

コラム 【チップボイラーの設備費用（つづき）】

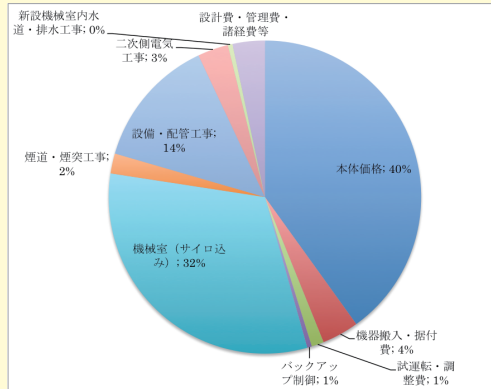
3. 総設備費

(1) 内訳

次に、総設備費を見てみましょう。ここには、ボイラー本体価格以外に、機器搬入費、試運転・調整費、機械室、サイロ、煙道・煙突工事、設備・配管工事、土木工事、電気工事、設計費・管理費・諸経費等、既設配管への繋ぎ込み費用、熱管理システム、バックアップボイラー、バックアップボイラー煙突、建屋等になります。

図表Cには、総額に対し各種費用が占める割合を示しました。最も大きな割合を占めるのは、ボイラー本体価格の40%であり、次に機械室（サイロ込み）が32%、設備・配管工事が14%と続きます。なお、本分析では、バックアップボイラー、建屋についてはデータ個数が少なく、平均値の精度に影響を与えるため、総額から除外していますが、これらの設備が必要な場合は、相応のコスト割合を占めることになります。

図表C 総額に対する各種費用が占める割合



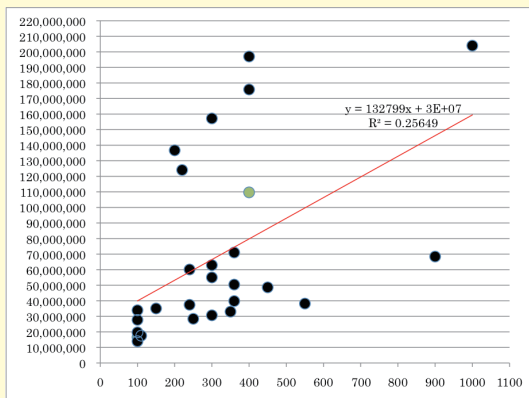
(2) 総額

総設備費と定格出力の関係を、図表Dに示します。

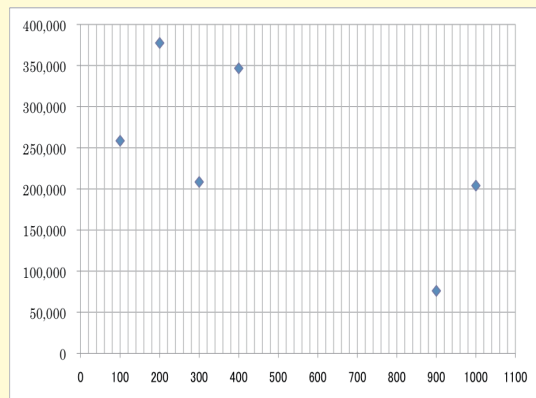
設備費は個別ケース毎に条件が大きく変動するため、ケース毎に費用が異なることに注意が必要です。今回のデータでも、小規模でも総額が1,000kWクラスと同等のケースもあり、同規模でもケースによって、価格帯の幅があることが分かります。

なお、メーカーによっては、ボイラー本体と最低限の工事（機械室、配管等）以外は、地元の設計事務所、設備業者、土木工事業者に委託するケースがあり、その場合の委託費は以下に反映されていません。

図表D ボイラーの定格出力と総設備費の関係



図表E 単位出力あたりの総設備費用 (100kWクラスごとの平均値)



出力 (kW)	価格 (海外)
100	¥258,515
200	¥377,456
300	¥208,438
400	¥346,676
900	¥76,019
1000	¥204,000
平均	¥245,184

図表Eに、出力毎（100kW単位）のkWあたり総額コスト平均を示します。総額を含めると、本体価格平均の場合と異なり、規模増大と価格低減の関係性は明確にはなりません。これは、ケースごとに工事条件が大きく異なることが原因だと思われます。

（注）ただし、平均を算出する際、ボイラー本体価格以外の費用が極端に少ない（地元業者へ工事等委託している）ケース（6件）は除外しています。平均算出に使用したデータは、28件中、22件です。

※本コラムは、株式会社森のエネルギー研究所 大野氏作成のレポート「チップボイラーの出力あたり単価について」を引用しています。

II. 収支計画手法

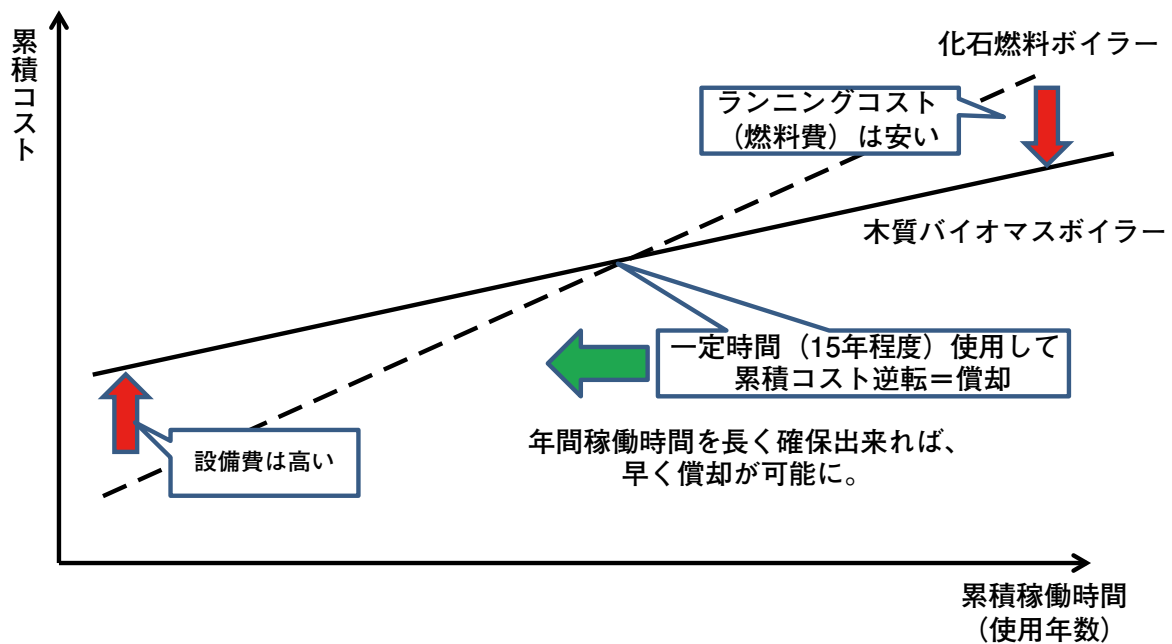
(1) 収支計画策定にあたっての考え方

以上のようなコスト構造を踏まえ、化石燃料ボイラーに替わって、木質バイオマスボイラーを導入する場合のベースとなる収支計算をします。

本テキストでは、バイオマス燃料費を化石燃料費価格の5割（≒12,000円/t、水分35%）と仮置きし、一定の年間稼働時間を想定して、化石燃料とトータルコストが同じになる期間（投資回収年）を計算しました。

図表 2.7に示すように、設備費はバイオマスボイラーの方が高いですが、ランニングコストは燃料費の削減効果で安くなります。したがって、一定時間使用すれば、このランニングコストの削減費用が累積されて、設備費の差額を償却することができます。つまり、年間の稼働時間を長く確保することができれば、それだけ償却を早めることができます。

図表 2.7 バイオマスボイラー導入による累積コスト削減のイメージ



(出所)「鹿児島県木質バイオマス利活用指針」(鹿児島県)を改変して作成

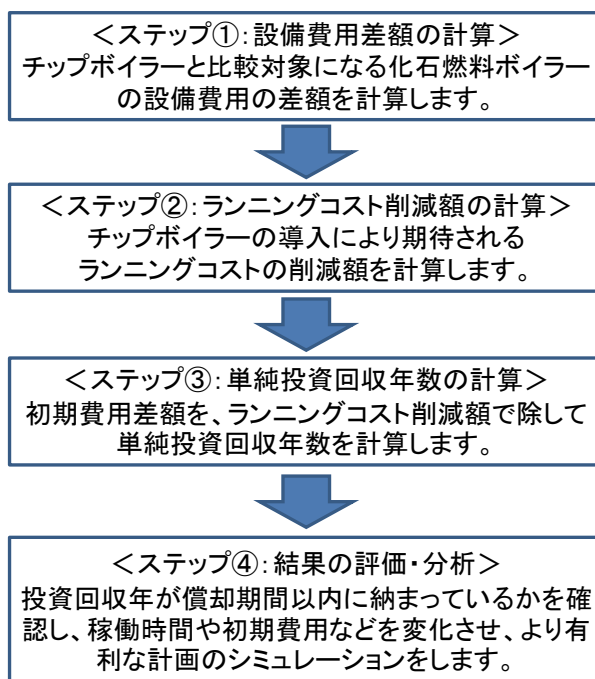


(2) 収支計画の手順

それでは、次に基礎的な収支計画を検討してみましょう³。

実際の収支計画策定の手順は、図表 2.8のとおりになります。以下、この手順に従って、300kWの中規模チップボイラーを例にとり、計算をしてみます。

図表 2.8 収支計画策定の手順



① 初期費用差額の計算

ここでは全国的な事例調査等に基づき、300kWの定格出力の場合の設備費用を、チップボイラーで約9,000万円、化石ボイラーは300万円とします。

また、現状では木質バイオマスボイラーの導入は、公的な補助金が活用できるケースが多いので、ここでは50%の補助金を活用し、設備費用が4,500万円で済んだとします。

このように仮定すると、設備費用の差額は、以下のとおり計算できます。

$$\begin{aligned}
 \text{設備費用差額} &= \text{チップボイラー初期費用 (自己負担分)} - \text{化石ボイラー初期費用} \\
 &= 9,000,000\text{円} \times 1/2 - 3,000,000\text{円} \\
 &= 4,500,000\text{円}
 \end{aligned}$$

³ 正確には、単純投資回収年を計算することになります。



② ランニングコスト削減額の計算

ランニングコストの内、最も大きな割合を占めるのは燃料費ですが、使用する燃料の量はボイラーの稼働時間で決まります。

ここでは、年間の稼働時間を2,500時間（日平均6.8時間）と置いて、計算をします。

使用する燃料量は、ボイラーの定格出力に稼働時間を乗じて必要な熱量を計算し、それぞれの燃料の持つ熱量（低位発熱量）で除して計算します（図表 2.9）。

チップの場合に必要な燃料費は、以下のとおり計算できます。

$$\begin{aligned}
 \text{燃料費} &= \text{必要燃料量} \times \text{燃料単価} \\
 &= (\text{必要熱量} \div \text{チップ低位発熱量}) \times \text{燃料単価} \\
 &= ((\text{定格出力} \times \text{稼働時間}) \div \text{チップ低位発熱量}) \times \text{燃料単価} \\
 &= ((300\text{kW} \times 2,500\text{h}/\text{年}) \div 3.24\text{kWh}/\text{kg}) \times 12,000\text{円}/\text{t}
 \end{aligned}$$

図表 2.9 燃料費の算出

	①定格出力 (kW)	②稼働時間 (h/年)	③=①×② 必要熱量 (kWh/年)	④必要燃料量 (チップ：t/年、 重油：L/年)	⑤燃料費 (円/年)
チップボイラー	300	2,500	750,000	231	2,777,778
重油ボイラー				72,718	6,181,039
差額	—	—	—	—	3,403,261

注) 燃料の低位発熱量は、チップ：3.24kWh/kg、重油：10.31kWh/Lとした。
また、燃料の価格はチップ12,000円/t、重油85円/Lとした。

この他のランニングコストとして、チップボイラーの場合は、灰処理費用や保守・点検費用、電気代などを見込んでおく必要があります。

- ・ 灰の発生量は使用燃料の2%、灰の処理費用は10,000円/tとしました。
- ・ 保守・点検費用は、日常的なものは自社で行い、年に一度の定期点検をメーカーに委託することを前提に、15万円/年としました。
- ・ 電気代は、電気容量（300kWボイラーの場合5kW程度）に稼働時間と電気料金単価（20円/kWh）を乗じて計算しました。



図表 2.10 その他のランニングコストの算出

項目	計算式
灰処理費用	灰発生量×灰処理費用単価＝(231t×0.02)×10,000円/t＝46,200円
保守・点検費用	15万円
電気代	電気容量×稼働時間×電気料金単価＝5kW×2,500時間×20円/kWh＝250,000円

注) 電気代(電気使用量)は、ボイラーの使用条件により変動するが、経験的に電気容量に稼働時間を乗じて求めた値と概ね一致するため、本テキストでもその計算方法を採用した。

以上の前提を元に、ランニング費用削減額を計算すると以下のようになります。

$$\begin{aligned}
 \text{ランニングコスト削減額} &= \text{化石ボイラーランニングコスト} \\
 &\quad - \text{チップボイラーランニングコスト} \\
 &= \text{化石ボイラー燃料費} \\
 &\quad - (\text{チップボイラー燃料費} + \text{灰処理費} + \text{保守・点検費用} \\
 &\quad \quad + \text{電気代}) \\
 &= 6,181,039円 - (2,777,778円 + 46,200円 + 150,000円 \\
 &\quad \quad + 250,000円) \\
 &= 2,957,061円
 \end{aligned}$$

③ 単純投資回収年数の計算

最後に、以上の計算を元に、③ 単純投資回収年数を計算すると以下のようになります。

$$\begin{aligned}
 \text{単純投資回収年数} &= (\text{初期費用差額}) \div (\text{ランニングコスト削減額}) \\
 &= 42,000,000円 \div 2,957,061円 = 14.2年
 \end{aligned}$$

④ 結果の評価・分析

以上の計算では、単純投資回収年数は14.2年となり、ボイラーの償却年数が15年であることから、一応投資は回収できる計算となります。

ただし、ここでは支払金利や租税公課(主に固定資産税)などを見込んでおらず、キャッシュフローはこれより厳しくなることに留意しなければなりません。

そこで、今度は稼働時間を変化させ、単純投資回収年数を試算してみたのが、図表2.11になります。

例えば年間の稼働時間が2,000時間(＝日平均5.48時間)の場合、投資回収には18年かかることになります。



反対に、十分な熱需要があり、3,000時間（日平均8.2時間）程度の稼働時間を確保することができれば、投資回収年数は12年弱となり、チップボイラーの導入がより魅力的になります。

図表 2.11 稼働時間別の投資回収年数の試算

年間稼働時間	1500	2000	2500	3000
設備費差額（万円）	4200			
チップ使用量（t/年）	139	185	231	278
年間ランニングコスト削減費用（万円）	171	234	296	358
投資回収年数	24.5	18.0	14.2	11.7

次に、日本の現状は、諸外国に比べて初期費用が割高であるため、仮に、今後普及が進むことで、設備費用がドイツやイギリスの2～3倍程度、300kWのチップボイラーで3,000万円に下がったと想定して、収支を計算してみましょう。この場合、補助金の導入は前提としていません。

同じく稼働時間を変化させて単純投資回収年数を試算すると、年間3,000時間（平均8.2時間/日）で8年以内、年間2,000時間（平均5.5時間/日）で12年以内で投資回収が可能となりました。このような状態になれば、民間事業者にとっても魅力的な投資になり、飛躍的に導入量が増えることが期待できます。

図表 2.12 日本における投資回収年試算のための前提条件（設備費低減ケース）

年間稼働時間	1500	2000	2500	3000
設備費差額（万円）	2700			
チップ使用量（t/年）	139	185	231	278
年間ランニングコスト削減費用（万円）	171	234	296	358
投資回収年数	15.8	11.6	9.1	7.5



Ⅲ. 欧州におけるバイオマスエネルギー利用のコスト構造

(1) 標準的なコスト構造

日本では、バイオマスの設備費、ランニングコストはともに、まだまだ高い水準にありますが、ここでは低コスト化により商業利用が進んでいる欧州におけるコスト構造を紹介します。

規制や社会条件等が異なるため単純に比較できるとは限りませんが、日本においてバイオマス熱利用を本格的に普及させるためのコストを考えるうえでの参考にしてください。

ドイツとイギリスの標準的なコストを調査した結果、ドイツ・イギリスともにコストはほぼ同じ水準にあることが分かりましたので、以降は、イギリスの事例を中心に紹介します。

主なデータは、イギリスにおいて再生可能エネルギー導入や省エネの取組を支援している「Carbon Trust」という団体が発行している「Biomass heating: A practical guide for potential users」という冊子から引用しています⁴。

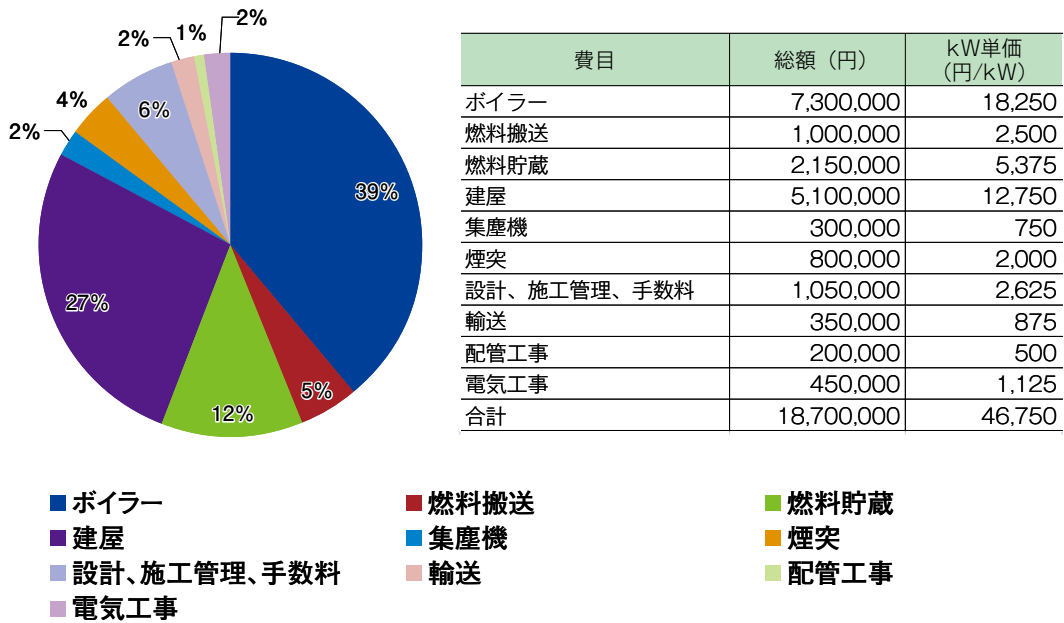
① 設備費用

400kWのボイラーの設備費用は、総額で1,870万円です。

その内訳は、ボイラー本体（730万円：39%）、建屋（510万円：27%）、燃料貯蔵庫＝サイロ（215万円：12%）、設計、施工管理、手数料（105万円：6%）、燃料搬送装置（100万円：5%）等になります（図表 2.13）。

⁴ http://www.carbontrust.com/media/31667/ctg012_biomass_heating.pdf

図表 2.13 イギリスにおける典型的なバイオマスボイラーの設備費 (400kW)



(出所) 「Biomass heating: A practical guide for potential users」 Carbon Trust

② ランニングコスト

○ 燃料費

木質チップの工場着価格は、水分35%が標準で、7,500~9,000円/t程度（工場着、税抜き）で取引されています。ただし、ここでは、日本のチップ価格に合わせて、12,000円/tで計算しました。

なお、ペレットについては、20,000円/tが相場でしたが、近年上昇傾向にあり、ドイツなどでは25,000円/tにまで価格が上昇しています。

○ 保守・点検費用

保守・点検費用は、400kW程度の小型のボイラーでは、自社による日常的な点検による人件費（0.5~1.5人工/月）に加え、メーカー等による年に一度の定期点検の合計で10万円/年弱の費用が計上されています。



(2) 収支計算例

ここでは、Carbon trustのマニュアルに基づき、400kWのチップボイラーを例に、収支計算の例を見てみましょう。

① 設備費用差額の計算

イギリスでは、400kWのチップボイラーの設備費は約2,500万円です。

一方、化石燃料ボイラーの設備費用は、400万円です。

したがって、設備費用の差額は以下のとおりです。

$$\begin{aligned} \text{設備費用差額} &= \text{チップボイラー初期費用} - \text{化石ボイラー初期費用} \\ &= 25,000,000\text{円} - 4,000,000\text{円} \\ &= 21,000,000\text{円} \end{aligned}$$

② ランニングコスト削減額の計算

イギリスでの標準的な稼働時間は以下のとおりに設定されています。

- ・一般的な建築物 (General occupying building)・・・約1,700時間
- ・サービス利用 (温水プールや病院など: Service applications)・・・約4,000時間
- ・産業用プロセス熱 (Process applications)・・・約5,200時間

ここでは、サービス利用の場合を想定して、4,000時間の稼働時間で計算します。

また、チップ価格は、日本の水準に合わせて12,000円/t (35%水分) としました⁵。

図表 2.14 燃料費の算出 (イギリス400kWボイラーの場合)

	①定格出力 (kW)	②稼働時間 (h/年)	③=①×② 必要熱量 (kWh/年)	④必要燃料量 (チップ:t/年、重油:L/年)	⑤燃料費 (円/年)
チップボイラー	400	4,000	16,000	494	5,925,926
灯油ボイラー				155.1	9,695,747
差額	—	—	—	—	3,769,822

(注) チップ: 12,000円/t、灯油: 62.5円/L (0.5ポンド/L)

⁵ Carbon Trustのマニュアルでは、7,500円/t (60ポンド/t) が標準的な価格とされている。



この他のランニングコストとして、保守・点検費用75,000円/年が計上されています。
 灰は、建築廃材を含まないチップを前提としており、林地に還元できるため、処理費用は計上されていません。
 以上の前提を元に、ランニング費用削減額を計算すると以下のようになります。

$$\begin{aligned}
 \text{ランニングコスト削減額} &= \text{化石ボイラーランニングコスト} \\
 &\quad - \text{チップボイラーランニングコスト} \\
 &= \text{化石ボイラー燃料費} \\
 &\quad - (\text{チップボイラー燃料費} + \text{保守・点検費用}) \\
 &= 9,695,747\text{円} - (5,925,926\text{円} + 75,000\text{円}) \\
 &= 3,769,822\text{円}
 \end{aligned}$$

③ 単純投資回収年数の計算

最後に、以上の計算を元に、単純投資回収年数を計算すると以下のようになります。

$$\begin{aligned}
 \text{単純投資回収年数} &= (\text{初期費用差額}) \div (\text{ランニングコスト削減額}) \\
 &= 21,000,000\text{円} \div 3,769,822\text{円} = 4.3\text{年}
 \end{aligned}$$

④ 結果の評価・分析

イギリスの事例では、4.3年という極めて短期間での投資回収が期待できることが分かりました。

次に、年間の稼働時間として、一般的な建築物の1,700時間、産業用プロセス熱利用の5,200時間、そして先ほど日本の収支計算で設定した2,500時間の場合を計算したのが、図表 2.15 となります。

図表 2.15 稼働時間別の投資回収年数の試算（イギリス400kWボイラーの場合）

年間稼働時間	1,700	2,500	4,000	5,200
設備費差額（万円）	2,100			
チップ使用量（t/年） 削減費用（万円）	210	247	494	642
年間ランニングコスト 削減費用（万円）	153	181	369	642
投資回収年数	10.3	8.7	4.3	3.3



IV. コスト低減に向けて

これまで見てきたように、バイオマスボイラーへの投資を経済的に見合ったものにするためには、バイオマスボイラーの「設備費用」を可能な限り下げ、それに対する毎年の「ランニングコスト削減額」を可能な限り増やす努力が必要です。後者のランニングコストについては、適正な「燃料費」の下で「稼働時間」をしっかりと確保することがポイントになります。また運転面では、木質バイオマスボイラーの特性をよく理解して適正運転に努めることが稼働時間の確保と、保守・点検費の削減を通じてランニングコストの抑制に寄与します。また、更に保守・点検を自社で行うことにより、この費用を削減することができます。

以下に、それぞれの項目について、コスト低減に向けた方向性を見てみましょう。

(1) 設備費用

日本の木質バイオマスボイラーの初期費用は欧州などと比較すると極めて高い水準にあり、ボイラー本体価格で6～8倍、総工費で10倍近い差があります。バイオマスボイラーの普及のためには、この初期費用の削減が急務です。ただし、単純に高いか安いではなく、期待される性能を十分に引き出す設備・設計になっていることを確認することが不可欠です。

欧州では、ボイラーの規格があり、最低限の性能が保証されていますが、日本にはそのような規格が存在していません。そのため、価格の高い欧州製の輸入ボイラーを避けて比較的安価な国産ボイラーを選択すると、性能面で劣った買い物になる可能性があります。特に、国産ボイラーの中には、焼却炉の延長で設計されているため、エネルギーを得るためと言うよりも廃棄物の減容が目的となっておりエネルギー効率が低いものが散見される点に注意が必要です。

なお、設備費用の抑制のためには、第3章で解説しているような熱需要の適切な把握により、出力を抑えた小型のボイラーを導入するといった努力も重要です。

また、建屋やサイロなどについても、欧州と比較すると、大きなコスト削減余地があります。日本では、これらの工事についてノウハウの蓄積が十分ではないことに加え、補助金を活用する際に、コストをかけてでも可能な限り安全かつ頑丈なものを建設するケースがあり、全体的なコストを押し上げている可能性があります。第6章で解説しているような発注契約の方法のあり方と合わせて、契約や保険でヘッジできるリスクを洗い出し、初期費用の一つ一つの項目を再点検していく作業が重要です。

以上のことの前提として、可能な限り先行的に導入している施設について現地に足を運び、価格や運営状況等を調べる必要があります。



(2) 稼働時間

稼働時間の確保も、コスト削減の重要な要因です。

これまで見てきたように、稼働時間により、収支内容は大きく変化します。この点、温泉施設などは、年間を通して熱需要がありますので、バイオマス導入が容易になります。

稼働時間の確保で重要なのが、ボイラーの規模です。

比較的規模の小さなボイラーでベース・ロードを負担し、化石燃料ボイラーをバックアップに、需要のピークに対応するという方法が望ましいでしょう。

本テキストでは、第3章において熱需要の把握方法や、ピークカット等による適切な規模のボイラーの導入についても解説しています。これらを参考に、適切な稼働時間が確保できるように、計画してください。

(3) 燃料単価

チップ価格は、35%水分で12,000円/tが相場となっています。この水準は、化石燃料の5割以下であり、燃料価格そのものはすでにバイオマスは相当有利です。

ただし、現状では水分調整のノウハウが十分ではなく、水分管理ができない、水分調整にコストがかかりすぎるなどの問題を抱えています。また、燃料供給者が所有するチップの稼働率が高くなくコスト高になることも起こっています。チップの生産方法や水分調整の方法については、第5章を参照してください。