

放置竹林の資源化と利用方法の確率

代表者 高木勇雅（工学B 4年）
構成員 本田清之亮（工学B 4年） 山根大地（工学B 4年） 岡本比弥稀（工学B 4年）
木田孟（工学B 4年） 椋田賀沙翔（工学B 4年）
他 3名

1. はじめに

本プロジェクトは、竹資源の有効活用が目的である。

現在日本中で「放置竹林」が問題となっており、元々タケノコをとるために植えられた竹が驚異的な繁殖力により様々な問題を引き起こしている。中でも山口県は全国3位の竹林面積を持ち、放置竹林の問題解決は急務である。2000年初頭から竹を様々な方向で資源化する取り組みが進められてはきたものの、実際に大量消費には至っていない。その背景には、竹を利用するための費用対効果が化石燃料を使用するよりも低いことがある。

竹を大量消費するためには大量に消費されるような物品に変換する必要がある、さらには従来の物品よりも竹を用いたものの方に優位性が無ければ実際に導入するには至らないだろうと考えた。このような要求に合う竹の利用方法として、車の内外装や小型船舶の構造材料として利用可能な複合材料（FRP）の強化繊維、現在国内で盛んになっている魚介類の養殖用の餌として利用ができれば放置竹林の解決策にもなる上に、竹は前述したように繁殖力が高く成長が非常に速いため、資源として活用するうえで環境負荷が少ないといったような利点もある。本プロジェクトでは「海の砂漠化」等の問題を引き起こしているムラサキウニの養殖用飼料として活用できないか検討する。

このような竹の資源化を行う上で必要なエネルギー（過熱水蒸気等）を、木材の間伐材や竹の端材を燃焼させるバイオマスバーナーから得ることで環境負荷の低い素材とするために、小型で低コストかつ、単純構造でメンテナンス性の高いバイオマスバーナーの開発も行うことを目標とする。

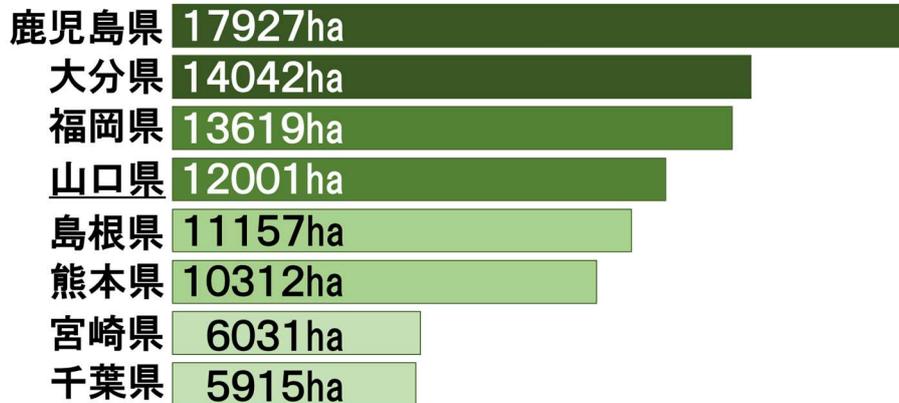


図 1.1 全国竹林面積上位 8 県



図 1.2 放置された竹林

2. 竹の伐採と運搬

竹の構造には竹の茎は中空で、節と節の間が長いという特有の特徴がある。このような構造は、竹にとっては成長と強度を保つことのできる構造であるが、伐採後の運搬において問題がある。樹木はその全体が実質的な材料であり、中身が詰まっているため切り出した後にはそのままの形で利用される。しかし、竹の場合中空の部分が多いため、同じ体積を運ぶにしても実際に利用できる材料の割合が少なくなる。このため、竹をそのままの形で運ぶことは非効率的であると言えます。

この問題に対処するために竹を切り出した後、運搬前に竹を割る、粉碎すること等が一つの解決策として考えられる。竹を粉碎することで中空の部分なくなり、運搬する際の空間の無駄が少なくなる。粉碎すると工芸品などに利用することが難しくなるが、竹の繊維の利用や飼料、燃料などの用途にはうってつけの運搬方法であると結論付けた。



図 2.1 切り出した竹



図 2.2 割った竹

3. 竹粉の飼料化

竹粉末が牛などの家畜の飼料として与えられる例が増えており、その栄養価の高さと消化の良さから畜産業界での注目を集めている。竹粉末を海洋生物、特にウニなどの魚介類の飼料として活用する際には、摂取方法の違いを考慮する必要があります。牛などの家畜は粉末を直接摂取できるが、魚介類には水中で離散しないよう固形化し与える必要がある。そのため粉末を固形化する方法として、水と混練し生地を作り焼き固めることで成形する方法を検討しました。

しかし竹粉末を固形化する過程で、竹粉末が自然由来の油分を含んでおり、これが固形化の際に水と均一に混ざり合わない原因となった。水と油分がなじまないことから、固形化する際に使用される水に溶かし、焼き固めるという方法が難しいことが分かった。この問題を解決するためには乳化剤などを使用し水と油分が混ざり合うような化学的な処理を施すこと方法を考えたが、本プロジェクトで過熱水蒸気を生成する装置を作成したため、

この装置を用いて竹粉から油を抜くことで水となじみやすくないか挑戦することにした。

切り出した竹を粉末状にしたものを190℃、200℃、210℃の過熱水蒸気にそれぞれ10分間さらした。結果として全ての粉末が水になじむようになり、生地として利用できるようになった。温度が高いものほど色がこげ茶色になったがしかしこれを焼き固めたものは非常にもろく簡単に崩れてしまううえに、水中で崩れて離散してしまう。このことから竹粉同士の結びつきを強固にするものを添加する必要があると考えられる。

添加物の素材はウニが海藻を主食としていることから海藻を粉末にしたものが望ましいと考えられるが、今後様々な素材で検討していきたい。



図 3.1 水をはじく竹粉

4. 竹繊維の抽出

従来の竹繊維の抽出方法としては、竹を高濃度のアルカリ液で煮込む、または巨大な圧力釜を用いて加圧後に急減圧するという技術が主に用いられてきた。アルカリ処理による方法は安価に繊維を分離させることができるが廃液の処理が問題となる。この廃液は適切な処理をしなければ環境への悪影響を及ぼす可能性がある。また繊維にアルカリが残留することで、製品の品質にも影響を与えかねない。また爆砕法と呼ばれる圧力釜を使用する方法は、高価な設備投資が必要であり導入が難しい。これらの課題を解決するため、SHS法（Super Heated Steam、超加熱蒸気法）の検証をする。SHS法は100℃以上に加熱された水蒸気を使用して竹を加熱し、繊維を抽出する。この方法の最大の利点は過熱水蒸気が熱を非常に伝えやすいこと、化学薬品を使用しないため廃液問題が発生しないこと、そして比較的低コストで設備を導入できる可能性があることである。

超加熱蒸気は竹の細胞壁を柔らかくし、繊維とその他の成分を効率的に分離させることができる。この過程で繊維の自然な特性を保ちつつ、必要最小限の物理的な力で抽出が可能になる。

実際に過熱水蒸気を発生させる装置を制作し、過熱水蒸気によって竹繊維が抽出できるのか試してみる。まず装置を概略化したものを図4.1、実際の装置を図4.2に示す。

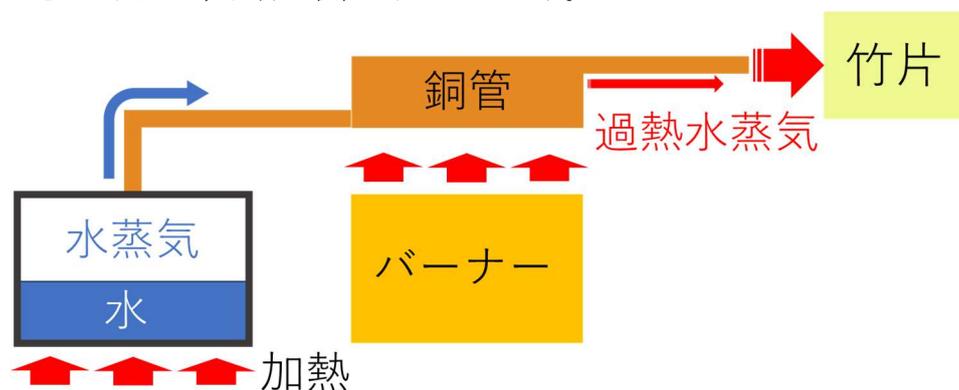


図 4.1 過熱水蒸気発生装置概略図



図 4.2 過熱水蒸気発生装置

水蒸気を過熱するバーナーの火力を調整することによって温度を調節し、200～250℃の水蒸気を5時間あて続けたものを熱湯中で1時間過熱し常温の水中で30分冷ました。この竹片を水中で揉捻すると容易に繊維が分離した。以上のことから竹の繊維は過熱水蒸気による加熱で取り出すことが可能であることが分かった。この竹繊維は樹脂中に混練し、どのような効果が発現するか検討していきたい。



図 4.3 繊維が分離した竹片

5. バイオマスボイラー製作

今回の竹粉飼料や竹繊維の取り出しには過熱水蒸気が必要不可欠であったが、この過熱水蒸気を草木を燃料とするバイオマスボイラーを熱源として得ることができないか検証した。

まずこれまで用いてきた過熱水蒸気発生装置は缶内の水を過熱し発生した水蒸気を過熱する方式を採用していた。この方式では今回のような小さい火力では水蒸気の発生する量にばらつきが大きく、加熱する際の温度調整が難しいといった問題があった。水を加熱して得た水蒸気を利用するという方法は、もともと発電所などのボイラーで採用されている方法であるが発電所は大規模なボイラーを用いているため火力が大きいうえに、蒸気の温度を精密に制御する必要がないので我々の用途には向いていないと考えた。

そこで蒸気を制御できる装置を組み込み、安定した温度を得ることができるバイオマスボイラーを設計した。まず蒸気の量を制御するために、超音波振動によって水を非常に微小な粒にする装置を銅管に接続し加熱することによって安定して水蒸気を得る方法を考えた。この超音波蒸気発生器は最近の家庭用加湿器に多く使われているものであり、このバイオマスボイラーを概略化したものを図5.1に示す。

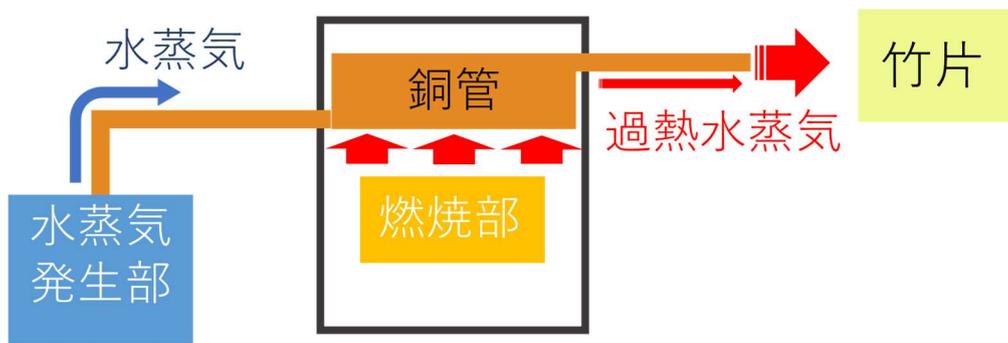


図 5.1 バイオマスボイラー概略図

このボイラーのコンセプトは「小規模，安価で安定」であり，ボイラー本体はドラム缶を再利用たものを使用した。水蒸気発生部には超音波蒸気発生器を6つ搭載し，ボイラー燃焼部の温度に応じて6つのうち稼働させる発生器を増減させ，過熱水蒸気の温度を制御した。結果として燃焼が安定した後では $150^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ であれば $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 以内に誤差を減らすことができた。熱源が草木などの燃焼なので燃焼温度にばらつきが大きかったが，6つの水蒸気発生器のおかげで温度を保つことができた。

今回は蒸気発生器の稼働を手動で行っていたが，今後は炉内の温度から蒸気量を自動で調節できるような装置を組み込み，温度調節の自動化も行っていきたい。

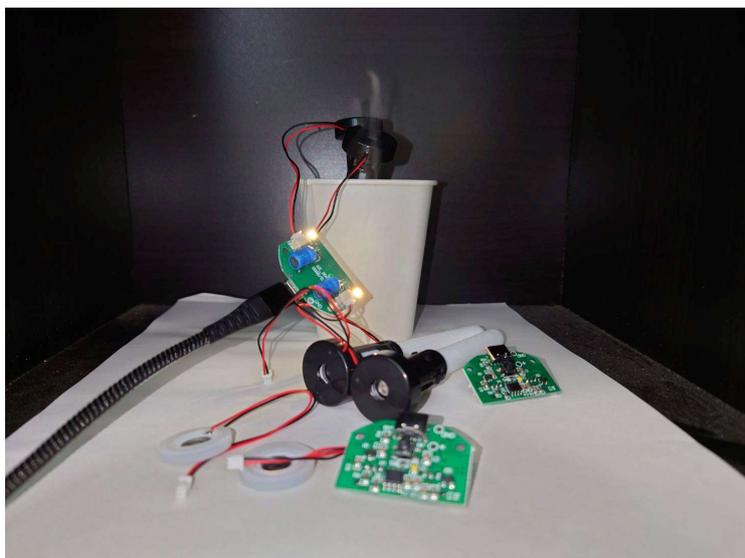


図 5.2 超音波蒸気発生器



図 5.3 バイオマスボイラー

6. 最後に

本プロジェクトでは放置されている竹の活用を多方面から試みた。同時に飼料化，繊維抽出，バイオマスボイラーの製作を行ったため一年では実用化に至らなかったが，国内に多く存在する竹を有効できるよう，今後も取り組んでいきたい。