

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12406

研究課題名（和文）新規バイオマス含有金属除去手法の開発および適用条件に関する研究

研究課題名（英文）Research on the development of a new metal removal method from biomass and application conditions

研究代表者

伊東 弘行 (Ito, hiroyuki)

神奈川大学・工学部・教授

研究者番号：30372270

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000 円

研究成果の概要（和文）：バイオマス燃料の課題の一つに燃焼灰の排出があり、燃焼器トラブル、処理コストなど利用普及の妨げとなっている。本研究では、まずブリケット製造に供する粉碎試料を水、水溶液に含浸・洗浄して灰除去を行った。竹、ヒノキを用い、含浸、洗浄方法（スターラー攪拌、超音波）の灰除去効果への影響を調べた。また、ヒノキを塩酸に含浸し直流および交流電場を付与し、電圧と周波数の灰除去への影響を明らかにした。次にシリカを多く含むもみ殻をアルカリ水溶液に含浸し、灰除去および有機成分流出への影響を調べた。最後に、灰除去した竹試料でブリケットを作成して燃焼させ、灰成分の有無による燃焼継続時間への影響を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、バイオマス試料中の灰分を除去するため酸洗浄や水洗浄が行われていたが、含浸や洗浄方法の灰除去効果の比較は見られなかった。酸洗浄の際に電場を印加することで灰除去の促進効果が見られるという結果は全く新しい知見であり、灰除去の効率化に寄与するものである。灰除去した試料によって製造されたブリケットの燃焼継続時間を調べた結果から、灰除去が熱分解を抑制する効果が見られた一方で、炭の燃焼は促進されるという従来とは異なる知見が得られた意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：Ground samples were impregnated and washed with water and aqueous solutions to remove ash. The effect of impregnation and washing methods on ash removal was investigated using bamboo and Japanese cypress. In addition, Japanese cypress was impregnated with hydrochloric acid aqueous solution, applied DC and AC electric fields, and clarified the effects of voltage and frequency on ash removal. Next, ground rice husk was impregnated with an alkaline aqueous solution, and the effect on ash removal and organic component loss was investigated. Finally, the ash-removed bamboo samples were made into briquette. The fact that the application of an electric field during acid washing promotes the removal of ash is a new finding. From the observation of the combustion duration of briquettes made from the ash-removed samples, a very significant result was obtained that while the ash removal had the effect of suppressing thermal decomposition, the char combustion was promoted.

研究分野：熱工学、燃焼工学

キーワード：バイオマス 灰除去 水洗浄 酸洗浄 アルカリ洗浄 電場 ブリケット 燃焼時間

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

化石燃料の枯渇や地球温暖化の問題から再生可能エネルギーが注目されているが、バイオマス燃料は太陽光発電や風力発電に比べ短期的な天候変動の影響を受け難い、化学エネルギーとして貯蔵できるため損失が少ない、といった利点を有する。バイオマスを加熱など処理することで液体燃料や気体燃料を得ることができるが、固体のまま使用に供するのが最も経済的である。さらに、バイオマス原料を一度粉碎して圧縮ブリケット化することで、エネルギー密度が増大するため貯蔵や輸送に有利であり、またバイオマス部位によるエネルギー的な偏りを低減できるほか、もみ殻のような軽質の試料でも燃焼中の飛散を防ぐことができるなど燃焼制御を行う上でも有利である。

バイオマスブリケットの燃焼利用における課題の一つに、燃焼灰の排出が挙げられる。バイオマスには、Na や K といったアルカリ金属、Mg や Ca といったアルカリ土類金属などが多く含まれ(1-2)、燃焼中に蒸発・飛散することで燃焼炉壁、熱交換器や脱硝装置に付着して高温腐食のほか熱効率や脱硝効率を低下させ、さらに形成された灰が熔融してクリンカーを形成し空気流路を塞ぐなど、異常燃焼さらには燃焼機器の破損をも引き起こす可能性がある(3)。また、もみ殻に多く含まれるシリカも燃焼後に炉内に灰として残留し、定期的な除去を必要とする。これら燃焼灰による障害を防ぐため、燃焼温度を灰の熔融温度以上に上げない、燃焼装置を定期的に停止・点検清掃を行うなどの運用上の対策を強いられているのが現状である。燃焼後に回収される灰には燃焼装置由来の重金属なども含まれるため、肥料として農地や林地に戻すこともできず、燃焼灰のほとんどは処理されずに埋め立てられるなど、有効に利用されていない(4)。また、燃焼灰を回収し、処分地まで輸送する手間とコストも要する。以上のような背景から、バイオマス燃料を燃焼する前に、とくにブリケット化する直前の粉碎状態においてこれら金属成分を取り除くことが出来れば、(1) 燃焼灰の回収、輸送および処理が不要となる、(2) バイオマス産地で脱金属処理を行えば、産地から燃料消費地まで灰の分の余計な質量を輸送しなくて良くなるとともに、回収した金属成分をバイオマスを収穫した土地へ戻すのも容易になる、(3) 燃焼装置運用上の燃焼灰による制約条件がなくなり、効率良く運転できる、など多大なメリットが見込める。

バイオマスから金属成分を除去する試みはこれまでに幾つか行われている(5-10)。水や湯、あるいは酸やアルカリにバイオマス試料を含浸して金属成分を溶出して除去するものである。しかし、水や湯による除去効果は必ずしも十分なものではなく、またバイオマス含有金属(とくにアルカリ金属およびアルカリ土類金属)のバイオマス熱分解および燃焼への影響(具体的には触媒効果)を調べるための研究では、金属を除去することのみを目的としているため、これら溶液への含浸方法や洗浄方法の灰除去効果への影響は十分調べられていなかった。バイオマスを酸やアルカリによって処理する場合、炭化水素構造の改変や本来燃焼に寄与すべき成分である有機成分が溶出される可能性があるが、この影響についても調べられていなかった。さらに、灰成分の熱分解促進やチャー燃焼促進効果(触媒効果)が指摘されている(11)ものの、これらは少量の熱的に薄い試料についてのみ調べられたものであり、実際のブリケットなど熱的に厚い大きな試料については調べられておらず、形成される灰の影響などは不明であった。

### 2. 研究の目的

本研究では、ペレットあるいはブリケット燃料化の前に粉碎したバイオマス試料から灰分を効果的に除去する方法を調べることを目的としている。このため、まず洗浄方法(含浸(静置)、スターラー攪拌、超音波付与)、含浸時間、塩酸濃度、試料粒度の灰除去効果への影響を調べることを目的として、水および酸水溶液を用いてバイオマス試料(竹およびヒノキ)の洗浄を行った。次に、溶液含浸時の電場印加による灰除去促進効果の有無、および直流電場、交流電場、印加周波数などの灰除去促進効果への影響を調べることを目的として、塩酸水溶液に入れたヒノキ試料に電場を印加した。また、殆どがシリカで構成されるもみ殻灰の除去および有機成分溶出へのアルカリ水溶液温度・濃度、含浸時間の影響を調べることを目的として、粉碎したもみ殻を水酸化ナトリウム水溶液にて静置洗浄した。さらに、ブリケットの熱分解およびチャー燃焼への灰分中 AAEMs (アルカリおよびアルカリ土類金属)の触媒効果を確認することを目的として、竹を原材料とする高密度円柱ブリケット(密度 1300kg/m<sup>3</sup>、φ20×40mm および φ30×60mm)を製造し、原試料水洗浄による脱灰の有無のブリケット気相燃焼およびチャー燃焼継続時間への影響を調べた。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験試料

試料には、マダケ((有)越川竹材工業)、ヒノキ((株)ヒノキワークス)およびもみ殻(信濃屋)を用いた。試料は粉碎機にて粉碎し、ふるいにて粒度を揃えた。

#### (2) 水および酸水溶液による洗浄実験

試料はヒノキおよび竹を使用した。容量 2.8L のポリプロピレン製円柱容器において、乾燥器にて水分を除いた試料 1g に対して蒸留水 50 mL の割合で混合し、(1) 静置、(2) スターラー攪拌、(3) 超音波付与、にて水洗浄を行った。スターラー攪拌では振動子(φ8×50mm)を 500rpm で回転させた。超音波付与では、超音波洗浄器(アイワ医科工業、AU-180C、28kHz)を使用し

た。水洗浄後は漏斗およびろ紙にてろ過後、乾燥機にて乾燥させた。

酸洗浄では、1~5mol/Lの塩酸水溶液を用いた。容量2.8Lのポリプロピレン製円柱容器において、乾燥器にて水分を除いた試料1gに対して塩酸水溶液10mLの割合で混合し、超音波洗浄器にて1h洗浄した。漏斗およびろ紙にてろ過後、試料1gに対して50mLの割合の蒸留水中でスターラー(500rpm)にて0.5h攪拌する水洗いを計5回繰り返した。その後、漏斗およびろ紙にてろ過後、乾燥器にて乾燥させた。

灰化はマッフル炉(ヤマト科学社製、FP102)を用いて、「紙、板紙及びパルプー灰分試験方法—525℃焼却法(JIS P 8251)」に基づいて実施した。絶乾したるつぼと試料の重量を0.1mgの精度で秤量し、マッフル炉で200℃/hで525℃まで昇温し、灰化を行った。冷却後、再度るつぼと試料重量を秤量した。また、灰化した試料中のカリウムおよび鉄の重量割合を調べるために、カリウムについては原子吸光分光光度計(島津製作所製、AA-7000)、鉄については高周波プラズマ発光分析装置(島津製作所製、ICPS-8100)を用いて分析を行った。

### (3) 電場付与実験

試料はヒノキを使用した。試料1gに対して0.1mol/Lの塩酸水溶液100mLを内寸200×200×200mm(容量7L)の亚克力容器に入れ、静置洗浄した。この際、50×200×10mmの一对の炭素板電極を水溶液に浸して電場を印加した。電極間には1MΩの抵抗を接続し、過電流を防いだ。直流電場は印加電圧50V、交流電場は方形波で周波数1、5、100Hzとした(両振り)。1Hzでは両振りおよび片振りの2種類を用いた。印加電圧は両振り+51.8~-51.8V、片振り+51.6~-1.8Vとした。電場印加は30min間実施した。静置洗浄後、試料1gに対して蒸留水50mLの割合で10min間のスターラー洗浄(500rpm)を4回行った。

灰化はマッフル炉(ヤマト科学社製、FP102)を用いて、「紙、板紙及びパルプー灰分試験方法—525℃焼却法(JIS P 8251)」に基づいて実施した。

### (4) アルカリ水溶液による静置洗浄実験

試料はもみ殻を使用した。恒温槽(トーマス科学器械、T-N22)を水道水で満たし、PPボール(アズワン、φ10mm)で水面を覆うことで放熱を抑えた。ビーカー(φ124mm×202mm、容量2L)に蒸留水にて希釈した水酸化ナトリウム水溶液を入れて温度設定し、試料を投入した。試料1gに対して水酸化ナトリウム水溶液30mLの割合で混合し、水酸化ナトリウム水溶液濃度を0~5wt%、水溶液温度を30℃および80℃、静置洗浄時間を10min、30min、3h、24hとした。静置洗浄後、試料1gに対して蒸留水50mLの割合で10min間のスターラー洗浄(500rpm)を4回行った。試料の灰分重量割合分析には、TGA/DSC分析装置(TA Instruments, SDT650)を用いた。

### (5) ブリケット燃焼実験

本研究では、未処理および洗浄した試料を原材料として円柱ブリケットを製造した。ブリケット製造方法は、バイオマスブリケット燃焼挙動を調べた研究(12)と同様とした。円柱ブリケットは直径：高さ比1:2とし、水分率10wt%、密度1300kg/m<sup>3</sup>一定とし、φ20mm、φ30mmの2種類を製造した。

燃焼炉は断熱材によって形成されたφ105mmの円筒流路であり、ヒータで加熱した高温空気を燃焼炉下方よりセラミックボールで整流した後供給する。燃焼炉中心に金網(φ20mmブリケットはφ30×60mmの金網、φ30mmブリケットはφ40×90mmの金網)に入れたブリケットを天秤を介して上方より吊り下げ、燃焼させた。ブリケットの燃焼に伴う質量減少は電子天秤にて測定した。気相着火は強制着火装置を用い、着火後すぐに炉内から退避させた。ブリケット上流(燃焼炉のブリケット下方)にて供給空気温度を測定した。炉内温度400℃一定、供給空気流量180NL/min一定として燃焼実験を行い、気相燃焼時間およびチャー燃焼時間を測定した。

## 4. 研究成果

### (1) 竹およびヒノキ灰分除去への水洗浄の影響

竹試料では5min間の静置水洗浄のみで原試料に比べて灰分量が半分以下に減少し、高い灰除去効果が見られた。静置水洗浄に比べてスターラー攪拌と超音波付与洗浄の方がわずかに灰分除去効果が大きい。スターラー攪拌と超音波付与洗浄ではほぼ同様の効果であった。一方、ヒノキでは竹に比べて5min間の静置水洗浄では灰分除去効果はわずかに小さく原試料の50%程度であった。東野(13)は、マダケチップおよび木材(マツ)チップの組織構造と水などの浸透性を考察し、竹の方が木材に比べて水などの浸透が速やかで容易に平衡に達すると報告している。試料中の金属の水洗浄除去においては水の試料内への浸透が重要であると考えられるが、竹では水の浸透が速いことから静置洗浄においても大きな灰分減少が見られ、またスターラー攪拌と超音波付与洗浄という試料への水の供給方法の差が顕在化しなかったと考えられる。一方、ヒノキでは水の試料への浸透が徐々に行われるため、洗浄方法の違いの影響が現れたと予想される。竹試料では灰分除去への粒度(600~850μmと180~425μm)の影響はほとんど見られないが、ヒノキ試料では粒度が小さい(180~425μm)方が粒度の大きい(1~1.4mm)ものよりもわずかに灰分除去割合が大きくなった。竹では水の試料への浸透が速く粒度の影響が現れにくいことに加えて粒度の違いが小さいことによると考えられる。

### (2) 竹およびヒノキ灰分除去への塩酸水溶液洗浄の影響

竹試料では1時間の水洗浄および塩酸水溶液洗浄の間で灰分除去に大きな違いは見られな

った。一方、ヒノキ試料では塩酸濃度の増大とともに灰分除去が大きくなっており、塩酸濃度の影響が見られた。

### (3) 竹試料のカリウム、鉄除去への水および塩酸洗浄の影響

竹試料のカリウムは静置水洗浄(5 min)で大幅に減少し、スターラー攪拌水洗浄(5 min)でさらに減少した。さらに、1 mol/L の塩酸水溶液洗浄(超音波付与 1 h、水洗い 0.5 h×5 回)ではカリウムがほぼ完全に除去された。原子吸光分光分析によるカリウムの竹原試料の灰分に占める割合は 37.1 wt% と比較的大きく、洗浄による灰分除去にカリウム減少量が占める割合も大きいと言える。一方、竹試料の鉄は水洗浄(静置およびスターラー攪拌)ではほとんど除去されないが、1 mol/L 塩酸では原試料の灰中の鉄重量の半分以下(42 wt%程度)まで減少した。これより、竹試料中の鉄は水洗浄では溶出しないが、塩酸を用いることで溶出させることが出来ると考えられる。ただし、高周波プラズマ発光分析による鉄の原試料の灰分に占める割合は 0.14 wt% と小さく、塩酸を用いても灰分除去への効果は限定的と考えられる。また、塩酸による水洗浄に比した灰分除去の増加はほとんど見られないことから、竹の灰分除去への塩酸使用の効果は大きくないと考えられる。

### (4) ヒノキの酸水溶液静置洗浄における電場付与の灰分除去への影響

直流電場付与によって灰分除去が促進された。低周波交流電場を付与した場合、直流電場付与に比べて灰分除去が促進された。また、1Hz と 5Hz ではほとんど周波数の影響は見られなかった。一方、高周波交流電場を付与した場合、直流電場付与に比べて灰分が除去されず、静置洗浄時とほぼ同様であった。静置洗浄時に電場を付与することで水溶液中に溶け出したイオンが外力を受けることで移動が促進されると予想されるが、直流電場および低周波交流電場付与ではイオンの移動量が大きくなるのに対し、高周波交流電場付与では外力によるイオン移動量が小さくなったため灰分除去促進効果が現れなかったと考えられる。両振りの 1Hz 交流電場付与に比べて片振りの場合には灰分除去効果が小さく、直流電場付与時とほぼ同様であった。これは直流および片振り 1Hz 交流の場合には水溶液中の金属イオンの移動が一方向に制限されるためと予想される。以上のことから、ある程度小さい周波数で両方向への交流電場を付与することで、灰分除去が促進されることが示唆された。

### (5) もみ殻灰分除去への水酸化ナトリウム洗浄の影響

有機成分は蒸留水にて約 5% 溶出した。NaOH 濃度 5wt%、水溶液温度 80°C において、灰分は 30min 程度でほぼ完全に除去されたと考えられた。また、有機成分溶出量は静置洗浄時間とともに徐々に増加した。溶液温度 30°C では灰分除去が不十分であり、溶液温度 80°C で灰分がほぼ完全に除去されたと考えられた。一方、有機成分の溶出量は水酸化ナトリウム水溶液温度 80°C の方が、30°C に比べて約 7% 増大した。灰分除去および有機成分溶出を併せた試料全体の減少重量割合は水酸化ナトリウム水溶液濃度が高くなるにつれて増大した。水酸化ナトリウム水溶液濃度が 3% 程度までは灰分除去割合は水溶液濃度とともに増大するが、水溶液濃度が 3% 程度で頭打ちとなり、それ以降はほとんど変化が見られず、ほぼ全ての灰分が除去されているものと考えられた。一方、有機成分は水酸化ナトリウム水溶液の濃度上昇とともに溶出割合が増大した。またこのときの増大割合は、低濃度(0.1~1%)の方が高濃度(1~5%)の場合よりも大きかった。これは洗浄前のもみ殻粉砕試料が表面に凹凸を多数有する形状であり、試料の初期の溶解(有機成分の溶出)においてこれら突起部分が優先的に溶解する、すなわち低濃度の水溶液でも多量に溶解しやすいのに対し、突起部分が溶解することで表面積が減少し溶解が進むにつれて高濃度の水溶液でも溶解量が減少したことに起因すると推測された。

### (6) 竹試料ブリケットの燃焼挙動への灰分の影響

バイオマス灰に含まれるアルカリ金属およびアルカリ土類金属(AAEMs)は熱分解時に触媒作用を示すことが知られている(14)が、バイオマス熱分解への AAEMs の触媒効果について調べた多くの研究はごく少量の試料の熱分解について行われたものであり、試料の量が多い、所謂熱的に厚い試料について調べられた例は少ない。本研究では熱的に厚いブリケットの気相燃焼時間を比較することで、灰の熱分解への影響を調べた。直径：高さ比が 1：2 のブリケットを温度および流速一定の空気流中で加熱・気相燃焼させると、気相燃焼時間は  $\rho(V/S)^2$  に比例する(ここで  $\rho$ ：ブリケット密度、 $V$ ：ブリケット体積、 $S$ ：ブリケット表面積)ことがわかっている(15)が、本研究で用いた灰除去試料から製造したブリケットについても気相燃焼時間が  $\rho(V/S)^2$  に比例した。その比例定数を比較すると、未処理試料ブリケットよりも灰除去試料ブリケットの方が比例定数が大きく、熱分解に時間を要した。N<sub>2</sub> 雰囲気下における TGA/DSC 分析結果からも AAEMs を多く含むと考えられる未処理試料の方が重量減少の開始温度が低く、また重量減少速度も大きく、触媒効果が表れていることが読み取れた。従って、熱的に厚い試料においても、灰分を除去することで熱分解は抑制されるものと考えられる。

バイオマス灰に含まれるアルカリ金属およびアルカリ土類金属(AAEMs)は熱分解だけでなく、チャー燃焼においても触媒作用を示す(16)ことが知られている。本研究では熱的に厚いブリケットのチャー燃焼時間への灰の影響も調べた。直径：高さ比が 1：2 のブリケットを温度およ

び流速一定の空気流中で加熱・チャー燃焼させると、チャー燃焼時間は $\rho_{fc}(V/S)^2$ に比例する（ここで $\rho_{fc}$ ：ブリケット固定炭素密度、 $V$ ：ブリケット体積、 $S$ ：ブリケット表面積）ことがわかっている(15)が、本研究で用いた灰除去試料から製造したブリケットについてもチャー燃焼時間が $\rho_{fc}(V/S)^2$ に比例した。その比例定数を比較すると、未処理試料ブリケットよりも灰除去試料ブリケットの方が比例定数が小さくチャー燃焼が速く進行していた。これは灰分中の AAEMs による触媒効果とは逆の傾向を示している。チャー燃焼では、燃焼部位への周囲空気からの酸素の拡散が現象を支配すると言われているが、灰分除去した試料ではチャー燃焼後にブリケットまわりに形成される灰層密度が小さくなるため酸素の拡散が促進された結果、灰分除去による燃焼速度低下分を酸素拡散速度増大分が上回り、本研究のような結果になったことが示唆された。気相燃焼時間とチャー燃焼時間を比べるとチャー燃焼時間の方が長く、灰除去によるチャー燃焼時間短縮の効果が大きいことから、本研究で用いたブリケット（熱的に厚い試料）では、ブリケット全体の燃焼（気相燃焼+チャー燃焼）時間は短縮されることがわかった。

#### <引用文献>

- (1) 成相, 木質バイオマス混焼による微粉炭火力からの CO<sub>2</sub> 排出量半減に向けた取組み, 火力原子力発電大会論文集, 13 (2017), pp.43-48.
- (2) 上原, 林, 室山, 灰分を触媒としたバイオマスの高効率ガス化, 化学工学会第 37 回秋季大会, (2005), N116.
- (3) 川村, 秋澤, 柏木, 農作物生産用温室におけるバイオマス燃焼の適用課題, 高温学会誌, 33-1 (2007), pp.14-20.
- (4) 高橋, 富田, 若杉, 山田, 折橋, 古賀, 木質系バイオマス燃焼灰の安全性評価および有効利用, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, (2008), C5-11.
- (5) B. Pecha, P. Arauzo, M. Garcia-Perez, Impact of combined acid washing and acid impregnation on the pyrolysis of Douglas fir wood, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 114(2015), pp.127-137.
- (6) H. Persson, W. Yang, Catalytic pyrolysis of demineralized lignocellulosic biomass, *Fuel*, 252(2019), 200-209.
- (7) T. Suzuki, H. Nakajima, N. Ikenaga, H. Oda, T. Miyake, Effect of mineral matters in biomass on the gasification rate of their chars, *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1(2011), pp.17-28.
- (8) L. Deng, T. Zhang, D. Che, Effect of water washing on fuel properties, pyrolysis and combustion characteristics, and ash fusibility of biomass, *Fuel Processing Technology*, 106(2013), pp.712-720.
- (9) M. A. Carrillo, S. A. Staggenborg, J. A. Pineda, Washing sorghum biomass with water to improve its quality for combustion, *Fuel*, 116(2014), pp.427-431.
- (10) 菅澤, 吉廻, 繁田, 竹燃料化のための改質技術, バイオマス科学会議発表論文集, (2019) pp.1-2.
- (11) 片山, 岩崎, 菅沼, 加藤, 里川, 小島, 木質バイオマスプロセスにおける金属元素の挙動, 化学工学会第 42 回秋季大会, (2010)D124.
- (12) 伊東, 高密度バイオマスブリケット燃焼挙動へのブリケットサイズおよび密度の影響, *Transactions of the JSME(in Japanese)*, 83-852(2017), pp.1-13.
- (13) 東野, パルプ原料としての竹繊維の化学的研究, 大阪府立大学紀要, 農学・生物学, 14 (1963) pp.127-161.
- (14) H.Persson, W.Yang, Catalytic pyrolysis of demineralized lignocellulosic biomass, *Fuel*, 252(2019), pp.200-209.
- (15) H.Ito, R.Tokunaga, S.Nogami, M.Miura, Influence of biomass raw materials on combustion behavior of highly densified single cylindrical biomass briquette, *Comb. Sci. Tech.*, 194(2022), pp.2072-2086.
- (16) A.Pataer, 王, 陳, 前園, 新井田, バイオマスのアルカリ性金属担持による熱分解及び炭化物の燃焼特性, 第 48 回石炭科学会議, (2011), pp.24-25.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 伊東弘行, 宮田滉也, 三浦正義	4. 巻 9-6
2. 論文標題 竹含有灰分の洗浄除去への洗浄条件の影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 スマートプロセス学会誌	6. 最初と最後の頁 281-286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 八木孝道
2. 発表標題 バイオマス燃料からの灰除去に及ぼす電場印加の影響
3. 学会等名 機械学会関東学生会第61回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------