

計量標準基盤技術研究
(石油生産合理化技術開発等委託費)
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ている計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）は、石油流量計の国家標準からのトレーサビリティ体制を確立し、民間活力を活用した効率的な標準供給体制を構築するため、液種及び流量範囲を拡大し、液種変更可能な石油流量計の高精度校正技術を開発することを目的として、平成16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、この計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）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計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）プロジェクト評価（事後）検討会（座長：本多 敏 慶應義塾大学理工学部教授）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

計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）
プロジェクト評価（事後）検討会
委員名簿

座長	本多 敏	慶應義塾大学理工学部 教授
委員	酒井 虎雄	山陽機器検定株式会社 顧問 / 元取締役工場長
"	嶋田 敦弘	東燃ゼネラル石油株式会社堺工場 工場長付
"	三嶋 隆樹	東京電力株式会社原子力設備管理部電気・機械技術グループ 兼 新潟県中越沖地震対策センター機器耐震技術グループ 課長
"	茂木 良平	独立行政法人国立高等専門学校機構秋田工業高等専門学校 機械工学科 教授

（敬称略、五十音順）

事務局：経済産業省産業技術環境局知的基盤課

**計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）の
評価に係る省内関係者**

【事後評価時】

産業技術環境局 知的基盤課長 渡邊 重信（事業担当課長）

産業技術環境局 技術評価室長 長濱 裕二

【中間評価時】

（平成18年度）

産業技術環境局 技術振興課産業技術総合研究所室長 都筑 秀明（事業担当室長）

産業技術環境局 技術評価調査課長 柴尾 浩朗

【事前評価時】（事業初年度予算要求時）

産業技術環境局 技術振興課産業技術総合研究所室長 倉田 健児（事業担当室長）

計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）事後評価

審議経過

第1回事後評価検討会（平成20年10月29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1月22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

計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）プロジェクト評価（事後）検討会

委員名簿

計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）の評価に係る省内関係者

計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）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 9
- 4. 事業化、波及効果について 24
- 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等 25

第3章 評価

- 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 30
- 2. 研究開発等の目標の妥当性 32
- 3. 成果、目標の達成度の妥当性 34
- 4. 事業化、波及効果についての妥当性 36
- 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 38
- 6. 総合評価 39
- 7. 今後の研究開発の方向等に関する提言 40
- （個別要素技術について） 42
- 8. 評価小委員会としての意見 43

第4章 評点法による評点結果 45

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	計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）
上位施策名	石油・天然ガスの安定供給確保
事業担当課	経済産業省 産業技術環境局 知的基盤課

プロジェクトの目的・概要

石油流通には多くの流量計が使用されているが、現状ではこれらのほとんどの流量計にはトレーサビリティがない。また、平成15年に完成した石油流量の国家標準は流量範囲が小さく、石油の種類も灯油と軽油のみに限定されているため、この設備による標準供給は産業界のニーズを部分的に満たすのみである。そこで本事業においては、既存の国家標準（一次標準）を利用し、大型設備や充実した保安設備を有する民間の校正事業者における二次標準のレベルにおいて液種や流量範囲を拡大する技術を開発する。これら拡大された二次標準の不確かさについて、国際比較実験を行って検証し、拡大技術による二次標準の国際整合性を確保する。

また、低コストの校正技術を開発し、民間校正事業者を活用した計量標準供給制度（JCS制度）による国内の合理的な標準供給を可能とするための技術基準を策定する。

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16年度	平成19年度	平成18年度	平成20年度	独立行政法人 産業技術総合研究所
H17FY 予算額	H18FY 予算額	H19FY 予算額	総予算額	総執行額
112,191	112,191	102,000	444,478	401,206

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

本事業において得られた最終成果は、既存の石油流量の国家標準を活用し、民間の校正事業者の有する二次標準の液種や流量範囲を拡大する技術を開発し、国内の計量トレーサビリティのための基盤を整備したことである。開発された液種拡張・流量拡大技術がJCS登録事業者のための技術基準として採択されたことにより、民間活力を利用して広範囲の石油用流量計の精度管理を合理化・高精度化する基盤整備を行うという本事業の主目的を十分に達成したと言える。

具体的には、まず国内の流量計の校正値や校正設備を調査し、実態を明らかにした。実態調査結果に流量計の特性調査の結果も合わせて検討し、国内事情に適した校正方法を検討した。これらにより液種拡張については流体力学的無次元パラメータであるレイノルズ数に対する流量計の特性を利用した補正技術を開発し、流量の拡大については、流量計を並列に接続することで標準流量を拡大する技術開発を行った。開発された手法の信頼性と国

際整合性を確認するために、国内校正機関における実液実証実験および外国校正設備との比較試験を実施し、液種・流量拡大技術に伴う不確かさの増加が目標不確かさである 0.15% に対して十分に小さいことを確認した。得られた成果をもとに J C S S 登録事業者のための技術基準である J C S S 技術的要求事項適用指針の大幅改正を J C S S 技術委員会に提案し、採択された。

これらの成果により、産業界が必要とする広い液種・流量範囲で J C S S を活用した標準供給が可能な体制を整えることができた。その結果、石油関連の現場における保稅メータ等の石油流量計の国際整合性とトレーサビリティが確保されるとともに、合理的な校正技術により、保稅メータの精度管理が高度化・高精度化される。

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
調査実験	現状の校正值、校正設備の実態を確認	現状での流量計校正の偏差が -0.22 ~ +0.01%、校正設備が約 ±0.1% (一部で-0.2%以上) という実態を明らかにした。	達成
液種変更可能な流量計校正方法の開発	流量計の性能評価を行い、粘度範囲をガソリン、重油へ拡張する校正技術の開発	レイノルズ数特性を有する複数台の流量計による標準流量の液種拡張方法を開発した。	達成
	液種拡大した二次標準レベルの校正の不確かさが 0.15% 以下であることを実液検証実験で確認	ガソリン及び重油による液種拡張に伴う不確かさが 0.15% に対して十分に小さいことを確認した。	達成
	技術指針の確立 (J C S S 技術的要求事項適用指針改訂)	ガソリンへの拡張が第 2 版で、重油が第 3 版の改訂で採用された。	達成
	国際整合性の確保	ノルウェー民間試験所との比較実験を実施し、国際整合性を確認した。	達成
流量範囲拡大のための流量計校正方法の開発	標準流量の最大流量を 600 m ³ /h まで拡大する校正技術の開発	標準流量計を並列にすることで、流量範囲を拡大する方法を開発した。	達成
	流量範囲を拡大した二次標準レベルの校正の不確かさが 0.15% 以下であることを実液実証実験で確認	ガソリン、灯油、軽油について 810 m ³ /h まで、重油では 630 m ³ /h まで流量拡大に伴う不確かさが 0.15% に対して十分に小さいことを確認した。	達成
	技術指針の確立 (J C S S 技術的要求事項適用指針改訂)	流量拡大について第 2 版の改訂で採用された。	達成
	国際整合性の確保	スウェーデン標準研究所での実	達成

		験を実施し、国際整合性を確認した。	
高精度現場流量計の研究開発	液種や使用条件の影響を受け難い流量計の試作による研究開発の実施	試作した容積式流量計で特性調査を実施し、良好なレイノルズ数特性を得るための製造パラメータを特定した。同型流量計を民間事業者が特定二次標準器に採用し、一部で実用化された。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

研究開発期間を5年から4年に変更。

< 共通指標 >

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
9	8	0	0	0	0	0

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

石油流通において石油製品取引の円滑化や課税根拠となる石油流量計の信頼性を向上させることは、石油が国民生活や産業活動に必要な不可欠なものであることなどから、極めて重要なことである。また、石油製品は国際商品として大量に取引されていることから、国際的に整合性をもつグローバルスタンダードで計測されることが求められている。このため国際的に整合したJCSS制度による流量標準の供給体制を整備し、国家標準へのトレーサビリティを確保することは、国が積極的に関与し推進すべき事業であり本事業の実施は妥当である。

2. 研究開発等の目標の妥当性

研究開発の範囲、目標は具体的かつ定量的に示され、国家流量標準設備を根拠とすることに加え、石油流量計の実態調査の結果から、最大流量 600m³/h までの流量範囲、液種をガソリンから重油まで変更可能な校正装置と校正方法の開発及び校正の不確かさ 0.15%以下を目標とし、国際比較実験により検証することで国際整合性を確保するという目標設定は妥当である。

なお、不確かさの目標 0.15%以下の根拠についての説明に弱い部分があるとの意見もあった。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

現場の石油流量計や民間校正設備の実態を調査・把握し、液種変更可能な流量計の校正方

法の開発、流量範囲拡大のための流量計校正方法の開発について十分な成果が得られた上、実験的検証や国際比較試験でその信頼性が確認されており、目標は達成されている。これらの成果を基に計量標準供給制度（JCS S制度）の技術基準の大幅な改正を行うなど、産業界が必要としている幅広い液種と範囲で標準供給可能な体制が整えられたことは高く評価できる。論文や口頭発表により成果の普及・広報に努めていることも妥当である。

なお、プロジェクト期間短縮の影響から高精度現場流量計の研究開発について目標は達成されたものの、更なる信頼性向上のためのデータ取得など、実用化を支援するための研究を継続することが望ましい。

4．事業化、波及効果についての妥当性

本事業により得られた成果を基に計量標準供給制度（JCS S制度）の技術基準の大幅な改正が行われ、広い校正範囲における石油流量計の国際整合性とトレーサビリティが確保できる環境が整備された。また、本プロジェクト実施期間中に登録された事業者も出てきており、今後、更なる登録事業者が民間から多く輩出されることで、業界全体として流量計の精度向上が期待できる。さらに、技術開発成果を活用したバイオエタノール等の新たな液種への対応などの波及効果が期待できるものと思われる。

なお、保税メータ等への適用に関する問題点や解決策が明確化されていないとの意見もあった。

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

当初の5年計画から4年計画に変更されて研究開発が実施されたが、事業目的の達成のために設定された計画については必須な項目は全て実施され問題なく目標が達成されていることから研究開発体制、マネジメントは適切であった。資金配分はスケジュールの変更に対応して適切に行われており妥当である。また、費用対効果については、JCS S制度への切替えにより効果が期待できる。

なお、研究期間短縮により高精度流量計の実用化のための技術移転に遅れがでるなどの影響がみられた。

6．総合評価

本事業は石油流量計の国家標準へのトレーサビリティ体系を確立するという目的からみても、その意義は大きく積極的に推進されるべき事業であると考えられる。事業体制、運営も適切であり、液種拡大と流量範囲拡大の2大課題について目標が達成されており、優れた成果を残した。成果普及のために発表された論文についても高く評価できる。また、今後も事業者等に対して登録範囲の拡張等、JCS Sの普及を継続支援していくことが望まれる。

なお、高精度流量計の二次標準としての開発支援に努めることが望まれる。また、計画変更の際は、行政庁や産業界の意見を幅広く集めていくことに留意して欲しいとの意見もあった。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

石油流量計の国家標準供給範囲の拡大は、信頼性の向上・手法の合理化等、国民の利益となるものであり、継続して取り組むべきものとする。基礎となる技術研究は今回の事業で実現できたと考えられるが、事業化にあたっては実際の現場の多様性を考慮し「低粘度流体、高粘度流体」、「低温流体、高温流体」、「小流量、大流量」、「低流速、高流速」など更なる研究が必要であるとする。また、国際整合性の観点から米国との比較試験を含めデータ収集を行い国内外にて成果普及に努めることが望まれる。

本事業の成果である粘度と流速についての流体力学的なパラメータを活用して補正処理する技術については、今後、バイオエタノールやLPG等の計量にも応用できると考えられるため、この技術を多種の液体について適用できる汎用性のある技術とすることが望まれる。得られた成果がJIS規格に取り込まれることなどを通じ関連する事業者等に広く普及させることで、JCS制度に対する理解が一層深まることが望まれる。

8. 評価小委員会としての意見

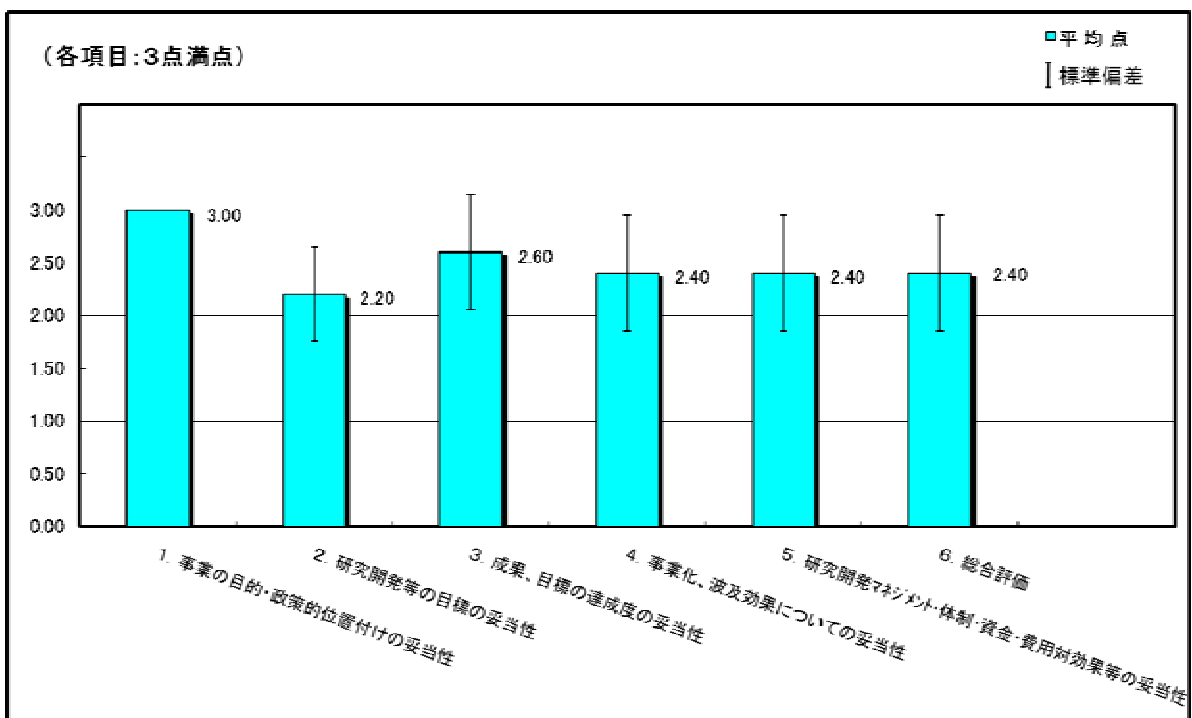
事後評価であり、総合評価、今後の研究開発の方向等に関する提言を踏まえ、今後どのように対応していくのかが最も重要である。

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

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知的基盤課が担当した。

3. 評価対象

計量標準基盤技術研究(石油生産合理化技術開発等委託費)(実施期間:平成16年度から平成19年度)を評価対象として、研究開発実施者(独立行政法人産業技術総合研究所)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) 事業の目的・政策的位置付け

事業の目的

石油流通には多くの流量計が使用されているが、現状ではこれらのほとんどの流量計には計量のトレーサビリティがない。また、平成15年に完成した石油流量の国家標準は流量範囲が小さく、石油の種類も灯油と軽油のみに限定されているため、この設備による標準供給は産業界のニーズを部分的に満たすのみである。

そこで本事業においては、既存の国家標準（一次標準）を利用し、大型設備や充実した保安設備を有する民間の校正事業者の二次標準のレベルにおいて液種や流量範囲を拡大する技術を開発する。これら拡大された二次標準の不確かさについて、国際比較実験を行って検証し、拡大技術による二次標準の国際整合性を確保する。また、低コストの校正技術を開発し、民間校正事業者を活用した校正制度であるJCS（計量法校正事業者登録制度）による国内の合理的な標準供給を可能とするための技術基準を策定する。

石油諸税¹の根拠となる石油保税メータ（石油用流量計）は、器差（標準器と流量計の指示値の差）が $\pm 0.2\%$ 以内とする厳格な精度で管理されることが財務省通達²に定められている。保税メータは全国の石油コンビナート等で数万台程度が使用されており、それ以外にも生産管理用の石油用流量計はその数倍の台数が使用されている。これらの流量計の精度管理に多大な人的資源、コストを要するため、合理化が求められている。さらに、我が国の石油販売額は20兆円程度であり、その石油類の取引の数量の根拠として石油用流量計が多数使用されるため、石油流量計測の高精度化も求められている。本事業は石油流量の計量技術の高度化に必要である基盤的な技術開発であり、石油取引の円滑化や課税の根拠に資する。さらに、国際基準に基づいた石油流量の計量は国際石油流通の根幹であり、その不確かさを低減することで売買の両者間の信頼が担保され、我が国の石油安定供給に貢献する。

事業発足時においても、石油取引額が巨額である一方で、計量トレーサビリティが確保できる範囲は限定されており、広範な石油流量標準供給体制の整備が強く求められていた。近年の急速な石油価格の高騰にともない、石油流量計の精度管理の重要性は高まっており、発足時より事業目的の意義は大きくなっている。

1 石油諸税：原油関税、石油石炭税、揮発油税、地方道路税、軽油取引税、航空機燃料税など

2 財務省通達：「揮発油その他の石油類の数量測定に流量計を使用する場合の取扱いについて」、昭和44年11月18日付間消3-27、蔵関3223号（平成14年3月31日改正）

政策的位置付け

総合科学技術会議策定のエネルギー分野推進戦略（平成 18 年 3 月）では、「(d)石油供給に係わる安全対策」として、「計量技術の高度化等、石油安定供給を確保するために必要となる基盤的な技術開発を実施する」ことが重要な研究開発課題の一つとして明確に掲げられている。また、資源エネルギー庁策定のエネルギー技術戦略の基本的な考え方について（平成 18 年 5 月）の「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」のサブテーマである「石油・天然ガスの探鉱・開発・生産技術」に関連する。さらに、経済産業省策定の新・国家エネルギー戦略（平成 18 年 5 月）において、「2. (1) 戦略によって実現を目指す目標」「国民に信頼されるエネルギー安全保障の確立を図る」に該当する。

(2) 国の関与の必要性

本事業における研究開発は、石油諸税の数量根拠となる保税メータの精度管理に利用されるとともに、将来の国の負担を減らす標準供給体系を構築する上で必要である。また、国家標準からの計量のトレーサビリティ体系を構築するためには、中立的な立場での研究開発の実施が適切であり、さらに公共的な性格を持つ J C S S 技術基準へ採用されるためには、開発された校正技術やデータが公開・共有される必要性があり、国が積極的に関与し推進することが必要である。

本事業の推進により、二次標準レベルの校正精度が向上することが期待されること、広範な石油流量計測技術の向上にも寄与することが期待されることから、社会的、業界的ニーズに適合していると言える。

本事業による技術開発の結果、民間の二次標準のレベルにおいて標準が拡大されれば、国家標準においては多大なコストを要する範囲拡大のための設備建設の必要がなくなり、現行範囲の一次標準の維持・供給・高精度化に専念することができる。また、石油業界においては、J C S S 校正事業者の民間活力により実現される柔軟で広範囲な校正サービスが、必要な範囲で、必要な不確かさに応じたコストで利用できるようになる。本事業は、国と民間のそれぞれに適切な役割を担わせた効率的な標準供給体制の構築を目指すものであり、国が主導的に関与する必要がある。

2. 研究開発等の目標

(1) 研究開発目標の設定

既存の石油流量の国家標準を活用し、民間の校正事業者の二次標準レベルにおいて液種をガソリンから重油までの広い粘度範囲に、またその最大流量を 600 m³/h までの範囲に拡大する校正技術を開発する。特に、これら液種、流量が拡大された二次標準について、不確かさ 0.15%を満足する技術を実用化する。また、開発した校正技術の不確かさを国際比較実験により検証し、国際整合性を確保する。以上の開発成果に基づいて、JCSSによる標準供給のための技術基準を策定する。さらに液種や使用環境条件の影響を受け難い新しい特性を持つ高精度な石油流量計を研究開発し、現場における実用標準器について実用化に資する。

具体的には、まず、国家標準設備を基準に国内の石油流量計校正設備と現場石油流量計の実態調査を行い、ガソリンから重油まで液種変更可能な流量計校正装置及び校正方法を開発するとともに、民間企業の校正設備を用いて石油流量計校正方法の実液検証実験を行う。また、この装置を複数並列に接続して測定の不確かさなるべく大きくならないように流量を 600 m³/h の範囲まで拡大する技術を産業界と協力して開発する。これら液種の拡大と流量範囲の拡大に関する不確かさ評価を行うとともに、拡大技術によって確立された校正の不確かさが 0.15%以下であることを外国の標準設備を用いて検証し、信頼性と国際整合性を確保する。さらに、液種や使用環境条件の影響を受け難い現場用流量計の実用化のために、高度な粘度補正が可能な流量計の試作による研究開発を行う。以上の開発成果と技術調査結果に基づいて、効率的な高精度校正を行うためのJCSS校正事業者のための技術指針を提供し、標準化する。

全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
民間の二次標準レベルにおいて、石油流量標準の粘度範囲をガソリンから重油まで、最大流量を 600 m ³ /h まで校正範囲を拡大し、その不確かさが 0.15%を満足する拡大校正技術を開発する。	石油流量の国家標準は灯油と軽油の最大 300 m ³ /h までに範囲が限定され、産業界のニーズを十分に満足できていないため。また保税メータの±0.2%の器差試験に対して有効かつ実現性のある流量標準の不確かさとして。

個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
調査実験	現状の校正值、校正設備の実態を確認	最も合理的な校正方法の検討のため。

液種変更可能な流量計 校正方法の開発	流量計の性能評価を行い、粘度 範囲をガソリン、重油へ拡張す る校正技術の開発	取引量の大きなガソリンや 重油等の液種に対応するた め。
	液種拡大した二次標準レベル の校正の不確かさが 0.15%以 下であることを実液検証実験 で確認	保税メータの±0.2%の器差 試験に対して有効かつ実現 性のある流量標準の不確か さであるため。
	技術指針の確立(J C S S 技術 的要求事項適用指針改訂)	民間の二次標準レベルの校 正方法を規定する技術基準 であるため。
	国際整合性の確保	液種拡張方法の国際的な有 効性の確認のため。
流量範囲拡大のための 流量計校正方法の開発	標準流量の最大流量を 600 m ³ /h まで拡大する校正技術の開発	国家標準の最大流量である 300 m ³ /h の 2 倍であり、この 流量を目標として開発され た拡大技術は、それ以上の流 量への応用が容易であるた め。
	流量範囲を拡大した二次標準 レベルの校正の不確かさが 0.15%以下であることを実液 実証実験で確認	保税メータの±0.2%の器差 試験に対して有効かつ実現 性のある流量標準の不確か さであるため。
	技術指針の確立(J C S S 技術 的要求事項適用指針改訂)	民間の二次標準レベルの校 正方法を規定する技術基準 であるため。
	国際整合性の確保	流量拡大方法の国際的な有 効性の確認のため。
高精度現場流量計の開 発	液種や使用条件の影響を受け 難い流量計の試作による研究 開発の実施	より効率的で信頼性の高い 液種拡大の実現のため。

3. 成果、目標の達成度

(1) 成果

本事業において得られた最終成果は、既存の石油流量の国家標準を活用し、民間の校正事業者の有する二次標準の液種や流量範囲を拡大する技術を開発し、国内の計量トレーサビリティのための基盤を整備したことである。開発された液種拡張・流量拡大技術がJCSS登録事業者のための技術基準として採択されたことにより、民間活力を利用して広範囲の石油用流量計の精度管理を合理化・高精度化する基盤整備を行うという本事業の主目的を十分に達成したと言える。

具体的には、まず国内の流量計の校正値や校正設備を調査し、実態を明らかにした。実態調査結果に流量計の特性調査の結果も合わせて検討し、国内事情に適した校正方法を検討した。これらにより液種拡張については流体力学的無次元パラメータであるレイノルズ数に対する流量計の特性を利用した補正技術を開発し、流量の拡大については、流量計を並列に接続することで標準流量を拡大する技術開発を行った。開発された手法の信頼性と国際整合性を確認するために、国内校正機関における実液実証実験および外国校正設備との比較試験を実施し、液種・流量拡大技術に伴う不確かさの増加が目標不確かさである0.15%に対して十分に小さいことを確認した。得られた成果をもとにJCSS登録事業者のための技術基準であるJCSS技術的要求事項適用指針の大幅改正をJCSS技術委員会に提案し、採択された。

これらの成果により、産業界が必要とする広い液種・流量範囲でJCSSを活用した標準供給が可能な体制を整えることができた。その結果、石油関連の現場における保税メータ等の石油流量計の国際整合性とトレーサビリティが確保されるとともに、合理的な校正技術により、保税メータの精度管理が高度化・高精度化される。

(1-1) 調査実験

現場流量計の校正値の実態調査

国内の石油プラントなどで石油の取引現場で使用されている石油流量計が現在どの程度の精度で校正されているのかを把握することは、効率的なトレーサビリティ体系を構築する上で非常に重要である。そこで、現場で使用されている多数の流量計の中からいくつかのサンプルを抽出し、これを国家標準設備で校正し、現場で使用されている値との比較することによる現場流量計の実態調査を行った。調査した流量計として国家標準設備で校正可能な流量範囲及び液種(灯油及び軽油)で使用されていた容積流量計5台、タービン流量計1台を選択した。現場で使用される値と国家標準値との比較を行った。結果を国家標準値からの相対偏差として示す。図1に見られるように、現場で使用されている流量計につけられている校正値は、国家標準に対して偏差が-0.22~+0.01%の間に分散し、その平均値は-0.1%であったことが明らかになった。この結果は、石油の取引量及び金額が莫大であることから、より高い精度で現場流量計を校正することの

必要性を示唆する。サンプル数は限られているが、現場で使用されている多数の流量計が示す値を国家標準と整合させる合理的な校正技術を開発する本プロジェクトの意義が再認識された。

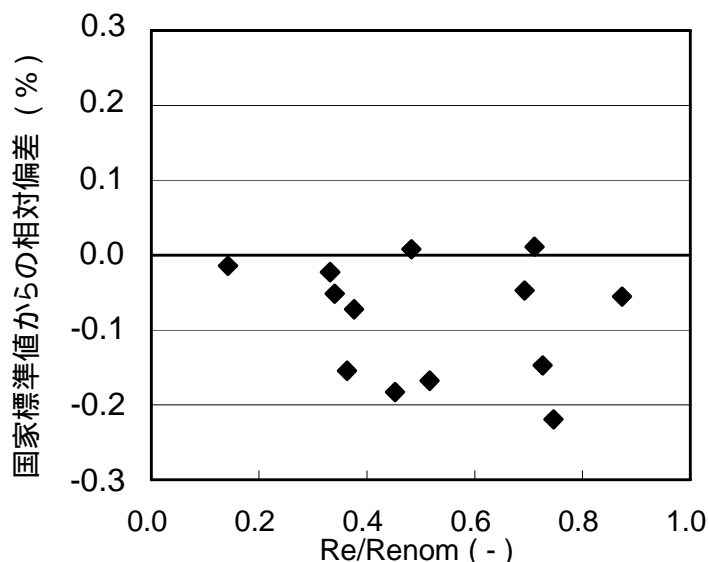


図1 石油流量計の実態調査

国内校正設備の実態調査

現在、国内の石油会社や石油流量計メーカーでは、計量タンク、各種プルーバ³、標準メータ等様々な設備を用いて種々の方法で流量計の精度管理が行われている。しかしながら、これらの中で、どの方法が精度、作業時間、コスト等が優れているのかを調べることは、多くの労力や時間が必要であり、また基準となる国家標準がなかったことから、国家標準との整合性を調査した事例はほとんどない。そこで、独立行政法人産業技術総合研究所の国家標準を基準に校正された流量計を国内校正機関が所有する流量計校正設備で校正実験を行い、その校正值と国家標準での値との比較を行った。仲介流量計としてタービン式を選択し、試験液は液種の影響を小さくするために、灯油に限定した。試験流量範囲は18 ~ 60 m³/hであり、輸送による流量計の悪影響や再現性の悪化を小さくするために、独立行政法人産業技術総合研究所と国内校正機関と1対1で比較実験を行った。今回調査した校正機関は6機関(A ~ F)であり、これらの機関は標準器として計量タンクや各種プルーバを保有していた。輸送、取り扱いに十分配慮した結果、校正期間中における流量計の長期安定性は0.03%以下であった。また、国家標準でのタービン流量計の校正值は、流れの状態を表す流体力学的無次元パラメータであるレイノルズ数の近似曲線式であてはめられ、その残差は0.02%以下であった。図2に国家標準値に対する各校正機関で校正した値の相対偏差を示す。その結果、6機関の内、A~Eの5機関での相対偏差が±0.1%以内であり、国家標準値と良好に一致することがわかる。

このことは、目標とする不確かさ 0.15%以下で国家標準と整合する可能性が大きいことを示唆する。しかしながら、F 機関の値は国家標準に対し 0.2%以上の偏差があることから、国家標準からトレーサビリティを確保し、精度管理のさらなる向上が必要であることがわかる。このような調査実験の結果、現状での国内校正設備の実態が確認された。

3 プルーバ：校正設備を指す。英語のブルーピングより派生。

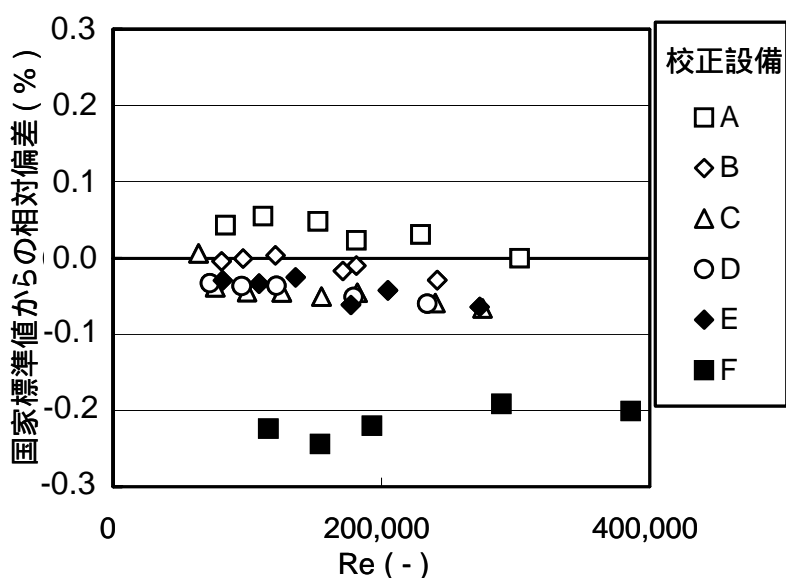


図2 国内石油用流量計校正設備の実態調査結果

(1 - 2) 液種変更可能な校正方法の開発

石油流量計の性能評価と液種拡張技術の開発

独立行政法人産業技術総合研究所が所有する石油流量計の国家標準校正設備 (図 3 ~ 図 5) では、校正の不確かさが体積流量基準で 0.03% ($k=2$)、質量基準で 0.02% ($k=2$) である世界最高レベルの精度で流量計を校正することができる。そこで、この高精度の校正設備を用いて、コリオリ、容積、タービン、超音波、渦式と測定原理が多岐にわたる流量計に対して灯油及び軽油の実流校正を行い、石油用高精度流量計に対する温度、圧力、液種 (灯油・軽油) の影響、繰り返し性、再現性を評価した。その結果、流量計の性能は個体差が大きいものの、測定原理に基づく流量計の性能を系統的に把握した。これらのデータにより、流量、粘度、密度、流量計の口径によって算出される流体力学的無次元パラメータである管レイノルズ数 (Re 数) によって流量計校正値 (K ファクタ) を特徴付けることが可能な流量計が存在し、その特性を利用することで液種を超えて標準を拡大する方法の可能性が示された。また、この流量計の特性を利用した標準流量の液種 (ガソリンや重油など) の拡大には、このような特性を持つ流量計を複数台セット

にした液種拡大装置にすることで、補正値の相互確認が可能になり有効であることが確認された。具体的な技術開発の手順を以下に述べる。

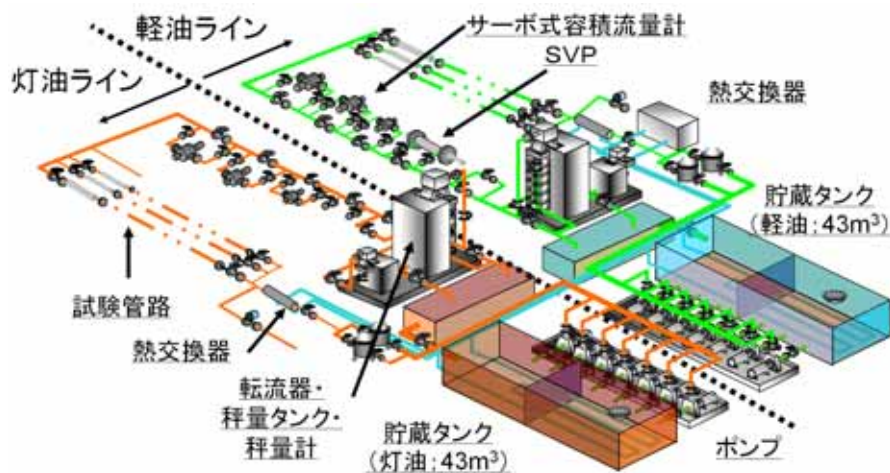


図3 国家標準校正設備の概要



図4 国家標準校正設備（テストライン）



図5 国家標準校正設備（秤量タンク）

まず、ガソリンにおいて有効な液種拡張方法を開発するために、実液校正実験を行った。あらかじめ灯油、軽油の国家流量標準設備で流量計の校正を行い、レイノルズ数特性が良好であると見られている流量計をガソリン、灯油、軽油の液種で校正可能な民間設備に持ち込んで試験し、比較することで、ガソリンにおける液種拡大検証実験を実施した。具体的には、30 ~ 300 m³/h の流量範囲で容積流量計を校正した。校正機関の標準器は基準体積が約 5 m³ のボールプルーバ（大型のゴムボールを用いた校正設備）であり、試験液としてガソリン、灯油、軽油にそれぞれ交換することができる。輸送に伴う流量計の校正値の変化が生じないように校正機関と独立行政法人産業技術総合研究所との間の輸送には専用の流量計収納箱を用いた。また、輸送前後で流量計を国家標準設備で校正することにより校正流量計の再現性を調査した結果、すべての流量計の再現性に問題ないことが確認された。事前に国家標準設備で灯油及び軽油に対する校正を行い、レイノルズ数に対する流量計の特性を調査してある。

国家標準施設並びに校正機関設備で得られた容積流量計の相対偏差を図6に示す。試験液物性（密度・粘度）の違いによる国家標準で校正された値の変化量は0.05%以下であると見積もられた。さらに、校正機関の標準器で校正されたガソリン、灯油、軽油での校正値は同一レイノルズ数では0.1%以内で一致することから、流体力学的無次元パラメータであるレイノルズ数を用いることによりガソリンから軽油までの粘度範囲内ではボールブルーバと容積流量計で発生する流量値が国家標準流量に対して0.1%以内で一致することがわかった。これらの結果は、今回使用した容積流量計が校正レイノルズ数範囲内で低粘度であるガソリンまで適用液種範囲を拡大することが可能であることを示唆する。その結果、流量計の管レイノルズ数に対する特性を利用する液種拡張技術がガソリンの実液において有効であることが示された。このような実験等を通じて基本的な液種拡張技術が開発された。重油についても同様の方法で液種拡張可能であると考えられる。

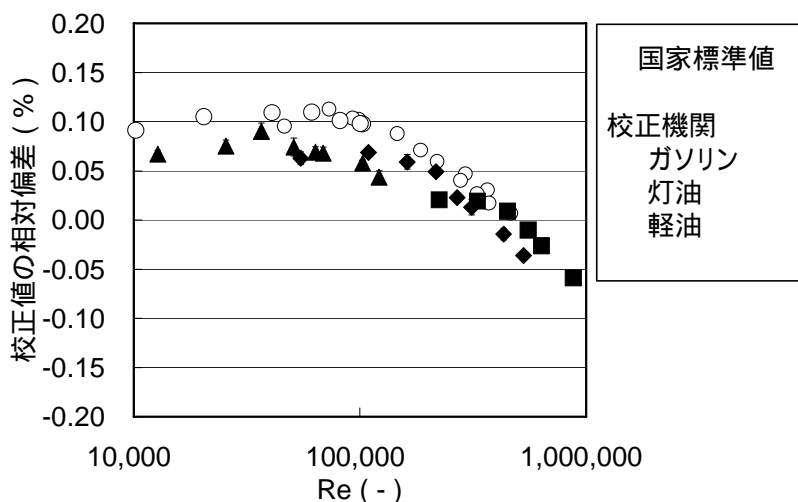


図6 容積流量計の性能評価結果

液種拡大した二次標準レベルの校正の不確かさが0.15%以下であることを実液検証実験で確認

前節で開発し液種拡張技術をより実用的に実施するため、液種拡張用流量計パッケージ（図7）を製作した。この節ではこのパッケージを用いて、民間の国内校正機関において実際の液種拡張作業を行った結果について述べる。この液種拡張パッケージは測定原理やレイノルズ数特性の異なる流量計であるタービン流量計と容積流量計を直列に接続し、補助測定器（圧力計、温度計、流量計信号処理機）等を組み合わせたものである。

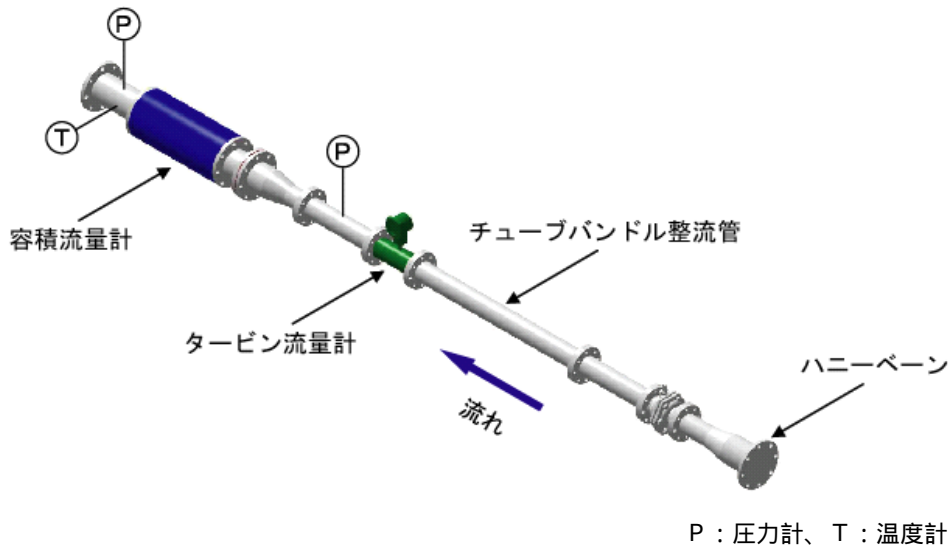


図7 液種拡張パッケージ

このパッケージを使用して国内校正機関の設備で灯油、軽油からガソリン、重油へ液種拡大する実験を行った。試験は技術基準として JCSS 登録事業者に求められる手順で実施され、要求事項の有効性についての実証が実験的に行われた。本実験が行われた民間の校正設備は 3 球式のボールブルーバであり、図 8 に示されるような構造をもっている。ランチャーピン、ローアピンにてコントロールされたスフェアボール 1 個が押し出され、試験液をシールしつつ押されてループ状になったパイプ内を移動する。体積管の上流部と下流部に設置されたディテクターセンサーによってスフェアボールの通過が検知され、その間の体積が基準体積として流量計の出力と比較されることで校正が行われる校正設備である。3 球のうち 2 球が上流部、下流部間をシールすることで単一方向にのみ流動する構造となっている。ブルーバに対してはブルーバ校正係数（ブルーバの基準体積をボールのディテクタ通過時間で割ることで算出される体積流量と標準流量との比）が定義できるが、ボールによるシール性が良いため流量及び液種によってブルーバ校正係数の変化が比較的小さいと予想されている。つまりレイノルズ数に対して一定の特性を持つ流量計と同等にみなすことが出来る。

このブルーバはガソリン、灯油、軽油の 3 液種について試験液を交換できるボールブルーバであったことから、ガソリンへの液種拡張は 1 台のレイノルズ数特性を持つ流量計と、液種交換型ブルーバとの組み合わせにより、標準流量の液種拡張を確認する方法に沿って評価された。この方法では通常は被試験流量計が設置される箇所に標準となるレイノルズ数特性を有する流量計を設置し、流量計によりボールブルーバを校正してブルーバ校正係数を求める。この方法で求めたブルーバ校正係数が、液種を交換しても変化しない場合に液種拡張の妥当性が確認される。

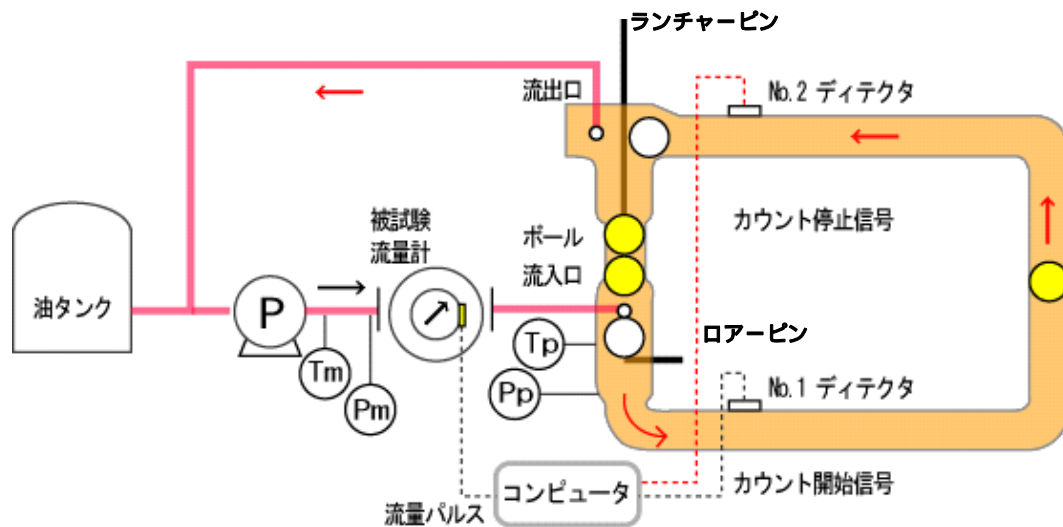


図 8 3 球式ボールプルーバの構造

実証実験に使用された流量計はレイノルズ数で校正値を整理すると1本の特性関数に表現できる特性をもっていた。したがって、ガソリンと灯油では試験液の粘度は3.3倍程度異なっていることから、ガソリン 90 m³/h での流量計のKファクタは、レイノルズ数で同一条件となる灯油の約 300 m³/h のものとほぼ同じKファクタであることが推定された。この補正による液種拡張方法により校正されたプルーバの校正係数が図9に示されている。灯油、軽油を用いて値付けした標準流量に基づいて液種拡張されたガソリンについても、プルーバ校正係数には有意な偏差は見られなかった。これはこのボールプルーバの液種交換特性が良好であったということと、本事業によって開発された液種拡張技術が高精度であったということが、同時に実現していたことを示している。最終的な民間事業者の二次標準レベルの不確かさはJCSS登録事業者の校正設備の持つ不確かさにより異なるため単純な推定は困難であるが、図9に示されるとおり、プルーバ校正係数の液種間偏差は約±0.01%の範囲で一致していることから、技術基準に沿った方法により適切に拡張されれば、液種拡張に伴う不確かさの増加量は、目標とした校正不確かさである0.15%に対して十分に小さいことが確認された。

重油については液種交換ができない単独のプルーバであることからレイノルズ数特性のある2種類の異なる測定原理の流量計を複数台用いて液種拡張を確認する方法に沿って実験が実施された。ここでは直列に接続された2台のレイノルズ数特性を有する流量計により推定されたプルーバ校正係数が一致する場合に液種拡張が確認される。図10にタービン流量計(TB)と容積流量計(PD)により推定されたプルーバ校正係数を示す。これらには約0.04%程度の偏差が確認されたが、二次標準レベルの目標不確かさである0.15%に対しては十分に小さく、技術基準の実用性が実証された。

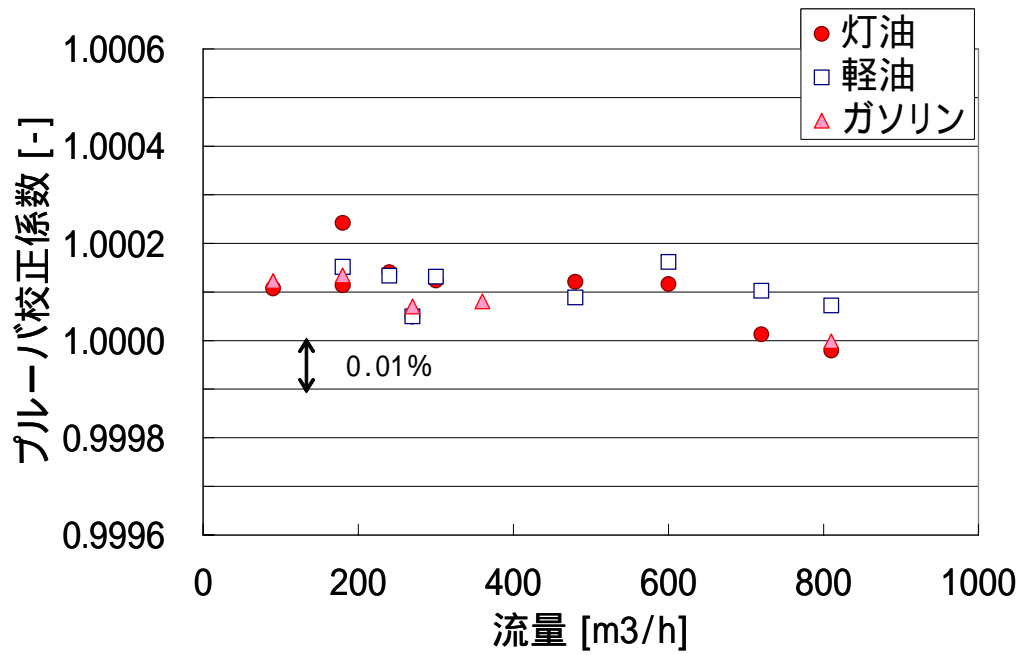


図9 液種拡張技術基準による実証実験結果(ガソリン)

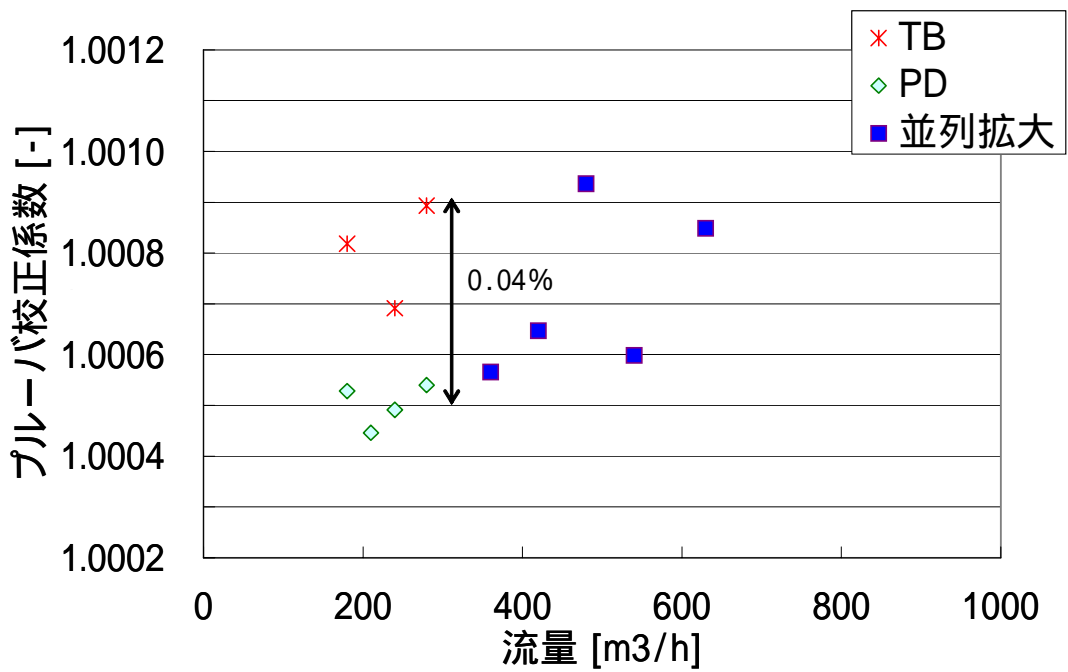


図10 液種拡張技術基準による実証実験結果(重油)

技術指針の確立（JCSS 技術的要求事項適用指針改訂）

本プロジェクトによる最新の知見に基づき、液種を拡大する合理的な校正技術を石油流量の JCSS（計量法校正事業者登録制度）の中に展開することを提案してきた。その結果、JCSS 制度における技術基準を定めた文書である JCSS 技術的要求事項適用指針（区分：流量・流速、計量器等の区分・種類：液体流量計（石油流量計））の第 2 版改訂（平成 19 年 4 月 1 日）において、ガソリンへの液種拡張技術と検証方法が盛り込まれた。また、重油への拡張についても第 3 版（平成 20 年 4 月 1 日）において液種拡張技術と検証方法が追加され、本プロジェクトの目標の一つとしていた液種拡張技術の標準化を完了した。

国際整合性の確保

海外の標準研究所及び流量計試験機関に、国内検証実験に利用した液種拡張パッケージを持ち込むことで、液種拡大技術の検証を行った。図 11～図 13 に独立行政法人産業技術総合研究所の国家標準設備による校正値とノルウェーの校正試験所、スウェーデン標準研究所（SP）上述の実証実験の際に国内校正機関の設備で得られた校正値を灯油、軽油、重油についてプロットした。図 11～図 13 に見られるように、国内校正設備で得られた二次標準レベルの校正値と外国校正設備による結果が、目標不確かさの 0.15% に対して十分に小さい範囲で一致しており、本事業で開発された拡張技術による校正値には国際整合性があることが確認された。

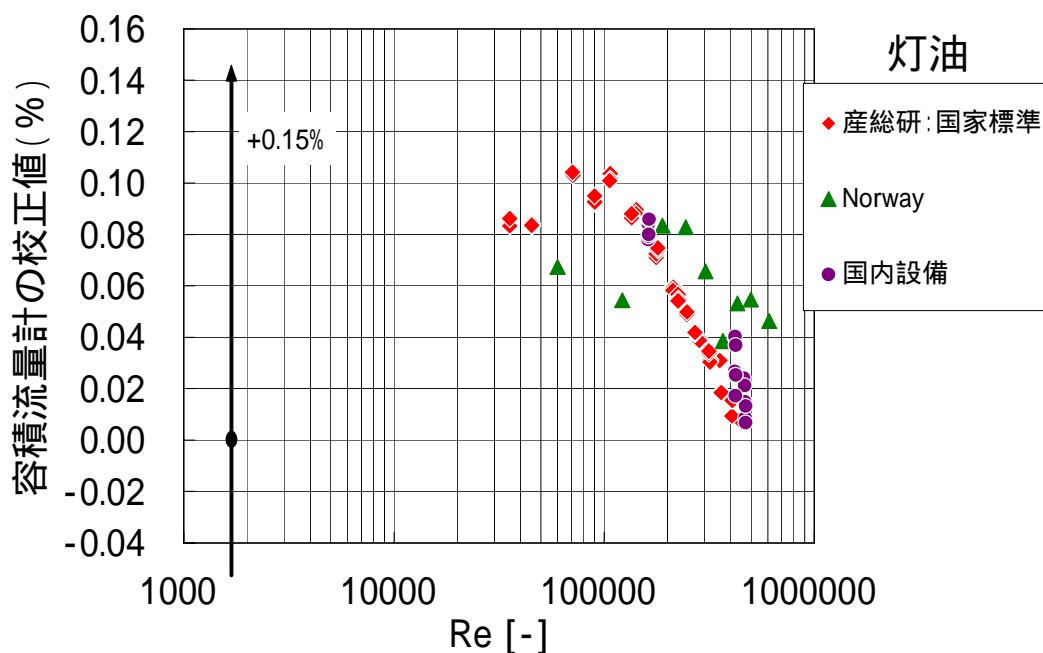


図 11 容積流量計による国際比較試験の結果(灯油)

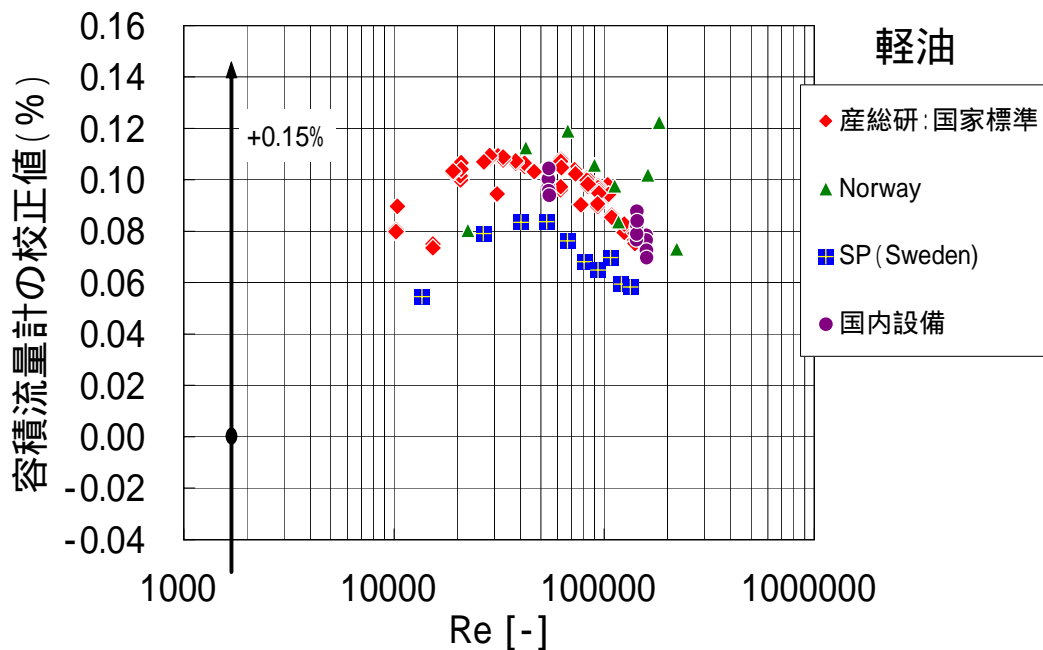


図 12 容積流量計による国際比較試験の結果(軽油)

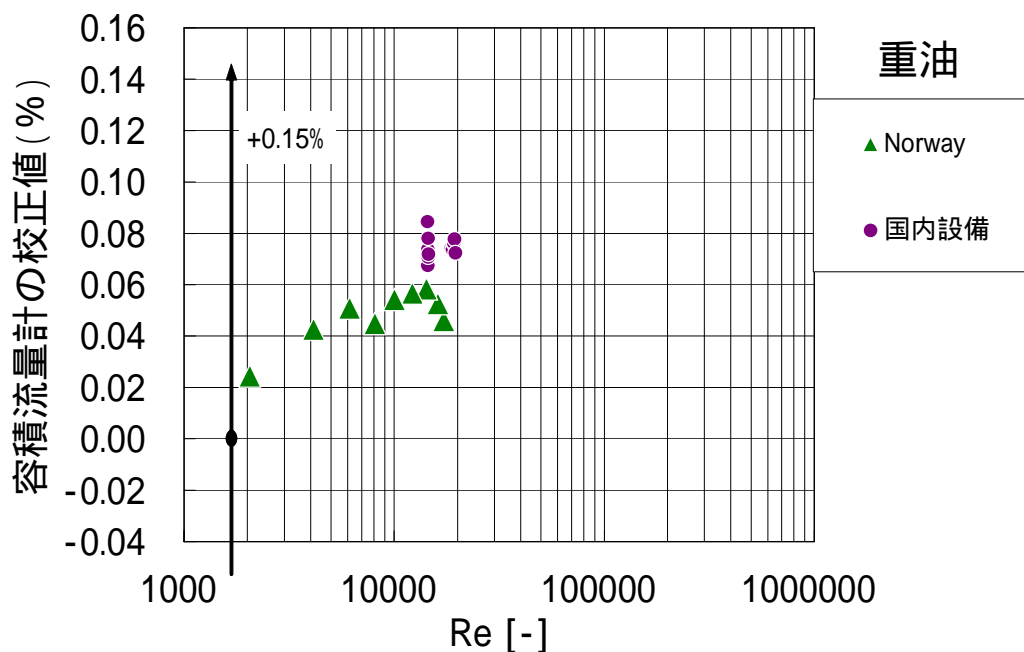


図 13 容積流量計による国際比較試験の結果(重油)

(1 - 3) 流量範囲拡大のための流量計校正方法の開発

流量拡大技術の開発

液種の拡大においては、レイノルズ数 (Re 数) を用いた技術的な高度な方法を必要とするのに対し、流量の拡大では予め校正された流量計を並列に接続することにより、

合流部で大きな標準流量を得るといった比較的単純な方法を用いることができる。ここでは、この方法により標準流量を 300 m³/h 以上に拡大する方法の妥当性を検証した。上述(1-2)で実施された検証実験において、並列に接続された容積式流量計 2 台の出力パルスを同時に収集し、それぞれの校正係数とパルス周波数から各流量計の流量を算出して、それらを合算することで標準流量を算出した。これと校正機関の実用標準器であるボールブルーバの表示する流量との比較解析をおこなった結果、良好に標準流量が拡大されているとことが推定された。これらの実験から流量を拡大する基礎的な技術が構築された。

液種拡大した二次標準レベルの校正の不確かさが 0.15%以下であることを実液検証実験で確認

最終年度において流量範囲を 600 m³/h 以上に拡大する実液実証試験を実施した。(1-2)の図7において示した液種拡張パッケージを図14に示すように3列に並列化することで標準流量を最大 900 m³/h まで拡大することができる大型流量計測装置を製作し、最終的に液種拡張と流量範囲の拡大を同時に可能にするパッケージを試作した。(1-2)の実液実証実験の際にも、この3並列化されたパッケージを国内校正事業者の設備に持ち込んでおり、流量範囲拡大のデータも同時に取得していた。試験は技術基準として JCSS 登録事業者に求められる手順で実施され、要求事項の有効性についての実証が実験的に行われた。

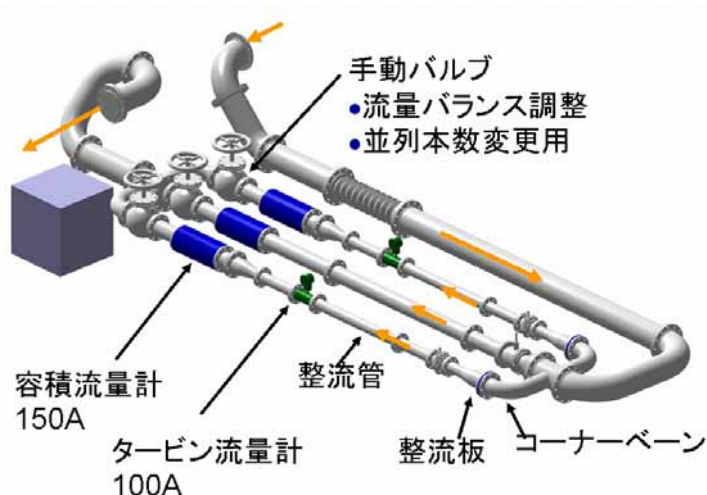


図 14 液種・流量拡大パッケージ(大型流量計測装置)

すでに(1-2)節で示している図9における300 m³/h(ガソリンの場合は90 m³/h)よりも大きい流量でのデータは、流量計を2並列、または3並列にすることにより標準流量を拡大した結果である。流量計が単列の場合と、2並列、3並列にした場合のブルーバ校正係数が良く一致したことは、流量計を並列化することで標準流量を拡大する技術が良好に機能していたことを示している。図9に示されるとおり、灯油、軽油、ガソリンについて810 m³/hまで流量範囲の拡大技術が検証されている。流量範囲拡大に伴う不確かさの増加量はブルーバ校正係数の直線性である約±0.015%程度の範囲であり、目標とした校正不確かさである0.15%に対して十分に小さいことが確認された。また、図10のように重油については630 m³/hまで流量範囲の拡大が検証されている。その不確かさの増加量は、図10の直線性が示すとおり大きくても0.05%程度であった。目標とした不確かさである0.15%に対しては十分に小さいことが分かる。

技術指針の確立(JCSS 技術的要求事項適用指針改訂)

上述した(1-2)節と同様に本プロジェクトによる最新の知見に基づき、流量範囲を拡大する合理的な校正技術を石油流量のJCSS(計量法校正事業者登録制度)の中に展開することを提案してきた。その結果、JCSS 技術的要求事項適用指針〔区分：流量・流速、計量器等の区分・種類：液体流量計(石油流量計)〕の第2版改訂(平成19年4月1日)において、流量計を並列化することによる流量範囲の拡大方法が盛り込まれ技術基準として策定された。

国際整合性の確保

液種の拡大の場合と同様に、二並列にした流量計パッケージをスウェーデン標準研究所(SP)に持ち込むことで実証実験を実施した。これは液種・流量拡大パッケージ(大型流量計測装置)の中央ラインを除いたもので、その概要を図15に示す。

SPが所有する校正設備は基準体積が3.5 m³のボールブルーバであり、最大流量は420 m³/hである。校正は軽油相当液(5.3cSt@20)によって実施された。校正値の不確かさは0.1%と評価されている。ボールブルーバにより、それぞれのラインごとに校正され、タービン流量計(TB)と容積流量計(PD)に校正値が付けられた。5回の繰り返しの平均値が校正値として校正証明書に報告された。次に2つのラインに同程度の流量を流し、ボールブルーバが表示する標準流量値と2つのラインで合算された流量値(並列流量)を比較した。図16に並列化された2台の流量計の合算値とボールブルーバの標準流量との差をプロットした。図16から、並列流量と標準流量との偏差は300 m³/hを超えた領域においても±0.02%以下であることが分かる。この外国の標準研究所の設備を用いた実証実験より300 m³/h以上の流量範囲に対して並列流量計を用いて流量範囲を拡大する事に伴う不確かさの増加量は、目標不確かさである0.15%に対して十分に小

さいことが確認された。

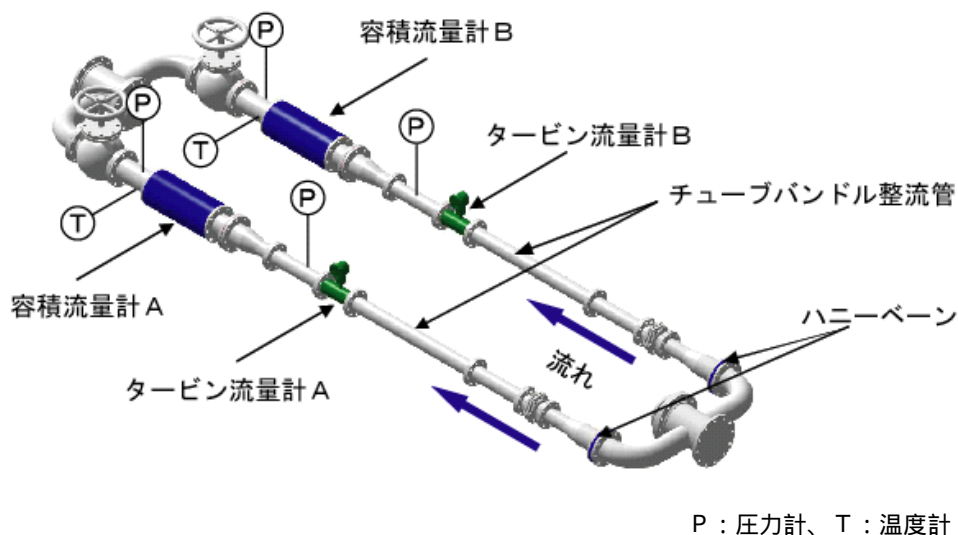


図 15 2 並列化した流量計パッケージ

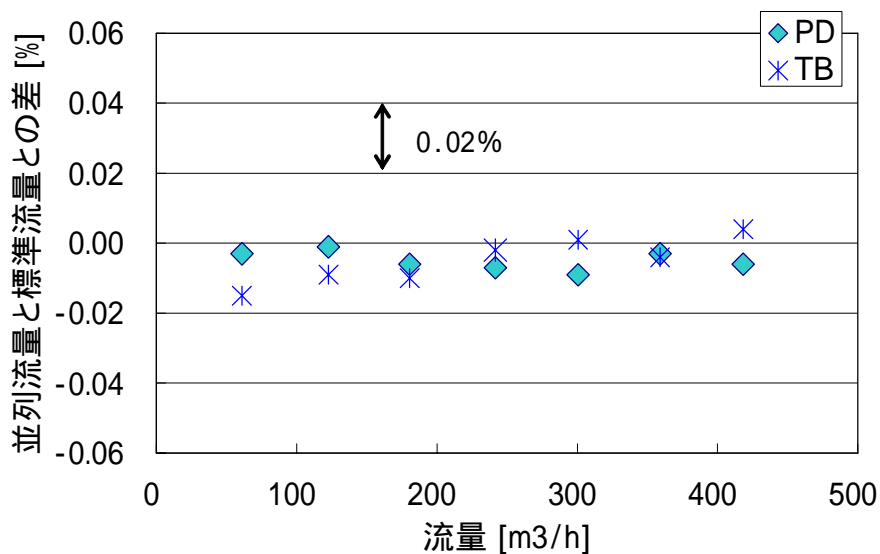


図 16 SP による流量拡大技術の検証実験結果 (軽油)

(1 - 4) 高精度現場流量計の開発

本研究プロジェクトで技術開発されている液種拡張技術は、流量計の管レイノルズ数に対する特性を利用して、流量計の校正値である K ファクタに対して高度な粘度補正を実施するものである。容積流量計は繰り返し性が良好で、比較的長期安定性が高い流量計であり、石油用流量計として数多く使われている。しかし、一般的に粘度による特性変化は大きい上に、管レイノルズ数に対して良好な特性 (粘度や流量が異なっても管

レイノルズ数に対しては同じKファクタ)を持っていないものが多い。本プロジェクトの調査で幾つかの型式の容積流量計には良好な特性があることが明らかになってきているが、まだ、十分なデータ蓄積量ではない。そこで、容積流量計の試作と特性調査を行い、管レイノルズ数特性が良好な高精度現場用流量計を目指して基礎的研究開発を実施した。試作流量計の回転子を、製造パラメータの一部を変更した回転子に入れ替えて特性試験を実施した結果、レイノルズ数に対する特性が改善することが確認された。これまでは良好な特性を出現させるキーパラメータが不明であったために、試作機ごとに良好な特性を持つものと持たないものがあり、製造の再現性がなかった。ロータの設計パラメータのうち、レイノルズ数特性に影響を与えるパラメータが特定されたことで、実用化に資するデータを得ることが出来た。また、これまでの試験結果から、この試作流量計のレイノルズ数に対する特性が見直されて、民間事業者の特定二次標準器として同型が採用され、一部で実用化されている。

(2) 目標の達成度

全体成果においても述べたように、本事業において得られた成果は、民間の校正事業者の有する二次標準の液種や流量範囲を拡大する技術を開発し、国内の計量トレーサビリティのための基盤を整備したことである。

調査実験のデータをもとに拡張技術の開発目標を達成した。これらの方法は実験的検証および、国際比較試験が実施されて、信頼性と国際整合性がデータによって裏付けられている。その結果として、JCSS 登録事業者のための技術基準として採択された。高精度現場流量計の基礎的研究開発も実施され、有用なデータを蓄積することができた。一部で実用化されている。これらの成果により、民間活力を利用して広範囲の石油用流量計の精度管理を合理化・高精度化する基盤整備を行うという本事業の主目的を十分に達成されたと言える。

表5に個別の目標に対する成果・達成度の一覧を示す。この表に示されるように、目標とされた項目に対しては、すべて達成することができた。これは当初5年とされたプロジェクトが4年とされたことを差し引いても、十分な成果を得ることができたといえる。

表5 . 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
調査実験	現状の校正値、校正設備の実態を確認	現状での流量計校正の偏差が-0.22 ~ +0.01%、校正設備が約±0.1% (一部で-0.2%以上) という実態を明らかにした。	達成

液種変更可能な流量計校正方法の開発	流量計の性能評価を行い、粘度範囲をガソリン、重油へ拡張する校正技術の開発	レイノルズ数特性を有する複数台の流量計による標準流量の液種拡張方法を開発した。	達成
	液種拡大した二次標準レベルの校正の不確かさが0.15%以下であることを実液検証実験で確認	ガソリン及び重油による液種拡張に伴う不確かさが0.15%に対して十分に小さいことを確認した。	達成
	技術指針の確立（JCSS 技術的要求事項適用指針改訂）	ガソリンへの拡張が第2版で、重油が第3版の改訂で採用された。	達成
	国際整合性の確保	ノルウェー民間試験所との比較実験を実施し、国際整合性を確認した。	達成
流量範囲拡大のための流量計校正方法の開発	標準流量の最大流量を600 m ³ /hまで拡大する校正技術を開発する。	標準流量計を並列にすることで、流量範囲を拡大する方法を開発した。	達成
	流量範囲を拡大した二次標準レベルの校正の不確かさが0.15%以下であることを実液実証実験で確認	ガソリン、灯油、軽油について810 m ³ /hまで、重油では630 m ³ /hまで流量拡大に伴う不確かさが0.15%に対して十分に小さいことを確認した。	達成
	技術指針の確立（JCSS 技術的要求事項適用指針改訂）	流量拡大について第2版の改訂で採用された。	達成
	国際整合性の確保	スウェーデン標準研究所での実験を実施し、国際整合性を確認した。	達成
高精度現場流量計の研究開発	液種や使用条件の影響を受け難い流量計の試作による研究開発の実施	試作した容積式流量計で特性調査を実施し、良好なレイノルズ数特性を得るための製造パラメータを特定した。同型流量計を民間事業者が特定二次標準器に採用し、一部で実用化された。	達成

4. 事業化、波及効果について

(1) 事業化の見通し

本プロジェクトによって得られた技術開発成果をもとに JCSS 制度における技術基準を定めた文書である JCSS 技術的要求事項適用指針〔区分：流量・流速、計量器等の区分・種類：液体流量計（石油流量計）〕の改訂を提案してきた。流量拡大技術およびガソリンへの液種拡張に関する技術基準が第2版改訂（平成19年4月1日）において盛り込まれた。また、重油への拡張についても第3版（平成20年4月1日）において改訂され、JCSS 登録事業者がこの技術を使った流量標準の拡張と校正事業が可能になった。これにより本プロジェクトの目標としていた標準化を達成し、JCSS による拡大範囲の計量標準基盤が整備されることで事業化がなされている。

今後、石油用流量計を校正する民間事業者が、本プロジェクトで開発された技術により液種および流量の拡大範囲において校正事業を展開することで、得られた成果が普及する見通しである。石油流量における最初の JCSS 登録事業者は2007年11月に誕生し、現在は国家標準と同じ範囲（灯油、軽油、300 m³/h まで）での校正サービスを行っているが、近日中に範囲拡大の変更申請がされることが期待されており、本プロジェクトの成果が具体的に利用されることが確実である。また数年以内には、拡大範囲を校正対象とした多くの新しい登録事業者の出現が予想されており、本プロジェクトの成果は広く普及していくことと思われる。また、液体流量計の校正に関する JIS 規格⁴の改訂に際して石油流量 JCSS の利用が組み込まれることで本プロジェクトによって拡大された範囲の石油流量標準がさらに広範な現場流量計を校正するための標準として利用されることが期待されている。

4: JIS B7552(液体用流量計 - 器差試験方法 -)

(2) 波及効果

本プロジェクトの成果が JCSS 校正事業者に普及していくことで産業界が必要とする広い液種・流量範囲で JCSS を活用した合理的な校正技術による標準供給範囲が広がる。その結果、石油関連の現場における保税メータ等の石油流量計の国際整合性とトレーサビリティが確保されるとともに、保税メータの精度管理が高度化・高精度化される。

また、石油コンビナート内では取引用や保税用流量計以外にも石油精製や石油化学製品の製造の過程で多くの生産管理用の流量計が使用されており、このようなプロセス用流量計も広い粘度と広い流量範囲において使用されている。これらが JCSS 登録事業者において校正されることによって、プロセスの監視および管理の精度が向上することが期待できる。さらに適切な不確かさを考慮した上で製造プロセスの見直しが可能になるため、本事業の成果は長期的に石油化学関連の製造プロセスの高度化に波及することが期待される。

また、本事業の研究成果には、流量計指示値の高度な補正技術が含まれており、本技術を応用することで、本事業が対象としている校正事業者により実際される校正の段階だけでなく、末端の現場計測器としての流量計測定の高度化にも寄与することが期待される。

国内においてもCO₂削減問題は重要性を増しているが、石油に由来する排出量の算出根拠には、多くの石油用流量計の計測値が使われているはずである。これらの計測値の計量トレーサビリティが確保され、高精度化されていくことで、排出量に関連するデータや解析、取引等が適正化される効果が期待される。

また排出量の削減に寄与するという点で導入が推進されているバイオエタノールについては、校正のための実液による計量標準が存在しない状態である。本事業で開発された評価方法や粘度、密度の異なる液体への流量標準拡張技術は応用の可能性があり、バイオエタノールの計量に関する研究開発へ発展させることが期待されている。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

(1) 研究開発計画

研究開発計画として、当初の1年間で、実態把握と最適な校正方法の検討のために「調査実験」を実施し、2年目より3年間の内に、それぞれ、「液種拡張技術の開発」と、「流量拡大技術の開発」、「高精度現場流量計の開発」を順次実施し、5年目に「高精度現場流量計の実用化及び技術基準の標準化」を完了する5項目による計画を設定していた。本スケジュールは妥当であったと考えられるが、当初5年間のプロジェクトが4年となったため、実験計画の効率化を図り、液種、流量拡大技術の実液実証実験と国際比較実験の日程を密に進め、「高精度現場流量計の実用化」の優先順位を下げることで対応した。事業主目的の達成のためには「高精度現場流量計の実用化」以外の他の実施項目は必須であることから、優先順位の選別は適切であったと考えられる。また、「高精度現場流量計の実用化」は一部に限定されるものの達成されており、本プロジェクトの研究計画は5年から4年に縮小されたが、十分に遂行されたといえる。

表6. 研究開発計画

実施項目 / 年度	16	17	18	19
調査実験	校正値等実態調査			
液種変更可能な 流量計校正方法 の開発		特性調査	ガソリン拡張 指針改訂2版	重液重曲拡張 指針改訂3版

				国際比較
流量範囲拡大のための流量計校正方法の開発				国際比較
高精度現場流量計の開発				試作・特性実験

(2) 研究開発実施者の実施体制・運営

本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、独立行政法人産業技術総合研究所が経済産業省からの委託を受けて実施した。

また、研究開発の実施に当たっては、研究開発を統括するためのプロジェクトリーダー（計測標準研究部門 流量計測科長 高本正樹）を設置した。

広範囲にわたる研究開発を効率的に運営・推進するため、本プロジェクトは次に示すような研究開発実施分担を行った。

大項目取りまとめ者（プロジェクトリーダー）

プロジェクト遂行の中心として位置付け、所内的な連携、所外的な調整、提出書類のとりまとめなどの管理を行った。

主任研究員、研究員

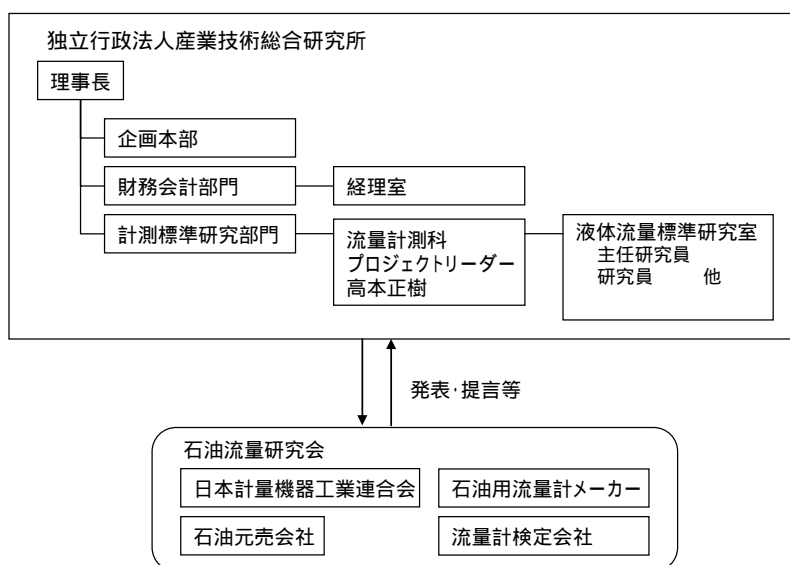
大項目取りまとめ者をサポートするとともに、研究開発を実施した。

契約職員、派遣職員

主任研究員、研究員の指示のもとに、設備の運転・管理やデータ取得・データ整理を実施した。

また、プロジェクトリーダーの下で、実施者全員の参加する会合を随時開催して研究計画の検討・調整を行うことにより、研究所内外との多用な調整を必要とする本研究開発が遅滞なく進行するよう運営した。またプロジェクトリーダーおよび主任研究員・研究員は、日本計量機器工業連合会が主催し、石油用流量計メーカー、石油元売り会社、流量計検定会社が参加して構成されている外部機関である「石油流量研究会」に参加し、研究成果を発表して情報を発信し、同時に石油関連業界からの提言を受け、成果の事業化を念頭に、産業界との連携を積極的に図ってきた。

図 17．研究開発実施体制図



(3) 資金配分

プロジェクト当初の16年は調査実験、17年は液種変更可能な流量計校正方法の開発に重点配分し、18年には実液であるガソリンへの液種拡張と流量範囲拡大の研究開発へ資金配分を展開させた。19年は高精度現場流量計の研究開発よりも総合的な実液検証実験、国際比較、技術基準の標準化の重点化して、プロジェクトの加速と仕上げに向けて資金を投入している。

以上の結果として、資金配分は妥当であり、過不足なく当該プロジェクトを遂行できた。

表7. 資金度配分 (単位: 百万円)

年度 平成	16	17	18	19	合計
調査実験	118				118
液種変更可能な流量計 校正方法の開発		82	47	35	164
流量範囲拡大のための 流量計校正方法の開発		30	65	55	150
高精度現場流量計の開 発				12	12
合計	118	112	112	102	444

(4) 費用対効果

石油諸税の数量根拠となる保税メータは、器差(標準器と流量計の指示値の差)が $\pm 0.2\%$ 以内であることが義務づけられ、その測定精度が莫大な金額の誤差に結びつく。しかし、保税メータの精度の検査には、現在は、計量法で規定されている体積基準器公差が $\pm 0.5\%$ である基準器が用いられ、この基準器公差は保税メータに規定されている $\pm 0.2\%$ に対しても精度が不十分である。また、本事業で実施した取引用石油流量計の実態調査では、その校正値の国家標準からの偏差は $-0.22\% \sim +0.01\%$ であり、その平均値は -0.11% であった。これらのことより、石油取引の実行ベースでの不確かさは 0.3% 程度であると予想される。本事業で校正の不確かさが 0.15% で達成されることにより、かたより誤差は約 0.1% の改善が見込まれる。仮に、企業は販売相手に損失を与えて信頼を失うことを避けるために自社の損失を犠牲にして、測定の不確かさを追加して多めの分量を相手に提供していたとした場合は、この不確かさ 0.1% の改善により、石油製品の国内販売額が年間約20兆円であることから、国内企業全体の損失は約200億円縮小することになり、また、税収は57億円の改善が見込まれる。近年の石油価格の上昇により金額的效果はさらに大きくなっている。

(5) 変化への対応

社会情勢として、石油流量計の校正技術に関する合理化のニーズはまったく変わっておらず、石油価格の高騰でむしろ要求が強まっている。また、ISO 文書⁵における定義の変更により、計量トレーサビリティの確保には、不確かさが明記された上で国家標準と校正の連鎖が証明される必要性が明確にされた。これは国家標準に液種がないガソリンや重油、国家標準の最大流量よりも大きな流量範囲の石油用流量計に対して、不確かさ付きで計量のトレーサビリティを確保する本プロジェクトの目指す方向性に一致しており、事業の展開に大きな変更は加えていない。

5 ISO/IEC Guide 99 (国際計量用語集 基本及び一般概念と関連用語)

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

石油流通において石油製品取引の円滑化や課税根拠となる石油流量計の信頼性を向上させることは、石油が国民生活や産業活動に必要なものであることなどから、極めて重要なことである。また、石油製品は国際商品として大量に取引されていることから、国際的に整合性をもつグローバルスタンダードで計測されることが求められている。このため国際的に整合したJCSS制度による流量標準の供給体制を整備し、国家標準へのトレーサビリティを確保することは、国が積極的に関与し推進すべき事業であり本事業の実施は妥当である。

【肯定的意見】

- ・石油の取引や課税において、その計測・計量の精度・信頼性を向上させることは、石油が国民生活や産業活動に必要なものであり、また国の大きな税収源となっていることから、官民にとって、極めて重要なことである。また、石油が国際商品として大量に取引されていることから、国際的に整合性をもつグローバルなスタンダードで計測されることが求められている。このような観点から、JCSS制度を立ち上げて、国家標準からトレーサブルに現場の流量計まで校正できる体系の確立・普及を目的とする本プロジェクトは、社会のニーズに対応したものであり、国の事業として妥当である。
- ・本事業は、石油製品取引の円滑化や課税根拠の信頼性を確保する観点から非常に重要である。
- ・課税根拠となる石油用流量計の精度と国家標準へのトレーサビリティを幅広い液種に対して確保することは、国際石油流通の根幹をなすものであり、国家が推進すべき事業だと考える。
- ・石油流通において課税の信頼性を確保するため流量計のトレーサビリティの確立は重要であり、JCSSへの移行作業等はその規模と中立性の点からも国が関与すべきものである。
- ・石油関連の現場における保税メータ等の石油流量計の国際整合性とトレーサビリティを確保することは、国家レベルで行なうべき事業であり、本プロジェクトの実施は妥当である。
- ・広範囲の石油液種と流量範囲にわたって、国際的に整合するJCSS標準供給体制を整備することは国またはそれに準ずる機関でなければ行えない事業である。そのため校正方法を確立することは極めて重要である。
- ・事業の概要としては、既存の国家標準をベースに民間の校正事業者が所有する設備を

活用して、ガソリン等への液種の拡張及び流量範囲の拡大を行うための技術を開発し、国際比較実験等によりそれを検証することで、産業界が必要としているレベルの流量標準を供給する体系を確立するというものであり、事業の目的は妥当である。

- ・ J C S S による国内の合理的な標準供給を可能とするためにも本プロジェクトは国家レベルで行なうべきものとする。

【問題点・改善すべき点】

- ・ 法定計量として、O I M L への整合性も検討する必要があるのではないか。
- ・ 国家標準に対するトレーサビリティ体系の確立は非常に重要であるが、石油用流量計の精度管理を「器差」で行うのか、「不確かさ」で行うのかという基本方針が示されないまま、校正設備の不確かさを 0.15% 以内とする目標が設定されている。

2. 研究開発等の目標の妥当性

研究開発の範囲、目標は具体的かつ定量的に示され、国家流量標準設備を根拠とすることに加え、石油流量計の実態調査の結果から、最大流量 $600\text{m}^3/\text{h}$ までの流量範囲、液種をガソリンから重油まで変更可能な校正装置と校正方法の開発及び校正の不確かさ 0.15% 以下を目標とし、国際比較実験により検証することで国際整合性を確保するという目標設定は妥当である。

なお、不確かさの目標 0.15% 以下の根拠についての説明に弱い部分があるとの意見もあった。

【肯定的意見】

- ・ 流量標準の供給において、ガソリンから重油までの粘度範囲、最大流量 $600\text{m}^3/\text{h}$ までの流量範囲についての校正技術を開発し、その信頼性については不確かさを 0.15% 以下とするという目標の設定は、流量計の校正実績や保稅メータの精度管理から概ね適切である。また、設定した目標について、これを満足する技術を実用化し、国際比較実験により検証することで国際整合性を確保すること、及びこれらの成果に基づいて技術基準を策定することは、妥当である。
- ・ 目標は具体的かつ定量的に示され、最大流量 $600\text{m}^3/\text{h}$ 、ガソリンから重油までの液種拡大、および校正の不確かさ 0.15% 以下は J C S S を推進する上で最低必要条件を満たす。
- ・ 液種をガソリンから重油まで対応可能にすること、流量範囲を最大 $600\text{m}^3/\text{h}$ まで拡大することは、現状の国家標準を根拠にすると妥当であり、明確な具体性を有するものと言える。
- ・ 中間評価時のコメント通り、調査に基づく達成可能であるとともに、十分な目標値が設定されている。
- ・ 現有の国家流量標準設備を根拠とすることに加えて、現場の石油用流量計の実態調査結果から液種や最大流量を定量的に設定していることは妥当と考える。

【問題点・改善すべき点】

- ・ 液種や使用環境条件の影響を受け難い、新しい流量計を開発し、現場における実用標準器を実用化するという項目については、目標としては妥当であるが、今回の研究開発事業の期間が5年から4年に短縮されたことで、研究開発に必要な時間が若干不足してきたのではないかと思われる。
- ・ 時間的制約もあり中間評価時の要望であった、 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 、液種の拡大について、対応できなかった点が惜まれる。
- ・ 目標値の不確かさ 0.15% の根拠が弱い。目的別詳細設定やストレッチターゲットの設定があってもよかった。

- ・校正設備の不確かさの目標が 0.15%は、それだけで立派な数値であるが、保税メータの精度 0.2%を考慮するともう少し小さい値にしないとバランスがとれない。
- ・本事業で実施した現場石油流量計の実態調査結果は、現場石油流量計の測定仕様(液種や流量)という観点で、全体をどの程度カバーできているのかが明確になっていない。
- ・本事業の目標の一つとして、「高精度現場流量計の開発」という項目があるが、当該項目における具体的な開発目標が明確になっていない。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

現場の石油流量計や民間校正設備の実態を調査・把握し、液種変更可能な流量計の校正方法の開発、流量範囲拡大のための流量計校正方法の開発について十分な成果が得られた上、実験的検証や国際比較試験でその信頼性が確認されており、目標は達成されている。これらの成果を基に計量標準供給制度（JCS制度）の技術基準の大幅な改正を行うなど、産業界が必要としている幅広い液種と範囲で標準供給可能な体制が整えられたことは高く評価できる。論文や口頭発表により成果の普及・広報に努めていることも妥当である。

なお、プロジェクト期間短縮の影響から高精度現場流量計の研究開発について目標は達成されたものの、更なる信頼性向上のためのデータ取得など、実用化を支援するための研究を継続することが望ましい。

【肯定的意見】

- ・ 成果・達成度（表5）に示されたとおり、調査実験から液種変更・流量範囲拡大のための流量計校正方法の開発まで、十分な成果が得られ、目標は達成されている。また、開発された校正方法は、実験的検証や国際比較試験でその信頼性が確認されており、これらの成果により、石油流量における計量トレーサビリティ普及のための基盤は整備されたと評価できる。
- ・ 設定された目標のうち、液種変更可能な校正法と、流量範囲の拡大可能な校正法については、ほぼ達成された。また高精度現場流量計についても実用化に成功した。
- ・ 「レイノルズ数に対する流量計の特性」を利用した液種の拡張に対する補正技術や流量計を並列接続して標準流量を拡大するという技術を計画通りに開発できたことは妥当なものとする。
- ・ 流量拡大に伴う不確かさの増加量はブルーバ校正係数の直線性である約0.015%程度の範囲であり、十分許容範囲に入る結果だと評価できる。
- ・ 液種拡大、流量範囲拡大ともに不確かさが0.15%に対して十分小さな値で達成できている。
- ・ 更に、液種拡大等において、流体力学的パラメータを活用する技術を開発したことにより、流量計の精度に大きな影響を及ぼす流体の粘度と流速を合理的に補正処理することが可能になり今後の校正技術の発展に寄与するものと考えられる。
- ・ 液種拡大と流量範囲の拡大を同時に可能とするパッケージを用いることにより、灯油、軽油、ガソリンについて810m³/hまでの流量範囲の拡大が検証されており、異なる液種について最大流量を拡大する校正技術としての応用が可能であることを示しており、妥当な成果とする。
- ・ 単なる技術開発に留まることなく、JCS登録事業者のための技術基準である、JCS技術的要求事項適用指針の大幅改正を行うなど、産業界が必要とする広い液

種・流量範囲でJCS Sを活用した標準供給が可能な体制を整えることができたことは高く評価できる。

- ・論文発表や口頭発表などにより、事業成果の普及・広報に努めていることは妥当である。

【問題点・改善すべき点】

- ・プロジェクト期間短縮の影響から高精度現場流量計の実用化は一部に限定された結果となったが、全体から考えるともう少し突っ込んだ内容がほしかった。
- ・高精度現場流量計の研究開発については、本事業期間の短縮等による開発期間の不足も影響して、まだ部分的に採用された段階であるため、今後も実用化のための研究を継続することが望ましい。
- ・高精度流量計のデータは軽油、灯油のものだけであり、データ量としてやや不十分である。また、ロータ交換と精度の因果関係が不十分である。
- ・H19年、H20年に論文発表や投稿、発表がないのは不可思議。成果は積極的に内外に発表すべき。ガソリンへの油種拡大はレイノルズ数補正適用の可能性を示しているが、メーカー技術者によっては疑義を拭い去れていない。本件に関しては特にグローバルで認知される評価がほしい。
- ・最終ステージで開発された高精度現場流量計については、論文等での技術的詳細の公開が間に合わなかったことが惜しまれる。
- ・米国との国際比較がトラブルによりキャンセルとなっている。先方の不手際もあるが、世界をリードしていると自負している米国の実情を示すためにもほしい成果であった。
- ・開発された最大流量拡大方式では、スペースの制約が多い現場の実態を考慮すると現場適用に困難が生じることが予想され、打開策を講じる必要がある。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

本事業により得られた成果を基に計量標準供給制度（JCS S制度）の技術基準の大幅な改正が行われ、広い校正範囲においての石油流量計の国際整合性とトレーサビリティが確保できる環境が整備された。また、本プロジェクト実施期間中に登録された事業者も出てきており、今後、更なる登録事業者が民間から多く輩出されることで、業界全体として流量計の精度向上が期待できる。さらに、技術開発成果を活用したバイオエタノール等の新たな液種への対応などの波及効果が期待できるものと思われる。

なお、保税メータ等への適用に関する問題点や解決策が明確化されていないとの意見もあった。

【肯定的意見】

- ・ 成果に基づいてJCS S技術基準が改訂され、広い校正範囲においてのJCS S校正事業運営が可能となった。すでに昨年、国家標準と同じ範囲での事業者登録（石油流量）がなされているが、近々に範囲拡大のための変更申請がなされ、登録範囲が拡大される見通しであり、その結果として校正実績を上げることができれば、更なる事業者登録の増加に繋がっていくことが期待できる。また、JCS S制度の産業界への普及により流量計測の信頼性が向上し、取引や課税の精度が向上することはもとより、本事業の研究成果を応用することにより、高度なプロセスの開発や生産技術の向上が期待できる。
- ・ 得られた成果はJCS S指針へ速やかに反映され、JCS Sが適切に改訂されている。
- ・ 液種拡大について、「JCS S適用指針」にガソリンから重油まで盛り込まれた。
- ・ 達成された成果は、JCS S適用指針として採用され、拡大範囲での校正事業が展開されることが期待できる。高精度流量計が一部で2次標準器として採用されるなど普及が期待できる。
- ・ 石油関連の現場における保税メータ等の石油流量計の国際整合性とトレーサビリティが確保できる道筋が示され、すでに民間1社がJCS S登録手続きを終えている。今後さらにJCS S登録事業者が民間より数多く輩出され、業界全体としてのメータ管理精度の向上が期待される。
- ・ 本事業の技術開発成果を活用した民間事業の展開及び石油精製やバイオエタノール等の新たな液種への対応など、その波及効果がある程度期待できるものと思われる。

【問題点・改善すべき点】

- ・ 官から民への事業化に向けて役割分担や事業化に関する問題点や解決策が明確化されていない。
- ・ 現状の計量制度がJCS S制度と基準器制度のダブルスタンダードで運用されていることは、一般の方々には紛らわしくて極めて判りづらいと思われる。財務省通達の

中で、器差試験に使用する標準器について、前述のダブルスタンダードを認めていることは、計量に対する理念の一貫性を著しく欠くものであり、信頼性の判定基準が両者で整合化できないという不合理が生じる。特に石油は国際商品であり、取引や通関など諸外国との関りも多いことは周知のとおりであり、このような通達の内容で今後も運用していくことは、重大なトラブル（訴訟など）の原因となるおそれもある。また、わが国が先進工業国として世界から認められ、信頼を得る上でのマイナスとなるのではないかと懸念される。早急に、国際的に認知された信頼性の目安であるトレーサビリティ（不確かさ）の概念に基づいて通達の改訂を行い、それを普及させていくことが、本来の目的としているグローバル化への対応の一つではないかと思われる。

- ・ 中間評価時に、器差による精度評価に対してのコメントがあったとおり、法定計量との整合性について検討が必要であると思われる。
- ・ 流量範囲拡大については、まだ、JCS S登録事業者から申請がない。今後、申請の可能性大ということなので期待している。
- ・ 報告書の中では、石油精製や石油化学製品の製造プロセス監視用の流量計に関する精度向上が波及効果として記載されているが、当該流量計の精度向上がもたらす効果の記載がないために波及効果の評価・推測ができない。

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

当初の5年計画から4年計画に変更されて研究開発が実施されたが、事業目的の達成のために設定された計画については必須な項目は全て実施され問題なく目標が達成されていることから研究開発体制、マネジメントは適切であった。資金配分はスケジュールの変更に対応して適切に行われており妥当である。また、費用対効果については、JCS制度への切替えにより効果が期待できる。

なお、研究期間短縮により高精度流量計の実用化のための技術移転に遅れがでるなどの影響がみられた。

【肯定的意見】

- ・当初の計画から1年間前倒し(5年→4年)で研究開発が進められたため、実験計画の見直し効率化や実施項目の優先順位化に対応したということであるが、事業目的の達成のために必須な項目は全て実施されており、スケジュール等の管理及び変化への対応等の運営は適切である。
- ・1年間の期間・予算の縮小にあつて、ほぼ設定目標を達成しており、適切な実施体制であったと評価できる。
- ・研究期間が途中で1年短縮されたにも関わらず、主要な課題は実施され、目標もクリアされている。
- ・設定された計画に対しては問題なく目標が達成できたものと評価する。
- ・本事業の性質上、国の研究機関である独立行政法人産業技術総合研究所が実施することが最善と考える。
- ・資金配分はスケジュールの変更に対応して適切に行われている。
- ・費用対効果については、JCS制度への切替えにより効果が期待できるものであり、今後もJCS制度の普及・啓蒙に努力が必要と思われる。
- ・民間企業等が参加して構成された石油流量研究会との連携やその活用については、極めて適切に行われ、産業界の全面的な協力を得ることや研究会出席者等の教育・啓蒙に多大な成果があった。
- ・産業技術総合研究所と民間機関が協力して研究開発を進める仕組みができています。

【問題点・改善すべき点】

- ・当初の計画が途中で縮小され、「高精度現場流量計の実用化」の優先順位を下げることで柔軟に対応しているが、産業界のニーズを勘案した場合、このような対応が本当に妥当であったのか疑問が残る。
- ・高精度流量計にもう少し人的パワーを投入できていると良かった。
- ・研究期間短縮により、中間評価時のコメントにあるように、高精度流量計についての現場への技術移転に遅れが見られる。
- ・資金の具体的使用用途が不明瞭。提示資料だけでは、資金に過不足があるか判断できない。プロジェクトが1年短縮されたにもかかわらず資金の見直しがない。

6. 総合評価

本事業は石油流量計の国家標準へのトレーサビリティ体系を確立するという目的からみても、その意義は大きく積極的に推進されるべき事業であると考えられる。事業体制、運営も適切であり、液種拡大と流量範囲拡大の2大課題について目標が達成されており、優れた成果を残した。成果普及のために発表された論文についても高く評価できる。また、今後も事業者等に対して登録範囲の拡張等、JCSSの普及を継続支援していくことが望まれる。

なお、高精度流量計の2次標準としての開発支援に努めることが望まれる。また、計画変更に際しては、行政庁や産業界の意見を幅広く集めていくことに留意して欲しいとの意見もあった。

【肯定的意見】

- ・液種拡大と流量範囲拡大の2大課題は目標が達成されており、優れた成果を残した。
- ・従来不十分であった石油関連業界での流量計の精度についてJCSSの体制下で十分小さい不確かさでの校正法を確立し実用に供していることは高く評価できる。
- ・本事業の目的である石油流量トレーサビリティ体系の確立は達成されたと評価する。また、事業体制及びその運用についても適切であり、本事業に関連する研究成果及び発表された論文についても高く評価できる。
- ・既にJCSS認定事業者も登録されるなど、民間での事業化も進んでおり、今後も事業者等に対して登録範囲の拡張等、JCSSの普及を継続支援していくことが望まれる。
- ・計測器の国際整合性とトレーサビリティ確保は、計測の根幹にあたる問題であることから、これらが多大な取引数量を扱う石油流量計で達成できていないことは、非常に残念なことであり、また速やかに確立することが望まれる。この点において本プロジェクトの意義は大きく、積極的に推進されるべきものとする。
- ・解決すべき課題、実施内容は概ね妥当であり、今後も継続して実施すべき事業と考える。

【問題点・改善すべき点】

- ・高精度流量計の二次標準としての普及につとめることが望まれる。
- ・事業化の促進は、JCSS登録事業者の参入、申請が一部なされているが、基本的には今後の動向が期待される。
- ・計画変更に際しては、今後とも、行政庁や産業界の意見を幅広く集めていくことに留意していただきたい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

石油流量計の国家標準供給範囲の拡大は、信頼性の向上・手法の合理化等、国民の利益となるものであり、継続して取り組むべきものとする。基礎となる技術研究は今回の事業で実現できたと考えられるが、事業化にあたっては実際の現場の多様性を考慮し「低粘度流体、高粘度流体」、「低温流体、高温流体」、「小流量、大流量」、「低流速、高流速」など更なる研究が必要であるとする。また、国際整合性の観点から米国との比較試験を含めデータ収集を行い国内外にて成果普及に努めることが望まれる。

本事業の成果である粘度と流速についての流体力学的なパラメータを活用して補正処理する技術については、今後、バイオエタノールやLPG等の計量にも応用できると考えられるため、この技術を多種の液体について適用できる汎用性のある技術とすることが望まれる。

得られた成果がJIS規格に取り込まれることなどを通じ関連する事業者等に広く普及させることで、JCS制度に対する理解が一層深まることが望まれる。

【各委員の提言】

- ・本事業に関連して得られた研究成果がJIS規格に組み込まれることなどを通じて、校正事業者を含め、関連する事業者等に広く普及していくことと思われ、このことにより、JCSに対する理解も一層深まるのではないかと期待される。
- ・基礎となる技術研究は今回のプロジェクトで押さえられたと考えるが、事業化にあたっては、実際の現場の多様性を考慮した以下にあげるような更なる研究開発が必要と考える。

低粘度流体、高粘度流体

低温流体、高温流体

小流量、大流量

低流速、高流速

- ・産業界から要請のある、さらなる液種の拡大、流量範囲の拡大に取り組む必要がある。また、法定計量/OIMLとの整合性も検討する必要がある。
- ・液種拡大の中味について、重油に関しては「重油」とのみ記述されており、A重油、C重油等の詳細記述がなかった。中間評価の段階ではA重油に取り組むとの発言があった様に記憶している。もし必要であれば、さらに別の重油やその他の石油類への拡大も考えられるのではないかと。
- ・石油用流量計の国家標準供給範囲の拡大は、信頼性の向上・手法の合理化等、国民の利益となるものであり、継続して取り組むべきものとする。研究の遂行にあたっては、予算配分や実施期間を合理的に見直す一方で、産業界・行政庁のニーズを確実に把握し、実施内容の妥当性を確認しつつ進められるようご配慮いただきたい。
- ・国際整合性の観点から実施予定していた米国との比較検証を含め、データを集め、国

際的な場に論文発表することにより、国際整合性とトレーサビリティ確立に関する日本の位置づけを内外に広く認められる形にすることが望ましい。

- ・また、流量計の特性に大きな影響を及ぼす粘度と流速について、流体力学的なパラメータを活用して補正処理をする技術については、今後バイオエタノールやLPG等の計量にも応用できると考えられるので、本事業で得られた流量標準拡張技術を多種の液体について適用できる汎用性のある技術まで改良して頂きたい。
- ・プロジェクト短縮により縮小された高精度現場流量計の実用化については、当初計画の一部のみ実施にとどまっていることから当該テーマの研究の継続が必要と考える。
- ・今回研究された校正設備の不確かさは、目標の0.15%を大幅にクリアした高精度のものとなっている。もう少し目標値を上げて、その精度を維持することはできないのでしょうか。

(個別要素技術に関するコメント)

【成果に対する評価】

- ・プロジェクトの期間短縮があった点で当初の計画全てを達成するには及ばなかったが、計画は適正に見直され、限られた期間の中で、計画に見合った成果が得られていると評価する。
- ・1年間の研究期間短縮下で当初目標値である0.15%以下の不確かさでの校正を可能とする液種、流量範囲の拡大を実現したことは高く評価できる。開発に成功した高精度現場流量計については普及をはかる必要がある。
- ・設定された計画に対しては問題なく目標が達成できたものと評価する。
- ・石油用流量計の精度管理を「器差」で行うのか、「不確かさ」で行うのかという基本方針が示されないまま、校正設備の不確かさを0.15%以内とする目標が設定されている。この目標が産業界のニーズに本当に合致しているのか再検証が望まれる。
- ・高精度流量計の開発を継続し、成果を確かなものにしていただきたい。(もったいない。)

【事業化の見通しに関する評価】

- ・JCS Sで描かれた最適な設備に民間の校正設備を改造するには、既存設備の問題点や設置スペースの問題等に新たな問題点がでることが予想される。そのため今後とも民官で連携をとって、現場の実情にあった更なる技術開発とJCS S指針の変更を進めていくことが事業の普及に必須と考える。
- ・校正設備の不確かさの目標については再検証が望まれるものの、今回の成果が早期に事業化されることを期待します。
- ・高精度流量計の成果が確かなものとなると事業者が参入し易くなるので、事業化が促進されると期待する。

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

「計量標準基盤技術研究（石油生産合理化技術開発等委託費）」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

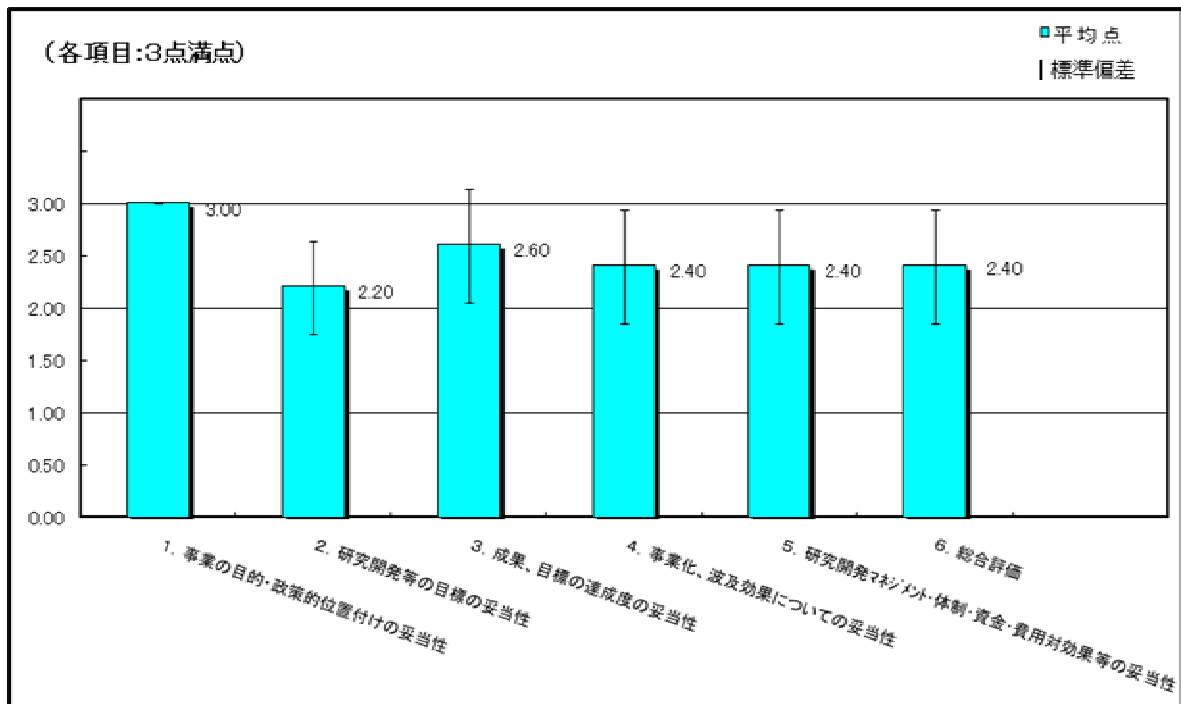
- ・各項目ごとに4段階（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可）〈a, b, c, dも同様〉）で評価する。
- ・4段階はそれぞれ、 $A(a) = 3$ 点、 $B(b) = 2$ 点、 $C(c) = 1$ 点、 $D(d) = 0$ 点に該当する。
- ・評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に を付ける。
- ・大項目（A, B, C, D）及び小項目（a, b, c, d）は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

3. 評点結果

評点法による評点結果

**計量標準基盤技術研究
(石油合理化技術開発等委託費)**

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	3.00	0.00
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	0.45
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.40	0.55
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	2.40	0.55
6. 総合評価	2.40	0.55



「計量標準基盤技術研究(石油生産合理化技術開発等委託費)」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>石油流量計の国家標準供給範囲の拡大は、信頼性の向上・手法の合理化等、国民の利益となるものであり、継続して取り組むべきものとする。基礎となる技術研究は今回の事業で実現できたと考えられるが、事業化にあたっては実際の現場の多様性を考慮し「低粘度流体、高粘度流体」、「低温流体、高温流体」、「小流量、大流量」、「低流速、高流速」など更なる研究が必要であるとする。また、国際整合性の観点から米国との比較試験を含めデータ収集を行い国内外にて成果普及に努めることが望まれる。</p> <p>本事業の成果である粘度と流速についての流体力学的なパラメータを活用して補正処理する技術については、今後、バイオエタノールやLPG等の計量にも応用できると考えられるため、この技術を多種の液体について適用できる汎用性のある技術とすることが望まれる。</p> <p>得られた成果がJIS規格に取り込まれることなどを通じ関連する事業者等に広く普及させることで、JCSS制度に対する理解が一層深まることが望まれる。</p>	<p>実際の現場の多様性を考慮した様々な条件での研究など、事業化に向けた研究については、その支援に努めてまいりたい。</p> <p>民間企業と連携して米国との比較試験を実施しており、データの収集に努めている。その結果を基に今後の普及に努めてまいりたい。</p> <p>エタノールについては今年度から研究を始めており、多種の液種に利用可能な汎用技術とすることができるか、今後、検討してまいりたい。</p> <p>国内外で成果の普及について努めており、今後、JIS規格に取り込まれるよう努めてまいりたい。</p>