

調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究  
プロジェクト評価（事後）報告書

平成21年3月  
産業構造審議会産業技術分科会  
評価小委員会

## はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成17年3月29日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成17年4月1日改定）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施した「調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究」プロジェクトは、液化石油ガス供給設備の一つである調整器の劣化により発生するおそれのある液化石油ガス漏えい事故等を未然に防止するため、調整器の劣化等の簡易な異常診断技術及び大型調整器への組込技術の開発を行うことを研究開発目標として、平成17年度から平成19年度まで実施したものである。

今回の評価は、この「調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究」プロジェクトの事後評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる「調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究」プロジェクト事後評価検討会（座長：田村昌三 横浜国立大学 安心・安全の科学研究教育センター 教授）を開催した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 冷 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成21年3月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

**産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会  
委員名簿**

委員長	平澤  冷	東京大学 名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部 教授
	伊澤 達夫	東京工業大学 理事・副学長
	大島  まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部・大学院法学研究科ビジネス法務専攻 教授
	鈴木  潤	政策研究大学院大学 教授
	辻  智子	日本水産株式会社 顧問
	富田 房男	放送大学北海道学習センター 所長
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 主幹 東京大学先端技術研究センター 特任教授
	山地  憲治	東京大学大学院工学系研究科 教授
	吉本  陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部 主任研究員

（委員敬称略、五十音順）

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

**調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究プロジェクト事後評価検討会  
委員名簿**

座長	田村 昌三	国立大学法人横浜国立大学 安心・安全の科学研究教育センター 教授
	越 光男	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 特任教授
	佐藤 研二	東邦大学 理学部 生命圏環境科学科 教授
	辰巳 菊子	社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会 常任理事
	堀口 貞茲	独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ シニアスタッフ

（敬称略、五十音順）

事務局：経済産業省原子力安全・保安院液化石油ガス保安課

**調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究プロジェクトの  
評価に係る省内関係者**

**【事後評価時】**

原子力安全・保安院 液化石油ガス保安課長 北沢 信幸（事業担当課長）

産業技術環境局 技術評価室長 長濱 裕二

**【事前評価時】（事業初年度予算要求時）**

原子力安全・保安院 液化石油ガス保安課長 林 光明（事業担当課長）

# 調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究プロジェクト事後評価

## 審議経過

第1回事後評価検討会（平成20年11月26日）

- ・評価の方法等について
- ・プロジェクトの概要について
- ・評価の進め方について

第2回事後評価検討会（平成21年2月19日）

- ・評価報告書(案)について

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成21年3月24日）

- ・評価報告書(案)について

本件は、包括審議案件として審議され、その結果、同審議案件全てに共通の指摘事項として、次のとおり提起され、評価小委員会の意見として追記することです承となった。

このため、「第3章 評価」に、「8. 評価小委員会としての意見」として追記。

「事後評価であり、総合評価、今後の研究開発の方向等に関する提言を踏まえ、今後どのように対応していくのかが最も重要である。

またその際、連携等により、社会に実装されていくプロセスを担っていく体制をつくっていくことが望まれる。

例えば、エネルギー政策、IT政策等、全体としての大きな立場から位置付け等を整理することが望まれる。

開発成果が社会に役立つものとなるよう、成果を活かしていくことを目指して取り組んでいくことが望まれる。」

# 目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究事後評価検討会 委員名簿

調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究プロジェクトの評価に係る省内関係者

調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究プロジェクト事後評価 審議経過

ページ

事後評価報告書概要 .....	
第1章 評価の実施方法	
1. 評価目的 .....	1
2. 評価者 .....	1
3. 評価対象 .....	2
4. 評価方法 .....	2
5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準 .....	2
第2章 プロジェクトの概要	
1. 事業の目的・政策的位置付け .....	5
2. 研究開発等の目標 .....	7
3. 成果、目標の達成度 .....	10
4. 事業化、波及効果について .....	30
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等 .....	31
第3章 評価	
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 .....	35
2. 研究開発等の目標の妥当性 .....	37
3. 成果、目標の達成度の妥当性 .....	39
4. 事業化、波及効果についての妥当性 .....	41
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 .....	43
6. 総合評価 .....	45
7. 今後の研究開発の方向等に関する提言 .....	47
8. 評価小委員会としての意見 .....	49
第4章 評点法による評点結果 .....	50
参考 今後の研究開発の方向等に関する提言に対する対処方針	

# 事後評価報告書概要



## 事後評価報告書概要

プロジェクト名	調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究
上位施策名	産業保安
事業担当課	原子力安全・保安院 液化石油ガス保安課

### プロジェクトの目的・概要

「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」では、液化石油ガス（以下、「L P ガス」という。）供給設備の技術上の基準として、L P ガス販売事業者に対し供給設備の一つである調整器の定期的な点検を義務づけている。また、L P ガス販売事業者による自主的な取り組みとして、交換期限内の交換も行われている。しかしながら、期限内であっても調整器の部品劣化等により漏えい事故につながることもあり、調整器の経年劣化を原因とするL P ガス漏えい事故も発生していることから、調整器の劣化等の簡易な異常診断技術及び大型調整器への組込技術の開発を行い、調整器劣化等によるL P ガス漏えい事故を未然に防止することを目的とする。

### 予算額等

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成17年度	平成19年度	-	平成20年度	高圧ガス保安協会
H17FY 予算額	H18FY 予算額	H19FY 予算額	総予算額	総執行額
147,745	146,248	121,708	415,701	369,515

### 目標・指標及び成果・達成度

#### (1) 全体目標に対する成果・達成度

全体の目標として次の3項目を設定した。

調整器のダイヤフラム等が劣化すると特有の圧力変動が発生することから、センサーでそれを検知し、解析することで調整器の異常を判断することが可能な異常診断装置について調査・検討を行う。

異常診断装置をあらかじめ組込んだ大型調整器を製作し、その性能について調査・検討を行う。

異常診断装置を組み込んだ調整器をネットワーク（集中監視システム）に接続し、遠隔からの常時監視を可能とするための接続技術について調査・検討を行う。

これらの目標を達成するため、調査研究の実施内容について以下のような要素技術に分類し、それぞれの要素技術について目標を設定した。要素技術別の目標に対する成果の達成度は、以下のとおりであり、プロジェクト全体の目標は達成された。

要素技術	目標・指標	成果	達成度
調整器劣化実態調査	実際に一般消費者宅等で使用された調整器を回収して、性能試験等の調査を行い劣化進行状況を確認する。	回収した調整器の性能試験を実施し、各種調整器の劣化特性データを取得した。	達成
調整器劣化促進試験	劣化・故障要因に着目して人為的に劣化させた調整器を製作し、その特性を確認する。	オゾンによる劣化や耐久試験（反復試験）による劣化促進試験を実施し、劣化特性データを取得した。	達成
劣化現象と検知現象の相関調査	調整器（ダイヤフラム等）が劣化すると特有の圧力振動が変化することを検知し、相関性を検討する。	高感度マイクロホンを使用して調整器から発する圧力変動（音波等）を検知して、ダイヤフラム等が劣化した場合との相関性データを取得した。	達成
診断プログラムの検討	ダイヤフラム振動等により生じる圧力振動から機器の異常を判断する診断プログラムを検討する。	取得した様々なデータを基礎として、調整器の異常を診断するプログラムを検討・作成した。	達成
診断装置の試作・確認	異常診断装置及び異常診断装置を組み込んだバルク用大型調整器を製作し、評価・確認を行う。	作成したプログラムを搭載した試作品を作成し、機能の確認・評価を実施した。	達成
ネットワーク接続に関する検討	調整器に組込んだ異常監視機能と集中監視システムとの接続技術を調査・研究し、異常診断装置対応通信機能部の標準仕様を作成する。	既存の集中監視システムとの接続が可能である接続使用を検討し、試作により機能及び接続方法を確認した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無

< 共通指標 >

特許等件数（出願を含む）： 1 件

評価概要

1 . 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

本プロジェクトは、調整器の劣化等の簡易な異常診断技術を開発することにより、LPガス事故のうち約1割を占める調整器の経年劣化による事故の防止を目的とし、LPガスの保安対策の一環として位置付けられる事業であり、その目的は妥当と考えられる。また、本プロジェクトで開発する異常診断技術は、国が定める保安規制の検討に資するものであり、かつ、当該規制に係る技術基準との整合性も検討する必要があることから、民間のみに実施を委ねることは困難であり、国の関与が必要である。

## 2．研究開発等の目標の妥当性

調整器の異常によるガス漏えい事故のほとんどは、ダイヤフラム等の劣化によることから、このような事故を未然防止するため、ダイヤフラムからのガス漏えいにより発生する音波や圧力変化の分析から調整器の劣化を検知する簡易な調整器の異常診断技術を開発するとともに、この異常診断装置を大型調整器に組み込み、LPガス用通信ネットワークに接続し、遠隔から異常を常時監視できるシステムを開発する目標の設定は適切かつ妥当なものである。なお、目標達成度判定のための指標をより明確にしたほうがよかったと思われる。

## 3．成果、目標の達成度の妥当性

本プロジェクトは、十分な成果を挙げており目標を達成したと評価できる。

音響や圧力の変化を解析することにより調整器の劣化等による異常を診断する技術を開発したことは、調整器の異常による液化石油ガスの漏えい事故の防止に寄与するものと考えられる。本プロジェクトにおいて、調整器のメーカー、機種の違いにより劣化時に発生する音響特性が異なることを確認し、機種に応じた診断プログラムを開発したことは有意義な成果の一つであるが、新たな調整器が普及するごとに診断プログラムの書き換えが必要になり、システム更新に伴うコストの上昇要因になると考えられるので、容易なシステム更新方法の導入など工夫が必要であると思われる。

## 4．事業化、波及効果についての妥当性

本プロジェクトで開発された異常検知装置は、小型で簡便に調整器の異常をより早く検知することを可能にするもので、事業化の可能性は高いと考えられる。

なお、実用化にあたっては、調整器ダイヤフラムの亀裂開口サイズによる検出限界や気温・湿度などの環境影響の検証及びコストの低減が必要であると考えられる。

また、石油化学など大型プラントにおける、開発された異常検知装置の導入の可能性については、プラント内の個々の装置を対象とするのではなく、プラント全体を包括的にカバーできれば、可能性は高まると考えられる。

## 5．研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

調整器の劣化状況に関する業界団体等の調査結果を活用して効率的に調査を実施したり、実験パラメータの多様化による成果を充実させるなど工夫すべき点もみられるが、本プロジェクトの調査研究計画、実施体制及び運営は適切で妥当であったと考えられる。調査研究計画の立案、進捗状況を確認するための調査研究委員会のメンバーも有識者、消費者、調整器製造者などの広い領域から適切な人選がなされていた。

また、資金配分は、3年間の事業進捗に合わせて、各年度に適切に配分されていた。

なお、費用対効果については、今後10年間で事故防止による物的損害の軽減による経済効果が約1億円だけと比較すると、本プロジェクトに投じた資金（約3.7億円）に比べ低いが、事故発生による人命の喪失は金銭に置き換えることができないことや開発した異常検知装置による合理的な点検による効率化効果も加味すれば投入した資金に見合った効果を生じると期待される。

## 6．総合評価

調整器のガス漏えいによる事故の防止は、LPガス消費の安全性確保において重要な位置づけを占めるものであり、これまでの目視検査における検査者個人の検査技能に依存しない簡便かつ確実な異常診断技術を開発した本プロジェクトは高く評価することができる。

また、本プロジェクトの目的・政策的位置付け及び研究開発目標も妥当であり、本プロジェクトで開発した異常検知装置を大型調整器に組み込み、ネットワークに接続して常時監視が可能となるシステムは実用性が高いと評価できる。

なお、本プロジェクトの成果の実用化にあたっては、気温・湿度などの環境影響を考慮し、耐久性や耐候性を高めることも必要であると考えられる。

## 7．今後の研究開発の方向等に関する提言

・LPガス調整器の異常検知のみならず、石油、化学、電力等製造プラントにおける異常検知への適用可能な技術の高度化を図るため、調整器のダイヤフラムの劣化によるガス漏えい量と音波の周波数変化の相関性を明らかにするなど、異常診断判定のメカニズム解明に関する研究の実施が望まれる。

・調整器の異常によるガス漏えいの未然防止を可能にする技術の開発に結びつく可能性がある調整器のダイヤフラム及び弁ゴムの劣化等が発生する原因や亀裂進展のメカニズムに関する研究の実施が望まれる。

・小型調整器についても異常を知らせる能力を持った機器とするよう、更に進んだ技術の開発が望まれる。

## 8．評価小委員会としての意見

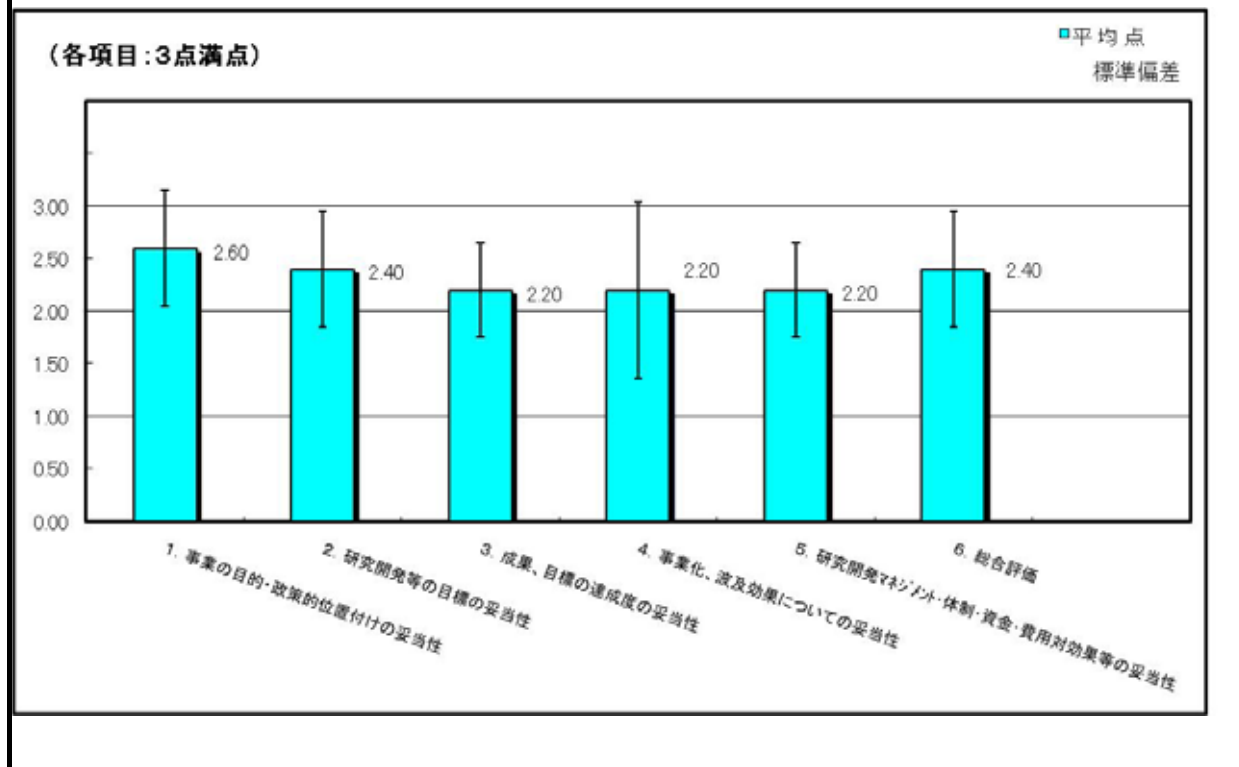
事後評価であり、総合評価、今後の研究開発の方向等に関する提言を踏まえ、今後どのように対応していくのかが最も重要である。

またその際、連携等により、社会に実装されていくプロセスを担っていく体制をつくっていくことが望まれる。

例えば、エネルギー政策、IT政策等、全体としての大きな立場から位置付け等を整理することが望まれる。

開発成果が社会に役立つものとなるよう、成果を活かしていくことを目指して取り組んでいくことが望まれる。

## 評点結果



# 第 1 章 評価の実施方法

# 第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針（平成17年4月1日改定、以下「評価指針」という。）に基づき、以下のとおり行われた。

## 1. 評価目的

評価指針においては、評価の基本的考え方として、評価実施する目的として

- (1) 研究開発に対する経済的・社会的ニーズの反映
- (2) より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3) 国民への施策・事業等の開示
- (4) 資源の重点的・効率的配分への反映
- (5) 研究開発機関の自己改革の促進等

を定めるとともに、評価の実施にあたっては、

- (1) 透明性の確保
- (2) 中立性の確保
- (3) 継続性の確保
- (4) 実効性の確保

を基本理念としている。

プロジェクト評価とは、評価指針における評価類型の一つとして位置付けられ、プロジェクトそのものについて、同評価指針に基づき、事業の目的・政策的位置付けの妥当性、研究開発等の目標の妥当性、成果、目標の達成度の妥当性、事業化、波及効果についての妥当性、研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性の評価項目について、評価を実施するものである。

その評価結果は、本プロジェクトの実施、運営等の改善や技術開発の効果、効率性の改善、更には予算等の資源配分に反映させることになるものである。

## 2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家で構成する検討会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、プロジェクトの目的や研究内容に即した専門家や経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討会委員名簿にある5名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき経済産業省原子力安全・保安院液化石油ガス保安課が担当した。

### 3．評価対象

調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究（実施期間：平成17年度から平成19年度）を評価対象として、研究開発実施者（高圧ガス保安協会）から提出されたプロジェクトの内容・成果等に関する資料及び説明に基づき評価した。

### 4．評価方法

第1回評価検討会においては、研究開発実施者からの資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。

第2回評価検討会においては、それらを踏まえて「プロジェクト評価における標準的評価項目・評価基準」、今後の研究開発の方向等に関する提言等及び要素技術について評価を実施し、併せて4段階評点法による評価を行い、評価報告書(案)を審議、確定した。

また、評価の透明性の確保の観点から、知的財産保護、個人情報で支障が生じると認められる場合等を除き、評価検討会を公開として実施した。

### 5．プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準

評価検討会においては、経済産業省産業技術環境局技術評価調査課において平成19年6月1日に策定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」のプロジェクト評価（中間・事後評価）に沿った評価項目・評価基準とした。

#### 1．事業の目的・政策的位置付けの妥当性

(1) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。

- ・国民や社会のニーズに合っているか。
- ・官民の役割分担は適切か。



( 2 ) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。

- ・ 事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
- ・ 事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
- ・ 社会的・経済的意義（実用性等）

## 2 . 研究開発等の目標の妥当性

( 1 ) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。

- ・ 目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

## 3 . 成果、目標の達成度の妥当性

( 1 ) 成果は妥当か。

- ・ 得られた成果は何か。
- ・ 設定された目標以外に得られた成果はあるか。
- ・ 共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの作製等があったか。

( 2 ) 目標の達成度は妥当か。

- ・ 設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

## 4 . 事業化、波及効果についての妥当性

( 1 ) 事業化については妥当か。

- ・ 事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。

( 2 ) 波及効果は妥当か。

- ・ 成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
- ・ 当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

## 5 . 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

( 1 ) 研究開発計画は適切かつ妥当か。

- ・ 事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題

への対応の妥当性)。

- ・採択スケジュール等は妥当であったか。
- ・選別過程は適切であったか。
- ・採択された実施者は妥当であったか。

(2) 研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか、いたか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか、いたか。
- ・目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携/競争が十分に行われる体制となっているか、いたか。
- ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施しているか、いたか。

(3) 資金配分は妥当か。

- ・資金の過不足はなかったか。
- ・資金の内部配分は妥当か。

(4) 費用対効果等は妥当か。

- ・投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
- ・必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。

(5) 変化への対応は妥当か。

- ・社会経済情勢等周辺の状況変化に柔軟に対応しているか(新たな課題への対応の妥当性)。
- ・代替手段との比較を適切に行ったか。

## 6. 総合評価

## 第2章 プロジェクトの概要

## 第2章 プロジェクトの概要

### 1. 事業の目的・政策的位置付け

#### 1-1 事業目的

LPガスは2600万世帯で使用されており、いずれも容器から供給される高圧（最大で約1500kPa）のLPガスを調整器によって燃焼器具に適した圧力（約2.8kPa）に減圧して燃焼器具に供給している。

調整器はマイコンメーターの上流側に取り付けられており、調整器からガスが漏えいした場合には、マイコンメーターの遮断機能が働かず、大量のガス漏えいにつながるおそれがあることから、液化石油ガスによる災害防止を目的と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（以下、「液石法」という。）では、供給設備の技術上の基準として、調整器について定期的な検査を義務づけている。

また、調整器メーカーは、安全性を確保するために7年又は10年の交換期限を設けており、液化石油ガス販売事業者による自主的な期限内に交換する取り組みもなされている。

しかしながら、使用環境によっては期限内であっても調整器の部品の劣化（経年使用による性能の低下）により事故（ガス漏えい又は爆発）につながる可能性がある。

平成10年から19年にかけて発生した1197件のLPガス関係事故のうち、漏えい事故は492件であり、そのうち48件が調整器の経年劣化が原因と考えられるガス漏えい事故（雪害等の自然災害を除く）である。

これらの事故は、例えば、毎月/容器交換時の目視による点検を行うときに、調整器を配管から外さず簡便に異常（劣化が進み従来要求されている性能が維持できていないこと）が検知できる装置があれば、劣化等による漏えい事故を未然に防止することが可能であるし、また、調整器に異常診断機能を組込めばバルク貯槽等の大規模供給設備の安全性も向上するとともに、集中監視システムと接続して保安管理を同時に行うことが可能である。

調整器からガスが漏えいすれば爆発の危険があるため、ガスが漏えいする前に調整器の劣化等を簡便な異常診断装置で検出するとともに、バルク貯槽等の大型調整器に異常診断機能を搭載することは、事故の低減など液化石油ガスの安全性の向上を図る上で必要不可欠である。

このため、調整器の劣化など異常によるガス漏えい事故の防止を目的に、調整器の劣化等の簡易な異常診断技術及び大型調整器への組込技術の開発を行うものである。

## 1 - 2 国の関与の必要性

国においては、液化石油ガスによる災害を防止するため、液石法に基づき、一般消費者等に対する保安の確保を図っている。

調整器については、供給設備の技術上の基準を定め、液化石油ガス販売事業者等にその適合・維持を義務づけ、定期的な検査の実施義務を課している。

具体的な検査内容は、調整器について容器の交換時等に使用上支障のある腐しよく、割れ、ねじのゆるみ等の結果がないものであるかどうかの検査及び4年ごとの定期検査でガスを止めて適切な圧力に減圧されているかどうかの検査の実施を義務づけている。

しかしながら、容器の交換時等に行う検査は、簡易な検査技術がないことから、現状では目視検査に頼らざるを得ず、LPガスの大量漏えいにつながる可能性のある調整器の異常を早期に発見できず、事故につながることもある。

本調査研究事業は、調整器の劣化等の簡易な異常診断技術等を開発し、必要に応じ国の技術基準の改正等の検討に資するものであり、このような調査研究を民間企業のみの実施に委ねることは困難なため、国が積極的に行う必要がある。

## 1 - 3 政策的位置付け

液石法では、一般消費者等における液化石油ガスによる災害を防止することを目的とし、その方策の一つとして液化石油ガスの供給設備について技術上の基準を同法の省令で定め、これに適合・維持することを液化石油ガス販売事業者等に義務付けている。

調整器については、供給設備として技術上の基準に適合したものが否かを、供給開始時及び定期的に点検することを義務付けている。

本調査研究は、「原子力安全・産業保安政策」のうち「産業保安」施策の一環として位置付けられている。LPガスの保安については、近年事故発生件数が高止まりにあることから、事業者への法令遵守の指導強化や安全普及の促進、保安に係る技術開発等の施策に重点化を図っており、調整器によるガス漏れ事故防止を目的として実施した技術開発事業である。

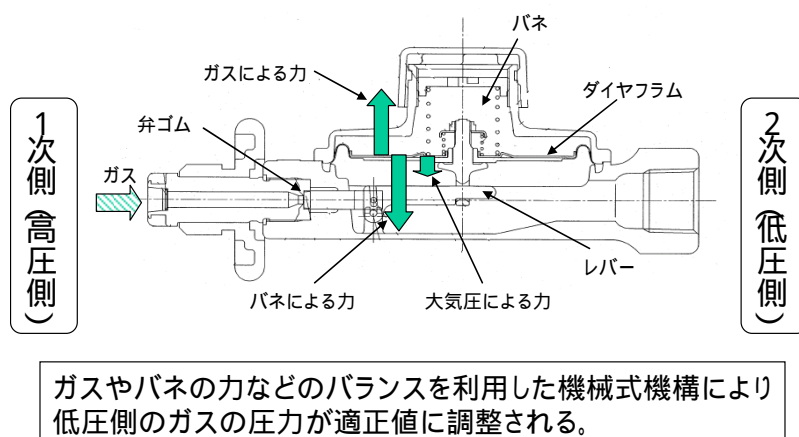
## 2. 研究開発目標

### 2 - 1 研究開発目標

LPガス供給設備に使用される調整器は部品の劣化を考慮して、7年又は10年の交換期限が設けられている。ガス販売事業者は期限内に交換するよう取り組んでいるが、調整器の使用環境は様々であることから劣化の進行が早まるケースも考えられる。これらの調整器は期限内であっても性能が低下し安全上問題があるため、早期の交換が必要となる。調整器の性能低下を検出するための検査は4年に1度の定期検査又は容器交換時の外観検査などが実施されているが、これらの検査よりも簡便かつ頻繁に行うことが可能な検査技術を確立するための調査研究が必要である。

調整器は内部に組み込まれたバネとダイヤフラムを使用した機械式機構によって、高圧のガスを低圧に減圧し、安定した圧力で燃焼器にガスを供給する機器である。

調整器の作動原理



調整器の異常によるガス漏えい事故のほとんどは、ゴム製のダイヤフラムの劣化によりダイヤフラムに亀裂、穴が生じたことにより発生している。

本調査研究プロジェクトでは、調整器内部の部品の劣化は外観検査では判定が難しいことから、ダイヤフラムに亀裂、穴が生じガスが漏えいする際の特徴的な音や圧力変化を分析することで調整器の劣化を検知する簡易な調整器の異常診断技術を開発する。

また、調整器は燃焼器のガス消費量に応じて容量の種類があり、一般に容量が10kg以下のものを小型、10～30kgまでのものを中型、30kgを超えるものを大型と呼んでいる。集合住宅、ビジネスホテル、病院などの液化石油ガスを大量に消費する施設では、大型調整器が設置されており、大型の調整器で異常が発生した場合には大量のガスが漏えいし被害が大きくなるおそれがあるため、大型の調整器には、より高い安全性が求められる。

このため、大型の調整器に本プロジェクトで開発する異常診断装置を組み込み、LPガス用通信ネットワーク（集中監視システム）に接続することによって遠隔から常時監視できるシステムを開発する。

なお、本調査研究の開始当初、異常診断装置には高感度センサーとしてセンサー感度：マイナス12dBの性能を目指す必要があると想定していたが、実験結果からこの感度では調整器周辺の暗騒音（車の振動音、生活音等）までも感度良く計測してしまい、実際の診断に必要な振動音が暗騒音に紛れてしまうという知見が得られたため、この結果からセンサー感度を見直しマイナス41dBとした。

## 2-1-1 全体の目標設定

表 2.1.1 全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
<p>調整器のダイヤフラム等が劣化すると特有の圧力変動が発生することから、センサーでそれを検知し、解析することで調整器の異常を判断することが可能な異常診断装置について調査・検討を行う。</p>	<p>容器から供給されるガス圧力を減圧させるための調整器には、安全を確保するために7年・10年といった交換期限が設けられており、期限内に交換するための取り組みもなされている。しかしながら、使用環境によっては劣化が早まるものがあり事故につながることもある。このため、技術上の基準に適合しているか否かを定期的に点検することが義務付けられており、4年ごとに実施する点検では消費者にガスの使用を止めてもらい、調整圧力及び閉塞圧力等の各種点検を実施しているが、それでも調整器関連の事故は発生している。</p> <p>毎月の容器交換時の目視による点検を行うときに、ガスを止めることなく簡便に調整器の異常が検知できる装置があれば、消費者に負担をかけることなく点検頻度を増やすことが可能となり、劣化によって漏えい事故を起こす前に調整器を交換が可能となり、保安の向上に資する。</p>
<p>異常診断装置をあらかじめ組込んだ大型調整器を製作し、その性能につい</p>	<p>調整器にあらかじめ異常診断機能を組込むことにより、バルク供給設備や</p>

<p>て調査・検討を行う。</p>	<p>集合住宅などガス消費量の多い設備に使用される大型調整器への設置が容易になり、安全性も向上することとなる。</p>
<p>異常診断装置を組み込んだ調整器をネットワーク(集中監視システム)に接続し、遠隔からの常時監視を可能とするための接続技術について調査・検討を行う。</p>	<p>現在、各LPガス消費世帯の安全機器(マイコンメータ)に通信機能を持たせ、一般電話回線や無線電話回線を経由し、LPガス販売店などとの情報(保安情報やガス残量管理など)のやりとりを行うことが可能なネットワーク(集中監視システム)が構築されている(LPガス消費世帯約2600万世帯のうち600万世帯(約23%)に普及)。この集中監視システムに接続して遠隔からの常時監視を行うことにより、保安の向上に資する。</p>

## 2 - 1 - 2 個別要素技術の目標設定

表 2.1.2 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
調整器劣化実態調査	実際に一般消費者宅等で使用された調整器を回収して、性能試験等の調査を行い劣化進行状況を確認する。	使用された小型及び大型調整器の性能に関して、異常または正常の実態を把握する。
調整器劣化促進試験	劣化及び故障(作動不良又は作動不可)要因に着目して人為的に劣化させた調整器を製作し、その特性を確認する。	特定の故障要因に着目し、故障した場合に小型及び大型調整器の特性がどのように変化するかを把握する。
劣化現象と検知現象の相関調査	調整器(ダイヤフラム等)が劣化すると特有の圧力振動が変化することを検知し、相関性を検討する。	小型及び大型調整器が劣化した場合、それを検知する最適な方法(手段)を模索する。
診断プログラムの検討	ダイヤフラム振動等により生じる圧力振動から機器の異常を判断する診断	小型及び大型調整器が劣化した場合に検知された情報の処理方法を検討し、



	プログラムを検討する。	異常診断を行う原理を確立する。
診断装置の試作・確認	小型調整器用異常診断装置及び異常診断装置を組み込んだバルク用大型調整器を製作し、評価・確認を行う。	検討した診断プログラムを搭載した機器を実際に具現化し、実使用上問題がないかを確認する。
ネットワーク接続に関する検討	大型調整器に組み込んだ異常監視機能と集中監視システムとの接続技術を調査・研究し、異常診断装置対応通信機能部の標準仕様を作成する。	集中監視システムを用いて遠隔から診断装置を稼働させ、実使用上問題ないかを確認する。

### 3. 成果、目標の達成度

#### 3 - 1 成果

##### 3 - 1 - 1 全体成果

劣化した調整器に関する実態調査及びそれらの特性について調査・研究を行った。また、製造メーカー、機種の違いにより個々に特有の周波数特性を有することが判明し、4社14機種の調整器に対応した異常を診断するプログラムを検討・作成し、その異常診断プログラムを搭載した異常診断装置及びそれを内蔵した大型調整器を製作し、その性能について調査・研究を行った。更に集中監視システムに接続し、遠隔からの常時監視を可能とするための接続技術を開発した。

##### 3 - 1 - 2 個別要素技術成果

###### (1) 調整器劣化実態調査

###### 1) 回収調整器調査結果

###### (a) 小型調整器の場合

気密試験結果について

・気密試験（1次側）において圧力降下が認められたものは56個中1個だけであった。1次側圧力の密閉を保つための弁ゴムの劣化による可能性が高いことが判った。

気密試験（1次圧）

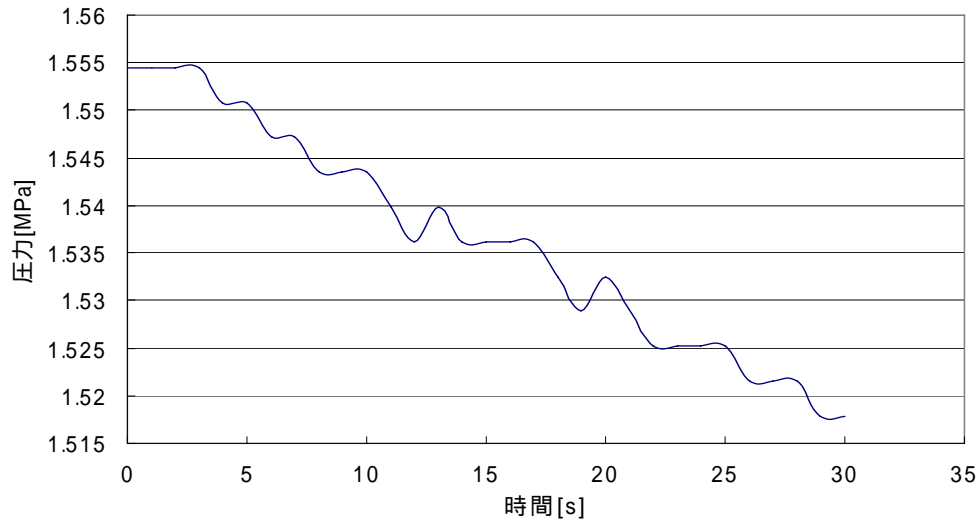


図 3.1.2.1 気密試験（1次側）の異常例

・気密試験（2次側）において規定の範囲を超えたものは56個中4個であった。この試験で異常が認められものはダイヤフラム部の損傷（劣化）等による可能性が高いことが判った。また、今回の気密試験結果から弁ゴムに比べダイヤフラム部の劣化による気密異常が起こるケースが多いことが判った。

気密試験（2次圧）

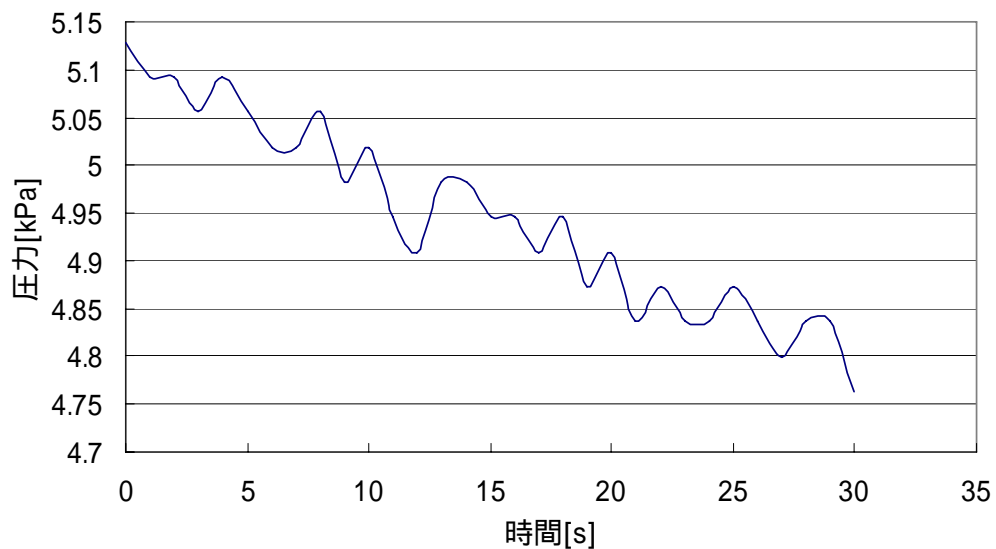
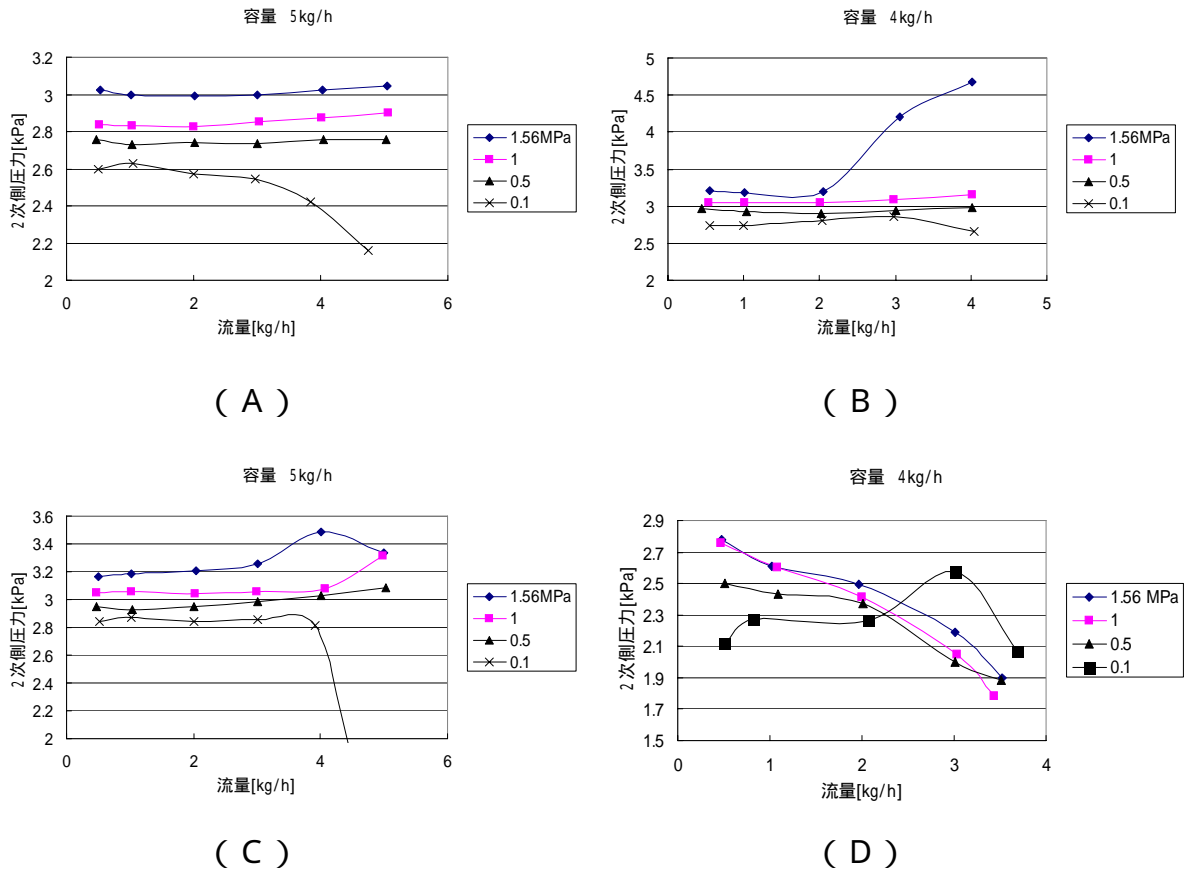


図 3.1.2.2 気密試験（2次側）異常例

### 調整圧試験結果について

・調整圧試験において規定の範囲を逸脱したものは56個中20個であり、その逸脱パターンは様々である。調整器の設置環境や使用状況により部材の劣化の進み具合などが多様であり、そのことが調整器の性能に関係していると考えられる。



- (A) 高流量域で下限値越え (異常)
- (B) 高流量域で上限値越え (異常)
- (C) 高流量域で上・下限値越え (異常)
- (D) 低・高流量域で下限値越え (異常)

図 3.1.2.3 調整圧試験異常例

・気密試験で異常であっても調整圧試験では異常ではないケースが認められた。すなわち弁ゴム又はダイヤフラムに損傷があり気密性が失われていても、直ちに圧力調整機能に影響が出てくるとは限らないことが判った。

### 閉塞圧試験結果について

・閉塞圧試験において規定の範囲を逸脱したものは56個中20個であった。  
 ・閉塞圧試験において異常を示した20個中15個が調整圧試験でも異常であった。調整圧異常と閉塞圧異常には強い相関性があり、圧力調整機能に関する

部材の劣化という同種の原因により起こると考えられる。

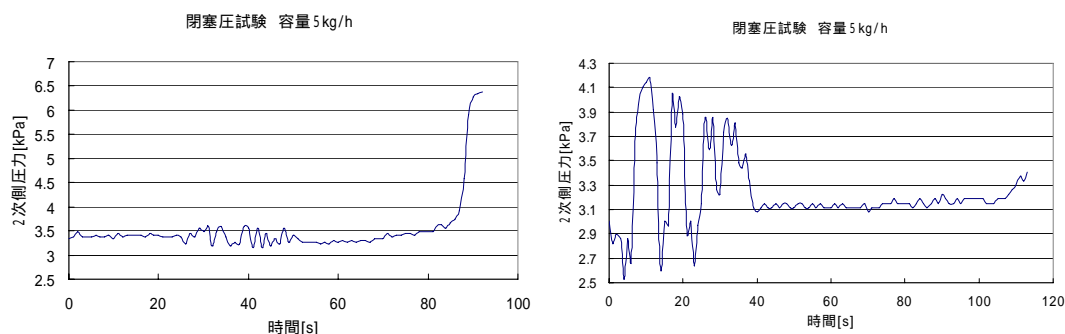


図 3.1.2.4 閉塞圧異常の例

### (b)大型調整器の場合

本調査で回収対象とした大型調整器（22個）は、劣化による性能低下の状況をデータの的に把握することから正常品と異常品の判別する原理の基礎とするために、使用年数が長く（9～13年）劣化が進行しているものを回収した。

回収した調整器のうち、気密異常と閉塞圧異常のものはなかったが、調整圧異常を示したものが10個あり、割合では45%であった。

使用年数別の異常品の個数分布は回収品全体の個数分布と同じであるが、使用年数別の異常品の割合の分布をみると、使用年数14～18年のところに分布のピークが移っており、また、使用年数9年を超えると異常品の割合は50%を超える結果となっている。

調整圧異常を示した10個の流量曲線を見てみると、流量が最大流量近くで調整圧下限値 2.55kPa を下回るパターンであった。

そのうちの一つは使用年数23年の調整器であり、流量が最大でなくても調整圧下限値を下回る結果となっている。また、回収調整器のうち使用期間が最短の3年であったにもかかわらず、調整圧異常が下限値を下回るものがあった。1次側圧力が最大の1.56Mpaにおいて調整圧下限値を下回っていた。

## (2)調整器劣化促進試験

### 1)劣化促進試験

#### オゾンによる劣化促進

オゾン劣化試験装置により、40、50ppm、144h（6日間）伸長率20%の条件で劣化促進したダイヤフラムを装着したものと正常品との硬度値及び比較結果を表3.1.2.1に示す。

オゾン劣化させたダイヤフラムの硬度値は16～17%増加し、正常品に対して硬くなっている。

表 3.1.2.1 オゾン劣化による硬度の変化

	硬度A (標準品)	硬度A (標準品)	
		40 ,50pphm,144h, 伸長率 20%	40 ,50pphm,144h, 伸長率 20%
1	50.1	57.9	58.5
2	50.4	58.1	58.8
3	49.7	58	58.7
中央値(3)	50.1	58	58.7

単位：IRHD ( International Rubber Hardness Degree )

注)ウォーレス社 マイクロ硬度計 モデルH12

また、ダイヤフラムを次の条件で劣化促進試験を行い、材質・形状の変化を観察したところ、引っ張り状態でオゾンに曝され場合、破断しやすいことを確認した。LPガス設備に設置された調整器のダイヤフラムはLPガスの圧力により絶えず応力がかかっている状態であるので、ダイヤフラムにキズなどの損傷が起こる原因の一つと考えられることが判った。

温度：40℃、オゾン濃度：200pphm、暴露時間：87hr、(引張り状態)

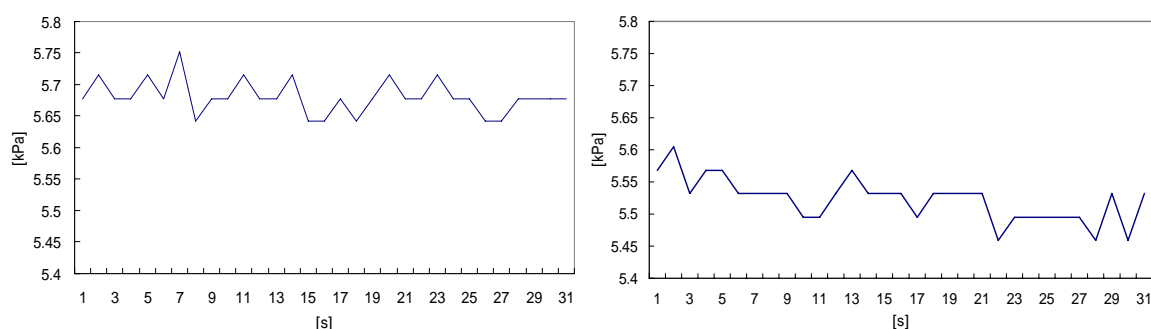


図 3.1.2.5 正常品 (左) とオゾン劣化品 (右)

## 反復試験による劣化促進

調整器に要求されている性能の一つに耐久性があり、それを確認するための試験として反復試験がある。反復試験とは調整器へのガスの流入及び停止の反復操作を長時間行い、調整器に異常が無いことを確認するものである。

平成18年度の調査結果では、正常な調整器に対して業界団体の自主検査基準に規定されている18万サイクルの2倍を超える40万サイクルの反復試験を行っても、気密性能、圧力調整機能に特に異常が生じないことが確認された。しかし、気密試験で判定が難しいレベルでのダイヤフラムの損傷または緩みがある場合は気密性能が徐々に落ちていくこと、すなわち、損傷等の程度が大きくなりガスの漏れい量が増す傾向があることがわかった。



反復試験前の気密試験結果

反復試験(60000 × 4 = 240000 サイクル)後の気密試験結果

図 3.1.2.6 反復試験による劣化

反復試験はガス使用を想定した加速試験に相当するものと考えられることから、仮に、設備に設置された時点では気密試験で合格する程度の損傷(キズ)または緩みであっても、消費者がガスを使用することでキズが成長または緩みが大きくなり、ある時点において気密試験で不合格となるような状態となり、ガス漏れいが起こる可能性があることがわかった。

この結果から、ダイヤフラム部からのガス漏れいのプロセスの一つとして、ゴムの硬化や軟化による突発的な裂傷の他に、ガスの使用により小さな損傷または緩みが徐々に成長していき、ある時点でガス漏れいが起こる可能性があることがわかった。

### (3) 劣化現象と検知現象の相関調査

#### 1) 音響変化との相関調査

ダイヤフラム損傷(穴あき、気密異常)又は弁ゴム損傷を生じた調整器については、正常な調整器と比較して検知現象として顕著な音響変化が発生していることが判った。正常な調整器及び各損傷を生じた調整器の音響計測データをFFT(Fast Fourier Transform: 高速フーリエ変換)解析した代表例を図

3.1.2.7 に示す。

(注) F F Tとは、デジタルデータに対して高速にフーリエ変換(ある関数を三角関数の合成として表す)を行うアルゴリズムであり、F F T解析を行うと計測した音響(振動)が、どのような周波数の振動から構成されているかが判る。

ダイヤフラムの穴あき(直径0.5mm)及び弁ゴム損傷(直径2.5mm、深さ0.5mm)の特徴は、共通して顕著な変化が現れている周波数帯域0Hzから250Hzであり、特に25Hzから50Hz付近の周波数成分は、正常品に比べ大きくなっている。この現象は流量に関係なく生じており、これらの劣化現象と検知現象には相関性があることが判った。

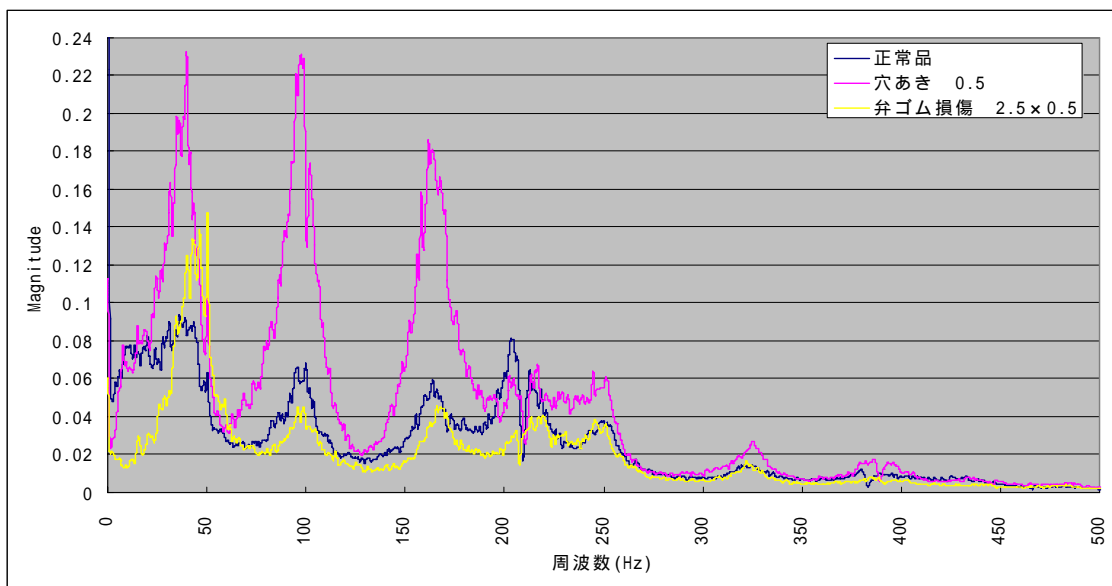


図 3.1.2.7 各損傷品と正常品(入口圧力 0.7MPa、出口流量 800L/h)

## 2) 圧力変化との相関調査

調整器の通気口をふさいだ時に、ダイヤフラムに穴が開いているものと開いていないものでは2次側圧力（調整圧力）及び集音器内の圧力の変化に違いがあることが実験を行った結果判った。

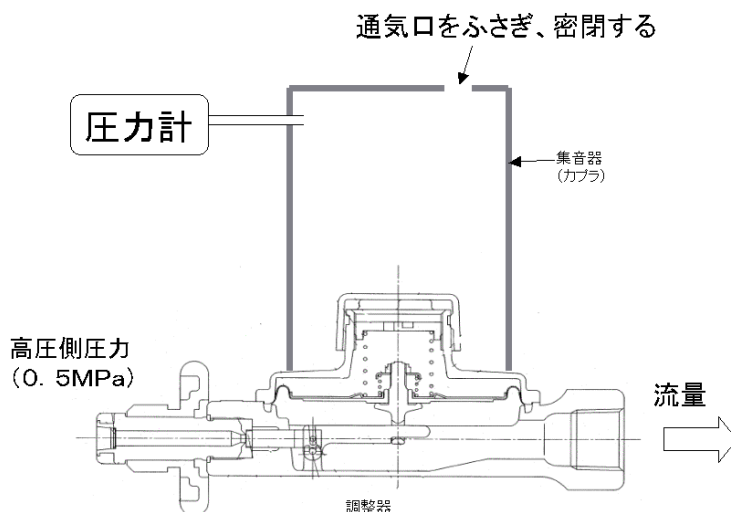


図 3.1.2.8 圧力変化の相関調査

各種調整器（小型、大型、大型二段式）について、漏れがある調整器について圧力計測を行い、以下のことがわかった。

- 単段式、及び二段式の1次側及び2次側の調整器とも漏れが有る場合は通気口を密閉した場合、圧力が上昇することを確認した。
- 各種調整器とも流量の有無に関係なく圧力が上昇した
- 各種調整器ともメーカーの違いに関係なく圧力は上昇した
- 二段式の場合、1次側と2次側の圧力変化を比べると2次側の圧力上昇が大きい
- 漏れない場合（正常品）、圧力変化はほとんど無い

### （4）診断プログラムの検討

#### (A) 音響計測による異常判定

この調査研究を実施するために、調整器からの異常音を効率よく測定し、正常な音と異常な音を区別する異常診断ロジックの基礎を構築した。

#### 1) 調整器の音響特性

調整器の出口流量とその発生する音との関係を調査した結果、流量が増加するとともに音波のスペクトル強度もリニアに増加する。また、周



波数特性については流量に関係なく一定の特徴を示すことがわかった。  
ただし、製造メーカ、機種の違いによりスペクトル強度がリニアに変化を示さないものもあることがわかった。

2) 調整器の容量・型式による音響特性

調整器の容量・型式（形状）ごとに各々特有な周波数特性を有することが判明した。

したがって、容量・型式ごとに適用できる診断指標を構築する必要があった。

3) 同一製造者・型式調整器における音響特性差

同一製造者・型式の正常な調整器であっても、特定のピークレベルが倍程度も異なる個体差があり、バラツキが発生していた。

このため、当初検討していた特定の周波数帯域におけるピークレベルの高低差のみで評価することが難しいと判明したことから、この個体差の影響を受けにくくするため、周波数成分の特徴を考慮した周波数帯域で分割して、その面積（成分和）を算出し、これらの面積比で診断ロジックを構築することとした。

4) ダイアフラムの硬度差による音響特性への影響

オゾン劣化、経年劣化等によりダイアフラム硬度が変化することを想定して、ダイアフラムの硬度差による音響特性への影響を調べた。

周波数特性のスペクトルから、ピークレベル及び周波数帯域にほとんど有意な差が認められなかった。

したがって、音波の音源はダイアフラム振動よりも調整器の弁体、減圧室形態、流路形状等の要素が関与する流体振動等であると考えられる。

5) ダイアフラムに穴が開いた場合の音響特性

ダイアフラムに穴が開いた場合、正常品に対して周波数ピークの位置が移動し、ピークレベルはそれにつれて変化する。これは調整器の減圧室内における流体の流れに変動が生じたものであると推測される。

この特性から、ダイアフラムのピンホール、割れ、損傷等に対する異常検知技術の確立が可能であると考えられる。

6) 弁ゴムに損傷が生じた場合の音響特性

弁ゴムに損傷が生じた場合、正常品に対して周波数ピークの位置が移動し、ピークレベルはそれにつれて変化する。これはダイアフラムの穴あきと同様に、調整器の減圧室内における流体の流れに変動が生じたものであると推測される。

この特性から、弁ゴム又はノズル先端の損傷、弁ゴム部への異物の噛み等に対する異常検知技術の確立が可能であると考えられる。

#### 7) フィードバック機能を無効にしたモデルの音響特性

フィードバック機能を無効にしたモデルの音響特性は、正常品の音響特性と同等の周波数帯域にピークが現れていることから、評価領域として着目している音波の音源は、ダイヤフラム振動よりも調整器の弁体、減圧室形態、流路形状等の要素が関与する流体振動等であると考えられる。

#### 8) ダイヤフラムの振動

実際に小型単段式調整器のダイヤフラムの振動を直接測定することを試みた。測定は調整器の上蓋の一部を透明アクリルで製作し、レーザー振動計で測定した。測定結果より、ダイヤフラムの振動は約 9 Hz 以下のところにピークがあることが観測された。

#### 9) ダイヤフラムの理論解析

小型単段式調整器の圧力を制御するために、ダイヤフラムが振動することから生じる音について理論的に検討した。その結果、制御系から発生する振動は、モデル計算により 12.8 Hz に音源があることが分った。

したがって、(8) 及び (9) により、小型単段式調整器に対して着目している音源は 100Hz 台帯域の音響であるため、ダイヤフラム周りの振動の影響はほとんどないと考えられる。

#### 10) 集音カプラの音響測定への影響

本調査研究において着目した低周波帯域の音源の波長は長い等の物理的特徴から、集音カプラの形状は音響測定に影響を与えないことがわかった。

#### 11) 音波伝搬の解析

小型単段式調整器内部の伝播による音の変化を解析した結果、注目している 100Hz 以上の周波数では音圧ピークは認められなかった。また、音源の位置の影響は小さかった。

#### 12) 解析方法及び手順

解析については、次の周波数解析方法、解析手順及び解析事象により行った。

##### (a) 周波数解析

音響計測により取得したデータは、時間軸上のデータである。本解析ではその中に含まれている周波数成分を調査する必要があるため、時間

軸から周波数軸への変換を高速フーリエ変換 ( F F T : Fast Fourier Transform ) に基づいて行った。

(b)解析手順

1 ) 波形データの可視化

2 ) 周波数成分 ( スペクトル ) の算出

F F T 計算 , 成分和等の算出は , 市販解析ソフト DADiSP を使用。

F F T 計算は , 混合基数法に基づき計算。

窓関数は特に用いない。ただし , 直流成分は必要に応じて除去。

算出値は , パワースペクトル密度を算出。

周波数成分抽出は , 計算結果のシンブソン台形則を用いた成分。

3 ) 事象ごとに周波数成分の特徴整理

4 ) 周波数成分の特徴を考慮した周波数帯域で分割、その面積 ( 成分和 ) を算出

5 ) 周波数成分の特徴を考慮した判定基準の検討

6 ) 判定基準に基づくグラフ化

7 ) グラフより判定基準の構築

(c)解析事象

調整器に起因する L P ガス漏えい事故の主な要因であるダイヤフラム不良及び弁ゴム不良並びに本調査研究による調整器の音響測定結果により調整器の異常・劣化診断に対して有意性が認められたケースを基に、次の事象を有した調整器と正常品との判別を可能とする判定基準を求めた。

小型単段式調整器のダイヤフラム穴あき

小型単段式調整器の弁ゴム損傷

一体型自動切替式調整器の 1 次側ダイヤフラム穴あき

一体型自動切替式調整器の 2 次側ダイヤフラム穴あき

一体型自動切替式調整器の 1 次側弁ゴム損傷

一体型自動切替式調整器の 2 次側弁ゴム損傷

バルク供給用大型単段式調整器のダイヤフラム穴あき

バルク供給用大型単段式調整器の弁ゴム損傷

バルク供給用大型二段式調整器の 1 次側ダイヤフラム穴あき

バルク供給用大型二段式調整器の 2 次側ダイヤフラム穴あき

バルク供給用大型二段式調整器の 1 次側弁ゴム損傷

バルク供給用大型二段式調整器の 2 次側弁ゴム損傷

13) 異常診断用判定基準

調整器の音響測定結果及びその解析から、製造メーカー、機種の違いにより個々に特有の周波数特性を有することが判明し、4社14機種の調整器に対応した、ダイヤフラムの穴あき又は弁ゴム損傷による異常・劣化が生

じている調整器と正常な調整器の判別を可能とする判定基準を求めた。

その代表例として小型単段式調整器の事例を次に示す。図 3.1.2.9 はこの調整器の周波数特性である。この図からダイヤフラム穴あき（直径 0.5mm）及び弁ゴム損傷（直径 2.5mm、深さ 0.5mm）の特徴は、共通して顕著な変化が現れている周波数帯域は 0Hz から 250Hz であり、特に 25Hz から 50Hz 付近の周波数成分は、正常品に比べ大きくなっている。この現象は流量に関係なく生じており、この周波数領域における表 3.1.2.2 の分割周波数帯域に着目して構築した判定基準及び判定結果を表 3.1.2.3 及び図 3.1.2.10 に示す。

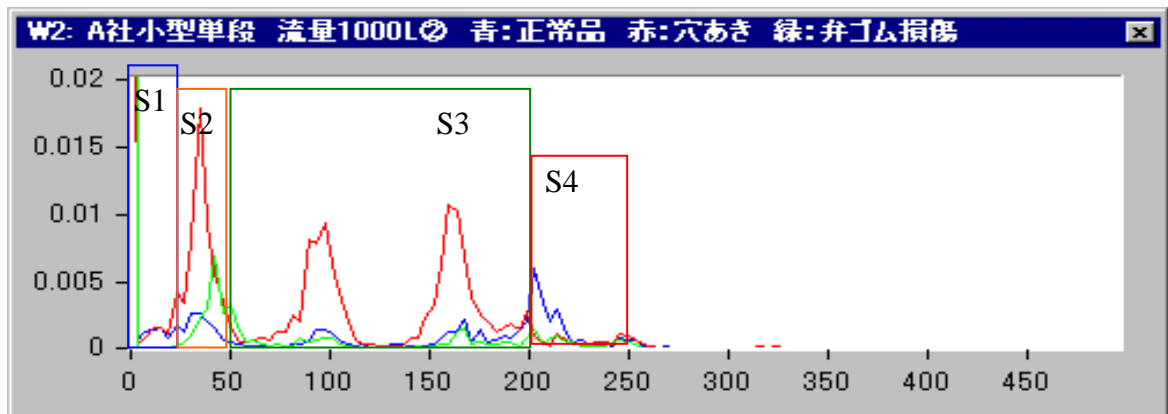


図 3.1.2.9 周波数特性と分割周波数帯(入口圧力 0.7MPa、出口流量 1000L/h)

表 3.1.2.2 分割周波数帯

領域	下限(Hz)		上限(Hz)
S1	0	~	25
S2	25	~	50
S3	50	~	200
S4	200	~	250

(注) 各領域で下限の周波数を含まない。

表 3.1.2.3 判定基準

X	Y	Index
S1/S2	S4/(S1+S2+S3+S4)	$Y > -0.25X + 0.3$

Index を満たせば正常品である。

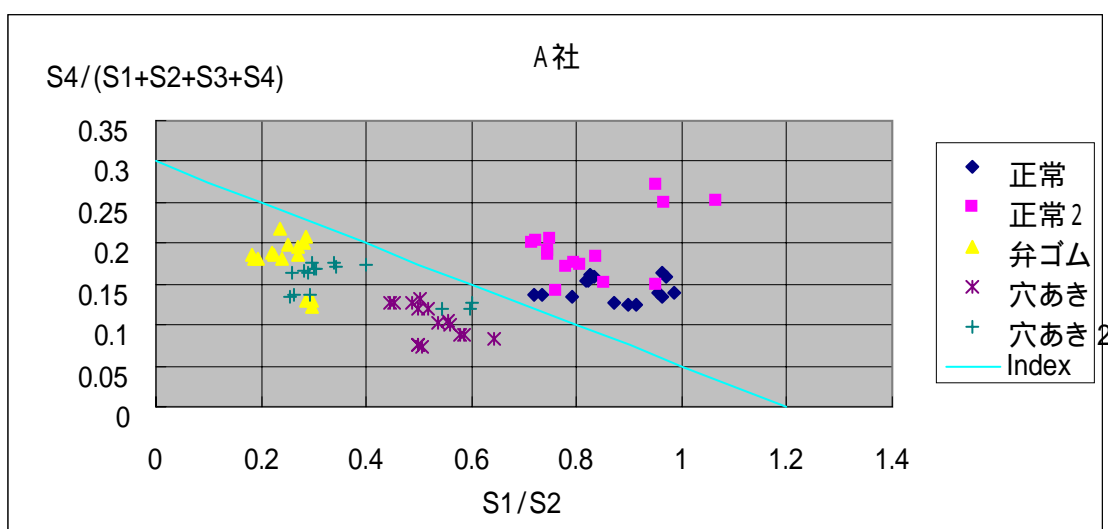


図 3.1.2.10 判定基準による判定結果

本調査研究により構築した異常診断用判定基準は次のとおりである。

- (a) 小型単段式調整器及び一体型自動切替式調整器の判定基準を表 3.1.2.4 に示す。
- (b) バルク供給用大型単段式調整器及びバルク供給用大型二段式調整器の判定基準を表 3.1.2.5 に示す。

表 3.1.2.4 判定基準一覧 (小型)

		周波数分割範囲										判定基準					
		S1		S2		S3		S4		S5		No.	X	Y	Index	正常品の条件	
小型	単 段 式	A	0	25	25	50	50	200	200	250	-	-	1	S1/S2	S4/ (S1+S2+S3+S4)	Y>-0.25X+0.3	No.1
		B	0	45	45	55	55	100	100	150	-	-	1	S2/ (S1+S2+S3+S4)	S4/ (S1+S2+S3+S4)	Y<-43.75X+3.0625	No.1
		C	0	25	25	55	55	110	110	150	-	-	1	S3/ (S1+S2+S3+S4)	(S1+S4)/ (S1+S2+S3+S4)	Y<7.5X-1.275	No.1 and No.2
													2			Y>2.25X-0.3825	
	D	52	85	85	150	150	160	160	175	175	185	1	S3/S4	S5/S4	Y>-0.40625X+0.84875	No.1 and No.2	
												2	S1/S2	S1/(S1+S2)	X<0.6		
	一 体 型 自 動 切 替 式	A	1000	1500	1900	2100	3500	3750	3750	4000	-	-	1	S3/S4	S1/S2	Y<-1.5X+4.5	No.1 or No.2
													2			Y>-9.55X+23.2	
		B	2000	2500	2500	3000	3300	3400	3580	3680	3680	3750	1	S4/S3	S1/S2	Y>-0.8X+1.4	No.1 and No.2
													2	(S4+S5)/S1	S4/S3	Y<1.235X+0.1535	
		C	900	1500	1900	2100	2850	3000	3800	3900	4250	4450	1	S5/S4	S3/S4	Y<-3.667X+24.402	No.1 and No.2
													2	S1/S2	S3/S4	Y>-8X+25.2	
D		750	900	1750	2100	3000	3500	3500	3700	-	-	1	S2/S3	S1/S4	Y<0.7	No.1	

(注) 各領域で下限の周波数を含まない。

表 3.1.2.5 判定基準一覧 (大型)

		周波数分割範囲										判定基準					
		S1		S2		S3		S4		S5		No.	X	Y	Index	正常品の条件	
バルク供給用大型	単段式	B	120	500	1400	1700	2200	2600	-	-	-	-	1	S1/S2	S3/S2	$Y < 0.15X - 0.3$	No.1
		C	200	400	600	800	1400	1600	-	-	-	-	1	S2/S1	S3/S1	$Y > 0.583X - 0.0664$	No.1 and No.2
												2	$Y < 0.583X + 0.065$				
	二段式	A	0	210	140	180	260	264	280	284	1500	1550	1	S5/S6	S7/S6	$Y > 3.3X - 0.44$	No.1 and No.2 and No.3
			S6		S7		S8		S9		S10		2	S2/S3	S3/S4	$Y > 0.071X + 0.547$	
			1550	1650	1650	1700	400	1400	1500	1800	2100	2200	3	S9/S10	S1/S8	$Y > 1.91X - 3.694$	
		B	60	100	1900	2000	3300	3450	4900	5000	-	-	1	S1/S2	S3/S4	$Y < -3.0X + 17.6$	No.1
		C	55	120	200	420	500	550	580	600	1000	1400	1	S5/S1	S2/S1	$Y < 1.95X$	No.1 and No.2 and No.3
			S6		S7		S8		S9		S10		2	S3/S4	S6/S7	$Y < -0.545X + 5.2$	
			3200	3600	4200	4400	-	-	-	-	-	-	3			$Y > 2.82X - 4.52$	
		D	0	210	310	400	400	600	4000	4050	4050	4300	1	S2/S1	S3/S1	$Y < 0.05$	No.1 or ( No.2 and No.3 and No.4 and No.5)
	2												$Y < 0.2$				
	3												$Y > 0.15$				
	4												$X < 0.2$				
5	-		S5/S4	$Y < 6$													

(注) 各領域で下限の周波数を含まない。

## (B) 圧力計測による異常判定

ダイヤフラム部に漏れがある場合、カブラの通気口を閉じるとカブラ内の圧力が上昇する原理として、以下のことが考えられた。

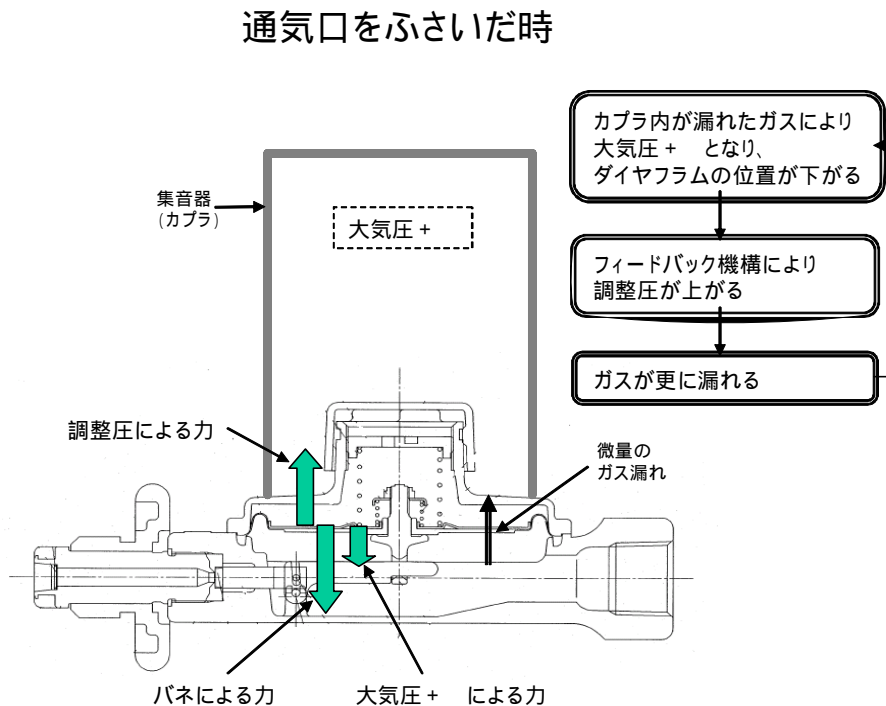


図 3.1.2.11

音響計測を行う際に使用するマイクロホンやアンプ等の機器を使用し、音圧（圧力）の変化を計測することで異常判定を行う手法についても検討・評価を行った。実際に使用された回収調整器を使って圧力計測による異常判断の評価を行った。

### ( ) 小型調整器の場合

実際に気密試験で異常を示した調整器のカブラ内の圧力変化を測定し、その下限値を根拠にして、0.003kPa 以上の圧力上昇があった場合を異常、それ以下の場合は正常とすることを判定指標とした場合、従来の気密試験（2次側）との判定結果との合致率は94.5%となった。また、圧力上昇の有無のみで判定した場合でも70.1%の合致率となった。

### ( ) 大型調整器の場合

大型調整器の場合、回収調整器の中に気密異常品は無かったので、異常品の実験のデータは得ることができなかったが、圧力上昇が0.001kPaであった場合を判定指標とした場合、気密試験による判定との合致率は95.5%となった。また、0.002kPa 以上を判定指標とすれば100%の合致率となる。先に行った実験で人工的に漏れをおこした調整器の圧力上昇の平均値が0.037~0.044kPaであったことを考えると気密試験と圧力上昇による判定が合致する可能性は高いと考えられる。



(5) 異常診断装置及び組込型調整器の試作・確認

調整器異常診断装置及び異常診断機能組込調整器の試作を行い、高圧ガス保安協会内で性能確認を行った。製作した試作品の仕様を「調整器異常診断装置仕様書」としてまとめた。

主な性能確認項目：防水性能、環境性能、耐食性能、衝撃性能

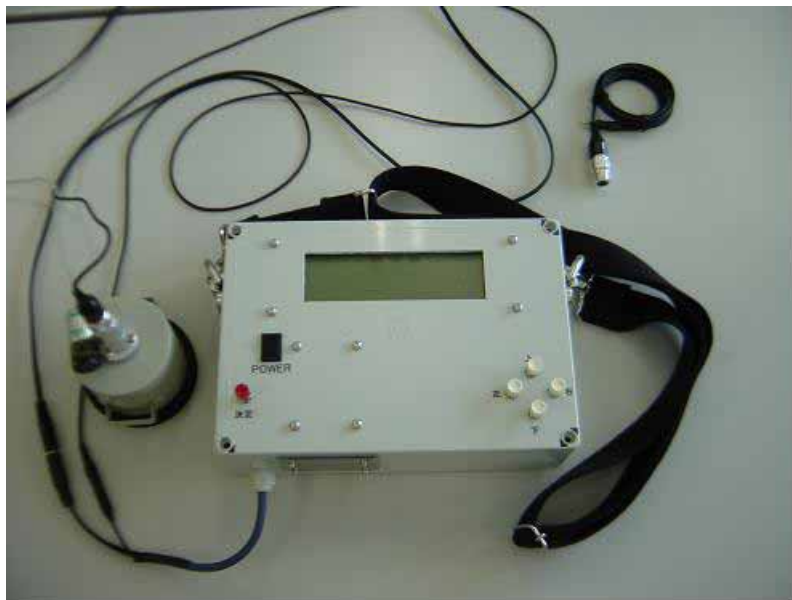


図 3.1.2.12 調整器異常診断装置



図 3.1.2.13 異常診断機能組込型調整器



また、現在稼働している集中監視システムの通信機能は「集中監視システム標準仕様書」により標準化されているが、これとの接続を可能とする新たな接続機器としての通信仕様について検討を行うとともに、試作による実証確認を実施し、仕様書としてまとめた。

(内容)

入力部及び出力部の電氣的仕様

各種通信シーケンス及び通信電文の内容

- ・診断ボタン押下時のセンターポーリング
- ・端末発呼受信時
- ・テストボタン押下時のセンターポーリング

### 3 - 1 - 3 特許出願状況等

表 3.1.3.1 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の被引用度数	特許等件数(出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
異常判定技術	0	0	1	0	0	0	0
計	0	0	1	0	0	0	0

表 3.1.3.1 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
投稿	KHK Newsletter「調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究」	H19.12
発表	平成18年度第19回研究成果報告会「調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究」	H18.9
	平成19年度第20回研究成果報告会「調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究」	H19.9
特許出願	出願 No.2007-288084「圧力調整器異常検出装置及び圧力調整器異常検出方法」	H19.11 審査中

### 3 - 2 目標の達成度

製造メーカ、機種種の相違により個々に特有の周波数特性を有することが判明し、4社14機種種の調整器に対応した異常を診断するプログラムを検討・作成した。

表 3.2.1 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	成果	達成度
調整器劣化 実態調査	実際に一般消費者宅等で使用された調整器を回収して、性能試験等の調査を行い劣化進行状況を確認する。	回収した調整器の性能試験を実施し、各種調整器の劣化特性データを取得した。	達成
調整器劣化 促進試験	劣化・故障要因に着目して人為的に劣化させた調整器を製作し、その特性を確認する。	オゾンによる劣化や耐久試験（反復試験）による劣化促進試験を実施し、劣化特性データを取得した。	達成
劣化現象と 検知現象の相 関調査	調整器（ダイヤフラム等）が劣化すると特有の圧力振動が変化することを検知し、相関性を検討する。	高感度マイクロホンを使用して調整器から発する圧力変動（音波等）を検知して、ダイヤフラム等が劣化した場合との相関性データを取得した。	達成
診断プログ ラムの検討	ダイヤフラム振動等により生じる圧力振動から機器の異常を判断する診断プログラムを検討する。	取得した様々なデータを基礎として、調整器の異常を診断するプログラムを検討・作成した。	達成
診断装置の 試作・確認	異常診断装置及び異常診断装置を組込んだバルク用大型調整器を製作し、評価・確認を行う。	作成したプログラムを搭載した試作品を作成し、機能の確認・評価を実施した。	達成
ネットワー ク接続に関す る検討	調整器に組込んだ異常監視機能と集中監視システムとの接続技術を調査・研究し、異常診断装置対応通信機能部の標準仕様を作成する。	既存の集中監視システムとの接続が可能である接続使用を検討し、試作により機能及び接続方法を確認した。	達成

## 4 . 事業化、波及効果について

### 4 - 1 事業化の見通し

LPガス消費設備を安全に使用するためには、ガスの圧力を高圧から低圧に減圧する調整器は不可欠であり、保安上重要な機器である。LPガス販売事業者は、ガス供給開始時及び定期的に適切な圧力に減圧されているかどうかを点検することが義務づけられている。この点検を行う際には消費者にガスの使用を停止してもらい、設備の一部に計測器等を取り付けて点検する必要があるため、特に集合住宅や業務用の大規模な消費設備においては、一斉にガス供給を停止することとなり、消費者に不便を強いることとなる。

本調査研究で開発した異常検知装置を使用すれば次のような利点がある。

消費者がガスの使用を停止することなく調整器の異常を検知できる

設備に計測器等を付加する工事を行わなくても調整器の異常を検知できる

LPガス事業者がこのような小型で簡便な検知装置を備えていれば数年周期である定期検査に加えて、容器交換時等の際にも検査を実施することができるようになり、調整器の異常をより早く検知することが可能となる。

本調査研究で開発した異常検知装置に採用されているセンサは従来の高額な計測専用センサではなく低額で小型なものであるため、コストも低く普及しやすいと考えられる。また、装置の利便性が認知されれば大量生産も可能であり、更なるコストの低減が見込まれる。また、本開発品の仕様及び異常診断判定プログラムは国の委託事業の成果となるためこれらを基にソフトウェアに関する開発コストも抑えることができ、事業化の可能性は大いに期待できる。そのため、主要な調整器メーカーと異常検知装置の普及に向けて検討することとしている。

### 4 - 2 波及効果

本調査研究では、調整器のダイヤフラム等が劣化すると特有な振動音（圧力振動）が発生することから、ダイヤフラム等の劣化により生じる振動音の変化から調整器の異常を判断する異常検知技術を構築した。この正常状態から異常状態への振動が変化する現象に着目すると、この構築した異常検知技術（圧力・音響検知技術）は、次の分野への応用、転用の可能性がある。

石油、化学、電力等の製造プラントにおける圧力容器、配管等からのガスの漏えい検知による設備管理（気体が大気中に放出される際、静止している大気と速度をもった気体との境界で発生する渦の振動を検知して診断を行う。）

製造業で多く使用されている回転機器類（ポンプ、圧縮機等）の異常音、異常振動の検知による設備管理（ベアリング、軸受け等の傷や潤滑不良の異常は振動の発生を伴うため、この異常振動を検知して診断を行う。）

ベアリング、ギア等で構成された製品の品質検査  
 オフィス、住居、自動車等への防犯、盗難防止セキュリティー技術

## 5 . 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

### 5 - 1 研究開発計画

表 5.1.1 研究開発計画

実施項目 / 年度	17	18	19
調整器劣化実態調査			→
調整器劣化促進試験			→
劣化現象と検知現象の相関調査	→		→
診断プログラムの検討	→		→
診断装置の試作・確認		→	→
ネットワーク接続に関する検討			→

調整器劣化実態調査により実際に使用された調整器の劣化のデータを収集し、調整器劣化促進試験では劣化した調整器を計測することでその特性データを得た。劣化現象と検知現象の相関調査では及びにより得たデータから、それらの現象の相関性に関する検討を行い、診断プログラムの検討で劣化診断方法を構築した。その後、診断装置の試作・確認において試作品の評価を行い、最後に、診断装置が遠隔からの操作が可能とするために、集中監視システムに接続するための検討であるネットワーク接続に関する検討を行った。

## 5 - 2 研究開発実施者の実施体制・運営

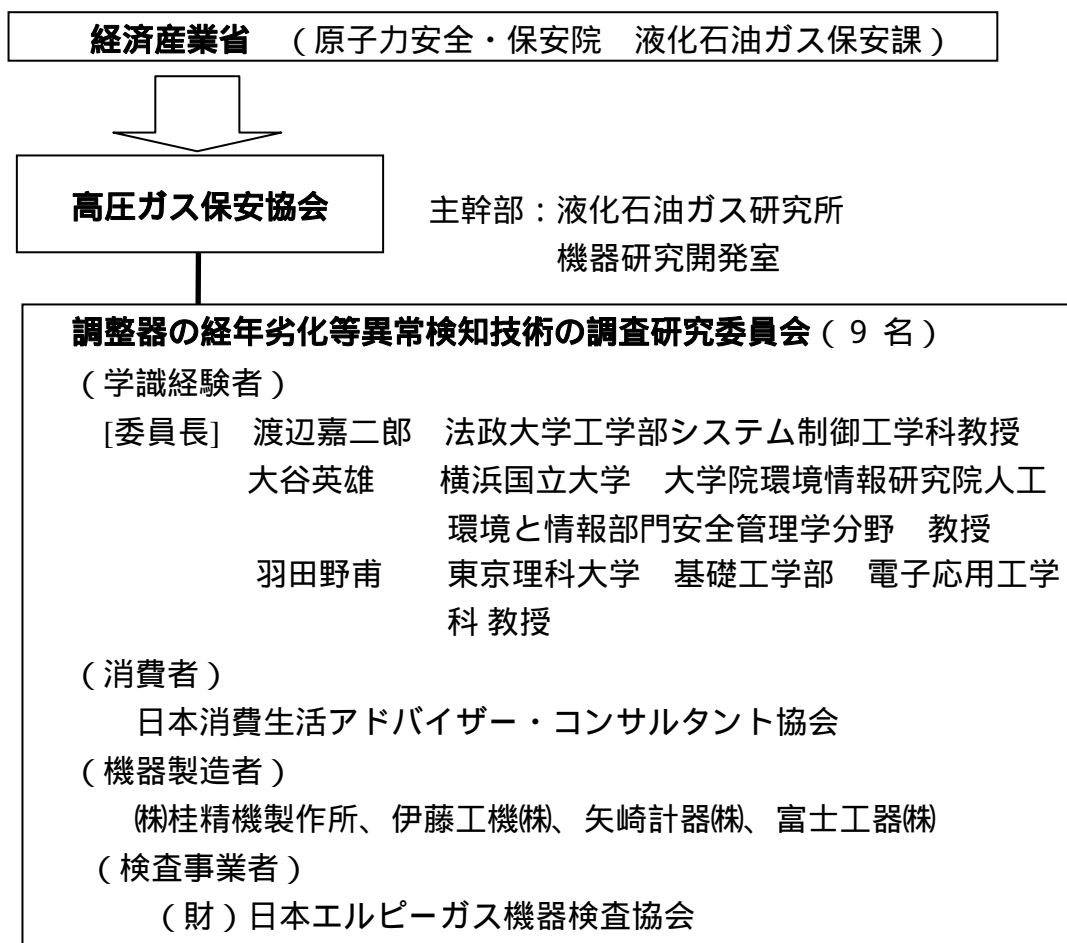
### (1) 調査研究実施者の実施体制

本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、高圧ガス保安協会が経済産業省からの委託を受けて実施した。

高圧ガス保安協会は、同協会液化石油ガス研究所において、研究計画の立案、調査内容の策定、調査実験、データ収集・解析などの調査研究を実施し、その結果のとりまとめを行った。

### (2) 調査研究委員会等

本事業の実施にあたっては、ガス使用実態、技術動向、一般消費者等のニーズを把握し、事業を効率的に推進するため、高圧ガス保安協会の中に、学識経験者、関係団体、機器メーカー、ユーザなどからなる調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究委員会（以下、「調査研究委員会」という。）を設置し、各年3回開催して、研究計画目標の決定、産業界における技術動向などの実情や事業の進捗状況に基づく計画目標の見直し、事業成果の評価など、研究プロジェクトの総合的な方向性に関する審議、指導を仰いだ。



本プロジェクト成果を速やかに普及させるため、当初より、調整器製造メーカー、検査事業者、消費者関連団体の参加を得て、その意見を開発案に反映させ

るとともに評価を受け、開発を行った。

### 5 - 3 資金配分

本事業は、3年間で3.7億円を投入して実施したプロジェクトであり、次表にその予算配分・推移を示す。

表 5.3.1 資金配分 (単位：百万円)

年度 平成	17	18	19	合計
調整器劣化実態調査	0	11	0	11
調整器劣化促進試験	77	0	11	88
劣化現象と検知現象の相関調査	43	6	5	54
診断プログラムの検討	17	8	5	31
診断装置の試作・確認	0	98	64	163
ネットワーク接続に関する検討	0	0	25	25
合計	137	123	112	370

平成17年度では調整器劣化の特性データを得るための調整器劣化促進試験及びデータ相関関係を解明する劣化現象と検知現象の相関調査に主に資金配分を行った。平成18年度では主に診断装置の試作・確認を行い、平成19年度は試作品の改良及びネットワーク接続に関する検討について重点的に配分した。

### 5 - 4 費用対効果

本事業は、総額3.7億円を投じて実施したプロジェクトである。

現在、年間約200件(平成19年度)のLPガスの事故が発生している。ひとたび事故が発生すると火災や人命の喪失につながる。失われた命は、取り戻すことはできず、金銭に置き換えることはできない。液化石油ガスによる災害を防止することは、国の責務である。

平成10年から19年にかけて発生した調整器の経年劣化等に起因した事故は48件であった。この事故件数の約90%はダイヤフラム、弁ゴム、気密シール部等の経年劣化・不良が原因であり、本異常診断装置を利用することによりこれらのガス漏えい事故を未然に防止する可能性が高まると考えられる。また、事故1件あたりの物的損害に限って仮設費、復旧費、休業補償費等で200万円程度と試算すると10年間で約1億円程度の効果が見込める。

今後、安全・安心な社会の構築に向けて、更に一般消費者等におけるLPガ



スによる災害を防止する観点から、消費者にガスの使用停止を依頼することなく調整器の異常を検知できる、設備に計測器等を付加する工事を行わなくても調整器の異常を検知できるこの簡便な異常検知装置を備えていれば数年周期である定期検査に加えて、容器交換時等の際にも検査を実施することができ、調整器の異常をより早く検知することが可能となり、更に大きな費用対効果が見込める。

L P ガス販売事業者の合理化・省力化については、簡便な診断装置による検査が行われると、さらに効率的な保安業務が実施されることとなり、保安の確保に大きく貢献するものと考えられる。

## 5 - 5 変化への対応

研究開発を実施した3年間において、研究開発に影響を及ぼすような社会的・技術的情勢の変化はなかったが、情勢の変化が起こった場合にも対応できるよう高圧ガス保安協会液化石油ガス研究所で情報収集を行い、各年度当初の調査研究委員会において開発計画について検討し、研究開発を推進した。

## 第3章 評価

## 第3章 評価

### 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

本プロジェクトは、調整器の劣化等の簡易な異常診断技術を開発することにより、LPガス事故のうち約1割を占める調整器の経年劣化による事故の防止を目的とし、LPガスの保安対策の一環として位置付けられる事業であり、その目的は妥当と考えられる。また、本プロジェクトで開発する異常診断技術は、国が定める保安規制の検討に資するものであり、かつ、当該規制に係る技術基準との整合性も検討する必要があることから、民間のみに実施を委ねることは困難であり、国の関与が必要である。

#### 【肯定的意見】

最近のLPガス関係事故のかなりの割合を占める漏えい事故のうち、およそ1割が調整器の経年劣化によるといわれているが、本事業は、調整器の劣化等の簡易な異常診断技術および大型調整器への組込技術の開発を行うことにより、ガス漏えい事故の防止を目的としたもので、液石法に基づく一般消費者等の保安の確保のためにも、国が積極的に関与すべきものといえる。

LPガスは広く使われており、LPガスボンベからの漏えいは一般消費者の重大な事故につながる恐れがある。LPガスの事故件数は増加傾向にあり、調整器の異常をオンサイトで検出する技術開発は事故防止のために重要である。

本事業はLPガスの供給設備の中で圧力を制御する重要な機能を担っている調整器において部品の劣化に起因して発生する漏えい事故の防止を目的に、調整器の劣化等の簡易な異常診断技術等を開発し必要に応じて国の基準の改正等の検討に資するものであり、その公共性から国が関与する事業として適切である。

液化石油ガスによる消費者災害は、液石法により保安の確保がなされているが、経時劣化など調整器の異常による事故は防ぎきれしていない。このような予防的な技術開発は、民間に任せるとどうしても後回しになりがちであると考えられる。事故の数が少ないとはいえ、LPガス使用者の安全を考えると、調整器からのガス漏れ事故防止は、保安規制の前提となる技術開発に資するものであり、民間だけに実施を委ねるのは困難。国の事業として進めることで、すべての液化石油ガス事業者が行なう安全点検の促進に繋がることが期待できる。したがって、国の事業として妥当であると判断する。

また、本事業は、高圧ガス・液化石油ガス等保安対策の一環として位置づけられ、おこなわれたものであり、政策的位置づけも明確である。

LPガスの安全を確保する上でガス供給設備の定期的な検査は必要であるが、設備

の劣化を早期に検知することができれば安全レベルは向上し、使用者も安心して利用することができる。そのために調整器の劣化によるガスの漏えいを簡便に、しかも遠隔で常時監視できる装置の実用化は社会的意義が大きい。国の定める検査に関する技術基準との整合を考える必要があるので国の事業として実施する必要があると考えられる。

**【問題点・改善すべき点】**

通常、予防的な技術開発は、後回しになりがちである。すでに出来上がった調整器に対し、事故が起こってから、追加的な安全のための診断となるため、そのコストも大きくかかってしまう。今後は、小型調整器も異常を知らせるような能力を持つ機器とするなど、更に進んだ技術の開発に注力されることが望まれる。

## 2. 研究開発等の目標の妥当性

調整器の異常によるガス漏えい事故のほとんどは、ダイヤフラム等の劣化によることから、このような事故を未然防止するため、ダイヤフラムからのガス漏えいにより発生する音波や圧力変化の分析から調整器の劣化を検知する簡易な調整器の異常診断技術を開発するとともに、この異常診断装置を大型調整器に組み込み、LPガス用通信ネットワークに接続し、遠隔から異常を常時監視できるシステムを開発する目標の設定は適切かつ妥当なものである。なお、目標達成度判定のための指標をより明確にしたほうがよかったと思われる。

### 【肯定的意見】

調整器の異常によるガス漏えい事故のほとんどは、ダイヤフラム等の劣化によることから、本研究開発においては、その際のガス漏えいによる特有音や圧力変化の分析から調整器の劣化を検知する簡易な調整器の異常診断技術を開発するとともに、この異常診断装置を大型調整器に組み込み、LPガス用通信ネットワークに接続し、遠隔から異常を常時監視できるシステムを開発しようとするもので、研究開発の目標は適切かつ妥当といえる。

目標設定が具体的であり明確である。

調整器の異常によるガス漏えい事故のほとんどが内部のゴム製ダイヤフラムにおける劣化による穴、亀裂の発生により生じている事実等が知られていることを背景に、ガス供給を止めることなく音や圧力変化の分析により調整器の安全性に関わる劣化等の早期発見を可能とする簡易な異常診断技術および大型調整器への組み込み技術を開発することを大きな目標としたことは適切と考えられる。

小型調整器では、調整器を分解せず、簡易に異常を検知することができる装置の可能性を調査検討するという目標を設定、大型調整器では異常診断装置を機器に組み込むということと、それを集中監視するという目標が設定されている。この全体目標を更に6つの個別の要素技術に分け、その各々について妥当性など、各項目の設定の理由・根拠が明確にされている。調査、検討の組み立てとして、目標の設定は適切かつ妥当であると判断する。

調整器の劣化による事故の防止を図るために、経年劣化の主要な原因であるダイヤフラムと弁ゴムの損傷をガスの使用条件下で検出できる技術を開発し、診断装置の試作を行って性能の評価を行うことはLPガスの利用の安全に大きく寄与するものであると考えられる。さらに、異常診断装置を組み込んだ調整器を集中監視システムのネットワークにより常時監視することが可能になれば保安の向上に役立つことが考えられ、研究開発の目標と目標水準は適切に設定されていると判断される。また、目標達成の指標に関しても適切に設定されていると考えられる。

**【問題点・改善すべき点】**

目標達成度判定のための指標をより明確にしたほうがよい。

調整器の異常に関する調査は、過去にも実施されているようであるが、調査の結果が同じであるのか、異なるのか、異なるのであればどのような違いがあるのか、等の比較検討を行うことも必要と思われる。

調整器の劣化の主要な原因であるダイヤフラムおよび弁ゴムの劣化あるいは損傷が発生する原因または現象が起こる時間経過に関する検討を行えば、ガスの漏えいの開始前あるいは開始直後の早期に異常を検知することが可能な技術の開発に結びつく可能性があるので、短期間での研究計画の中で取り組むことは困難が予想されるが、そのような現象を掘り下げた検討も望まれる。

### 3. 成果、目標の達成度の妥当性

本プロジェクトは、十分な成果を挙げており目標を達成したと評価できる。

音響や圧力の変化を解析することにより調整器の劣化等による異常を診断する技術を開発したことは、調整器の異常による液化石油ガスの漏えい事故の防止に寄与するものとする。本プロジェクトにおいて、調整器のメーカー、機種の違いにより劣化時に発生する音響特性が異なることを確認し、機種に応じた診断プログラムを開発したことは有意義な成果の一つであるが、新たな調整器が普及するごとに診断プログラムの書き換えが必要になり、システム更新に伴うコストの上昇要因になると考えられるので、容易なシステム更新方法の導入など工夫が必要であると思われる。

#### 【肯定的意見】

本研究開発においては、劣化した調整器に関する実態調査および調整器の劣化促進試験を行い、劣化現象と検知現象との相関について検討し、音響計測による異常診断プログラムを開発した。また、異常診断プログラムを搭載した異常診断装置およびそれを内蔵した大型調整器を製作し、その有効性を評価、確認した。さらに、調整器に組み込んだ異常監視機能を集中監視システムに接続し、遠隔常時監視の可能性を示した。

調整器の劣化などの異常診断技術を開発し、ガス漏えい事故防止に資する有用な成果を挙げており、当初の目標を十分達成したといえる。

設定した目標はおおむね達成されている。特に新しい原理に基づく漏えい検知技術開発を行ったことは評価できる。

漏えい事故防止の目的に対応した主目標として設定した、劣化等の早期発見を音や圧力変化を分析することで可能とする簡易な異常診断技術の開発等は、短時間での判定が可能な計測・診断装置が具体的に実現されたことから、達成できたと考えられる。劣化時の音の特性の変化のしかたが機器の種類ごとに異なる中で、種類ごとに適切に異常診断の判断基準を設定することが技術的に可能であることを示したことは大きな意義があると考えられる。

調整器の異常を診断する装置の開発に向け、各種実験を重ね、ダイヤフラムと弁ゴムの異常診断用の特異な振動音による判定基準ができた。設定された目標以外に得られた成果として、調整器の製造メーカー、機種の違いにより、判定基準が異なることも明確にできた。これら作成できたプログラムを用いた試作品による機能の確認ができ、大型の場合、既存の集中監視システムに、今回の診断装置が接続可能であることも実証できている。以上、当初計画の6つの要素技術は達成できた。実際に試作品の確認もした。なお、論文の発表や特許の出願なども行なわれている。以上より、当初の目標は十分に達成されていると判断できる。

達成度に関しては、基準値などが見えず比較は難しいが、成果は出ているといえる。

調整器の劣化の主要な原因であるダイヤフラムおよび弁ゴムの劣化状況を調査するとともに、損傷の発生によって内部を流れるガスの振動で生じる音を解析することにより漏えいを検知できる技術を開発したことは評価できる。さらに実用的な音響解析手法を組み込んだ調整器の異常診断装置の試作と既存のLPガス集中監視装置への接続により実用性の高い安全装置が得られており、成果として評価できる。試作品とはいえ、実用品に近いものが完成しており、評価できる。

#### 【問題点・改善すべき点】

劣化現象等異常診断用判定基準は実用上問題はないと思われるが、今後、その科学的根拠に関する解明が望まれる。

本事業で設定した技術面に焦点をおいた目標に関しては十分な成果が得られたと考えられるが、調整器において劣化により発生音が変化するメカズムについては種々の取り組みがされたものの詳細は十分把握できたとはいえ、将来のさらなる技術発展のために今後本事業の成果を活かしこのメカニズムについての基礎研究が何らかの形で進展する方策が望まれる。

ダイヤフラムの亀裂開口あるいは弁ゴムの損傷でガスの漏えい事故につながる事が予想されるが、劣化の実情の調査結果と事故の被害規模を考えると、弁ゴムの損傷よりもダイヤフラムの亀裂開口の早期検出が重要と考えられる。実用化にあたっては検討対象を絞り、検出限界の亀裂開口サイズを求める一方で、ガス組成や気温、湿度等の影響や雨滴および降雪、振動に対する許容範囲なども明らかにする必要があると考えられる。



#### 4. 事業化、波及効果についての妥当性

本プロジェクトで開発された異常検知装置は、小型で簡便に調整器の異常をより早く検知することを可能にするもので、事業化の可能性は高いと考えられる。

なお、実用化にあたっては、調整器ダイヤフラムの亀裂開口サイズによる検出限界や気温・湿度などの環境影響の検証及びコストの低減が必要であると考えられる。

また、石油化学など大型プラントにおける、開発された異常検知装置の導入の可能性については、プラント内の個々の装置を対象とするのではなく、プラント全体を包括的にカバーできれば、可能性は高まると考えられる。

#### 【肯定的意見】

本研究で開発された異常検知装置は、小型で簡便に調整器の異常をより早く検知できることを可能にしたもので、LPガスの保安上有用なものであり、また、コスト的にも事業化の可能性は大いに期待できる。

また、本研究で開発された異常検知技術は、石油、化学、電力等の製造プラントにおける压力容器、配管等からのガスの漏えい検知や回転機器類の異常音、異常振動の検知にも有効であり、広く設備管理等への利用が期待される。

事業化の可能性は十分にあると判断される。他の压力容器などの漏えい検知などへの応用も期待される。

コンパクトな装置を用い短時間で調整器による漏えいを確実に捉えることが可能であり、さらに低コスト化が進めば利便性の高い異常診断機器として広く普及すると思われる。なお、本事業で開発された技術、機器は、その特性から調整器における劣化による漏えいあるいは弁ゴム損傷の確実な早期発見が主であり、調整圧・閉塞圧の異常を直接診断するものではないので、普及にあたっては機能について誤解のないようにすることに留意する必要があると考えられる。

今回開発された異常検知装置は、LPガス利用者にとって、有効な診断装置であり、簡易に調整器を調べてもらえるという点で歓迎すべきものである。それはとりもなおさず、事業化に向く装置であるといえる。国の委託事業でもあり、コストも安く抑えられるはずであり、事業化は検討されるという報告であった。また、他の事業への応用も広く可能とのことであり、安全のための簡易予防診断へのニーズは高いと考えられるので、さらに波及効果も期待できるものと思われる。

今回試作された調整器の異常診断装置は、調整器の異常を容易に検出することが可能で比較的簡便に扱えるため、広く普及する可能性が高く、LPガス消費の安全の向上に寄与するものと期待される。

高圧ガスの漏えいに伴って音や振動が発生することが多いので、高感度で確実に検出することが可能であればこの技術の応用範囲は広いと考えられる。

### 【問題点・改善すべき点】

現場での更なる検証実験が望まれる。またコストの更なる低減もこの検知技術の普及のためには必要であろう。

調整器は通常の配管とは異なった内部空間形状をもっており、技術の波及効果を考えると、通常の配管での微少漏えい発生の現象に対してはまた本事業とは異なったアルゴリズムでの異常診断の必要性が生じる可能性も考えられる。

個人的な話しになるが、11月にODA関連の仕事で東南アジアに行く機会があり、まだまだODA支援国家では、安全への配慮は遅れていると思われた。波及効果としては、国内だけではなく、海外支援なども含め、広く使われることが望まれる。特に、今回の技術開発は東南アジアなど世界に有用なものであり、大変期待される。本検出装置の機能から判断されることとして、調整器内部の弁ゴムの損傷による内部漏れに対しては、ガス消費中でなければ検出が不可能と考えられる。また、劣化の実態調査から弁ゴムの劣化の発生頻度は低く、発生しても大きな事故になることはほとんどないと考えられるので、検出対象はダイヤフラムの劣化に限定した方が実用性があると思われる。事業化については更に具体的な検討が必要かと思われる。石油や化学の大型プラントでは、作業員による日常点検とガス漏えい検知警報設備の設置が法律的にも義務づけられているので、本検出装置の導入が期待される場所は少ないと思われるが、プラント内の個々の装置や配管あるいは継手部を対象とするのではなく、プラント全体を包括的にカバーできれば装置の導入の可能性は高くなると思われる。

回転機器類の異常振動等の検出に関しては、アコースティック・エミッション(AE)法や音響解析の原理を利用した装置が使われているようであり、特色を持たせた装置の開発が必要と思われる。

## 5 . 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

調整器の劣化状況に関する業界団体等の調査結果を活用して効率的に調査を実施したり、実験パラメータの多様化による成果を充実させるなど工夫すべき点もみられるが、本プロジェクトの調査研究計画、実施体制及び運営は適切で妥当であったと考えられる。調査研究計画の立案、進捗状況を確認するための調査研究委員会のメンバーも有識者、消費者、調整器製造者などの広い領域から適切な人選がなされていた。

また、資金配分は、3年間の事業進捗に合わせて、各年度に適切に配分されていた。

なお、費用対効果については、今後10年間の事故防止による物的損害の軽減による経済効果が約1億円だけと比較すると、本プロジェクトに投じた資金(約3.7億円)に比べ低い、事故発生による人命の喪失は金銭に置き換えることができないことや開発した異常検知装置による合理的な点検による効率化効果も加味すれば投入した資金に見合った効果を生じると期待される。

### 【肯定的意見】

研究開発計画、研究開発の実施体制と運営、資金配分等は適切と思われる。また、本研究開発による異常検知装置のLPガスの保安の向上や石油、化学、電力等製造プラントの設備管理への適応の可能性等を考えると費用対効果等は大きいと思われる。

調査研究委員会の設置など適切な研究実施体制が構築されている。委員会のメンバーも広い領域からの人選がなされており適切である。

実施された検討項目の数の多さから多角的な検討が組織的にされたと考えられ、その検討の成果が定められた事業期間内における新技術の確実な実現に結びついたりと考えられる。

研究開発計画、研究開発実施者の実施体制・運営など、適切と判断する。また、資金配分も3年間の事業進捗に合わせ、重点的に各年度に配分をし、適切であったと思われるし、費用対効果等も、投入された資源量に見合った効果を生じると期待できる。変化への対応もこの期間大きな変化はなかったが、妥当であったと思われる。調整器のダイヤフラムの劣化によるガス漏えい事故を防止するために劣化を早期に検出できる装置を開発することは安全の向上に寄与するものであり早期の実用化が望まれることを考慮して実施体制および運営は効率的に研究を進める必要があるが、その点でも本研究では問題なく計画され、実施されたと考えられる。

### 【問題点・改善すべき点】

予算額(3.7億円)に比して、経済効果が今後10年間で約1億円という評価は、経済効果を主として機器等の価格に基づいて算出したものである。実際には事故が

起こったときの損害額や人的損失などを勘案すれば経済効果はこの評価額よりはるかに大きくなると思われ、費用対効果は3.7億円対1億円以上である。安全に関する問題に関しての費用対効果は単純な費用の積算のみで評価すべきではないと考える。

全体計画の中で、劣化によって生じる穴の径を変える等、実験パラメータを幅広く振った基礎的実験がもう少し加わると研究面での成果がさらに充実したものになったと思われる。

調整器の劣化状況に関しては、過去にも行政や業界団体などで調査が行われ、結果も報告されているので、それらを取り込むことにより、もう少し効率的な調査が行われたのではないかとと思われる。

設備からのガス漏えい検査法として一般に漏れ試験が利用されている。小型調整器の場合、作業者による発泡液やガス漏えい検知器を用いた検査と比較したときの本検出装置の利便性あるいは確実性に関する比較検討を行うことが望まれる。

調整器のメーカーならびに型番ごとに異なる判定式を使う必要がある点に関しては、調整器の更新のたびにソフトウェアの書き換えが必要になると思われ、システム更新に伴うコストの上昇要因になると考えられるので、可能な限りの対策を講じておく必要があると思われる。

## 6 . 総合評価

調整器のガス漏えいによる事故の防止は、L P ガス消費の安全性確保において重要な位置づけを占めるものであり、これまでの目視検査における検査者個人の検査技能に依存しない簡便かつ確実な異常診断技術を開発した本プロジェクトは高く評価することができる。

また、本プロジェクトの目的・政策的位置付け及び研究開発目標も妥当であり、本プロジェクトで開発した異常検知装置を大型調整器に組み込み、ネットワークに接続して常時監視が可能となるシステムは実用性が高いと評価できる。

なお、本プロジェクトの成果の実用化にあたっては、気温・湿度などの環境影響を考慮し、耐久性や耐候性を高めることも必要であると考えられる。

### 【肯定的意見】

本事業は、L P ガス保安に有効な調整器の劣化等異常診断技術の開発および大型調整器への組込技術の開発を行ったものであり、目的・政策的位置付けおよび研究開発等の目標も妥当であり、事業化の可能性も大きく、他の分野への普及効果も期待される。また、研究開発マネジメント・体制、資金、費用対効果等も適切であったと思われる。

新しい原理に基づく漏えい技術の開発がなされており、学術的にも興味深い成果が得られている。またネットワークによる常時監視システムへの展開など、今後のL P ガスの事故防止に重要な貢献が期待される。

機器の診断に音を利用すること自体は古くからさまざまな分野で行われていると考えられるが、調整器の安全性に関わる劣化に対する、簡便で個人の技能に依存しない確実な異常診断方法として技術を完成させたことは十分評価できると考える。LP ガスは、2,600 万世帯に普及し、使用する家庭に近いところで高圧ガスを減圧して器具に送っている。したがって、減圧する調整器のトラブルはその位置関係から、LP ガス使用者にとって大きな事故につながる可能性がある。調整器が原因のLP ガス事故は、10 年間で 1197 件発生しており、その内、調整器の経年劣化と思われるガス漏えい事故は 48 件もある。液石法では調整器の定期的な検査を義務づけているが、機器内部の経年劣化を早期発見できるに越したことはない。そのための診断機は、簡易な程、事業者もより頻繁に使うようになると思われる。もし事故が起こったらと考えると、事業者にとっても必要なリスクマネジメントである。

期待通りの機器が開発されたので、大いにこれから期待できる。

調整器のガス漏えいによる事故の防止はL P ガス消費の安全にとって重要な柱のひとつであり、劣化の実態に対応した適切な保安設備が実用化されれば事故をゼロにすることも可能ではないかと期待されます。本研究で開発された異常検出装置は比較的簡便な装置であるにもかかわらずネットワークに接続して常時監視が可能

となるので実用性は高いと考えられます。

**【問題点・改善すべき点】**

本検出装置の機能を活用してコスト的にも有利で利便性の高い安全装置を実用化するためには、その適用範囲を的確に判断する必要があると思われます。そのためには、本装置の機能をさらに詳細に調査し、環境の変化に対しても性能低下を示さず、耐久性や耐候性の良いものにする必要があると思います。音圧センサー（マイクロホン）は精密度が異なるものの、ダイヤフラムと同様の機能あるいは構造を持つものであり、劣化という性質に関しては同じ弱点を持つことを考慮しておくことが重要と思われます。

## 7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

- ・ LPガス調整器の異常検知のみならず、石油、化学、電力等製造プラントにおける異常検知への適用可能な技術の高度化を図るため、調整器のダイヤフラムの劣化によるガス漏えい量と音波の周波数変化の相関性を明らかにするなど、異常診断判定のメカニズム解明に関する研究の実施が望まれる。
- ・ 調整器の異常によるガス漏えいの未然防止を可能にする技術の開発に結びつく可能性がある調整器のダイヤフラム及び弁ゴムの劣化等が発生する原因や亀裂進展のメカニズムに関する研究の実施が望まれる。
- ・ 小型調整器についても異常を知らせる能力を持った機器とするよう、更に進んだ技術の開発が望まれる。

### 【各委員の提言】

本研究開発で構築した異常検知技術をLPガス調整器の異常検知のみならず、石油、化学、電力等製造プラントにおける压力容器、配管からのガス漏えい検知や回転機器類の異常音、異常振動の検知による設備管理への適応を進めていく上でも、異常診断判定のメカニズムの解明を行うとともに、波及分野における適応可能性の検討を波及分野と協力して進めていくことが望まれる。

本プロジェクトでは圧力調整器での漏えいを音波の周波数変化から検出する技術が開発されている。この方法は圧力調整器をガスシリンダーから外すことなく漏えい検知ができる点で優れている。一方、漏えい量や漏えい速度と音波の周波数変化がどのように相関するかについては現在のところ理論的な検討が行われていない。この相関を明らかにすることは、現在のCFDシミュレーション技術をもってしても困難であることは理解できるが、興味ある現象でもあり、今後の研究が期待される。実用化の面からも周波数変化の原因を明確にすることは重要であると思われる。調整器において劣化により発生音が変化するメカニズムの解明については、将来のさらなる高度な技術発展の可能性を探るために、本事業の成果を活かしながら基礎研究として何らかの形で進展させることが望まれる。

今後は出来るだけ速やかに、この成果を現場に反映させ、更に安全なガスとして、ガス利用者に安心を提供してほしい。

また、今回の研究開発のプロジェクトには計画されていないが、一つ意見がある。この研究は、LPガス利用者の安全確保のための調査研究であり、広く国民には届きにくいものである。しかも簡易な診断装置であり、ガス利用者が在宅していなくても、事業者は診断ができ、利用者が知らないところで、安全の確保がなされるという性質の診断装置でもある。

ガス利用者が知らなくても、安全でさえあれば良いというのは、一見、良さそうではあるが、やはり、丁寧に事実を知らせるべきであると考え。「あなたがお使い

のガスは、このように安全を確保するための開発や取り組みがなされています」といったようなお知らせを、事業者に義務づけるなど、今回のプロジェクトには追加できないと思われるが、ガス利用者とガス供給事業者とのコミュニケーションを深める制度を課せられないか検討されることを期待する。

調整器の経年劣化によるガス漏えい事故を減少させるためにダイヤフラムの亀裂開口を早期に検出することが重要であることが実態調査で明らかにされ、ガスの漏えいを簡便に測定できる異常検出装置の開発に取り組んで所期の成果が得られています。可能であれば、ダイヤフラムの劣化が進展して亀裂開口が生じる以前に異常を検知できる技術の開発が望まれます。そのためには、ダイヤフラムの劣化の原因および亀裂進展のメカニズムなどのミクロな現象について基礎的な検討も必要ではないかと思えます。劣化に強い材料あるいは構造などに関する提案も期待されることです。



## 8. 評価小委員会としての意見

本件は、包括審議案件として審議され、その結果、同審議案件全てに共通の指摘事項として、次のとおり提起されたことから、評価小委員会の意見として追記するものである。

事後評価であり、総合評価、今後の研究開発の方向等に関する提言を踏まえ、今後どのように対応していくのが最も重要である。

またその際、連携等により、社会に実装されていくプロセスを担っていく体制をつくっていくことが望まれる。

例えば、エネルギー政策、IT政策等、全体としての大きな立場から位置付け等を整理することが望まれる。

開発成果が社会に役立つものとなるよう、成果を活かしていくことを目指して取り組んでいくことが望まれる。

## 第4章 評点法による評点結果

## 第4章 評点法による評点結果

「調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、以下に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

### 1. 趣旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成11年度に評価を行った研究開発事業(39プロジェクト)について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第9回評価部会(平成12年5月12日開催)において、評価手法としての評点法について、

(1)数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、

(2)個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

また、平成17年4月1日に改定された「経済産業省技術評価指針」においても、プロジェクト評価の実施に当たって、評点法の活用による評価の定量化を行うことが規定されている。

これらを踏まえ、プロジェクトの中間・事後評価においては、

(1)評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、

(2)プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、

を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点法は研究開発制度評価にも活用する。

### 2. 評価方法

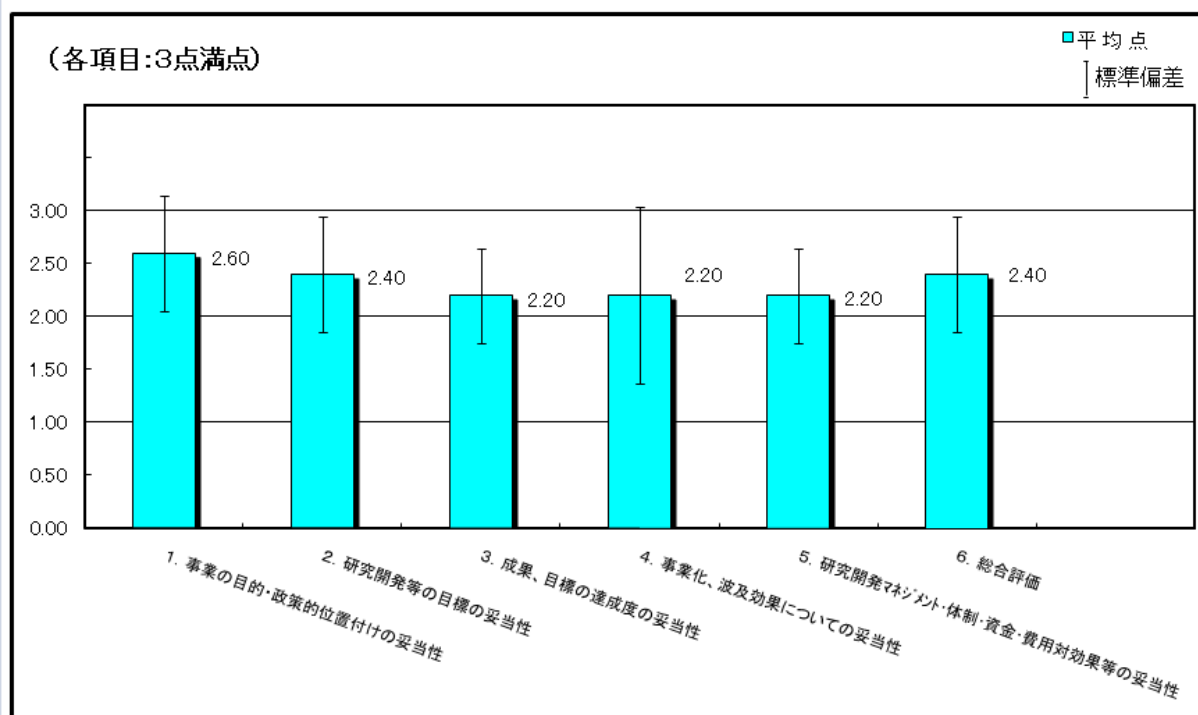
- ・各項目ごとに4段階(A(優)、B(良)、C(可)、D(不可)<a, b, c, dも同様>)で評価する。
- ・4段階はそれぞれ、A(a)=3点、B(b)=2点、C(c)=1点、D(d)=0点に該当する。
- ・評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に を付ける。
- ・大項目(A, B, C, D)及び小項目(a, b, c, d)は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

### 3. 評点結果

評点法による評点結果

#### 調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	0.55
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	0.55
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	0.45
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	0.84
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.20	0.45
6. 総合評価	2.40	0.55



「調整器の経年劣化等異常検知技術の調査研究」プロジェクト評価(事後)

今後の研究開発の方向等に関する提言に対する対処方針

提 言	対 処 方 針
<p>LPガス調整器の異常検知のみならず、石油、化学、電力等製造プラントにおける異常検知への適用可能な技術の高度化を図るため、調整器のダイヤフラムの劣化によるガス漏えい量と音波の周波数変化の相関性を明らかにするなど、異常診断判定のメカニズム解明に関する研究の実施が望まれる。</p> <p>調整器の異常によるガス漏えいの未然防止を可能にする技術の開発に結びつく可能性がある調整器のダイヤフラム及び弁ゴムの劣化等が発生する原因や亀裂進展のメカニズムに関する研究の実施が望まれる。</p> <p>小型調整器についても異常を知らせる能力を持った機器とするよう、更に進んだ技術の開発が望まれる。</p>	<p>調整器のダイヤフラムの劣化によるガス漏えい量と音波の周波数変化の相関性を明らかにするなど、異常診断判定のメカニズム解明に関する研究の実施について、検討することとしたい。</p> <p>今後、調整器に関する更なる調査研究等を実施する際には、ダイヤフラム及び弁ゴムの劣化等が発生する原因や亀裂進展のメカニズムに関する研究の実施について、検討することとした。</p> <p>今後、調整器に関する更なる調査研究等を実施する際には、異常検知機能を有する小型調整器の開発について、検討することとしたい。</p>