

令和元年5月23日現在

機関番号：14101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H07125

研究課題名(和文) 廃棄物系バイオマスからの外部熱源不要な半炭化システムの開発

研究課題名(英文) Torrefaction system using waste biomass without external heat source

研究代表者

滝沢 憲治 (Takisawa, Kenji)

三重大学・生物資源学研究科・助教

研究者番号：10802671

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は木質バイオマスの自己発熱によって、試料を半炭化させることを目的とした。その結果、十分な通気を行った場合、木質の温度が180℃以上であれば自然発火が起きることが明らかとなった。また通気量による発火後の温度上昇の制御は十分に可能であることが分かった。
次に、堆肥化で到達する温度である70℃から木質バイオマスが酸化・発熱されるか検討したところ、10、30および50 mL/minの通気量において温度の上昇が確認でき、通気量10 mL/minにおいて、最大温度105℃まで上昇することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は堆積された廃棄物の自然発火現象に着目し、従来の半炭化法と異なり、外部熱源を使用せず酸素供給のみの制御によって半炭化物を生産する点が独創的である。本方法は極めて低コストで半炭化物を製造できる可能性があり、本技術が確立されることができれば、半炭化研究の中で、極めて高いインパクトとなる。
本研究結果では、堆肥化による約70℃までの温度上昇、酸化反応による105℃までの温度上昇および自然発火による180℃からの温度上昇が確認された。今後、酸化反応の詳細な検討により105℃から自然発火温度180℃までの連結を可能とすれば、大きな学術的・社会的意義をもたらすことができる。

研究成果の概要(英文)： Importance of energy source supply is known for biomass power generation. Torrefaction is an effective method for the improved energy source supply because it saves the cost related to transportation and improves the energy density of raw material. In this study, torrefaction by fermentative and oxidative heating was investigated in order to improve the energy source supply.

It was found that torrefaction was successful by the increased material temperature associated with ignition under 180℃ and more. Also, sawdust heated to 70℃, which was caused by composting, reached 105℃ through oxidative reaction with an aeration rate of 10 mL/min.

研究分野：環境工学

キーワード：半炭化 酸化 堆肥化 木質バイオマス 自己発熱 通気量

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

木質チップ等の堆積されたバイオマスや油分を含んだ食品残渣が自ら発熱し、外部から着火されることなく発火することで火災となるケースは国内外問わず過去何件も報告されている。この現象は自然発火と呼ばれ、火災の要因として考えられることも多い。堆積されたバイオマスの自然発火は2段階の反応、すなわち(1)バイオマスの発酵・堆肥化による発熱(2)酸化反応による発熱を経て発火するといわれている(図1)。発酵による発熱は、雨水等でバイオマスが加水されることでバイオマス内部の微生物の活動が活発化し、バイオマスが発酵されることによって引き起こされる。この発酵熱による温度上昇がバイオマスの自己発熱による自然発火の初期段階である。発酵熱の蓄熱が進むと、バイオマスの一部が酸化反応へと移行し、発酵熱のピークを超えて温度が上昇する。最終的にバイオマスの温度は発火点へと至り、酸素が豊富な表層で発煙・発火する。これが現在考えられているバイオマスの自然発火のメカニズムである。

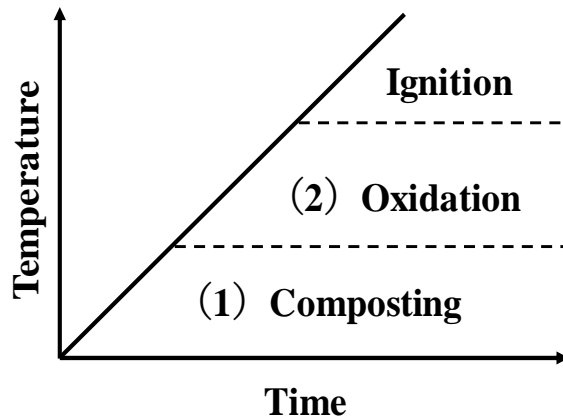


図1. 自然発火のメカニズム

これまでの自然発火に関する研究はその殆どがバイオマスの自然発火を未然に防ぐことを目的としてメカニズムの解明、及び自然発火の再現に挑んだものであり、これを利用しようとするものではなかった。そこで本研究では、バイオマスの自然発火を人為的に制御し利用することで、外部熱源に依存せず試料を炭化しようと試みた。

2. 研究の目的

従来の炭化方法では外部熱源が必要不可欠であったが、自然発火が制御可能になれば、外部熱源に依存することなく、試料単体での炭化が可能となるためである。よって、材料ごとの発火温度・堆肥化に必要な条件を調査し、それらの反応を人為的に連続させ、発火に至るまで温度を上昇させることが出来れば、安定した自然発火の再現が可能になると考えられる。そこで本研究では試料に木質を用い、木質の発火条件の調査、堆肥化による温度上昇の確認、堆肥化で到達する温度から酸化反応による発熱の検討を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 木質バイオマスの自然発火は実際に確認されているが、自然発火条件は明らかにされていない。そこで、従前の研究を参考に条件を設定し、おが屑の発火温度を調べるため実験を行った。本研究で用いた実験装置の概略図を図2に示す。ただし、恒温槽内温度を反応容器内温度に追従させる温度追従システムはここでは使用しなかった。容器に入れるおが屑試料を80g、通気量を300 mL/minとし、恒温槽内温度を170、180および190℃の3通りに設定し、各2回ずつ計6回実験を行った。

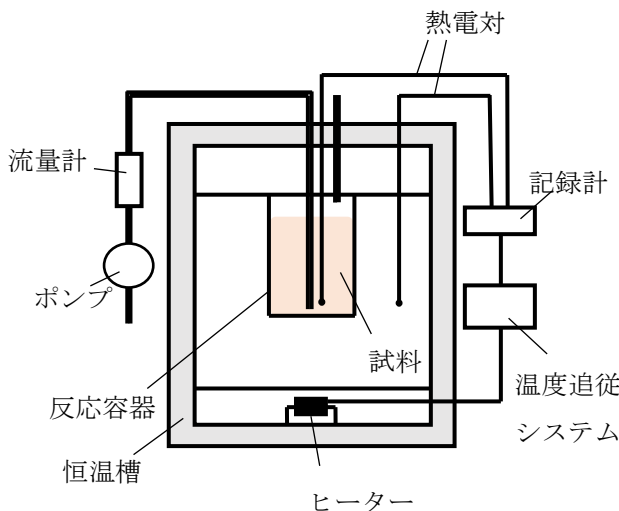


図2. 実験装置概略図

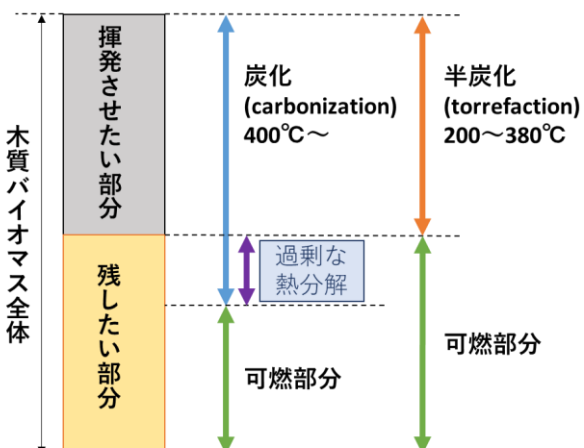


図3. 炭化および半炭化

(2) 従来の炭化温度では炭化過程で過剰な熱分解が起こり、木質の可燃部分が減少しエネルギー収率が低下する課題があった(図3)。そこで本実験において、通気量を変化させることで酸素の供給量を調節し、発火後の温度上昇の制御を試みた。容器におがくず80gを充填し、恒温槽内温度を180℃とした。通気量は100, 200 および 300 mL/minとした。

(3) 堆肥化によって木質バイオマスの温度がどの程度上昇するか検討を行った。おが屑 50 gを容器に充填し、試料の初期含水率を考慮した上で、含水率が30, 40 および 50%w. b.になるよう水を添加し試料と混合させた。堆肥化のための通気量は30 mL/minとした。また初期温度を揃えるため、容器内の温度を40℃まで昇温させた後、恒温槽内温度を反応容器内温度に追従させる温度追従システムを使用した。

(4) 堆肥化によって上昇する70℃という温度から木質バイオマスに酸化反応が起こり、発熱・発火に至るかは明らかでなかった。そこで、人為的におが屑を70℃まで加熱し通気を行うことで、酸化に伴う発熱反応がみられるか検討を行った。実験には温度追従システムを使用し、容器内におがくず50gを充填し、通気量は5, 10, 30 および 50 mL/minの4通りを試した。

4. 研究成果

(1) おが屑の発火特性を検討した結果を図4に示す。恒温槽内温度が170℃の場合、10~20℃程度の温度上昇しかみられず、時間経過後も温度が上昇する気配はなかった。一方、恒温槽内温度が180℃の場合、実験開始から3時間程度経過後、発火に伴う急激な温度上昇がみられた。さらに190℃の場合では、発火による急激な温度上昇は実験開始から2時間程度でみられ、180℃の時と比べて発火するのが早かった。190℃において、ピーク温度が400℃を超えるなど、180℃における実験よりも温度上昇のピークが高い結果となった。また図5に示されるように、180℃以上において半炭化が行われていることが確認された。このことから、十分な通気が行われた場合、おが屑の温度が180℃を超えた場合に自然発火が起きると考えられる。

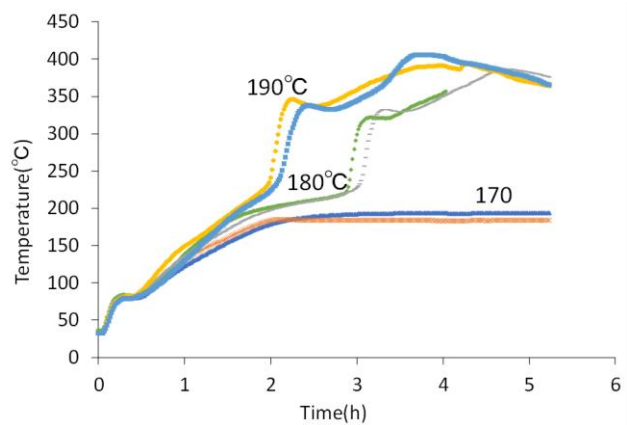


図4. 恒温槽内温度の違いによる発火特性

(2) 通気量調整による半炭化温度の制御の検討を行った結果を図6に示す。通気量の増加に伴い、発火後の温度の上昇度合いが増加する傾向がみられた。この結果から、通気量による発火後の温度の上昇は制御可能であることがわかった。また、どの通気量においても試料が炭化されていることが確認できた。しかし、300 mL/min 以外では容器内下部のみが炭化し、上部は変色が見られるだけに留まった。300 mL/min に関してはほぼ全体的な炭化による色の変化がみられた。酸素の供給は試料下部から行われるため、少ない酸素供給は炭化物の不均一性をもたらす結果となった。そのため今後、炭化物の均一性の向上の検討が必要になると考えられる。



170℃ 180℃ 190℃

図5. 反応後の写真

(3) 木村ら(1989)によると、牛糞の堆肥化には最低30%w. b.の含水率が必要であった。そこで、おが屑の含水率を30, 40 および 50%w. b.に変化させ堆肥化実験を行った。図7に異なる含水率におけるおが屑の堆肥化の結果を示す。含水率30%w. b.で10℃程度は温度の上昇がみられた。一方、40 および 50%w. b.ではそれぞれ66℃および64℃まで試料温度が上昇した。この結果より、難分解性の木質バイオマスであるおが屑単体であって

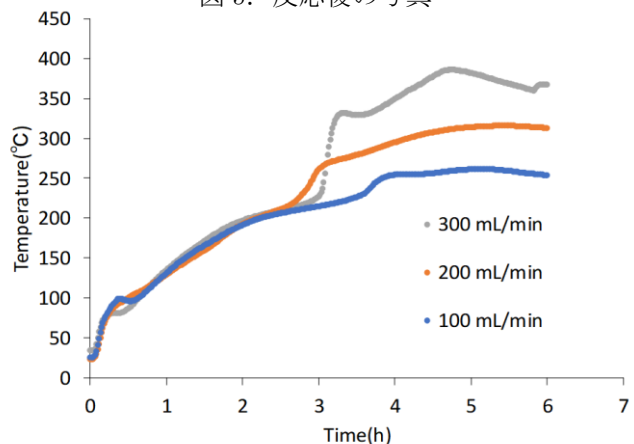


図6. 通気量の違いによる温度上昇の変化

も、堆肥化による温度の上昇は可能であることが明らかになった。またおが屑の堆肥化には、40%w. b. 程度の含水率で十分に可能であることが分かった。

(4) 70℃程度まで堆肥化により温度上昇することが確認できたため、70℃からの酸化反応による温度上昇を検討した。その結果を図8に示す。5 mL/minの通気量では温度上昇がみられなかったが、それ以外の通気量であれば酸化に伴う温度上昇が確認できた。ここで、通気量が低いほど到達する温度のピークが高くなり、また温度の上昇速度も向上するといった傾向がみられた。最も温度が上昇したのは10 mL/minであり、105℃まで温度が上昇した。この結果から、この温度帯での酸化による発熱量は極微量であり、強すぎる通気は容器内で発生した熱を奪っていると考えられる。また、すべての通気量において、ある程度温度が上昇したところで昇温が停滞してしまい、それ以上温度が上がらないという現象がみられた。この現象については、温度の上昇に伴い酸素消費量が増加していることが確認されたため、一定の通気では酸素の供給が不足している、あるいは室温の空気を通気しているために温度の上昇が妨げられているといった原因が考えられる。これらについては今後検証を重ね、調査を進めていく必要がある。

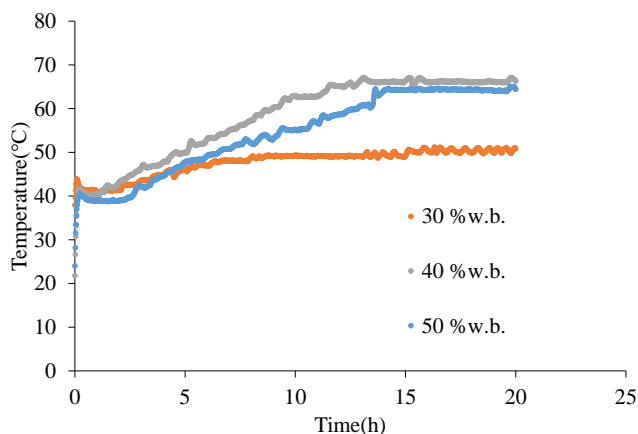


図7. 含水率ごとの堆肥化による温度上昇

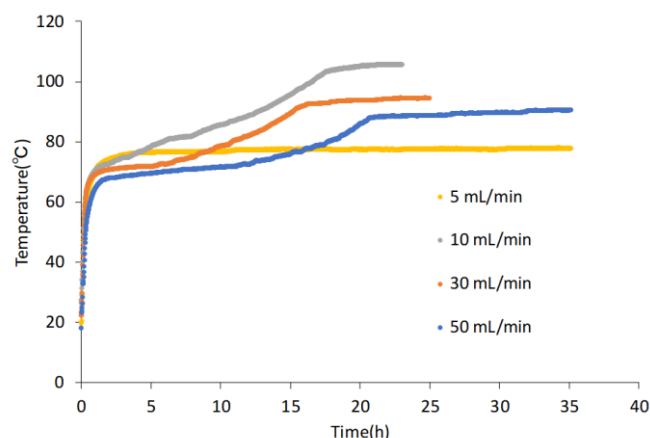


図8. 70℃からの酸化による発熱

(5) 本研究は木質バイオマスの自己発熱による自然発火を用いて、外部熱源に依存することなく試料を半炭化することを目標とし、木質バイオマスの自然発火の再現および木質の発火温度の調査を試みた。その結果、十分な通気を行った場合、木質の温度が180℃以上であれば自然発火が起きることが明らかとなった。また通気量による発火後の温度上昇の制御は十分に可能であることが分かった。次に、堆肥化で到達する温度である70℃という低温から木質バイオマスが酸化・発熱するか検討した。おが屑を70℃まで加熱し、通気による酸化反応実験を行ったところ、10、30および50 mL/minの通気量においておが屑の温度上昇がみられ、特に通気量10 mL/minにおいて、105℃までの温度上昇が確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

- ① 宮脇望充, 滝沢憲治, 福島崇志, 佐藤邦夫, 木質バイオマスの自己発熱を利用した炭化に関する研究, 農業食料工学会関西支部第141回例会, 神戸大学, 2019年
- ② 滝沢憲治, 宮脇望充, 佐藤邦夫, 福島崇志, 発酵熱および酸化熱を用いた半炭化への取り組み, 第14回バイオマス科学会議, 東広島芸術文化ホール, 2019年

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

三重大学生物資源学部 応用環境情報学研究室

<http://www.bio.mie-u.ac.jp/kankyo/joho/control/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者
なし

(2) 研究協力者
なし