

# プラズマアシスト燃焼を用いた ガス二元燃料エンジンにおける 燃焼特性

---

神戸大学 海事科学部

マリンエンジニアリング学科 機関マネジメントコース

内燃機関工学研究室

中原 亜梨沙

# 発表概要

---

## 1.序論

### 1.1 研究背景

### 1.2 先行研究

### 1.3 研究目的

## 2.二元燃料エンジンとは

## 3.プラズマアシスト燃焼とは

## 4.二元燃料エンジンでの放電実験

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

## 6.まとめ



# 発表概要

---

## 1.序論

### 1.1 研究背景

### 1.2 先行研究

### 1.3 研究目的

## 2.二元燃料エンジンとは

## 3.プラズマアシスト燃焼とは

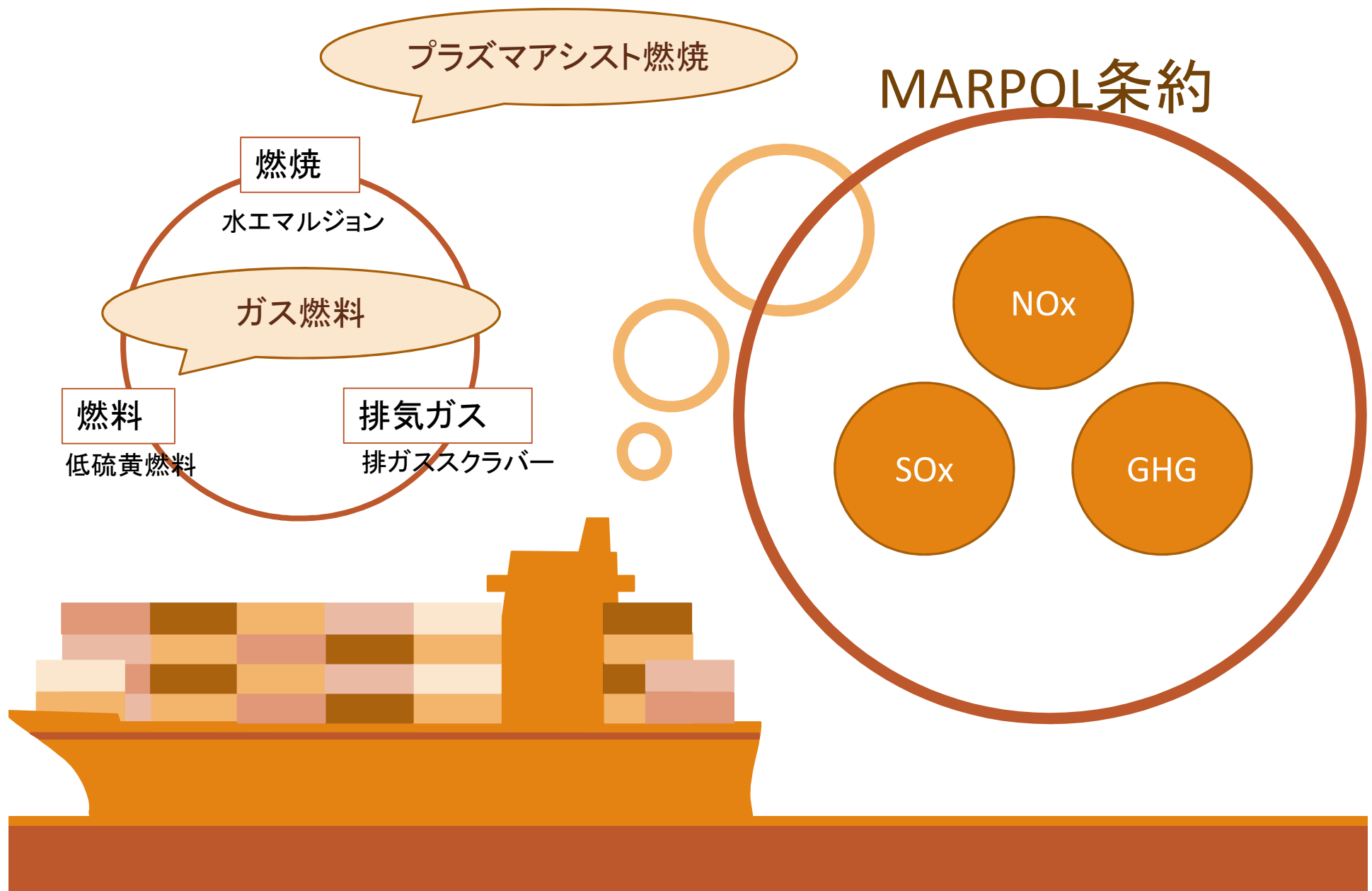
## 4.二元燃料エンジンでの放電実験

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

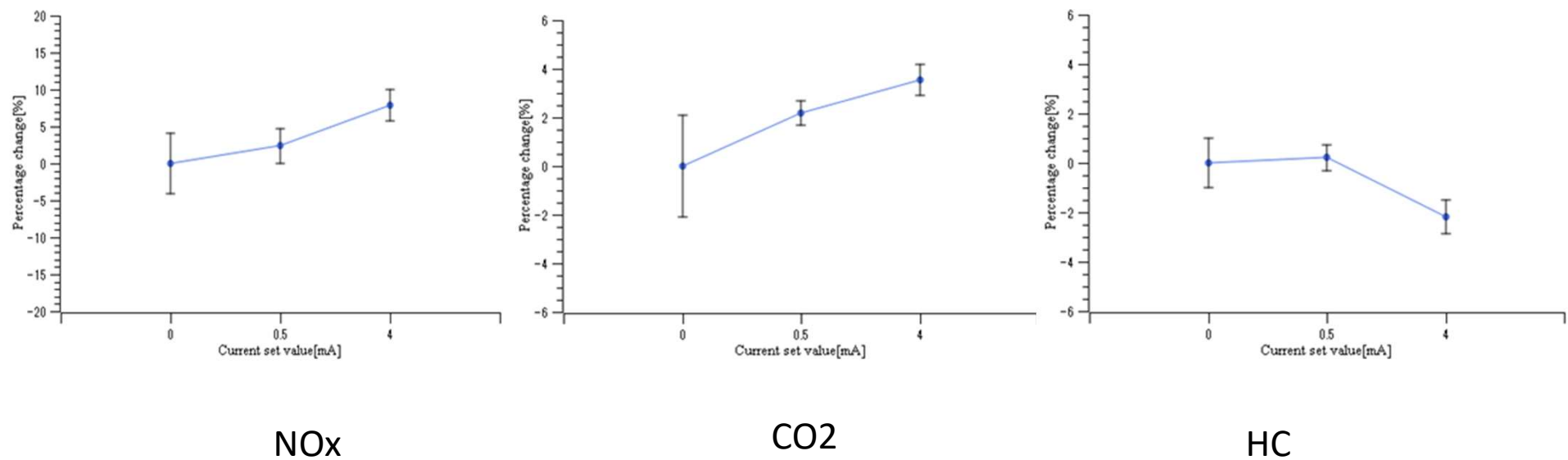
## 6.まとめ



## 1.1 研究背景



## 1.2 先行研究



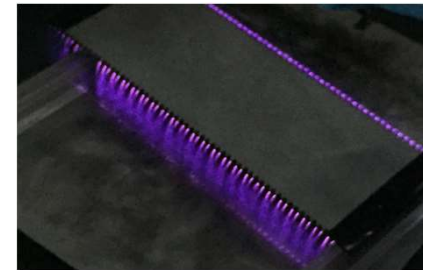
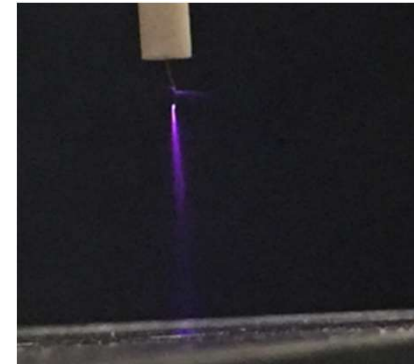
天然ガス噴霧時間2[ms]での二元燃料エンジンの排ガス特性

### 1.3研究目的

将来的なプラズマアシスト燃焼の  
運用実現を目指して



- 二元燃料運転での最適な運転条件の発見  
天然ガス噴霧量 / 放電電流値 を変化
- 軽油運転時との性能の比較



# 発表概要

---

## 1.序論

### 1.1 研究背景

### 1.2 先行研究

### 1.3 研究目的

## 2.二元燃料エンジンとは

## 3.プラズマアシスト燃焼とは

## 4.二元燃料エンジンでの放電実験

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

## 6.まとめ



## 2.二元燃料エンジンとは

液体燃料(軽油など)

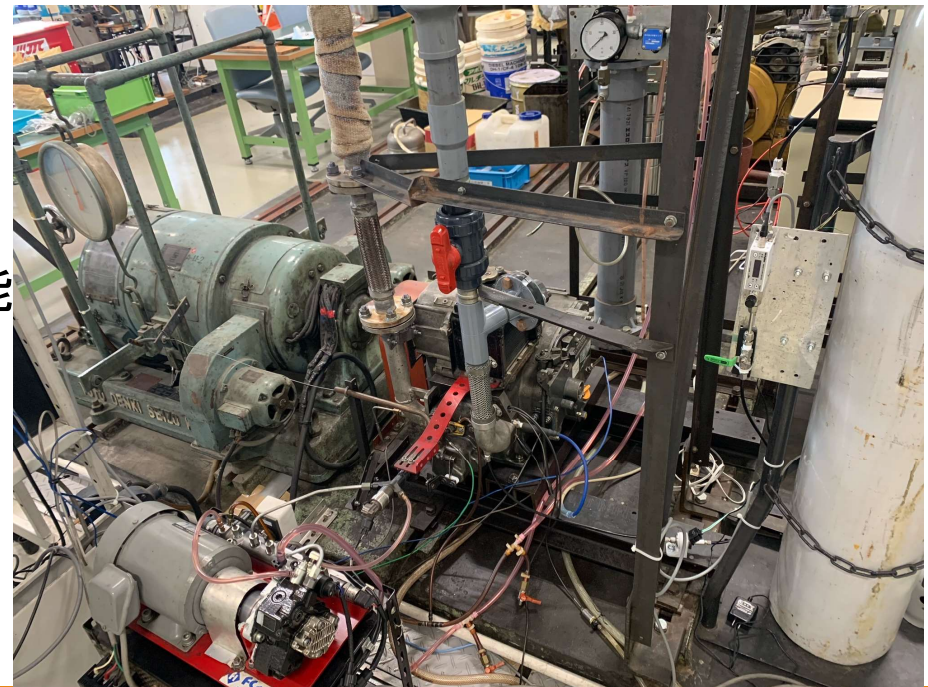


気体燃料(天然ガスなど)

天然ガスは硫黄分を含まない



排ガス中のSOxの削減が可能



# 発表概要

---

## 1.序論

### 1.1 研究背景

### 1.2 先行研究

### 1.3 研究目的

## 2.二元燃料エンジンとは

## 3.プラズマアシスト燃焼とは

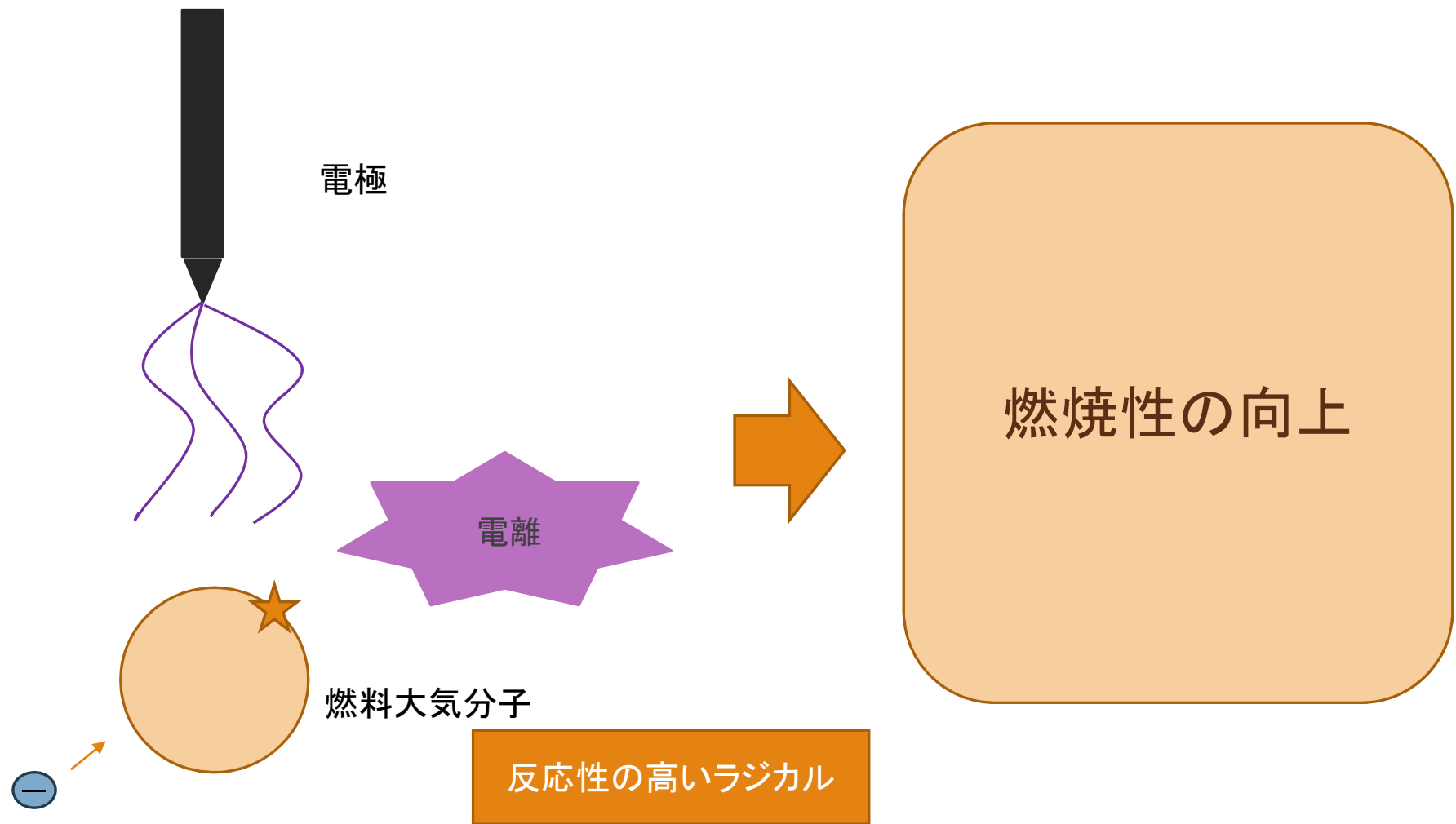
## 4.二元燃料エンジンでの放電実験

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

## 6.まとめ



### 3. プラズマアシスト燃焼とは



# 発表概要

---

## 1.序論

### 1.1 研究背景

### 1.2 先行研究

### 1.3 研究目的

## 2.二元燃料エンジンとは

## 3.プラズマアシスト燃焼とは

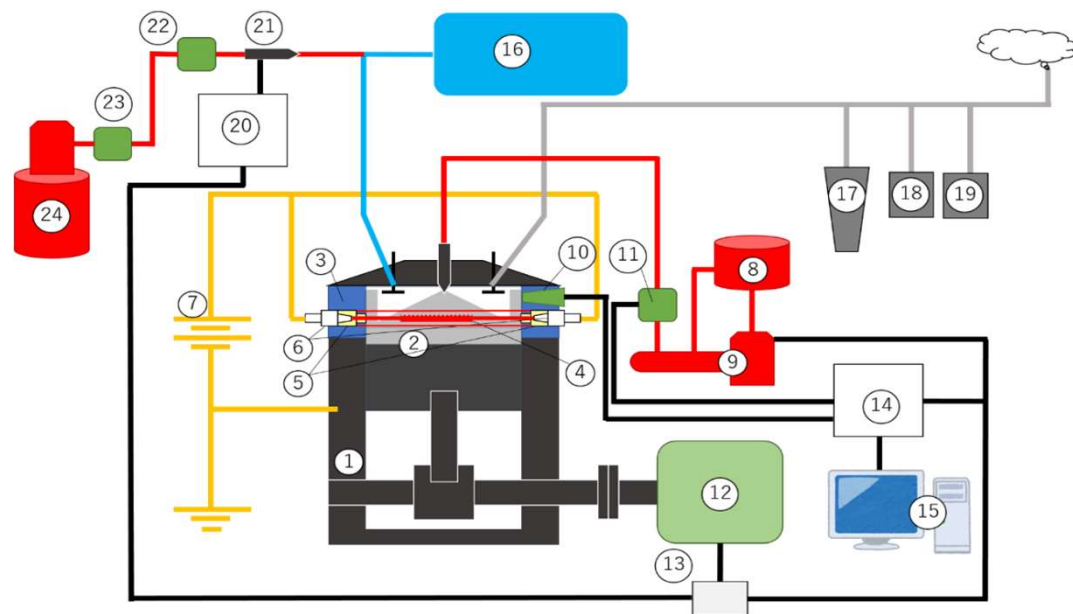
## 4.二元燃料エンジンでの放電実験

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

## 6.まとめ



## 4.二元燃料エンジンでの放電実験 実験用エンジン



— 燃料ライン — 吸気ライン — 排気ライン — 放電配線 — 計測・制御配線

- |                       |                      |                           |
|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| ① 供試機関                | ⑧ 燃料タンク              | ⑮ パソコン                    |
| ② 電極挿入用<br>ピストンクラウン   | ⑨ コモンレール<br>燃料噴射システム | ⑯ 吸気サージタンク                |
| ③ 電極挿入用延長<br>シリンダブロック | ⑩ 筒内圧センサ             | ⑰ ポータブル排ガス分析器             |
| ④ 高電圧電極               | ⑪ 燃料噴射圧センサ           | ⑱ 自動車用排ガス分析器              |
| ⑤ 絶縁スリーブ              | ⑫ 電気式動力計             | ⑲ 煙度測定器                   |
| ⑥ 高電圧導入プラグ            | ⑬ ロータリエンコーダ          | ⑳ インジェクタードライバと<br>Arduino |
| ⑦ 高電圧電源               | ⑭ データロガー             | ㉑ 気体流量計                   |
|                       |                      | ㉒ 気体燃料用インジェクター            |
|                       |                      | ㉓ 圧力調整器                   |
|                       |                      | ㉔ 天然ガスボンベ                 |

形式: 水冷横型単気筒

4サイクルディーゼルエンジン

ボア×ストローク[mm]: 92×96

排気量: 0.639L

圧縮比: 11.39(電極設置用改造後)

連続定格出力: 8.1kW/2400rpm(カタログ値)

最大出力: 9.2kW/2400rpm (カタログ値)

噴射ポンプ: コモンレール方式

噴射ノズル: 4孔式

開弁圧: 16.7MPa

閉弁圧: 13.36MPa (開弁圧の80%)

燃料噴射方式



軽油: 直接噴射式

天然ガス: ポート噴射式

吸気方法



自然吸気

#### 4.二元燃料エンジンでの放電実験 使用電極

陽極: ねじ棒 M3×135[mm]

陰極: インコネルチューブ

外径 10[mm]

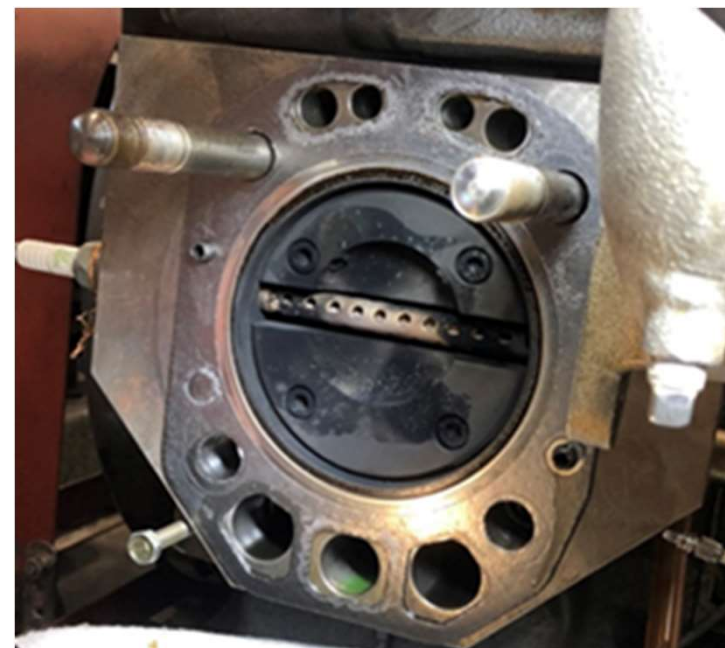
内径 8[mm]



陽極※



陰極※



シリンダブロック ※※

※出典: 2021 山名 プラズマ支援燃焼適用に向けた高圧下での放電現象測定

※※出典: 2021 都築 低温プラズマを燃焼室内で放電させる試みとその特性

## 4.二元燃料エンジンでの放電実験 実験条件・計測項目

表1. 実験条件

|                      |           |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 運転条件                 | 軽油運転      |     |     |     |     |     |     |     |
| 回転数<br>[rpm]         | 2000      |     |     |     |     |     |     |     |
| 負荷[kW]               | 1.5       |     |     |     |     |     |     |     |
| 電流値<br>[mA]          | 0         | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
| 軽油噴射<br>時期[°]        | BTDC14°   |     |     |     |     |     |     |     |
| 運転条件                 | 二元燃料運転    |     |     |     |     |     |     |     |
| 回転数<br>[rpm]         | 2000      |     |     |     |     |     |     |     |
| 負荷[kW]               | 1.5       |     |     |     |     |     |     |     |
| 電流値<br>[mA]          | 0         | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
| 軽油噴射<br>時期[°]        | BTDC14°   |     |     |     |     |     |     |     |
| 天然ガス<br>噴射時期<br>[°]  | ATDC38.5° |     |     |     |     |     |     |     |
| 天然ガス<br>噴射時間<br>[ms] | 2.0/3.0   |     |     |     |     |     |     |     |

### 計測項目

機関：機関回転数[rpm]、制動荷重[kg]、  
吸気温度[°C]、排気温度[°C]、筒  
内圧履歴[MPa]、燃料圧力履歴  
[MPa]、消費燃料[mL/h]

吸気：気温[°C]、大気圧[hPa]、湿度[%]、  
吸気圧力[kPa]、吸気オリフィス差  
圧[kPa]

排気：HC[ppm]、CO[ppm]、NOx[ppm]、  
O<sub>2</sub>[%]

# 発表概要

---

## 1.序論

### 1.1 研究背景

### 1.2 先行研究

### 1.3 研究目的

## 2.二元燃料エンジンとは

## 3.プラズマアシスト燃焼とは

## 4.二元燃料エンジンでの放電実験

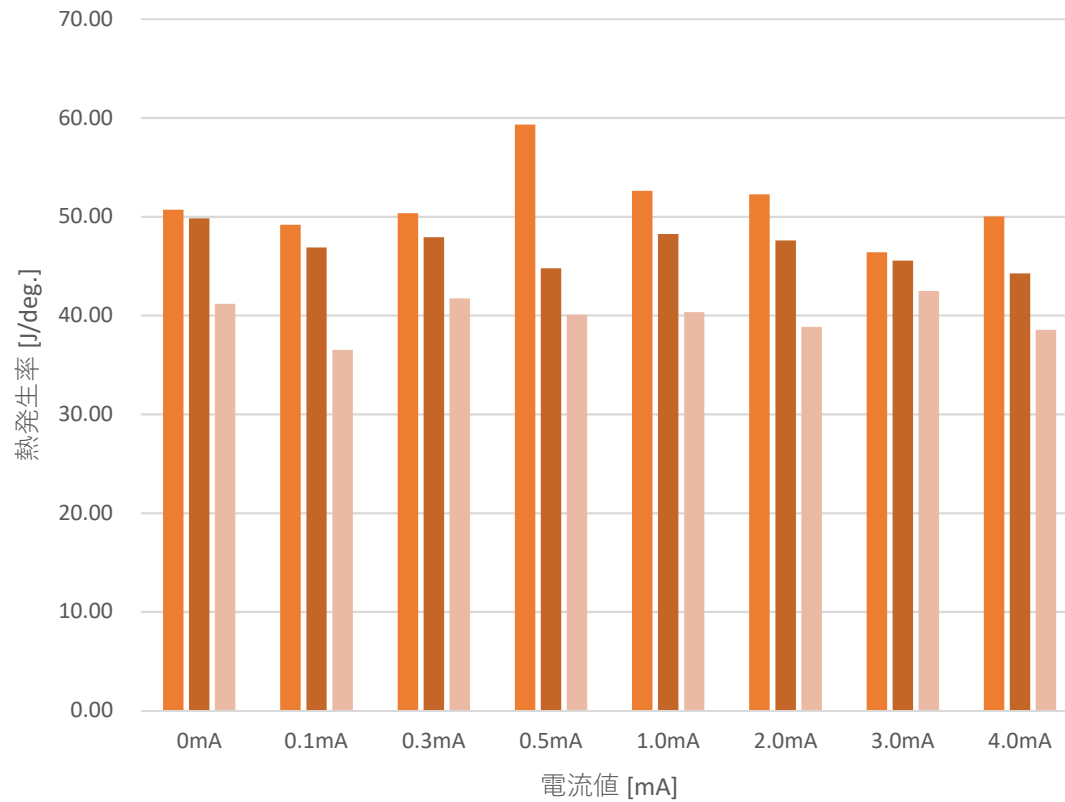
## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

## 6.まとめ



## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

### 熱発生率



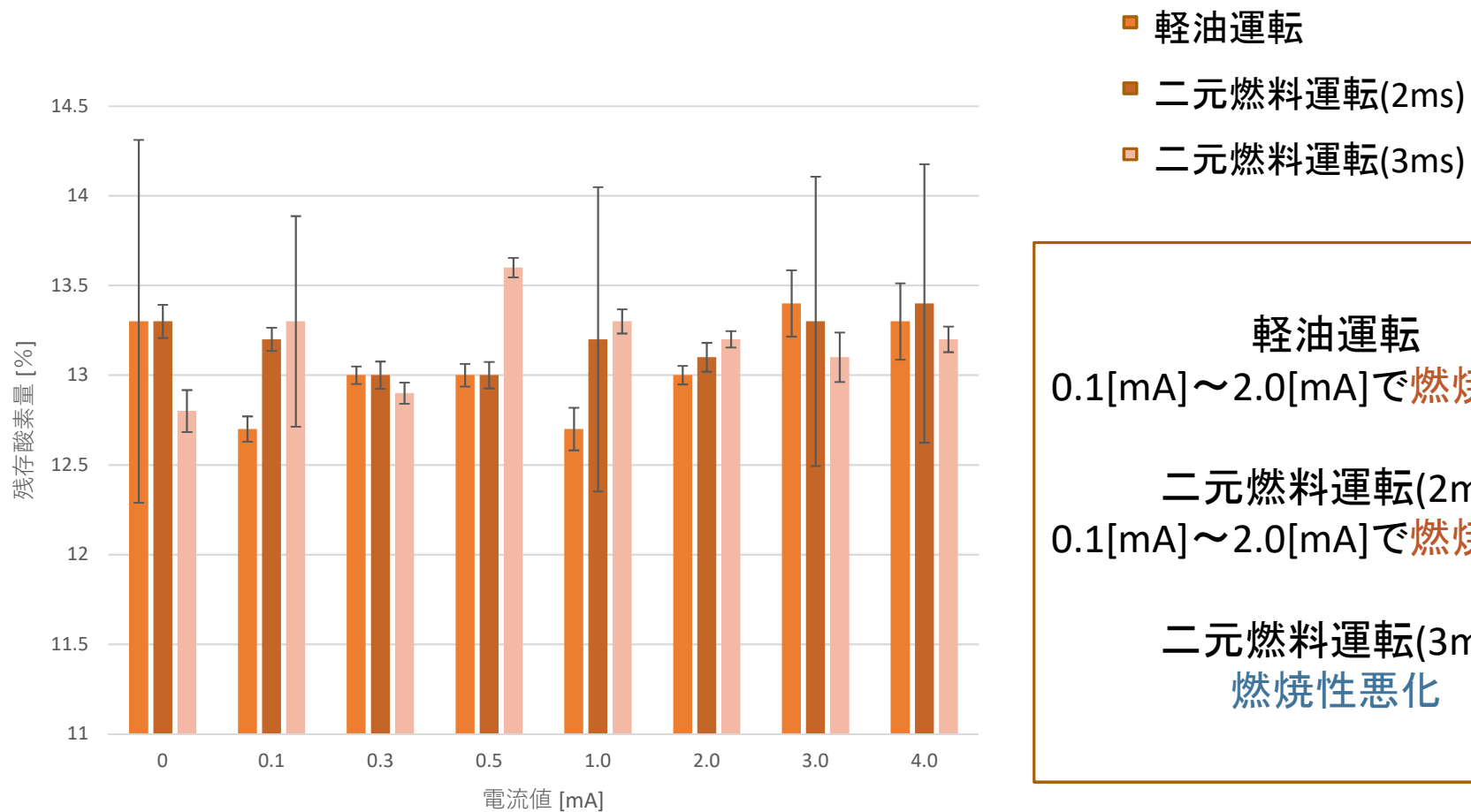
- 軽油運転
- 二元燃料運転(2ms)
- 二元燃料運転(3ms)

軽油運転  
0.5[mA]～2.0[mA]で**燃焼性改善**

二元燃料運転(2ms)  
二元燃料運転(3ms)  
**燃焼不安定**

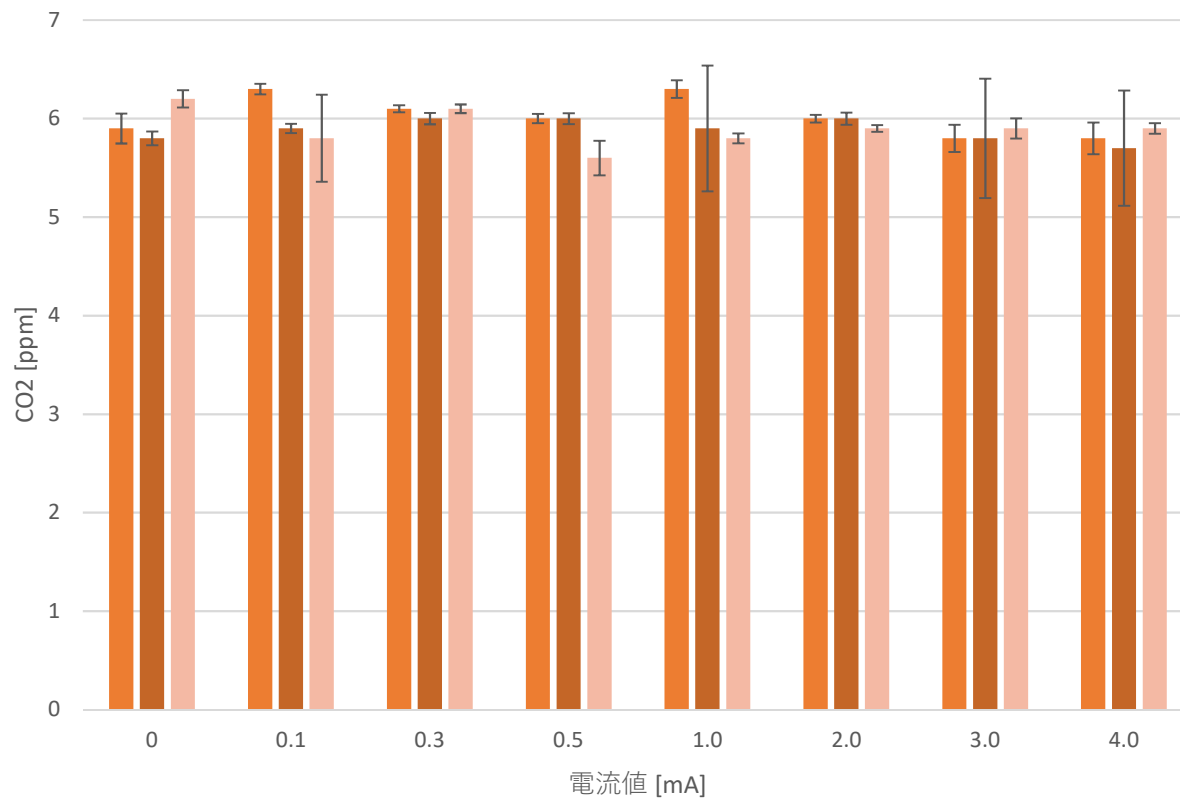
## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

### 残存酸素量



## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

CO<sub>2</sub>



- 軽油運転
- 二元燃料運転(2ms)
- 二元燃料運転(3ms)

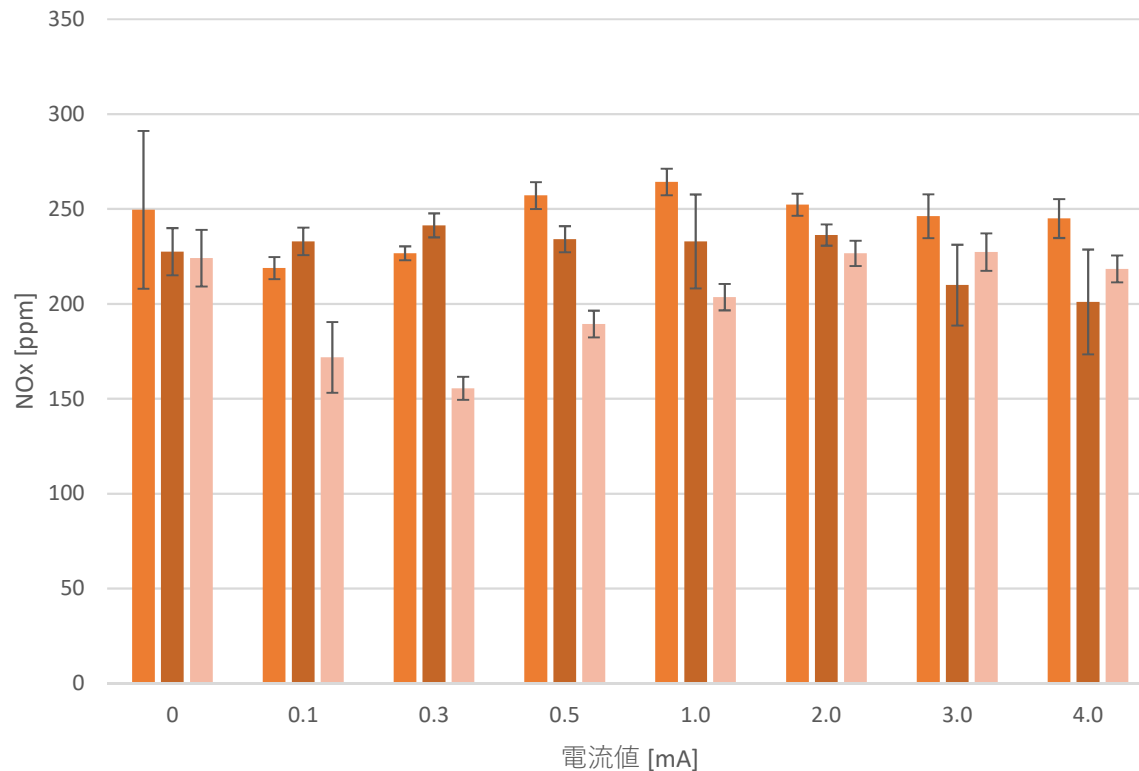
軽油運転  
0.1[mA]~2.0[mA]で  
燃焼性改善

二元燃料運転(2ms)  
0.1[mA]~2.0[mA]で  
燃焼性改善

二元燃料運転(3ms)  
燃焼性悪化

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

NO<sub>x</sub>



- 軽油運転
- 二元燃料運転(2ms)
- 二元燃料運転(3ms)

軽油運転  
0.5[mA]~2.0[mA]でNO<sub>x</sub>増加

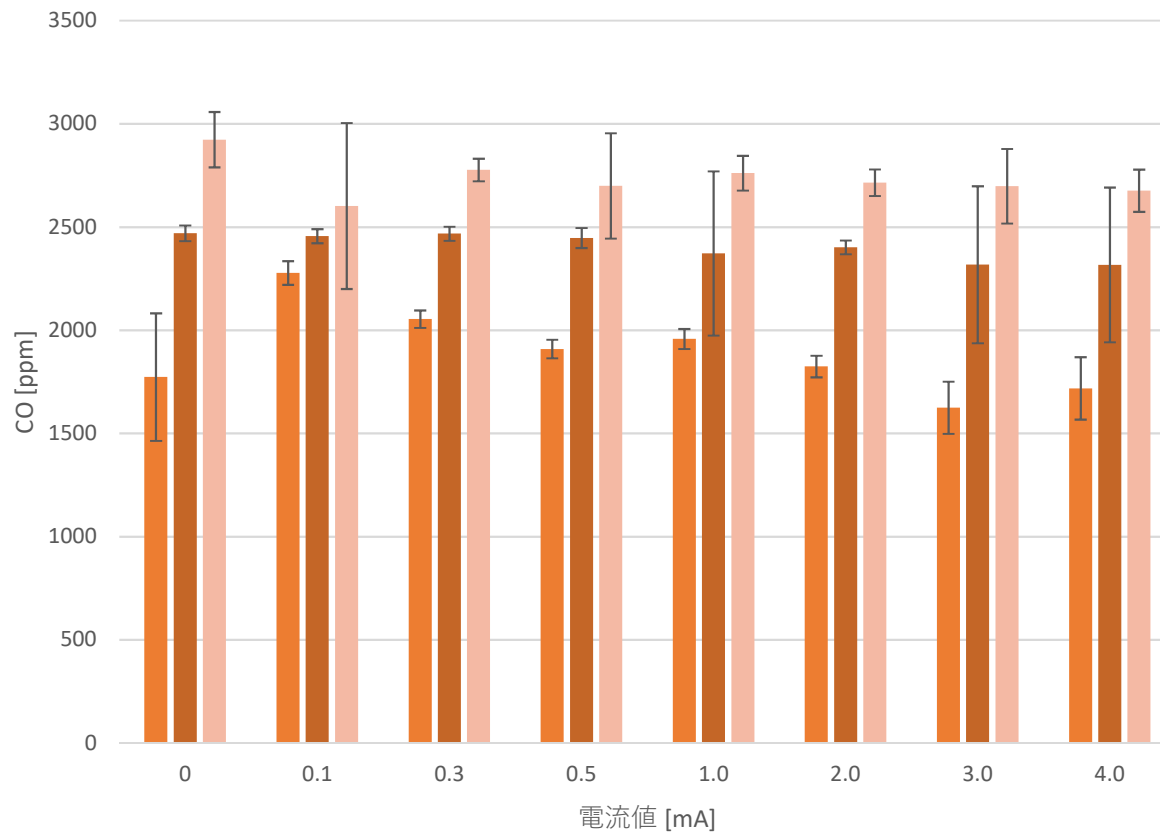
二元燃料運転(2ms)  
0.1[mA]~2.0[mA]でNO<sub>x</sub>増加

But熱発生率低下

二元燃料運転(3ms)  
NO<sub>x</sub>減少

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

CO



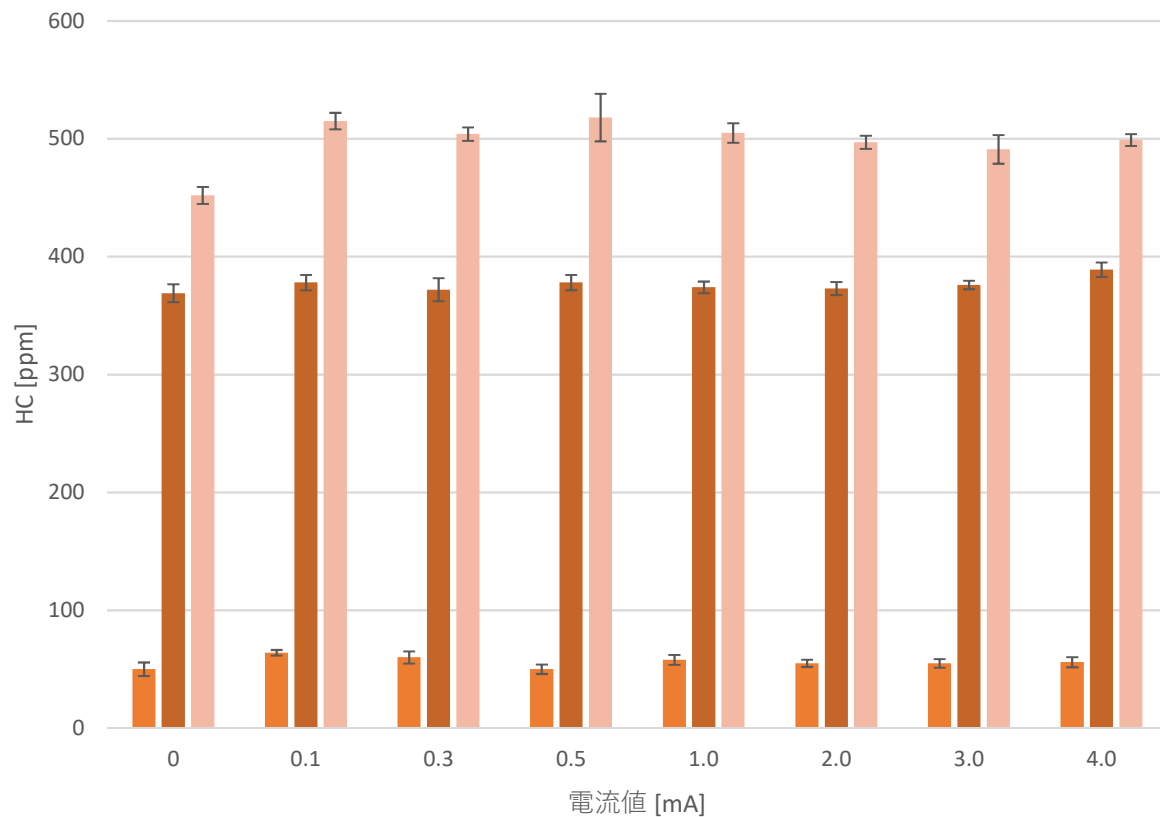
- 軽油運転
- 二元燃料運転(2ms)
- 二元燃料運転(3ms)

二元燃料運転(2ms)  
二元燃料運転(3ms)

電流値増加→CO濃度減少

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

HC



- 軽油運転
- 二元燃料運転(2ms)
- 二元燃料運転(3ms)

軽油運転  
電流値増加→HC濃度  
わずかに増加

二元燃料運転(2ms)  
電流値増加→HC濃度  
わずかに増加

二元燃料運転(3ms)  
電流値増加→HC濃度増加

# 発表概要

---

## 1.序論

### 1.1 研究背景

### 1.2 先行研究

### 1.3 研究目的

## 2.二元燃料エンジンとは

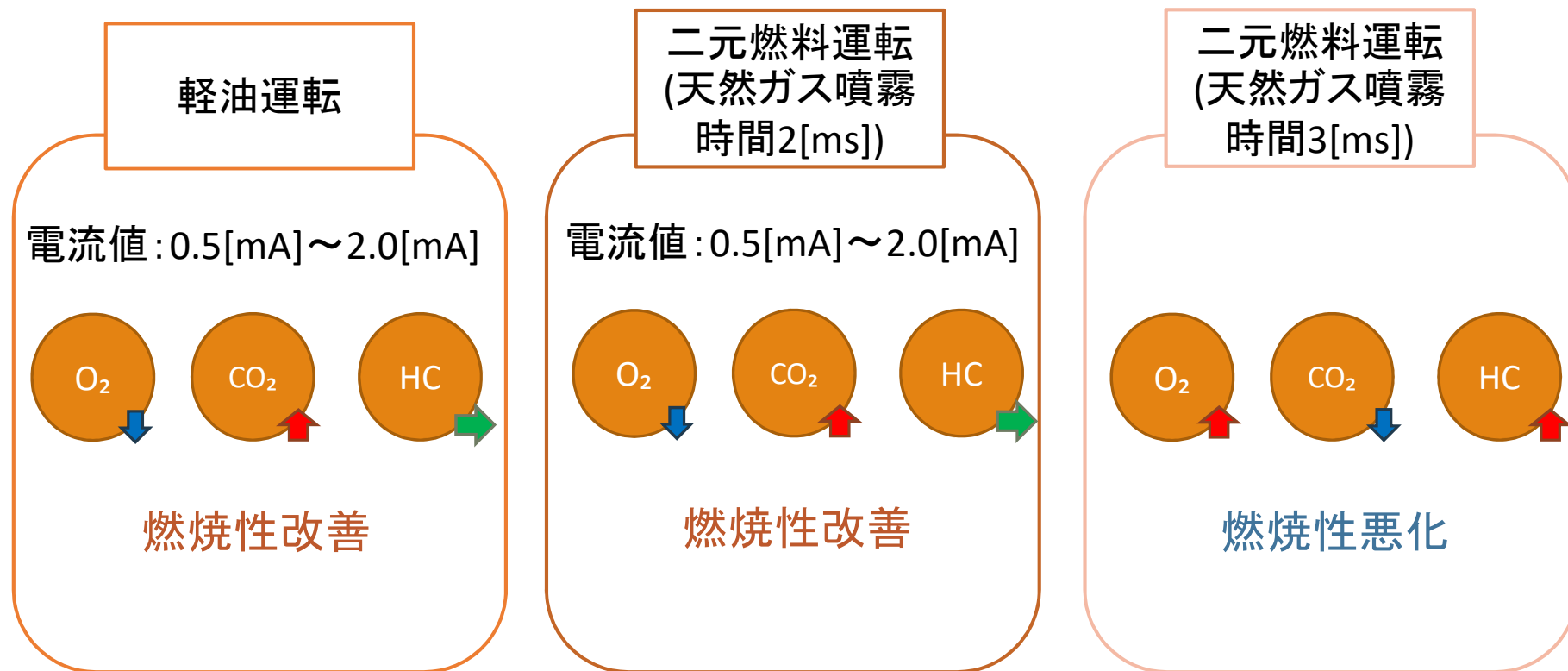
## 3.プラズマアシスト燃焼とは

## 4.二元燃料エンジンでの放電実験

## 5.二元燃料エンジンでの放電実験結果

## 6.まとめ

## 6.まとめ



電流値を上げすぎると燃燒が不安定に

## 6.まとめ

### 軽油運転と二元燃料運転の比較

軽油運転、 二元燃料運転

ともに...

プラズマアシスト  
燃焼効果あり

二元燃料運転(2ms)

BUT

軽油運転

軽油運転 > 二元燃料運転



## 6.まとめ

### 今後の方針

- 放電の安定化/スパーク発生の防止
  - ➡ 比較的低压な排気管や吸気管で放電
  - ➡ 電極形状の改善 ナットが動かないような工夫
- 計測条件を絞り、計測回数を増やす
- 天然ガスの代わりに水素燃料を使用



実験用電極(陽極)

ご清聴ありがとうございました



## 6.まとめ

