The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	木質バイオマスガス化ガスの部分燃焼改質過程で形成される逆拡散火炎の酸化剤中への希釈剤添加の影響に関する研究
Author(s)	白, 志仁
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/89610
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　白　志仁　　）	
論文題名	木質バイオマスガス化ガスの部分燃焼改質過程で形成される逆拡散火炎の酸化剤中への希釈剤添加の影響に関する研究

論文内容の要旨

木質バイオマスガス化ガスに対して部分燃焼による改質を実施する際には，燃料中に酸化剤が供給されることにより逆拡散火炎が形成され，その近傍において，タールの分解による軽質ガスへの変換と同時に，タールからすすへの重合も起こる．部分燃焼による改質効率の改善には，逆拡散火炎を制御して，すすの生成を抑制しつつ，軽質ガスを得ることが肝要である．したがって，逆拡散火炎の温度場および火炎構造の変化による改質後のガス組成への影響に関するメカニズムを明らかにする必要がある．さらに，部分燃焼による改質で形成される逆拡散火炎には，バイオマスガス化ガスに吹き込まれる酸化剤中に希釈剤として含まれる二酸化炭素と水蒸気が火炎温度および改質反応に影響を及ぼすと考えられるが，すすの生成過程に及ぼす影響は十分に明らかにされていない．そこで本研究では，酸化剤中の希釈剤である二酸化炭素および水蒸気が部分燃焼改質過程に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした．まず，燃料雰囲気中に二酸化炭素もしくは水蒸気を添加した酸化剤を供給して安定な逆拡散火炎を形成することが可能な実験系を確立した．さらに逆拡散火炎の温度場，火炎構造および改質前後のガス組成変化を，火炎温度計測，ラジカル自発光計測，すすに対するレーザー誘起赤熱法，レーザー誘起蛍光法による化学種濃度分布計測，多成分燃焼ガス同時分析システムを用いて実験的に評価した．以下に，本研究において得られた主要な結果を示す．

(1) 多環芳香族炭化水素(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs)とすすの生成反応，改質反応が生じる領域の温度分布を計測するために，赤熱した熱電対からの発光の近接二波長の強度比を用いた温度較正手法を考案し，火炎中に形成されるすすからのふく射光を利用した二色温度計測を行った．結果として，この手法は逆拡散火炎の非接触温度計測法として適用可能であることを示し，酸化剤中の希釈剤の濃度上昇に伴う火炎温度の変化を定量的に評価した．

(2) 酸化剤中の二酸化炭素濃度を上昇させると火炎温度が低下し，火炎近傍におけるOHラジカルの生成が抑制されることで，軽質ガスへの改質反応が抑制されることが分かった．さらに，反応領域の拡大に伴って，軽質ガスの一部がPAHsやすすへと変化し，改質後のガスの発熱量が低下することが分かった．

(3) 酸化剤中の水蒸気濃度が高い条件では，温度低下によりPAHsとすすの生成が抑制される効果が顕著となるために，反応物濃度の上昇による改質反応の促進効果が現れ，すすの生成を抑制しつつ水素の生成を促進できることが分かった．

(4) 部分燃焼による改質前後のガス分析により，酸化剤中の二酸化炭素濃度が上昇してもドライリフォーミングによるタール成分の分解は促進されず，温度低下によるタール成分の分解反応の抑制のみが顕著となることが明らかとなった．一方で，酸化剤中の水蒸気濃度を50%まで上昇させた条件では，温度低下による反応速度の低下よりも水蒸気改質反応促進の効果が上回ることで，タール成分の分解が促進されることが分かった．

以上に示したように，本研究において得られた結果から，木質バイオマスガス化ガスに対して部分燃焼による改質を実施する際のすす生成の抑制に対して，酸化剤の希釈剤として二酸化炭素および水蒸気を用いた場合には，両希釈剤共に温度および反応速度の低下を引き起こすことが分かった．ただし，水蒸気を希釈剤として用いる場合には，水蒸気濃度が 50%の高濃度条件においては，水蒸気改質反応が温度および反応速度の低下の効果を上回ることで，タール成分の分解を促進しつつ，すすの生成が抑制されることが分かった．このことは，木質バイオマスガス化ガスの部分燃焼改質過程におけるすすの生成および軽質ガスの組成の有用な制御指針となり得る．また，本研究で得られた知見は，ガス改質器だけではなく，廃棄物系バイオマスを燃料とした二段燃焼炉における既燃ガスにより希釈された二次燃焼領域や，内燃機関における排ガス再循環を利用した燃焼場に対する検討に活用できる．さらに，これらの境界条件が明確な燃焼場において得られた詳細な実験データは，数値シミュレーション技術の高度化を実現するための検証用データとしても非常に有用であると考えられる．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　白　志仁　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	赤松史光
	副 査	教授	芝原正彦
	副 査	教授	津島将司

論文審査の結果の要旨

木質バイオマスガス化ガスに対して部分燃焼による改質を実施する際には，燃料中に酸化剤が供給されることにより逆拡散火炎が形成され，その近傍において，タールの分解による軽質ガスへの変換と同時に，タールからすすへの重合も起こる．部分燃焼による改質効率の改善には，逆拡散火炎を制御して，すすの生成を抑制しつつ，軽質ガスを得ることが肝要である．したがって，逆拡散火炎の温度場および火炎構造の変化による改質後のガス組成への影響に関するメカニズムを明らかにする必要がある．さらに，部分燃焼による改質で形成される逆拡散火炎には，バイオマスガス化ガスに吹き込まれる酸化剤中に希釈剤として含まれる二酸化炭素と水蒸気が火炎温度および改質反応に影響を及ぼすと考えられるが，すすの生成過程に及ぼす影響は十分に明らかにされていない．そこで本研究では，酸化剤中の希釈剤である二酸化炭素および水蒸気が部分燃焼改質過程に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている．まず，燃料雰囲気中に二酸化炭素もしくは水蒸気を添加した酸化剤を供給して安定な逆拡散火炎を形成することが可能な実験系を確立している．さらに逆拡散火炎の温度場，火炎構造および改質前後のガス組成変化を，火炎温度計測，ラジカル自発光計測，すすに対するレーザー誘起赤熱法，レーザー誘起蛍光法による化学種濃度分布計測，多成分燃焼ガス同時分析システムを用いて実験的に評価している．以下に，本研究において得られた主要な結果を示す．

(1) 多環芳香族炭化水素(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs)とすすの生成反応，改質反応が生じる領域の温度分布を計測するために，赤熱した熱電対からの発光の近接二波長の強度比を用いた温度較正手法を考案し，火炎中に形成されるすすからのふく射光を利用した二色温度計測を行っている．結果として，この手法は逆拡散火炎の非接触温度計測法として適用可能であることを示し，酸化剤中の希釈剤の濃度上昇に伴う火炎温度の変化を定量的に評価している．

(2) 酸化剤中の二酸化炭素濃度を上昇させると火炎温度が低下し，火炎近傍におけるOHラジカルの生成が抑制されることで，軽質ガスへの改質反応が抑制され，さらに，反応領域の拡大に伴って，軽質ガスの一部がPAHsやすすへと変化し，改質後のガスの発熱量が低下することを示している．

(3) 酸化剤中の水蒸気濃度が高い条件では，温度低下によりPAHsとすすの生成が抑制される効果が顕著となるために，反応物濃度の上昇による改質反応の促進効果が現れ，すすの生成を抑制しつつ水素の生成を促進できることを示している．

(4) 部分燃焼による改質前後のガス分析により，酸化剤中の二酸化炭素濃度が上昇してもドライリフォーミングによるタール成分の分解は促進されず，温度低下によるタール成分の分解反応の抑制のみが顕著となることが明らかにしている．一方で，酸化剤中の水蒸気濃度を50%まで上昇させた条件では，温度低下による反応速度の低下よりも水蒸気改質反応促進の効果が上回ることで，タール成分の分解が促進されることを示している．

以上に示したように，本研究において得られた結果から，木質バイオマスガス化ガスに対して部分燃焼による改質を実施する際のすす生成の抑制に対して，酸化剤の希釈剤として二酸化炭素および水蒸気を用いた場合には，両希釈剤共に温度および反応速度の低下を引き起こすことを明らかにしている．ただし，水蒸気を希釈剤として用いる場合には，水蒸気濃度が 50%の高濃度条件においては，水蒸気改質反応が温度および反応速度の低下の効果を上回ることで，タール成分の分解を促進しつつ，すすの生成が抑制されることを明らかにしている．このことは，木質バイオマスガス化ガスの部分燃焼改質過程におけるすすの生成および軽質ガスの組成の有用な制御指針となり得る．また，本研究で得られた知見は，ガス改質器だけではなく，廃棄物系バイオマスを燃料とした二段燃焼炉における既燃ガスにより希釈された二次燃焼領域や，内燃機関における排ガス再循環を利用した燃焼場に対する検討に活用できる．さらに，これらの境界条件が明確な燃焼場において得られた詳細な実験データは，数値シミュレーション技術の高度化を実現するための検証用データとしても非常に有用であると考えられる．

よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める．