

## 放電プラズマによる $PO_x$ 燃料生成技術に関する研究

研究代表者 九州大学大学院工学研究院機械科学部門 教授 村瀬 英一  
共同研究者 九州大学大学院工学研究院機械科学部門 助手 川野 英昭

### 1. 緒 言

地球環境の浄化・保全を考えると、自動車用ガソリンエンジンからの有害ガス排出の低減を図ることは、非常に重要である。このことは、アメリカにおける ULEV (Ultra-Low Emission Vehicle) 規制、ヨーロッパにおける EURO2005 規制、また日本における 2011 年完全実施予定の新規制などの更なる厳しい排気ガス規制が予定されていることから分かる。

現在のガソリンエンジンは、一段と高度化した電子制御燃料噴射装置と三元触媒システムの組合せにより、有害ガスである窒素酸化物 ( $NO_x$ )、炭化水素 ( $HC$ )、一酸化炭素 ( $CO$ ) の排出量は 30 年前の未規制レベルから実に 1% 台、またはそれ以下にまで低減されている。その結果、三元触媒システムが活性化していない、いわゆる冷間始動時のわずか 10 秒程度の間、有害ガスのほとんどを排出しているのが現状である。よって、今後の厳しい排気ガス規制は、冷間始動時に対する規制モードが強化される内容となっている。しかし、冷間始動時には排気ガス浄化を触媒に頼ることができないため、燃焼そのものを改善しなければならないこととなる。

そこで、水素の優れた燃焼特性に着目して、ガソリンを一部酸化して水素リッチな燃料に改質する、いわゆる  $PO_x$  (partial oxidation) 燃料を冷間始動時に使用し、排気ガスそのものをクリーンにすることが考えられる。本研究では、放電プラズマによる  $PO_x$  改質器を対象に、生成される水素量を定量的に明らかにした。

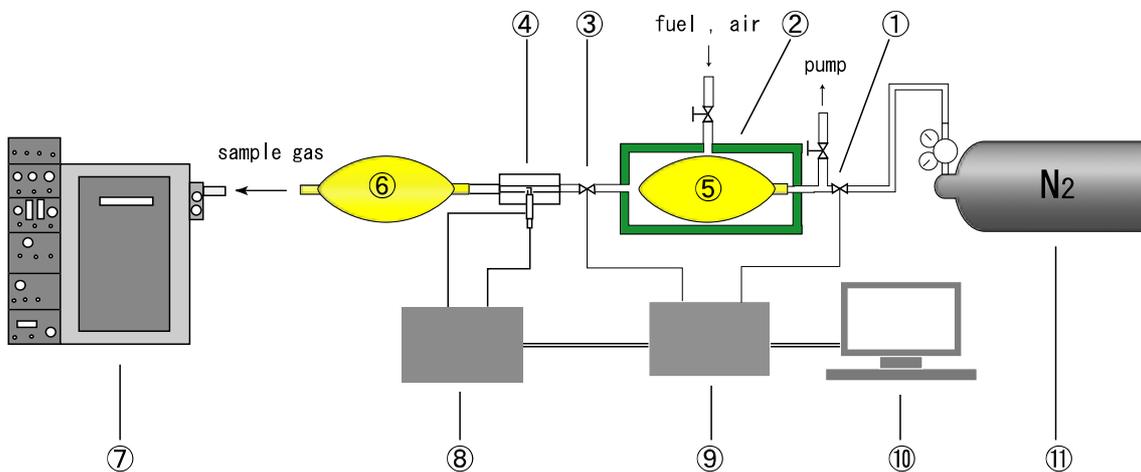
### 2. 実験装置

#### 2.1 実験装置概略

図 1 に実験装置概略を示す。また、実験全体の流れを以下に示す。

1) 分圧法を用いて燃料タンク 内に燃料 / 空気の混合気を作る。

- 2) 燃料タンク内バルーン を窒素ガス（ゲージ圧で 10kPa 程度）で膨張させる。
- 3) 燃料タンク内バルーン の膨張により、燃料タンク内の混合気は押し出され改質容器 に流れる。
- 4) 改質容器内の放電にて混合気から水素を生成する。
- 5) 改質された気体試料は採取用バルーン へ導かれる。
- 6) 採取用バルーン から試料気体を注射器にて採取して、ガスクロマトグラフ で水素濃度を測定する。



No.	名称	No.	名称
	電磁弁		ガスクロマトグラフ
	燃料タンク		放電制御パネル
	電磁弁		電子制御パネル
	改質容器		コンピュータ
	燃料タンク内バルーン		窒素ボンベ
	ガス採取用バルーン		

図 1 実験装置概略

## 2.2 改質容器

図2に改質容器を示す。改質部の流路断面は5mm×15mmであり、流れ方向の長さは30mmである。放電電極は、直径1mmのステンレス製とし、電極間隙を1.5mmとした。

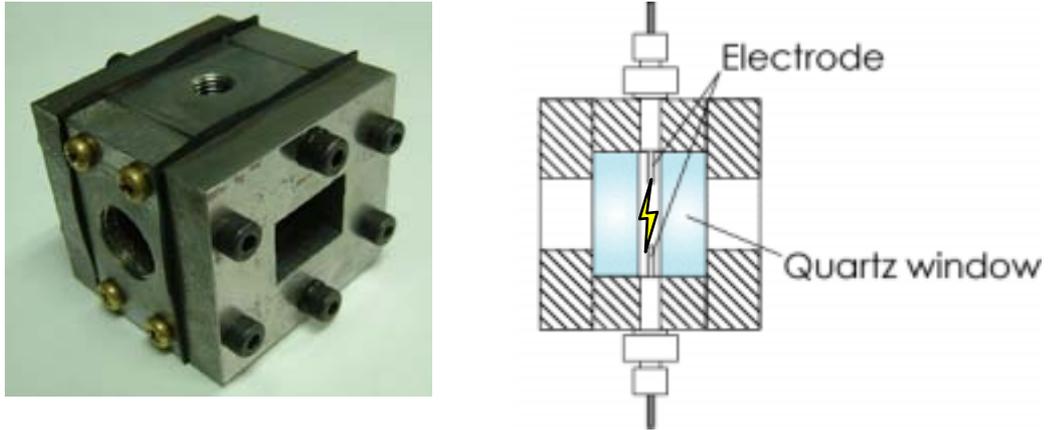


図2 改質容器と改質部断面

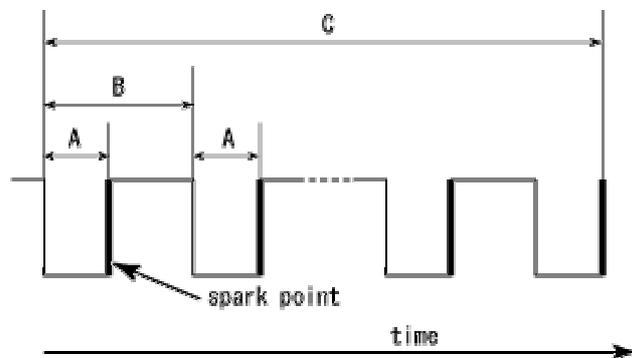
## 2.3 放電装置

図3に放電における充電時間および放電時間と duty 比の概念を示す。また、放電装置回路図を図4に示す。本実験においては充電時間、放電周期、計測時間を制御する。duty 比は放電周期中における充電時間の割合を示す。例えば、充電時間が10μsecで放電の周期が0.1msecの時は、duty 比は $\{10/(0.1 \times 1000)\} \times 100 = 10\%$ となり、充電時間は放電周期の10%ということになる。

A 充電時間

B 放電の周期

C 計測時間



$$\text{duty 比 [\%]} = \frac{A}{B} \times 100$$

図3 充電および放電と duty 比

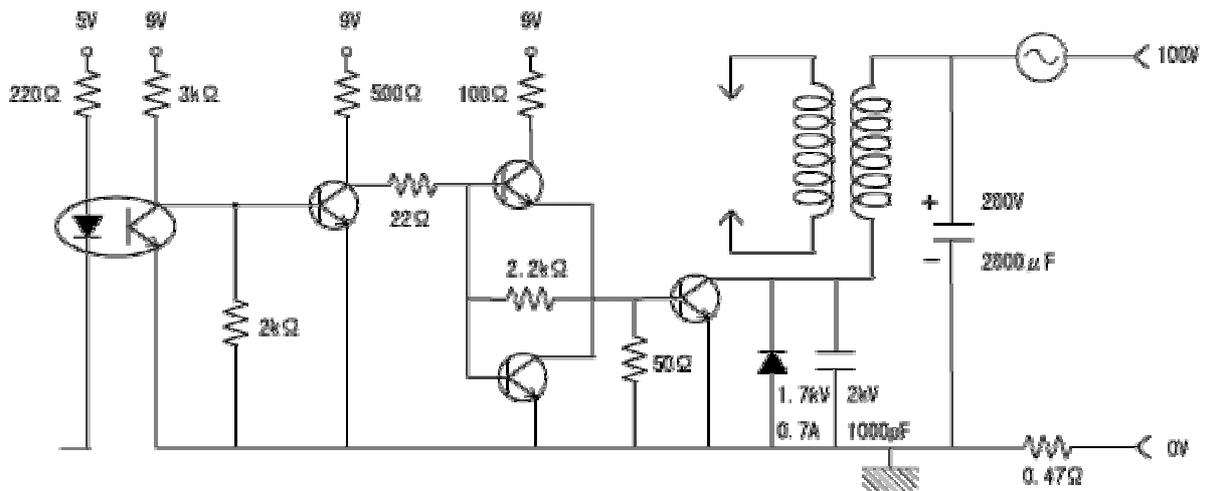


図4 放電制御装置回路図

## 2.4 実験条件

以下に実験条件を示す。

燃料	:	メタン / 空気
当量比	:	2, 4, 10
流量 (cc/sec)	:	9
計測時間 (sec)	:	10
充電時間 ( $\mu\text{s}$ )	:	10, 20, 40
duty 比 (%)	:	1, 2, 4, 10

## 3. 実験結果

### 3.1 放電プラズマによる燃料改質の様子



図5 放電プラズマによる燃料改質の様子

図5に duty 比 10%、当量比 = 1.0 における燃料改質時の放電の様子を示す。充電時間が長いほど、放電経路が明るく光り、その容積も大きいことが分かる。

### 3.1 水素生成量と duty 比

図6に各当量比における生成水素量と duty 比の関係を示す。図6より duty 比の値が高くなると生成水素量が多くなることが分かる。また、濃い混合気ほど、duty 比が高い場合の生成水素量が多くなっていることが分かる。duty 比が高いということは、放電の時間間隔が狭まることであり、そのために水素生成量が多くなったと考えられる。しかし、放電の時間間隔が狭まり単位時間当たりの放電回数が増えるので、消費電力も増大することに注意しなければならない。図7に

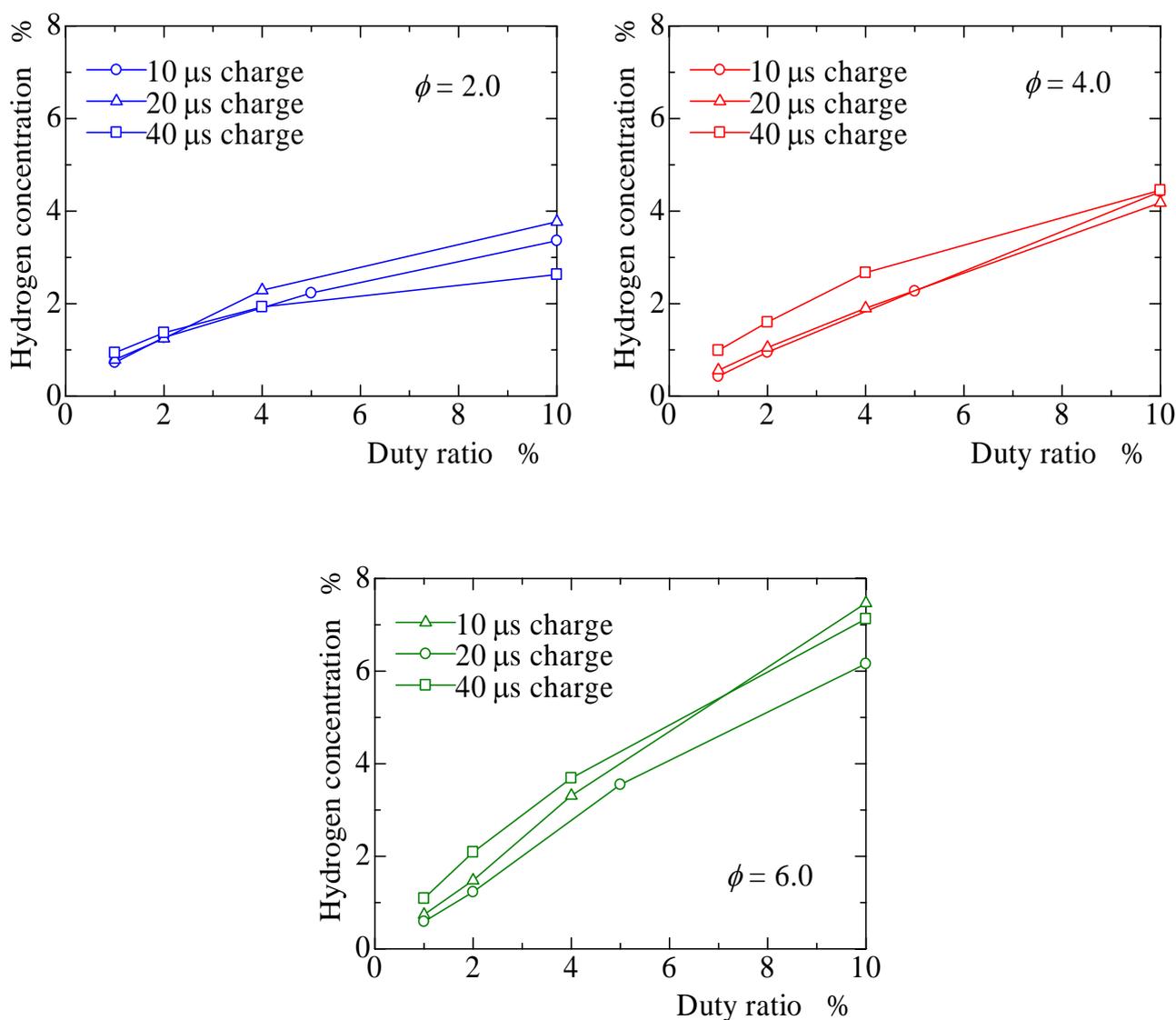


図6 各当量比における生成水素量と duty 比の関係

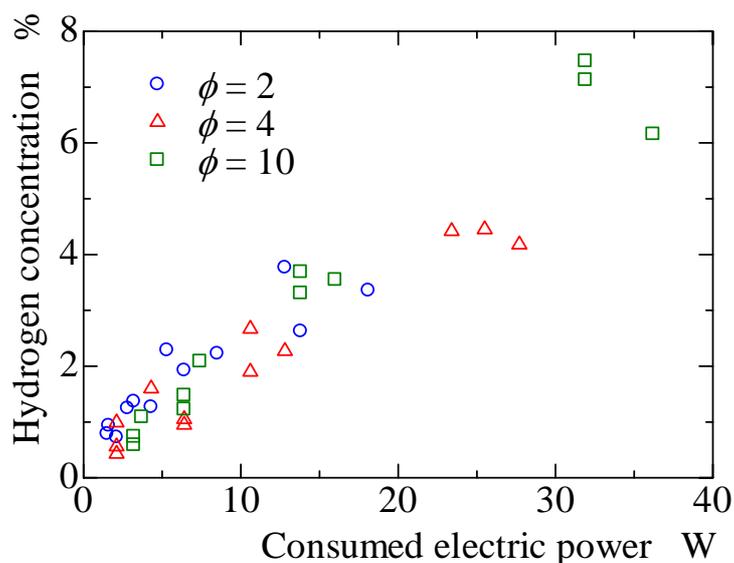


図7 消費電力と生成水素量との関係

消費電力と生成水素の関係を示す。なお、消費電力は、放電回路に流れる電流と電圧から求めた。図7より、当然であるが、消費電力が大きいほど生成水素量が多くなることが分かる。また、比較的小さな消費電力の場合、当量比が小さい方が、すなわち燃料が薄い方が、生成水素量が多い傾向にあることが分かる。それに対して、消費電力が大きい領域では、当量比が大きい方が、すなわち燃料が濃い方が、生成水素量が多い傾向にあることが分かる。

### 3.2 当量比の影響

図8に duty 比を 10% として、当量比を変化させた場合の水素生成量を示す。図8より、当量

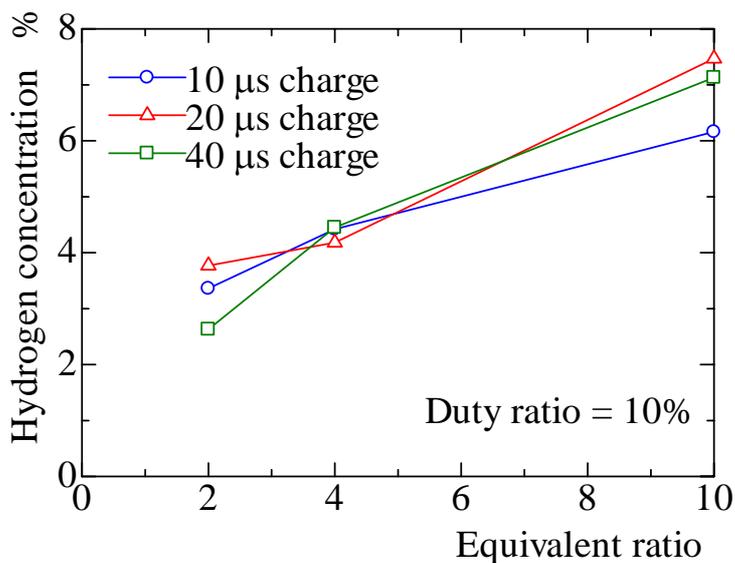


図8 水素生成に及ぼす当量比の影響

比が大きい程、すなわち燃料が濃くなる程、生成水素量が多くなっていることが分かる。このことは、燃料が濃くなる程、単純に同体積中に含まれる水素原子が多いことが原因と考えられる。

### 3.3 改質ガスの組成分析

表1に duty 比 10%、当量比 = 10 において回収された改質ガス(PO<sub>x</sub> 燃料)をガスクロマトグラフで組成分析した結果を示す。表1に示すように、放電プラズマによって生成されるのは水素・一酸化炭素だけではなく、エタン、エチレン、プロパン、ブタンのようなメタンより高級な炭化水素も生成されることが分かる。さらに、CO<sub>2</sub>にまで酸化されてしまう燃料があることも分かる。図9にCO<sub>2</sub>発生量と当量比の関係を示す。図9より、放電経路近傍では高温となり、可燃限界が伸びるため、当量比が小さい場合、すなわち薄い混合気の場合、燃焼に至る可能性が高くなりCO<sub>2</sub>の発生量が多くなったと考えられる。

表1 PO<sub>x</sub> 燃料の組成 (duty 比 10%、当量比 =10)

Species	Vol. %
H <sub>2</sub>	3.30
CH <sub>4</sub>	48.0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.20
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.10
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.02
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.30
CO	1.30
CO <sub>2</sub>	0.15

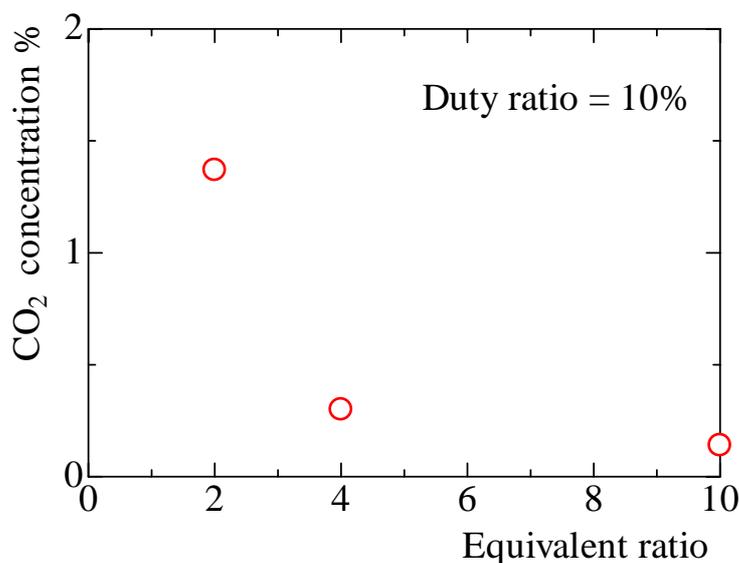


図9 当量比とCO<sub>2</sub>の発生量の関係

#### 4.まとめ

放電プラズマによる PO<sub>x</sub> 改質器を作製して、各種パラメータを変化させた実験を行った結果、以下のことが明らかになった。

1. 燃料改質時の放電経路の高速度写真観測により、放電回路における充電時間が長いほど、放電経路が明るく光り、その容積も大きいことが分かった。
2. 放電回路における放電周期中における充電時間の割合を示す duty 比を定義し、duty 比の値が高くなると生成水素量が多くなることが分かった。また、濃い混合気ほど、duty 比が高い場合の生成水素量が多くなることが分かった。
3. 放電の消費電力が大きいほど生成水素量が多くなることが分かった。また、比較的小さな消費電力の場合、当量比が小さい方が、すなわち燃料が薄い方が、生成水素量が多い傾向にあることが分かった。それに対して、消費電力が大きい領域では、当量比が大きい方が、すなわち燃料が濃い方が、生成水素量が多い傾向にあることが分かった。
4. 放電プラズマによって生成されるのは水素・一酸化炭素だけではなく、エタン、エチレン、プロパン、ブタンのようなメタンより高級な炭化水素も生成されることが分かった。さらに、CO<sub>2</sub> にまで酸化されてしまう燃料があることも分かった。CO<sub>2</sub> の発生量は当量比が小さい場合、燃焼に至る可能性が高くなりが多くなったと考えられる。