

# 高効率 L P ガスエンジンの開発

(石油ガス利用・供給機器技術開発)

プロジェクト評価(事後)報告書

平成 1 6 年 3 月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

# 目 次

はじめに

評価検討会委員名簿

評価検討会審議経過

評価概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

第1章 評価の実施方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

1. 評価目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

2. 評価者・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

3. 評価対象・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

4. 評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

5. 研究開発事業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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

1. 基本計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6

2. 関連資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

第3章 評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13

1. 事業の目的・政策的位置付け等・・・・・・・・ 14

2. 研究開発目標の妥当性・達成度・・・・・・・・ 15

3. 研究開発マネジメントの妥当性・・・・・・・・ 15

4. 研究開発成果及び成果がもたらす効果・・・・・・・・ 15

5. 成果の実用化可能性、波及効果・・・・・・・・ 16

6. 要素に関する評価・・・・・・・・・・・・・・・・ 16

7. 成果の普及、広報（論文発表、特許取得等）・・・・・・・・ 17

8. 総合評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18

9. 今後の研究開発の方向等に関する提言・・・・・・・・ 19

参考資料

A. 経済産業省技術評価指針（平成14年4月1日）・・・・・・・・ 22

B. 研究開発実施者提供資料・・・・・・・・・・・・ 39

C. 研究開発実施者提供資料・・・・・・・・・・・・ 55

D. 研究開発実施者・実施協力者提供資料・・・・・・・・ 76

E. プロジェクトの周辺状況・・・・・・・・・・・・ 115

高効率LPガスエンジンの開発プロジェクト  
(石油ガス利用・供給機器技術開発)  
評価検討会委員名簿

(平成16年2月現在)

座長

斉藤 敬三 独立行政法人産業技術総合研究所環境調和型ディーゼルシステム共同研究センター副所長

評価委員

飯田 訓正 慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科教授

大井 登 三菱液化ガス株式会社営業本部開発グループマネージャー

金野 満 茨城大学工学部機械工学科助教授

(五十音順)

事務局：経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部石油流通課

## 産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

高効率LPガスエンジンの開発（石油ガス利用・供給機器技術開発）プロジェクト評価検討会

### 審 議 経 過

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成16年3月29日）

評価報告書（案）審議

- ・評価（案）の審議及び確定
- ・評価全般に対する提言等

評価検討会（平成16年1月21日）

- ・評価制度、評価のあり方、評価項目、評価の手順等について
- ・評価の分担、評価コメント、評点法等について
- ・プロジェクトの概要説明について
- ・プロジェクトの詳細説明について
- ・質疑応答
- ・メンバーによる意見交換

# 評 価 概 要

# 評価概要

## 1. 事業の目的・政策的位置付け

本プロジェクトを国の事業として行ったことは妥当であり、政策的にも重要かつタイムリーであったと評価できる。

大都市を中心とした大気汚染問題については、自動車から排出されるNO<sub>x</sub>（窒素酸化物）やPM（粒子状物質）を中心に、依然として深刻な状況であり、それらの低減は喫緊の課題になっている。

しかしながら、わが国においては、車両総重量が2.5トンを超える中・大型以上の貨物車に関しては、大気汚染に大きな影響を及ぼすディーゼルエンジン車が主流となっている。

既存のディーゼルエンジン車に匹敵する高効率・低公害LPガスエンジンの開発を目的とした本プロジェクトは、自動車起因による都市環境の悪化対策の観点から大変意義があり時宜を得ているだけでなく、エネルギーセキュリティの観点からも政策的に重要なものと評価できる。

高効率LPガスエンジン開発は、まだ市場が確立していない状況下であり、エンジンメーカーや自動車製造会社にとって開発リスクと負担が大きく、開発資金を投入する状況にはないのが実情であることから、国の関与は不可欠なものと考えられる。

## 2. 研究開発目標の妥当性・達成度

研究開発目標は、概ね妥当と評価できる。

実用頻度の高い中・低速部分負荷運転領域で、ディーゼルエンジンと同等以上の高い熱効率を達成できたことは、開発の主眼であるLPガス液筒内直接噴射方式による希薄成層燃焼が可能であったことを実証するものと言える。また、エンジン単体試験及び車両性能試験結果から判断しても、研究開発目標は妥当・適切であり、研究開発目標を達成していると評価できる。

一方で、耐久性に関する検証データ収集及び耐久性向上に関する技術開発、地域・季節によりLPガスの組成が異なるため燃料の組成及びエンジン性能の技術開発なども実施すれば良かったとの意見もあった。

## 3. 研究開発マネジメントの妥当性

研究開発実施者の事業体制、運営については、概ね妥当であったと評価できる。

当該分野の専門家から成る技術開発委員会のもと、綿密な技術動向調査を行った上で必要技術の選定とその開発研究計画が立案されていたこと、シミュレーションを援用して研究開発経費の効率的な使用に務めたこと、エンジン及び搭載車両の開発に当たってはL Pガスエンジンの開発実績がある日産ディーゼル工業(株)の協力を得たこと、シミュレーションに関しては当該分野で先端的な研究を実施している早稲田大学の協力を得たこと、など研究開発マネジメントについては、妥当であったと評価できる。

#### 4．研究開発成果及び成果がもたらす効果

研究開発成果及び成果がもたらす効果は概ね妥当と評価できる。

実用頻度の高い中・低速部分負荷運転領域で極めて高い効率を得たことによる実用燃費の効果は相当程度であり、本補助事業の限られた期間で高効率化かつ低公害化を実現し、エネルギーセキュリティの確保に資した成果の意義は大きい。

更に、L Pガス液筒内直接噴射技術を開発したことによって、高効率化及び高出力の限界を突破し、将来的にL Pガス燃料を中型・大型貨物及びバス車両用の燃料として普及する道を開いたことは、今後ますます厳しくなることが予想される排ガス規制をクリアしていくためにも、非常に重要な効果があるものと評価される。

#### 5．成果の実用化可能性、波及効果

成果の実用化可能性については、本プロジェクトの狙いに沿った成果が得られており、波及効果も大きいと評価する。

従来のL Pガスエンジンは、ガスマキサータイプの火花点火燃焼方式のみであったが、今回新たにL Pガス液筒内直接噴射技術方式のエンジンが開発され、その実用性に目途が付けられたことは、高く評価される。

L Pガス液の筒内直接噴射を可能とするための燃料噴射装置の開発、低公害化を実現するための尿素選択還元触媒（SCR）システムの開発等は技術的改良の途地は残されているものの特筆すべき成果であり、他エンジンシステムへの波及効果は大きいと評価できる。

#### 6．総合評価

本プロジェクトは、世界初のL Pガス液筒内直接噴射技術開発によって、従来のL Pガスエンジン車の高効率化・高出力化の限界を突破し、L Pガスエンジン車の新たな道のりを切り開いたことは、大変意義があるものと評価できる。

ただし、開発した高効率L Pガスエンジンの実用化のためには、未だ解決すべき課題も多く残っているため、研究開発期間・資金ともに必ずしも十分とは言へなか

ったのではないかとこの意見があった。

## 7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

- CNG、DME等の他燃料を用いた低公害車の開発も進められていることから、本プロジェクト開始時に見通したLPガス車の守備範囲について、プロジェクト終了後にも逐次見直しを行い、本技術開発の成果が有効に生かせるようにしておくことが重要である。
- LPガスはCNGと比べてエネルギー密度が大きく、ハンドリングも容易なことから自動車用燃料としての可能性は大きく、高効率化と排気清浄化を進めて本格的な実用化を目指して欲しい。また、物理的燃料性状に近いDMEとの混合により、圧縮着火エンジンへの展開ができれば、更なる高熱効率を実現できる。
- 開発されたLPガスエンジンは、今後、更なる熱効率の向上に加えて、ポスト新長期として目標とされるレベルの超低公害車の実現とその普及が望まれる。その場合、解決すべき課題として次の3点が挙げられる。
  - LPG燃料組成がLPガスエンジンの効率に及ぼす影響の調査研究
  - LPガス燃料に含有する硫黄成分
  - LPガス供給インフラの整備等

# 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14年4月1日経済産業省告示第167号、以下「評価指針」という。)に基づき、以下により行われた。

### 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)国民への制度(施策)・事業の展開、(4)資源の重点的・効率的配分への反映等を定めるとともに、評価の実施に当たっては(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。(参考資料A. 経済産業省技術評価指針参照)

これらの趣旨を踏まえ、「高効率LPガスエンジンの開発(石油ガス利用・供給機器技術開発)」の事業終了時点において、「研究開発事業評価における標準的な評価項目・評価基準」に基づき、プロジェクト評価(事後)を行うこととした。

### 2. 評価者

本プロジェクトの評価を実施するに当たっては、評価指針に定められた「評価を行う場合には、批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・専門家で構成する評価検討会を設置し、評価を行うこととした。評価委員として委員名簿にある4名が選任された。

なお、評価担当事務局については、石油流通課が担当することとした。

### 3. 評価対象

「高効率LPガスエンジンの開発(石油ガス利用・供給機器技術開発)」(事業期間:平成11~14年度)を評価対象として、プロジェクト推進部署(資源エネルギー庁資源・燃料部石油流通課)、以下の研究開発実施者及び研究開発協力者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、説明に基づき評価した。

研究開発実施者 : 財団法人エルピーガス振興センター

研究開発協力者 : 日産ディーゼル工業株式会社  
早稲田大学

#### 4. 評価方法

評価検討会において、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。それらを踏まえて「研究開発事業評価における標準的評価項目・評価基準」及び要素技術、総合評価、今後の研究開発の方向等に関する提言等について評価を実施し、評価報告書(案)を作成した。

#### 5. 研究開発事業評価における標準的な評価項目・評価基準

事業の目的・政策的位置付け

(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当か。

(2) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。

- ・ 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）

研究開発目標の妥当性・達成度

(1) 研究開発目標は適切かつ妥当であったか。

- ・ 事業開始において、目標達成のために具体的かつ明確な研究開発目標水準を設定しているか。
- ・ 事業開始において、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。

(2) 研究開発目標を達成しているか。

- ・ 目標の達成度はどうか。

研究開発マネジメントの妥当性

(1) 研究開発計画は適切かつ妥当であったか。

- ・ そもそも事業の目的を達するために本手段は適切であったか。
- ・ 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。
- ・ 資金の過不足はなかったか。
- ・ 採択された実施者は妥当であったか。

(2) 研究開発実施者の事業体制・運営は適切かつ妥当か。

- ・ 研究開発実施者の事業体制は適切かつ妥当か。
- ・ 研究開発実施者の運営は適切かつ妥当か。

(3) 情勢変化への対応は妥当であったか。

- ・ 社会経済情勢等周囲の状況変化に柔軟に対応しているか。

研究開発成果及び成果がもたらす効果

(1) 成果がもたらす効果

- ・ これまで達成された成果、今後見込まれる効果は何か。
- ・ 要素技術から見た成果の意義（新しい知の創出へ貢献があるのか。）
- ・ 波及効果、社会・経済への貢献等はどのようなものがあるか。
- ・ 効果の発現が見込まれる時期、目標達成状況に影響した外部要因等。

(2) 費用対効果（便益）

- ・ 投入された資源量に見合った結果が得られているか、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。

成果の実用化可能性、波及効果

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化の見通し（コストダウン、導入普及、事業化等）は立っているか。

(2) 波及効果

- ・ 成果は関連分野へのインパクトを期待できるものか。
- ・ 当初想定していなかった波及的な成果はあるか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発を促進するなどの波及効果を生じているか。

その他

成果の普及、広報（論文発表、特許の取得、標準化等の推進状況等）はどうか。

個別要素技術について

今後の研究開発の方向等に関する提言

## 経済産業省政策評価実施要領（抜粋）

### ・評価事項

#### 1. 事前評価

- (1) 施策・制度の必要性 [ どのような問題が存在するのか、なぜその問題を改善する上で行政の関与が必要なのか ]

民間活動のみでは改善できない問題であって、かつ、行政が関与することにより改善できるものが存在することを論証しなければならない。

行政の関与の必要性については、「市場の失敗」と関連付けて説明すべきことを原則とする。「市場の失敗」については以下に概要を示すが、より詳しくは、行政改革委員会「行政関与の在り方に関する基準」(平成8年12月16日)の「行政関与の可否に関する基準」による。

行政の関与の必要性の説明として「市場の失敗」に該当しないものも許容するが、その場合には、上述した問題の存在することの説明や公共性が高いことの根拠はできる限り客観的に明らかにしなければならない。

#### < 市場の失敗 > ... 行政改革委員会「行政関与の在り方に関する基準」(平成8年12月)による

- (a) 公共財的性格を持つ財・サービスの供給（経済安全保障、市場の整備、情報の生産、文化的価値を含む）  
複数の人が同時に消費できたり、対価の支払いなしに（まま）消費を制限することが困難である財・サービスのことをいう。  
例：市場ルールの形成
- (b) 外部性  
ある個人・企業の活動が、市場を経ずに他の個人・企業の経済環境に影響することをいう。  
好ましいものを正の外部性、好ましくないものを負の外部性という。  
例：負の外部性の例として地球環境問題（正の外部性については、解釈に幅があるとされる）
- (c) 市場の不完全性  
不確実性や情報の偏在（財や価格について取引の当事者間で情報量にばらつきがあること）などがあるために市場取引が成立しないこと。  
例：技術開発（不確実性）、製品事故（情報の偏在）
- (d) 独占力  
独占力は、一般には、市場におけるマーケット・シェアやライバル企業と異なる品質の製品を提供することによって生まれる価格設定力である。市場参加者が大きな独占力を持っている場合には、行政の関与が許容される場合があるとされる。
- (e) 自然独占  
平均生産費が、市場で需要される産出量を超えても逓減するため、新規参入が利潤をもたらさず、また1社だけ存在することが効率的になるため生ずる独占のことをいう。
- (f) 公平の確保  
公平の確保を図るための施策については、機会の均等を図ることを第一とし、事後的な公平については、所得・資産の多寡を基準とした再分配に原則として限定し、それ以外の施策からは原則として撤退する、とされている。

## 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. 基本計画

#### 1-1 研究開発期間

平成11年度から平成14年度とする。

#### 1-2 研究開発総額

研究開発資金については、可能な限り確保を図るものとする。

#### 1-3 研究開発の目的

本研究開発は、ディーゼルエンジン自動車が主流である中型貨物車の分野で、ディーゼルエンジン車並の効率とガソリンエンジン車以上にクリーンな排ガス性能を有するLPガス液筒内直接噴射式エンジン（火花点火燃焼方式）を開発し、このエンジンを搭載した中型貨物車を製作・評価し、最終的に実用化まで展開することを目的とする。

#### 1-4 研究開発の目標及び内容

##### 熱効率

車種	高効率 LPガスエンジン車	(参考) ディーゼルエンジン車
13モード平均熱効率	30～32%	30～35%

##### 排出ガス

G13モード規制値	NOx (g/kWh)	THC (g/kWh)	CO (g/kWh)
高効率LPガスエンジン車 目標値	1.4	0.2	0.01
(参考)平成10年度 ガソリン・LPG車規制値	4.5	1.8	5.1

目標値は中央環境審議会第二次答申の次期規制値に対応する

#### 1-5 開発技術の概要

##### (1) 開発エンジンの仕様

エンジン	総排気量	4.6 リットル
	気筒配置	直列4気筒
	ボア×ストローク	108 × 126
	過給装置	ターボ・インタークーラ
最大積載重量		4 トン

車両総重量	8 トン
-------	------

(2) 高効率達成のための技術

熱効率改善（燃費向上）を図るために、希薄燃焼技術より一層の希薄化を図るための成層化燃焼技術、L P ガスを液相状態で燃焼室に直接噴射する技術等の研究開発を行う。

(3) 低公害性達成のための技術

より一層の排出ガスの低公害化を図るために、E G R（排気再循環）システム及び触媒の開発を行う。

1 - 6 . 研究開発スケジュール

項 目	11年 度	12年度	13年度	14年度
基礎研究				
技術動向調査	—			
エンジン仕様検討・基本計画	—			
エンジン要素研究	—	—		
エンジン開発				
高出力化技術開発(含シミュレーション解析)		—		
高効率化技術開発(含シミュレーション解析)		—		
実証用エンジン開発				
低燃費技術開発(含シミュレーション解析)			—	
低公害化技術開発(含シミュレーション解析)			—	
車両開発				
車両搭載設計・試作				—
車両性能評価				—

## 2. 関連資料

### 2-1 社会的、技術的な背景

大都市を中心とした大気汚染問題については、自動車から排出されるNO<sub>x</sub>（窒素酸化物）やPM（粒子状物質）を中心に依然として深刻な状況であり、併せて温室効果ガス抑制に対する国際的な関心が高まっており、高効率による省エネルギー、低公害化が重要な課題である。

しかしながら、わが国においては、中型以上の貨物車に関しては依然としてディーゼルエンジン車が主流であり、ガソリンエンジンに比べて熱効率が高いことによりCO<sub>2</sub>（二酸化炭素）排出量は少ないものの、NO<sub>x</sub>やPM等の大気汚染物質の排出量が多い。

平成9年度の環境庁調査では、平成6年度における中・大型貨物自動車の保有台数は自動車全体の4%にすぎないものの、そのNO<sub>x</sub>排出量では、総排出量55万トンの49%を占めている。

一般的にディーゼルエンジンは、NO<sub>x</sub>やPMの同時低減技術が困難で、ディーゼルに替わる中・大型車用エンジンは実質的に見当たらないのが実情である。それに替わるものとして、これまでに中・大型貨物車に適応可能なクリーンエネルギー車としてディーゼルハイブリッド車や天然ガス車が既に開発されている。

しかしながら、前者では、中・大型貨物車の走行状況から電動モーター駆動であるハイブリッド車の特性がほとんど活用されないこと、後者では、天然ガススタンド設置数が少なく、かつ走行距離も短いことから、供給区域内での利用に限定され、中長距離輸送には不適當である。

他方、LPガス自動車は全国で約1,900箇所のスタンドが整備されており、中長距離輸送にも対応可能であり、中・大型貨物車のディーゼルエンジンを代替する新型エンジンとして高効率LPガスエンジンが最適であると考えられる。

### 2-2 研究開発スケジュール及び予算推移

本事業は、ディーゼル自動車主流である貨物車の分野で、LPガスを燃料とする省エネルギー・温室効果ガスの抑制、低公害化による環境改善を達成する高効率LPガスエンジンを開発し、車両総重量8トン級、最大積載重量4トン級の中型貨物車を製作・評価し、最終的に実用化まで展開することを目的に中型貨物車に搭載するLPガス液筒内直接噴射式エンジン（火花点火燃焼方式）の開発を実施する。

また、エンジンの効率化のための希薄燃焼、成層燃焼を実現するために、LPガスの噴霧過程及び燃焼過程について、要素研究及びシミュレーション解析を取り入れ、エンジン開発に活用することとし、以下の重点課題を定めて、最終目標を達成する計画とした。

(1) 基礎研究（平成 1 1 年度）

技術動向調査

エンジンの開発コンセプト設定の一環として、L P ガスエンジン搭載の中型貨物車に求められる市場ニーズを調査するとともに、技術開発を推進するために必要な技術開発動向把握検討の一環として直噴火花点火エンジン及び排ガス対策に関して調査を行う。

エンジン仕様検討

希薄燃焼、成層燃焼等で安定した着火、燃焼を行うための燃焼室形状、燃料噴射システム、点火系等の仕様をシミュレーションにより検討し、基本仕様を設定する。

エンジン要素研究

ベースエンジンを選定し、基本仕様をもとに燃料噴射システム、燃焼制御技術について検討する。

(2) エンジン開発（平成 1 2 年度）

高出力化技術開発

基本仕様に基づいて台上試験用の L P ガス液筒内直接噴射式エンジンを設計・試作し、その性能試験及びシミュレーション解析を実施し、中型貨物車として要求される出力・トルク性能を達成するために必要な技術課題を抽出し、その解決方法について検討する。

高効率化技術開発

台上試験用エンジンによる性能試験及びシミュレーション解析に基づき、噴射系、燃焼室形状等の改良を行い、燃費の改善を図る。また、可変バルブタイミングシステムを設計・試作し、最適な可変バルブタイミングの調査・解析を行う。

(3) 実証用エンジン開発（平成 1 3 年度）

低燃費技術開発

台上試験用エンジンによる性能試験結果をもとに、スワール、燃焼室形状、燃料噴射圧等の適正化による可燃混合気の形成促進及び耐ノックキング性向上も含めた燃焼改善検討を実施し、燃費の改善を図る。また、可変バルブタイミングシステムについて、全運転領域で安定して制御できるようにシミュレーション解析及び改良を行う。

低公害化技術開発

E G R（排気再循環）による高 N O x 低減効果を得るために、最適 E G R 仕様の検討を行う。更に、炭化水素浄化のための酸化触媒及び脱硝触媒の検討並びにシミュレーション解析を実施する。

(4) 車両開発（平成 1 4 年度）

### 車両搭載設計・試作

台上試験エンジンは、開発試験を効率的に行うために台上試験専用の部品により構成されている。このため、開発エンジンをそのまま車両に搭載することは出来ない。

そこで、各部品の強度、耐久性、取り付けレイアウト等を車両搭載に適したものにするため、車載用エンジン、燃料供給システム及び車両の設計・製作を行う。

### 車両性能評価

完成したLPガス液筒内直接噴射式エンジン搭載車両により、実用性を評価するため各種車両試験を実施する。

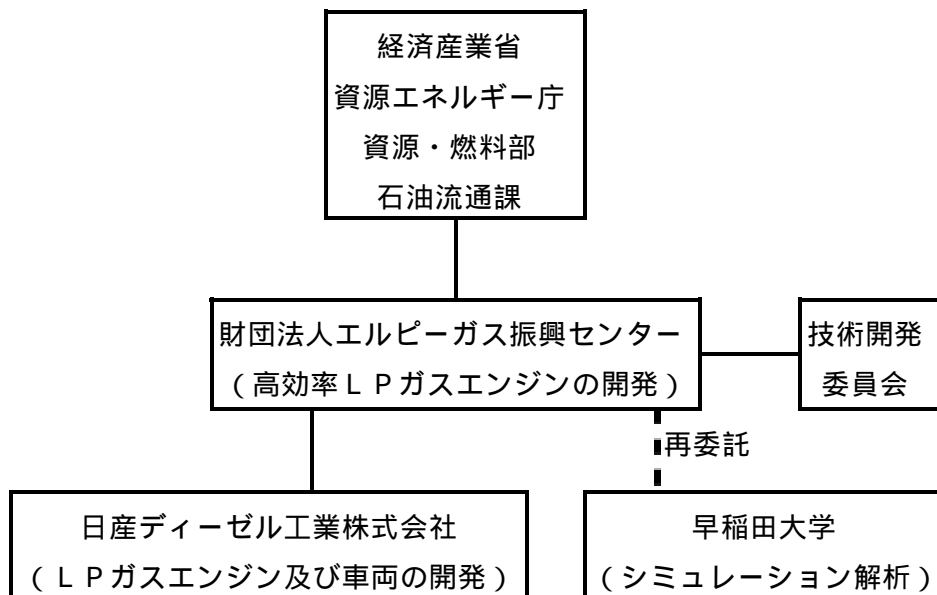
なお、この際、本開発エンジンのベースとした排気量4.6リットルのターボインタークーラー付直接噴射式ディーゼルエンジン（日産ディーゼル工業製、FD46TA）を搭載した車両を比較対照とした。

研究開発スケジュールと予算推移

項 目	11年度	12年度	13年度	14年度
基礎研究				
技術動向調査	—			
エンジン仕様検討・基本計画	—			
エンジン要素研究	—	—		
エンジン開発				
高出力化技術開発(含シミュレーション解析)		—		
高効率化技術開発(含シミュレーション解析)		—		
実証用エンジン開発				
低燃費技術開発(含シミュレーション解析)			—	
低公害化技術開発(含シミュレーション解析)			—	
車両開発				
車両搭載設計・試作				—
車両性能評価				—
予算推移(百万円)	163	222	314	162
	合計 861			

## 2 - 3 研究開発体制

研究計画を効率的に実施するため、財団法人エルピーガス振興センター内に学識経験者、専門技術者、LPガス業界関係者で構成する技術開発委員会を設置し、その審議に基づいて事業を推進した。事業の推進に当たり民間企業、大学等研究機関の協力を得て技術開発を実施した。



### [ LPガスエンジン及び車両の開発 ]

- ・実機エンジンによる研究開発・実験の実施
- ・高効率LPガスエンジンの開発
- ・車両の製作

### [ シミュレーション解析 ]

- ・燃料噴霧過程、燃焼過程におけるシミュレーション解析
- ・シミュレーションモデルの構築
- ・シミュレーションモデルを用いた数値実験の実施

図 - 1 研究開発実施体制

研究開発は、LPガスエンジン及び車両の開発とそれを補助するためのシミュレーション解析の2つに分けて実施し、研究の進捗に併せて意見交換を行うことにより、両者の研究成果をお互いに活用させること、及び技術開発委員会において、研究計画、進捗状況、年度の研究結果について審議し、その結果に基づいて、研究開発を推進することにより研究の進展を図った。

## 2 - 4 研究開発目標

本事業は、ディーゼルエンジン自動車主流である中型貨物車の分野で、ディーゼルエンジン車並の効率とガソリンエンジン車以上にクリーンな排ガス性能を有するLPガス液筒内直接噴射式エンジン（火花点火燃焼方式）を開発し、このエンジンを搭載した中型貨物車を製作・評価し、最終的に実用化まで展開することを目的に、以下の目標を設定した。

設定した目標を達成するために、熱効率はベースエンジンとするディーゼル車並とし、また、排気ガスについては、ガソリンエンジン車並とした。

なお、排気ガスの目標値は、熱効率をディーゼルエンジン車並の高い目標値としているにもかかわらず、13年度ガソリン・LPG規制値以下を目指した。

研究開発目標

開発目標項目	目標値	参考値	
		対象ディーゼル	ガソリンエンジン
平均熱効率	30～32%	30～35%	20～25%
排出ガス		(平成15年度規制値)	(平成13年度規制値)
NOx (g/kWh)	1.4	3.38	1.4
THC (g/kWh)	0.2	0.87	0.58
CO (g/kWh)	0.01	2.22	16.0
備考	G13モード	D13モード	G13モード
動力性能	ベースディーゼルエンジンと同等	135kW / 3100rpm	
出力	135kW / 3100rpm		

## 第 3 章 評価

## 第3章 評価

### 1. 事業の目的・政策的位置付け等

#### (1) 事業の目的・政策的位置付け

大都市を中心とした大気汚染問題については、自動車から排出されるNO<sub>x</sub>(窒素酸化物)やPM(粒子状物質)を中心に、依然として深刻な状況であり、それらの低減は喫緊の課題になっている。また、近年増加が著しい温室効果ガスの抑制に関する国際的な関心が高まっており、高効率なエネルギー利用による省エネルギー、低公害化が重要な課題となっている。

しかしながら、わが国においては、車両総重量が2.5トンを超える中・大型以上の貨物車に関しては、大気汚染に大きな影響を及ぼすディーゼルエンジン車が主流となっている。ディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンに比べて熱効率が高いことによりCO<sub>2</sub>排出量は少ないものの、NO<sub>x</sub>やPM等の大気汚染物質の排出量が多いため、低公害エンジンの開発が望まれていた。

中型貨物用ディーゼルエンジン車に対する代替可能性という観点からみると、LPガス自動車は、NO<sub>x</sub>やPM等の大気汚染物質の排出量が少なくクリーンであることに加えて、供給インフラとして既に全国で約1,900箇所のスタンドが整備されており、中長距離輸送にも対応可能というメリットを有していた。一方、LPガス自動車は、既存のディーゼルエンジン車と比較して熱効率が低いというデメリットが存在していたことから、既存のディーゼルエンジン車に匹敵する高効率・低公害LPガスエンジンの開発を目的とした本プロジェクトは、自動車起因による都市環境の悪化対策の観点から大変意義があり時宜を得ているだけでなく、エネルギーセキュリティの観点からも政策的に重要なものと評価できる。また、ブタン需要を喚起することにも資するため、LPガス産業育成のためにも有益であると評価できる。

#### (2) 国の関与の必要性について

現在市場に投入されている火花点火燃焼方式を採用したLPガスエンジンは、ディーゼルエンジンに比しエンジン出力・低回転数領域でのトルクについてユーザーからの不満が多かったことに加えて、更なる大型化(高出力化)、高効率化及び耐久性の面でも限界があった。

本プロジェクトは、世界初のLPガス液筒内直接噴射技術開発によって、ディーゼルエンジン車と同じ燃焼方式をもつLPガスエンジン車を開発し、高効率化の限界、高出力化限界を見極め、今後の普及可能性の確認と普及方策の策定に資するものであり、低燃費かつクリーンな排ガス車両を開発した意義は大きい。更に、本開発は、社会的に意義があるだけでなく、技術的にみても、先進性、革新性、先導性があると判断できる。

こうした、高効率LPガスエンジン開発は、まだ市場が確立していない状況

下にあり、エンジンメーカーや自動車製造会社にとって開発リスクと負担が大きく、開発資金を投入する状況にはないのが実情であることから、国の関与は不可欠なものと考えられる。

## 2. 研究開発目標の妥当性・達成度

実用頻度の高い中・低速部分負荷運転領域で、ディーゼルエンジンと同等以上の高い熱効率を達成できたことは、開発の主眼であるLPガス液筒内直接噴射方式による希薄成層燃焼が可能であったことを実証するものと言える。また、エンジン単体試験及び車両性能試験結果から判断しても、研究開発目標は妥当・適切であり、研究開発目標を達成していると評価できる。

一方で、耐久性に関する検証データ収集及び耐久性向上に関する技術開発などを実施すればよかったのではないかと、地域・季節によりLPガスの組成（プロパン、ブタンの比率）が異なるため燃料の組成及びエンジン性能（ノッキング限界、点火時期、エンジン効率等）の技術開発なども実施すれば良かったのではないかと、排ガス浄化の開発目標を新長期規制ではなくポスト新長期規制を意識したものに設定すべきではなかったか、との意見もあった。

また、ディーゼルエンジンと同等の動力性能を実現しているが改善結果に関する報告書の記述が分かり難かったとの意見もあった。

## 3. 研究開発マネジメントの妥当性

当該分野の専門家から成る技術開発委員会のもと、綿密な技術動向調査を行った上で必要技術の選定とその開発研究計画が立案されていたこと、シミュレーションを援用して研究開発経費の効率的な使用に務めたこと、エンジン及び搭載車両の開発に当たってはLPガスエンジンの開発実績がある日産ディーゼル工業(株)の協力を得たこと、シミュレーションに関しては当該分野で先端的な研究を実施している早稲田大学の協力を得たこと、など研究開発マネジメントについては、妥当であったと評価できる。

一方で、開発した高効率LPガスエンジンの実用化のためには、未だ解決すべき課題も多く残っているため、研究開発期間・資金ともに必ずしも十分とはいえなかったのではないかととの意見もあった。

## 4. 研究開発成果及び成果がもたらす効果

実用頻度の高い中・低速部分負荷運転領域で極めて高い効率を得たことによる実用燃費の効果は相当程度であり、本補助事業の限られた短期間で高効率化かつ低公害化を実現し、エネルギーセキュリティの確保に資した成果の意義は大きい。また、中型貨物車は貨物車全体の過半数を占めること、更に都市内を走行する車両に限定するとその割合は更に大きいことを考慮すれば、窒素酸化物及び粒子状排出物等の

大気環境負荷の低減効果は大きいものと考えられる。

更に、L P ガス液筒内直接噴射技術を開発したことによって、高効率化及び高出力の限界を突破し、将来的にL P ガス燃料を中型・大型貨物及びバス車両用の燃料として普及する道を開いたことは、今後ますます厳しくなることが予想される排ガス規制をクリアしていくためにも、非常に重要な効果があるものと評価される。

なお、本プロジェクトで開発されたL P ガスエンジンが、本格的に市場に出回るようになれば、大きな経済的効果が期待できる。

## 5．成果の実用化可能性、波及効果

従来のL P ガスエンジンは、ガスミキサータイプの火花点火燃焼方式のみであったが、今回新たにL P ガス液筒内直接噴射技術方式のエンジンが開発され、その実用性に目途が付けられたことは、高く評価される。

L P ガス液の筒内直接噴射を可能とするための燃料噴射装置の開発、低公害化を実現するための尿素選択還元触媒（SCR）システムの開発等は技術的改良の途地は残されているものの特筆すべき成果であり、他エンジンシステムへの波及効果は大きいと評価できる。

また、本方式のエンジン開発により、L P ガス車にとって小型・大型の貨物車への活路が開けたことは意義が大きい。

ただし、本システムが導入・普及されるためには、コスト低減を図るとともに更なる技術改良により他システムと十分競合し得るものになって行く必要があることから課題は少なくない、現在の状況は実用化の段階というより未だ技術開発の段階ではないか、との意見があった。

## 6．要素に関する評価

### (1) エンジン開発

#### 【成果に関する評価】

アイドリング以外、広範囲な負荷領域運転で円滑な運転を実現していることや、最新の尿素選択還元触媒（SCR）によるNOx低減技術を導入した先進性や低潤滑を克服する高圧ポンプを開発したことなどは評価に値し、エンジン開発目標は達成されている。特に、低・中速部分負荷運転領域における高熱効率を達成したことは特筆に値する。

ただし、排ガス浄化のための排ガス加熱ヒータ電力量について推定でも定量化し熱効率に換算すること、エンジン出力に応じたL P ガス供給量を最適化するための噴射ノズルの構造等に関する要素技術を確立することや触媒の寿命について検討することが必要であったとの意見もあった。

#### 【実用化の見通しに関する評価】

本プロジェクトで高効率L P ガスエンジンの実用化の見通しが付いたことは

評価できる。

ただし、実用化するためには、更に、耐久性・コスト・ドライバビリティ（寒冷地始動性、過渡出力特性、操作性、運転性）の改良、季節・地域等によって変動するオートガスの組成への対応、燃費向上及び排ガス性能の更なるアップ等の課題が残されているとの意見があった。

なお、導入初期には国の補助が不可欠であるという意見もあった。

## (2) 車両開発

### 【成果に対する評価】

車両開発における目標は、開発エンジンを搭載した車両を製作・評価し実用化までの展開を図ることとしていたが、（数値目標については設定されていなかったものの）搭載性、加速性、近接騒音等の評価項目について、ほぼディーゼル車と同等の性能を得ていることから評価できる。

ただし、坂道走行時において（燃料タンクに内蔵された加圧ポンプの位置及び液位によって）ポンプの空引きが生じないことの確認、信頼性・耐久性等の検討は今後の課題である、との意見があった。

### 【実用化の見通しに関する評価】

本プロジェクトにより、高効率LPガスエンジン搭載の貨物車が既存のディーゼルエンジン車に遜色のない基本性能を持つことが立証され、実用化の見通しが付いたものと評価できる。

ただし、ドライバビリティの改善、衝突事故等に対する安全性の検証、メンテナンス性の向上、各種環境下での信頼性の向上、取り回し等ユーザーの視点での改善・改良等が必要であるとの指摘があった。さらに、かかる改善等を行った上で、実用時における規制レベルやインフラ等の整備状況と他システムとの競合等を勘案し、その実用性を総合的に判断する必要があるという意見もあった。

## 7. 成果の普及、広報（論文発表、特許取得等）

本プロジェクトの開始に当たり、それぞれ「経済産業省と（財）エルピーガス振興センター」、「（財）エルピーガス振興センターと日産ディーゼル工業株」間で、各年毎に知的財産権等の管理に係る条項を含む契約が締結されていることから、プロジェクトの開発における知的財産権等の管理はしっかりなされていたものと評価できる。

エンジン開発の過程で、出願までには至っていないものの十分に特許性のある技術開発がなされたものと評価される。また、沸点が常温に近いLPガス燃料の直噴化を実現したことは、他の新燃料への応用も有望であることから、本技術開発とその成果の普及は十分に公共財としての価値があるものと評価できる。

本成果は、開発研究に関与した多くのメーカー等を通じて、LPガスエンジン及び関連部品の開発、試験方法等に活かされている他、成果報告書の作成・配布及び

論文・口頭発表により積極的に公表されていることから評価できる。

一方、特許取得件数がゼロであったことは残念である。本研究開発は、新方式エンジンの開発といえどもノウハウやチューニング（最適化）技術によるところが多く、特許を取得し難い面があるが、次のような体制整備を構築すればさらに良かったという意見があった。

- (1) 本開発プロジェクトの推進評価過程で、開発のプロセスで考案された知見やアイデアを開発担当者から積極的に引き出し、評価し、知的財産権の取得に至る過程を積極的にサポートする体制及び方策を講じる。
- (2) 特許に至らない各種知的財産権について、積極的に取得し、データベース化する仕組みと支援体制を構築する。

その他、（財）エルピーガス振興センターを通じて、学会やLPガス業界へのPRは実施されているようであるが、より広く一般向けの広報（社団法人全日本トラック協会を通じた最終ユーザーへの広報、ナンバーを取得して様々な機会にデモ走行を行うなど）に力を入れ、本方式のエンジンのメリットを一般ユーザーにも受け入れられるよう理解を求めることが重要であるとの指摘があった。また、シミュレーションソフトのマニュアルについても広く利用の便宜を図るような広報が必要との意見もあった。

（注）本プロジェクトによる成果としての特許取得は無いが、部品メーカーにおいてディーゼル用に開発された特許をLPガスにも使用できるようアレンジした特許（用途としてLPガスも含まれている）が4件ある。この特許の「評価」の面には、日産ディーゼル工業㈱も協力している。

## 8. 総合評価

既存のディーゼルエンジン車に匹敵する高効率・低公害LPガスエンジンの開発を目的とした本プロジェクトは、自動車起因による都市環境の悪化対策の観点、エネルギーセキュリティの観点、LPガス産業育成の観点から大変意義があるものであり、かつ時宜を得ている。プロジェクトの目的・政策的位置付け、研究開発目標の妥当性・達成度、研究開発マネジメントの妥当性、研究開発成果及び成果がもたらす効果、成果の実用化可能性・波及効果、成果の普及・広報などについては、概ね満足できるものと評価する。

特に、本プロジェクトは、世界初のLPガス液筒内直接噴射技術開発によって、従来のLPガスエンジン車の高効率化・高出力化の限界を突破し、LPガスエンジン車の新たな道のりを切り開いたことは、大変意義があるものと評価できる。

ただし、開発した高効率LPガスエンジンの実用化のためには、未だ解決すべき課題も多く残っているため、研究開発期間・資金ともに必ずしも十分とは言へなかったのではないかとこの意見があった。

## 9. 今後の研究開発の方向等に関する提言

- ・ CNG、DME等の他燃料を用いた低公害車の開発も進められていることから、本プロジェクト開始時に見通したLPガス車の守備範囲について、プロジェクト終了後にも逐次見直しを行い、本技術開発の成果が有効に生かせるようにしておくことが重要である。
- ・ LPガスはCNGと比べてエネルギー密度が大きく、ハンドリングも容易なことから自動車用燃料としての可能性は大きく、高効率化と排気清浄化を進めて本格的な実用化を目指して欲しい。また、物理的燃料性状に近いDMEとの混合により、圧縮着火エンジンへの展開ができれば、更なる高熱効率を実現できる。
- ・ 開発されたLPガスエンジンは、今後、更なる熱効率の向上に加えて、ポスト新長期として目標とされるレベルの超低公害車の実現とその普及が望まれる。その場合、解決すべき課題として次の3点が挙げられる。（【参考】参照）
  - LPガス燃料組成（LPガス燃料組成がLPガスエンジンの効率に及ぼす影響の調査研究）
  - LPガス燃料に含有する硫黄成分
  - LPガス供給インフラの整備等
- ・ LPガス燃料の特徴として、硫黄成分が少ないことは、ディーゼル機関代替エンジンとして排気の後処理システムとしてNO<sub>x</sub>吸蔵還元型のPM・NO<sub>x</sub>の同時低減触媒システムが導入可能なことを意味している。このようなLPガス燃料の優れた特徴を生かした排ガス処理触媒システムを開発することは、尿素を利用せず「ポスト新長期」超低公害エンジンを実現することが可能となるため、将来のLPガス燃料を普及する上で重要な戦略となる。
- ・ 今後の研究開発においても、実用化された場合のユーザーニーズに基づく開発テーマの選定を行っていくことが重要である。

### 【参考】

#### LPガス燃料組成に関する検討

LPガスの組成と燃料の燃焼特性は密接な関係にあるため、更なる高効率を確保するためには燃料性状の最適化が望まれる。

LPガスは寒冷地での蒸気圧を確保するために季節及び地域で成分調整を行うので、成分の変動許容範囲が広いという事情がある。このため、エンジン設計に際しては、予め成分変動を想定して、投入燃料に対するロバスト性（適応性）を確保することが必要である。

また、燃料規格の変動許容値が大きいと、エンジンは必ずしも最適条件を保ちつつ運転できない。このため、高効率・低排出ガス性能を担保するため、規格供給燃料の季節変動差、地域変動差の許容度に関する調査研究が必要である。

#### LPガス燃料に含有する硫黄成分に関する検討

新長期制、ポスト新長期規制の排出基準を考慮すると、触媒システムに要求される硫黄含有量は10ppm以下となる可能性がある。L P ガス燃料についても末端市場で10ppm以下の硫黄含有量を担保することは、相当の工夫と設備投資が必要である。

また、付臭剤に含まれる硫黄成分は2ppm相当と言われており、付臭剤の占める割合が相対的に大きいことから、今後は硫黄成分を含まない付臭剤の検討又は自動車用L P ガス燃料には付臭剤を混入しないなどの検討が必要である。

#### L P ガス供給インフラの整備等に関する検討

L P ガス中・大型貨物車の普及を図るには、L P ガス供給スタンドの整備も必要である。現在、L P ガススタンドは全国で約1,900箇所設置されているが、施設の寸法の制限から中・大型の貨物車には供給できないスタンドがある。中・大型車両にも供給できるスタンドの整備、バス・貨物車の定期路線について優先的にスタンドの整備を行うなどの政策の検討が必要である。

# 参 考 资 料

# 参 考 資 料 A

( 經 濟 産 業 省 技 術 評 価 指 針 )

## 参考資料 A（経済産業省技術評価指針（平成 14 年 4 月 1 日））

### 経済産業省技術評価指針の位置付け

経済産業省技術評価指針（以下、「本指針」という。）は、経済産業省が自ら行う又は支援する研究開発、経済産業省における技術に関する施策・事業等の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたガイドラインである。

本指針は、「産業技術力強化法（平成 12 年法律第 44 号）」第 10 条の規定、「科学技術基本計画（平成 13 年 3 月閣議決定）」、「経済構造の変革と創造のための行動計画（第 3 回フォローアップ）（平成 12 年 12 月閣議決定）」及び「国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成 13 年 11 月内閣総理大臣決定）」に沿った適切な評価を遂行するための方法を示す。

同時に、「行政機関が行う政策の評価に関する法律（平成 13 年 6 月法律第 86 号。以下「政策評価法」という。）」に基づく「経済産業省政策評価基本計画（平成 14 年経済産業省告示第 153 号）」に沿った、経済産業省政策評価のうち研究開発部分の実施要領としての性格を持つ。すなわち、研究開発案件に関する事後評価の実施については政策評価法上定められており、政策評価法上義務となる事後評価については、経済産業省政策評価基本計画に基づき、本指針に沿って、原則、「同一・類似の目的を有する事業をまとめた施策（以下「施策」という。）」単位で行うこととする。

なお、政策評価法第 9 条に基づく政令（平成 14 年政令第 49 号）における事前評価の実施についても、本指針に沿って、原則、個々の事業を目的別に施策にまとめて評価を行うこととする。

技術評価は、政策評価法上要請される評価を含め政策評価の一環としての位置付けを有することから、本指針は、研究開発等技術関連施策・事業等の成果や実績等を厳正に評価し、それを後の施策・事業等の企画立案等に反映させる政策サイクルの一角としての評価の在り方について定めるものである。

ただし、研究開発等技術関連施策・事業等に係る評価は、競争的資金による研究課題、プロジェクト、プログラムといった研究開発の内容や性格、実施体制等の態様に応じた評価方法に拠るべきであるとともに、評価の厳正さと効率性を両立するためには、評価をとりまく様々な状況に応じた臨機応変な評価手順を設定する必要がある。さらに、評価手法は日進月歩であり、今後よりよい評価手法が提案されることも十分考えられる。したがって、本指針では共通的なルール及び配慮事項を取り上げることとし、より詳細な実施のプロトコルは評価マニュアルの作成等により記述することで、機動的な実施を図ることとする。

なお、本指針においては、以下のような用語の使い分けをする。

- ・エフォート：一研究員の全研究活動時間のうち当該競争的資金による研究活動に当てる時間の割合。
- ・競争的資金：資金を配分する主体が、広く一般の研究者（研究開発に従事している者又はそれらの者から構成されるグループをいう。）、企業等又は特定の研究者、企業等を対象に、特定の研究開発領域を定め、又は特定の研究開発領域を定めずに研究開発課題を募り、研究者、企業等から提案された研究開発課題の中から、当該課題が属する分野の専門家（当該分野での研究開発に従事した経験を有する者をいう。）を含む複数の者による、研究開発の着想の独創性、研究開発成果の先導性、研究開発手法の斬新性その他の科学的・技術評価又は経済的・社会的評価に基づき、実施する課題を採択し、当該課題の研究開発を実施する研究者等又は研究者等が属する組織若しくは企業等にそのための資金を配分する制度。
- ・研究開発運営管理機関：国からの出資や補助等を受けて研究開発の運営管理を行う機関（NEEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）等）。
- ・研究開発実施機関：国や研究開発運営管理機関からの出資や補助等を受けて研究開発を実施する機関（技術研究組合等）。
- ・機関：「研究開発運営管理機関」及び「研究開発実施機関」をいう。
- ・施策・事業：ある行政課題に対応するための基本方針たる「政策」を実現するための具体的な方法ないしツール。本指針においては、施策とは同一・類似の目的を有する事業のまとまりをいい、事業とは個別委託事業や個別補助事業の他、研究開発制度等をいう。なお、本文中「施策・事業等」と記述のある場合には、施策・事業及び機関を指す。
- ・政策評価書：本指針において用いる「政策評価書」とは経済産業省政策評価実施要領を踏まえた評価書を指す。
- ・プログラム：政策目標の達成のため、統一的な体系の下、関連諸政策との連携を保ちながら一貫性を持って複数の技術開発プロジェクト等の研究開発事業を実施するもの。
- ・プロジェクト：研究開発課題を達成するために行われる個別委託事業や個別補助事業等を指す。競争的資金をはじめ研究開発制度は当指針上プロジェクトには該当しない。
- ・政策サイクル：政策の計画・実行・評価（plan-do-see）の循環過程
- ・評価システム：評価目的、評価時期、評価対象、評価方法等、評価に係るあらゆる概念、要素を包含した評価制度、体制の全体
- ・評価方法：研究開発施策・事業、試験研究機関等を評価するための具体的な方法（評価項目、評価基準、評価手続、評価手法）
- ・専門家：評価対象の研究開発に関する知見を有する者
- ・実施者：研究開発等技術関連事業を受託又は補助金交付等を受けて行う個人、機関等
- ・推進課：研究開発等技術関連事業を推進する省内の部署（研究開発担当課室、研究開発運営管理機関所管課、研究開発実施機関所管課等）。推進課は、評価結果を反映させる

よう努力する義務がある。

- ・ 主管課：研究開発関連施策の企画・立案を主管する課及び予算等の要求事項を主管する課をいう。なお、本文中「主管課等」と記述のある場合には、主管の課、室及びチームを指す。
- ・ 査定課：予算等の査定を行う省内の部署（大臣官房会計課、資源エネルギー庁総合政策課等）
- ・ 外部評価：外部有識者・専門家を評価者とし、評価事務局が評価結果を取りまとめる評価。
- ・ 外部評価者：経済産業省における評価にあつては経済産業省に属さない外部の有識者・専門家であつて、制度や施策の推進に携わっていない者（評価のために任命された経済産業省の審議会等に属する者を含む。）、研究開発運営管理機関における評価にあつては当該機関に属さない外部の有識者・専門家であつて、制度や施策の推進に携わっていない者（評価のために任命された、当該機関の委員会等に属する者を含む。）  
なお、外部の有識者とは、研究開発成果の経済的・社会的意義につき指摘できる人材（投資家、人文・社会学者、マスコミ、ユーザ等）を含む。
- ・ 評価事務局：研究開発施策・事業等の評価の事務局となる部署であり、評価者の行う評価の取りまとめ責任を負う。
- ・ 評価者：評価の責任主体をいう。なお、評価の中立性・透明性を確保するために、外部の専門家及び有識者による評価を行う場合には、外部の専門家及び有識者が評価の責任主体となる（外部評価者からなる委員会を設置する場合（パネルレビューの場合）には同委員会が責任主体となる）。また、評価の結果を踏まえて、資源配分の停止や変更、施策・事業等の内容の変更に責任を有するのは企画立案部門である施策・事業等の推進課、主管課等又は研究開発運営管理機関である。
- ・ 被評価者：被評価者は施策・事業等の推進課、主管課等、研究開発運営管理機関及び事業の実施者等であり、評価のタイプにより異なる。
- ・ パネルレビュー：外部評価者からなる委員会を設置し、必要に応じて被評価者を参加させて行う評価形態。（インターネット等を利用した電子会議を含む）
- ・ メールレビュー：外部評価者に対して郵便・FAX・電子メール等の手段を利用して情報を提供し評価結果を受けとる評価形態。

## ・評価の基本的考え方

### 1. 評価目的

#### (1) 研究開発に対する経済的・社会的ニーズの反映

研究開発の経済社会的な目標や経済産業政策上の位置付けを明確にすること等により、研究開発に対して確実に経済的・社会的ニーズを反映させること。

#### (2) より効率的・効果的な研究開発の実施

評価をする者(評価者)と評価を受ける者(被評価者)が意見交換を通じ研究開発の意義、内容、達成状況、今後の方向性等について検討し、競争的な研究開発環境を実現し、より効率的・効果的な研究開発を実施していくこと。

#### (3) 国民への施策・事業等の開示

高度かつ専門的な内容を含む研究開発等技術関連施策・事業等の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示していくこと。

#### (4) 資源の重点的・効率的配分への反映

評価の結果を施策・事業等の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより資源の重点化及び効率化を促進していくこと。

#### (5) 研究開発運営管理機関、研究開発実施機関の自己改革の促進

研究開発運営管理機関、研究開発実施機関が実施する評価において、評価の実施が自己改革の契機となるような自律的なシステムの構築に努めること。

### 2. 評価の基本理念

評価の実施に当たっては、以下の考え方を基本理念とする。

#### (1) 透明性の確保

推進課、主管課等、研究開発運営管理機関及び実施者においては、積極的に成果を公開し、その内容について広く学識者、成果の応用分野の有識者等の意見を聴くこと。評価事務局においては、透明で公正な評価システムの形成、定着を図るため、評価手続、評価項目・評価基準を含めた評価システム全般について予め明確に定め、これを公開することにより、評価システム自体を誰にも分かるものとするとともに、評価結果のみならず評価の過程について可能な限り公開すること。

#### (2) 中立性の確保

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の導入等により、中立性の確保に努めること。

#### (3) 継続性の確保

研究開発等技術関連施策・事業等においては、個々の評価がそれ自体意義を持つだけでなく、評価とそれを反映した施策・事業等の推進というプロセスを繰り返していく時系列のつながりにも意義がある。したがって、推進課及び主管課等にとって評価結果を後の施策・事業等の企画立案等に反映させ易い、継続性のある評価方法で評価を行うこと。

#### (4) 実効性の確保

政策目的に照らし、効果的な施策・事業等が行われているか判断するための効率的評価が

行われるよう、明快で実効性のある評価システムを確立・維持するとともに、施策・事業等の運営に支障が生じたり、評価者及び被評価者双方に過重な負担をかけることのない費用対効果の高い評価を行うこと。

### 3. 本指針の適用範囲

本指針においては、多面的・階層的な評価を実施するため、経済産業省における研究開発関連施策（研究開発関連事業が施策の主たる事業であるもの及びプログラムのように複数の研究開発関連事業にて施策が構成されるもの）、予算措置、政策金融、税制措置、法律に基づく研究開発等の技術関連制度、個別課題（研究開発要素のない調査研究は含まない。）、研究開発運営管理機関及び実施者を対象とする。

なお、評価の種類としてはこの他に研究者評価が存在するが、これは研究機関の長が評価のためのルールを整備した上で、責任を持って実施することが基本であり、本指針では取り上げない。

### 4. 評価の種類・階層構造及びリンケージ

#### (1) 実施時期による類型

評価はその実施時期により、事前評価及び中間・事後評価に類型化される。課題評価は事前評価、中間・事後評価及び追跡評価に類型化される。

#### (2) 評価の階層構造

経済産業省における技術評価では、研究開発関連施策及び個別課題での評価を基本的な評価単位とするが、政策効果をあげるために、特に必要があると認められるときには、関連する複数の施策・事業等が有機的に連携をとって体系的に政策効果をあげているかを評価することとする（これは経済産業省政策評価実施要領における「政策体系評価」に対応するものと位置づける）。

#### (3) 各評価類型間のリンケージ

中間・事後評価は当該施策・事業等の達成状況や社会経済情勢の変化を判断し、計画の見直しや後継事業等への展開の是非を判断するものである。また、事前評価での予想が実際にどのような結果となったか、予算措置は妥当であったか等を確認することにより、事前評価の方法を検証し得るものである。

したがって、中間・事後評価等の結果を産業技術政策・戦略の立案や、より効果的な事前評価の評価手法の確立に反映させるよう努めるものとする。

なお、中間・事後評価も同様に追跡評価にて検証されるものである。

### 5. 評価方法等

厳正な評価を行うためには、評価方法、評価項目等に一貫性を持たせることが必要であることから、本指針の策定をはじめ評価実施に係る諸規程等を整備の上、公開するものとする。

技術評価調査課は本指針を踏まえ、指針細則を策定するとともに、省内における円滑な評価の実施のための指導及び評価システムの維持管理を行う。

#### (1) 施策・事業原簿

事業の基本実施計画書等と政策評価書（施策単位の事前評価書等）の双方をもって施策・事業原簿とする。施策・事業原簿を作成・改訂した場合は、速やかに写しを技術評価調査課へ、作成・改定主体が研究開発管理運営機関である場合は、技術評価調査課及び主管課等又は推進課へ提出する。

(2) 評価項目・評価基準

評価の類型及び施策・事業等の態様等に応じて標準的な評価項目、評価基準を技術評価調査課が別途定めることとする。

(3) 評価手続・評価手法

評価の類型に応じて適切な評価手法を用いるものとする。なお、複数の事業間の相対的評価を行う場合等においては、評点法の活用が有効と考えられ、評価の類型及び対象案件の態様に応じ適宜活用することが望ましい。

(4) 評価の簡略化

評価の実施に当たっては、評価コストや被評価者側の過重な負担を回避するため、評価対象となる案件が比較的少額である場合には、メールレビューを実施したり、評価項目を限定する等の簡略化を行うことができるものとする。なお、簡略化の標準的な方法については技術評価調査課が別途定める。

6. 評価結果等の取扱い及び公開の在り方

(1) 評価結果等の取扱いについて

評価事務局は、評価終了後速やかに評価書の写しを技術評価調査課に提出する。技術評価調査課は全ての評価結果について、これまでに実施された関連調査及び評価の結果、評価の実施状況等を踏まえつつ意見をまとめ、査定課、秘書課及び政策評価広報課に報告することができる。

(2) 予算査定との関係

査定課は、技術評価調査課から事前評価及び中間評価の評価書の提出を受けた場合は、技術評価調査課の意見を踏まえつつ施策・事業の評価等を行う。事前評価に関しては査定課の評価を終えた事前評価書に記載された施策・事業の内容をもって、推進課又は主管課等と査定課との間の合意事項と見なし、査定課はこれを踏まえて予算査定を行う。中間評価に関しては査定課は中間評価結果を踏まえて予算査定を行う。ただし、研究開発管理運営機関において行われる、事業に関する評価についてはこの限りでない。

(3) 評価結果等の公開の在り方

評価結果及びこれに基づいて講ずる又は講じた措置については、機密の保持が必要な場合を除き、個人情報や企業秘密の保護、知的財産権の取得等に配慮しつつ、一般に公開することとする。なお、事前評価については、政策立案過程の透明化を図る観点から、評価事務局は経済産業省の案として確定した後及び国会の審議を経て確定した後に、それぞれ公開するものとする。委員会を組織して評価を行う場合、議事録の公開、委員会の公開等については、「審議会等の透明化、見直し等について」（平成7年9月閣議決定）に準じて行うものとする。

## 7．評価システムの不断の見直し

いかなる評価システムにおいても、評価は評価者の主観的判断によってなされるものであり、その限りにおいては、完璧な客観性、公平性を求めることは困難である。したがって、評価作業が終了する度ごとにその評価方法を点検、より精度の高いものとしていく努力が必要である。また、本指針については、こうした一連の作業を踏まえ、原則として毎年度、見直しの要否を検討する。

## 8．評価体制の充実

評価体制の充実を図るため、研究者の評価者としての活用などにより評価業務に携わる人材を育成・確保するとともに、研究開発費の一部を評価費用に充てるなど評価に必要な資源を確保する。

## 9．評価データベース等の整備

技術評価調査課は、国内外の適切な評価者を選任できるようにするため、及び個々の評価において普遍性・信頼性の高い評価を実現するため、個々の研究開発等技術関連事業についての研究者、資金、成果、評価者、評価結果をまとめたデータベースを整備する。

また、競争的資金による研究課題に対する評価など、審査業務等を高度化・効率化するために必要な電子システムの導入も促進する。

## 10．評価における留意事項

### (1) 評価者と被評価者の対等性

#### 評価者と被評価者の関係

評価作業を効果的に機能させるためには、評価者と被評価者の双方が積極的にその知見と情報を提供し合うという協調的関係と、評価者もその評価能力を評価されるという意味で相互に相手进行评估するという緊張関係を構築し、この中で、討論を行い、評価を確定していく必要がある。

この際、評価者は、不利な成果等被評価者が自ら進んで提示しない事実があるかどうかを見極める能力が要求される。こうした討論の過程で被評価者が評価対象施策・事業等について全体の中での位置付けを明確に認識するとともに、評価結果を正確に理解し、評価結果を確実にその後の施策・事業等の創設、運営等に反映させていくものとする。

#### 評価者に係る留意事項

研究者が評価者となる場合、評価者は、評価作業を評価者自らの研究を妨げるものとして捉えるべきではなく、自らの研究の刺激になる行為として、積極的に取り組むことが必要である。

#### 被評価者に係る留意事項

被評価者は、評価を事業の質をより高めるものとして積極的に捉え、評価は評価者、被評価者両者の共同作業であるとの認識の下、真摯な対応を図ることが必要である。

## (2) 評価の不確実性

評価時点では見通し得なかった技術、社会情勢の変化が将来的に発生し得るという点で評価作業は常に不確実性を伴うものである。したがって、評価者はその精度の向上には、必然的に限界があることを認識した上で、評価時点で最良と考えられる評価手法をとるよう努めることが必要である。係る観点からは、厳正さを追求するあまりネガティブな面のみを過度に減点法で評価することとなると、将来大きな発展をもたらす技術を阻害するおそれがある点にも留意する必要がある。

また、研究開発にはしばしば当初目的としていなかった成果が生じることがあるが、こうした成果も積極的に評価することが必要である。ただし、これはあくまでも副次的効果であり、本来目指していた成果が十分得られなかったことを補償するものとして位置付けるべきではない。

## (3) その他の留意事項

### 外国人、外国機関の活用

評価者として、外国人、外国シンクタンクを活用することは、被評価施策・事業等又は被評価機関と利害関係のない高い中立性を有した人材を求める上で有効であり、また、研究風土、経済社会環境の異なる立場からの意見を求め得る点でも有益と考えられる。ただし、一方で、これらに当該施策・事業等又は機関の政策的意義等を含めた評価に必要な情報を十分に移転、説明することには時間的、資金的な制約が伴う点にも十分留意する必要がある。

### 所期の成果を上げられなかった研究開発

研究開発は必ずしも成功するとは限らず、また、失敗から貴重な教訓が得られることもある。したがって、失敗した場合には、まずその原因を究明し、今後の研究開発にこれを生かすことが重要であり、成果を上げられなかったことをもって短絡的に従事した研究者や組織、機関を否定的に評価すべきものではない。また、評価が野心的な研究開発の実施の阻害要因とならないよう留意しなければならない。

### 数値的指標の活用

論文の被引用度数、特許の申請状況等による成果の定量的評価は一定の客観性を有するが、研究開発施策・事業等においては研究分野や内容により、その意味は大きく異なり得るものであり、必ずしも研究開発成果の価値を一義的に表すものではない。したがって、これらを参考資料として有効に活用しつつも、偏重しないよう留意すべきである。

### 基準認証政策及び政府開発援助（ODA）に関する評価

基準認証政策及びODAに係る施策の評価については、別途その評価手法を政策評価実施要領にて定める。

## ・評価の種類と実施方法

### ・ 1 施策評価（プログラムの評価を含む）

当省における施策は、政策 - 施策 - 事業の政策体系の一部をなすものであり、政策評価法上必要な評価単位として経済産業省政策評価基本計画にて定められるものである。

施策評価の対象は、経済産業省における施策のうち研究開発を主たる事業とする施策について行う。なお、対象となる施策については別途その対象リストを定める。

### 1．事前評価

新規施策の創設に当たって行う評価。個々の事業を目的別に施策にまとめて評価を行う政策評価書（事前評価書）の作成を基本とする。

#### (1) 評価者

主管課等（なお、評価の責任者は企画・立案しようとする施策の主管課等及び当該施策に含まれる予算等の要求事項の主管課等の長）。

#### (2) 被評価者

推進課及び主管課等

#### (3) 評価事務局

主管課等

#### (4) 評価手続・評価手法

可能な限り外部の専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

#### (5) 評価項目

評価事務局は、政策評価書に記述される評価項目・評価基準に従い評価する。

### 2．中間・事後評価

#### (1) 評価者

主管課等（なお、評価の責任者は事前評価を実施した主管課等が所属するユニットの長又は相当する職にある者）、さらに必要に応じ外部評価者。

#### (2) 被評価者

推進課及び主管課等。

#### (3) 評価事務局

主管課等。ただし、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。

#### (4) 評価手続・評価手法

主管課等や技術評価調査課が評価者となる場合には、可能な限り外部の専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

推進課及び主管課等は事前評価段階であらかじめ決定していた方法により、指標を計測する。

なお、政策着手後においても、必要があれば指標を追加する。

#### (5) 評価項目・評価基準

特段の情勢変化がない限り、事前評価の結果を反映した評価項目・評価基準とする。情勢

変化に応じて評価者又は技術評価調査課が追加・修正するものとする。

#### (6) 実施時期

中間評価については、実施が4年以上にわたる施策について、事前評価の際に定めた中間段階で行う。なお、モニタリング（進捗状況を把握する作業）については毎年行うこととする。

事後評価については、事前評価で明らかにした「達成時期」又は「施策の終了時期」経過後に速やかに行う。事前評価時に施策全体について、それらの時期を定めていない場合には、施策に含まれる主たる事業についての「達成時期」又は「終了時期」の経過後に速やかに行う。この場合には、施策に含まれる、主たる事業以外の事業についてはその時点で施策評価のために必要なモニタリング又は中間評価を行い、その結果と主たる事業についての事後評価結果を併せ検討することによって、施策の事後評価とする。

なお、プログラムに係る諸事業のうち研究開発以外のものについては、研究開発終了後一定期間経た時点で、事後評価を実施する。

### 2 研究開発制度評価

研究開発制度評価は、研究開発を始めとする技術に関する制度そのものについての評価であり、個々にその目的・意義、設計、成果、効率性等について評価する。個別制度の事前評価及び中間・事後評価並びに複数の制度の制度構造評価を行う。

#### 1 事前評価

新規制度の創設に当たって行う評価

##### (1) 評価者

推進課

##### (2) 被評価者

推進課

##### (3) 評価事務局

推進課

##### (4) 評価手続・評価手法

可能な限り外部の専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

##### (5) 評価項目

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目・評価基準及びこれまでの関連する評価結果等を踏まえ評価項目・評価基準を策定する。

全ての制度について制度実施予定期間の妥当性に関して評価する。

#### 2 中間・事後評価

制度創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、個別制度ごとに中間・事後評価

を実施する。大幅な制度改正を行う場合には、新たな制度の事前評価として実施する。

(1) 評価者

制度の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の外部評価者。

(2) 被評価者

推進課

(3) 評価事務局

推進課。ただし、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。

(4) 評価手続・評価手法

外部評価者が施策・事業原簿、制度から得られた成果、制度の運営状況等を基に、パネルレビューにより評価を実施する。

(5) 評価項目・評価基準

特段の情勢変化がない限り、事前評価の結果を反映した制度原簿策定時の評価項目・評価基準とする。情勢変化に応じて評価者が追加・修正するものとする。

(6) 実施時期

事前評価段階であらかじめ決定された時点及び社会情勢の変化を踏まえ、緊急に評価する必要が生じた時点に実施。

### ． 3 プロジェクトに関する評価

#### 1．事前評価

新規事業の創設に当たり、当該事業の予算要求前に行う評価

プログラムに係るプロジェクトの事前評価は、プログラムにおける施策評価（事前評価）の中で行うことを基本とする。なお、必要に応じて研究開発運営管理機関において事業開始前に追加的な事前評価を行うことができる。

(1) 評価者

推進課。必要に応じ、プログラムを構成するプロジェクトについては研究開発運営管理機関。

(2) 被評価者

推進課。必要に応じ、プログラムを構成するプロジェクトについては研究開発運営管理機関。

(3) 評価事務局

推進課。必要に応じ、プログラムを構成するプロジェクトについては研究開発運営管理機関。

(4) 評価手続・評価手法

可能な限り外部専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

(5) 評価項目・評価基準

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目・評価基準及びこれまでの関連事業等の中間・事後評価結果等を基に評価項目・評価基準を策定する。

全ての事業について実施予定期間及び中間・事後評価の時期及び評価項目の妥当性に関して評価する。

## 2. 中間・事後評価

事業の目標達成度の把握や社会経済情勢等の変化を踏まえた改善・見直しのための評価。

### (1) 評価者

事業の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の外部評価者。

### (2) 被評価者

実施者及び研究開発運営管理機関

### (3) 評価事務局

研究開発運営管理機関内の評価担当部署。ただし、研究開発運営管理機関を介さないプロジェクトや、より客観的かつ厳格な評価が必要と認められる場合には、推進課又は当該プロジェクトが属する施策の主管課等。なお、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。

### (4) 評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告及び運営状況報告等を基に、外部評価者からなるパネルレビュー等により評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

### (5) 評価項目・評価基準

事業原簿に記された評価項目・評価基準とする。情勢変化に応じて評価者が追加・修正するものとする。

### (6) 実施時期

全事業について、原則、事業終了直後に事後評価を実施する。事業期間が5年以上の場合及び後継事業の提案を予定する場合には、事業期間中に中間評価を実施する。後継事業が実施されることとなった事業については、事後評価を省略し、後継事業終了時にあわせて評価を実施することができることとする。

## 4. 研究開発以外の技術に関する事業

経済産業省における研究開発以外の技術に関する事業（人材育成及び普及促進のための税制等）についての評価を行う。

## 1. 事前評価

新規事業の創設に当たり、当該事業の予算要求前に行う評価。

### (1) 評価者

推進課

### (2) 被評価者

推進課

(3) 評価事務局

推進課

(4) 評価手続・評価手法

可能な限り外部専門家、有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

(5) 評価項目・評価基準

評価項目・評価基準は別途定める。

全ての事業について事業実施予定期間の妥当性に関して評価する。

## 2. 中間・事後評価

事業の目標達成度の把握や社会経済情勢の変化を踏まえた改善・見直しのための評価。事業期間中、中間評価を実施するとともに事業終了直後に事後評価を実施する。

(1) 評価者

推進課、技術評価調査課又は外部評価者。

(2) 被評価者

推進課又は当該事業の運営機関。

(3) 評価事務局

推進課。ただし必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる

(4) 評価手続・評価手法

推進課や技術評価調査課が評価者となる場合には、外部専門家、有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

(5) 評価項目・評価基準

事業原簿に記された評価項目・評価基準とする。情勢変化に応じて評価者が追加・修正するものとする。

(6) 実施時期

全事業について、原則、事業終了直後に事後評価を実施する。

事業期間が長期にわたる場合には、事業期間中に中間評価を実施する。

## 5 競争的資金による研究課題に関する評価

### 1. 事前評価

新規事業の選定時に行う評価。

(1) 評価者

事業の目的や様態に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者。その際、被評価者と同じ機関に所属する等の専門家は排除する必要があるため、例えば評価事務局は予め全評価者名を公表し、被評価者に対して申請時に利害関係者の存在を併せて書面にて宣誓することを求める等の措置を講ずる。また、評価者には秘密保持を義務づける。

(2) 被評価者

事業の提案者

(3) 評価事務局

推進課又は研究開発運営管理機関

(4) 評価手続・評価手法

評価に当たっては、研究目標、エフォート(企業等法人を対象にする場合を除く)の明記を原則求める。被評価者と利害関係のない事業の専門家によるメールレビュー又はパネルレビューによる評価を行う。採択に当たっては、他の競争的資金による研究課題等との重複が生じないようにする。評価事務局は事業の提案者へ不採択の結果を通知する場合には、原則として評価項目別に詳細な評価内容を提示するとともに、不採択となった提案者からの問い合わせに応じるための環境を整備する。

(5) 評価項目・評価基準

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目・評価基準を基に評価項目・評価基準を策定する。その際、原則として、国際的な視点で見た新規性、革新性を最重要の評価基準の一つとするとともに、質を重視した評価を行う。全ての事業について実施予定期間の妥当性に関して評価する。

2. 中間・事後評価

事業の目標達成度の把握とともに事業の継続、拡大・縮小、中止等の資源配分の判断を行うための評価。

(1) 評価者

事業の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者。

(2) 被評価者

事業の実施者

(3) 評価事務局

推進課又は研究開発運営管理機関。ただし、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。

(4) 評価手続・評価手法

競争的資金による継続的な研究の必要性や、また、主として技術シーズの創造を目的とする研究の場合には、プロジェクト及びプログラムへの発展の可能性の有無が判断できる手法により評価を行う。

(5) 評価項目・評価基準

事業原簿に記された評価項目・評価基準とする。

(6) 実施時期

全事業について、原則事業期間中及び事業終了直後に実施する。事業期間が3年を超える場合には、事業期間中に中間評価を実施する。

6 分野別評価

対象となる複数の事業を分野ごとにまとめて俯瞰的視点から事業分布の妥当性を評価するとともに、中間・事後評価結果等を踏まえ、これら事業の相対的位置付けや分野全体の今後の方向性等に関する評価を行う。

(1) 評価者

技術評価調査課と各分野の関係課との合同又は外部評価者

(2) 被評価者

評価対象となる事業の推進課

(3) 評価事務局

技術評価調査課又は技術評価調査課と各分野の関係課との合同事務局

(4) 評価手続・評価手法

技術評価調査課や各分野の関係課が評価者になる場合には、外部有識者、外部専門家の知見を活用し、評価を行う。複数の事業をまとめて分野別に俯瞰的観点から整理・分析するとともに、評点法を適宜活用しつつ相対的評価を実施し、各事業ごとの今後の方向性や、分野別の今後の方向性等について提言する。

(5) 評価項目・評価基準

複数事業の分布バランス、相対的位置付け、各事業の方向性等の他、必要に応じて研究開発の態様等を踏まえ評価事務局が設定する。

## ． 7 追跡評価

終了して数年経った事業を対象に、その研究開発活動や研究開発成果が産業、社会に及ぼした効果について調査し、その調査結果を基に現在の視点から総合的に評価を行う。

(1) 評価者

分野の専門性をバックグラウンドに持つ専門家、経済社会のニーズ、研究開発の波及等について指摘できる有識者等の外部評価者

(2) 被評価者

対象となる事業及び関連する事業等に携わった省内部署、研究開発運営管理機関及び実施者

(3) 評価事務局

推進課、研究開発運営管理機関又は技術評価調査課

(4) 評価手続・評価手法

パネルレビュー又は第三者機関への委託による外部評価を原則とする。  
過去の事業原簿等の文献データ、関連部署・機関及びその他関係者等からの聞き取り調査等による情報を基に評価を行う。また、可能な限り定量的な評価に努める。

(5) 評価項目・評価基準

事業の波及効果等を中心に別途定める。

(6) 実施時期

事業終了後、成果の産業社会への波及が進展したと考えられる時点

## 8 機関評価

研究開発運営管理機関又は研究開発実施機関として国の資金が投入されているNEDO等の特殊法人、特別認可法人、公益法人、技術研究組合などの機関に対する評価を行う。なお、機関が独立行政法人の場合には本指針に基づく機関評価を行わず、独立行政法人通則法の規定に基づく評価体系の下で実施される独立行政法人評価委員会による評価に委ねることとする。

なお、国費の支出を受けて研究開発を実施する民間機関については、研究開発プロジェクト評価の際等に、当該プロジェクトの研究開発体制に関わる運営面に関し、国費の効果的・効率的執行を確保する観点から、必要な範囲で評価を行う。

### (1) 評価者

機関の目的や様態に則した専門家、有識者等の外部評価者。なお、評価事務局が機関自らとなる場合には、機関の所管課の助言を得て評価者を選定する。

### (2) 被評価者

研究開発運営管理機関又は研究開発実施機関

### (3) 評価事務局

機関の所管課、研究開発運営管理機関、研究開発実施機関又は機関の所管課及び技術評価調査課の合同事務局。

### (4) 評価手順・評価手法

各機関は、機関毎の中長期計画の期間にあわせて、例えば5年程度毎に機関の役割、位置付け等を含めて評価内容全般にわたって総合的に評価する。

研究開発の実施・運営に関しては、機関によっては多様な範囲にわたる制度・事業が存在する。これらを一律に評価することは適切ではないため制度・事業の性格に応じて、例えば、制度・事業のまとまり毎に、短期的に（例えば毎年）評価を実施することにより機関全体の評価に資する。なお、研究開発の実施・運営面以外の点に関する評価（例えば、組織運営、会計等に関する評価）についても短期的に評価を行うことは妨げられない。

### (5) 評価項目、評価基準

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目の評価基準を基に評価項目・評価基準を策定する。

### (6) 評価結果の活用

評価結果は公表するとともに機関自らが自己改革の契機ととらえ、積極的に活用する。

また、評価結果への対応状況は次回の機関評価の評価項目とする。

さらに、機関評価の結果は、運営責任者たる機関長の評価につなげる。

## 参 考 资 料 B

( 研究開発実施者提供資料 )

## 参考資料B（研究開発実施者提供資料）

本内容は、評価に際して研究開発実施者（財団法人エルピーガス振興センター）から提出された資料である。

### 目 次

1．事業の目的・政策的位置付け	
1 - 1 事業目的・政策的位置付けについて	4 1
1 - 2 事業に対する国の関与	4 2
2．研究開発目標の妥当性、目標達成度	
2 - 1 研究開発目標	4 2
2 - 2 計画と比較した目標の達成度	4 3
3．研究開発マネジメント	
3 - 1 研究開発計画	4 4
3 - 2 研究開発実施者の事業体制・運営	4 6
3 - 3 情勢変化への対応	4 7
4．研究開発成果及び成果がもたらす効果	
4 - 1 研究開発成果	4 7
4 - 2 研究開発効果	5 0
4 - 3 費用対効果	5 2
5．成果の実用化可能性、波及効果	
5 - 1 成果の実用化可能性	5 2
5 - 2 波及効果	5 3
6．成果の普及、広報	5 3

## 1. 事業の目的・政策的位置付け

### 1-1 事業目的・政策的位置付けについて

#### (1) 事業目的

大都市を中心とした大気汚染問題については、自動車から排出されるNO<sub>x</sub>（窒素酸化物）やPM（粒子状物質）を中心に依然として深刻な状況であり、併せて温室効果ガス抑制に対する国際的な関心が高まっており、高効率による省エネルギー、低公害化が重要な課題である。

しかしながら、わが国においては、中型以上の貨物車に関しては依然としてディーゼルエンジン車が主流であり、ガソリンエンジンに比べて熱効率が高いことによりCO<sub>2</sub>（二酸化炭素）排出量は少ないものの、NO<sub>x</sub>やPM等の大気汚染物質の排出量が多い。

平成9年度の環境庁調査では、平成6年度における中・大型貨物自動車の保有台数は自動車全体の4%にすぎないものの、そのNO<sub>x</sub>排出量では、総排出量55万トンの49%を占めている。

一般的にディーゼルエンジンは、NO<sub>x</sub>やPMの同時低減技術が困難で、ディーゼルに替わる中・大型車用エンジンは実質的に見当たらないのが実情である。それに替わるものとして、これまでに中・大型貨物車に適応可能なクリーンエネルギー車としてディーゼルハイブリッド車や天然ガス車が既に開発されている。

しかしながら、前者では、中・大型貨物車の走行状況から電動モーター駆動であるハイブリッド車の特性がほとんど活用されないこと、後者では、天然ガススタンド設置数が少なく、かつ走行距離も短いことから、供給区域内での利用に限定され、中長距離輸送には不適當である。

他方、LPガス自動車は全国で約1,900箇所のスタンドが整備されており、中長距離輸送にも対応可能であり、中・大型貨物車のディーゼルエンジンを代替する新型エンジンとして高効率LPガスエンジンが最適であると考えられる。

そこで、本事業では、既存ディーゼルエンジン車に匹敵する燃費性能を有し（高効率）、大気汚染物質及び温室効果ガスの排出を抑制した（低公害）中型貨物車を実現させるための高効率・低公害LPガスエンジンを開発することを目的とする。

#### (2) 政策的位置付け

自動車排出ガス低減対策として、昭和41年のCO（一酸化炭素）排出規制以来、NO<sub>x</sub>、THC（全炭化水素）に対する排出ガス規制が逐次実施されており、最近ではガソリン・LPガス燃料車種について平成13年度規制により排出ガスの大幅低減が実施され、ディーゼル車についても、平成15年度の新短期規制、平成17年から新長期規制が施行される予定で、一層の排出ガス低減が必要になる。

また、平成9年12月に行われた地球温暖化防止京都会議における京都議定書採択

を受けて、排出ガス中の二酸化炭素低減抜本対策が急務となっている。

このような状況の中、高効率・低公害LPガスエンジン車は、特に中型車以上の貨物部門で環境対策における要件を十分満足する車種として期待が大きく、環境対策上極めて重要である。

## 1 - 2 事業に対する国の関与

本事業の目的である、ディーゼルエンジン自動車が主流である中型貨物車の分野で、ディーゼルエンジン車並の効率とガソリンエンジン車以上にクリーンな排ガス性能を有するLPガス液筒内直接噴射式エンジン（火花点火燃焼方式）を開発することにより、このエンジンを搭載した中型貨物車（車両総重量8トン、最大積載重量4トン級のトラック）の実用化を可能にするもので、運輸部門におけるCO<sub>2</sub>排出の抑制及びNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、PM等の排出量低減に大きく寄与すること、石油に偏っている燃料供給源の多様化によりエネルギー安全保障の確保に資するものであり、その実用化・普及が強く期待されている。

地球温暖化効果ガスの削減に関する京都議定書の履行が間近にせまりつつあること、都市部を中心とする自動車排気ガスによる大気汚染状態の改善及びエネルギーセキュリティ確保の観点から極めて重要な技術であることや環境問題への積極的な対応が国際的にも求められている事に加え、本研究開発は、高効率、低公害のための先進的技術、新技術を駆使することが不可欠で、研究開発のリスクが大きいことを鑑みれば、国の関与は必要不可欠である。

高効率LPガスエンジンは前述のとおり、環境対策面では優れた性能を発揮することが期待される。一方、顧客側から見れば、騒音や振動など乗り心地の面で優れた性能を期待されているものの、燃費性能や出力においてディーゼルエンジン車を大きく上回るメリットは期待されず、車両価格も割高となることから、自動車メーカーとしてはセールス上の決め手に乏しく、開発資金を投入する状況にはないのが実情である。

また、LPガス業界においても、普及の目処が立たないことで開発資金の提供は期待出来ない。したがって、この面からも国の関与は不可欠である。

## 2 . 研究開発目標の妥当性、目標達成度

### 2 - 1 研究開発目標

#### (1) 研究開発目標

本事業は、ディーゼルエンジン自動車が主流である中型貨物車の分野で、ディーゼルエンジン車並の効率とガソリンエンジン車以上にクリーンな排ガス性能を有するLPガス液筒内直接噴射式エンジン（火花点火燃焼方式）を開発し、このエンジンを搭載した中型貨物車（車両総重量8トン、最大積載重量4トン級のトラック）を製作・

評価し、最終的に実用化まで展開することを目的に、平成11年度から平成14年度までの4年間の計画で実施したものである。最終目標値を以下に示す。

表 - 1 高効率LPガスエンジンの開発目標

開発目標項目	目標値	参 考 値	
		対象ディーゼル	ガソリンエンジン
平均熱効率	30～32%	30～35%	20～25%
排出ガス		(平成15年度規制値)	(平成13年度規制値)
NOx (g/kWh)	1.4	3.38	1.4
THC (g/kWh)	0.2	0.87	0.58
CO (g/kWh)	0.01	2.22	16.0
備 考	G13モード	D13モード	G13モード

## (2) 目標設定の理由

ディーゼルエンジン車並の効率とガソリンエンジン車以上にクリーンな排ガス性能を達成するために、熱効率はベースエンジンとするディーゼル車並とし、また排気ガスについてはガソリンエンジン車並とした。

なお、排気ガスの目標値は、熱効率をディーゼルエンジン車並の高い目標値としていたにもかかわらず、13年度ガソリン・LPG規制値以下を目指した。

## 2-2 計画と比較した目標の達成度

エンジンの高効率化を図るため、LPガスを液体のまま10MPa以上の高圧に加圧し、シリンダ内に液体のまま直接噴射することで、点火プラグ周辺に希薄成層混合気を形成する筒内直接噴射式LPガスエンジンを新たに開発した。これにより、スロットルバルブによる吸気量制御が基本的には不要となることから、部分負荷運転領域では絞り損失のない高効率燃焼を実現出来ることが分かり、実用頻度の高い、中低速部分負荷運転領域ではディーゼルエンジン同等以上の高い効率を達成することが可能となった。

また、排出ガスの低公害化を図るために、希薄成層燃焼を行うLPガスエンジンに適した排出ガス低減システムの開発を行い、NOx及び未燃ガスの排出量を目標レベル以下まで低減することが出来た。

開発した筒内直接噴射式LPガスエンジンを搭載する車両総重量8トン級の中型貨物車による走行試験により、黒煙の排出がない、静粛性が高い、液体燃料を車載できるため航続距離が長い、といった従来のLPガス自動車のメリットを生かしたまま、ディーゼルエンジン搭載車並の車両走行性能を得られるポテンシャルがあることが

分かった。

以上の結果より、目標とする熱効率及び排出ガス性能を上回り、ディーゼルエンジン並の車両走行性能を有する高効率LPガスエンジンを開発することができた。

### 3. 研究開発マネジメント

#### 3-1 研究開発計画

本事業は、ディーゼル自動車主流である中型貨物車の分野で、LPガスを燃料とする省エネルギー・温室効果ガスの抑制、低公害化による環境改善を達成する高効率LPガスエンジンを開発し、車両総重量8トン級、最大積載重量4トン級の中型貨物車を製作・評価し、最終的に実用化まで展開することを目的に中型貨物車に搭載するLPガス液筒内直接噴射式エンジン（火花点火燃焼方式）の開発を実施する。

また、エンジンの効率化のための希薄燃焼、成層燃焼を実現するために、LPガスの噴霧過程や燃焼過程について要素研究やシミュレーション解析を取り入れ、エンジン開発に活用する。表2に研究開発日程と予算推移を示すと共に、以下に研究開発内容の概要を示す。

表 2 研究開発日程と予算推移

項 目	11年度	12年度	13年度	14年度
基礎研究	—			
技術動向調査	—			
エンジン仕様検討・基本計画	—			
エンジン要素研究	—	---		
エンジン開発				
高出力化技術開発（含シミュレーション解析）		—		
高効率化技術開発（含シミュレーション解析）		—		
実証用エンジン開発				
低燃費技術開発（含シミュレーション解析）			—	
低公害化技術開発（含シミュレーション解析）			—	
車両開発				
車両搭載設計・試作				—
車両性能評価				—
予算推移（百万円）	163	222	314	162

	合計 861
--	--------

(1) 基礎研究

技術動向調査

エンジンの開発コンセプト設定の一環として、LPガスエンジン搭載の中型貨物車に求められる市場ニーズを調査するとともに、技術開発を推進するために必要な技術開発動向把握検討の一環として直噴火花点火エンジンや排ガス対策に関して調査を行う。

エンジン仕様検討

希薄燃焼、成層燃焼で安定した着火、燃焼を行うための燃焼室形状、燃料噴射システム、点火系の仕様をシミュレーションにより検討し、基本仕様を設定する。

エンジン要素研究

ベースエンジンを選定し、基本仕様をもとに燃料噴射システム、燃焼制御技術について検討する。

(2) エンジン開発

高出力化技術開発

基本仕様に基づいて台上試験用のLPガス液筒内直接噴射式エンジンを設計・試作し、その性能試験及びシミュレーション解析を実施し、中型貨物車として要求される出力・トルク性能を達成するために必要な技術課題を抽出し、その解決方法について検討する。

高効率化技術開発

台上試験用エンジンによる性能試験及びシミュレーション解析に基づき、噴射系、燃焼室形状等の改良を行い、燃費の改善を図る。また、可変バルブタイミングシステムを設計・試作し、最適な可変バルブタイミングの調査・解析を行う。

(3) 実証用エンジン開発

低燃費技術開発

台上試験用エンジンによる性能試験及びシミュレーション解析結果をもとに、スワール、燃焼室形状、燃料噴射圧等の適正化による可燃混合気の形成促進及び耐ノッキング性向上も含めた燃焼改善検討を実施し、燃費の改善を図る。また、可変バルブタイミングシステムについて、全運転領域で安定して制御できるように改良を行う。

低公害化技術開発

EGR（排気再循環）による高NOx低減効果を得るために、最適EGR仕様の検討を行う。更に、炭化水素浄化のための酸化触媒及び脱硝触媒の検討並びにシミュレーション解析を実施する。

(4) 車両開発

### 車両搭載設計・試作

台上試験エンジンは、開発試験を効率的に行うために台上試験専用の部品により構成されている。このため、開発エンジンをそのまま車両に搭載することは出来ない。

そこで、各部品の強度、耐久性、取り付けレイアウト等を車両搭載に適したものにするため、車載用エンジン、燃料供給システム及び車両の設計・製作を行う。

### 車両性能評価

完成したL Pガス液筒内直接噴射式エンジン搭載車両により、実用性を評価するため各種車両試験を実施する。

なお、この際、本開発エンジンのベースとした排気量4.6リットルのターボインタークーラー付直接噴射式ディーゼルエンジン（日産ディーゼル工業製、FD46TA）を搭載した車両を比較対照とした。

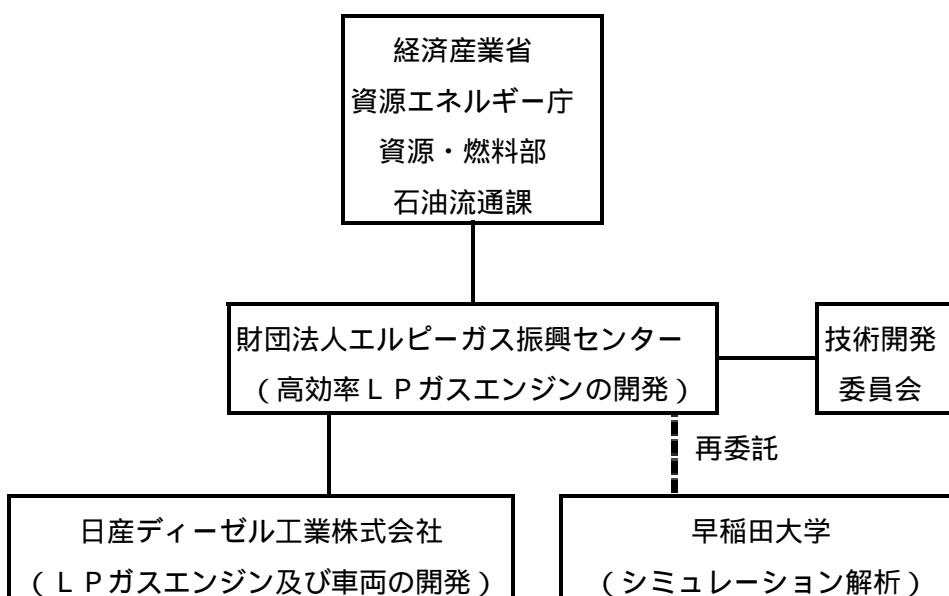
## 3 - 2 研究開発実施者の事業体制・運営

### (1) 研究開発実施者の事業体制

3 - 1の研究計画を効率的に実施するため、財団法人エルピーガス振興センター内に学識経験者、専門技術者、L Pガス業界関係者で構成する技術開発委員会を設置し、その審議に基づいて事業を推進した。事業の推進に当たり、民間企業、大学等研究機関の協力を得て技術開発を実施した。その研究開発実施体制を図 - 1 に示す。

### (2) 運営

技術開発委員会において、研究計画、進捗状況、年度の研究結果について審議し、その結果に基づいて、研究開発を推進した。



[ L P ガスエンジン及び車両の開発 ]	[ シミュレーション解析 ]
<ul style="list-style-type: none"> <li>・実機エンジンによる研究開発・実験の実施</li> <li>・高効率 L P ガスエンジンの開発</li> <li>・車両の製作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料噴霧過程、燃焼過程におけるシミュレーション解析</li> <li>・シミュレーションモデルの構築</li> <li>・シミュレーションモデルを用いた数値実験の実施</li> </ul>

図 - 1 研究開発実施体制

### 3 - 3 情勢変化への対応

市場の走行実態調査から、高効率 L P ガスエンジン搭載車の普及が見込まれる都市内における貨物車のエンジン使用領域としては、アイドリング、40 ~ 60 % 回転数、50 % 負荷以下といった中・低速、部分負荷運転領域での使用頻度が高いことが分かった。

そこで、高効率 L P ガスエンジンの開発においては、これら実用頻度の高い運転領域の燃費改善に主眼をおくこととした。

しかしながら、従来の L P ガス自動車は、L P ガスを吸気管内で空気と混合することで可燃混合気を形成することから、出力の制御にはスロットルバルブを使用している。そのため、発生出力の小さい部分負荷運転領域では、スロットルバルブの開度が小さく、エンジンが混合気を吸入する際の吸入損失が高くなり、ディーゼルエンジンに対して部分負荷での燃費が悪いという欠点が生じている。

そこで、本事業では、中・低負荷域での吸入損失をできるだけ低減することで実用燃費の向上を図ることとし、そのために L P ガスをシリンダ内に液体のまま直接噴射する筒内直接噴射方式を採用し、成層燃焼を基本とする希薄燃焼の実現により出力制御を目的としたスロットルバルブを不要とし、排出ガスの低減と中・低負荷域の燃費向上を図ることとした。

## 4 . 研究開発成果及び成果がもたらす効果

### 4 - 1 研究開発成果

#### (1) エンジン開発

##### a ) エンジン開発の成果概要

市場の実走行実態調査から明らかになった実用頻度の高い中・低速、部分負荷運転領域での燃費に優れたエンジンの開発を目指し、L P ガスをシリンダ内に液体のまま直接噴射する筒内直接噴射方式について検討した。その結果、成層燃焼を基本とした希薄燃焼を実現することにより、排出ガスの低減と中・低負荷域の燃費向上を図る高効率 L P ガスエンジンの開発に成功した。本エンジン開発において得られた成果は以下のとおりである。

##### 燃焼制御技術

L P ガスの燃焼を支配する拡散燃焼での乱流混合過程や着火時の燃料噴霧の不均一性を考慮したモデルにより、希薄燃焼の領域にまで拡大して想定し、L P ガ

スエンジンの燃焼過程をモデル化した数値計算コードを開発した。これによりエンジンのシリンダ内の三次元燃焼シミュレーションが可能となり、エンジン動力性能と排出ガス低減を両立する燃焼形態をパラメータ・スタディにより追究した。これらの成果は、改良K I V A - 3コードとして、一般にも活用可能とするための使用マニュアルを作成した。

#### 燃料噴射システム技術

各シリンダ内への燃料噴射量を精度良く調量するために、インジェクタまでの燃料配管内でL Pガスがガス化しない程度の高圧を常に維持し、かつ成層燃焼を行うために、噴射時期を自由に制御出来る燃料噴射システムを開発した。

開発した燃料噴射システムは、L Pガスを液体のまま高圧ポンプで加圧し、蓄圧容器であるコモンレールに蓄えた後、各気筒の電子制御式インジェクタに供給するコモンレール式燃料供給システムで、その中で、圧縮行程で圧力が上昇しているシリンダ内に短時間で燃料を噴射することが出来る専用インジェクタ及び軽油に比較し潤滑性が低いL Pガスの加圧に対応した専用高圧ポンプを開発した。

#### 高効率（低燃費）・高出力化技術

基本仕様をもとに、燃焼室の形状、燃料噴射圧力、空燃比、圧縮比等の最適化を図り、ベースディーゼルエンジンと同等の熱効率と出力を有する高効率L Pガスエンジンを開発した。

#### 低公害化技術

E G R（排気再循環）システムと触媒システムを組み合わせることによる排気ガス処理システムを開発した。

E G Rシステムについては、ターボ過給式エンジンでは、インテークマニホールド圧力がE G Rガス圧力（ターボ入口圧力）を上回る運転領域ではE G R出来ないという問題があり、十分なNO<sub>x</sub>低減効果を確保できないので、吸入空気流速を利用してE G R可能領域の拡大とE G Rガス流量を確保可能なミキシングベンチュリ式E G Rシステムを開発した。

触媒システムとしては、T H C（全炭化水素）とC O（一酸化炭素）を無害化する酸化触媒と、NO<sub>x</sub>浄化触媒として尿素水を還元剤とする選択還元型触媒を組み合わせたシステムを開発した。

#### b) 開発エンジンの最終性能

以上の成果をもとに、車載用エンジンを開発し、その最終性能を評価した。その結果、表 3に示すように、熱効率、排出ガス性能ともに目標値を上回ること、及び出力についてもベースディーゼルエンジンと同等の出力が得られることが実証された。

表 - 3 開発目標と達成値

開発目標項目	目標値	達成値
平均熱効率 (G13 モード)	30 ~ 32 %	30 % (車載エンジンでは 28%)
排出ガス (G13 モード)		
NOx (g / kWh)	1 . 4	1 . 2 2
THC (g / kWh)	0 . 2	0 . 1 8
CO (g / kWh)	0 . 0 1	0 . 0 0
動力性能		
出力	-	1 3 5 kW / 3 1 0 0 rpm (ベースディーゼル並)
トルク	-	449Nm / 3100rpm (ベースディーゼル並)

## (2) 車両開発

### a) 車両開発の成果概要

ディーゼルエンジン搭載の中型貨物車の車両をベースに、車載用エンジン、燃料供給システム及び排気ガス浄化システムを搭載した直噴LPガスエンジン搭載車両を設計・試作した。

試作した車両は、各々40kgのLPガスを搭載可能なポンプ内蔵燃料容器をフレーム両サイドに配置することで、400kmの航続距離を想定している。また、車両での各種制御を行うための、車両制御システムを新たに開発した。



図 - 2 直噴LPガスエンジン搭載車

### b) 車両性能評価

完成した直噴LPガスエンジン搭載車を図2に示す。車両実用性能評価のため、テストコースにおいて定積状態(積載重量3,370kg、車両総重量7,950kg)での走行試験を行った。その結果、始動性、加速性、再加速性ともに、ほぼディーゼル車並の性能が得られ、実走行におけるドライバビリティは問題ないことが確認された。また、LPガスエンジンの特徴である静粛性についても確認された。加速性についての試験結果を表4、5に示す。

表 - 4 加速試験の結果

到達距離 ( m )	到達時間 ( s )	
	ディーゼルエンジン 搭載車	直噴 L P G エンジン 搭載車
0	-	0 . 0 0
2 5	-	5 . 3 7
5 0	-	8 . 3 6
7 5	-	1 0 . 8 5
1 0 0	-	1 3 . 0 4
1 5 0	-	1 6 . 9 2
2 0 0	1 8 . 5 8	2 0 . 3 8

表 - 5 再加速試験の結果

ギア位置	初速 ( km/h )	到達車速 ( km/h )	到達時間 ( s )	
			ディーゼル エンジン搭載車	直噴 L P G エンジン搭載車
6 速固定	4 0	5 0	9 . 4 0	9 . 6 0
5 速固定	3 0	5 0	6 . 7 8	6 . 9 5
	4 0	5 0	1 2 . 1 7	1 4 . 8 8

#### 4 - 2 研究開発効果

我が国におけるトラックの登録台数及び新規登録台数の推移を以下に示す。

表 - 6 トラック保有台数の推移

年別	(千台)			
	普通車	小型四輪車	軽四輪車	計
2000	2,596	5,475	10,154	18,225
2001	2,572	5,308	9,986	17,866
2002	2,531	5,111	9,838	17,480

(国土交通省調)

表 - 7 トラック新規登録台数の推移 (台)

年別	(台)			
	普通車	小型四輪車	軽四輪車	計
2000	84,626	1,015,313	586,660	1,686,599
2001	83,038	943,591	574,227	1,600,856
2002	76,035	739,502	518,843	1,334,380

( (社)日本自動車販売協会連合会・(社)全国軽自動車協会連合会調 )

2002 年度に新規登録されたトラックの約 52% が本事業の対象となる積載量 4 トンクラスの中型車貨物車となっており（表 - 8）、これを元に全登録トラックの重量別車両数を推定した結果を表 - 9 に示す。

表 - 8 トラック重量別新規登録台数（2002 年度）

区分	構成比率（%）	台数
積載重量 8 トン以上	40.8	31,000
積載重量 5～7 トン	7.1	5,000
中型車（積載重量 4 トン）	52.1	40,000

表 - 9 トラック重量別保有台数（推定値）

区分	構成比率（%）	台数（千台）
積載重量 8 トン以上	40.8	1,032
積載重量 5～7 トン	7.1	180
中型車（積載重量 4 トン）	52.1	1,318

本研究開発の実用化対象となる中型の貨物車は約 132 万台と推定され、年間約 4 万台程度買い換えられているものと予想される。価格の問題があり現在直ちに、これらディーゼル車を代替することは困難であるが、これらを代替すると NOx や CO<sub>2</sub> は次表に示すように大幅に軽減されるものと期待される。

表 - 10 排出ガス中の NOx、CO<sub>2</sub>、PM の期待される削減効果

代替率	開発エンジン車 普及台数	排出削減量（トン/年）				
		NOx		PM		CO <sub>2</sub>
		H10 規制	H15 規制	H10 規制	H15 規制	
3%	40,000	2,200	1,360	210	156	56,000
5%	66,000	3,630	2,240	348	257	92,000
10%	132,000	7,260	4,490	696	515	185,000
100%	1,320,000	72,600	44,900	6,960	5,150	1,850,000

NOx と PM の排出削減量 = 排出係数（g/km/t）× 8t × 年間走行距離（km/年）

CO<sub>2</sub> 削減量 = ディーゼルエンジンの CO<sub>2</sub> 排出量（A）- 開発エンジン CO<sub>2</sub> 排出量（B）

（A）= CO<sub>2</sub> 排出係数（kg-CO<sub>2</sub>/L）× 年間走行距離（km/年）/ 燃料消費率（km/L）

= 2.64（kg-CO<sub>2</sub>/L）× 28,650（km/年）/ 5.24（km/L）= 14.4 t/年

（B）=（A）× 0.9（実測値）= 13.0 t/年、燃料消費率 = 5.24 km/L（実測値）

年間走行距離（km/年）= 1 日の平均走行距離（78.5km/日）× 365 日 = 28,650 km

排出係数：札幌市環境局 排出量の算出方法（平成 15 年 2 月）より

1 日の平均走行距離：自動車 NOx 総量削減方策検討会報告書（平成 12 年 3 月）より

更に、開発技術が実用化された場合の経済的効果として、表 - 1 1、1 2 に示しているように、トラックの生産・販売に関わる効果及び燃料として用いる LP ガスの需要増による効果が期待される。

また、現在積載重量 4 トン未満のトラックはガソリンエンジン車が主体となっているが、そのうち積載重量 2 ~ 4 トンクラスのトラックに燃費の優れた本開発技術を活用することにより、CO<sub>2</sub> の大幅な削減など、研究開発効果はさらに拡大するものと期待される。

表 - 1 1 新規 LP ガスエンジン搭載車の販売に関わる経済効果

新規登録台数	比率 (%)	売上額 (万円 / 年)
1, 200	3.0	600,000
2,000	5.0	1,000,000
4,000	10.0	2,000,000
8,000	20.0	4,000,000

表 - 1 2 オートガス需要増による経済効果 (普及後)

登録台数	オートガス需要増 (千 kL)	売り上げ増加額 (万円 / 年)
40,000	220	1,320,000
66,000	363	2,180,000
132,000	726	4,360,000

\* オートガス価格 = 60 円 / L 平均消費量 = 5.5 KL / 年

#### 4 - 3 費用対効果

表 - 2 に示したように、本開発技術に要した経費は 4 年間で 8 億 6 千万円であるが、前述のように、排出ガス中の NOx、CO<sub>2</sub>、PM の削減が期待される他、表 - 1 2、1 3 に示すように、トラックの生産・販売及び LP ガスの需要増により大きな経済効果が期待される。

### 5 . 成果の実用化可能性、波及効果

#### 5 - 1 成果の実用化可能性

本事業において開発した高効率 L P ガスエンジンは世界初であり、対象とするディーゼル車を代替することにより、NOx、PM の大幅な削減が期待されるばかりでなく、静粛（低音、低振動）で臭いが少なく、黒煙の排出がないという L P ガスエンジン車本来のユーザーから見た魅力を有している。また、排出ガス規制の強化により、今後しばらくは、買い換え需要が続くことが予想される。最近の C N G 車の需要拡大傾向を考えると実用化の可能性は大きいと考えられる。

しかしながら、開発した L P ガス液筒内直接噴射技術方式エンジンは、新規エンジン、部品を使用するので高価格となるため、導入するには、国の補助が不可欠である。

なお、前述したとおり、本開発エンジンは新規開発技術が多数組み込まれている。燃料噴射装置等の新規に開発した部品については、これらの生産性や信頼性の向上、排出ガス後処理装置の車載性向上、各種環境下での性能に関する信頼性の向上などの技術的課題が残されている

## 5 -2 波及効果

本開発技術としてはシミュレーションを活用した燃焼制御技術や尿素添加型 NOx 選択還元システムを含む低公害化技術など、今後のエンジン開発への水平展開が可能である。

更に、燃費の優れた新規開発エンジンを 2 トンクラスのガソリンエンジンのトラックにも適用することにより、C O<sub>2</sub> の排出量の大幅な削減が期待される。

ちなみに、対象となる小型トラックは約 5 0 0 万台（表 - 6）で、その 1 0 % を新規開発エンジンに置き換えた場合の C O<sub>2</sub> 排出量削減効果は以下に示すように年間 1 3 0 万トンに及ぶものと予測される。

（試算例）

小型車の 10%（約 50 万台）を代替

ガソリン車の熱効率 = 25%、開発エンジン車の熱効率 = 30%

開発エンジン車の CO<sub>2</sub> 排出量 = 13.0t / 年・台

ガソリン車の CO<sub>2</sub> 排出量（13.0t / 年 × 30%） / 25% = 15.6 t / 年・台

CO<sub>2</sub> 排出削減量 = (15.6-13.0) × 500,000=1,300,000 t / 年

## 6 . 成果の普及、広報（論文発表、特許の取得、標準化等の推進状況等）

本事業において、表 - 1 3 に示すように、合計 7 件の論文・口頭発表を行った。特許取得件数は無いが、部品メーカーにおいてディーゼル用に開発された特許を L P ガスにも使用できるようアレンジした特許(用途として L P ガスも含まれている)が 4 件ある。この特許の「評価」の面には、日産ディーゼル工業株式会社も協力している。

成果の報告については、成果報告書を作成した他に、その概要版を作成し、関係各所に配布するとともに、財団法人エルピーガス振興センターで、毎年 1 回実施している成

果報告会において報告を行った（平成12年～15年）。

その他の広報活動としては、プレス懇談会にて発表した他、関連団体での説明、財団法人エルピーガス振興センターのホームページ、パンフレット及びレポート等に掲載しPRに努めた。

表 - 13 論文・口頭発表、特許出願数

研究開発テーマ	H11	H12	H13	H14	H15	計
論文・口頭発表(件)	-	-	2	3	2	7
特許出願数(件)	-	-	-	-	-	0
合計	-	-	2	3	2	7

## 参 考 资 料 C

( 研究開発実施者提供資料 )

## 参考資料C（研究開発実施者提供資料）

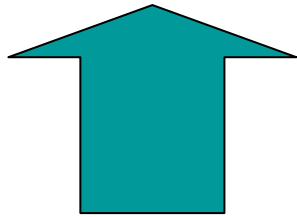
本内容は、評価に際して研究開発実施者（財団法人エルピーガス振興センター）から提出された資料である。

### 目 次

1 . 事業の目的・政策的位置付け	5 7
事業目的	
政策的位置付け	
事業に対する国の関与	
2 . 研究開発目標・計画	6 0
研究開発目標	
技術開発目標	
研究開発計画	
3 . 研究開発マネジメント	6 3
研究開発事業体制	
運営管理体制	
技術開発委員会の構成	
情勢変化への対応	
4 . 研究開発成果および成果に対する研究開発効果	6 6
研究開発成果	
計画と比較した目標の達成度	
事業効果	
費用対効果	
5 . 成果の実用化可能性、波及効果	7 3
成果の実用化可能性	
波及効果	
6 . 成果の普及、広報	7 5

## 事業の目的

既存ディーゼルエンジン車に匹敵する燃費性能を有し(高効率)、温室効果ガスなどの排出を抑制した(低公害)中型商用車を実現するための高効率・低公害LPガスエンジンの開発



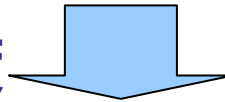
LPガスはクリーンでかつ供給インフラが整備されている都市部では中型商用車が主流  
ガソリンエンジンによる代替は困難

- 大都市を中心とした大気汚染は自動車から排出されるNOx(窒素酸化物)やPM(粒子状物質)を中心に、依然として深刻な状況にあり、それらの低減は急務である。また、近年増加が著しい温室効果ガス抑制に対する国際的な関心が高まっており、高効率による省エネルギー、低公害化が重要な課題となっている。
- 車両総重量が2.5トンを超えるトラックに関しては、大気汚染に大きな影響を及ぼすディーゼルエンジン車が主流であり、このクラスの低公害エンジンの開発が望まれている。

大気汚染に関わる環境基準の達成

地球温暖化効果ガスの削減に関する京都議定書の履行

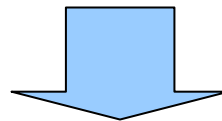
## 自動車排出ガス低減対策



### ●自動車排出ガスの規制強化

- ・今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について  
ディーゼル車 新短期規制(H15,16年)、新長期規制(H17)
- ・窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法

### ●低公害車の普及促進



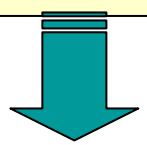
高効率LPガスエンジンの開発

# 事業に対する国の関与

地球温暖化効果ガスの削減に関する京都議定書の履行  
 都市部を中心とする自動車排気ガスによる大気汚染状態の改善  
 石油に偏っている燃料供給源の多様化によるエネルギー安全保障の確保

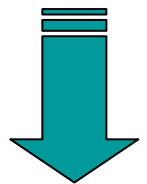


都市部を中心とする排気ガスによる大気汚染にはディーゼルエンジン中型商用車対策が効果的



ディーゼル代替中型商用車の普及

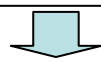
先進的な技術開発でリスク大



高効率LPガスエンジンの開発事業

国の関与は必要不可欠

顧客から見たメリット



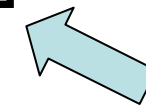
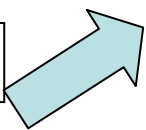
静粛(低音、低振動)で臭いが少なく、黒煙の排出がない

環境対策面では優れた性能が期待されるが、燃費や出力においてディーゼル車を大きく上回るメリットは期待されない。

車両価格が割高となる



メーカーとしてはセールスの決め手に乏しく、開発資金を投入する状況にはない



### 研究開発目標

#### 最終目標

既存ディーゼルエンジン車に匹敵する燃費性能を有し（高効率）、温室効果ガスなどの排出を抑制した（低公害）中型商用車を実現するための高効率・低公害LPガスエンジンの開発

#### 達成手段

LPガス液筒内直接噴射式エンジンの開発

- ・エンジン開発
  - 燃焼制御技術
  - LPガス液筒内直接噴射システム
  - 高効率・高出力化技術
  - 低公害化技術
- ・車両開発
  - 車両設計・製作
  - 車両性能評価

# 技術開発目標

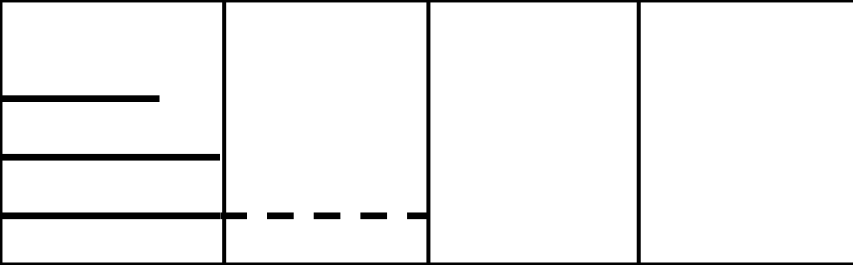
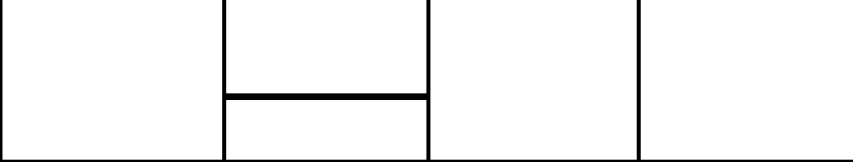
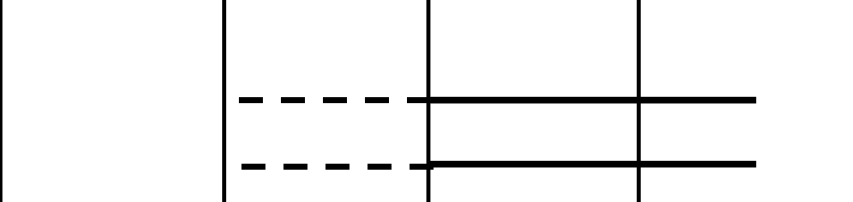
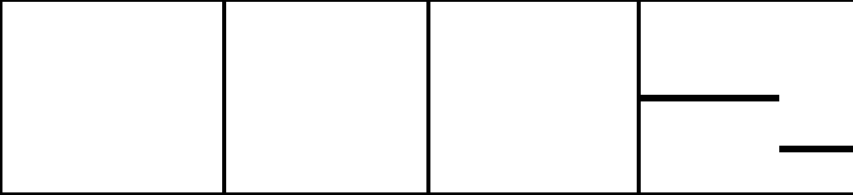
## 高効率LPガスエンジンの開発目標

ディーゼル車並の効率とガソリン車並のクリーンな排ガス

開発目標値	目標値	参考値	
		対象ディーゼル	ガソリンエンジン
平均熱効率	30 ~ 32	30 ~ 35	20 ~ 25
排出ガス		(平成15年度規制値)	(平成13年度規制値)
NOx (g/kWh)	1.4	3.38	1.4
THC (g/kWh)	0.2	0.87	0.58
CO (g/kWh)	0.01	2.22	16.0
備 考	G13モード	D13モード	G13モード

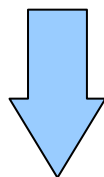
# 研究開発計画

## 高効率LPガスエンジンの開発スケジュールと予算推移

	11年度	12年度	13年度	14年度
<b>基礎研究</b> 市場・技術動向調査 エンジン仕様検討・基本計画 エンジン要素研究				
<b>エンジン開発</b> 高効率・高出力化技術開発				
<b>実証用エンジン開発</b> 低燃費技術開発 低公害技術開発				
<b>車両開発</b> 車両搭載設計・試作 車両性能評価				
<b>予算推移(百万円)</b>	163	222	314	162
	<b>合計 861</b>			

## 研究開発事業体制・運営管理体制

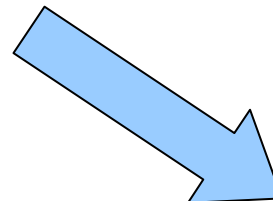
経済産業省 資源エネルギー庁  
資源・燃料部 石油流通課



委託

(財)エルピーガス振興センター  
(高効率LPガスエンジンの開発)

技術開発委員会



再委託

日産ディーゼル工業(株)内  
(LPガスエンジン及び車両の開発)

早稲田大学  
(シミュレーション解析)

## 技術開発委員会の構成

	氏 名	所 属
委員長	宮 本 登	北海道大学 大学院 工学研究科 教授
委 員	中 山 満 茂	国土舘大学 大学院 工学研究科 教授
委 員	小 高 松 男	国土交通省 交通安全公害研究所 交通公害部長
委 員	堀 政 彦	(財)日本自動車研究所総合研究部 部長
委 員	後 藤 新 一	経済産業省 産業技術総合研究所 エネルギー利用研究部門クリーン動力グループ グループリーダー
委 員	後 藤 忠 夫	[日本LPガス協会推薦] 日本LPガス協会 需要開発委員会自動車部会長 日本石油ガス(株) 販売部部長
委 員	古 池 一 夫	[(社)全国エルピーガススタンド協会推薦] (社)全国エルピーガススタンド協会 理事 日本オートガス(株) 代表取締役社長
委 員	三 浦 美 次	[LPガス自動車普及促進協議会推薦] (株)日通総合研究所 物流技術部 輸送環境研究Gr 主任研究員

# 情勢変化への対応

都市部での走行実体調査

都市部の  
大気汚染状況改善

中・低速、部分負荷運転領域での使用頻度が高い

従来のLPガス自動車はスロットルバルブによる出力制御  
中・低速、部分負荷運転領域での燃費が悪い

中・低速、部分負荷運転領域での実用燃費の向上

希薄成層燃焼

LPガス液筒内直接噴射方式の採用

→ 世界初

## 研究開発成果 (世界で初めて)

液筒内直接噴射および希薄成層燃焼を採用した高効率LPガスエンジンを開発した

- ・燃焼制御技術
- ・燃料噴射システム技術
- ・高効率(低燃費)・高出力化技術
- ・低公害化技術

上記エンジンを搭載した車両を製作し、ベースディーゼル車と同等の性能が得られることを実証した

- ・車両制御システム

# 計画と比較した目標の達成度(実証化完了後)

## エンジン性能

		開発目標値	達成値
13モード平均熱効率(%)		30~32	30
G13モード 排出ガス(g/kWh)	NOx	1.40	1.40
	THC	0.20	0.19
	CO	0.01	0
動力性能	出力	—	135kW / 3100rpm (ディーゼルと同等)
	トルク	—	449Nm / 1860rpm (ディーゼルと同等)

## 直噴LPGエンジン搭載車両



### 車両諸元

	ディーゼル エンジン搭載車	直噴LPG エンジン搭載車
搭載エンジン	FD46TA	FD46TA改 直噴LPG
変速機型式	MHS61A	
最終減速比	5.714	
タイヤ	7.50-16 14PR	
荷台形状	平ボディ	ドライバン
車両重量	3.540	4.470
積載重量	4.300	3.370
車両総重量	7.950	7.950





## 加速試験の結果

到達距離(m)	到達時間(s)	
	ディーゼルエンジン搭載車	直噴LPGエンジン搭載車
0	-	0.00
25	-	5.37
50	-	8.36
75	-	10.85
100	-	13.04
150	-	16.92
200	18.58	20.38

## 再加速試験の結果

ギア位置	初速(km/h)	到達車速(km/h)	到達時間(S)	
			ディーゼルエンジン車	直噴LPGエンジン車
6速固定	40	50	9.40	9.60
5速固定	30	50	6.78	6.95
	40	50	12.17	14.88

# 事業効果

## 排出ガス中のNO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、PMの期待される削減効果

従来ディーゼルエンジンを代替する場合

(t / 年)

代替率	開発エンジン車 登録台数	排出削減量				
		NO <sub>x</sub>		PM		CO <sub>2</sub>
		H10,H11 規制	H15規制	H10,H11 規制	H15規制	
3%	40,000	2,200	1,360	210	156	56,000
5%	66,000	3,630	2,240	348	257	92,000
10%	132,000	7,260	4,490	696	515	185,000
100%	1,320,000	72,600	44,900	6,960	5,150	1,850,000

# 予想される経済的効果

## 新規LPガスエンジン搭載車の販売に関わる経済効果

新規登録台数	比率 (%)	売上額 (万円 / 年)
1,200	3.0	600,000
2,000	5.0	1,000,000
4,000	10.0	2,000,000
8,000	20.0	4,000,000

車両価格 =  
500 (万円 / 台)

新規登録台数 =  
40,000 台 / 年  
(H14年)

## オートガス需要増による経済効果 (普及後)

登録台数	オートガス需要増 (千KL)	売り上げ増加額 (万円 / 年)
40,000	220	1,320,000
66,000	363	2,180,000
132,000	726	4,360,000

\* オートガス価格 = 60 円 / L      平均消費量 = 5.5 KL / 年

# 費用対効果

総事業費：約 8.6 億円

## 開発エンジン搭載車新規登録台数

従来エンジン代替率	3%	1,200台/年
	5%	2,000
	10%	4,000

## LPガスの需要増

従来エンジン代替率	3%	220千kL/年
	5%	363
	10%	726

## 成果の実用化可能性

### 実用化技術としての見極め(適用可能性の明確化)

- LPガス液直接筒内噴射式エンジンを世界で初めて開発
- ディーゼル車代替することによりNO<sub>x</sub>、PMを大幅に削減できる

#### 実用化するための課題

技術的な課題： 燃料噴射装置等の開発部品の信頼性向上

排出ガス後処理装置の車載性向上

各種環境下での信頼性向上

経済的課題：新規エンジン、部品を使用するため高価格となるため、導入するには、国の補助が不可欠。

- ・要素技術の水平展開

  - ・燃焼制御技術

  - ・低公害化技術の展開

    - ・尿素添加型NOx選択還元触媒技術

- ・開発エンジンの適用範囲の拡大

  - ・4 ~ 8トン 小型貨物に拡大(ガソリン車)することによりCO<sub>2</sub>排出量の削減が期待される

試算例:

小型車の10%(約50万台)を代替

ガソリン車の熱効率 = 25%、開発エンジンの熱効率 = 30%

開発エンジンのCO<sub>2</sub>排出量 = 13.0t / 年・台

ガソリン車のCO<sub>2</sub>排出量(13.0t / 年 × 30%) / 25% = 15.6t / 年・台

CO<sub>2</sub>排出削減量 = (15.6 - 13.0) × 500,000 = 1,300,000 t / 年

## 論文・口頭発表、特許出願数

研究開発テーマ	H11	H12	H13	H14	H15	計
論文・口頭発表(件)	-	-	2	3	2	7
特許出願数(件)	-	-	-	-	-	0
合計	-	-	2	3	2	7

## 成果報告会について

毎年1回実施している研究成果報告会にて報告(平成12年～15年)

## 広報活動について

プレス懇談会にて発表

関連団体で説明 日本LPガス協会

日本LPガス団体協議会

成果報告書概要版を作成し関連団体に配布

ホームページ、パンフレットに成果報告を掲載

## 参 考 资 料 D

( 研究開発実施者・実施協力者提供資料 )

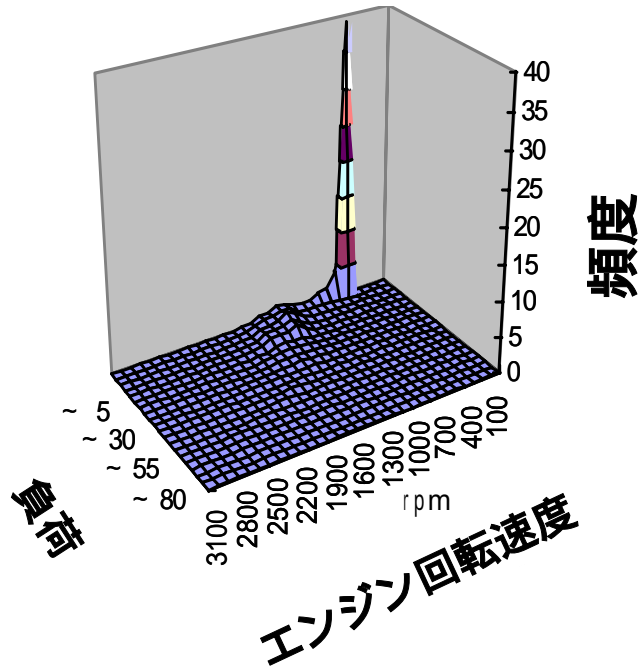
## 参考資料D（研究開発実施者・実施協力者提供資料）

本内容は、評価に際して研究開発実施者（財団法人エルピーガス振興センター）及び研究開発実施協力者（日産ディーゼル工業株式会社）から提出された資料である。

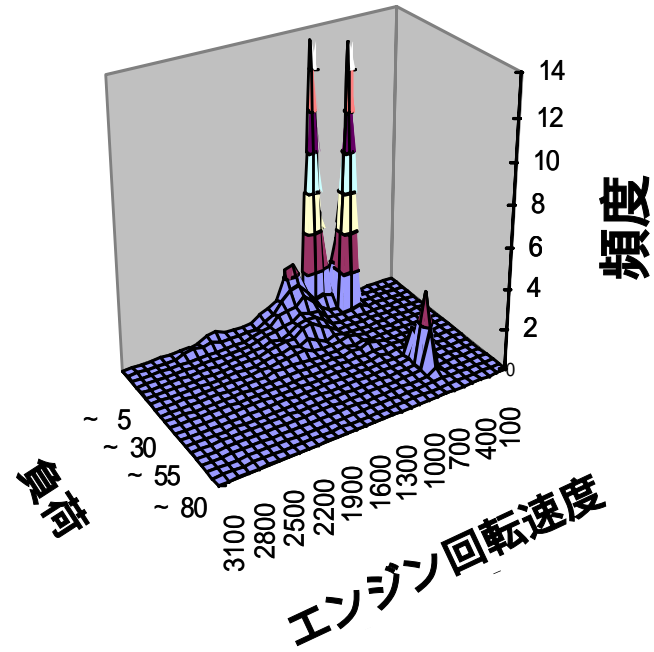
### 目 次

1．開発のねらい	
(1) 市場動向調査結果	7 8
(2) 高効率 L P ガスエンジン開発のコンセプト	7 9
2．エンジン要素研究	
(1) 燃焼制御技術の開発	8 3
(2) L P ガス液筒内直接噴射システムの開発	8 6
3．エンジン実証試験	
(1) 高効率・高出力化技術開発	8 9
(2) 低公害化技術の開発	9 6
(3) エンジンの最終性能	1 0 4
4．車両開発	
(1) 車両設計・製作	1 0 6
(2) 車両性能評価	1 1 0
5．まとめ	1 1 4

## 配送車

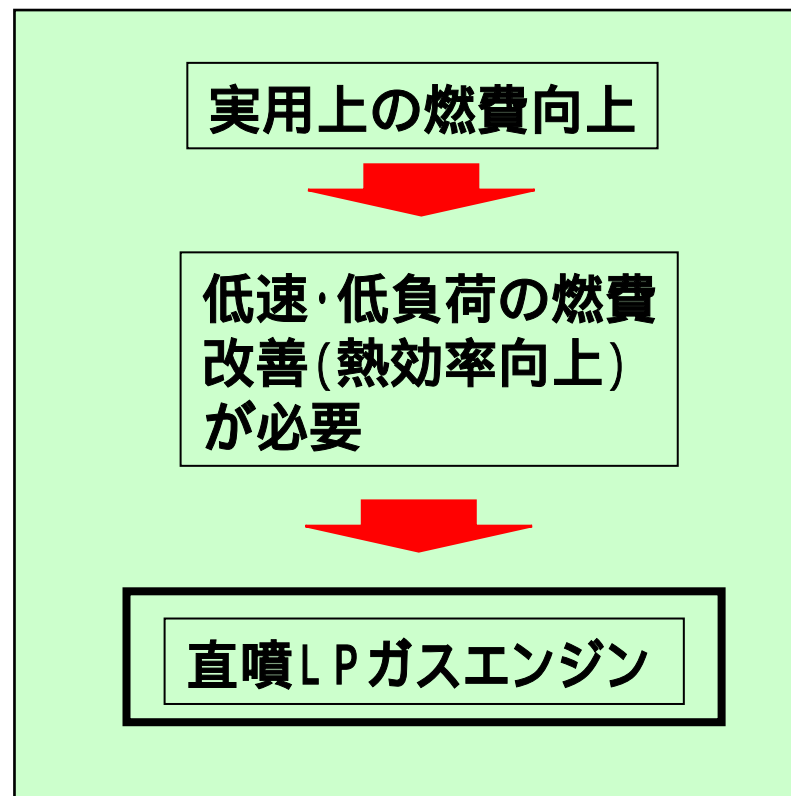
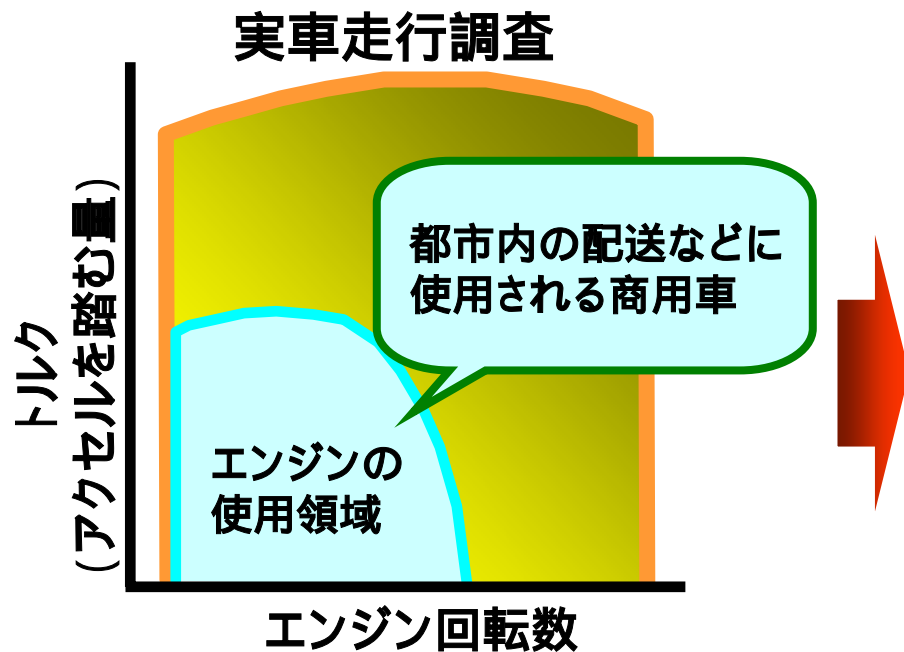


## 塵芥車



開発のねらい

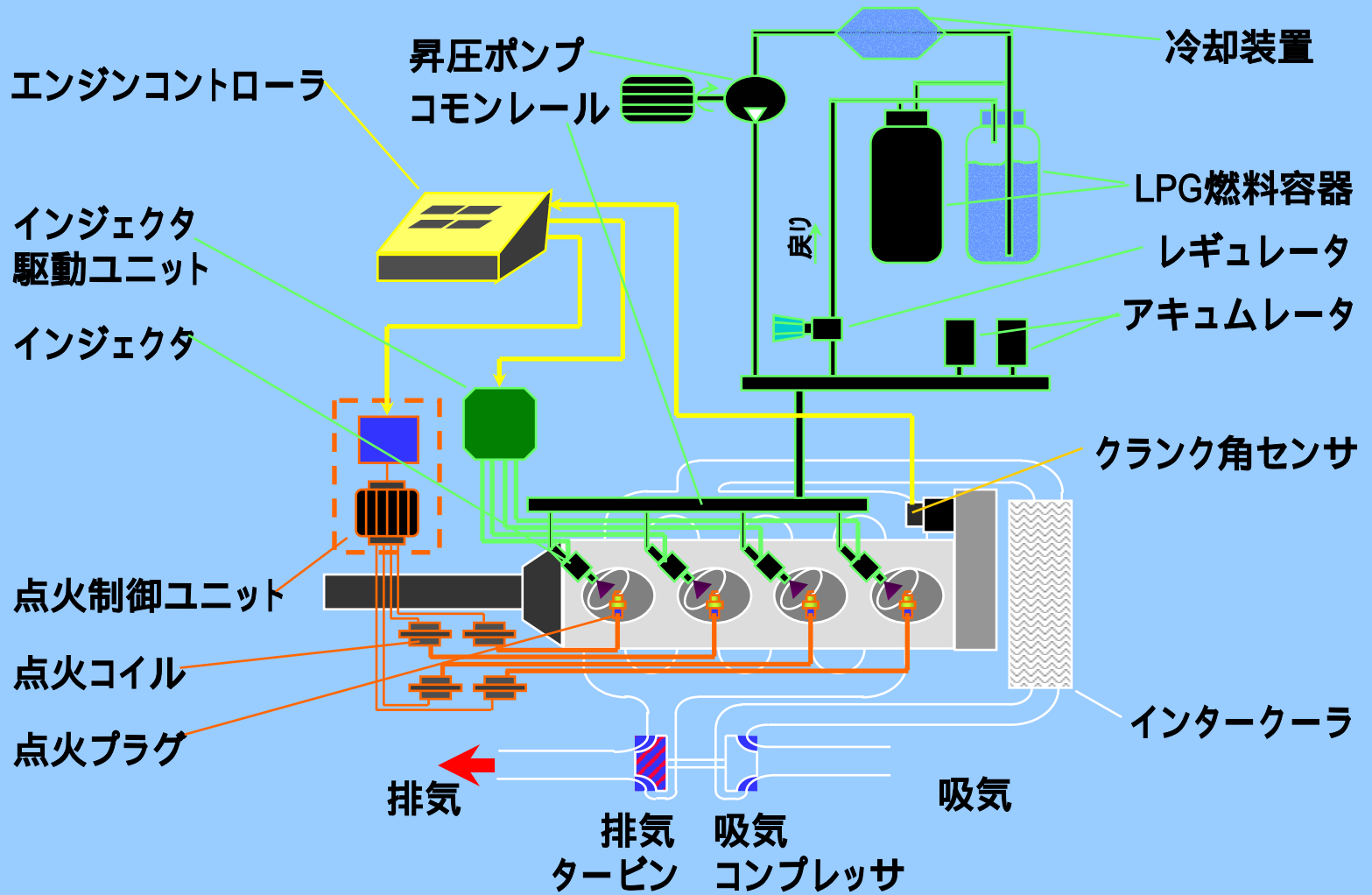
## 高効率LPガスエンジン開発のコンセプト



開発のねらい

# 高効率LPガスエンジン開発のコンセプト

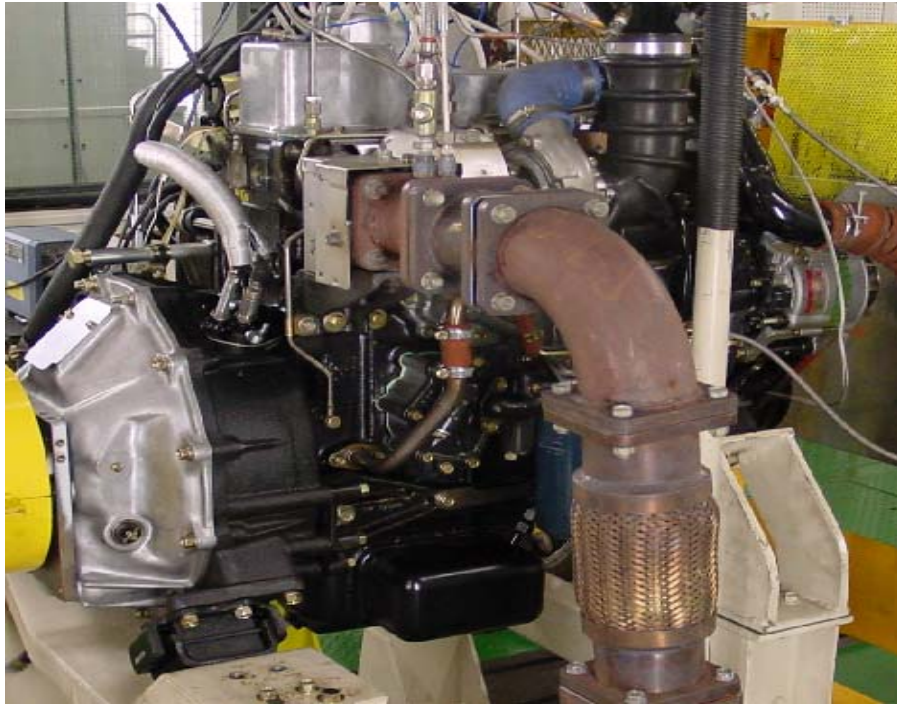
参資3:3



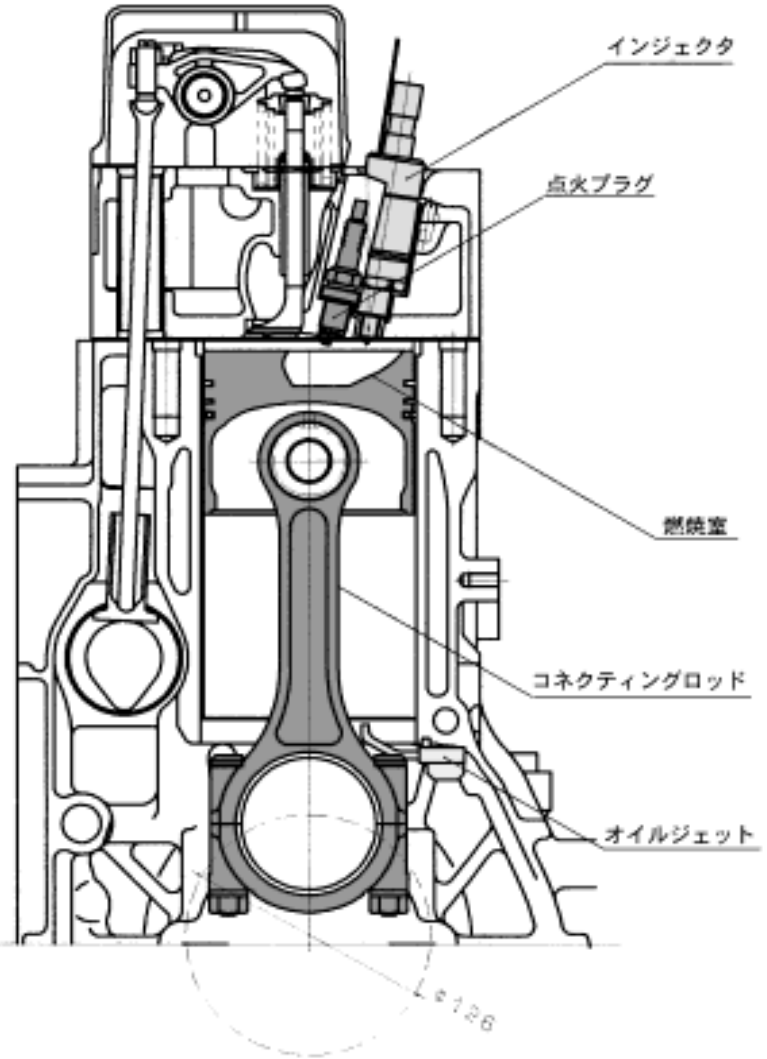
直噴LPガスエンジンのシステム図

## 開発のねらい

# 高効率LPガスエンジン開発のコンセプト



直噴LPガスエンジン



開発のねらい

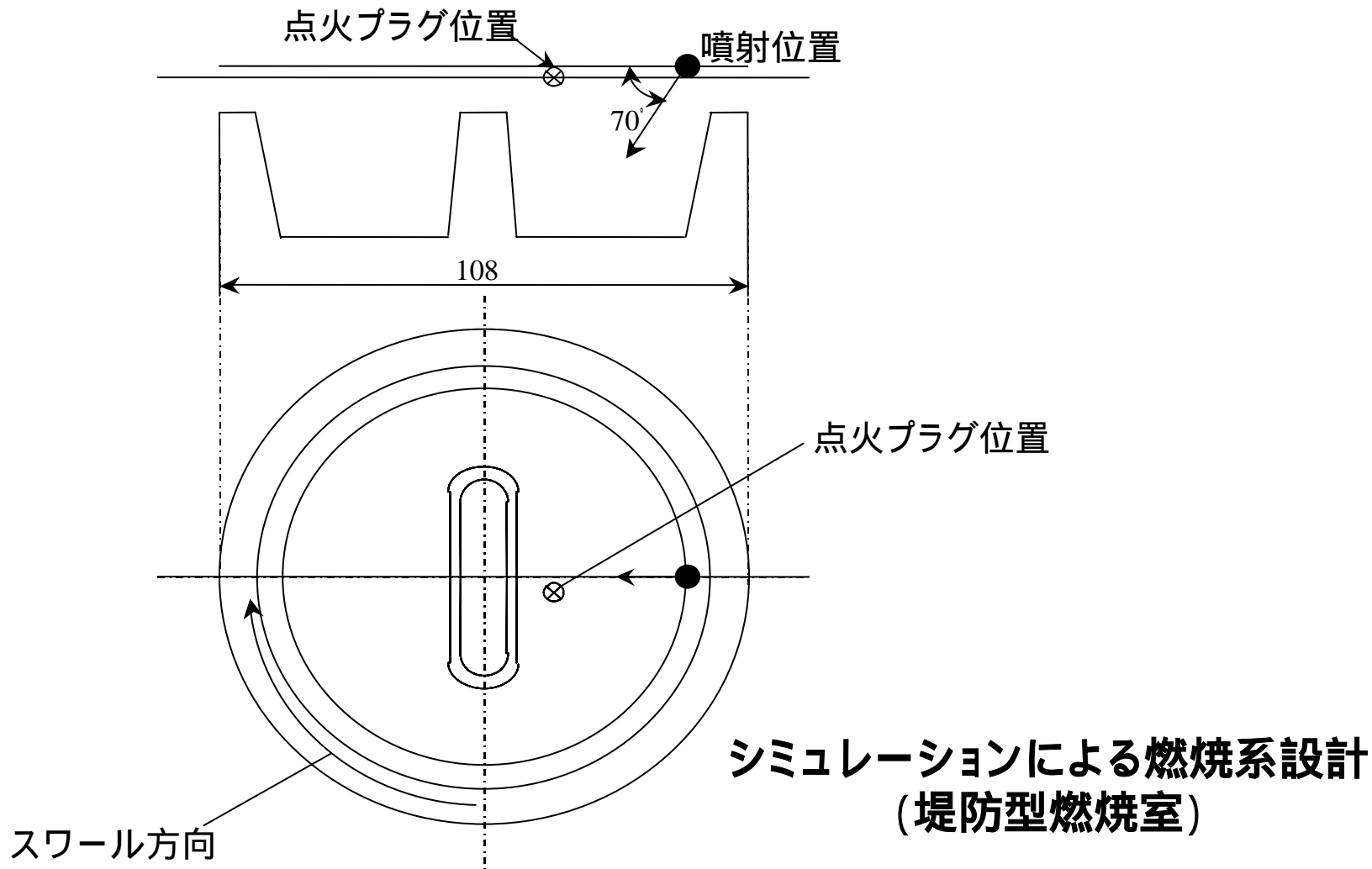
# 高効率LPガスエンジン開発のコンセプト

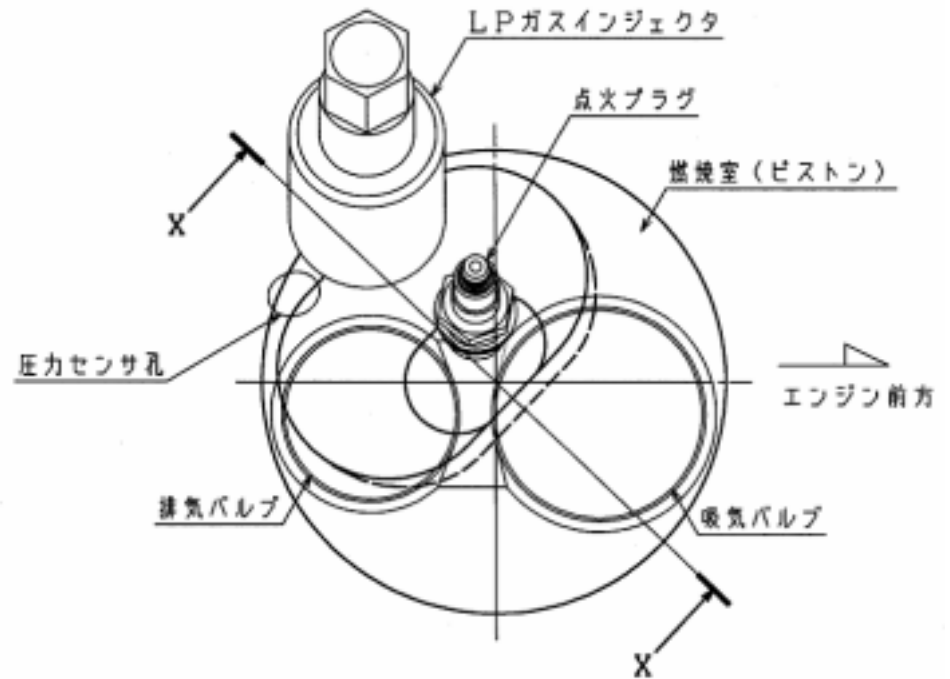
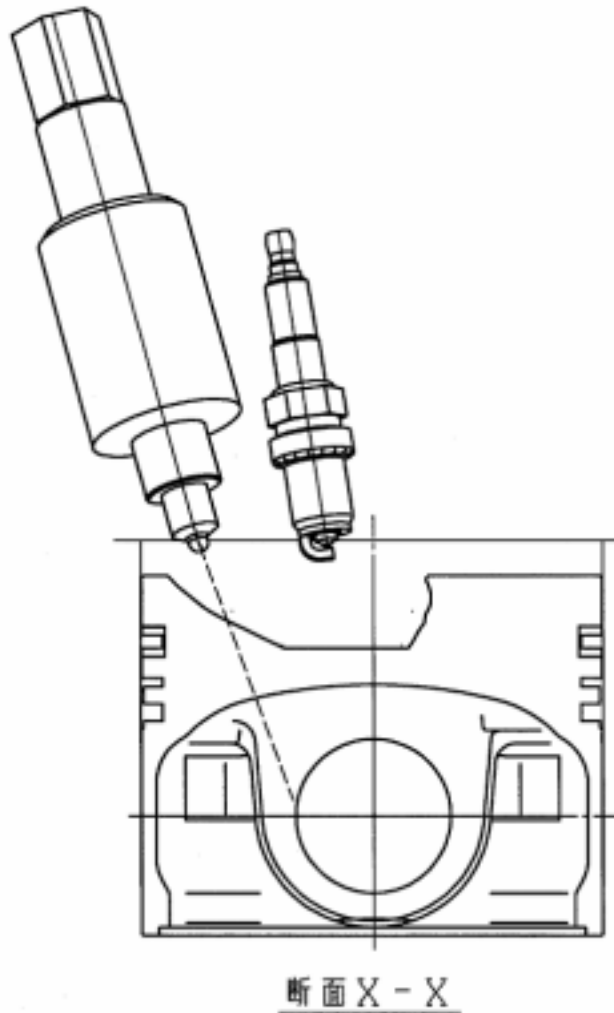
参資3:5

## 直噴LPガスエンジンの主要諸元

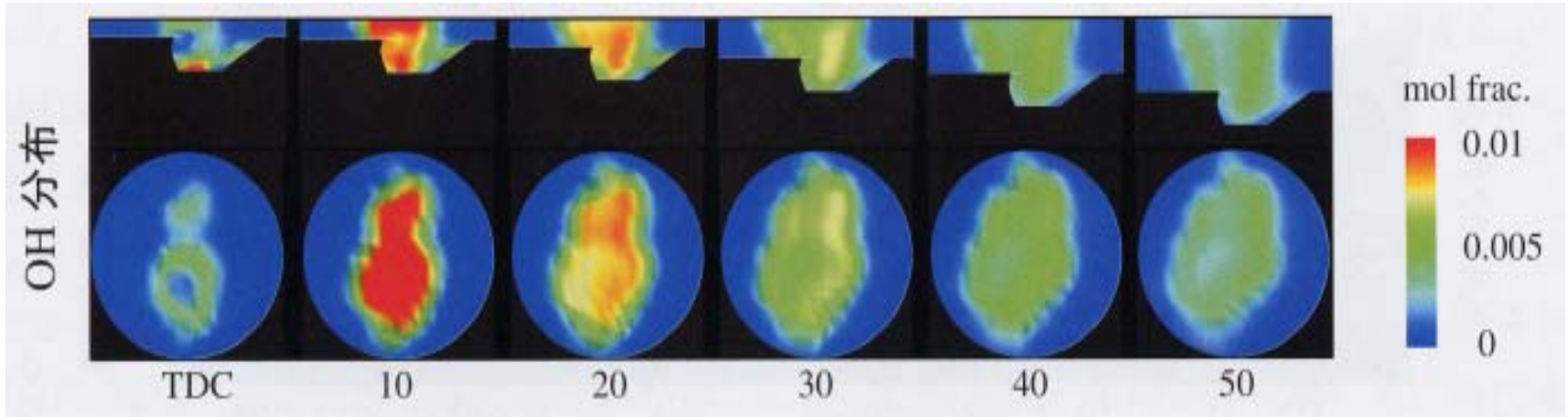
	ベースディーゼルエンジン	直噴LPガスエンジン
気筒配置、弁方式	直列4気筒、OHV、2バルブ	
ボア×ストローク	108mm×126mm	
排気量	4.617L	
吸気方式	インタークーラ付ターボ過給	
吸気スロットル	なし	
燃料供給方式	筒内直接噴射	
着火方式	圧縮着火	火花点火
キャビティー形状	リエントラント型	ハーフパイプ型
スワール比	2.0	0.5
噴孔仕様	多噴孔	噴孔径 0.66mm、単噴孔
燃料噴射圧	約 100 MPa	10 MPa
燃料	軽油	オートガス
燃料組成	-	プロパン:ブタン=20:80(wt%)

# 開発のねらい



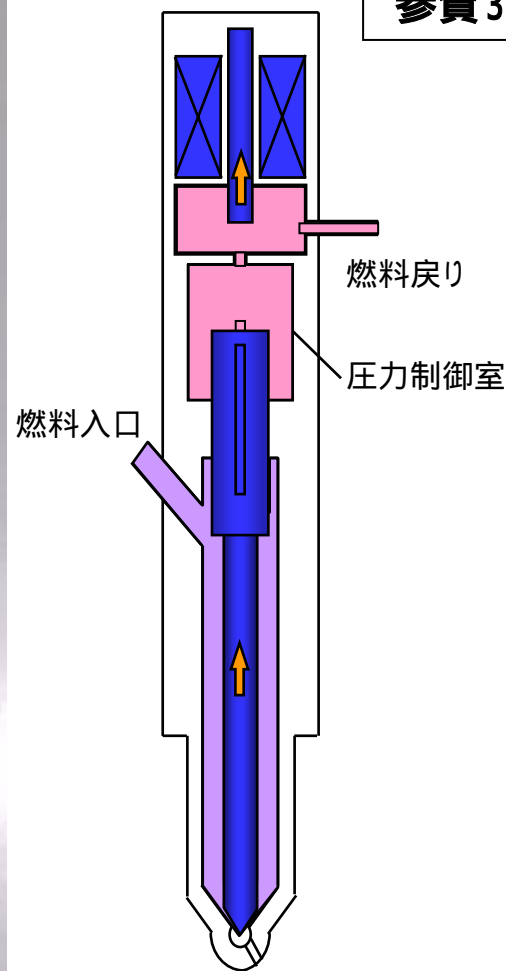
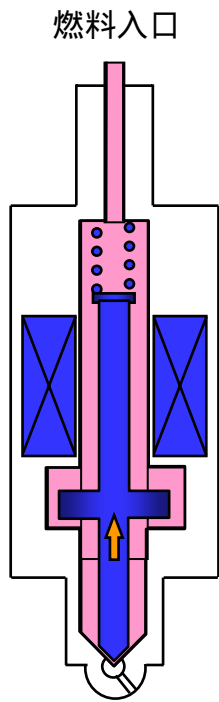


シミュレーションによる燃焼系設計  
(ハープパイプ型燃焼室と燃焼系の構成)



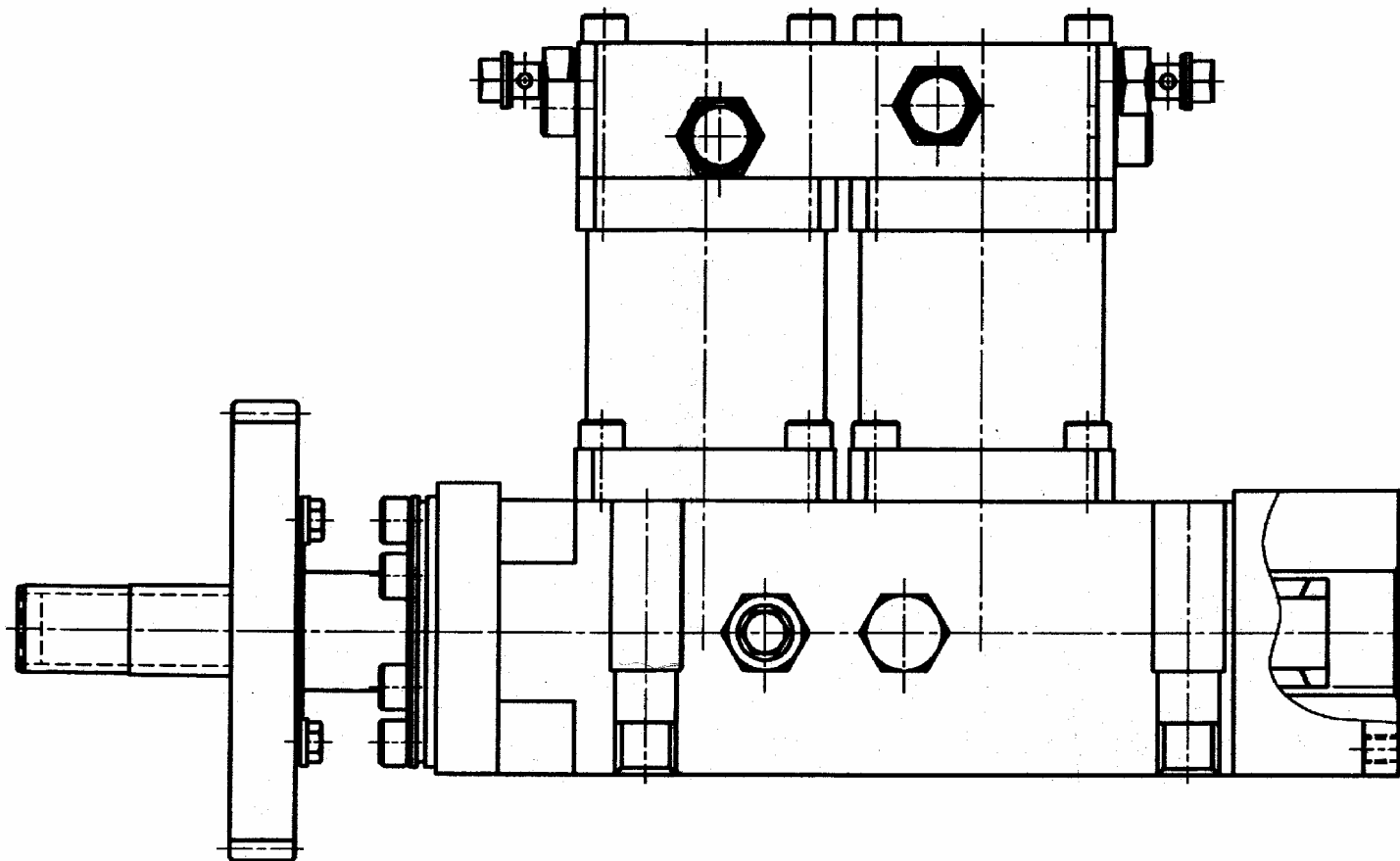
LPガスエンジンの燃焼解析モデル  
(燃焼シミュレーションによる計算結果)

# LPガス液筒内直接噴射システムの開発



針弁直接駆動型インジェクター  
(最大噴射圧10MPa)

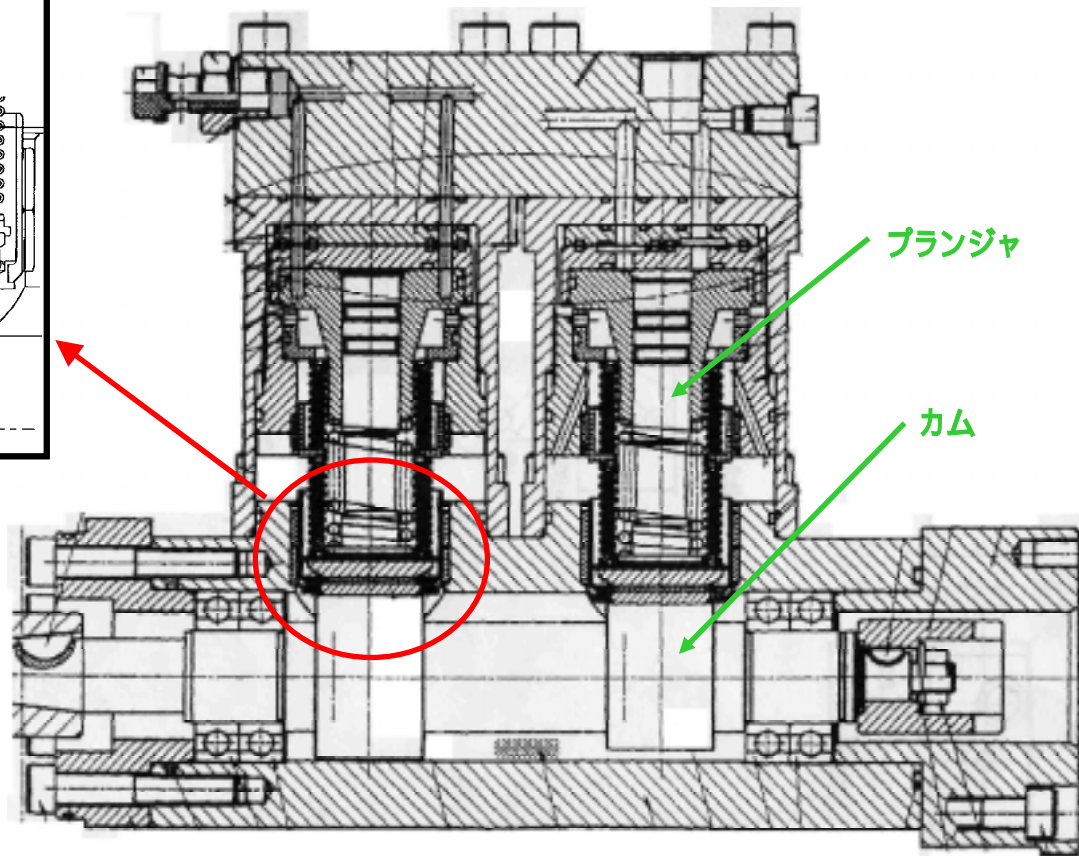
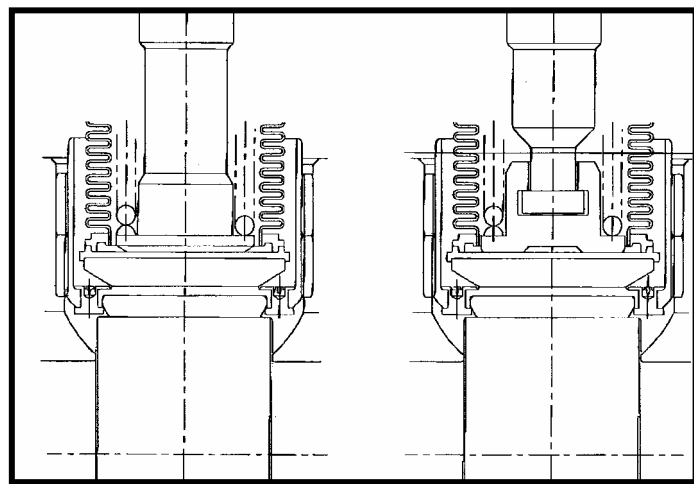
圧力制御型インジェクター  
(最大噴射圧15MPa)



LPガスエンジン用高圧ポンプ

# LPガス液筒内直接噴射システムの開発

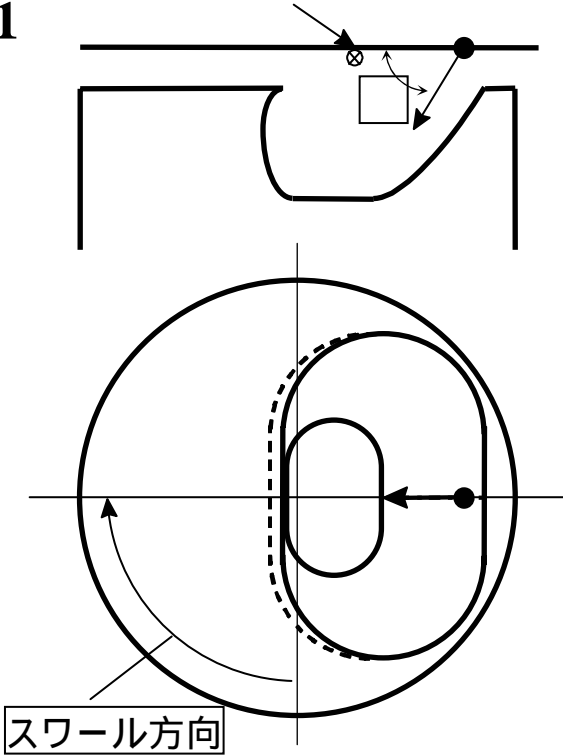
摺動対策のため内部構造変更



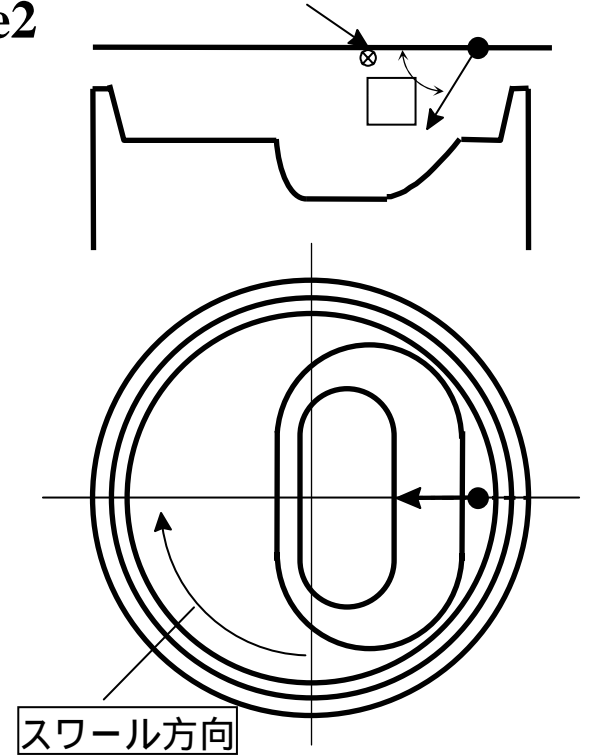
LPガスエンジン用高圧ポンプ

## エンジン要素研究

Type1



Type2

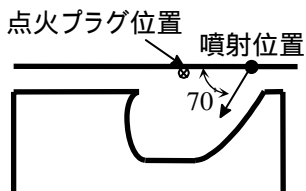


燃焼室形状の最適化  
(燃焼室の比較)

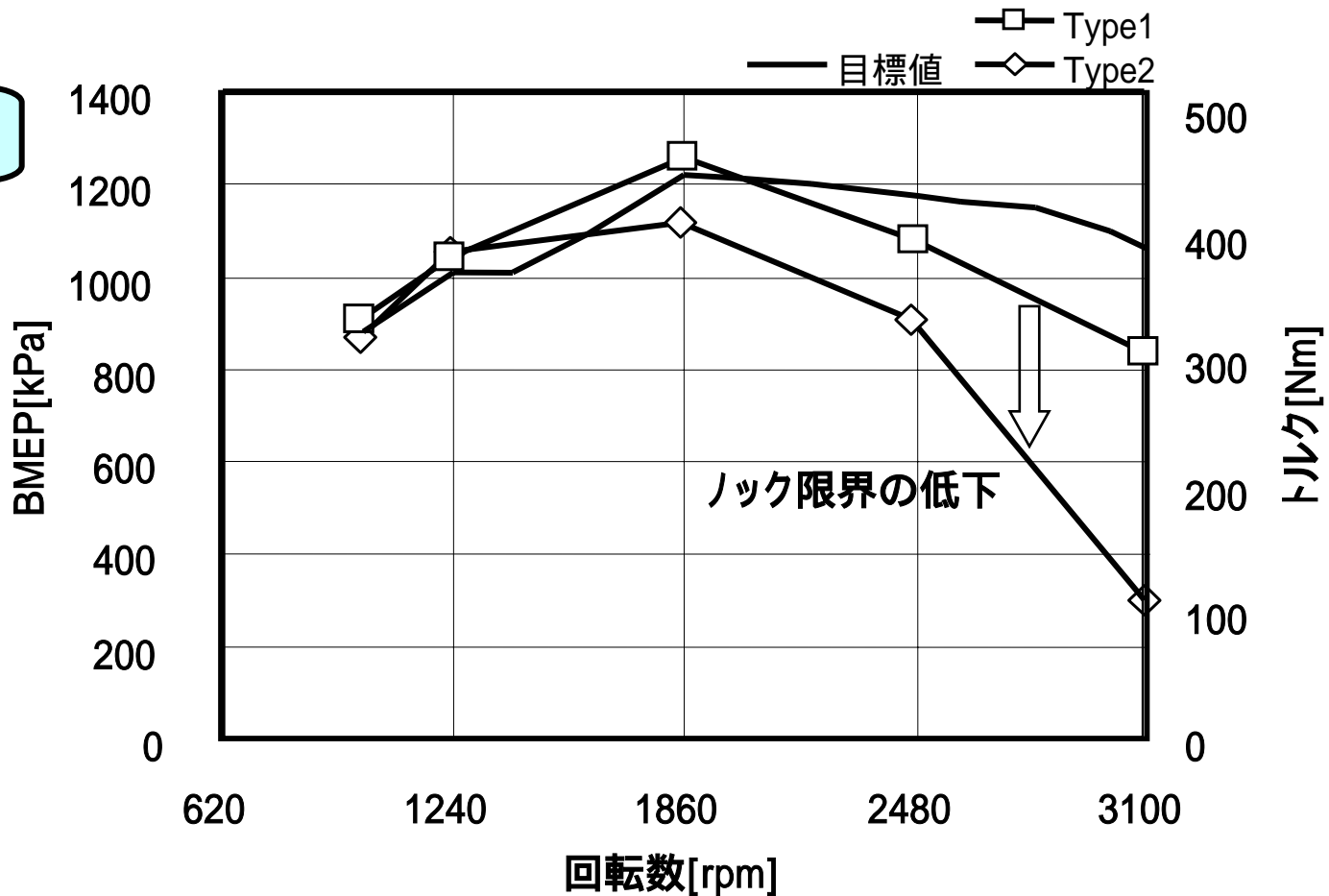
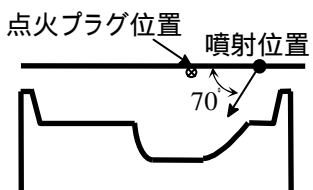
# 高効率・高出力化技術開発

最終仕様

Type1

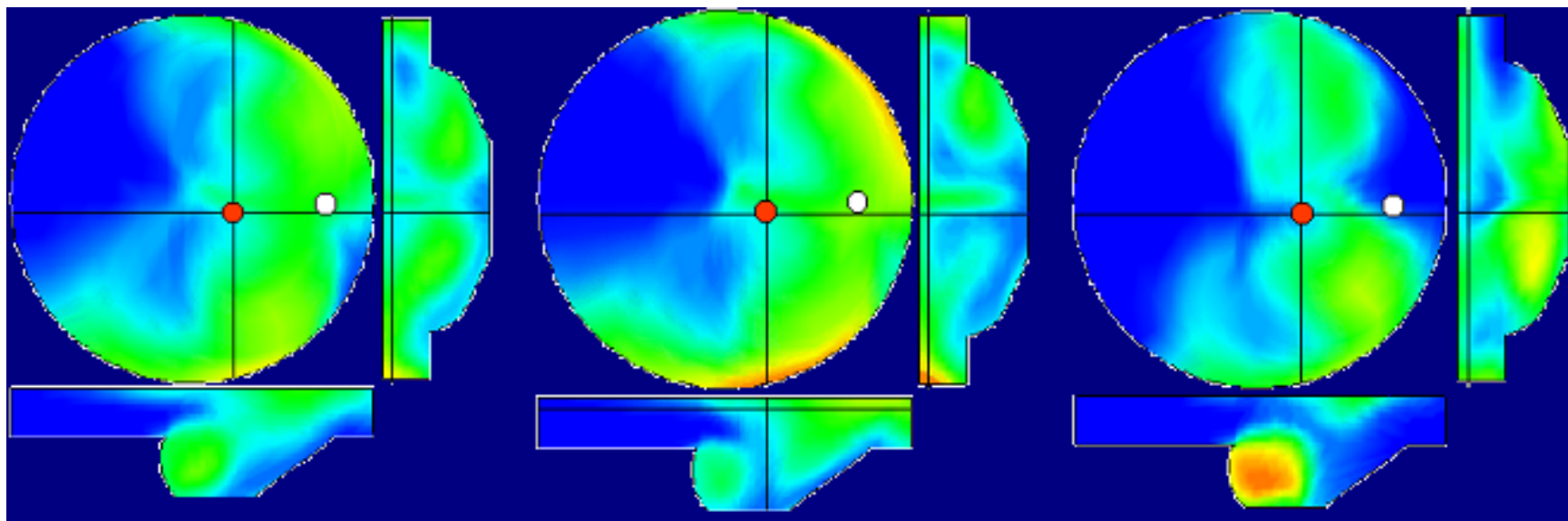
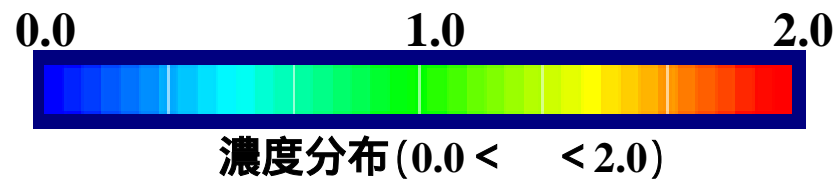


Type2



燃焼室形状の最適化  
(試験結果)

# エンジン実証試験



燃料噴射圧力 10 MPa

燃料噴射圧力 15 MPa

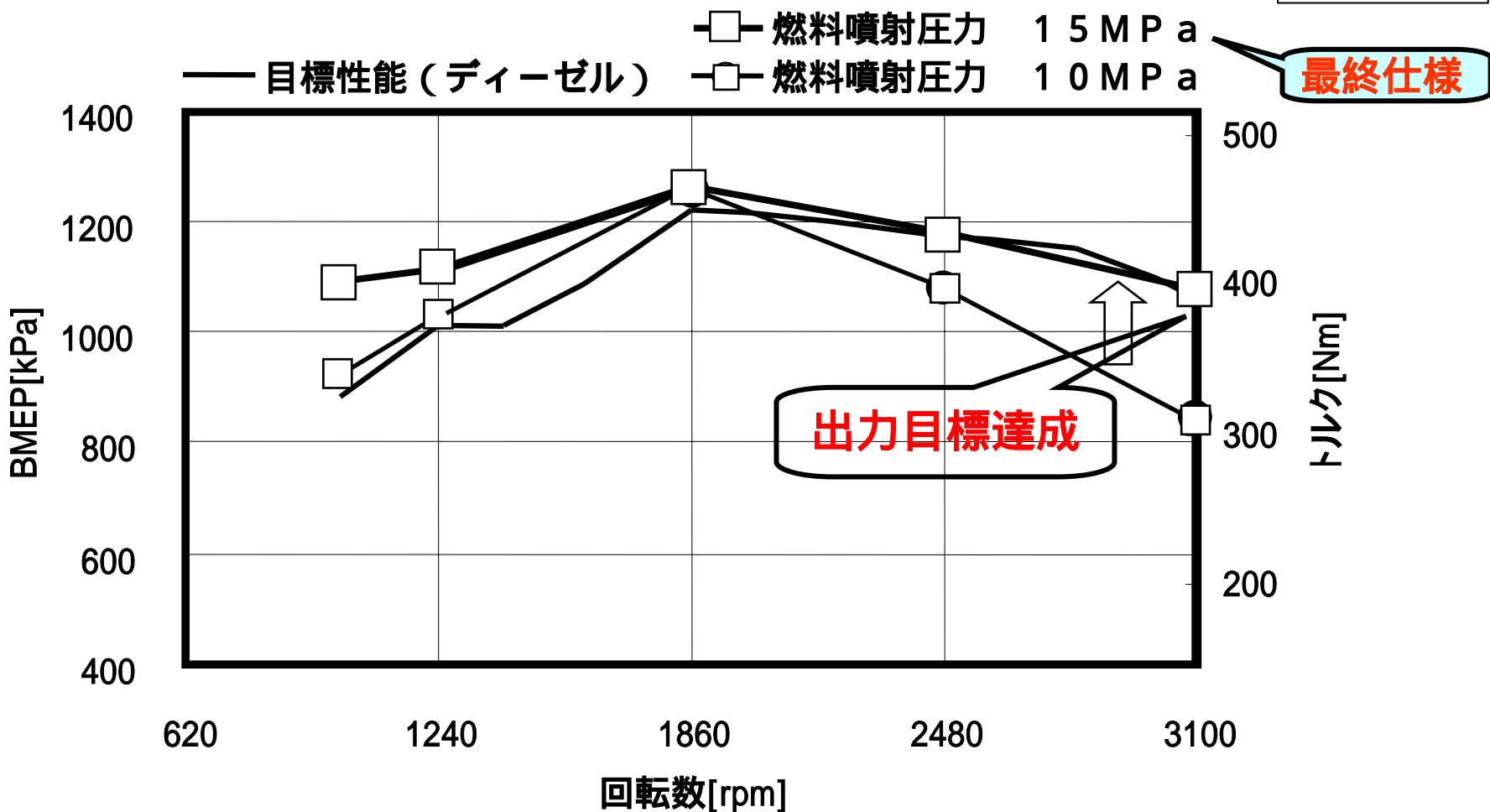
燃料噴射圧力 15 MPa  
燃料噴射時期遅延

燃料噴射圧力の最適化  
(燃料噴射圧力の違いによる混合気分布)

## エンジン実証試験

# 高効率・高出力化技術開発

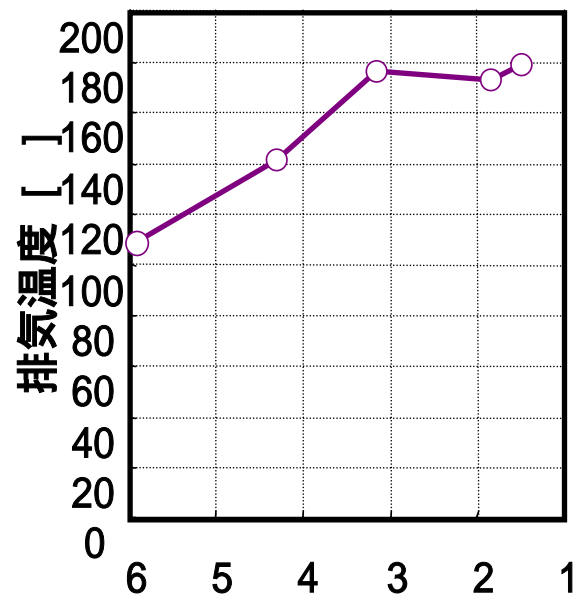
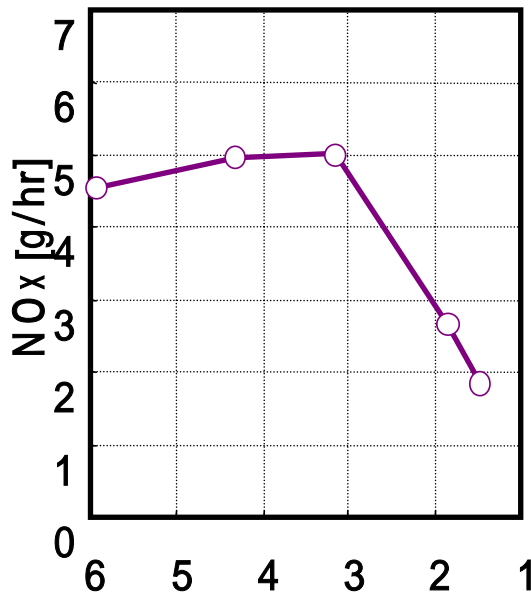
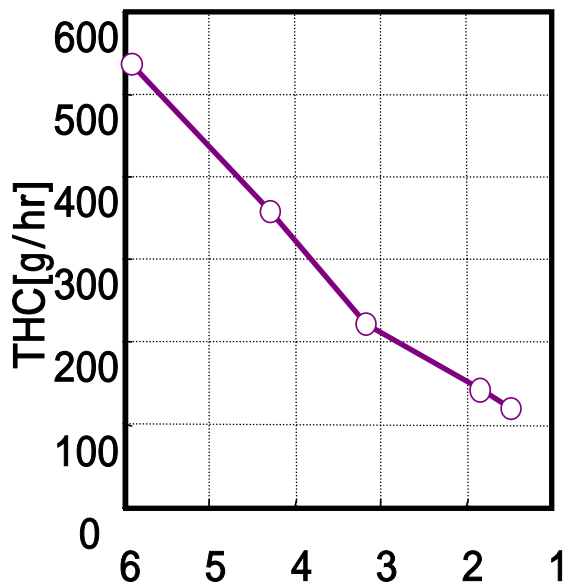
参資3:15



燃料噴射圧力の最適化  
(試験結果)

## エンジン実証試験

# 高効率・高出力化技術開発



空気量制御バルブによる空気過剰率の最適化  
(アイドリング時)

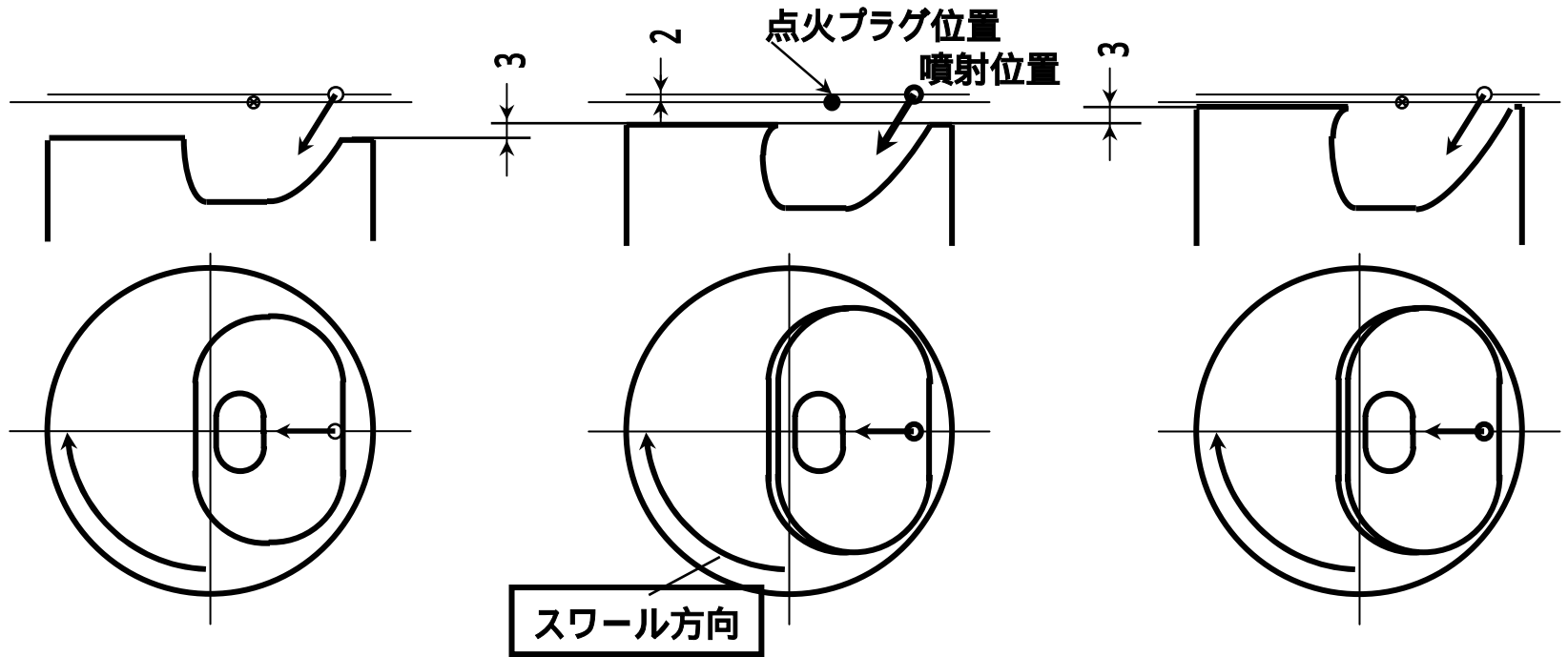
## エンジン実証試験

# 高効率・高出力化技術開発

圧縮比 = 9.0

圧縮比 = 10.5

圧縮比 = 12.0

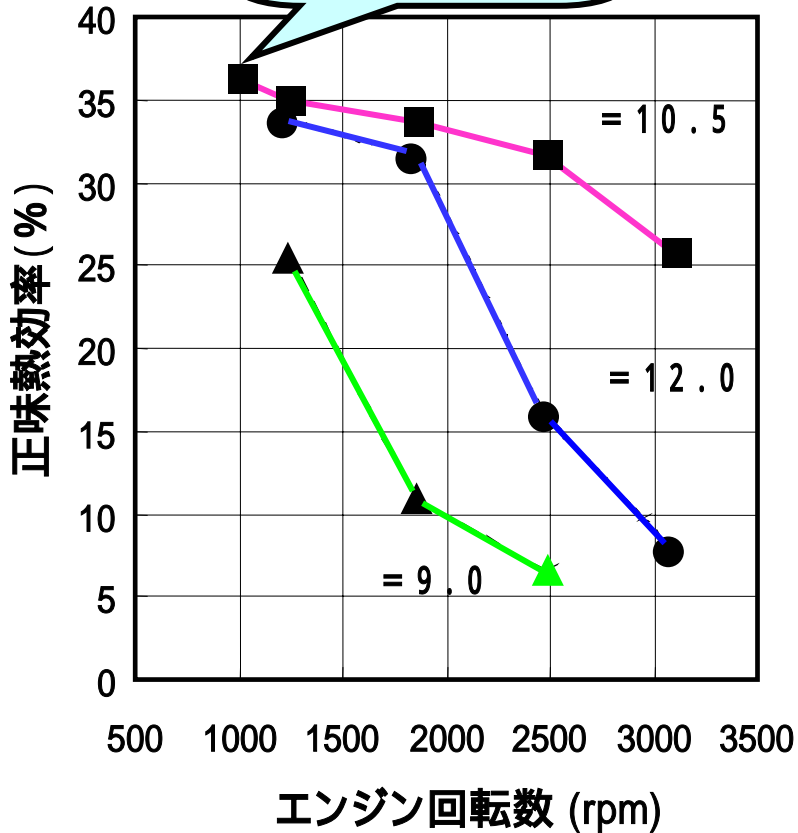


圧縮比の最適化  
圧縮比による燃焼室形状の違い

## エンジン実証試験

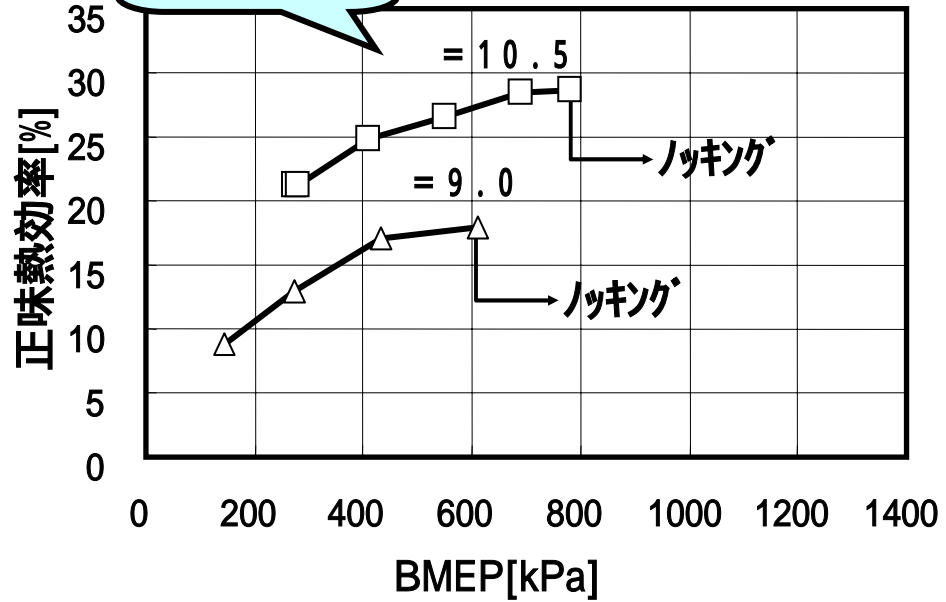
# 高効率・高出力化技術開発

ディーゼルエンジン  
並の熱効率を達成



最終仕様

3100rpm



圧縮比の最適化  
(試験結果)

# エンジン実証試験

# 低公害化技術の開発

## EGRガス導入部

混合ガス（EGRガス+新気）出口

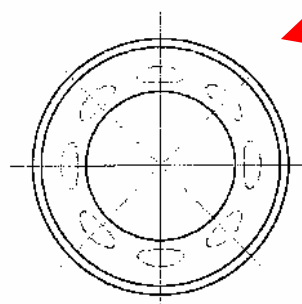
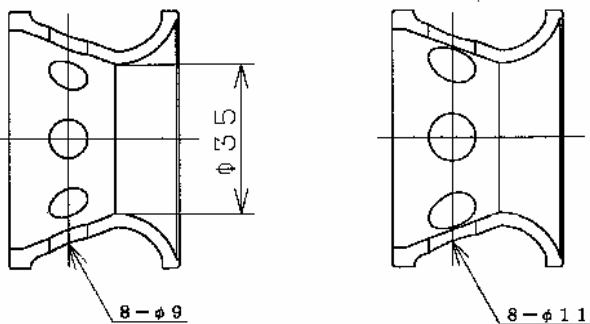
EGR導入孔

ミキシングベンチュリ

EGRミキサ

新気入口

### ミキシングベンチュリ形状



EGRシステムの開発  
(ミキシングベンチュリー式EGRシステム)

# エンジン実証試験

# 低公害化技術の開発

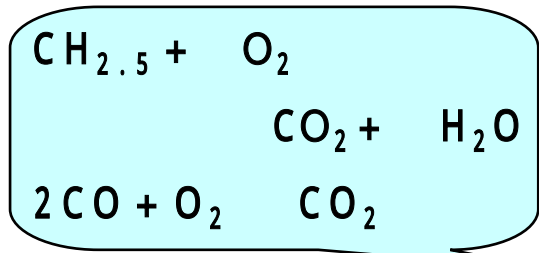
EGRシステムの開発  
(ベンチュリー径の影響)



## エンジン実証試験

# 低公害化技術の開発

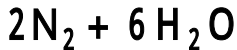
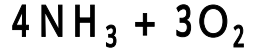
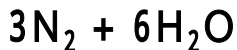
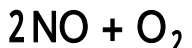
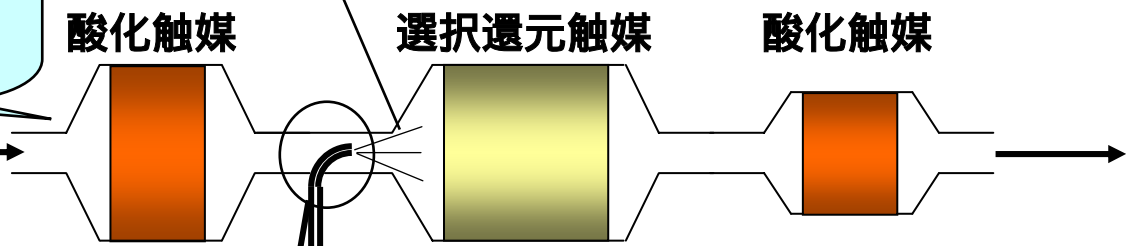
	仕様
尿素噴射量制御方式	間欠式
インジェクタ	液体噴射 + 衝突拡散式
触媒	容量：15ℓ (SV=13,000~50,000 hr-1)



## 尿素加水分解



排気ガス



尿素水 (32.5%)



インジェクタ

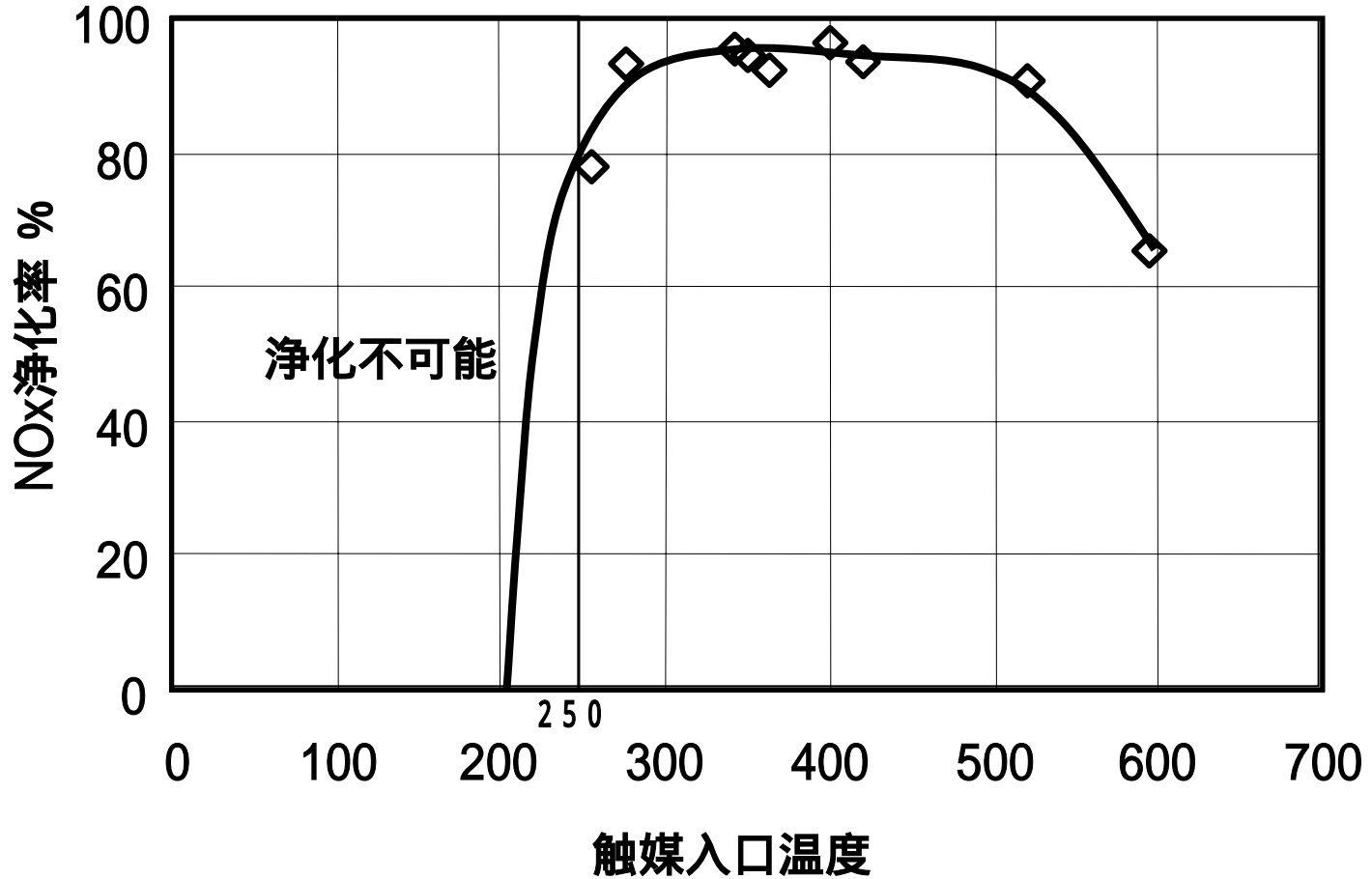
尿素供給装置



タンクユニット

## 触媒システムの開発

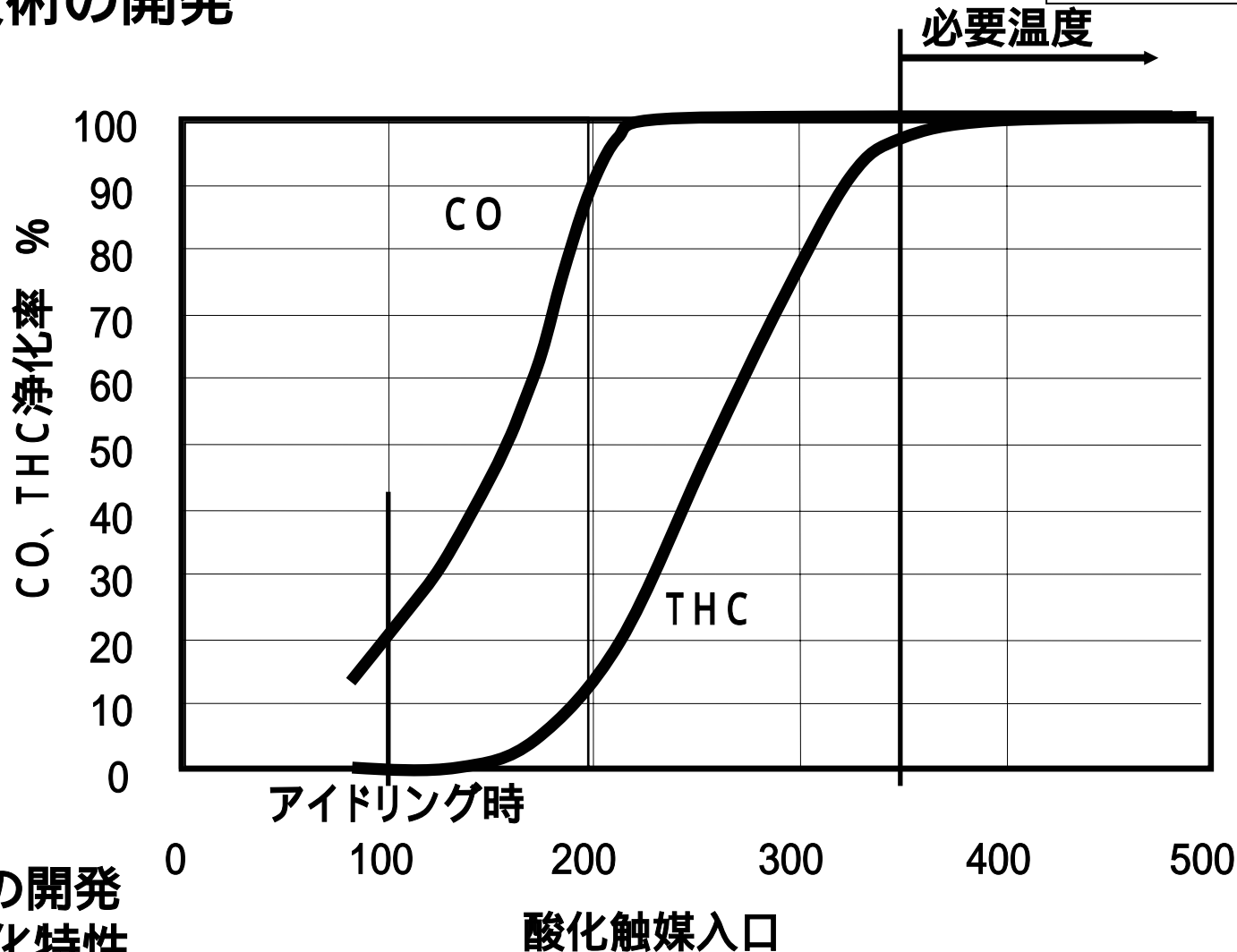
# エンジン実証試験



触媒システムの開発  
NOx触媒の浄化特性

## エンジン実証試験

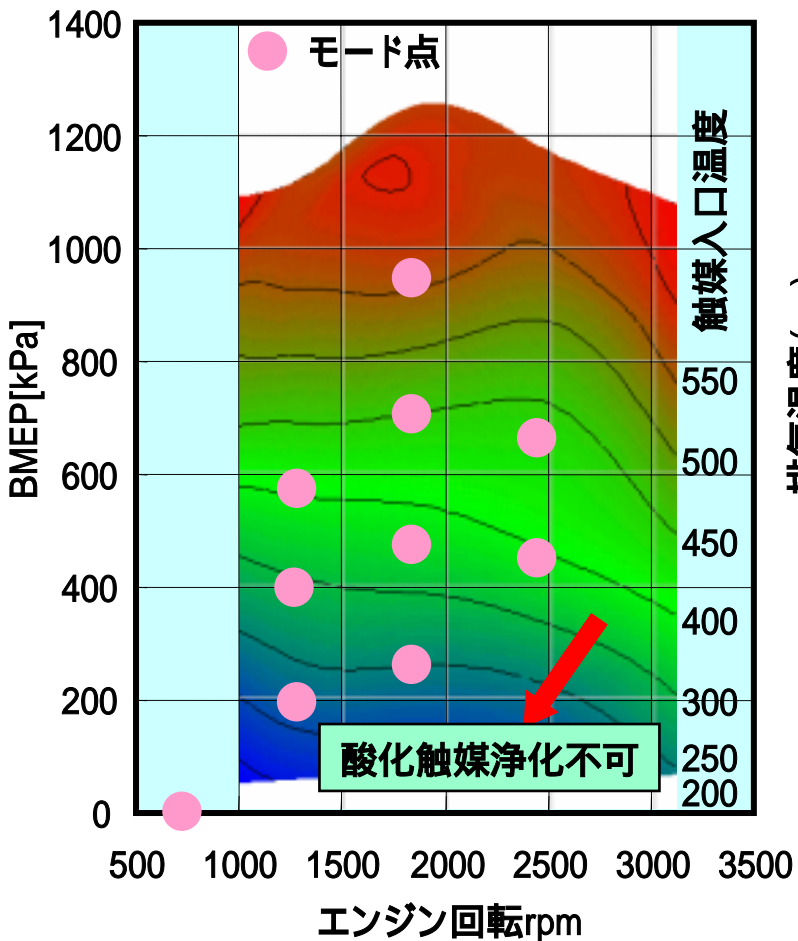
# 低公害化技術の開発



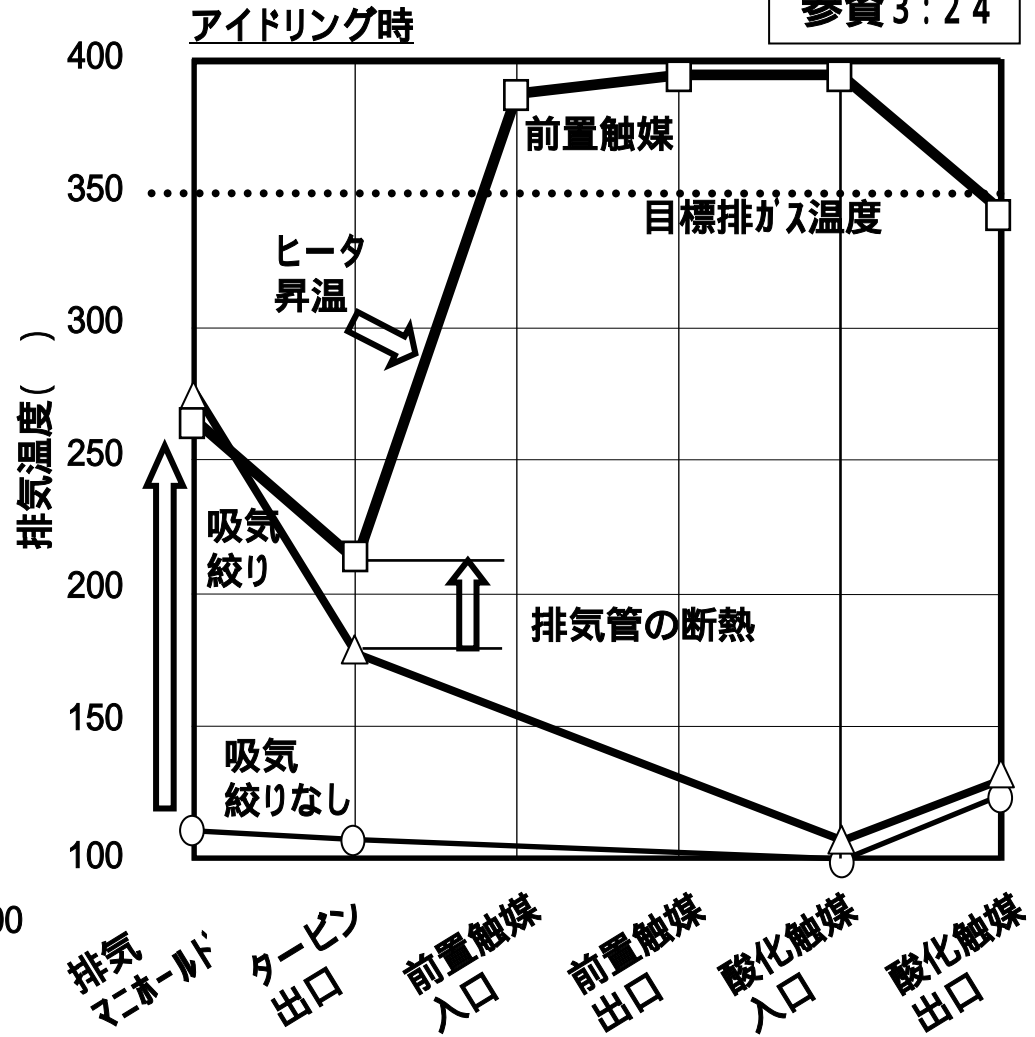
触媒システムの開発  
酸化触媒の浄化特性

## エンジン実証試験

# 低公害化技術の開発



排気温度分布

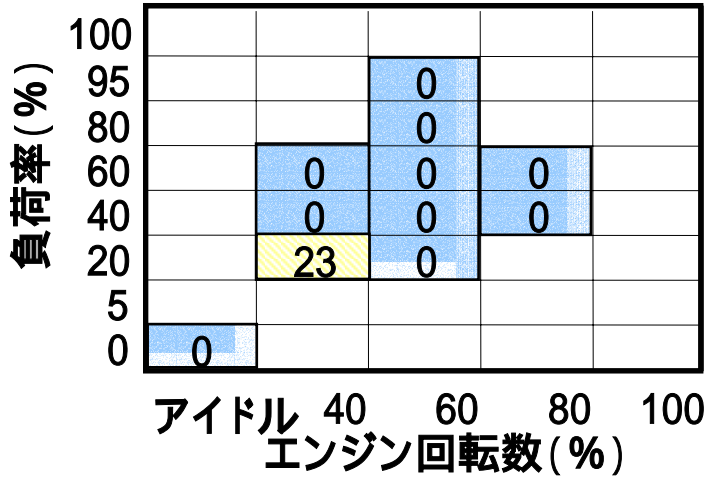


触媒システムの開発

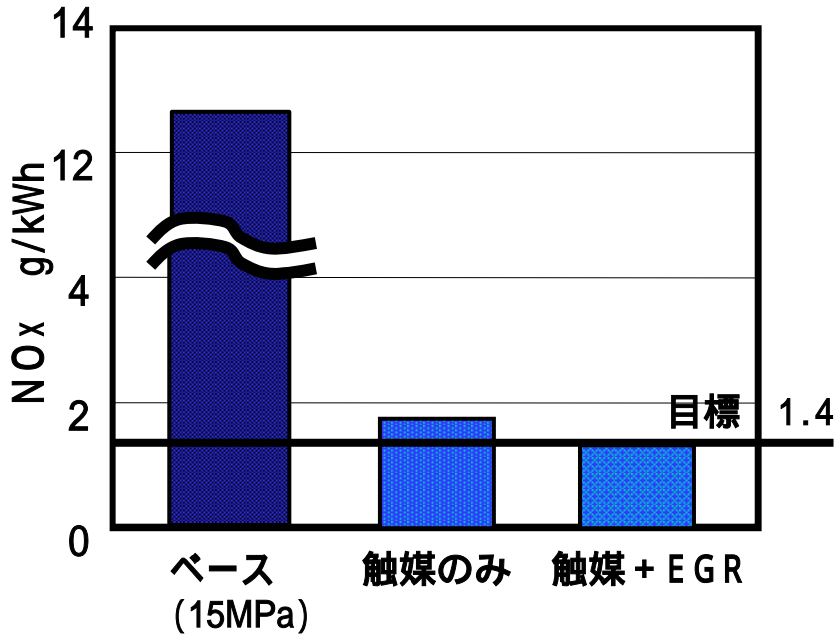
排気温度上昇対策の効果

# エンジン実証試験

# 低公害化技術の開発



EGR率マップ



G13モード排出ガス

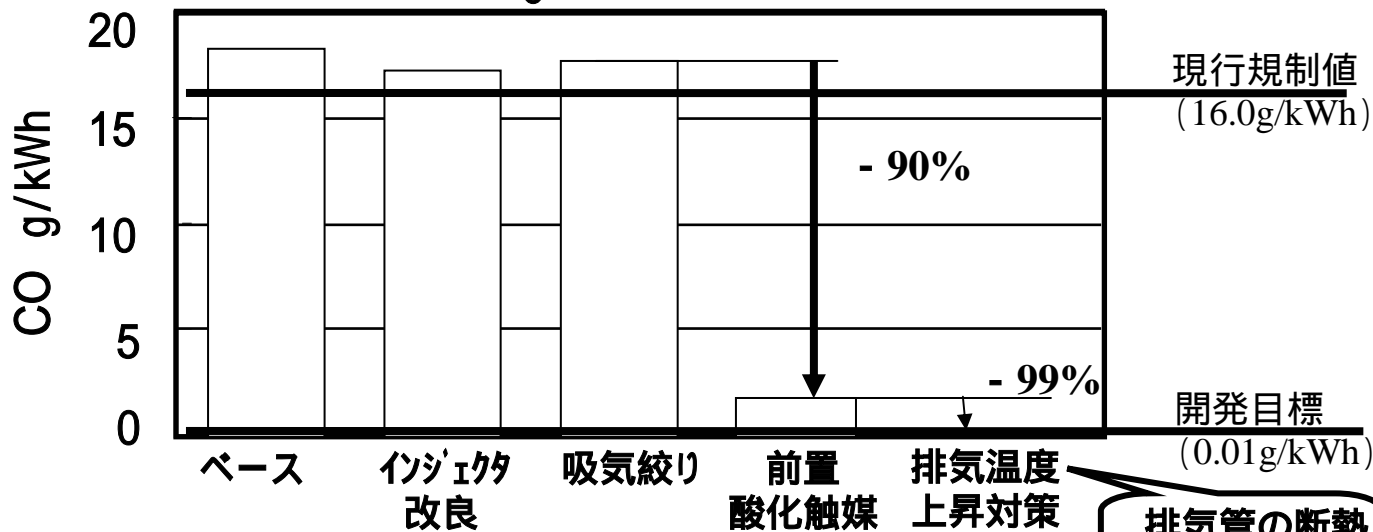
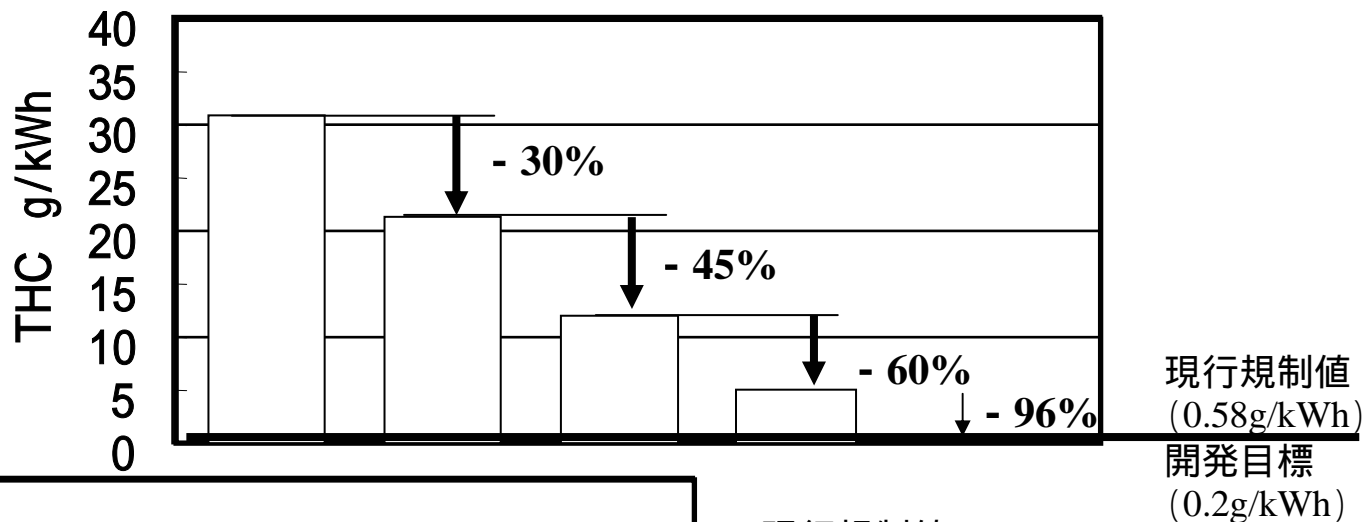
## 触媒システムの開発

# エンジン実証試験

# 低公害化技術の開発

参資3:26

G13モード排出ガス



触媒システムの開発

排気管の断熱  
ヒータ昇温

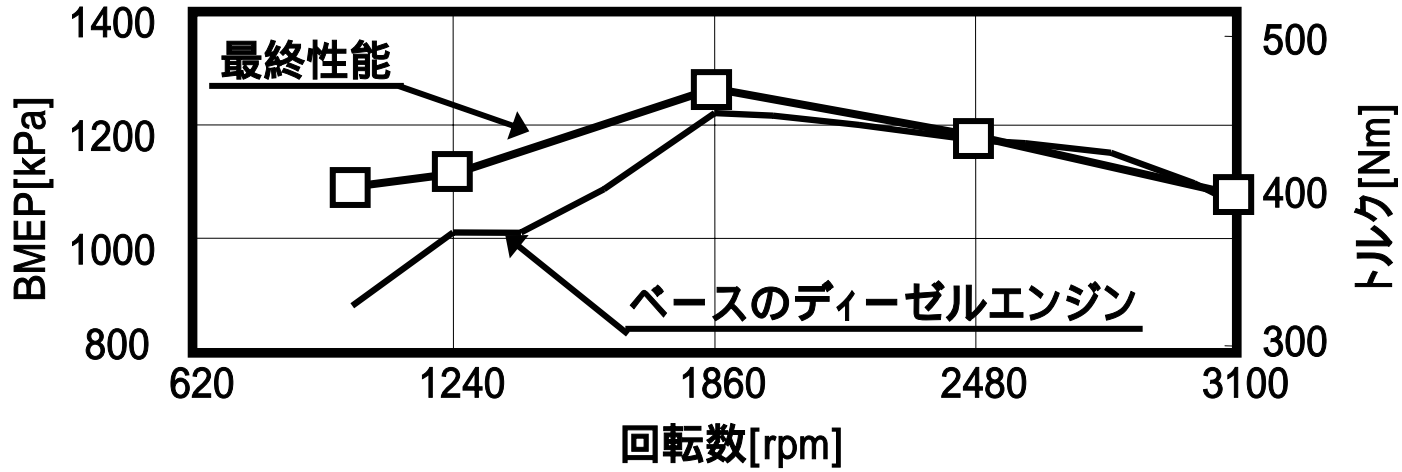
## エンジン実証試験

		開発目標値	達成値
13モード平均熱効率 (%)		30 ~ 32	30
G13モード 排出ガス (g/kWh)	NOx	1.40	1.40
	THC	0.20	0.19
	CO	0.01	0
動力性能	出力	——	135kW / 3100rpm (ベースディーゼルと同等)
	トルク	——	449Nm / 1860rpm (ベースディーゼルと同等)

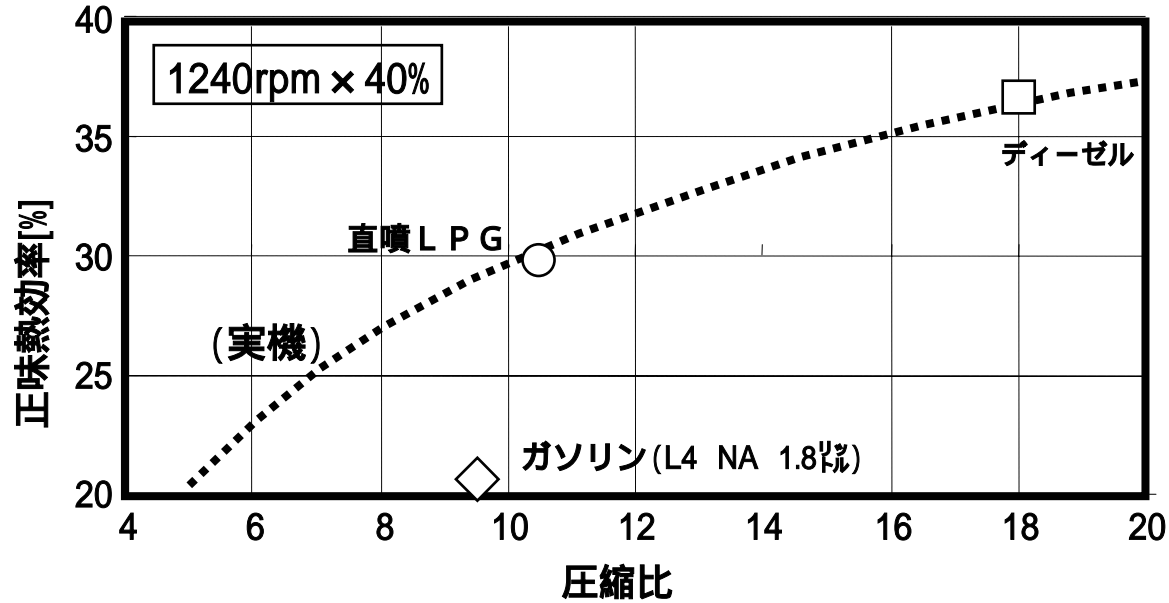
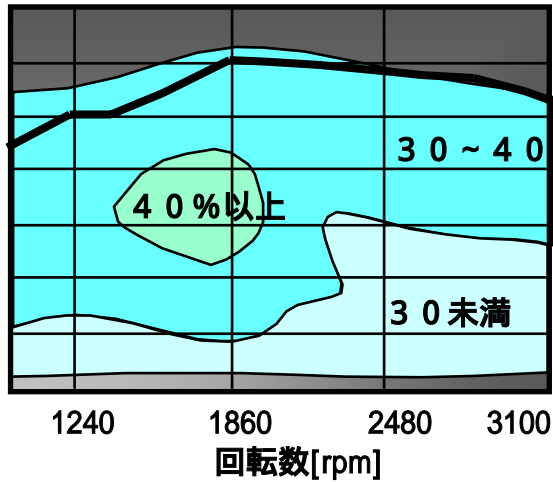
# エンジンの最終性能

参資3:28

## 全負荷性能



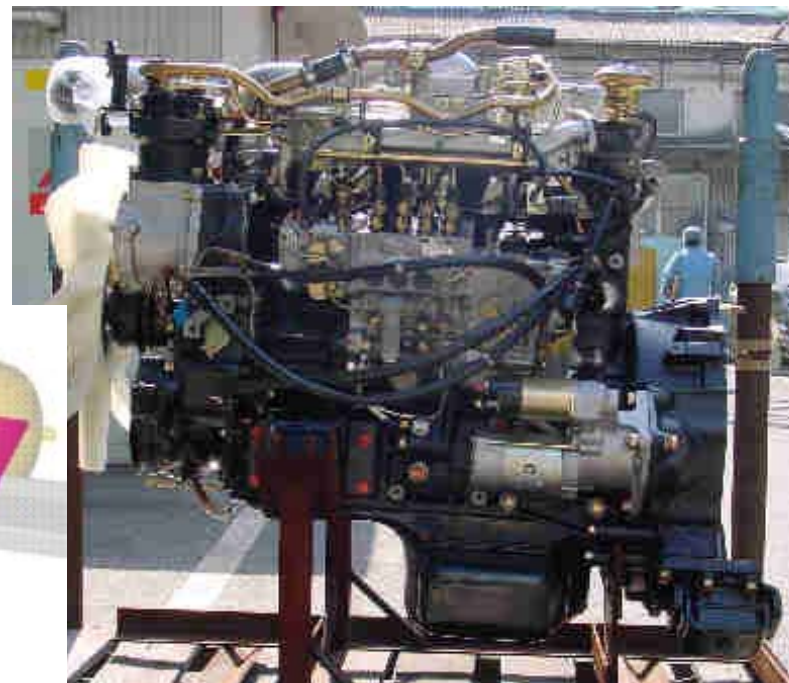
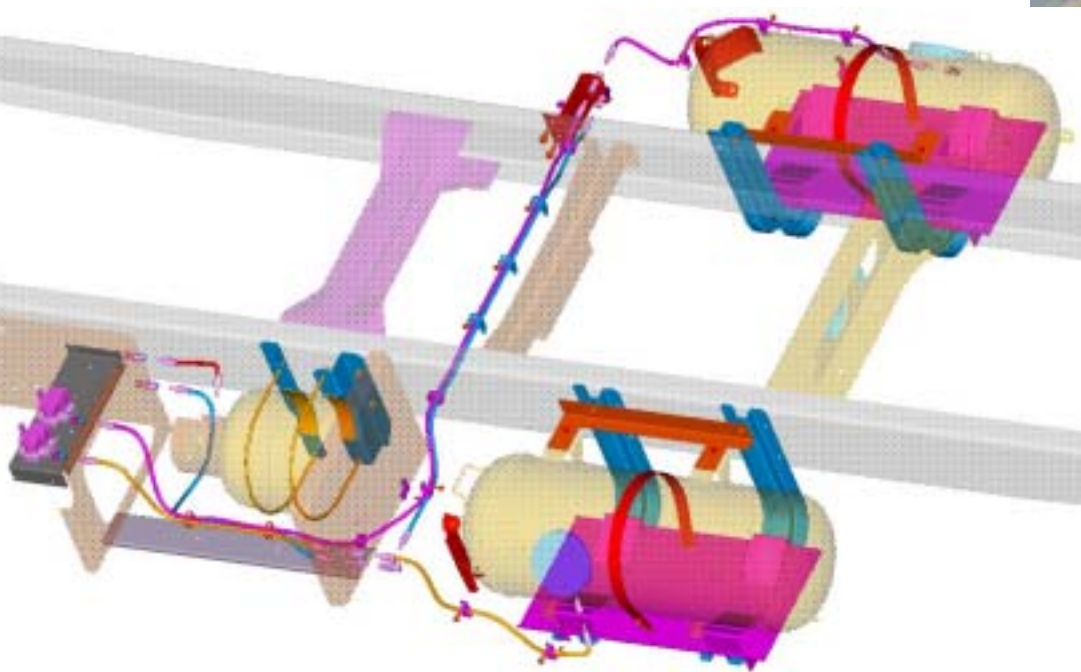
## 図示熱効率



# エンジン実証試験

# 車両設計・製作

## 燃料装置レイアウト



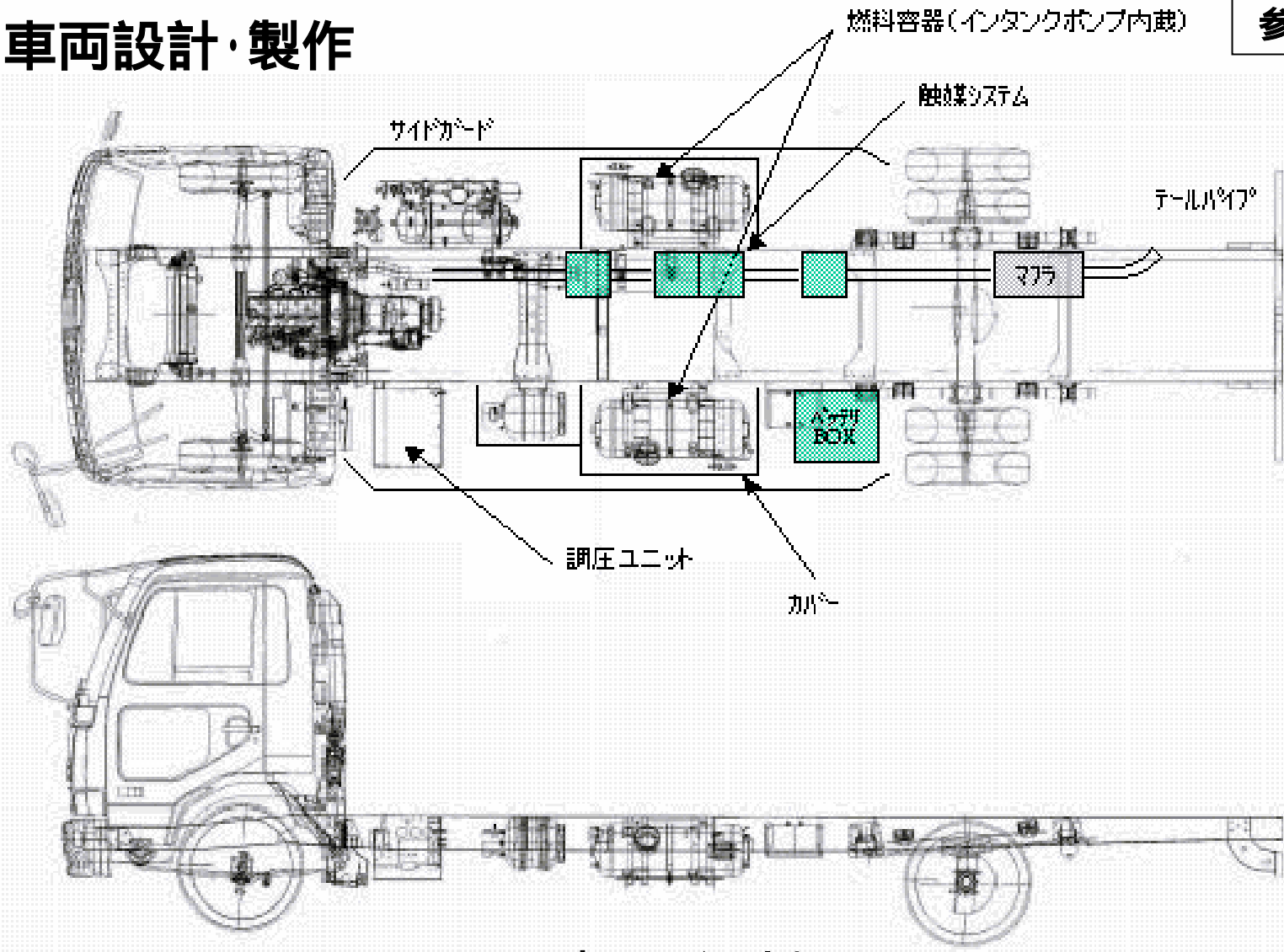
車載用エンジン

# 車両開発

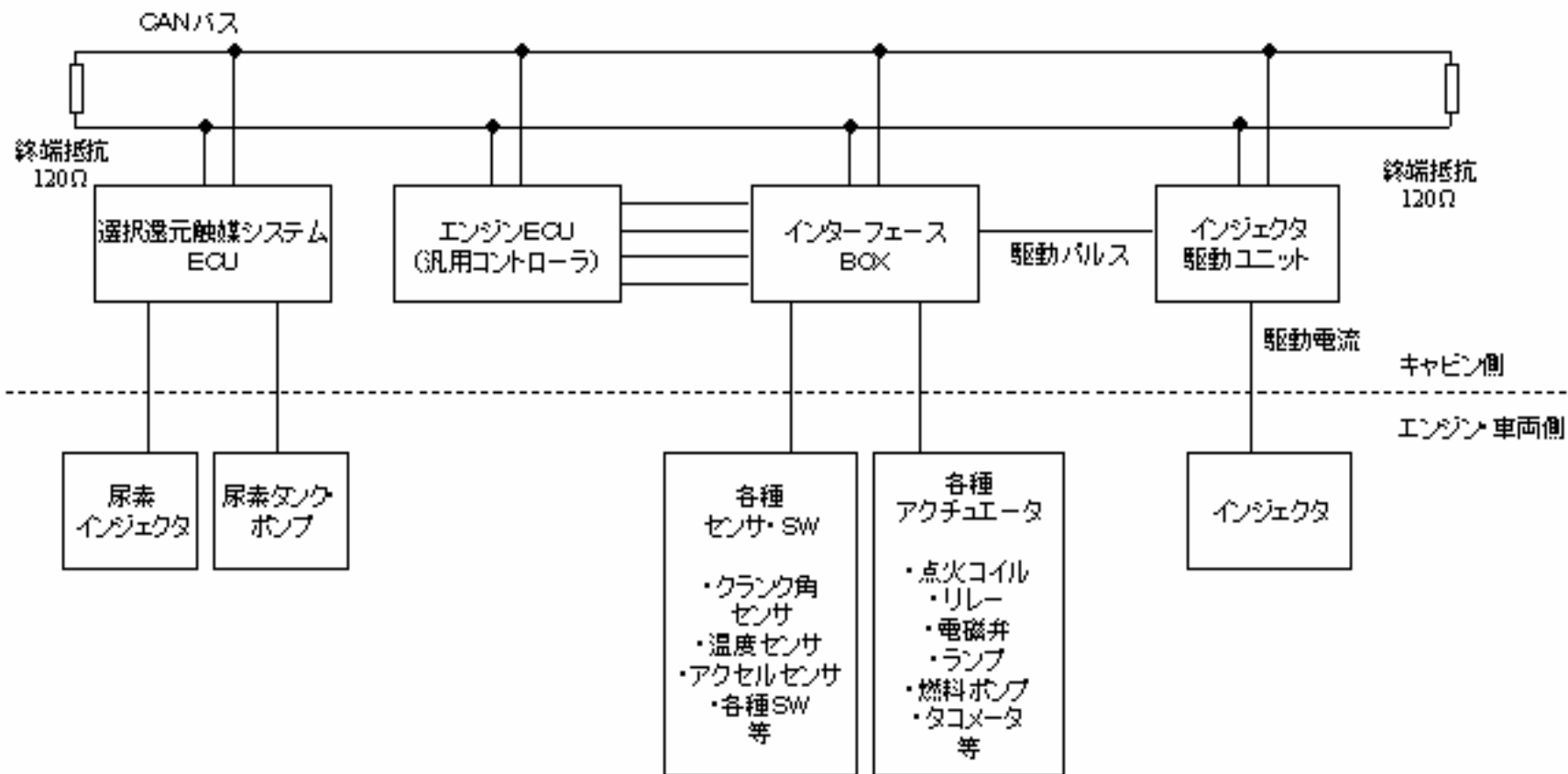
### 触媒仕様

	容量 (L)
酸化触媒(前)	5.1
選択還元触媒	15.1
酸化触媒(後)	2.9





車両レイアウト



## 車両制御システム

# 車両開発

# 車両性能評価

## 直噴LPGエンジン搭載車両

参資3:33

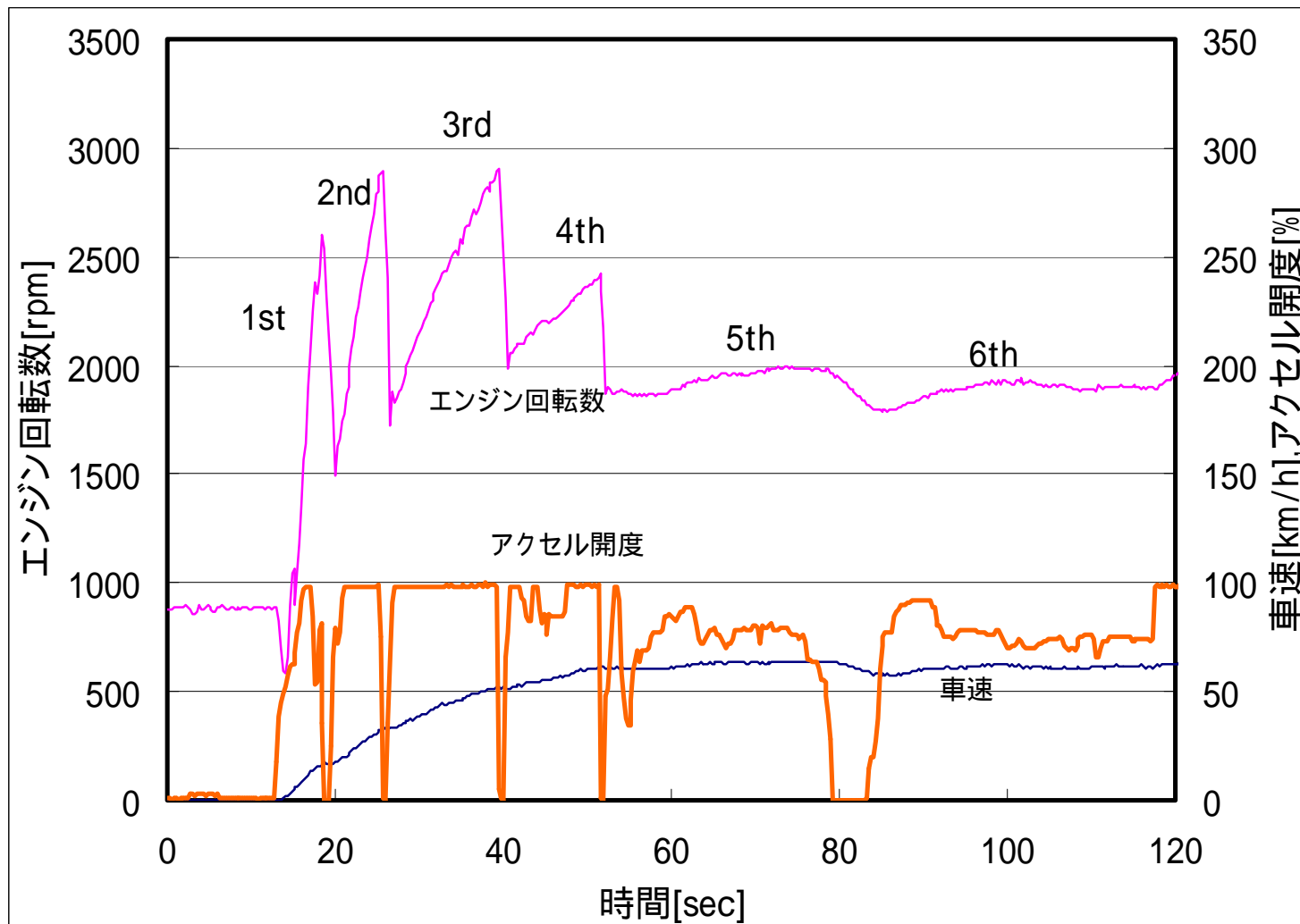


### 車両諸元

	ディーゼル エンジン搭載車	直噴LPG エンジン搭載車
搭載エンジン	FD46TA	FD46TA改 直噴LPG
変速機型式	MHS61A	
最終減速比	5.714	
タイヤ	7.50-16 14PR	
荷台形状	平ボディー	ドライバン
車両重量	3.540	4.470
積載重量	4.300	3.370
車両総重量	7.950	7.950



# 車両開発



ドライバビリティ調査

# 車両開発

# 車両性能評価

参資3:35



## 加速試験の結果

到達距離(m)	到達時間(s)	
	ディーゼルエンジン搭載車	直噴LPGエンジン搭載車
0	-	0.00
25	-	5.37
50	-	8.36
75	-	10.85
100	-	13.04
150	-	16.92
200	18.58	20.38

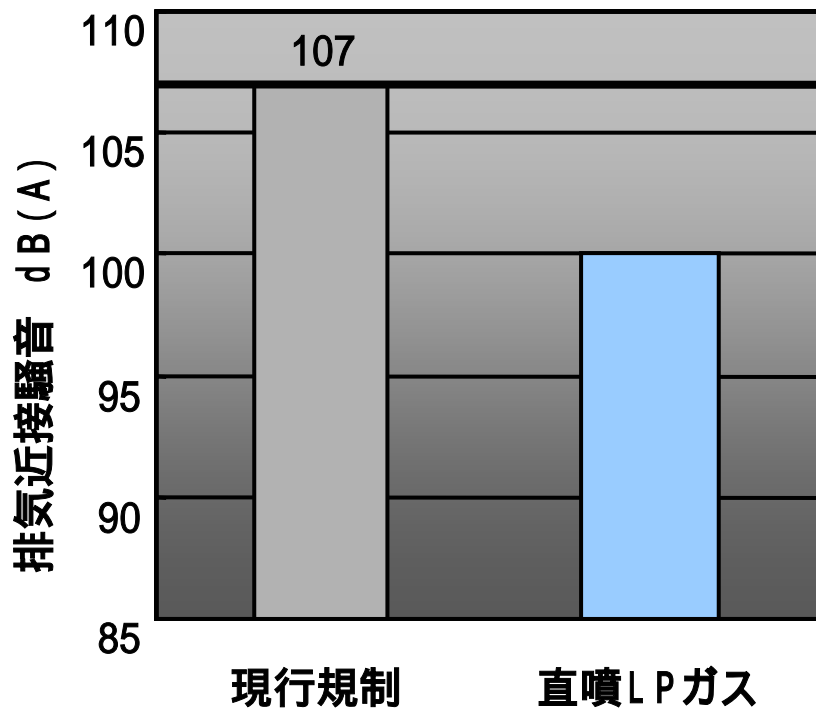
## 再加速試験の結果

ギア位置	初速(km/h)	到達車速(km/h)	到達時間(S)	
			ディーゼルエンジン車	直噴LPGエンジン車
6速固定	40	50	9.40	9.60
5速固定	30	50	6.78	6.95
	40	50	12.17	14.88

# 車両開発

# 車両性能評価

## 排気近接騒音試験の結果



## 得られた成果

1. 筒内直接噴射および希薄成層燃焼の採用により、G13モード平均熱効率30%を達成し、ベースのディーゼルエンジンと同等の高効率性を確保することができた。
2. 触媒およびEGRの採用により、目標排出ガスレベルをクリアし、低公害性を確保することができた。
3. 本エンジンを搭載した車両を製作し、走行試験を実施した結果、ベースのディーゼル車と同等の性能を得ることができた。

## 今後の課題(普及に向けて)

1. 燃料噴射装置の信頼性向上
2. 排出ガス後処理装置の車載性向上
3. ドライバビリティの改善
4. 各種環境下での信頼性向上

## 参 考 資 料 E

( プロジェクトの周辺状況 )

## 参考資料E（プロジェクトの周辺状況）

本内容は、今回の評価に際して、研究開発実施者（財団法人エルピーガス振興センター）から提出されたプロジェクトの周辺資料（データ）である。

### 目 次

1．我が国のトラックの需要	1 1 7
2．国内普通トラック構成比	1 1 8
3．開発エンジン搭載車の普及台数	1 1 9
4．普及貨物車走行量の推移	1 2 0
5．ディーゼル車の排出係数	1 2 1
6．NO <sub>x</sub> 、PM排出削減量	1 2 2
7．ガソリンエンジントラックを代替した場合のCO <sub>2</sub> 排出削減量	1 2 3

## トラック保有台数の推移

(千台)

年別	普通車	小型四輪車	軽四輪車	計
2000	2,596	5,475	10,154	18,225
2001	2,572	5,308	9,986	17,866
2002	2,531	5,111	9,838	17,480

(国土交通省調)

## トラック新規登録台数の推移

年別	普通車	小型四輪車	軽四輪車	計
2000	84,626	1,015,313	586,660	1,686,599
2001	83,038	943,591	574,227	1,600,856
2002	76,035	739,502	518,843	1,334,380

(日本自動車販売協会連合会・全国軽自動車協会連合会調)

# 国内普通トラック構成比(2002年度)

## トラック新規登録台数(2002年度)

区分	構成比率(%)	台数
積載量8トン以上	40.8	31,000
積載量5～7トン	7.1	5,000
中型車(積載量4トン)	52.1	40,000

(1,000台以下四捨五入)

## トラック保有台数(推定値)

(千台)

区分	構成比率(%)	台数
積載量8トン以上	40.8	1,032
積載量5～7トン	7.1	180
中型車(積載量4トン)	52.1	1,318

(1,000台以下四捨五入)

## 開発エンジン搭載車の普及台数

代替率	開発エンジン搭載車台数
3%	40,000
5%	66,000
10%	132,000
100%	1,318,000

# 普通貨物車走行量の推移

## (6都府県特定地域計)

年	走行量(km/日・台)
平成2年	70.0
平成6年	76.6
平成9年	78.5

自動車NO<sub>x</sub>総量削減方策検討会報告書(平成12年3月)

## ディーゼル車(3.5トン超)の排出係数

適合年度	ディーゼル車(3.5トン超)の排出係数				開発エンジン排出 係数(g/km/t)	
	排出係数(g/km/t) *		規制値(g/kWh)			
	NOx	PM	NOx	PM	NOx	PM
H10,H11規制	0.35	0.023	4.5	0.25	0.11	0
H15,H16規制	0.26	0.017	3.38	0.18	0.11	0
H17規制	0.15	0.003	2.0	0.027	0.11	0

\* 札幌市環境局 排出量の算出方法(平成15年2月)

# NOx、PM排出削減量

(Kg / 年・台)

	従来エンジン		開発エンジン		削減量	
	NOx	PM	NOx	PM	NOx	PM
H10,H11規制	80.2	5.27	25.2	0	55.0	5.27
H15,H16規制	59.6	3.90	25.2	0	34.0	3.90
H17規制	43.0	0.69	25.2	0	17.8	0.69

排出量 = 排出係数 × 8t × 一日の走行距離 × 365日

ただし、1日の走行距離 = 78.5 ( km/台 )

# ガソリンエンジントラックを代替した場合のCO<sub>2</sub>排出削減量

## 二酸化炭素排出量

年間走行距離 × 排出係数 (kg-CO<sub>2</sub>/L) / 燃料消費率 (km/L)

ベースディーゼルエンジンの燃料消費率 = 5.24 km/L

一日平均走行距離 = 78.5 km/L

ディーゼル車のCO<sub>2</sub>排出係数 = 2.64 (kg-CO<sub>2</sub>/L)

ベースディーゼルエンジンのCO<sub>2</sub>排出量 =  $78.5 \times 365 \times 2.64 / 5.24$   
= 14.4 t / 年

開発エンジン実用化した場合のCO<sub>2</sub>排出量 =  $14.4 \times 0.90 = 13.0$  t / 年  
一台当たりのCO<sub>2</sub>排出削減量 = 1.4 t / 年

オートガス年間消費量 =  $78.5 \times 365 / 5.24 = 5.5$  KL / 年