



Title	改質ガス添加による火花ノック抑制効果に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	後藤, 隼
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第15359号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/89592">http://hdl.handle.net/2115/89592</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Jun_Goto_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 後藤 隼

審査担当者 主査 准教授 柴田 元  
副査 教授 田部 豊  
副査 教授 藤田 修  
副査 特任教授 小川 英之

### 学位論文題名

改質ガス添加による火花ノック抑制効果に関する研究  
(A Study on Spark Knock Suppression with Reformed Gas Addition)

ガソリンエンジンでは火花ノックの発生が熱効率向上に関する大きな課題であるのに対し、EGR(Exhaust gas recirculation) 経路中に炭化水素燃料を導入し、触媒で水素、一酸化炭素、およびメタンに改質する Reformed EGR は、吸熱反応による排熱回収と改質ガスによる火花ノック抑制による熱効率の改善が期待できる。火花ノックは低速時と高速時で特性が異なるが、従来研究はほとんど低速ノックに限定されており、高速ノックの特性や低速ノックとの相違には未解明な点が多い。以上の背景を踏まえ、本研究では水素およびメタンに代表される改質ガス添加が低速ノックおよび高速ノックに及ぼす影響を実験と解析の両面から検討するとともに、両者の相違点を把握して抑制手法を提唱することを目的としている。

筆者は、まず燃料改質によって主要成分として得られる水素およびメタンの添加が低速ノックおよび高速ノックに及ぼす影響を実機実験により調査している。水素の添加は低速ノックおよび高速ノックのいずれも抑制できるが、低速ノックと比較して高速ノックを抑制する効果が低下する結果となり、水素による火花ノック抑制効果の主要因が低温酸化反応の抑制によるものであるのに対し、高速時では低温酸化反応が出現する温度域の滞留時間が短いことに起因して着火の低温酸化反応に対する依存性が低下することが要因であると結論付けている。さらに、主燃料にオクタン価正標準燃料を用いると、水素添加による火花ノック抑制効果のオクタン価に対する依存性は低速ノックでは小さいのに対して、高速ノックでは高オクタン価燃料ほど水素添加の効果が低下する結果を得ている。メタンを添加すると、水素添加時と同様に低速ノックと比較して高速ノックに対する抑制効果が低下するが、低速ノックに対する抑制効果は水素のほうがメタンよりも強くなり、ラジカル消費効果は水素がより顕著であることを示している。一方、高速ノックに対しては水素添加とメタン添加による抑制効果は同等となり、低温酸化反応に強く依存しない高速ノック条件では水素によりむしろ系の反応を活発化させる反応の存在を示唆している。主燃料にガソリンを用いると、ガソリンに含まれるオレフィンおよび芳香族炭化水素が水素添加による火花ノック抑制効果を弱めるため、水素添加とメタン添加による低速ノック抑制効果は同程度となる。

次に、低温酸化反応が出現する低温および出現しない高温のそれぞれにおいて、定容断熱条件における化学動力学解析を行い、改質ガス添加が主燃料の自着火過程に及ぼす影響を検討している。解析により、水素を添加すると希釈効果に加えて水素が OH ラジカルを消費する反応により低温域における熱発生が抑制され、着火遅れ時間が長期化することを示している。一方、高温域では水素による

OH の消費にともない生成された H ラジカルが  $\text{HO}_2$  および  $\text{H}_2\text{O}_2$  を介して OH を増加させることに加えて、水素による OH 消費反応および H ラジカルの消費反応による発熱にともなう温度上昇により、水素を添加するとむしろ熱発生が増大し、低温酸化反応が出現しない高温条件では希釈に対して着火遅れ時間を長期化する効果が得られないことを明らかにしている。さらに、高温域ではイソオクタンが開裂した化学種を起点に O ラジカル濃度が増加し、水素による OH 消費効果を阻害することを示している。この結果により、低温酸化反応が出現しない高温条件では、イソオクタン濃度の高い高オクタン価燃料では水素による着火遅れ長期化効果が低下することを合理的に説明している。

最後に、実際のエンジン筒内ガスの状態を再現するためにピストン圧縮を考慮した二領域モデルを構築し、推定した未燃ガス温度の推移に対応した化学反応解析を行っている。低速ノックと高速ノックの相違は低温酸化反応に対する依存性によるものであるが、水素添加による火花ノック抑制メカニズムは主に水素の OH 消費にともなう低温酸化反応の抑制であることから、低温酸化反応による発熱が顕著に表れる低速ノックを強く抑制するのに対し、これが生じない高速ノックに対してはその効果が低下することを実証している。一方、負荷を増加させると低温酸化反応を支配する反応を含む燃料系反応が活発化するため、水素添加によって高速ノックがより強く抑制されることを明らかにしている。

これを要するに、本研究はガソリンエンジンの熱効率向上に対する燃料改質の高いポテンシャルを明示するとともに、改質ガスによる火花ノック抑制機構を解明し、高速ノックの特性や低速ノックとの相違を把握することによってその抑制法に対する指針を提唱しており、その成果は内燃機関工学の発展に大きく寄与するものである。よって筆者は、北海道大学博士(工学)の学位が授与される資格あるものと認める。