンメータに搭載されている2つの機能については同等の検知性能と考えられることから、例示基準への記載について検討を行い、案を示した。

②LPガス災害対策マニュアルに関する検討

同マニュアルでは大規模災害発生後の一般消費者等の保安の確保のためLPガス設備の緊急対応・応急点検・復旧措置に係る要領等を整備しておくこととなっている。その中で、応急点検や復旧措置を行う場合には漏えい試験を実施する必要があるが、現時点では応急点検として使用しているマイコンメータの機能が本格的な復旧にも利用することが可能となることで、復旧作業の効率化が向上できる。

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

(イ) 自記圧力計による漏えい検知性能の調査

LPガスの業務用配管設備は一般家庭用設備に比べて機器及び配管等が大型化されている。例示基準第29節に定められている漏えい試験を行い、設備が大型している場合の漏えい検知性能についてデータ収集を行った。機械式自記圧力計と電気式ダイヤフラム式自記圧力計の各々で性能に関するデータを収集したところ、両方法とも最大約64L(管径32Aで約64.1m、20Aで約173.2m相当)の配管内容積までの範囲においては大きな性能の低下は見られなかった。

(ロ) ガス復帰時のガス漏えい量と配管内容積の関係

ガス漏えいの有無の違いによりガス圧力を復帰した際の圧力変動に違いがあるかを確認した。ガス漏えいが有る場合には調整器により調圧されるため配管内容積に関係なく一定の圧力に収束するが、ガス漏えいが無い場合には圧力は上昇する傾向が見られた場合もあった。また、ガス漏えいが無い場合における圧力変動を観察した場合に、配管内容積の大小との関係は見られなかった。

これらの結果から、配管内のガスが流れている状態における圧力変動を計測することでガス漏えいを検知することは難しいが、ガスが密閉されている状態における圧力計測が精密な漏えい検知が可能であることが分かる。ガスが流れている際には流量測定による漏えい検知が有効であり、マイコンメータの復帰安全確認機能は内蔵の遮断弁を開けた時に流量を計測してガス漏えいを検知することが可能であることが分かる。

8. 2 マイコンメータ保安機能の有効活用可能性等調査

8.2.1 LPガス配管設備モデルによる漏えい検知性能調査

マイコンメータの保安機能の有効活用のため、本年度は業務用マイコンメータ（大型マイコンメータ）の漏えい検知性能調査を行うと同時に一般家庭用マイコンメータの性能データと合わせて検証を行った。

①復帰安全確認機能について

復帰安全確認機能は業務用マイコンメータと一般家庭用マイコンメータとの性能を比較すると計測原理の違い（膜式又は超音波式）により漏えい検知性能に違いが見られた。膜式では業務用マイコンメータは一般家庭用に比べ検知性能が下がったが、超音波式では業務用マイコンメータと一般家庭用の間に性能の低下は見られなかった。その理由は超音波式計測のメリットである大流量から小流量までの計測範囲が広いこと及び計測時間が短いことであると考えられる。

②漏えい検査機能

漏えい検査機能について業務用マイコンメータの性能データを収集すると同時に自記圧力計による検知性能データと比較し、検証を行った。自記圧力計による検知性能に比べ、マイコンメータの漏えい検査機能の性能は大型設備であるため配管内容積が大きくなるに応じて下がることが確認された。その結果、配管内容積が30L程度までであれば、自記圧力計と同等の漏えい検知性能があると思われる。なお、同機能を動作させる際の密閉方法について、調整器上流部を解放することでの方法は難しく調整器とマイコンメータ間に閉止弁を設け、それにより行うことが適切であることを確認した。また、実際のLPガス配管設備を使って同機能の動作検証を行ったところ、問題なく動作することを確認した。

③微少漏えい警告機能

微少漏えい警告機能は業務用マイコンメータと一般家庭用マイコンメータとの間に検知性能の差はなく、2～2.5L/hであることを確認した。

④復帰安全確認機能の向上の検討

超音波式マイコンメータの復帰安全確認機能について、現行品では6L/h程度のガス漏えいを検知することが可能であるが、搭載しているソフトウェアを改良することで3L/h程度まで検知性能が向上することを確認した。但し、製品化する際にはフィールドテスト等での評価を行い、実際の現場での検証を行う必要がある。

表 8.2.1.1 測定結果

漏えい検知方式	現行の漏えい試験		マイコンメータの漏えい検知機能					
	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)
検知可能なガス漏えい量	10分(又は5分)	5分(又は2分)	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	2.5L/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		マイコンメータ上流部を閉止して、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

* : 一般家庭用マイコンメータの場合

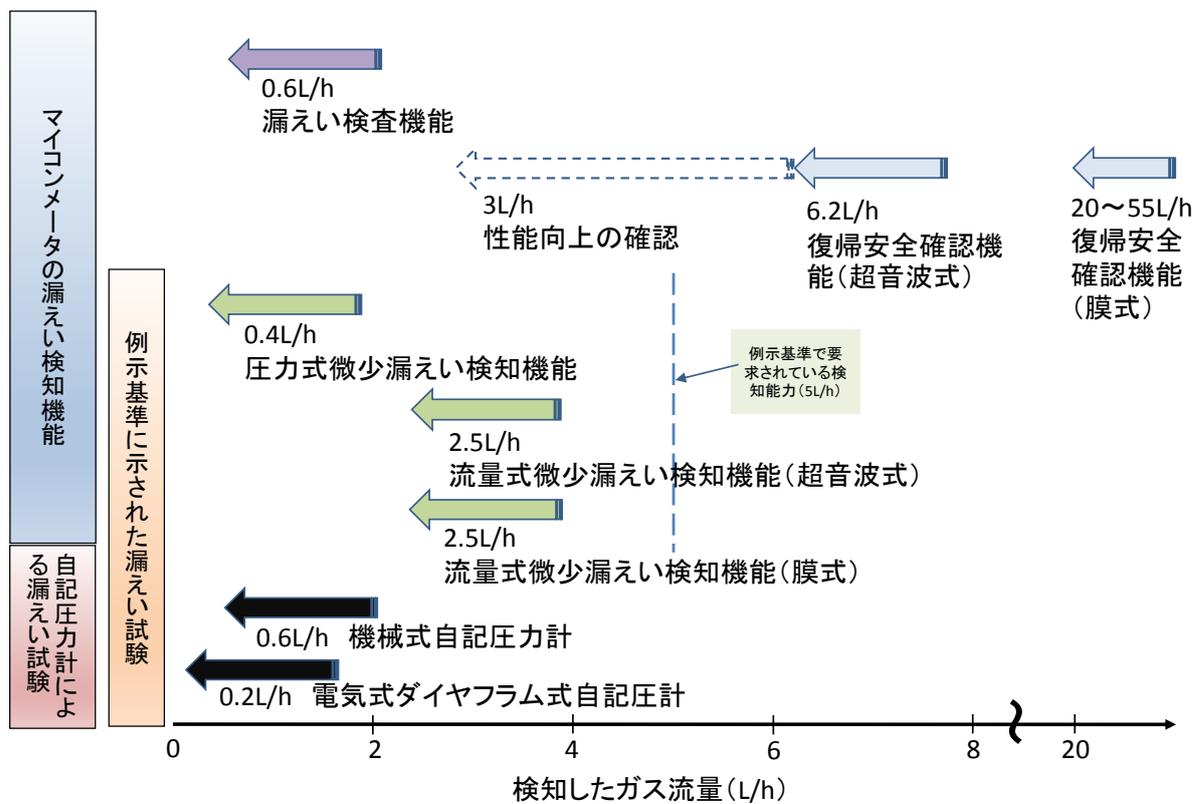


図 8.2.1.1 性能の比較

8.2.2 ガス漏えい時の安全性調査

屋内漏えいについては、台所内の調理台上でガス漏えいが発生した場合を考えた。条件として部屋のサイズ、ガス流量等に注目して計算を行った。その結果、プロパンガス濃度が爆発下限濃度（2.1vol%）よりも高くなる箇所は、漏えい点を中心として薄い厚さで限定されており、部屋の広さの違いの影響が見られないことがわかった。この高濃度の領域は壁面に張り付いた薄膜のようなものにも見えるため、着火する可能性は低いと考えられる。

屋外漏えいについては、家屋と家屋の隙間からプロパンガスが漏えいする場合を考えた。これらの計算結果を見ると、プロパンガス濃度が爆発下限濃度(2.1vol%)よりも高くなる箇所は、漏えい点直下の限られた範囲であることがわかった。また、風がある場合の方が、ガス濃度が低くなる傾向があることがわかった。実際の設備環境では風があると考えた方が自然であるため、屋外において漏えい・着火の可能性はかなり低いことが考えられる。

今回のシミュレーション結果から、今回想定した微少な漏えい量 20 又は 5L/h 程度の場合では爆発下限界濃度を超える空間が広がり続けることがないことが示された。LPガスの事故はガスが漏えいし滞留することで大きな爆発事故に発展するが、今回想定した微少な漏えい量においてはその可能性は低いと考えられる。

マイコンメータの復帰安全確認機能では検知できないガス漏えい(微少漏えい)においては、屋外・屋内とも漏えいしたガスに着火する可能性は低いと思われる。マイコンメータの計測方式が超音波式であるならば更に可能性は下がり、安全性が向上する。また、復帰安全確認機能において検知できないガス漏えいは微少流量検知機能やガス漏れ警報器において検知されるため安全性は保たれている。

8. 3 技術基準案等の検討

本調査の結果、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LPガス設備の漏えい試験等の高度化、効率化及び迅速化が向上することが可能となり、更に平常時においてもガス漏えい対策や定期消費設備点検作業等の高度化、効率化等を達成するための方策として、以下の二つの提言を示した。

①例示基準に関する検討

LPガス設備のガス漏えいの有無を確認するには例示基準第29節に示されている方法により判定するが、示されている方法の中で自記圧力計を使用した方法が最もよく使われている。これまでに収集してきたマイコンメータの漏えい検知性能データと自記圧力計の性能データを比較・検討を行い、マイコンメータに搭載されている2つの機能については同等の検知性能と考えられることから、例示基準への記載について検討を行い、案を示した。

②LPガス災害対策マニュアルに関する検討

同マニュアルでは大規模災害発生後の一般消費者等の保安の確保のためLPガス設備の緊急対応・応急点検・復旧措置に係る要領等を整備しておくこととなっている。その中で、応急点検や復旧措置を行う場合には漏えい試験を実施する必要があるが、現時点では応急点検として使用しているマイコンメータの機能が本格的な復旧にも利用することが可能となることで、復旧作業の効率化が向上できる。

8. 4 おわりに

LPガス配管設備のガス漏えいの有無を確認するためには漏えい試験を実施して判定する必要がある。漏えい試験の実施方法については例示基準に示されており、圧力又は流量を測定する等の複数の方法がある。本調査ではそこに示されている方法の中で最もよく使われている方法である自記圧力計による方法の漏えい検知性能に対し、マイコンメータに搭載されている漏えい検知機能が同等であるかの比較・検討のために実測試験等を行ってデータを取得した結果、マイコンメータの2つの機能についてはガス漏えいを確認するために有効な手段であると考えられる。これらの機能について基準化を行い、保安業務に活用することで大規模災害発生時の迅速な復旧作業の実施が可能となると同時に、平常時の定期点検作業においても効率化が達成されることが見込まれ、ガス消費者への保安サービス向上に資することが期待される。