

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		水素・メタン燃料の爆発燃焼過程に関する安全性評価の研究			
研究テーマ (欧文) AZ		Safety Estimation Study on Explosion and Combustion Process for Hydrogen and Methane Fuel			
研究氏 代表名 者	カタカナ CC	姓)ツボイ	名)ノブユキ	研究期間 B	2010 ~ 2012 年
	漢字 CB	坪井	伸幸	報告年度 YR	2012 年
	ローマ字 CZ	Tsuboi	Nobuyuki	研究機関名	九州工業大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		国立大学法人九州工業大学・准教授			
概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)					
<p>地球環境の負荷を下げるとともに省エネルギー燃料として利用される水素燃料やメタン燃料は極めて着火しやすいため、漏洩時に火災やそれに伴う爆発燃焼を起こす危険性が極めて高い。本研究では、円管内に充填された水素燃料やメタン燃料の爆発燃焼限界付近の挙動や爆発限界の範囲を、着火実験および境界層損失と高速燃焼を考慮した数値流体力学により明らかにすることを目的としている。行った研究内容とその成果については以下の通りである。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 化学種が 60 以上の詳細反応モデル k311 から 30 化学種程度に簡略化した準詳細反応モデル DRG30 を構築した。そしていくつかの簡略化された反応モデルとの比較や層流火炎速度・着火遅れ時間の実験データとの比較により、本研究で構築した準詳細反応モデル DRG30 が最も詳細反応モデル k311 に近く、また実験結果とも良好に一致した。 2. メタン/酸素予混合気に対して、損失項を追加した 1 次元拡張 ZND モデルを用いた爆轟計算を行った。その際、準詳細反応モデル DRG30 と詳細反応モデル k311 の比較を行い、両者は爆轟限界付近の速度欠損が一致することを示した。このことから、DRG30 はメタン/酸素予混合気に対する爆轟限界を効率的に予測することが可能であることが示された。 3. メタン/酸素予混合気に対する燃焼反応は極めて硬い方程式を有するため、これまで使われてきた point implicit 法では高精度な解析が不可能であることが分かった。そのため、新たに stiff solver の一つである VODE を爆轟解析コードに組み込むことにより、メタン/酸素予混合気に対する 2 次元爆轟解析を実用的な時間内で行うことに成功した。 4. 開発された爆轟解析コードを用いて、近年提案されているいくつかの高圧対応の酸水素燃焼反応モデルについて評価を行った。いずれの反応モデルも爆轟の解析には適用可能であることを確認した。また、空間 5 次精度の解析にも成功し、従来の空間 2 次精度の結果に比べて解像度が大幅に改善することが示された。 5. デトネーション管として円管のパイレックス管を使用する実験装置を構築した。そして当量比 1 のメタン/酸素予混合気に対して、圧力が 200Torr 以下で実験を行った。管内に配置された煤膜模様から、多頭デトネーションからシングルスピントネーションへの遷移を捉えることに成功した。 					
キーワード FA	爆発燃焼	水素	メタン	安全性	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 EZ

Detonation is a shock-induced combustion wave propagating through a reactive mixture and has been studied from the safety engineering for long time. The detonation propagation limit is, especially, important to understand detonation phenomena and to prevent it from self-sustaining propagation for safety. The present research is focused on the phenomena near the detonation limit and explosion conditions for hydrogen/oxygen and methane/oxygen gas mixtures by using the numerical simulations and experiments. The results are summarized as follows.

As for methane-oxygen gas mixture, the reduced chemical reaction model DRG30, which contains 30 species and 145 elementary reactions, is proposed for chemical kinetics in order to reduce CPU time. This model is constructed using Direct Relation Graph (DRG) methods to be fitted to the experiments of laminar flame velocity. The base detailed chemical reaction model is k311, which contains 68 species and 334 elementary reactions and considered combustion under high pressure states. The one-dimensional modified ZND simulations including the loss term are carried out to find that the velocity deficits of DRG30 model agree well with those of k311 under low pressure environments.

A new detonation simulation code was successfully constructed with one of stiff solver, VODE. This code can able to simulate two-dimensional detonation for hydrogen/oxygen and methane/oxygen gas mixtures efficiently. The numerical accuracy is also improved by using a fifth-order numerical flux.

An experimental apparatus with a round Pyrex tube for detonation was constructed. The experiments were carried out for methane/oxygen gas mixture under pressure lower than 200 Torr. The experimental results show that the detonation propagates from multi-headed mode to single-spin mode on the soot print inside the round tube.