

5 作物残さの固形燃料化および燃焼利用技術の実証研究

背景と目的

施設園芸ハウスの暖房に使用される石油など化石燃料の使用量を削減することを目的に、地域資源である作物残さや木質などのバイオマス燃料としてエネルギー利用する技術を検討した。まず、バイオマス発電などの廃熱を利用することを想定した木質チップの低コスト乾燥設備を設計した。さらに、木質チップなどバイオマス燃料用の定量供給機およびロータリーキルン式バーナーを試作するとともに、福島県内の現地の園芸ハウスに貯湯式のハウス暖房システムを設置して実証試験を行った。

成果の内容

①廃熱利用を想定した木質チップの低コスト乾燥設備

木質チップのうち切削チップなどは水分が50~60%w.b.と高く、燃料としてそのまま利用すると熱効率が悪いいため、前処理としてチップを乾燥させる必要がある。チップは野積みでも乾くが、燃料として適した水分まで乾燥するのに1年以上の長時間を要する。また、チップ乾燥にロータリーキルン式の通風乾燥機が用いられる場合があるが、250℃以上の高温が必要な上に設備が高額であるため、燃料として利用するチップの乾燥ではコストが見合わない。一方、バイオマス発電では発電時に発生する熱の半分以上が廃熱として棄てられているため、この廃熱を有効利用しようという動きがある。そこで、ネットフレコンを用いた1m³規模のチップの乾燥試験を行い(図1)、燃料として適した水分20%w.b.以下まで送風温度100℃で約10時間で乾燥できることを明らかにした(図2)。この試験結果をもとに、通気式堆肥舎と同一の構造物にチップを2.5m程度に堆積し、廃熱を利用して通風乾燥する設備を設計した(図3、図4)。この木質チップの通風乾燥設備は、2018年に秋田県の発電事業者と熊本県のチップ製造業者への設置が決まっている。

②木質バイオマス用の燃料定量供給機の試作

小型バイオマスバーナー(出力10万kcal/h程度)用として、スクリー径100mm程度のスクリーコンベア部と、容量1m³程度のホッパー部からなる燃料定量供給機を試作した。この定量供給機で切削チップを供給した場合に、節のあるチップや20~30mm程度の厚みのあるチップがスクリーコンベア内に挟まり供給不能になる問題が発生した。そこで、前処理としてチップを25mm目の角目篩で選別したところ、スクリーコンベア内での挟まりが発生せず定量供給が可能になった(図5上)。一方、切削チップより低質かつ安価で、燃料としての利用が期待されるボード原料用のピンチップは、100mm程度の長さのものがあつた。そこで、ハンマーミルなどの破碎機で下網径30mmで粗く砕くことにより、定量供給に支障がなくなつたことを明らかにした(図5下)。

③ロータリーキルン式バーナーの試作

市販のロータリーキルン式バーナーを一部改造し、作物残さや木質バイオマスに適応するバーナーを試作した。定格出力は 10 万 kcal/h (116 kW) であり、木質チップの定格供給量は約 25 kg/h である。ベースとなる市販機は燃焼部となるキルン (円筒) の外周から燃焼空気を送る構造であるが、作物残さや木質バイオマスを燃料とする場合には熔融対策などで燃焼温度を低く維持する必要があることから、キルンの中心からも送風できる構造とした (図 6)。このロータリーキルン式バーナーで木質チップの燃焼試験を行ったところ、安定した燃焼を得ることができた (図 7)。

④バイオマスボイラーによる貯湯式のハウス暖房システム

福島県伊達郡川俣町のイチゴ栽培ハウスに、貯湯式のハウス暖房システム (図 8) を設置し、木質バイオマスによるハウス暖房試験を行った。本システムは、燃料定量供給機、バケットコンベア、ロータリーキルン式バーナー、温水熱交換器、サイクロン集塵機、温水タンクからなるバイオマスボイラー式 (図 9) と、ハウス内に設置するラジエーター式放熱器 (図 10) で構成される。まず、定量供給機で燃料となる木質バイオマスをロータリーキルン式バーナーに供給し、バーナーで燃料をガス化燃焼させ、バーナーから吹き出す熱風で熱交換器内の水を温める。温まった温水を熱交換器と温水タンクとの間で循環させ、温水タンクに貯湯する。貯湯した温水をハウス内に設置したラジエーター式放熱器との間で循環させ、放熱器のダクトファンで送風することで温水から温風に熱交換してハウス内の暖房を行う仕組みである。日中に温水を貯湯し、ハウス内気温の下がる夜間に暖房を行うことを基本としている。

放熱器は自動車用ラジエーター部品を流用して試作したもので、従来品の半額以下と安価であり、ラジエーターを 2 枚使用した場合の暖房能力は水温 60~80 °C で 25 kW 程度である。放熱器はダクトファンの ON/OFF 制御により制御し、ハウス内気温は制御用センサー位置で ±1 °C 程度に制御できる。試作した放熱器は、ラジエーターの枚数により放熱能力を変えられることができる上に、季節を問わず安定した水温の井戸水が利用できる場合には、夏季のハウス内気温の上昇抑制などにも利用できる可能性がある。

本システムは貯湯式であるため、従来のペレット暖房機などが苦手とする細かな暖房負荷の変動に応じた暖房出力の調整が容易にでき、灯油暖房機などと比べ小型のバーナーでより大きな面積を暖房できる。また、ボイラー式に対して放熱器の台数を増やすことで、複数棟のハウスを同時に暖房し効率を上げることができる。一方、本システムにより木質バイオマスのみで暖房を行い、化石燃料を 100 % 削減しようとする、余った熱量を無駄にする可能性がある。そのため、既設の灯油暖房機などがある場合には、それをバックアップとして使用する。既設の暖房機がない場合は、灯油ボイラーなどをバックアップとして併設する必要がある。

切削チップの価格は、廃熱乾燥すれば石油換算で 50 円/L 程度、ピンチップは 30 円/L 程度である。石油換算 30 円/L のピンチップを燃料として使用すれば、現在 70 円/L 程度である石油価格に十分対抗でき、化石燃料を 5 割削減した場合で燃料費を約 30 %、8 割削減した場合で約 45 % 減らすことができると試算された。本システムは石油など化石燃料を使用する暖房機と比べ導入コストが割高であるが、安価なチップを使用することでコスト差は回収できる。

なお、本システムの小型のロータリーキルン式バーナーでは、燃焼時に放射性セシウムの揮発を完全に防ぐことは困難であり、放射性セシウムに汚染されていない木質チップなどを燃料として使用する必要がある。

具体的データ

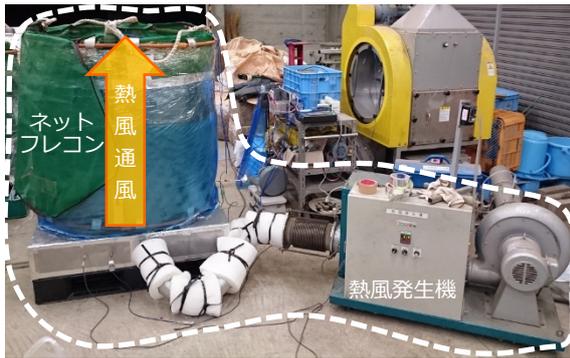


図1 1 m³規模のチップ乾燥試験装置

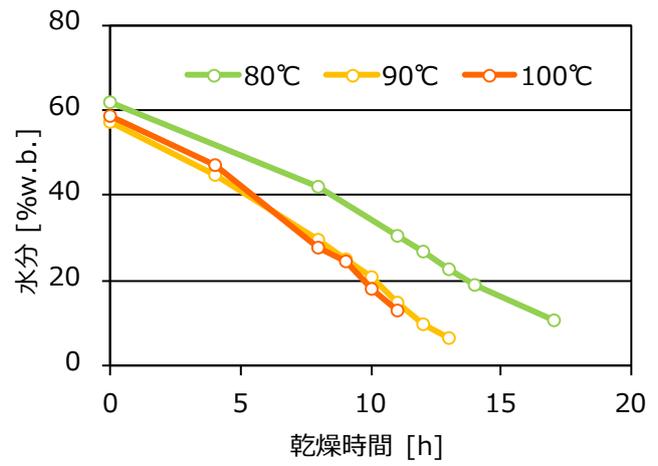


図2 送風温度別の乾燥経過

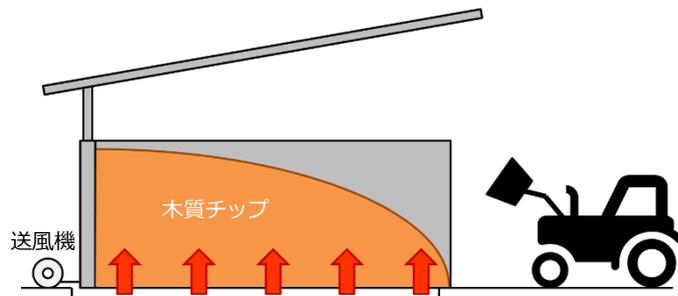


図3 通風乾燥設備の模式図



図4 通風乾燥設備のイメージ



図5 木質チップの前処理

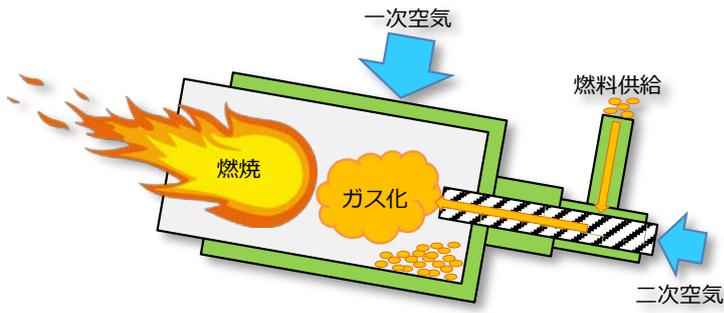


図6 ロータリーキルン式バーナーの模式図

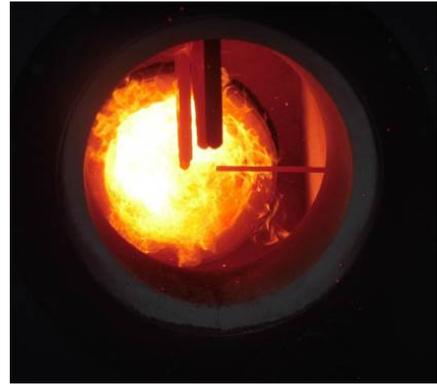


図7 ロータリーキルン式バーナーでの燃焼の様子

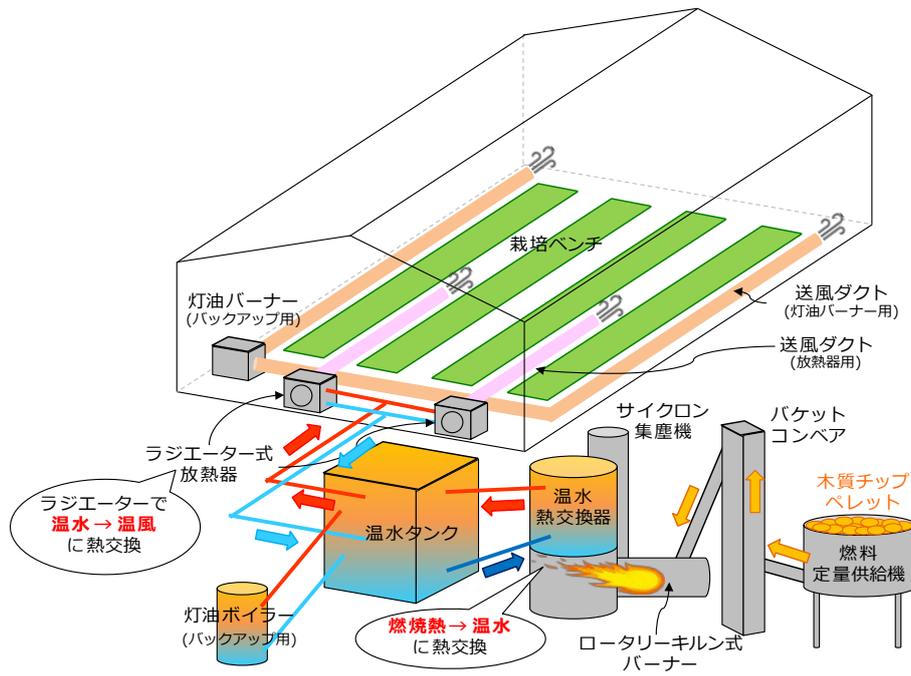


図8 ハウス暖房システムの模式図



図9 バイオマスボイラー式

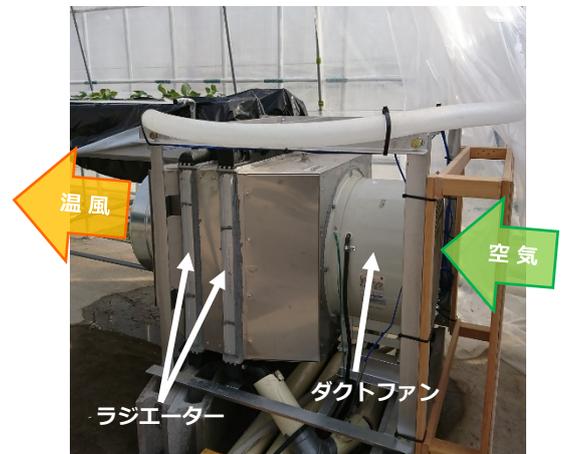


図10 ラジエーター式放熱器