HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Methodology for reducing particulate matter emissions during combustion by improving fuel quality of low-grade biomass [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	DALKHSUREN, Davaajav
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第15292号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89431
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Dalkhsuren_Davaajav_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士（農学）　氏　名　Dalkhsuren Davaajav

審査担当者　主査　教授　岩渕　和則
副査　教授　小関　成樹
副査　准教授　清水　直人

学位論文題名

Methodology for reducing particulate matter emissions during combustion by improving fuel quality of low-grade biomass

（低品位バイオマスの燃料品質改善による燃焼時の
微粒子状物質排出低減化のための方法論）

本論文は英文 68 頁、図 24、表 6、4 章からなり、参考論文 1 編が付されている。

世界的なエネルギー需要の増加に伴う化石燃料の使用は、大気への温室効果ガス排出の要因であり、化石燃料への依存度を下げることは喫緊の課題となっている。カーボンニュートラルなバイオマスを代替固体燃料として活用することはその一助になると考えられる一方で、そのエネルギー密度は化石燃料よりも低く、さらには燃焼時に大気汚染物質の一つである微粒子状物質（PM）が発生するリスクを抱えている。例えば、調理や暖房用にバイオマス燃料に依存している国や地域を中心に、PM を原因とした大気汚染によって多くの人命が失われている状況にある。こうした背景のもと、本論文はバイオマスを再生可能な燃料として活用するために、バイオマスのエネルギー密度の増加を図りつつ PM 排出リスクが低くなるような燃料品質改善に関する方法論について検討したものである。

１）灰分および燃焼温度がバイオマス炭化による PM 排出低減化に及ぼす影響

本論文ではバイオマスの燃料品質改善の方法として熱化学的前処理である炭化を提案している。炭化の特長の一つに、バイオマスから揮発性物質（VM）をある程度除去しつつ、生成されるバイオ炭中の固定炭素率を高めることが挙げられる。VM は燃焼時の PM 発生の原因物質であり、炭化による VM 低減効果により、燃焼時の PM 排出量を減らすことが期待される。その一方で、炭化の効果、特に PM 低減効果は、バイオマス組成の不均一性や燃焼条件の違いにより異なる可能性を指摘し、様々な種類のバイオマスを異なる燃焼温度で燃焼させた時の PM 排出特性の把握が必要であると主張している。こうした経緯から、本研究では 7 種類のバイオマス（カラマツ、ポプラ、ススキ、ササ、稲わら、もみ殻、乳牛ふん）およびそのバイオ炭（400℃で調製）を 650、750、850℃で燃焼させた時の PM 排出特性の検討を行っている。炭化の結果、乳牛ふんを除くすべてのバイオマスで炭素の回収率が 50%以上となり、PM 排出量は原料バイオマスに比べて 95.5%削減されることを確

認した。これは、バイオマス燃料の燃料品質向上に炭化工程が効果的であることを示す結果であった。燃焼温度は低灰分（≤6.7%）のバイオマスの PM 排出量には強く影響しないが、高い燃焼温度（≥750℃）は灰分率の高い稲わらバイオ炭と乳牛ふんバイオ炭の PM 排出を促進する結果となった。したがって、高灰分バイオマスから生成されるバイオ炭を燃焼する場合、PM 排出を抑制するためにはより低い温度で燃焼することを推奨している。

２）高灰分バイオマスからの PM 排出低減化

灰分含量の高い低品位バイオマスから製造されたバイオ炭の中には、炭化工程で VM が除去された後でも高温度での燃焼時に PM が排出される事象に着目し、これは燃焼時に灰分の変質が起こり、それが PM として排出されていると予想した。そこで本論文では、燃焼温度 650–850℃における高灰分含有バイオ炭からの PM 排出特性を調査している。その結果、これらのバイオ炭試料からの PM 排出係数は燃焼温度の上昇に伴い増加した。また、稲わら、もみ殻、乳牛ふんの灰を異なる温度（650、750、850℃）で加熱し、加熱前後における灰分組成変化についても調査している。灰分分析の結果、比較的沸点の低いナトリウムとカリウムなどのアルカリ金属類の揮発が PM 発生に関わっており、燃焼温度が高くなるほどそれらを起因とした PM 発生が顕著になることを明らかにしている。また、アルカリ金属類を豊富に含むバイオ炭からの PM 抑制方法として、灰分率の低いバイオ炭との混焼を提案しており、主にアルカリ金属類の希釈効果、加えて 700℃以下の燃焼温度が実現出来れば、より効果的に PM 排出量を低減できる可能性を示した。

以上、本研究では炭化によるバイオマスの燃料品質改善および燃焼条件の工夫により、PM 排出リスクの低いバイオマス燃焼法についての知見を得た。これらの成果は、大気汚染及び健康被害リスクを抑えたバイオマス燃料利活用法に大きく寄与するものである。

よって審査員一同は、Dalkhsuren Davaajav が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。