

地域による地域のための
木質バイオマス利用を
総合サポート



株式会社WBエナジー

〒101-0021 東京都千代田区外神田5丁目5-10
TEL 03-4405-8088 FAX 03-4496-6413
Mail info@wbenergy.co.jp
<http://wbenergy.co.jp>



本資料の内容は、KWB 社および株式会社WB エナジーの知的財産です。事前の書面による申請許可なしに、
本内容の全部または一部を使用・転載することをお断りします。

技術解説

**バイオマス熱利用のエンジニアリングと
KWBボイラー**



株式会社WBエナジー

Contents

1. はじめに バイオマス熱利用のエンジニアリング

1.1 バイオマス熱利用固有の技術	3
1.2 バイオマスエンジニアリング会社としてのWBエナジー	3
1.3 バイオマスエンジニアリングの重要性	4

2. バイオマスボイラーの基本構造

2.1 化石ボイラーとの構造の違い	5
2.2 システム構成と出力選定の留意点	5
2.3 小型バイオマスボイラーの特徴	6
2.4 煙管の結露防止	6
2.5 大型バイオマスボイラーの特徴	7
2.6 熱需要の特性に合った運転タイプの選定	8

3. バイオマスボイラーの安全装置

3.1 安全に配慮が必要な部分	9
3.2 缶水の沸騰防止	9
3.3 機械室内への一酸化炭素放出防止	10
3.4 逆火防止	10
3.5 スクリューの非常停止機構	11

4. エネルギー棟設計のポイント

4.1 エネルギー棟レイアウト	12
4.2 ボイラー室の吸排気	13
4.3 煙突の設計	13
4.4 サイロ容積	14
4.5 燃料供給装置	14

5. 蓄熱タンクの役割

5.1 蓄熱タンクの機能 バッファ・ストレージ機能	16
5.2 低負荷時への対応	16
5.3 ピーク負荷への対応	17
5.4 温度成層と蓄熱量	17

6. バイオマスボイラーの運転制御

6.1 タンクの温度成層とボイラー制御	18
6.2 蓄熱タンクの温度成層に果たす三方弁の役割	20
6.3 蓄熱タンクから熱需要先への送り温度制御	21
6.4 化石ボイラーの制御との違い	21

7. 燃料と規格

7.1 ボイラーと燃料品質基準	22
7.2 KWBバイオマスボイラーの燃料寸法基準	23
7.3 KWBの水分基準	24
7.4 水分と出力の関係	25

8. バイオマスボイラーにかかわる規制と届出

8.1 バイオマスボイラーにかかわる各種規制について	26
8.2 労働安全衛生法（ボイラー及び圧力容器安全規則）の改正	26
8.3 大気汚染防止法によるばい煙発生施設の要件緩和	27

■ おわりに 地域が潤うエネルギー利用

■ 取扱製品のご紹介

1. はじめに バイオマス熱利用のエンジニアリング

1.1 バイオマス熱利用固有の技術

バイオマスボイラーによる熱利用は、化石ボイラーに比べ高めのイニシャルコストを、安価なバイオマス燃料で投資回収するビジネスモデルです。投資回収期間は長く、わずかの設計ミスでも長期的には事業性を大きく毀損することになりかねません。

バイオマスボイラーは、水分・性状が均一でない固形燃料を使用することから、①燃料を円滑に送る技術、②効率的に燃焼して熱を回収する技術、および③需要側の熱負荷変動に対応する技術は、化石ボイラーのそれとは大きく異なります。

これらバイオマス固有の技術を現場で適切に応用することによって、事業性・利便性の高いバイオマス利用が可能となります。

1.2 バイオマスエンジニアリング会社としてのWBエナジー

WBエナジーは日本で数少ないバイオマス熱利用のエンジニアリング会社として、この分野で最先端を行く欧州のバイオマス技術を、日本の事情に合わせて現場に適用してきました。2024年5月現在、当社のエンジニアリングで導入されたバイオマスボイラーは35か所に達しています。

本資料は、こうした経験を踏まえ、バイオマス導入を検討されるお客様に、主に弊社が取り扱う小型のチップボイラーを中心にその技術ポイントを解説するものです。

本資料はチップボイラーを対象としていますが、ペレットボイラーの技術も、おおむねチップボイラーと共通です。

図表1-1 WBエナジーの導入実績



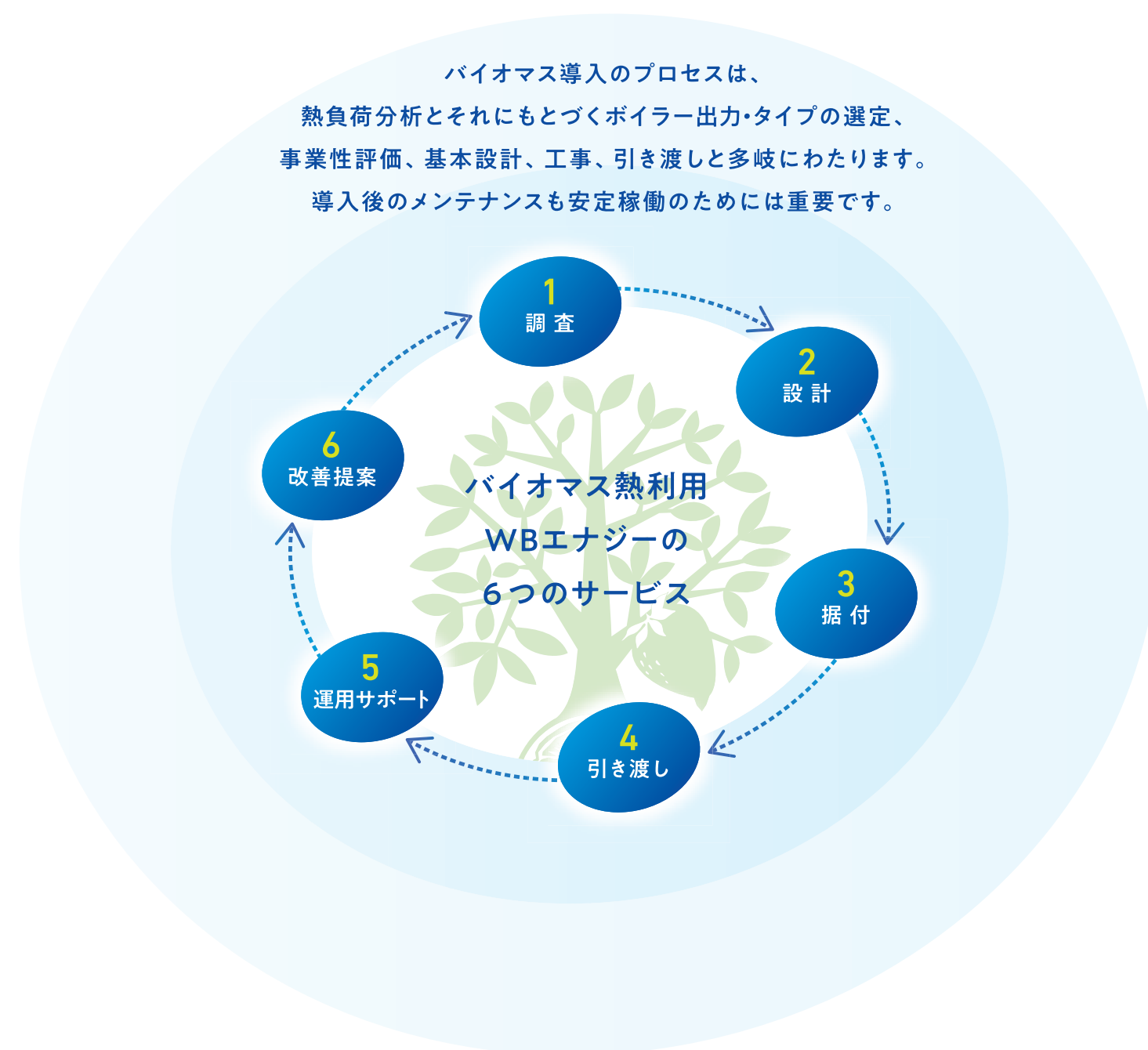
1.3 バイオマスエンジニアリングの重要さ

バイオマスボイラーは出力規模に比例してボイラー本体のみならず周辺設備機器やボイラー室・サイロも大きくなって、導入コストも上昇していきます。この点からも、ボイラー規模の選定は重要です。

適切なエンジニアリングがなされていない施設では、導入コストが割高になるだけでなく、バイオマスボイラーの稼働が安定せず、代わって化石ボイラーが頻繁に稼働してしまうなどで、事業性が大きく毀損されてしまいます。

WBエナジーでは、バイオマスボイラー本来の能力を十分に引き出せるよう、熱負荷分析に基づくボイラー規模の選定、事業性シミュレーション、熱供給システムの提案から、工事、アフターサービスまで、一貫してお客様をサポートできるような体制整備につとめています。

図表1-2 WBエナジーの体制



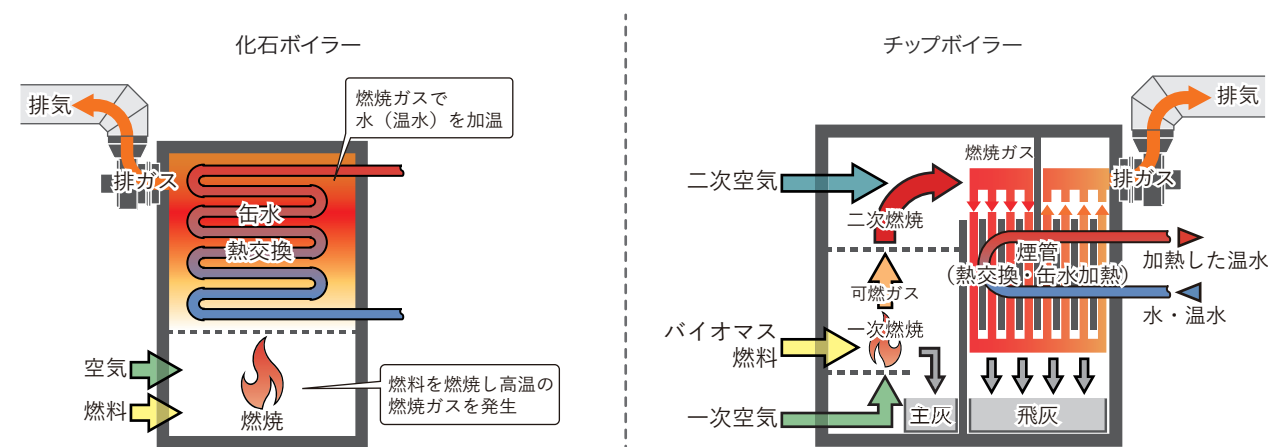
2. バイオマスボイラーの基本構造

2.1 化石ボイラーとの構造の違い

品質が一定で、安定燃焼が容易な燃料を使用する化石ボイラーは、一度着火すれば燃料を空気に混合して炎に噴霧し続けるだけで、燃焼が継続されます。消火時は燃焼室への燃料の供給を停止すれば、短時間で室内に残る燃料が全て燃焼し、ボイラーは停止します。ボイラーの基本構造は単純です。

これに対し、固形燃料であるバイオマス燃料とするボイラーでは、一次燃焼で可燃性ガスを発生させ、二次燃焼でこのガスを高温で完全燃焼させて熱を回収する構造であり、化石ボイラーに比べ燃焼プロセスは多段階になります。また固体燃料なので着火・消火に長時間を要し、含まれる成分の関係上、燃焼時に発生する灰への対応も必要となります。

図表2-1 化石ボイラーとチップボイラーの構造の違い

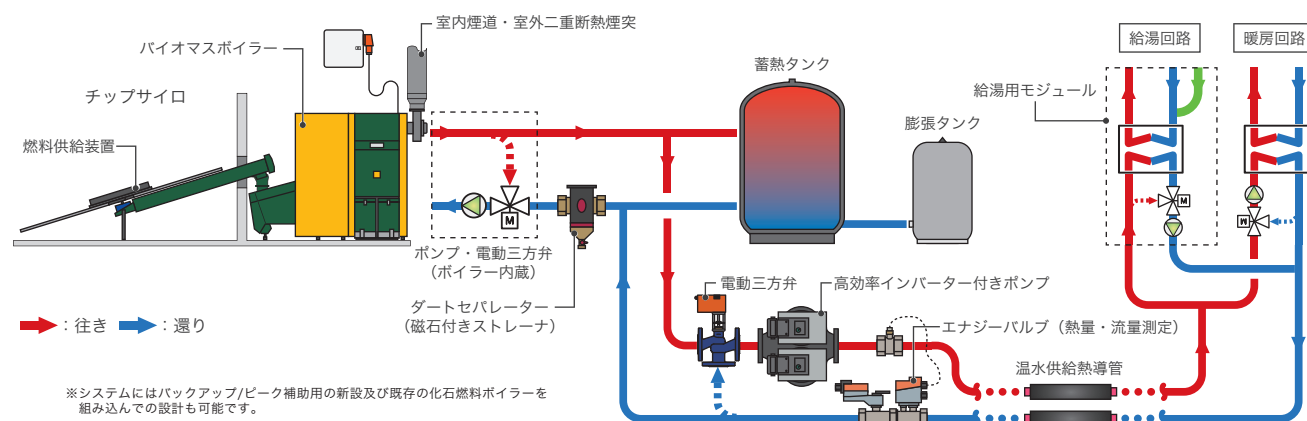


2.2 システム構成と出力選定の留意点

バイオマスボイラーは、化石燃料ボイラーと比較して着火・消火ならびに負荷追従に時間を要することがから、この特性を補うため、バッファの役割を持つ蓄熱タンクとの組み合わせによるシステム構築が不可欠です。

また、バイオマスボイラーの特性から、可能な限り運転のオンオフの頻度を少なくすると同時に、バイオマス依存率（化石燃料をどれだけ代替するか）を高めることのできるボイラーの最適規模を選定することも重要です。

図表2-2 バイオマスボイラーの熱利用システムの例



2.3 小型バイオマスボイラーの特徴

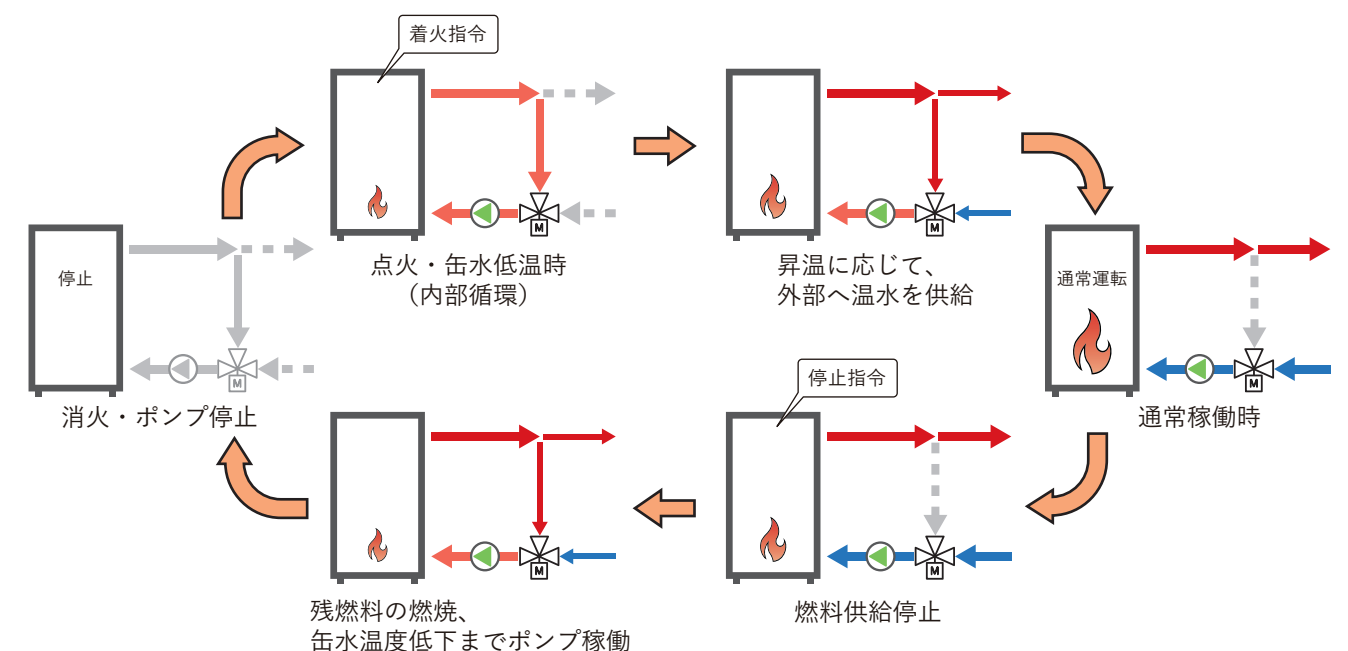
バイオマスボイラーは大きく、「断続運転タイプ」と「連続運転タイプ」とに区分されます。それぞれで、使用する燃料や対応する熱需要が異なります。

水分管理されたチップを使う小型ボイラーの場合は、着火・消火の間欠断続運転が可能です。熱交換機が縦型で燃焼炉と一体となっている構造のものです。自動でオンオフ運転をします。燃焼炉が小型のため燃焼から熱供給までの立ち上がり時間も短く、消火時も余剰熱排出量は少なめです。

このため、1日の間に熱需要が何度も大きく変動する、もしくは季節間でベース熱負荷が大きく変動する施設でも、バイオマスのみで熱供給することが可能です。

断続運転タイプのボイラーの出力は、30kWから500kW程度までで、複数台で、最大1,000kW程度の組合せが可能です。これは、灯油換算で数十万リットル相当の熱需要に対応します。

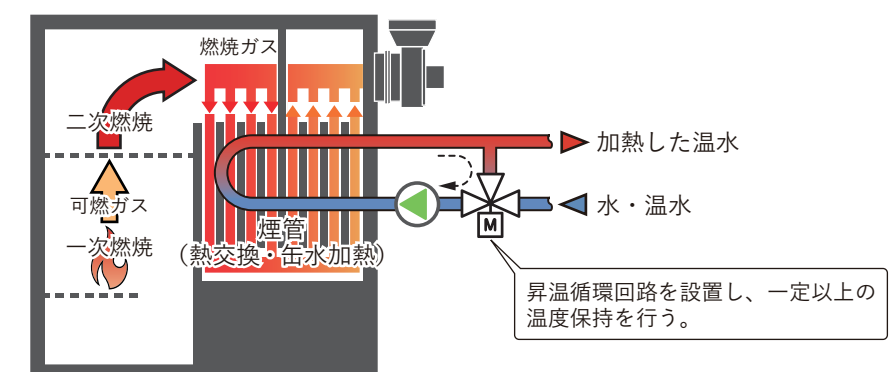
図表2-3 小型バイオマスボイラーの運転プロセス



2.4 煙管の結露防止

排ガス内には微量ながらも硫酸化合物が含まれているので、排ガス温度が100℃を下回り、排ガス内の水蒸気が結露すると熱交換器（煙管）・煙道の腐食が発生します。

図表2-4 煙管の結露防止の仕組み



断続運転可能な小型ボイラーはオンオフを繰り返すため、缶水温度が低い時からの立ち上げ回数も多くなります。この場合排ガスが結露しやすくなるので、図表2-4のようにボイラーに循環昇温回路を接続し、缶水の速やかな昇温と、一定以上の温度を保持するようにしています。

特に小型ボイラーでは結露防止を兼ねたポンプ・三方弁の制御は必須の設備です。

2.5 | 大型バイオマスボイラーの特徴

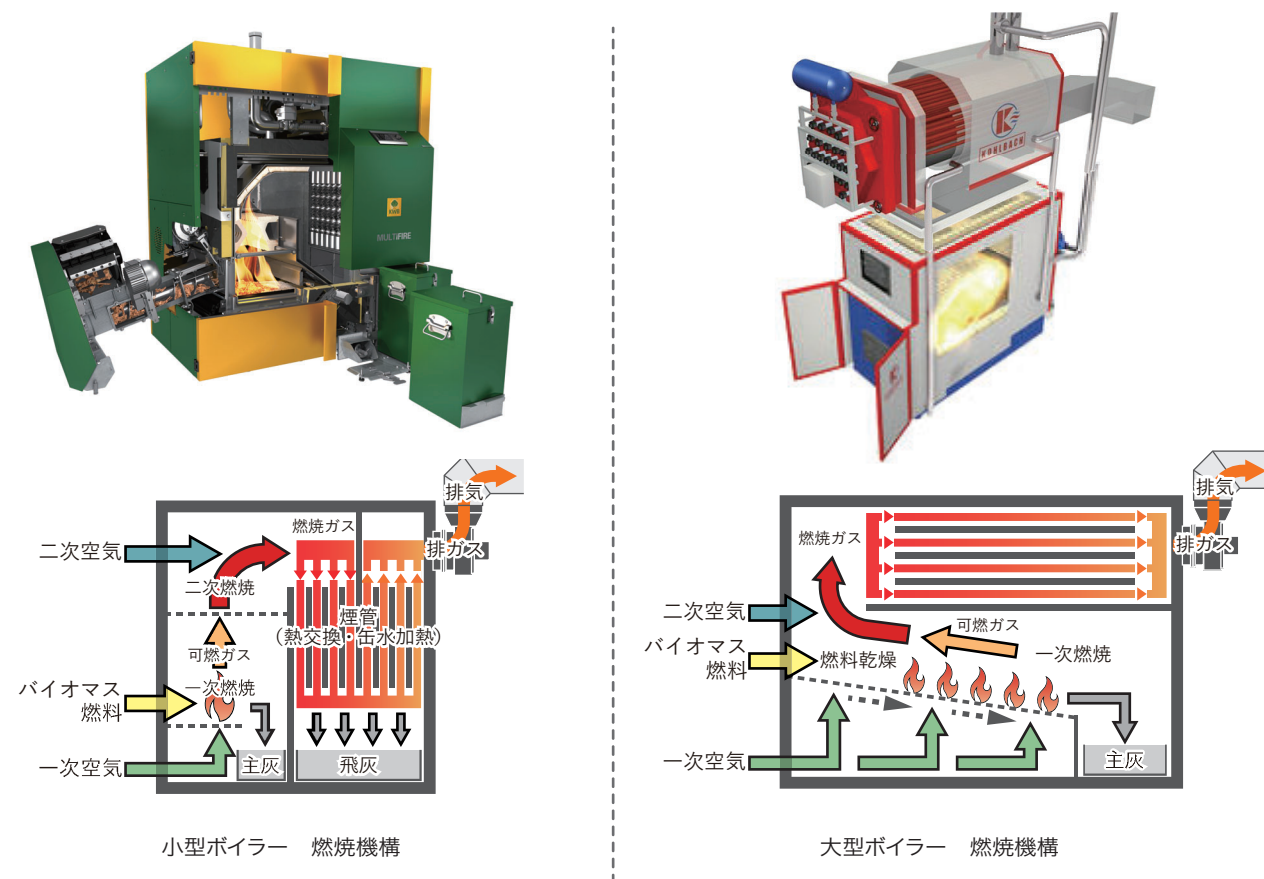
連続運転タイプは一般に大型の熱需要向けです。熱交換器が横型で、燃焼炉を大型化できるため、低質燃料に対応した燃焼炉の工夫が可能です。

燃焼炉が大きいため出力調整がより緩慢であり、着火から出力安定まで時間がかかり、低負荷時に着火・消火のオンオフの連続的な運転もできないため、低負荷の対応はできません。このため、常に一定以上の熱需要がある大型施設、工場のプロセス熱などの大型熱需要向きです。

大型バイオマスボイラーは導入コストは割高ですが、安価な低質燃料の使用によりランニングコストを大幅に低減させることによって、高額な導入コストを回収するのが基本です。

その場合、燃料の特性に合った燃料供給装置を組み合わせるなど、システムとして対応することが重要です。

図表2-5 バイオマスボイラー 小型と大型の構造の違い



図表2-6 小型ボイラー用チップと大型ボイラーで利用可能な燃料例



2.6 | 熱需要の特性に合った運転タイプの選定

このように、断続運転可能な小型ボイラーと、連続運転が要求される大型のボイラーでは、使用する燃料と対応する熱需要が大きく異なります。

ボイラーメーカー選定の前に、まずは熱需要の特性、および使用する燃料の特性に合ったボイラータイプを選定することが重要です。

図表2-7 チップボイラー 運転タイプによる特徴の違い

大型ボイラー	断続運転可能タイプ	連続運転可能タイプ
運転の特徴	オン/オフの所要時間が比較的短い	オン/オフの所要時間が長く、低負荷の季節・時間帯での稼働方法が効率を左右
最大対応水分(%)	35～45%まで(機種により異なる)	40～50%まで(機種により異なる) それ以上でも対応できる場合もある
燃料性状	制約あり(メーカー、機種により異なる) 常時使用するチップ水分は35%以下を推奨	低質な燃料でも対応可能 適切な搬送機器の選択が前提
ボイラー効率	90%以上	～85%以上
ボイラー出力	小～中型(～500kW程度まで。複数台の組み合わせも可能)	中～大型(数百kW程度の物もあるが、事業性からすると1MW以上)
出力調整	100～30% 30%以下になるとボイラー停止	100～30% 常時運転し続ける必要あり 出力30%以下となると失火の可能性あり
ボイラーの大きさ	コンパクト	大型
本体価格	低め	高め
推奨する利用施設	小～中規模(石油換算で数～数十万L/年使用)の熱需要施設	年間ならびに1日を通じて安定した熱負荷がある大型施設のベース負荷、産業用プロセス熱

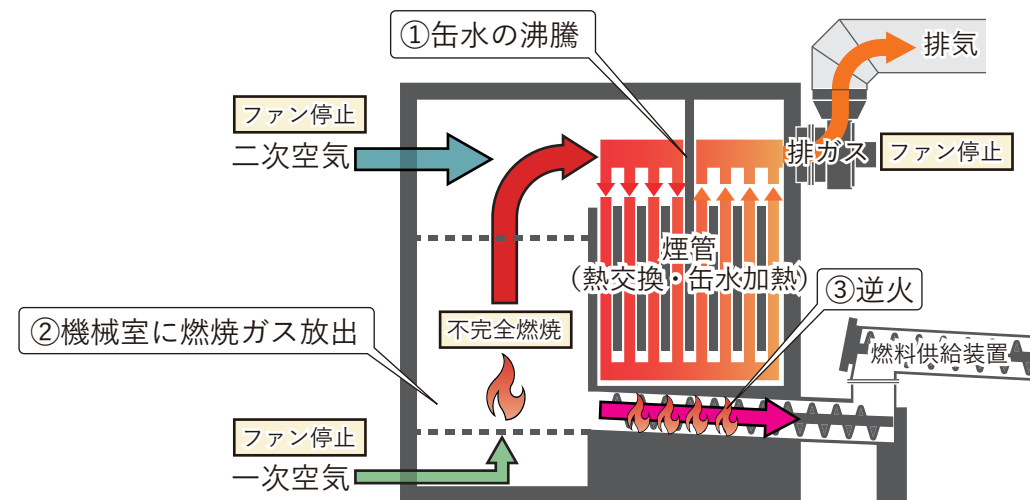
3. バイオマスボイラーの安全装置

3.1 | 安全に配慮が必要な部分

固形燃料を利用するバイオマスボイラーは、停電等で動力が停止した場合でも、炉内に燃料が残り、しばらく燃焼が継続します。仮に無対策のまま燃焼が継続した場合、①缶水の沸騰、②機械室への一酸化炭素放出、③サイロ内の燃料への引火（逆火）、という事故に繋がる恐れがあります。

このため、バイオマスボイラーには、以下のような各種安全対策が施されています。

図表3-1 安全対策が要求される部分

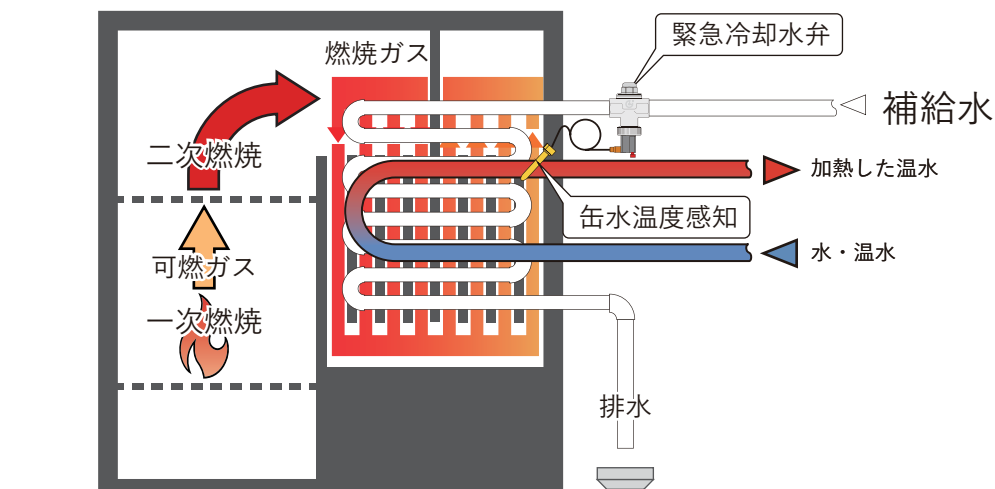


3.2 | 缶水の沸騰防止

停電になった場合、残り火が熱を放出しますが、ポンプも停止するため、そのままではオーバーヒートする可能性があります。ボイラーが高温にさらされることで、変形や破損の原因にもなりかねません。

KWB社のボイラーでは、缶水温度が設定した高温に達すると、図のように電力を必要としないシステムが作動し、缶内に設けられた熱交換器に冷却水を注入し、缶水を冷却する機構を付属させています。

図表3-2 緊急冷却システム

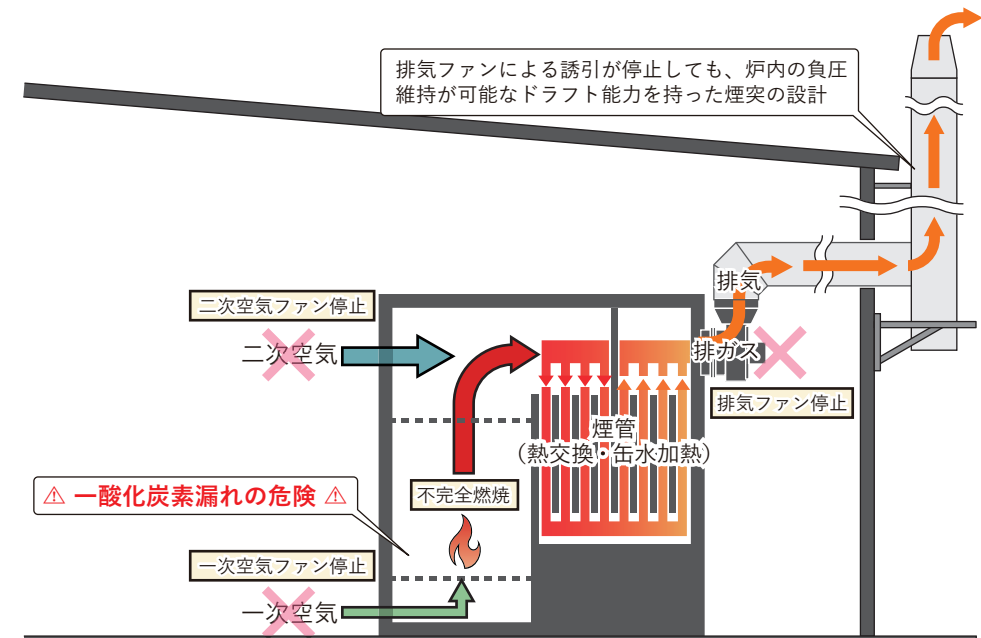


3.3 | 機械室内への一酸化炭素放出防止

一次燃焼で発生する燃焼ガスは有毒な一酸化炭素を含んでいますが、これは二次燃焼でエネルギーとして取り出したうえで、誘引ファンにより煙突を経て排出されます。

停電等になると一次燃焼空気・誘引ファンも停止するので、一酸化炭素がボイラー室に漏れる恐れがあります。煙突のドラフト効果が十分であれば、停電となっても排ガスは煙突より排出され、ボイラー室に漏れることはありません。

図表3-3 ドラフト効果による一酸化炭素放出対策



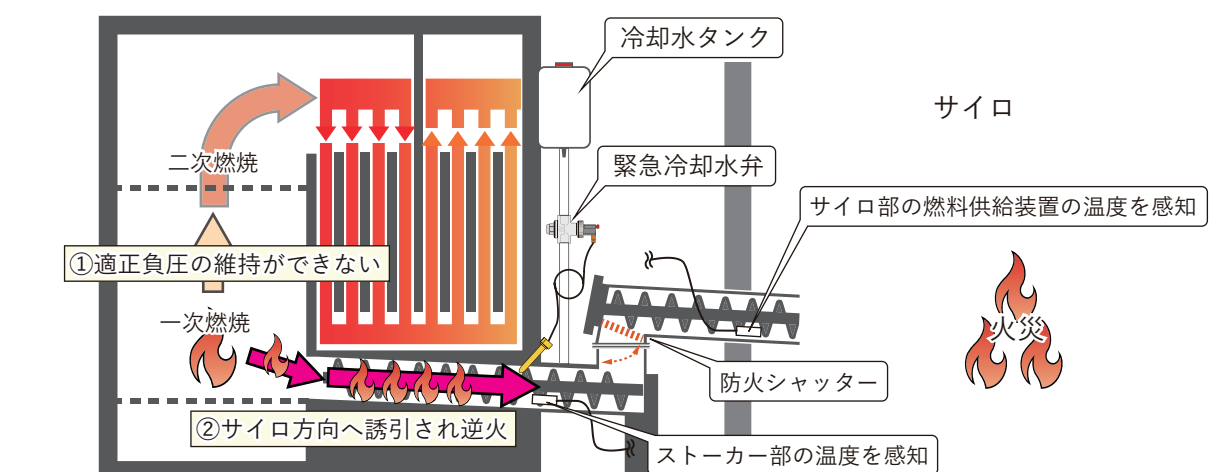
3.4 | 逆火防止

ボイラーは、稼働中に燃料を送り続けることで、搬送機器ならびにサイロ内の燃料に引火しないよう設計されていますが、停電等で燃料供給機器が停止した場合、供給装置内の燃料に炉内の残り火の熱が伝達し火災を発生させかねません。

このため、バイオマスボイラーには、逆火防止対策として、燃料搬送装置内に燃料の経路を物理的に遮断する機構が据えつけられています。

また、なんらかの理由で搬送機器内が高温になった場合、燃料に注水して燃料を湿らせ、逆火を防止する機構を持たせているタイプもあります（機種により異なります）。

図表3-4 逆火防止機能：燃料搬送装置の遮断機構の例

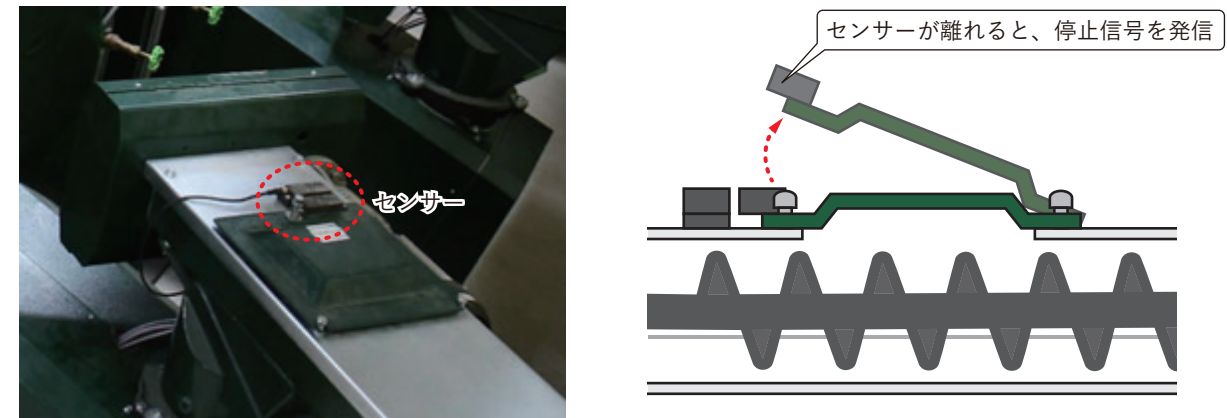


3.5 | スクリューの非常停止機構

燃料がスクリューに絡んだりする場合、スクリューのカバーを開けて、詰まりを除去するなどの作業が必要になります。この際、誤ってスクリューが動いたりすると大けがをする恐れがあります。スクリューには必ずセンサーなどの安全装置を取り付け、カバーを開けたりすれば自動で止まるような機構とします。

KWBボイラーのスクリューへのアクセス部分にはセンサーが取り付けられており、この部分に異常があったり開閉したりする場合、自動でスクリューが停止するようになっています。

図表3-5 非常停止機構の例



4. エネルギー棟設計のポイント

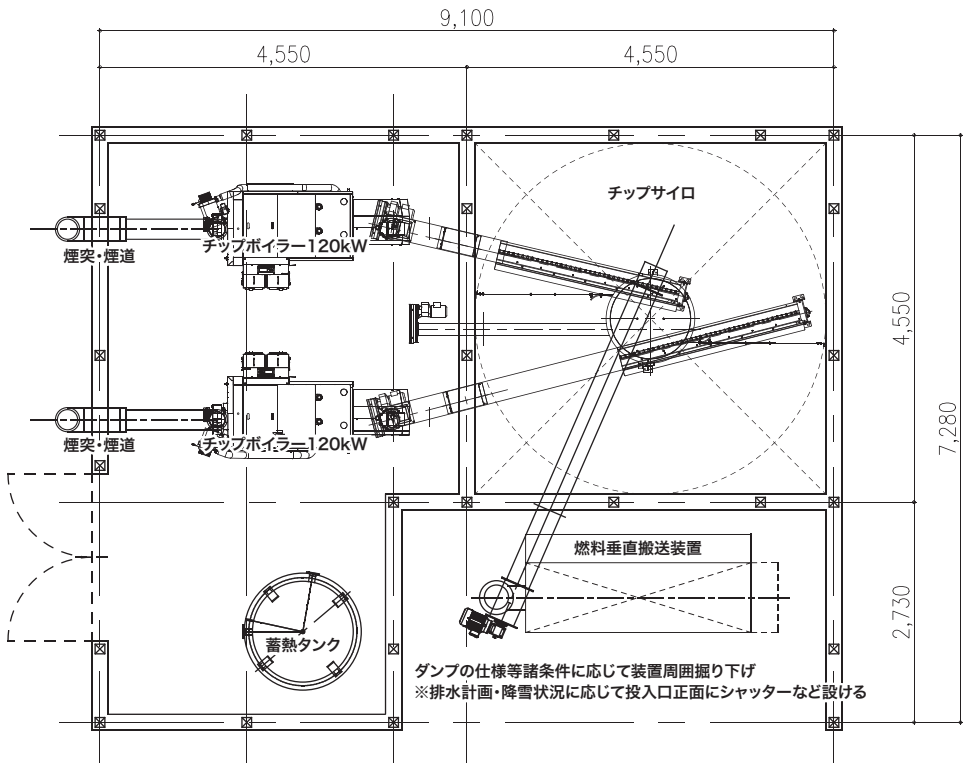
4.1 | エネルギー棟レイアウト

バイオマスボイラーは、二次燃焼構造を持つこと、灰の除去が必要なことなどから、化石ボイラーに比べ躯体は大きくなります。また、蓄熱タンクと組み合わせるので、ボイラー室も相応のスペースが必要となります。加えて、エネルギー密度が低いチップを貯蔵する燃料庫もその分、大きくなります。

このため、バイオマスボイラーは、熱利用施設とは別にエネルギー棟を建設し、ここから熱導管にて熱供給する方法が一般的です。

なお、エネルギー棟より施設への熱供給は断熱性能の高い熱導管を使えば、熱損失はほとんど気にする必要はありません。ただし、距離が長くなればなるほど、熱導管のコストは増大します。

図表4-1 エネルギー棟レイアウトの例 240kW



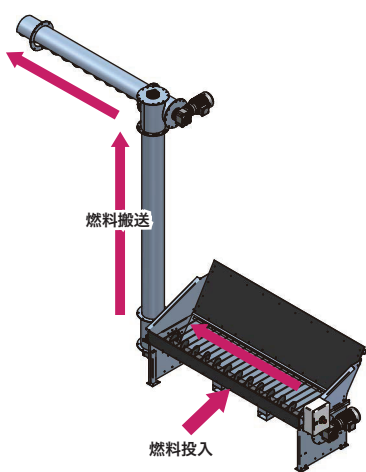
図表4-2 温水供給熱導管



ロール状の温水供給熱導管
最大長は関係によって異なる

継ぎ手部分

図表4-3 燃料垂直搬送装置



4.2 | ボイラー室の吸排気

ボイラーは燃焼のため、常に酸素を必要とします。ボイラー室は、十分な吸気量を確保できるための換気用開口を設置することが重要です。

また、機械換気装置を設置する場合は、ボイラー室が負圧にならないよう、ボイラー換気用開口部とは別に給気ファンとセットでつけるなどして、吸排気のバランスを保つようにします。

4.3 | 煙突の設計

ボイラーの排ガスは、煙突内を上昇し排出されます。燃焼の最適化と円滑な排気のためには、このドラフトが煙突の抵抗を十分に上回ることが必要です。煙突は径が太ければ煙突での抵抗は小さくなります。煙突が高く、又はボイラーの排気温度が高いほど、ドラフト効果が発揮されます。

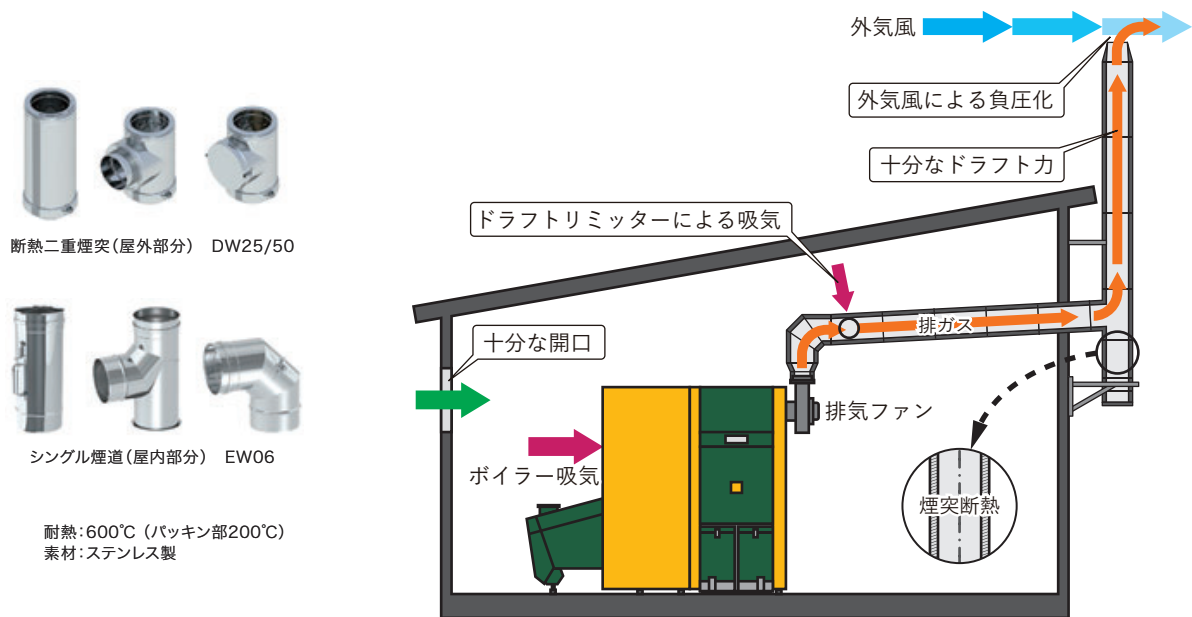
特に断続運転タイプの高効率な小型ボイラーは排煙温度が低いため、ドラフト効果を発揮するための煙突の径と高さを確保することが重要です。WBエナジーでは、必要なドラフト量を確保する煙突の仕様は、ドラフト計算ソフトを用いて計算しています。

また排ガスは排出される過程で温度も低下していきます。このため、煙突は断熱性能の高い二重構造とすることが不可欠です。断熱性能が悪いと、煙突内で結露が発生し、煙突の汚れ・腐食の原因となります。煙道が長くなるとボイラーの排気に支障をきたす恐れがあるため、煙道距離は可能な限り短くすることも重要です。

図表4-4 断熱煙突の例



図表4-5 煙突設計基本仕様



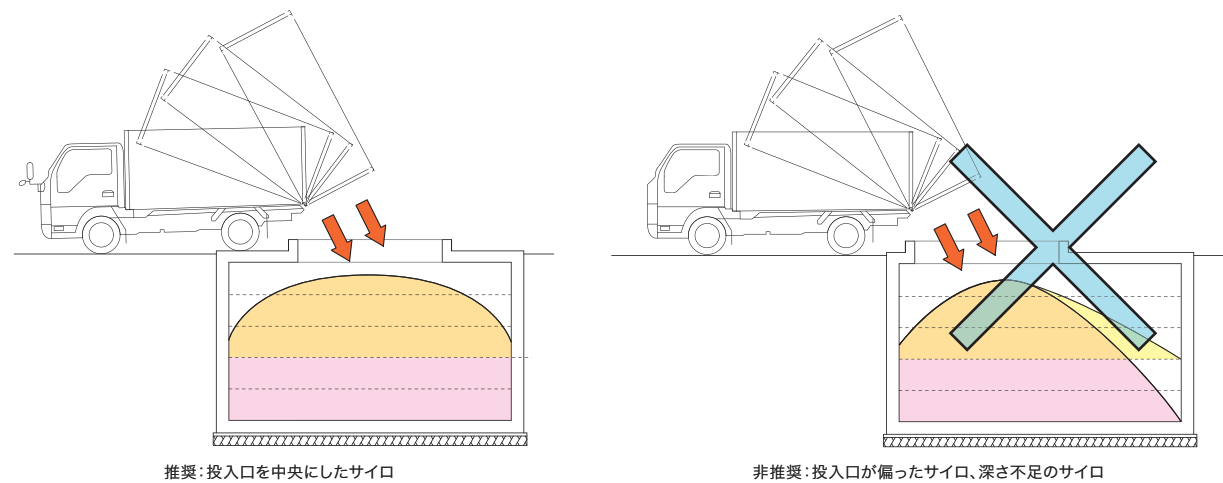
4.4 | サイロ容積

チップサイロで重要なのは、容量の確保です。年末年始などの長期休暇期間を考慮すると、ピーク負荷時の1週間分の容量確保が基準となります。

チップは、投入すると山なりになるため、実質充填率はサイロ容積の5~7割程度にとどまります。この点を考慮して必要な実効容積を確保する設計とします。

サイロとボイラー室の間の壁は防火壁とします。火災防止のため、サイロ内には照明などの電気系統は配置しないようにします。

図表4-6 投入口の位置によるサイロの充填イメージ



図表4-7 サイロへの投入



4.5 | 燃料供給装置

燃料供給は、サイロのチップを回転アームで攪拌し、スクリュコンベアに落とし込んでボイラーにチップを搬送する方式が一般的です。小型ボイラーの場合、もっとも単純でかつ確実な方法です。

サイロ床は板張りにします。床材は耐久性が高く湿気に強いカラマツ材を推奨します。

図表4-8 サイロ床と回転アーム

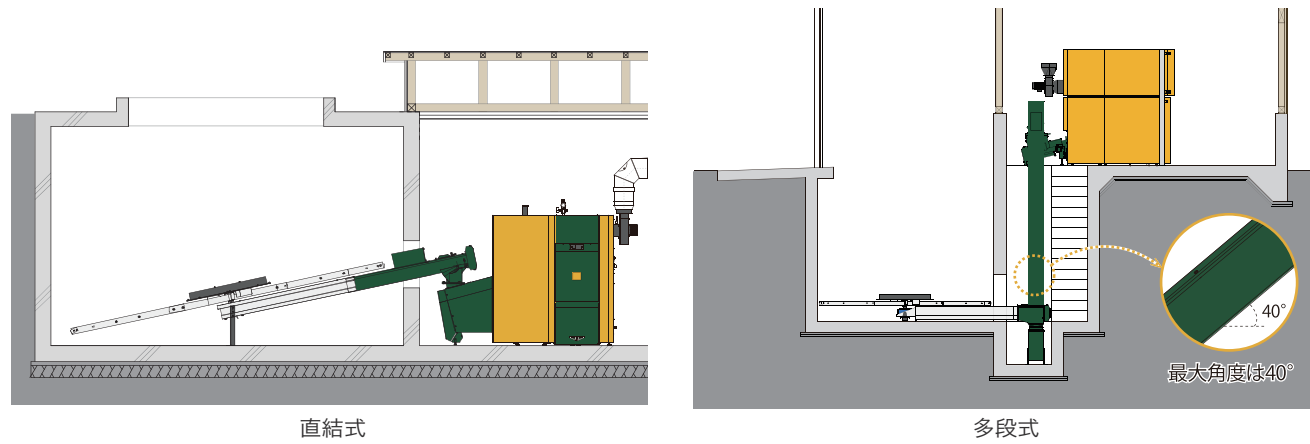


サイロからボイラーへの燃料供給スクリューは、一本で直接つなげる方式がもっとも単純です。燃料詰まりなどのトラブルが発生する確率が低くなります。

地形が平たんでボイラーを地上、サイロを地下構造とする場合、スクリューは2段階の組み合わせとなります。この場合、チップを上げるための斜めスクリューの角度や駆動用のモーター出力など、メーカーの指定に沿ったものとします。

スクリューを多段階に組み合わせる場合、トラブルが発生する頻度が多くなること、モーターの電力消費量が多くなるなどの可能性があります。この点に留意して計画・設計することが重要です。

図表4-9 燃料供給装置の直結式と多段式の例



図表4-10 燃料供給装置の直結式と多段式のそれぞれの特徴

	直結式	多段式
イメージ		
長所	燃料搬送の安定	サイロを地下、ボイラーを地上とすることが可能であり、建屋コストをボイラー地下設置直結式より抑制
短所	平地ではバイオマスボイラーもサイロと同じ高さにする為、サイロ地下であればボイラー室も地下に設置する必要あり、建屋コスト増 ※別途搬入装置を設けることでサイロを地上化すれば解消する。	搬送装置の長距離化と角度搬送、接続部の多さにより燃料搬送のトラブル発生頻度高

5. 蓄熱タンクの役割

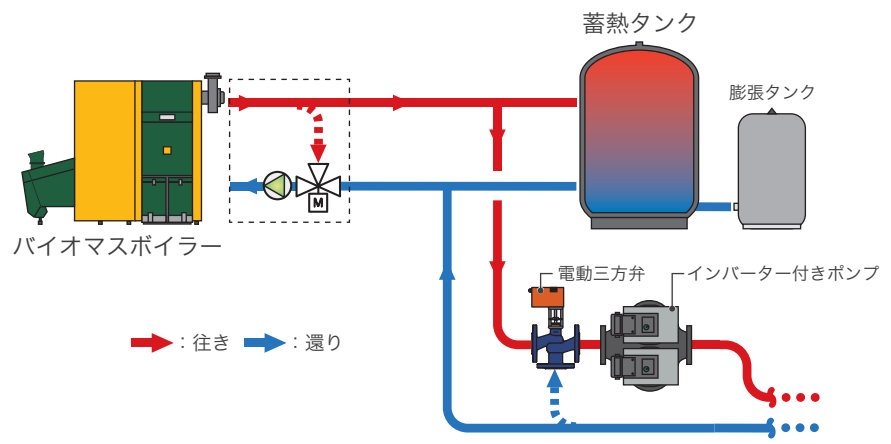
5.1 | 蓄熱タンクの機能 バッファ・ストレージ機能

バイオマスボイラーは立ち上げや停止、出力変動などの動作が緩慢なため、化石ボイラーのようにボイラー本体で熱負荷へ柔軟に追従して運転するということができません。このため、バイオマスボイラーは、蓄熱タンクと組み合わせて用います。

蓄熱タンクがあれば、ボイラー停止後も燃料の燃え残りにより出る熱を吸収することができます（バッファ機能）。タンクが無いと、缶水ならびに循環水の昇温が持続し、ボイラーや配管が故障する原因となります。

また、このようにして蓄熱された熱を用いて、急激な熱負荷変動への対応や、一時的にボイラー出力を上回る熱負荷への対応が可能となります（ストレージ機能）。

図表5-1 ボイラーと蓄熱タンクの組み合わせ

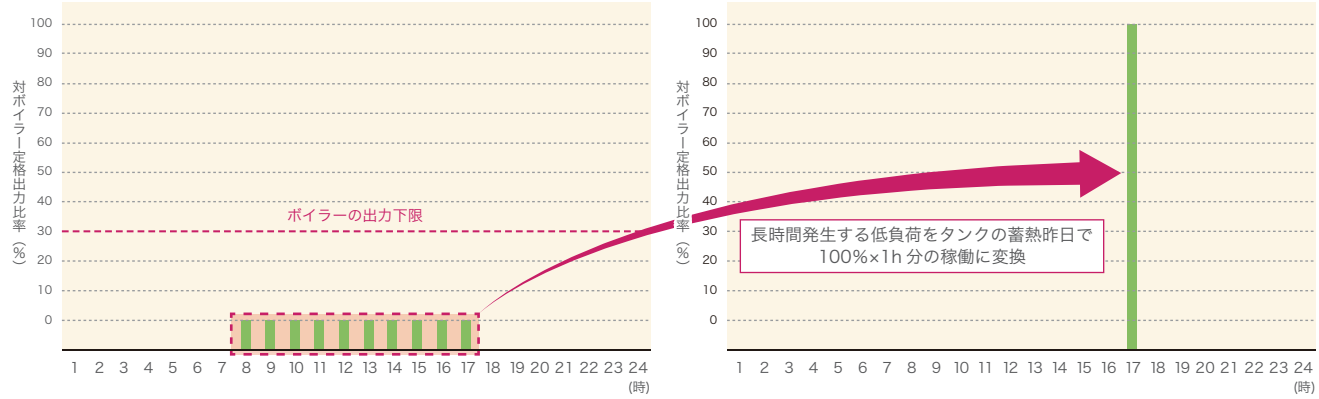


5.2 | 低負荷時への対応

タンクの蓄熱機能を用いれば、ボイラーの最低出力を下回る低負荷発生時（中間期の暖房や、夏の温水プール等）でも、熱負荷をまとめられます。

バイオマスボイラーは出力の30%以下では稼働できません。このため、熱需要が小さいとボイラーでは対応できませんが、タンクの蓄熱された熱を使えばボイラーが稼働せずとも、熱を供給することができます。

図表5-2 蓄熱タンクの蓄熱機能の利用

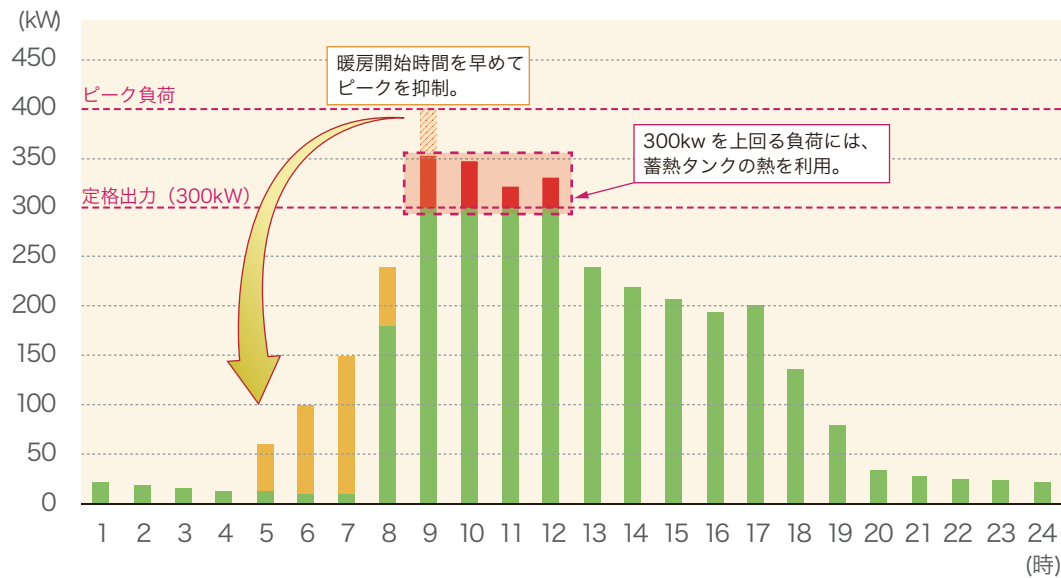


5.3 | ピーク負荷への対応

蓄熱タンクがあれば、一時的にボイラーの出力を超過した熱負荷(ピーク負荷)へも対応することができます。例えば、ボイラー出力300kWhのボイラーのタンクの蓄熱量が100kWhあるとする場合、一時的には400kWhの負荷に対応することが可能となります。タンクを大きくすれば蓄熱量が大きくなり代替率を高めることができます。

ただ、完全に100%代替を目指す、より大きいサイズのタンクが必要となり、コストも上がってきますので、経済性を見極めて最適規模を選択することが必要です。また、暖房開始時間を早めてピークを抑制するなど、運用方法の改善も検討する必要があります。

図表5-3 ボイラー出力を上回る熱負荷対応の例



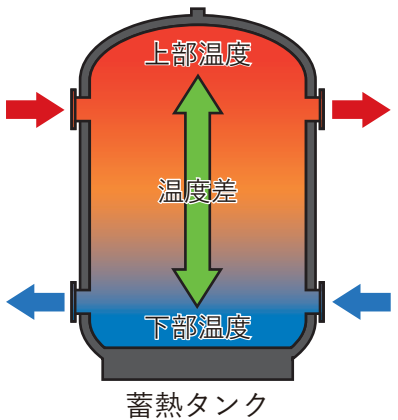
5.4 | 温度成層と蓄熱量

蓄熱タンクのストレージ機能を引き出すには、タンクの温度成層が前提です。

蓄熱タンクの蓄熱量は、タンク容量×温度差(タンクの上部温度と下部温度との差)です。このため、温度差を大きくとればとるほど、タンクの利用可能熱量を大きくとることができます。逆に、温度差(温度成層)ができないと、蓄熱機能も発揮できないということです。

たとえば、図表5-4は3000Lの蓄熱タンクで、上下温度差が30℃の場合と20℃の場合の蓄熱量を比較したものです。この場合、蓄熱量で3割以上の差がでることになります。

図表5-4 タンクの容量と蓄熱量



タンクの容量 × 温度差(上部温度-下部温度) = 利用可能熱量

蓄熱タンク容量3,000L、温度差が異なる条件で計算した場合
※1kW=860kcal/h

タンク温度80℃、熱利用後の戻り温度50℃の場合

$3,000 \times (80 - 50) = 90,000 \text{ kcal}$ $90,000 \div 860 \approx 105 \text{ kW}$

35kWの熱量差が発生

タンク温度80℃、熱利用後の戻り温度60℃の場合

$3,000 \times (80 - 60) = 60,000 \text{ kcal}$ $60,000 \div 860 \approx 70 \text{ kW}$

6. バイオマスボイラーの運転制御

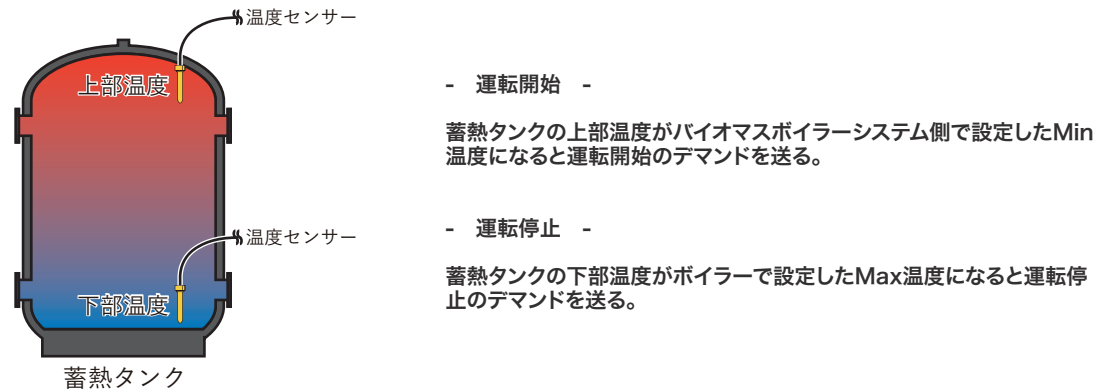
6.1 | タンクの温度成層とボイラー制御

蓄熱タンクの温度成層は、バイオマスボイラーの運転制御の前提ともなるものです。

バイオマスボイラーは、蓄熱タンクのセンサーにて上下温度を測定して、蓄熱タンクの充填量[%](上層と下層の温度の平均を設定値で割ったもの)を算出します。そして、ボイラーは充填量に応じてボイラー出力を30~100%の間で運転制御します。

つまり、蓄熱タンクの温度成層ができないと、バイオマスボイラーは適切な運転をすることができなくなってしまいます。

図表6-1 蓄熱タンクの温度成層とボイラー制御の関係

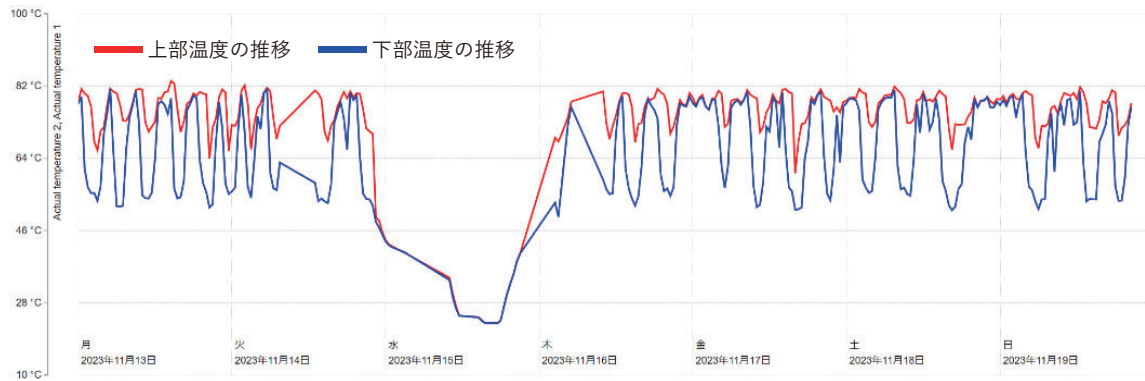


コラム ①：蓄熱タンクの温度成層の推移の実際(日帰り温泉施設の例)

図6-2は、ある日帰り温泉施設のチップボイラーの蓄熱タンクの上部温度と下部温度の1週間の推移を表したものです。

これによると上部温度は70℃から80℃の間を保つ一方、下層温度が大きく上下していることがわかります。蓄熱タンクの上部と下部の温度推移で、ボイラーはオンオフを繰り返しています。水曜日は休館日でボイラーは停止しています。

図表6-2 蓄熱タンクの上部と下部の温度の推移(日帰り温泉施設)

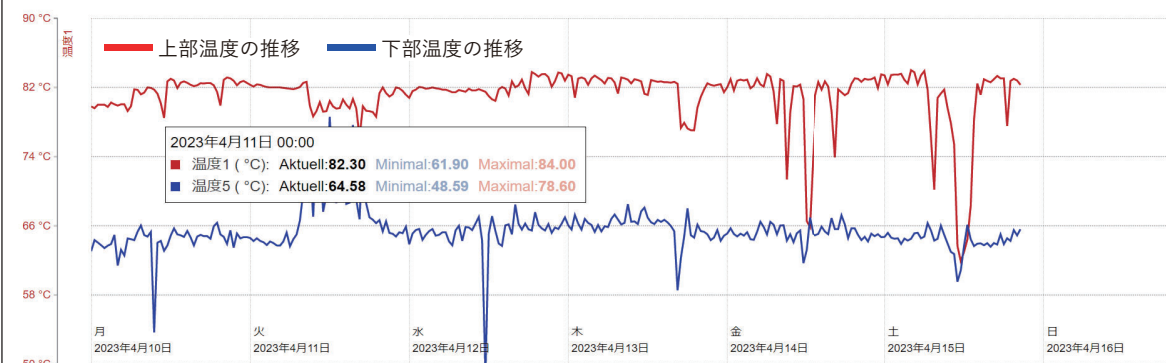


コラム ②：蓄熱タンクの温度成層の推移の実際(連続的に熱需要がある工場の利用例)

図表6-3は、製材工場の木材乾燥用のチップボイラーの蓄熱タンクの上部・下部温度を表したものです。

常に安定した熱需要があるため、上部温度、下部温度ともに変動は少なくなっています。この場合、ボイラーは連続して稼働しています。

図表6-2 蓄熱タンクの上部と下部の温度の推移(連続的に熱需要のある工場の利用例)



6.2 蓄熱タンクの温度成層に果たす三方弁の役割

このように、蓄熱タンクの温度成層は、バイオマスボイラーの運転制御の基本となるものですが、温度成層の形成に重要な役割を果たすのが、ポンプと三方弁の制御です。

以下にそのポイントを整理します。

①タンク内をかき混ぜない

ボイラーと蓄熱タンク間のポンプが稼働するのは、基本的にボイラーの運転時および運転停止後に缶水の温度が一定程度に下がるまでであり、ボイラーが停止しているときには、ポンプも停止します。

これによりタンクの中が必要以上にかき混ぜられることはありません。

②タンク上部に低温水が入らないようにする

ボイラー立ち上げ時には、ボイラー缶水が一定温度以上にならないと、ボイラーと三方弁の間で缶水を循環させ、冷めた缶水が蓄熱タンクに入らないような制御とします。これはまた、煙管の結露防止のためにも必要な制御方法です(「2.4 煙管の結露防止」参照)。

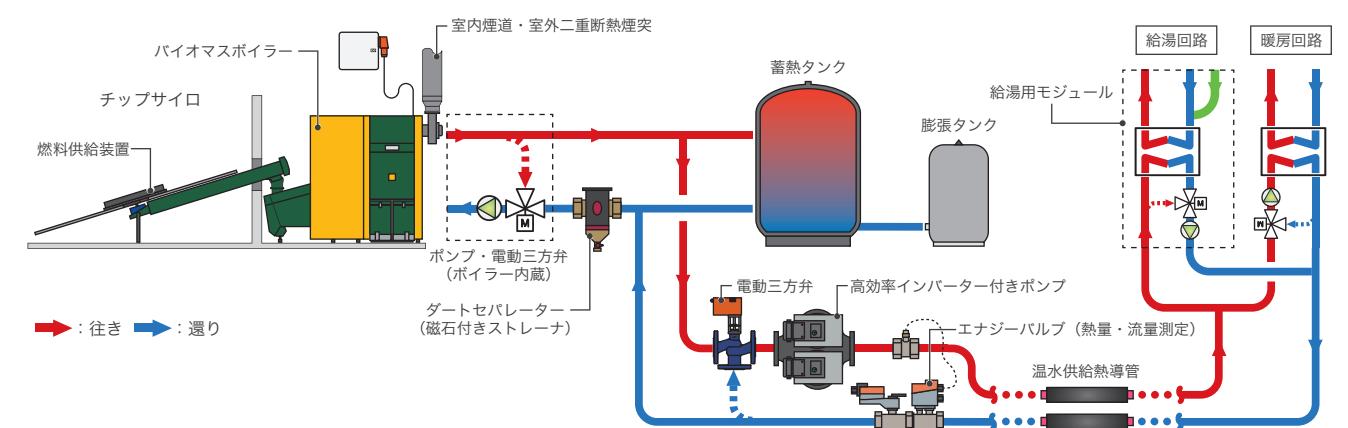
三方弁は、戻り循環量を制御する機能も果たします。これにより、ボイラー側に入る温度にかかわらずボイラーの送り温度は安定し、蓄熱タンク上部にはボイラーの設定高温が送られることになります。

③タンク下部に低温水が入るようにする

蓄熱タンクから熱需要側への熱供給においても、三方弁によって送り温度の制御を行います。具体的には蓄熱タンクの上部高温水と熱需要先からの低温化した還り温水を混合させて、設定した熱供給温度を作成します。

このため、蓄熱タンク側への戻り循環量は熱需要先への総循環水量より少なく、かつ、タンク下側には低温化した戻り温水が入ることになります。

図表6-4 バイオマスボイラーのシステム構成例

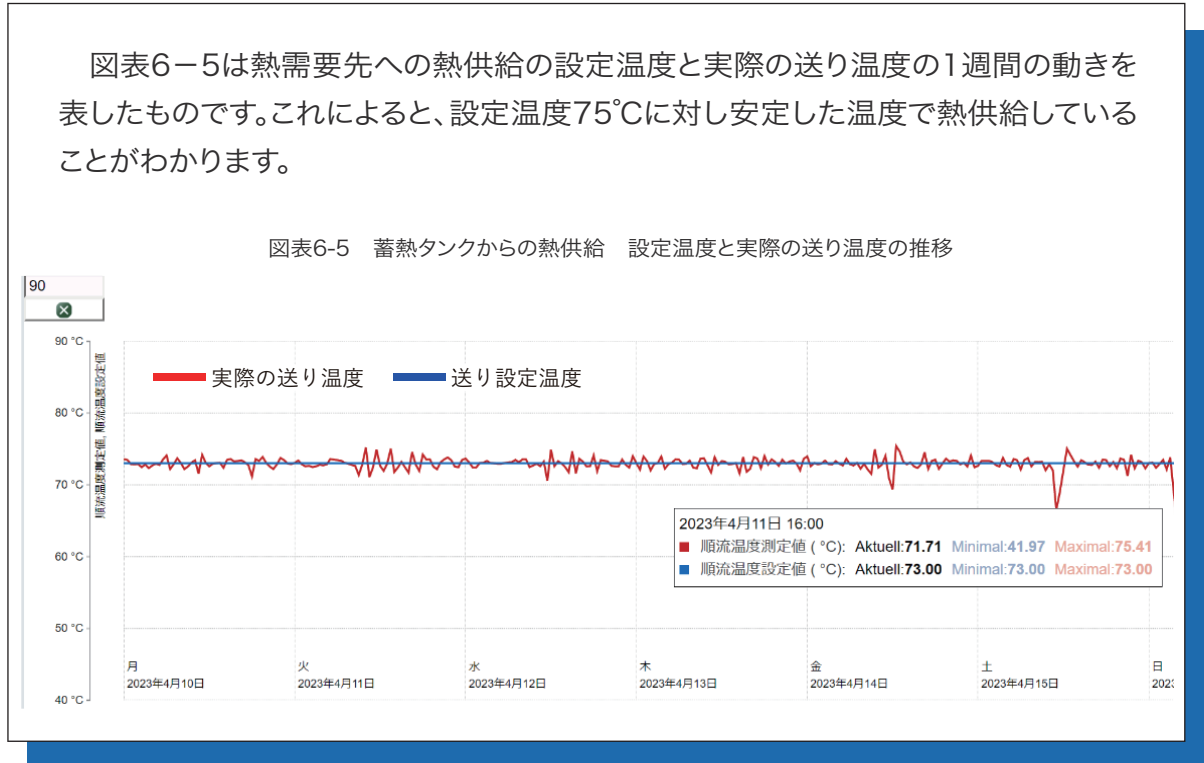


6.3 | 蓄熱タンクから熱需要先への送り温度制御

蓄熱タンクの温度成層は、熱需要先へ安定した量を設定温度で送るためにも不可欠です。化石ボイラーでは、ボイラーで作った温水をそのまま循環させて需要先に送るのが一般的ですが、バイオマスボイラーの場合、上記③のとおり、蓄熱タンクの温度成層を利用して、上部の高温水と戻りの低温水を三方弁で設定温度に混合させて送ります。これにより、定量を設定温度にて安定して送ることが可能となります。

また、ボイラーからの送り温度と熱供給先への送り温度は別物となり、その温度差を蓄熱タンクに貯める事で熱供給量や温度が安定化します。

コラム ③：熱供給温度の実際



6.4 | 化石ボイラーの制御との違い

日本の化石ボイラーでは、ボイラーで作った温水をそのまま循環させて需要先に送るのが一般的です。この場合、大きめのポンプで循環量を多めに設計するため、往きと戻りの温度差は小さくなります。

このシステムのままボイラーのみバイオマスに切り替えると、蓄熱タンクの中がかき混ぜられて、温度成層ができにくくなり、バイオマスボイラーは稼働しにくくなってしまいます。

この結果、たとえ十分な熱負荷があるときでも、バイオマスボイラーはそれに見合った出力を出すことができず、代わってバックアップのはずの化石ボイラーが稼働してしまいます。

バイオマスボイラーを導入したが化石ボイラーが優先的に稼働してしまい、バイオマス依存率が高まらないという事例が従来多くみられましたが、これはボイラーのみバイオマスに切り替え、温水循環のシステムは化石ボイラーのままにしていることに起因しています。

7. 燃料と規格

7.1 | ボイラーと燃料品質基準

バイオマス燃料は水分や形状が様々であり、ボイラーにより適合する燃料が異なります。ボイラーの基準に合致した燃料を使用することが、安定稼働のため不可欠です。

燃料用木質チップの利用において、「チップが詰まる」「チップが燃えない」「着火不良となる」「火が消える」「黒煙が出る」「灰が多い」「ボイラーの損傷が多い」などのトラブルは、ボイラーシステムの設計上の問題や、燃料の品質と燃焼機器・供給装置の能力が一致していないことなどに起因します。必ず、メーカーに燃料の仕様を確認してください。

以下に、日本木質バイオマスエネルギー協会の品質区分を掲載します。

図表7-1 チップ品質基準区分表1

品質項目	単 位	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
原 料		幹、全木 未処理工場残材	Class 1 + 灌木・枝条・末木 欠陥材・根張り材など	Class 2 + 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材	Class 3 + 化学的処理工場残材 化学的処理リサイクル材
					
チップの種類		切削チップ	切削または破碎チップ		
チップの寸法	P	P16 P26 P32 P45 から選択			
水分	M	M25 M35 から選択	M25 M35 M45 M55 から選択		
灰分	A	w- % dry ⁽¹⁾ A1.0 ≦1.0%	A1.5 ≦1.5%	A3.0 ≦3.0%	A5.0 ≦5.0%
N(窒素)、S(硫黄)、 Cl(塩素)	w- % dry ⁽¹⁾			N≦1.0、S≦0.1、Cl≦0.1	
重金属	mg/kg dry			As≦4.0、Cd≦0.2、Cr ≦40、Cu≦30、 Pb≦50、Hg≦0.1、Zn≦200 ⁽²⁾	
異物 ⁽³⁾		含まないこと			

(1) w- % dry … 質量パーセント(乾量基準)
(2) As(砒素)、Cd(カドミウム)、Cr(クロム)、Cu(銅)、Pb(鉛)、Hg(水銀)、Zn(亜鉛)
(3) 金属、プラスチック類、擬木(合成木材、複合木材)、土砂、石など

図表7-2 チップ品質基準区分表2

寸法区分

区分	微細部 チップ重量の10%未満	主要部 チップ重量の80%以上	粗大部 チップ重量の10%未満	最大長
P16	< 4mm	4 - 16mm	16 - 32mm	< 85mm
P26	< 4mm	4 - 26mm	26 - 45mm	< 100mm
P32	< 8mm	8 - 32mm	32 - 63mm	< 120mm
P45	< 16mm	16 - 45mm	45 - 90mm	< 150mm

水分・灰分区分

区分	水分 M (湿量基準含水率)	参考 (乾量基準含水率)	区分	灰分 %
M25(乾燥チップ)	≤ 25%	≤ 33%	A1.0	A≤1.0
M35(準乾燥チップ)	26 - 35%	34 - 54%	A1.5	A≤1.5
M45(湿潤チップ)	36 - 45%	55 - 82%	A3.0	A≤3.0
M55(生チップ)	46 - 55%	83 - 122%	A5.0	A≤5.0

7.2 | KWBバイオマスボイラーの燃料寸法基準

木質チップには製造方法により、切削チップと破砕チップがあります。破砕チップは絡みやすく、ブリッジやスクリュコンベアの詰りの原因になるため、KWBバイオマスボイラーでは基本的に使用不可能です。切削チップを使用してください。

図表7-3 切削チップと破砕チップ(写真)



切削チップ



破砕チップ

KWBの燃料供給装置での寸法はピースサイズ5cm以下です。このサイズを超えると、スクリュウが詰まる、異音が発生するなどのことがあります。また長い切りくずは、燃料輸送システムに障害を引き起こし、性能の低下を引き起こす可能性があります。Multifireのチップ寸法推奨規格はIS17225-4のP16S又はP31Sとなっています。日本規格としてはP16又はP32が使用可能です。ただし日本のサイズ規格ではISO規格より粗大部、最大長の含有率がISOより若干高いため詰まりの確率が高まる可能性があります。注意が必要です。

図表7-4 ISO規格のチップ基準

基準	区分	最大長	粗大部 全体重量の6%未満	主要部 全体重量の60%以上	微細部 チップ重量の15%未満	粉
ISO17225-4:2021	P16S	45mm	31.5 - 45mm	3.15 - 16mm	< 3.15mm	無し
ISO17225-4:2021	P31S	120mm	45 - 120mm	3.15 - 31.5mm	< 3.15mm	無し

7.3 | KWBの水分基準

KWBのチップボイラーは、最大40～45%の木質チップを燃焼させる事ができます（機種によります）。現場で入手できるチップの品質は常に安定しているわけではありません。このため、対応水分などの幅が広いと、いざという時でも熱を供給できるという利点があります。

しかしながら、継続して高い水分のチップを利用するのは、ボイラー出力の低下、燃料消費量の増加、燃料搬送装置のトラブル、冬季のチップ凍結、着火不良などさまざまなトラブルのもととなりかねません。可能な限り水分管理・品質管理されたチップを利用してください。

推奨水分は35%以下です。

7.4 | 水分と出力の関係

燃料に含まれる水は発熱量や着火性、燃焼性に関係します。チップ燃料の価格を決定する特に重要なファクターとなりますので、適切に管理する必要があります。

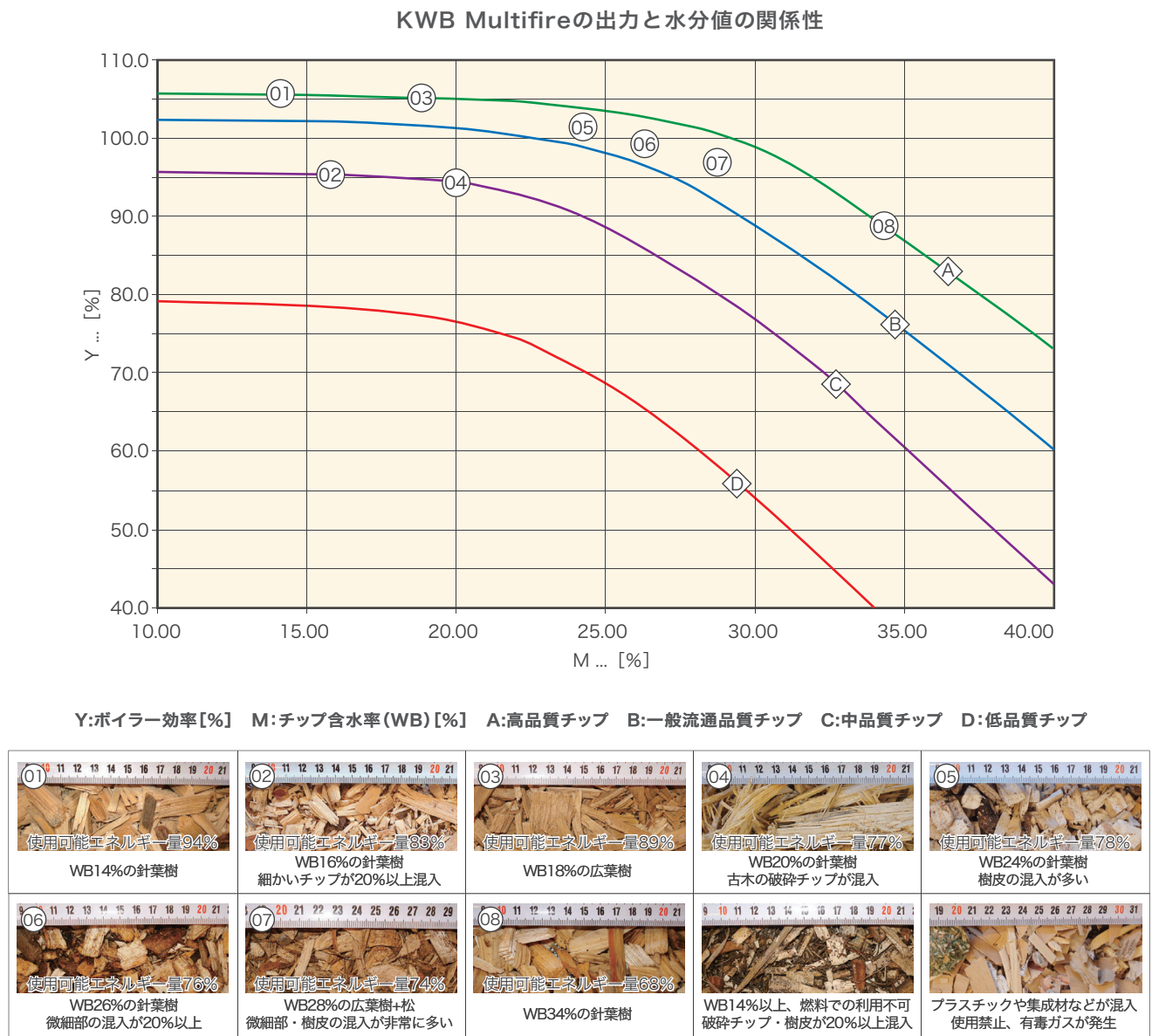
乾燥燃料はシステム効率を大幅に向上させます。燃料の推奨水分はwb20～35%です。

KWB Powerfireは、最大wb45%の木材チップを燃焼させる事ができます。ただし、この高い水分では、燃料の水を蒸発させるためにエネルギーの約55%が失われ、ボイラー出力も低下します。

KWB Multifireの水分値と出力は下図となります。燃料として最大wb40%が使用可能ですが、図のようにwb40%のチップを使えば出力はチップ形状を普通レベルの規格品を使用してもボイラー出力は60%まで低下します。

また、高い水分のチップはカビの発生、チップ凍結による燃料供給の詰りが発生することがあります。着火時の失敗も多くなる可能性があります。ボイラーの基準を超えた水分値のチップを利用した場合、燃焼温度の低温化による不完全燃焼により煙が発生、タールの付着によりボイラー熱交換器やセンサーの障害が発生します。使用時には十分注意が必要です。

図表7-5 チップ水分値とボイラー熱出力値(KWB Multifire)



8. バイオマスボイラーにかかわる規制と届出

8.1 | バイオマスボイラーにかかわる各種規制について

木質バイオマス燃焼機器を導入する際には、法律・条令、その他の規制が関わってくるため、該当する場合には許可の取得や届出が必要となります。

木質バイオマスボイラー導入に関わる主要関連法規については、他の書籍などで詳しく解説されているので、ここでは2022年に実現した規制緩和措置(ボイラー安全規則とばい煙測定の改定)について解説します。

8.2 | 労働安全衛生法(ボイラー及び圧力容器安全規則)の改正

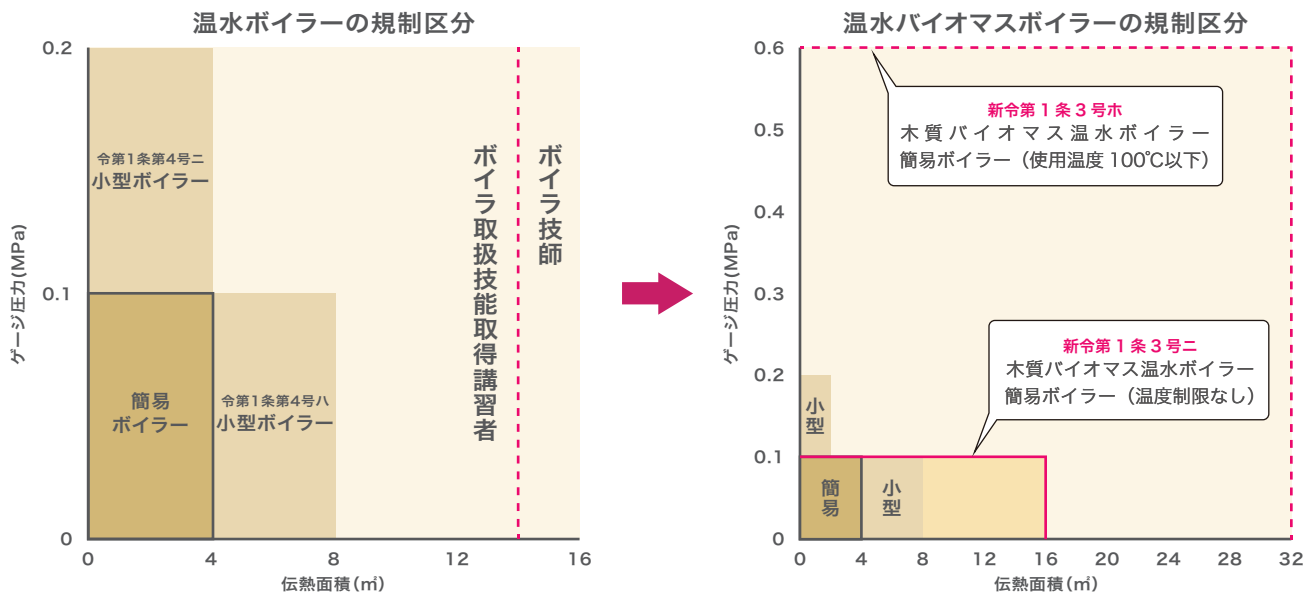
バイオマスボイラーは従来、圧力規制により缶体を開放式にせざるを得ず(無圧開放式温水ヒーター扱いへの改造)、必ずしも合理的効率的な稼働ができるとは限りませんでした。

これに対し令和4年3月よりバイオマスボイラーの圧力規制が緩和され、①ゲージ圧力0.1MPa以下の木質バイオマス温水ボイラーにあっては、伝熱面積が16㎡以下、②ゲージ圧力0.6MPa以下で、かつ、100℃以下で使用する木質バイオマス温水ボイラーで、伝熱面積が32㎡以下のバイオマスボイラーについては、簡易ボイラーの区分の規制が適用されることになりました。

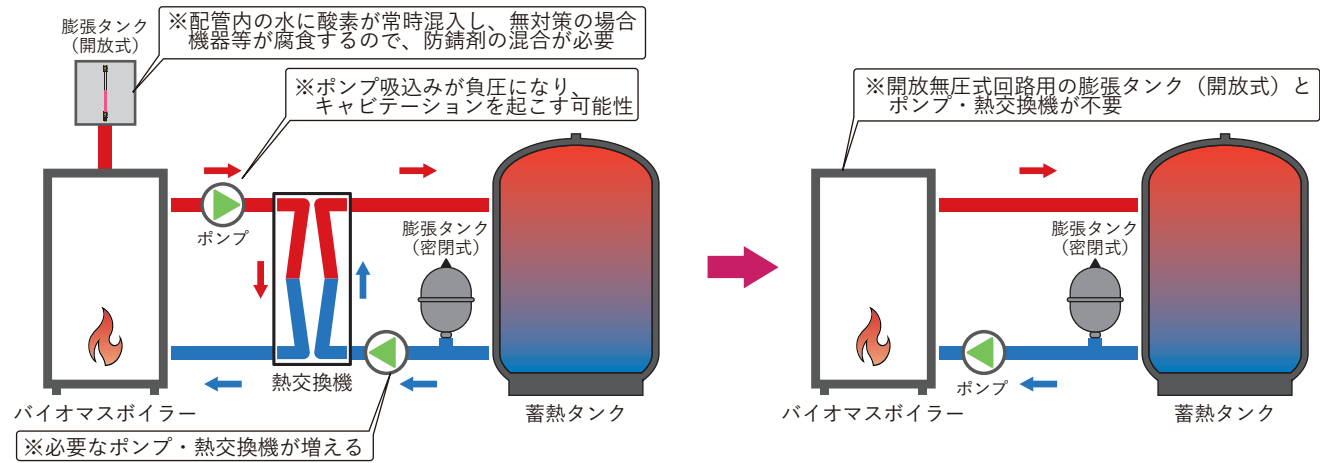
これにより、小型バイオマスボイラーは無圧開放式に改造することなく、欧州と同等の密閉回路のまま利用できることになりました。

WBエナジーでは、2022年3月以降に導入するバイオマスボイラーは密閉回路にて設計しています。

図表8-1 ボイラー圧力規制 規制緩和前と緩和後



図表8-2 開放式と密閉式の違い



8.3 | 大気汚染防止法によるばい煙発生施設の要件緩和

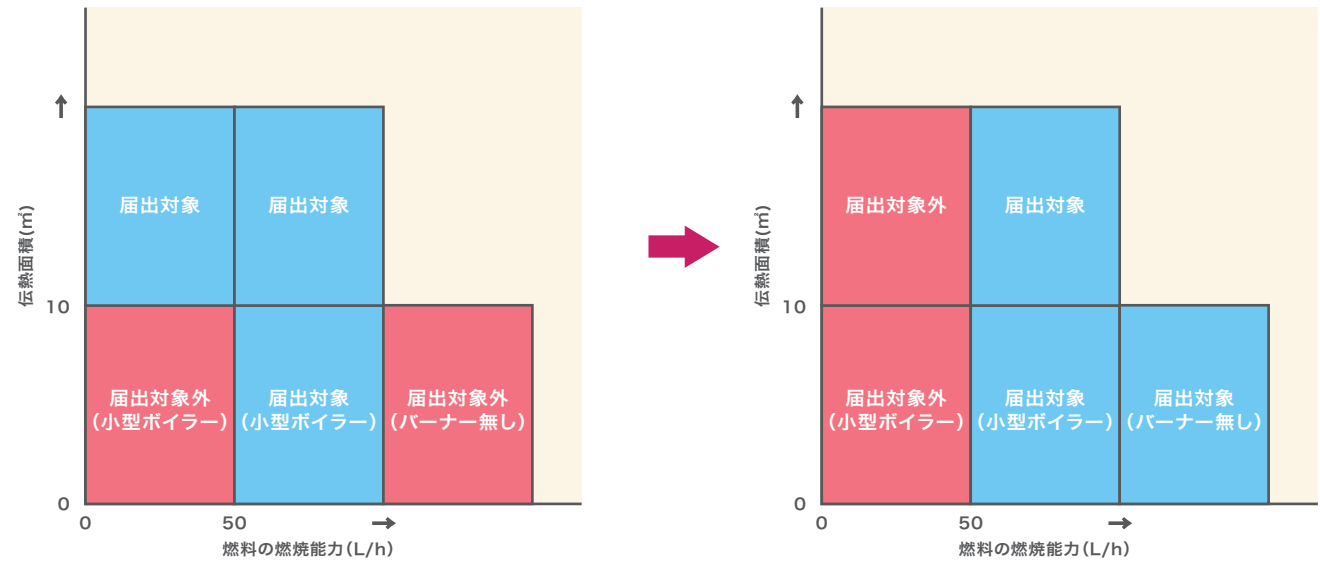
従来、「伝熱面積が10平方メートル以上であるか、又はバーナーの燃料の燃焼能力が重油換算1時間当たり50リットル以上である」場合、ばい煙発生施設とみなされ、定期的にはい煙検査を実施する必要がありました。

化石ボイラーの場合、構造上、燃焼能力が重油50リットル相当までは伝熱面積10平方メートル以下に収まるように設計できますが、バイオマスボイラーの場合、100～200kW以上で、伝熱面積は10平方メートルを超えてしまい、不利な扱いとなっていました。

今回の規制緩和では、伝熱面積要件がなくなり、ばい煙発生装置の要件は「燃料の燃焼能力が重油換算1時間当たり50リットル以上であること」のみとなりました。

重油換算50Lに該当するバイオマスボイラーの出力はおおよそ500kWであり、小型ボイラーはそのほとんどがばい煙発生施設の対象から除外されることになりました。

図表8-3 ばい煙発生装置にかかわる規制緩和前と緩和後



おわりに 地域が潤うエネルギー利用



バイオマスボイラーは温水供給システムを含めてイノベーションが進み、ボイラー効率や省電力など、かつてないほどの高い総合エネルギー効率を達成しています。また、自動運転・自動管理・遠隔監視など、利便性も大幅に高まっています。

他方で、バイオマスボイラーは、燃料の投入頻度が多くなること、灰の処理が必要となるなど、化石ボイラーとは異なる運用面での留意点があります。

バイオマスボイラー導入に際してはこれらを理解したうえで、適切なエンジニアリングに基づき設計・施工されれば、高い事業性と利便性を達成できます。

バイオマスはその燃料の供給も利用も地域で実現するのが最も合理的・効率的です。つまり、典型的な地産地消のエネルギー利用であり、使えば使うほど地域が潤い、脱炭素化も進展するエネルギー利用です。

バイオマスエネルギー利用を実施するためには多数の関係者の協力が欠かせないため、目的や意義を共有することが重要です。弊社がその関係者の中の一人として、お役に立てたら幸いです。

取扱製品のご紹介

バイオマスボイラー・制御機器／KWB社

Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH



KWB は、バイオマス熱利用の先進地域であるオーストリアを代表する、量産型のバイオマスボイラーメーカーです。出力8~300kWのラインナップで、複数台の組み合わせも可能です。ボイラー本体のみならず、熱供給システムの制御およびボイラーの遠隔監視・管理システムも一体として、ご提供します。

蓄熱タンク／Austria Email社 ほか

バイオマスボイラーは蓄熱タンクとの組み合わせで、適切な運転が可能となります。標準ラインナップは500~6,000Lです。蓄熱タンクには厚さ100~120mmの断熱カバーが付属しています。



制御弁／OVENTROP社・BELIMO社

各種制御系に合わせた、以下の制御弁をご提供します。

- インテリジェント・エナジーバルブ
熱量計測を行いながら流量制御を行います。
- 流量調整弁
システム内の圧力変化に依存せず流量条件を維持し、システムの安定化・最適化を行います。
- 三方弁
ボイラーの戻り温度制御、暖房などの送水温度制御などに使用します。



高効率インバーター付きラインポンプ／Wilo社



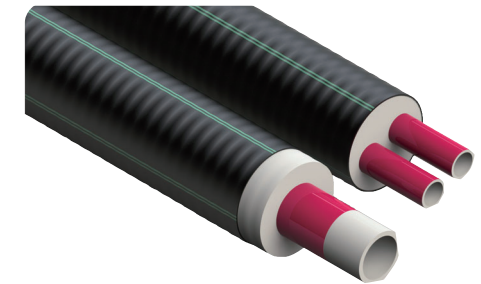
Wilo社は、世界有数のポンプメーカーです。熱供給用に弊社が推奨するStratosは、インバーターや圧力センサーを内蔵しています。ΔP-CとΔP-Vの2種類の運転モードが選択可能で、配管内の圧力変動に応じて、揚程と流量の最適化制御を行う非常に省エネに優れたポンプです。ポンプ2台が一体となったStratos Dもあります。



温水供給熱導管／Radius-Kelit社



R-K社は欧州を代表する熱導管のメーカーです。同社の製品は耐久性と断熱性の高さに定評があり、地域熱供給インフラに広く使用されています。単管タイプと往還一体のDUO管の2種類があります。接続金具類が豊富で、施工性に優れています。



往還一体ヘッダー

欧州製の往還が一体となったヘッダーです。断熱カバーが付属しています。コンパクトで、狭い場所にも設置可能です。専用ソフトを用いて、お客様ごとの要望に合わせて設計・製作を行います。



給湯用・暖房用モジュール／PEWO社



熱交換器・制御ユニットが内蔵された給湯用・暖房用のモジュール機器です。ポンプや制御弁、熱交換器などが制御コントローラーと一体化されており、コンパクトで施工性に優れた製品です。往還一体型ヘッダーと併せて用いると、狭い空間への設置が可能です。

