

バイオマスボイラーによる 温室暖房システム の手引き

木質チップなどを燃やした熱でお湯を沸かし
お湯の熱で施設園芸用の温室を暖房するシステムです



NARO

農研機構

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

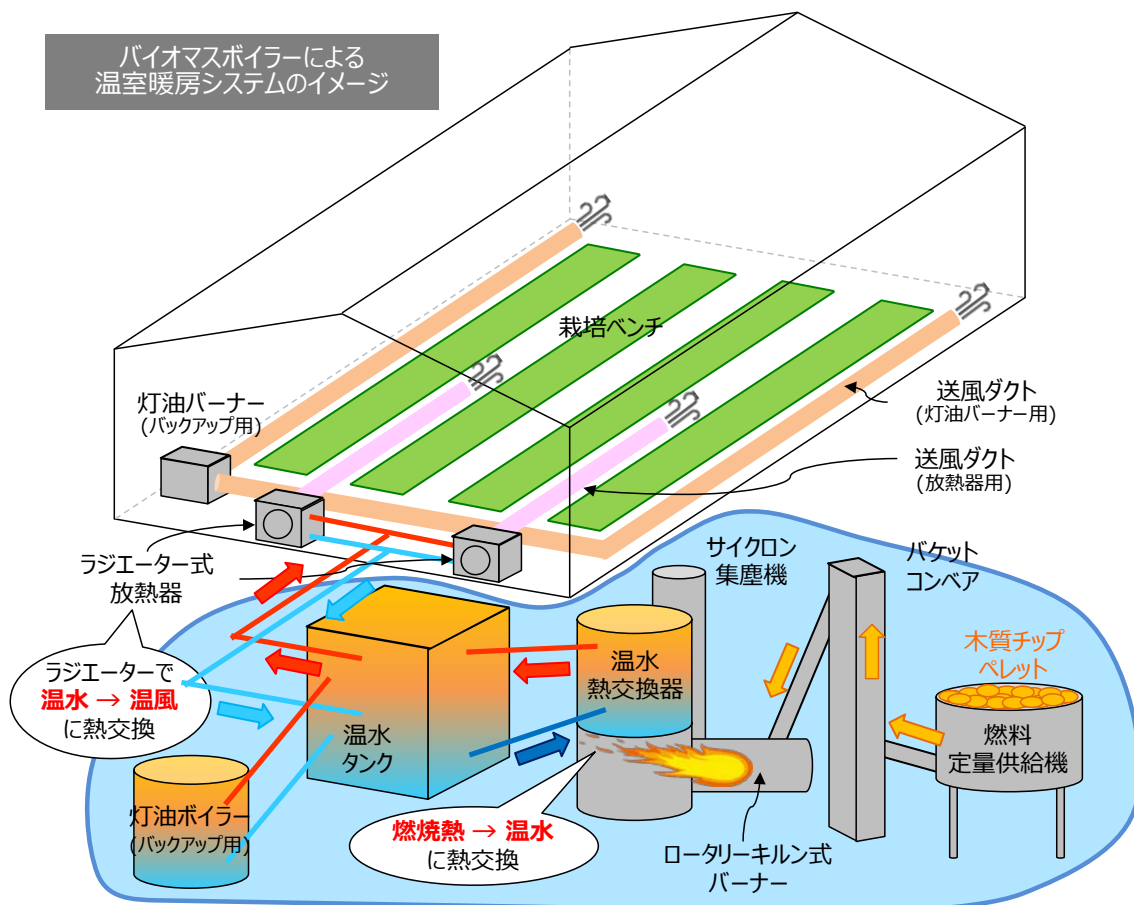
中央農業研究センター／東北農業研究センター

はじめに

施設園芸用の温室を暖房する燃料として、灯油やガスなどの化石燃料に替えて、木質チップなどのバイオマスを使うことで、燃料代の節減が可能なバイオマスボイラーによる温室暖房システムを作りました。

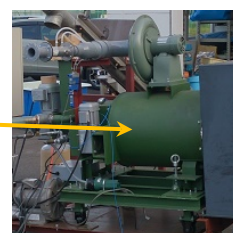
温室を暖房する暖房機は、灯油やガスなどの化石燃料を燃やした熱を温風として吹き出させて、温室内の暖房を行う方式が主流です。バイオマスボイラーによる温室暖房システムは、木質チップなどを燃やした熱で沸かしたお湯をタンクに貯めておき、必要なときに循環させて放熱装置で温風に熱交換することにより、温室を暖房するシステムです。タンクに貯めたお湯で暖房するので、暖房出力の調整が容易であるとともに、配管を分岐することで、一式のシステムで複数棟の温室を同時に暖房することができます。また、昼間にお湯を沸かし、暖房が必要な夜間は火を落としてお湯の循環のみで暖房ができます。

システムは、木質チップなどの燃料を燃やしてお湯を沸かすボイラー部と、お湯を温風に変換して暖房する放熱部とで構成されます。ボイラー部を構成する主な機器は、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、温水タンクです。このシステムは、従来の灯油やガスを燃料とする暖房機に比べると設備の導入費が 2～4 倍ほど高いですが、化石燃料に替えて安価な木質チップなどのバイオマスを使うことで燃料代を節減し、設備導入費の差を回収します。



システムの構成機器

ボイラー部	
燃料 定量供給機	木質チップなどの燃料を設定した量でバーナーに投入するための装置です。攪拌羽根を有するホッパー部と、スクリーオーガ式の搬送部からなります。
ロータリー キルン式 バーナー	木質チップなどの燃料を燃やす装置です。木質チップのほか、ペレットや粉状のものまで燃やすことができます。
温水 熱交換器	燃料を燃やした熱で、お湯を沸かす装置です。
サイクロン 集塵機	バーナーから出る排気から微粉塵などを回収する装置です。
温水タンク	沸かしたお湯を貯めておくタンクです。
放熱部	
ラジエーター式 放熱装置	ラジエーターにお湯を通しファンで風を送ることで、お湯から温風に熱交換して暖房を行う装置です。放熱装置 1 台にラジエーター 2 枚を使った場合、暖房能力は水温 60～80℃で 20～25 kW 程度です。



システムの導入

木質チップを燃料とする場合の、温室の規模別のバーナーや温水タンクなどの機器の容量と導入費の概算は、以下の通りです。この費用には補助金を含んでおらず、本システムの普及が進んだ場合の機器の価格を想定して試算しています。荷役機械はフォークリフトなどですが、出荷などほかの作業にも使用するため、負担率 50 %で計算しています。

設置 規模	バーナー 能力		温水 タンク 容量	最大 チップ 消費量	チップ 容量	設備導入費								
						[万円]								合計
						定量 供給機	バー ナー	熱交 換器	温水 タンク	放熱 装置	燃料 貯留槽	荷役 機械		
[a]	[kW]	[Mcal/h]	[m³]	[kg/d]	[m³/d]									
20	116	100	7	350	2.6	130	350	100	100	100	0	0	780	
60	348	300	14	1,050	7.8	300	600	200	250	300	100	100	1,850	
100	580	500	21	1,750	13.0	425	780	400	350	500	120	150	2,725	
200	1,160	1,000	35	3,500	26.0	600	1,100	600	500	1,000	225	150	4,175	

・最大チップ消費量は暖房が必要な夜間の14時間フル稼働の場合
・乾燥チップのかさ密度は135 kg/m³で計算

燃料の木質チップ

- ・木質チップには、切削チップやピンチップなどの種類があります。
- ・木質チップの発熱量は 20 MJ/kg 程度で、灯油(40 MJ/kg 程度)の約半分であるため、木質チップを燃料として使う場合に灯油と同じ熱量を得るためには、約 2 倍の容量が必要となります。
- ・切削チップは、パルプ原料などに使われるもので品質が高いですが、チップ製造業者で製造される切削チップは製紙業者など販売先が決まっていることが多く、価格が 25 円/kg 程度と高めであり、まとまった量を入手することが難しい場合が多いです。また、生木を砕いただけなので、水分が 50～60 %程度と高めです。
- ・ピンチップは、使用済みの荷役用木製パレットなどを廃棄するため砕いたもので、一部はコンパネなどのボード原料になりますが、15 円/kg 程度と比較的安価です。また、乾燥しており水分が低めです。

燃料チップの貯留槽

- ・20 a 規模では、1 日の最大チップ消費量が 350 kg で、容量にして 2.6 m³ であり、燃料のチップはフレキシブルコンテナ(フレコン)で保管します。
- ・60 a 以上の規模では、使用する燃料のチップが多くなるため、堆肥舎のような擁壁で囲まれた構造の貯留槽を設置して、バラ積みで保管します。降雨などでチップを濡らさないために、貯留槽には屋根が必要です。

燃料定量供給機

- ・定量供給機は、攪拌羽根を有するホッパー部と、スクリュウオーガ式の搬送部からなります。搬送部から燃料の木質チップを直接バーナーに投入しますが、必要に応じバケットコンベアなどを介させます。

ロータリーキルン式バーナー

- ・バーナーは、(株)エム・アイ・エスのバイオマスバーナーJoule-R を、木質チップなどバイオマスの燃焼用に構造を一部変更して使います。
- ・木質チップなどバイオマスは、燃焼温度が高温になり過ぎるとバーナーの炉内で溶融※する可能性があるため、燃焼温度が上がりすぎないようにする必要があります。Joule-R は標準ではキルン外周部からブローで空気を送風する構造ですが、燃料供給の流れと並流する方向に送風するためのブローを増設します。この増設したブローによる送風で、燃焼温度をコントロールします。

※溶融とは、木質チップなどの燃料が飴状に溶けた状態をいいます。溶融すると、燃焼後に炉内が冷めたときに溶けた燃料が固まり、炉内を傷める可能性があるため、溶融させないようにすることが大切です。

温水タンク

- ・100℃までの温度に耐えられ、かつ錆びにくい、ステンレスなどの材質である必要があります。
- ・タンクには、温水熱交換器およびラジエーター式放熱装置と水を行き来させるために必要な数の給排水口と、下部に1ヵ所以上の排水口を設けます。給排水口には、バルブに加えてストレーナーを設置することが望ましいです。
- ・温水熱交換器からの温水の入口は、タンクの上部に設けます。一方、タンクから温水熱交換器に戻る排出口は、タンク下部に設けます。ラジエーター式放熱装置に向かう温水の排出口は上部に設け、放熱装置からの戻り口は下部または中部に設けます。なお、温水熱交換器からタンクへの逆流を防止するため、タンク下部と温水熱交換器とを繋ぐ配管には逆止弁(スイングチャッキ)を設置することが望ましいです。
- ・タンクの外周を100mm厚の硬質ウレタンフォーム断熱材で覆って断熱します。硬質ウレタンフォーム断熱材は、熱硬化性樹脂であり100℃程度まで安定的に使用できることと、水や水蒸気を吸収しにくく、吸収しても断熱効果に影響が少ないために採用しています。なお、硬質ウレタンフォーム断熱材の厚さを50mmとして、その外側を硬質ウレタンフォーム断熱材より安価な押出法ポリスチレンフォーム断熱材50mm厚で覆うことで、タンクの製造コストを下げられます。

ラジエーター式放熱装置

- ・放熱装置は、自動車部品のラジエーターと、空調用のダクトファンを利用して作ります。材料費は1台12万円程度です。温室の広さにもよりますが、1つの温室に放熱装置2台を設置するイメージです。
- ・この放熱装置の作り方マニュアルを、農研機構のwebサイトに掲載しています。農研機構webサイト(<https://www.naro.affrc.go.jp/>)で、「ラジエーター式放熱装置」で検索してください。

直リンク : https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/121136.html

- ・温室の規模が大きく、たくさんの放熱装置が必要な場合は、身近な業者に外注するなどしてください。



配管およびポンプ

- ・温水熱交換器と温水タンクの間および温水タンクとラジエーター式放熱装置の間の配管には、耐熱ホース(例：十川産業 THE-25)や耐熱硬質ポリ塩ビ管(HT 管)などを用います。配管径は 25A(1 インチ)程度が適当です。HT 管を用いる場合は、市販のポリエチレンフォームの保温チューブのほか、水道配管用の硬質ウレタンフォームの配管保温材(例：イノアック パイプガード)を用いると、配管支持材などを使った設置が容易になります。
- ・ラジエーター式放熱装置に使用する自動車部品のラジエーターは、ハイエース用を用いた場合はホース接続口の口径が 40A(1 1/2 インチ)なので、送水ポンプの口径や配管径が 25A の場合は、異径継手(異径ソケットなど)を用いて配管径を変える必要があります。
- ・送水ポンプとして、シールレスポンプ(例：エレボン化工機 SL-20N)を使用します。使用する環境や設置規模などに応じて、適当なポンプを選定してください。また、常時稼働する際には振動音が発生する場合があります。ポンプ設置時には、防振ゴムワッシャーを使用するなど振動対策を施すことが望ましいです。

システムの使 い方

システムの運転方法

- ・燃料定量供給機のホッパー部に燃料(木質チップなど)を充填し、搬送部のスクリーオーガで燃料をロータリーキルン式バーナーに投入します。
- ・バーナーで燃料をガス化燃焼させ、その燃焼熱で温水熱交換器内の水を温め、お湯を沸かします。
- ・沸かしたお湯を熱交換器と温水タンクとの間で循環させ、お湯を温水タンクに貯めます。
- ・温室内の気温が下がり暖房が必要になったら、温水タンクに貯めたお湯を、ラジエーター式放熱装置との間で循環させ、放熱装置のファンで送風することで、お湯から温風に熱交換して吹き出させ温室内を暖房します。
- ・昼間に燃料を燃やしてお湯を沸かし、気温の下がった夜間に暖房を行うことを基本とします。

木質チップの前処理

- ・この手引きで示すような比較的小さい能力のバーナーで燃料としてチップを燃やす場合、水分が高いと水分の蒸発に熱量が使われて熱効率が悪くなるため、前処理として燃やす前に水分 20 %以下程度に乾燥させる必要があります。
- ・切削チップは厚みのあるものや節が、ピンチップは長さのあるものが、定量供給機のスクリーオーガの間隙に挟まり、燃料の供給停止に陥る恐れがあります。そのため、前処理として、切削チップについては 25 mm 角程度の目幅の篩(ふるい)で選別します。ピンチップは、ハンマーミルなどの粉碎機で下網径 30 mm 程度で粗く砕くなどの前処理が必要です。

システムの効率的な運転方法

- ・灯油など化石燃料を使わず、すべて木質チップなどバイオマスを燃料に使おうとすると、お湯を沸かしすぎて余った熱量が無駄になる場合があります。そのため、木質チップなどですべて賄おうとせず、灯油などの暖房機をバックアップ用として併用することが望ましいです。
- ・温室に既設の暖房機(灯油やガスを燃料とするバーナーもしくはボイラー)がある場合は、これをバックアップ用に使用します。一方、既設の暖房機がない場合は、灯油ボイラー(例：長府製作所 業務用温水ボイラー)をバックアップ用としてバイオマスボイラーと併設し、温水タンクに温水を供給できるようにします。

システムの試算

温室暖房システムによる燃料費の節減額を試算した結果が、以下の表です。トマトとピーマンの生産に要する燃料費は、2007年度の茨城県のデータを使用しており、A重油価格は70円/Lでの試算です。比較的安価なピンチップ(15円/kg)を使用した場合で試算しました。

- ・温室暖房システムは設備導入費が従来の石油暖房機に比べて2～4倍ほど高いですが、石油に比べて安価な木質チップを燃料として使うことで、設備導入費の差を回収します。
- ・木質チップを燃料として使った場合の1年間の節減額が、減価償却費の差額より大きければ、設備導入費が高い分は回収できることになります。
- ・この試算結果では、20a規模で5割代替の場合を除き、温室暖房システムの設備導入費の差は回収できる試算となります。
- ・設置規模が大きくなるほど、また木質チップでの代替率が高くなるほど、燃料費の節減額は大きくなります。

設置 規模 [a]	設備導入費 [万円]		減価償却費 [万円]			燃料費(A重油) [万円/作]			燃料費(木質チップ) [万円/作]			チップ利用の節減額 [万円]		
	温室暖房 システム	石油 暖房機	温室暖房 システム	灯油 暖房機	差額	トマト 冬春作	ピーマン 冬春作	合計	トマト 冬春作	ピーマン 冬春作	合計	5割 代替	8割 代替	10割 代替
20	780	200	111	29	82	79	138	217	34	59	93	62	99	124
60	1,850	600	264	86	178	237	413	650	102	177	279	186	297	371
100	2,725	1,000	389	143	246	395	688	1,083	169	295	464	310	495	619
200	4,175	2,000	596	286	310	790	1,376	2,166	339	590	929	619	990	1,237

- ・システム価格には補助金を含まず、普及が進んだ場合の価格で試算
- ・減価償却費は償却年限7年で計算
- ・A重油70円/L、木質チップ15円/kg (2kgでA重油相当熱量として30円/L)として計算

応用的なシステムの利用について

- ・この手引きでは、お湯の熱源としてバイオマスボイラーを示していますが、お湯を介すシステムですので、ヒートポンプや各種廃熱、あるいはそれらの組み合わせなど、多様な熱源を用いることができます。
- ・冬季の地下水温度が気温よりも高ければ、地下水をそのままラジエーター式放熱装置にかけ流すことで、バイオマスや化石燃料などの燃料を要さず、凍結防止のための暖房(加温)をすることもできます。

2020 年 3 月 作成

「バイオマスボイラーによる温室暖房システムの手引き」

著者：竹倉憲弘、山下善道、金井源太

＜内容についてのお問い合わせ先＞

農研機構 中央農業研究センター

研究推進室 広報(問合せ窓口)

TEL: 029-838-8481(代表)

<https://www.naro.affrc.go.jp/inquiry/>

※ この手引きの記載内容を転載・複製する場合は、
農研機構 中央農業研究センターの許可を得てください。