

平成 28 年度木質バイオマス利用支援体制構築事業

木質バイオマス熱利用実態調査

報告書

平成 2 9 年 3 月



一般社団法人

日本木質バイオマスエネルギー協会

Japan Woody Bioenergy Association

目次

第1章 はじめに	1
1. 調査の背景及び目的.....	1
2. 実施事項	1
第2章 バイオマスボイラーの導入状況.....	2
1. 導入数の推移.....	2
2. 導入先の動向.....	3
2.1 業種別の動向	3
2.2 都道府県別の動向.....	8
第3章 熱需要の整理.....	9
1. 日本における熱需要の概要	9
1.1 エネルギー消費の動向.....	9
1.2 熱需要量の推定	10
2. バイオマスの熱利用要件	14
2.1 燃料の確保.....	14
2.2 設備利用率の確保.....	15
2.3 利用温度に合わせた機器選定.....	17
2.4 その他の利用要件.....	20
3. 部門別の熱需要の特徴.....	23
3.1 産業部門.....	23
3.2 業務部門.....	34
3.3 家庭部門.....	56
4. バイオマス普及の拡大が見込める熱需要分野	61
第4章 バイオマス熱利用拡大に向けた方向性及び課題	63
1. バイオマス熱利用拡大に向けた方向性.....	63
1.1 バイオマス熱利用の意義	63
1.2 基本的な方向性	66
2. バイオマス熱利用拡大に向けた課題	67
2.1 共通課題.....	67
2.2 部門特有の課題	70
第5章 参考資料	72
1. 我が国におけるインセンティブ設計に関する検討.....	72
1.1 現状の問題点.....	72
1.2 熱 FIT 導入時の影響に関する試算.....	73

第1章 はじめに

1. 調査の背景及び目的

日本では、2012年7月から開始された固定価格買取制度（以下、FITという。）を背景に、木質バイオマスを利用する発電所が急増している。一方、木質バイオマスは、発電以外にも、蒸気・温水・温風等の様々な熱形態で利用することが可能である。バイオマス熱利用は、自治体関連施設や製材所等で導入が進められてきたが、発電利用に比べて導入量は限られている。

これに対して、欧州では熱利用を中心にバイオマス利用を進めている国が多く、我が国においても、バイオマス熱利用について今後のあり方を検討していく必要がある。一般的にバイオマス熱利用の課題には、経済性や燃料の確保等が知られているが、バイオマスボイラーは化石燃料と比べて、初期費用が高い、負荷追従性が悪い、大きな設置スペースを要する、燃料調達に手間がかかる、といった特徴を有することから、熱利用先との相性も検討する必要がある。

上記を鑑みて、本調査では、以下を明らかにすることを目的とした。

- ・ 日本の熱需要を整理し、バイオマスと相性のよい熱需要を抽出すること
- ・ 上記で抽出した有望先において普及させていくための課題を整理すること

2. 実施事項

本調査では、以下の流れで実施した。

- ・ 第2章では、統計情報等から、現状のバイオマス熱利用の状況を整理した。
- ・ 第3章では、日本における熱需要の概観を把握した後、バイオマスの熱利用に係る要件を整理した。また、主に産業部門、業務部門の熱需要を整理した上でバイオマス普及が見込める熱需要を整理した。
- ・ 第4章では、第2章、第3章の調査結果から、今後のバイオマス熱利用方向性に関する検討を行った。

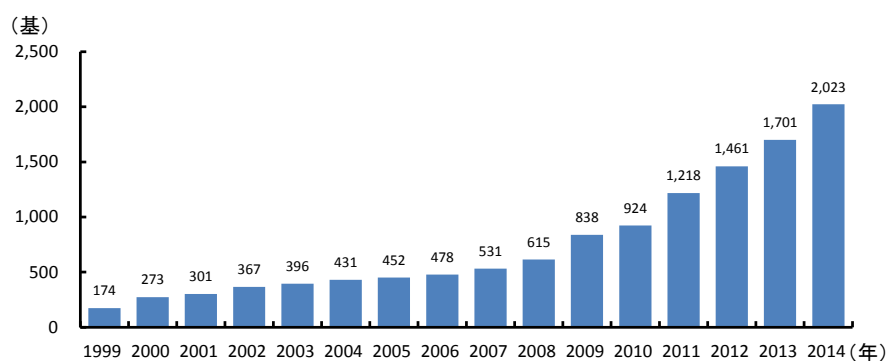
第2章 バイオマスボイラーの導入状況

1. 導入数の推移

林野庁が公表しているバイオマスボイラー（木質資源利用ボイラー）の累積導入数の推移を表1に示す。累積導入数は増加傾向にあり、2014年時点で2,023基となっている。

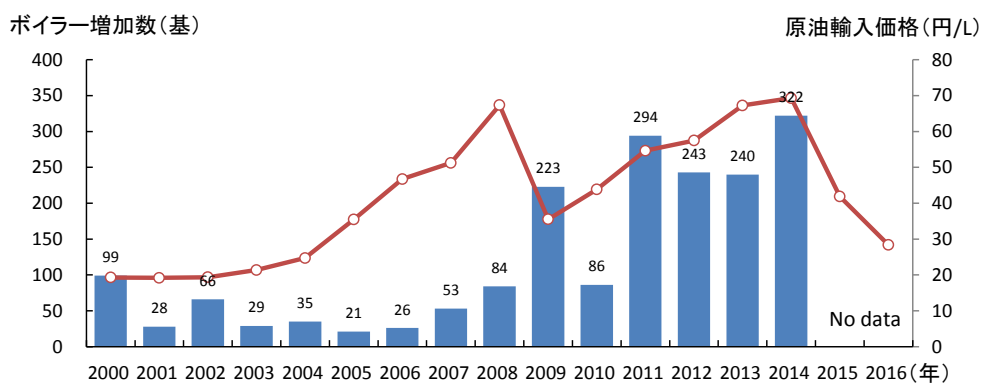
累積導入数の差分から、1年ごとの純増数と原油輸入価格を図表2に整理した。原油輸入価格が50円/Lを超えてきた2006年頃より増加してきた。年間導入数は原油価格の傾向からやや遅れる傾向があるが、これは導入計画から設置までの期間が影響しているものと見られる。2015年以降の導入数は整理されていないが、原油価格低下の影響がどの程度影響しているかを今後検証していく必要がある。

表1 木質バイオマス利用ボイラーの累積導入数の推移



(出所) 林野庁「平成27年度森林・林業白書」(林野庁木材利用課調べ)

図表2 木質バイオマス利用ボイラーの純増数(棒グラフ)及び原油輸入価格(折れ線グラフ)の推移



(注) 原油価格はHS2709.00-900 (2006年3月まで)、HS2709.00-900 (2006年4月以降)を集計
 (出所) 林野庁「平成27年度森林・林業白書」(林野庁木材利用課調べ)、財務省「貿易統計」から三菱UFJ
 リサーチ&コンサルティング作成

2. 導入先の動向

2.1 業種別の動向

2.1.1 ボイラー導入数

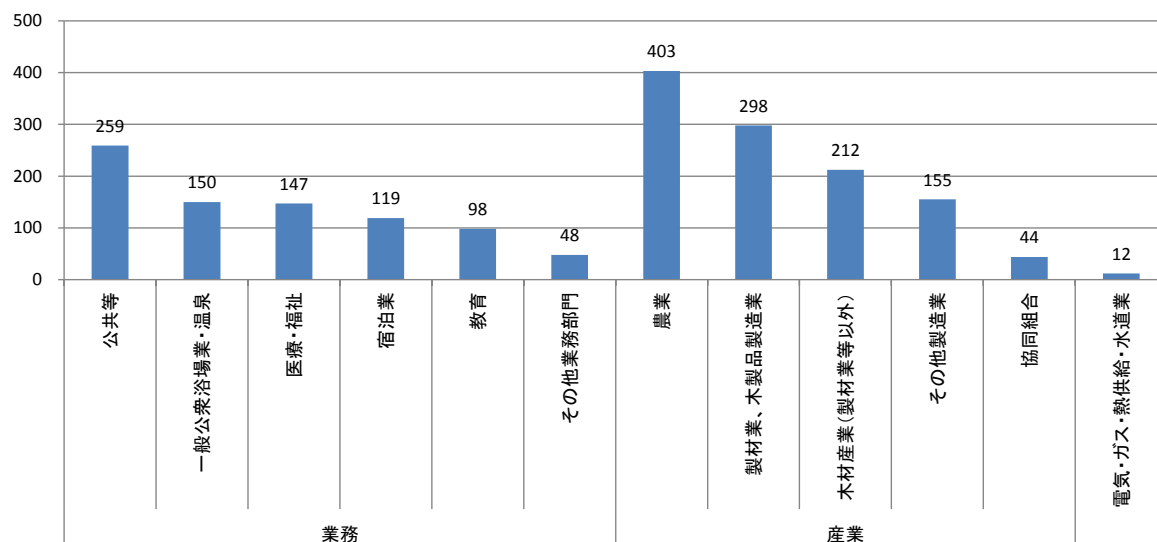
林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」では、木質バイオマスのエネルギー利用について詳細なデータが取りまとめられている。

業種別のボイラーの導入数を見ると、製材業や合板製造業が含まれる木材・木製品製造業が最も大きいことが分かる。また、農業でも多くのボイラーが導入されている。その他の製造業は 1 つにまとめているが、主に、パルプ・紙・紙加工品製造業（43 基）、食料品製造業（27 基）、家具・装備品製造業（23 基）、化学工場（13 基）などに導入がされている。製造業においては、1 基あたりの設備容量が大きいいため、設備容量ベースでは、大きい可能性がある。

業務部門では、公共施設、温泉施設・温泉、医療・福祉、宿泊業、教育業等に多く導入されている。公共施設や教育施設等の公共的な側面が強い施設以外では、給湯需要が大きい施設に比較的多く導入されていることが確認される。

図表 3 業種別の木質バイオマス利用ボイラー数（平成 27 年時点）

ボイラー設置数(基)



(注) 原典の項目を合算して再整理している。なお、原典の「協同組合」については森林組合等が想定されることから、ここでは産業部門として整理し、「その他」は「公共等」として整理した。

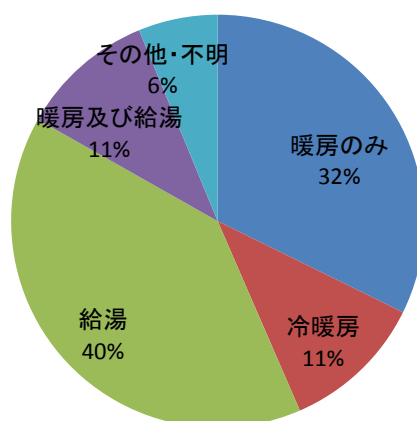
(出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2.1.2 熱の利用用途

1) 業務部門

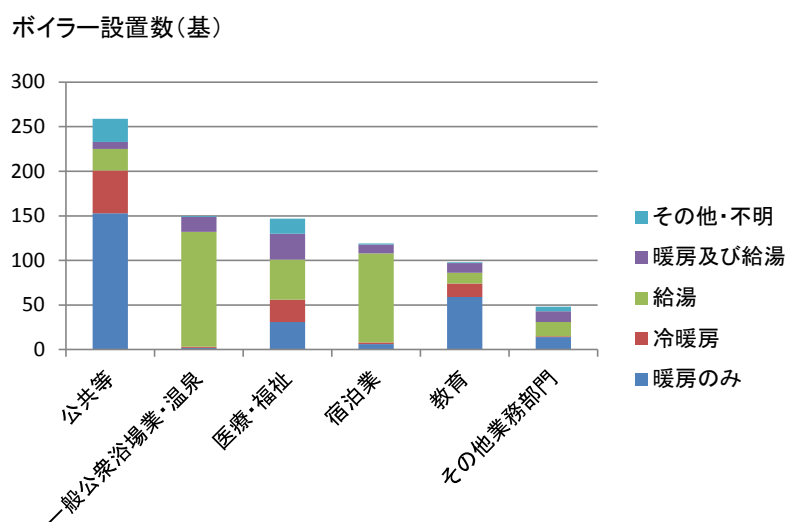
業務部門のバイオマスボイラーの導入先における熱の利用用途をボイラー数ベースで見ると、おおよそ空調用（暖房のみ・冷暖房）と給湯用で半数ずつ程度となっている。業種別にみると、空調利用は、公共施設・教育施設が中心となっていることがわかる。給湯利用が多い温浴施設や宿泊施設についても公営施設が含まれると考えられるが、民間施設での利用も存在すると考えられる。

図表 4 業務部門における熱利用用途（ボイラー数ベース）



(注) 製造業、農業、電気・ガス・熱供給・水道業を除いたものを業務部門として集計。
 (出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング作成

図表 5 業務部門における業種別の熱利用用途（ボイラー設置数ベース）

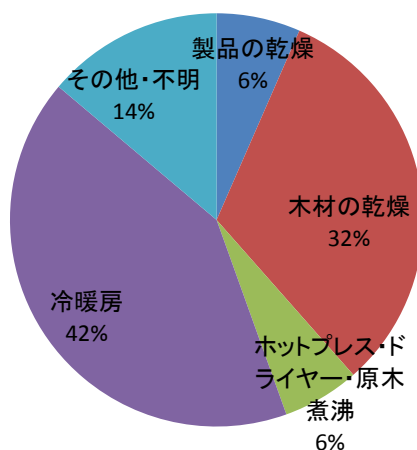


(注) 製造業、農業、電気・ガス・熱供給・水道業を除いたものを業務部門として集計。
 (出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング作成

2) 産業部門

産業部門のバイオマスボイラーの導入先における熱の利用用途をボイラー数ベースで見ると、木材の乾燥、冷暖房が多くなっている。業種別に用途は異なっており、農業は冷暖房、木材産業は乾燥等である。その他製造業は、「その他」が多くなっているが、これは一般的なプロセス蒸気需要と見られる。

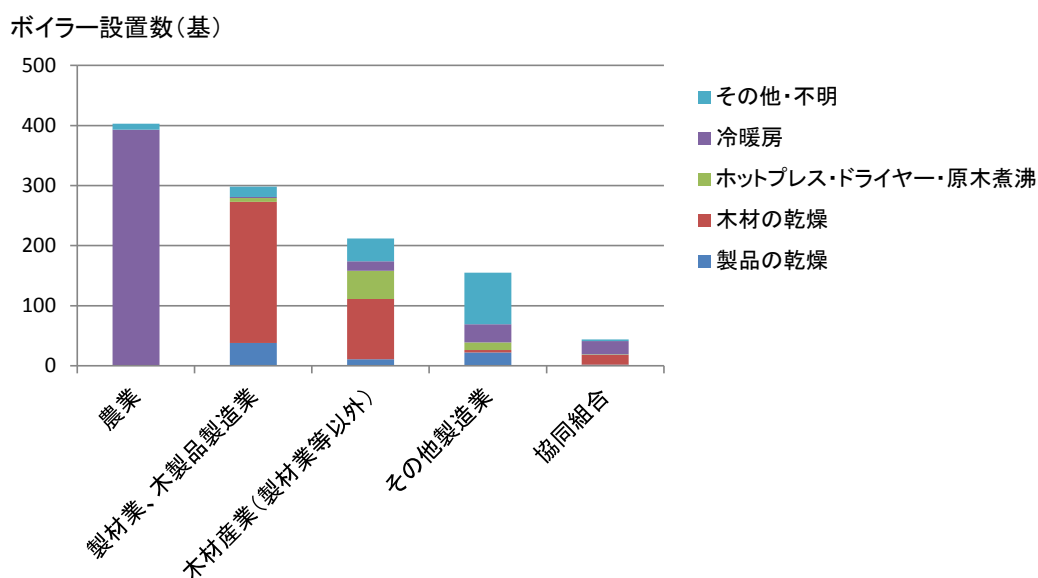
図表 6 産業部門における熱利用用途（ボイラー数ベース）



(注) 製造業及び農業を産業部門として計上。

(出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 7 産業部門における業種別の熱利用用途（ボイラー数ベース）



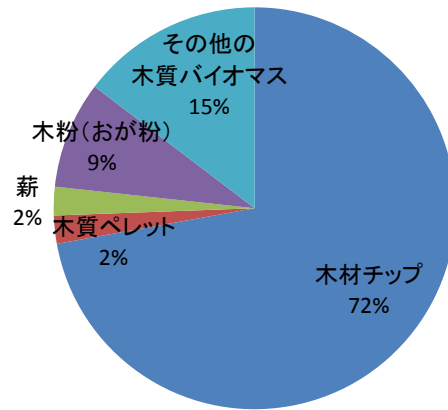
(注) 製造業及び農業を産業部門として計上。

(出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2.1.3 燃料種

燃料種については、燃料消費量ベースでは、木材チップが多くを占めている。一方、ボイラー種類別では、木くず焚ボイラーよりもペレットボイラーが多くなっている。ペレットボイラーについては、その規模が小さい、または稼働率が低い、等の可能性が示唆される。

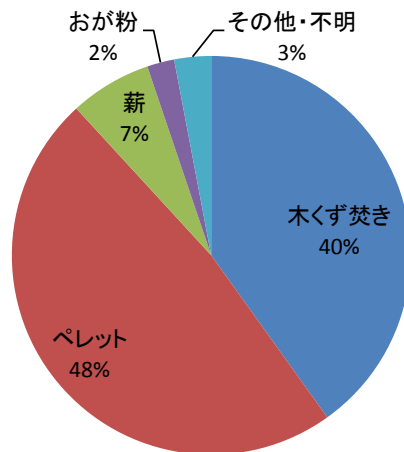
図表 8 「熱利用のみ」向けの燃料消費量（合計：1,645,041 絶乾トン）



(注) 原典では、木材チップは絶乾重量、それ以外は湿潤重量で記載されていたため、ペレットの水分率を 10% (湿潤基準)、薪、木粉、その他の木質バイオマスの水分率を 25% (湿潤基準) として絶乾重量に換算。

(出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 9 ボイラーの種類別導入量（合計：1,945 基）



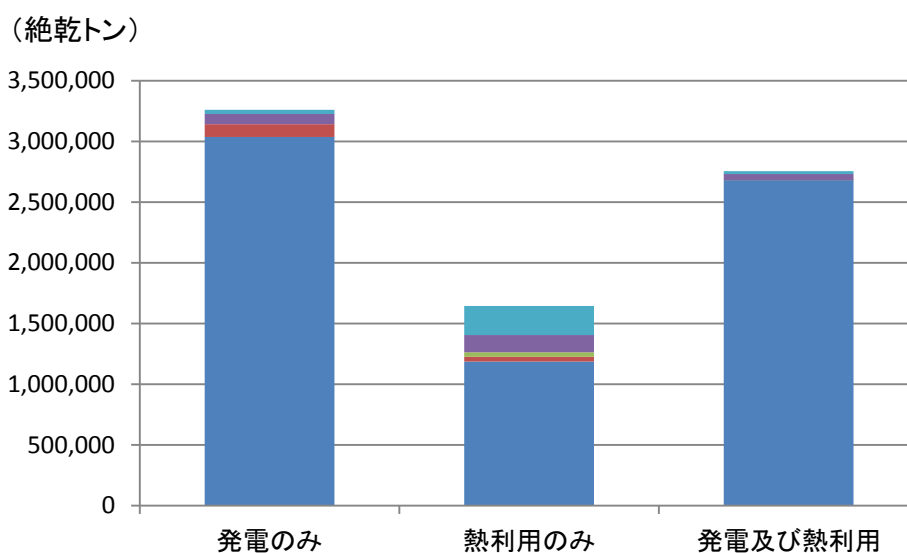
(出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2.1.4 燃料消費量

林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」では、燃料消費量が示されている。これによれば、熱利用のみの場合、絶乾重量で約 160 万トン程度の消費量があると推計される。

一方、業種別の燃料消費量は発電のみ、熱利用のみ、発電及び熱利用の合計値しか公表されていないため、詳細に把握することはできない。農業については、発電機の導入がゼロとなっているため、すべてが熱利用と判断される。また、業務部門では発電機は一部に限られており、また規模も大きくないことからその多くは熱利用の可能性はある。バイオマス消費量は、農業部門で 24,000 絶乾トン、業務部門では発電も含んで 154,000 絶乾トンと推計されるため、160 万トンの残りの 140 万トン以上（熱利用の 90%程度）が製造業、協同組合等で利用されていると考えられる。

図表 10 木質バイオマスの利用量



(注) 原典では、木材チップは絶乾重量、それ以外は湿潤重量で記載されていたため、ペレットの水分率を 10% (湿潤基準)、薪、木粉、その他の木質バイオマスの水分率を 25% (湿潤基準) として絶乾重量に換算。

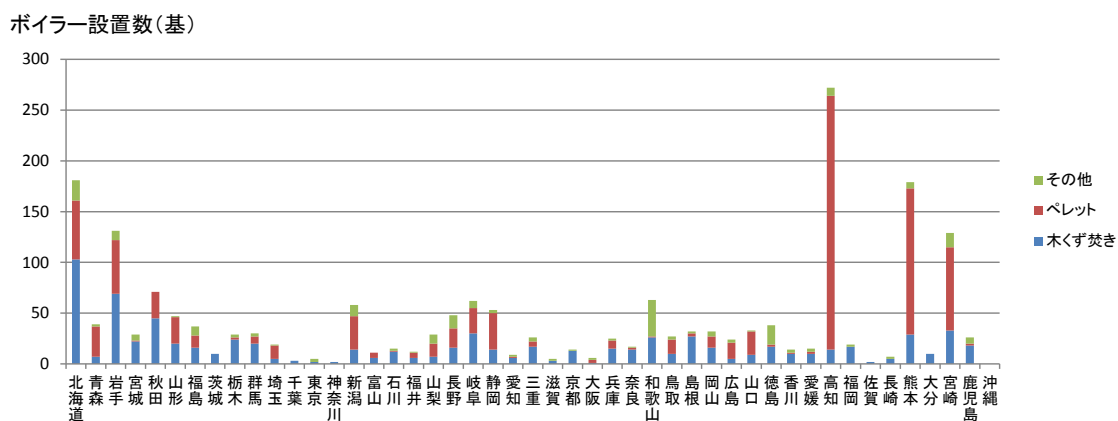
(出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2.2 都道府県別の動向

2.2.1 燃料種別のボイラー導入数

燃料種別に都道府県別ボイラー導入数を見ると、高知県、熊本県、宮崎県の3県ではペレットボイラーの導入に偏っているが、その他の県では木くず焼きボイラーとペレットボイラーの両方のどちらも導入されている傾向が見られる。

図表 11 バイオマスボイラーの都道府県・燃料種別導入数

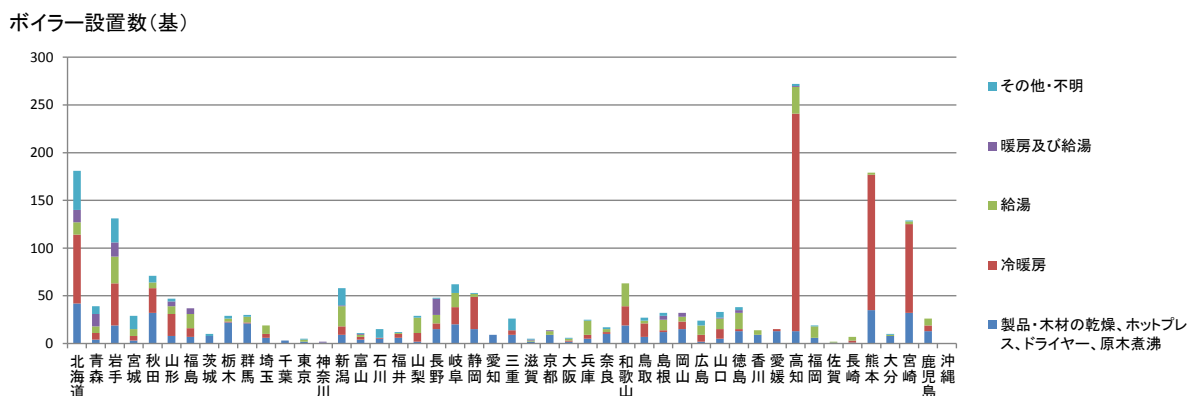


(出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2.2.2 用途別のボイラー導入数

ペレットボイラーの導入が多い高知県、熊本県、宮崎県では、冷暖房用（農業、業務部門向け）が多く、その他の県は様々な用途に分散している傾向が見られる。

図表 12 バイオマスボイラーの都道府県・用途別導入数



(出所) 林野庁「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

第3章 熱需要の整理

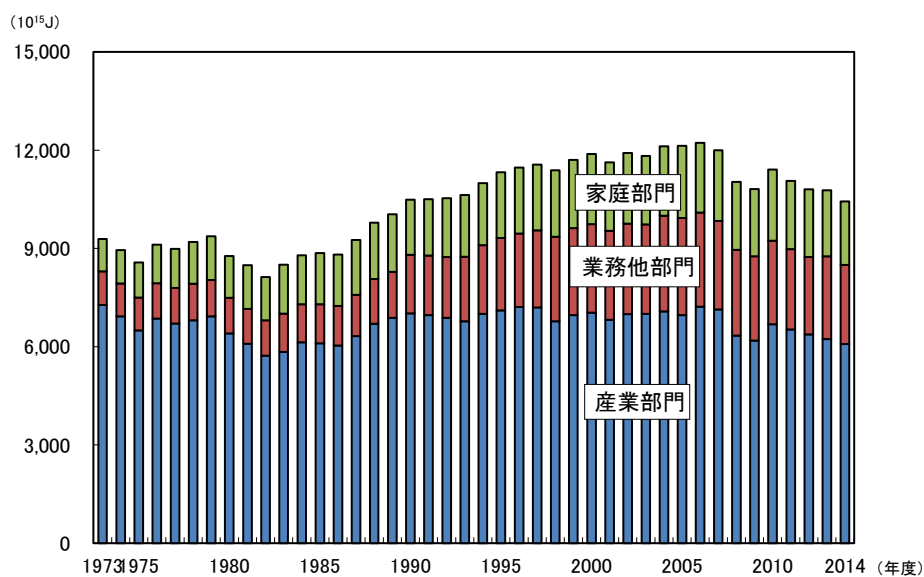
1. 日本における熱需要の概要

1.1 エネルギー消費の動向

我が国における最終エネルギー消費（運輸部門を除く）の動向を、産業部門、業務他部門、家庭部門に分けて整理すると図表 19 の通りとなる。

我が国では、1970 年代の二度の石油ショックを契機に、製造業を中心に省エネルギー化が進んだが、1980～1990 年代に原油価格が低水準で推移する中で、家庭部門、業務他部門を中心にエネルギー消費は増加した。2000 年代半ば以降は再び原油価格が上昇したこともあり、2004 年度をピークにエネルギー消費は減少傾向にある。2011 年度からは東日本大震災以降の節電意識の高まりなどによって更に省エネルギー化が進んでいる。

図表 19 日本における最終エネルギー消費（運輸部門を除く）



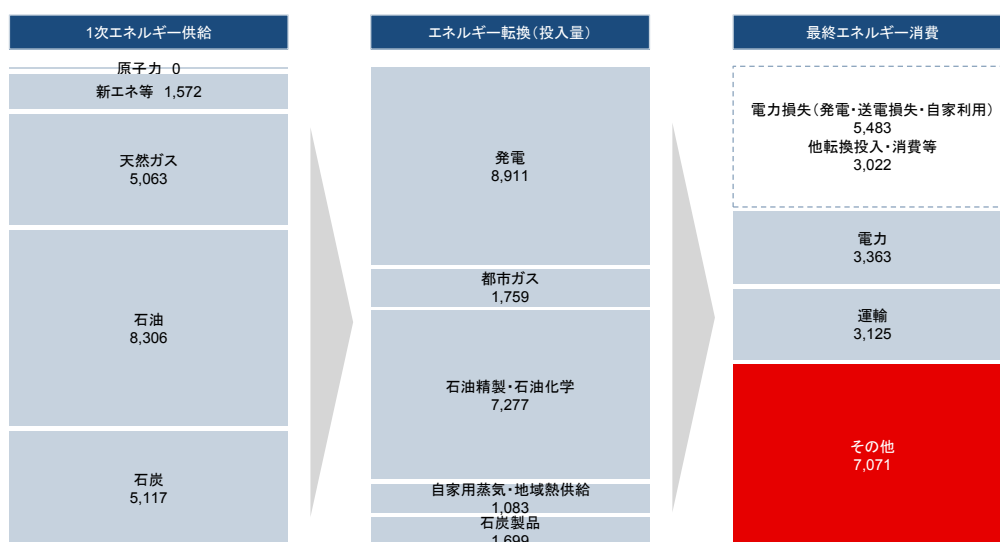
(出所) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2016」

1.2 熱需要量の推定

1.2.1 エネルギーバランス表からみた熱需要

エネルギーフローを用途別に整理すると、図表 20 の通りになる。一般的に、エネルギーフローにおける最終エネルギー消費は部門別に整理されるが、ここでは用途別に再整理している。これを見ると、最終エネルギーの用途として、電力・運輸部門以外（図表中のその他）は大きなエネルギー消費がある。一般的なエネルギーに関する統計では、最終消費者（企業や家庭）が購入した燃料をもとに作られているため、電力を除き、最終消費者が購入した燃料量がこれに該当する。この多くは熱として利用されるものと考えられるが、一部、動力用の燃料や、原料用等もここに含まれる可能性がある。また、電力として購入された中でも、エアコンのように最終的には熱として使用されるものがあることに留意する必要がある。

図表 20 日本のエネルギーバランス・フロー概要（平成 26 年度）（単位:10¹⁵J）



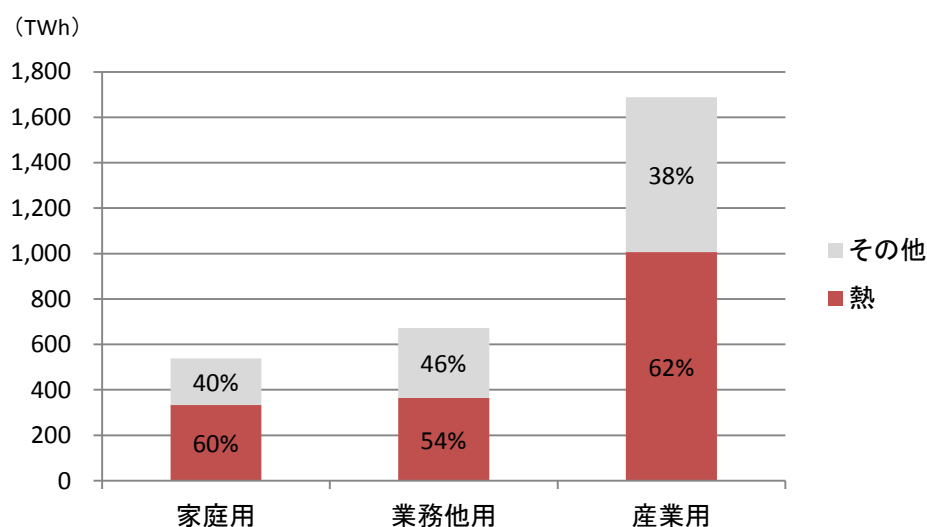
（注） 我が国のエネルギーフローの概要を示すものであり、細かいフローについては表現されていない。

（出所） 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2016」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

1.2.2 積み上げによる部門別熱需要

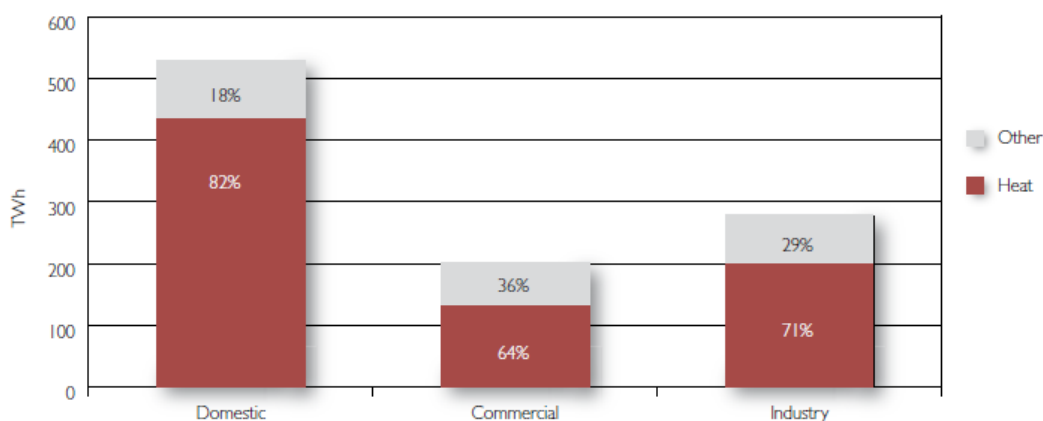
最終エネルギー消費に占める熱需要について、統計情報から時系列で詳細に把握することは難しい。しかしながら、各種統計値を整理すると、2014 年度における我が国のエネルギー消費に占める熱需要の割合は図表 21 のように整理することができる。産業部門、業務他部門、家庭部門では、それぞれ最終エネルギー消費の半分以上が熱需要と推定される。参考として図表 22 に示した英国のエネルギー消費と比較すると、日本は欧州に比べて温暖であることや、製造業が盛んであることなどの理由から、民生部門に比べて産業部門が大きいという特徴が見られる。

図表 21 日本の各部門における最終エネルギー消費に占める熱需要（2014 年度）



(出所) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計（2014 年度）」、「エネルギー消費統計（2014 年度）」「石油等消費動態統計（2014 年度）」、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧 2016」等をもとに作成

図表 22 英国の各部門における最終エネルギー消費に占める熱需要（2009 年）

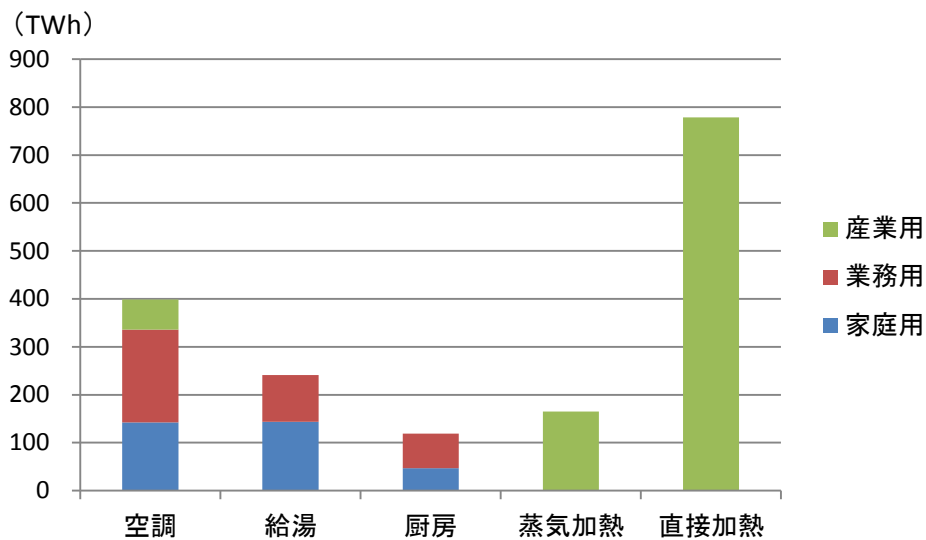


(出所) UK DECC 「The Future of Heating: A strategic framework for low carbon heat in the UK」(2012 年 3 月)

1.2.3 熱の利用用途

熱の用途について、各種統計から整理すると図表 23 の通りとなる。日本では、エネルギー多消費産業における直接加熱用途が大きいという特徴があるが、蒸気の需要も一定規模が存在する。参考として図表 24 に示した英国の用途と比較すると、日本は、業務部門においては空調需要が少なく、産業部門においては直接加熱需要が大きいという特徴がある。

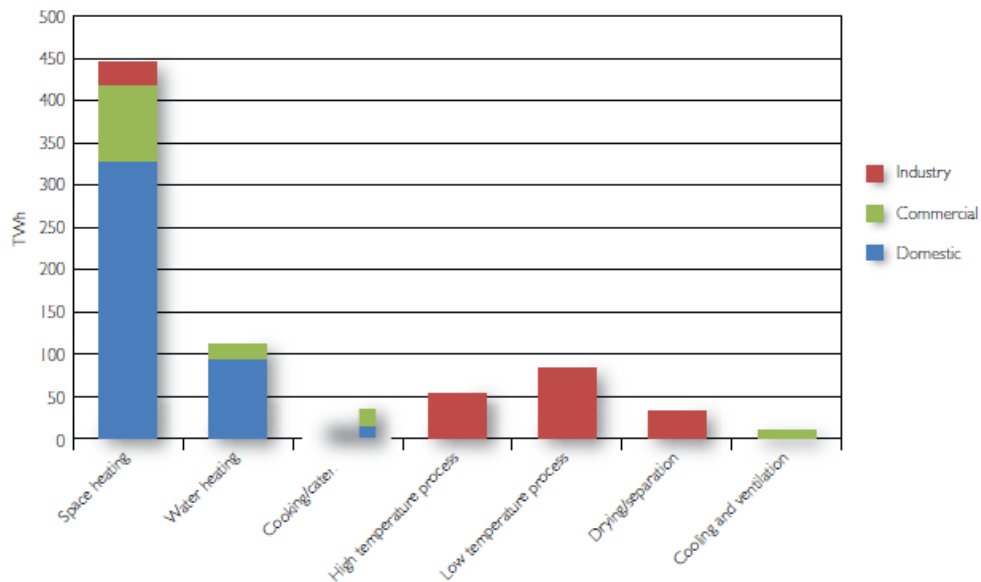
図表 23 日本の最終エネルギー需要に占める熱需要の用途（2014 年度）



(注) 産業用の蒸気加熱のうち空調用は控除（空調用に計上）

(出所) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計（2014 年度）」、「エネルギー消費統計（2014 年度）」、「石油等消費動態統計（2014 年度）」、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧 2016」、株式会社富士経済「産業施設におけるエネルギー消費の実態総調査 2012」をもとに作成

図表 24 英国の最終エネルギー需要に占める熱需要の用途（2009 年）



(出所) UK DECC 「The Future of Heating: A strategic framework for low carbon heat in the UK」(2012 年 3 月)

補足：エネルギーの質に関する考え方

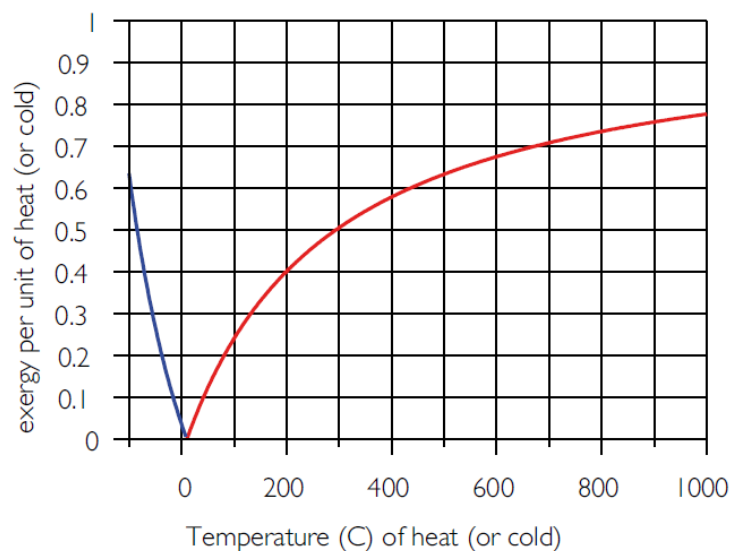
熱利用について検討する際は、エネルギーの質に関する理解が必要である。一般的に誤解されているとして以下の2点があげられる。

○誤解：熱エネルギーと電気エネルギーまたは化学エネルギー（燃料）は等価である

電気エネルギーや化学エネルギーは容易に熱に変換することができるが、この反対に熱を100%電気エネルギーや化学エネルギーに変換することは熱力学的に不可能である。エネルギーの形態は互いに変換可能であるが、不可逆性が存在するため、熱エネルギーへの変換によりエネルギーとしての利用価値は減少する。したがって、熱エネルギーは、電気エネルギーや化学エネルギーよりも利用価値は低いと考えられる。

○誤解：熱の価値を測るにはその熱の量を測定するのがよい

量も需要であるが、質も重要である。熱の価値は、その熱の温度がどの程度周辺温度と違うかに依存する。周辺温度が10°Cならば、100°Cの沸騰水1カップと40°Cの温水3カップは同僚の熱エネルギーを持つ。しかし、沸騰水から40°Cの温水は容易に作成できるが、反対に温水を冷水と沸騰水に分離することはできないため、沸騰水はより利用しやすいといえる。熱力学では、エネルギーの価値を表した指標としてエクセルギー（有効仕事）を使用する。エクセルギーは「系が外界とのみ熱・仕事を交換しながら、外界と平衡するまで状態変化するとき、系から理論上取り出せる最大の仕事量」として定義される。



熱エネルギーのうちエクセルギー（有効仕事）として取り出せる割合
（外界温度10°Cの場合）

（出所）UK DECC 「The Future of Heating: A strategic framework for low carbon heat in the UK」（2012年3月）を参考に作成

2. バイオマスの熱利用要件

2.1 燃料の確保

バイオマスは、他の再生可能エネルギーと異なり、燃料を使用することが特徴である。したがって、燃料調達先を確保する必要がある。また、低コストでバイオマス燃料を調達できれば、バイオマス熱利用の採算性を確保することが容易になる。

図表 25 に発熱量あたりの燃料費用を示す。バイオマス燃料は、全国各地で調達条件が大きく異なると考えられるほか、比較対象となる化石燃料価格は価格変動が大きいため、バイオマスのランニング費用低減効果は、需要家の立地場所や化石燃料価格の動向により左右される。

2016 年現在、化石燃料は下落しており、A 重油価格は 48.4 円/L (2016 年 7 月大型ローリー納入全国平均価格)、57.5 円/L (2016 年 7 月小型ローリー納入全国平均価格) となっている。この水準では、燃料の調達価格が高額の場合、ランニングコスト削減のメリットがなくなる可能性がある。

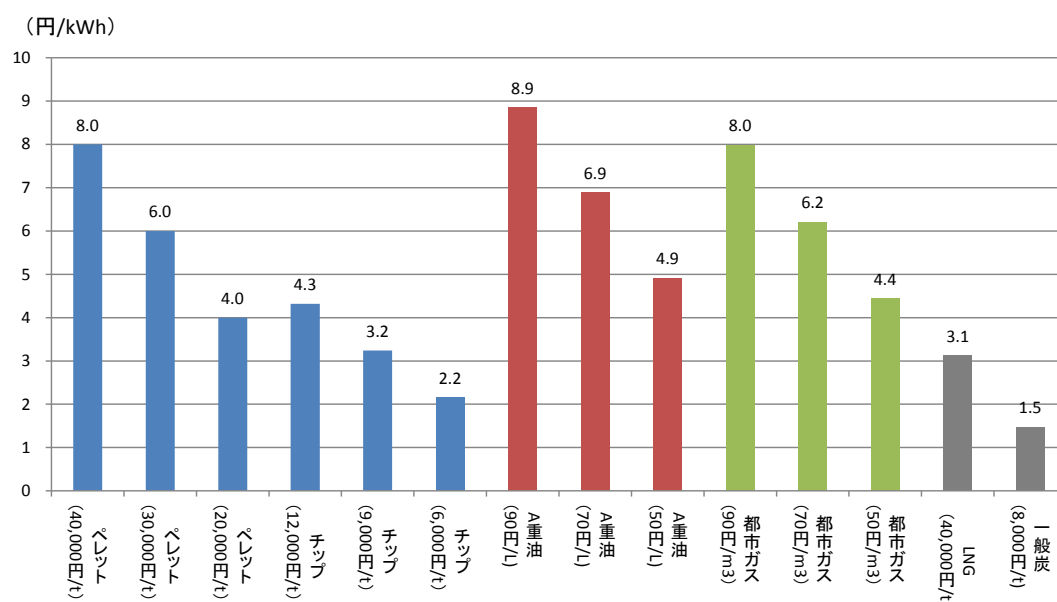
資源エネルギー庁資料によれば、FIT 認定発電所における国産木質チップの平均的な調達価格は未利用木材で 7,809 円/t、一般木材 7,118 円/t (自家生産以外の国産の場合 6,834 円/t)、建築廃材 2,605 円/t であることから、発電所と同水準の価格で調達することが可能であれば、重油価格が 50 円/L 程度であったとしても燃料費の低減は可能であると考えられる。

また、木質バイオマス発電所は全国で増加しており、国産材の需給逼迫が懸念されている¹。FIT 制度においては、森林由来の未利用木材に比べて、製材残材や建築廃材の買取価格は低く設定されていることから、一般的に安価に流通するこれらの燃料を調達できると採算性を確保しやすいものと考えられる。

また一般的に、エネルギー需要は都市部に集中していることから、森林の分布とは必ずしも一致していない点にも留意する必要がある。

¹ 資源エネルギー庁「持続可能なバイオマス発電のあり方に係る調査報告書」(2016年2月)

図表 25 発熱量あたりの燃料費用



(注 1) 低位発熱量を想定し、ペレット 18GJ/t、チップ (水分率 40%) 10GJ/t、A 重油 36.6MJ/L、都市ガス 40.6MJ/Nm³、LNG49.2GJ/t、一般炭 24.4GJ/t で換算

(注 2) LNG、一般炭については、小売価格でなく輸入価格を想定しているため、長期エネルギー需給見通し小委員会発電コスト検証ワーキンググループを参考に、図中の価格に別途諸経費 (LNG2,700 円/t、一般炭 2,000 円/t) を加えている。

(出所) 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2.2 設備利用率の確保

2.2.1 バイオマス設備費と導入における考え方

日本におけるバイオマスボイラーの標準的な設備費は、約 23～40 万円/kW (300kW 程度の場合) と推定されている²。これは、ドイツや欧州における同規模の設備費約 4～5 万円/kW や化石燃料ボイラーの標準的な設備費約 1 万円/kW と比較すると高額である。他方、バイオマスの燃料費は、一般的な取引条件であれば、化石燃料費よりも安価となることが多い。

このため、バイオマスボイラー導入に際しては、設備費を可能な限り抑えることの他に、年間稼働時間が一定以上であることが採算性を確保する条件となる。したがって、熱需要においては、季節変動や日変動が少ないことが望ましい。

2.2.2 稼働時間による経済性の変化

(1) 試算条件

バイオマス熱利用の経済性は、様々な条件で変化するが、ここでは一定の条件を想定し、

² 株式会社森林環境リアライズ他「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト (2013 年 3 月)」における事例調査結果を参照した。なお、近年は構造が比較的単純な数十～200kW 程度の乾燥チップボイラーが導入され始めており、本体・付帯設備・建屋を合わせて 10～20 万円/kW 程度で導入されている例もある。

稼働時間を変化させることでその影響を検討した。

直観的に分かりやすい指標として、熱の生産に要する費用（円/kWh）を算出した。

なお、熱の生産費用を算出するにあたっては、熱生産に必要な費用を1年間に生産する熱量で除して算出する。初期費用（以下の式では P ）については、資本回収係数（以下の式で P にかかる係数）を乗じて1年あたりの費用（以下の式では M ）に換算した。

$$M = P \times \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}}$$

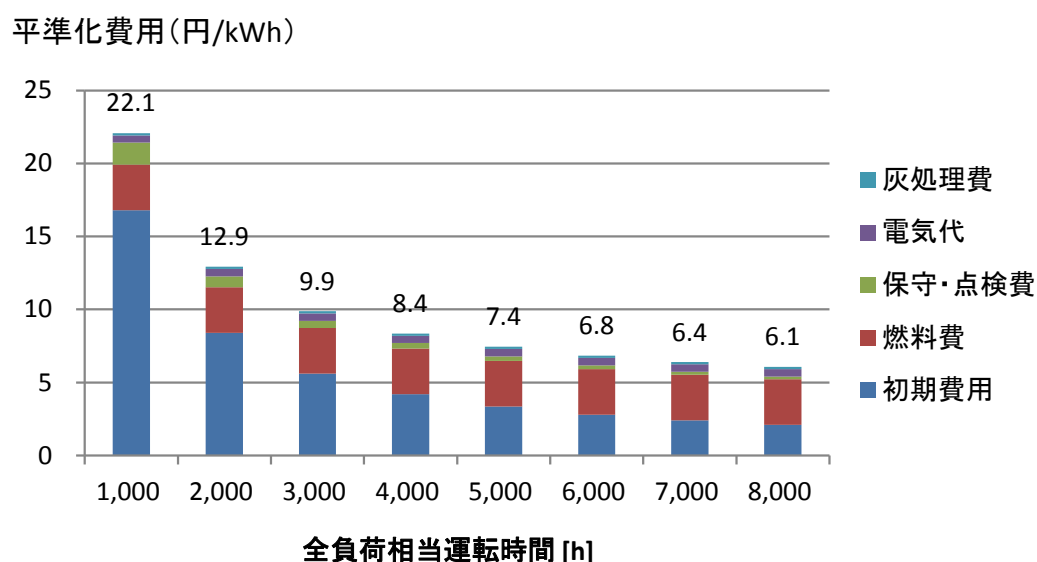
ここで n は機器の使用年数、 i は割引率（資本の利率）である。1年あたりの費用には、資本費を単純に使用年数で等分した費用に、資金調達に係る金利分が上乘せされていると理解すればよい。今回の試算では使用年数を20年間、割引率を3%として計算した。

(2) 試算結果

日本及び欧州水準の初期費用を想定した20年間の熱生産に係る平準化費用を図表26、図表27に示す。初期費用が日本水準の場合、設備利用率によって熱生産単価が大きく変化するため、設備利用率の確保が特に重要である。

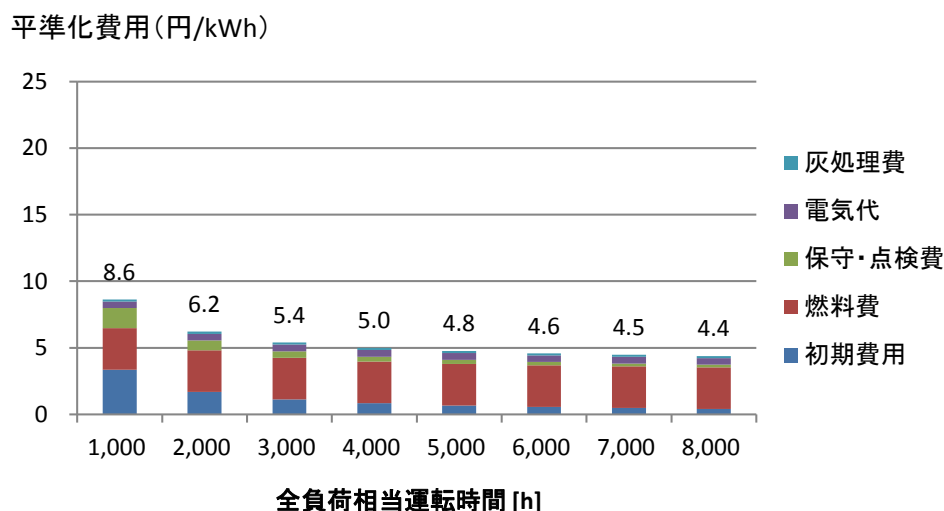
一方、欧州水準まで初期費用が下がった場合、それほど設備利用率が高くない場合であっても十分に費用を低減することが可能である。

図表 26 20年間の平均的な熱生産単価（初期費用 25万円/kW ※日本水準）



(出所) 三菱UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 27 20年間の平均的な熱生産単価（初期費用5万円/kW ※欧州水準）



(出所) 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2.3 利用温度に合わせた機器選定

バイオマスは、様々な温度に対応可能であるが、それぞれの利用温度に合わせて機器を選定していく必要がある。

2.3.1 温水利用

温水利用の場合は、ラインナップが豊富なことから、どのような規模であっても利用が容易である。また、温水利用の場合、蓄熱槽を設置することで熱を貯蔵できるため、日間変動は平準化しやすい。一方、空調需要が中心になる場合、季節変動が大きいいため、設備利用率低下につながりやすいという特徴を持つ。

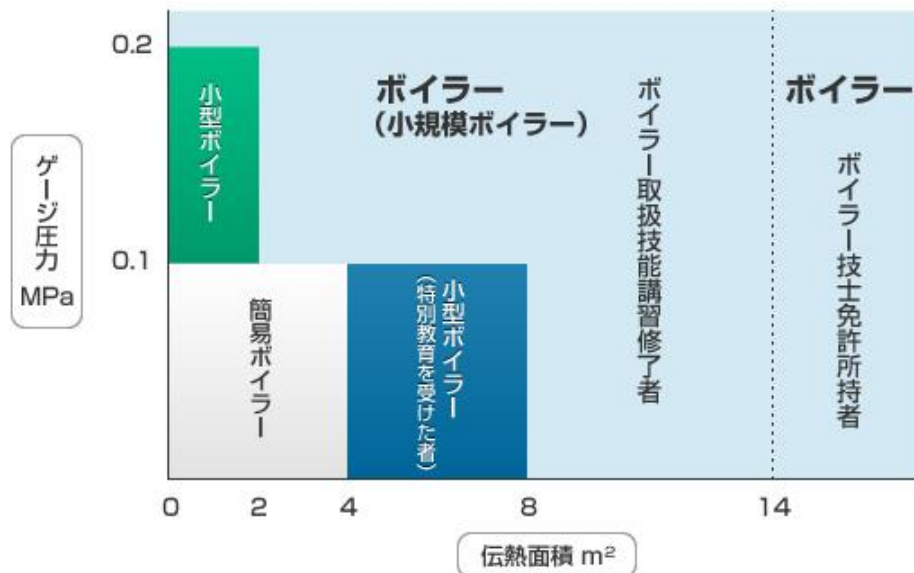
また、ボイラーは、一般的に労働安全衛生法の規制対象となる。温水ボイラーの場合は、ゲージ圧力及び伝熱面積によりボイラーの区分が決まり、これに基づき、取扱い資格や検査が義務付けられる。

一方、現状では同規制の対象とならないように、無圧開放と呼ばれる方法が採用されることが多い。これは、ボイラーの熱媒水（缶水）を大気圧下で開放し、沸点以下の温度で加熱する方法である。この仕組みを採用した場合は労働安全衛生上の規制対象外となる。

一方、伝熱面積 4m²以下、ゲージ圧力 0.1MPa 以下で使用する温水ボイラーであれば、労働安全衛生法で簡易ボイラーとして扱われる。ボイラーメーカーへのヒアリングによれば、現状では、50kW 程度までであれば、伝熱面積の規定をクリアできるとされているため、無圧開放ボイラーと同様に扱うことができる。

簡易ボイラーの利点は、規制対象とならないだけでなく、輸入ボイラーの無圧改造コスト（主に型式ごとの性能評価テスト、開放タンクの追加コスト、ボイラーと蓄熱槽の間の熱交換器・ポンプ、配管等に係るコスト、腐食防止の不凍液、等）の負担がなくなることから経済性の面でも有利となる。

図表 28 温水ボイラーにおける適用区分



(出所) 一般社団法人日本ボイラ協会ウェブサイト

図表 29 ボイラー適用区分に基づく主な法的要求事項

法的区分	製造者側				使用者側				
	製造許可	溶接検査	構造検査	個別検定	設置届	設置報告	落成検査	性能検査	自主検査
ボイラ	○	○	○	×	○	×	○	○	×
小型ボイラ	×	×	×	○	×	○	×	×	○
簡易ボイラ	×	×	×	×	×	×	×	×	×

(○印は必要、×印は不要を示す。)

ボイラ協会

(出所) 株式会社トモエテクノ「ボイラの法的区分と法規制」

2.3.2 蒸気利用

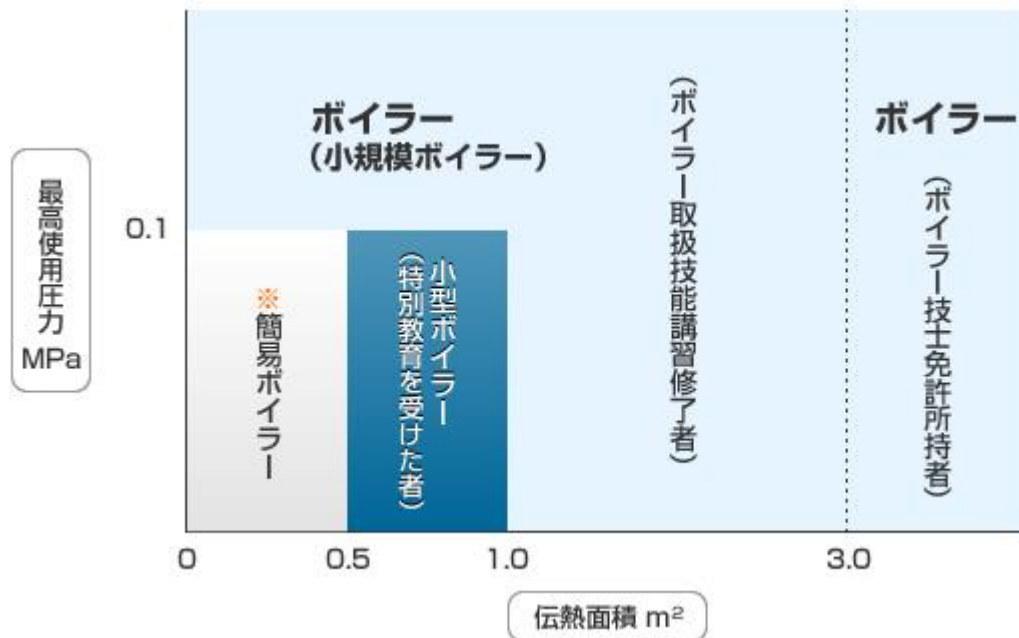
蒸気は、主に製造業で使用されることが想定されるが、病院やホテルなどの一部でも、使用されることがある。蒸気の場合、熱を貯蔵しにくい³ため、日間変動は設備利用率に大きく影響する。一方、業種によって違いがあるもの季節変動は少ないという特徴がある。

また、蒸気ボイラーは、労働安全衛生法の対象となるため規制対応が必要となる。伝熱面積、胴の内径、最高使用圧力により適用区分が変わる。ボイラー適用区分に基づく主な法的要求事項は、先に示した通りであり、製造者側、使用者側でそれぞれ規制対応の必要が生じる。特に

³ 余剰蒸気を飽和水の状態で蓄熱する蒸気アキュムレータと呼ばれる装置は以前から実用化しているが、圧力容器となるため、比較的高コストなシステムとなる。

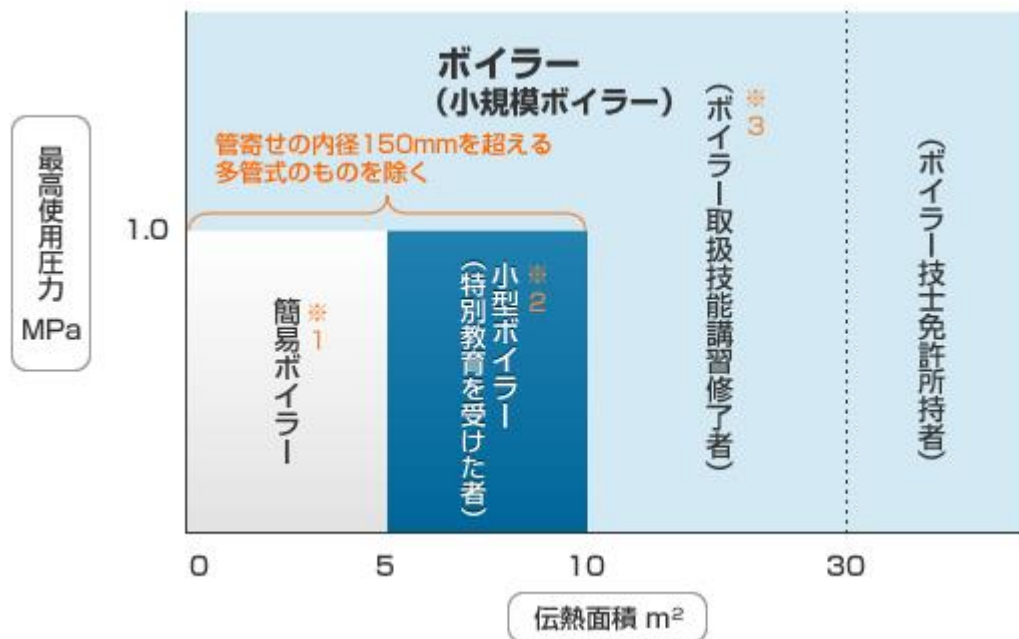
ボイラーになると、使用者側でも資格者の確保、年1回登録性能検査機関による性能検査を受ける必要が生じる。蒸気ボイラーの中でも貫流ボイラーと呼ばれるタイプは、緩和条件が適用され、最高使用圧力と伝熱面積の許容範囲が10倍となる。

図表 30 蒸気ボイラーにおける適用区分



(注) 蒸気ボイラーの場合、この他に胴の内径の長さでも区分が変わるため、注意が必要
 (出所) 一般社団法人日本ボイラ協会ウェブサイト

図表 31 貫流ボイラーにおける適用区分



(出所) 一般社団法人日本ボイラ協会ウェブサイト

2.3.3 冷熱利用

前述の通り、バイオマス熱利用においては、稼働率を高めることが重要である。一方、日本では寒冷地以外の民生用需要においては、冬季以外の熱需要は少なく、その代りに夏季における冷房需要がある。したがって、バイオマスボイラーの稼働率を向上させるために、吸収式冷凍機などと組み合わせることで冷熱利用が検討されることがある。

バイオマスによる主な冷熱利用システムとその特徴を図表 32 に示す。温水ボイラーを使用する場合、システム効率はそれほど高くないため、注意して利用する必要がある。特に、燃料が高い場合には、効率が高いと燃料消費量が増えて、経済性が低くなる可能性があるため、冷水を別の機器（電気式冷凍機）で生産したほうがよい場合がある。逆に、燃料費が安い場合（余剰なバイオマスが存在する場合）にはシステム効率が低くても、経済性が高まるため、燃料費や化石燃料削減量をどの程度まで追求するかを考えながら、冷水利用をするかどうかを検討する必要がある。

また、蒸気ボイラーの場合、蒸気吸収式冷凍機を組み合わせることで比較的高効率に冷水を製造できる。しかしながら、蒸気ボイラーの場合は、労働安全衛生法の対象となるため、取扱いの手間が増えることに注意が必要である。

燃料としてペレットを使用できる場合、直焚き吸収式冷温器を利用することによって、労働安全衛生法の対象となることなく、比較的高効率に冷暖房を行うことができる。

図表 32 バイオマスによる冷熱利用システムとその特徴

	システムフロー	特徴
温水ボイラー＋ 温水焚き吸収式 冷凍機	バイオマス → 温水ボイラー → 温水吸収式冷凍機 → 冷房 システム効率＝ボイラー効率85%×冷凍COP 0.7 = 60%	<ul style="list-style-type: none"> ■ 温水吸収式冷凍機の効率は高くない。(温水に変換した時点でエクセルギー損失大) ■ ボイラー規制は回避可能(無圧の場合)
蒸気ボイラー ＋ 蒸気焚き吸収式 冷凍機	バイオマス → 蒸気ボイラー → 蒸気吸収式冷凍機 → 冷房 システム効率＝ボイラー効率85%×冷凍COP 1.4 = 120%	<ul style="list-style-type: none"> ■ 蒸気吸収式の冷凍効率は温水吸収式よりも高い(二重効用) ■ 蒸気ボイラーは法規制が厳しい(資格者、検査など)
直焚き吸収式冷 温器	バイオマス → 直焚き吸収式冷温器 → 冷房 システム効率＝105%	<ul style="list-style-type: none"> ■ 直焚き吸収式冷凍機の冷凍効率は温水吸収式よりも高い(二重効用) ■ ペレットを燃料とする必要がある。 ■ ボイラー規制は回避可能(無圧の場合)
(参考) バイオマス発電 ＋ 圧縮式冷凍機	バイオマス → バイオマス発電 → ターボ冷凍機 → 冷房 システム効率＝発電効率25%×送電効率95%×冷凍COP 6.0 = 143%	<ul style="list-style-type: none"> ■ ターボ冷凍機など高効率な冷凍機を使用した場合は、冷凍効率が非常に高い。 ■ エアコンの場合はCOP4～5程度なので、特別効率は高くないと思われる。

(出所) 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2.4 その他の利用要件

2.4.1 設置場所の確保

木質バイオマスボイラーは、化石燃料ボイラーに比べて本体サイズが大きく、既存の機械室とは別に建屋を設置することが一般的である。また燃料用のサイロや燃料供給装置も必要である。このため、都心部や市街地では、設置スペースの確保が困難である場合が多い。

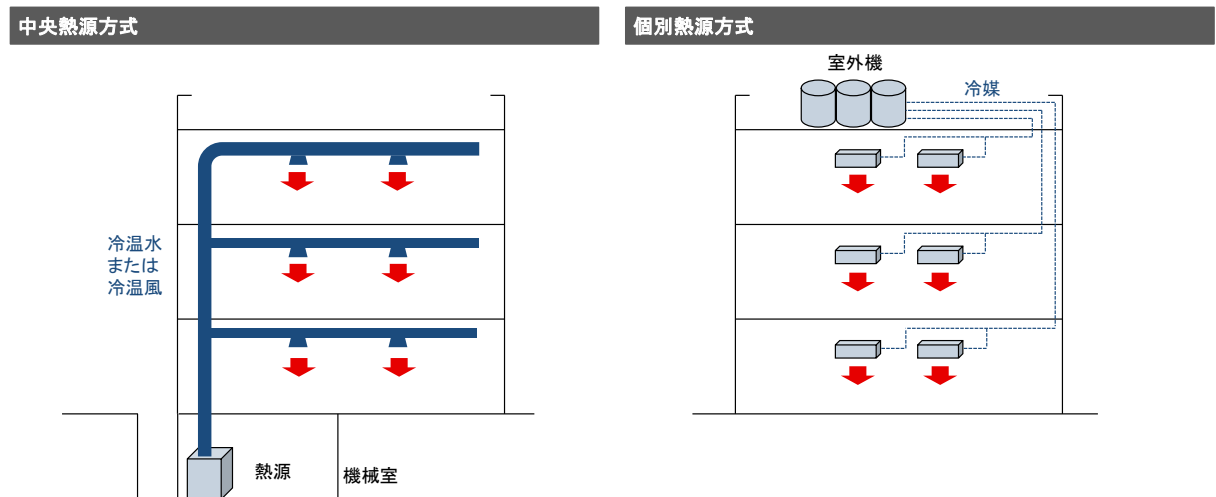
2.4.2 熱源システムとの相性

日本では、以下の通り延床面積 10,000m²以下の中小規模の建物において、個別熱源方式の空調システムが採用される場合がほとんどである（10,000m²超であれば、中央熱源方式が検討されるが、10,000m²～50,000m²までは個別熱源方式も合わせて検討される）。

中央熱源方式の空調システムでは、既存熱源の代替としてバイオマスボイラーを採用することが可能であるが、個別熱源方式の場合、単純な置き換えは困難となる。

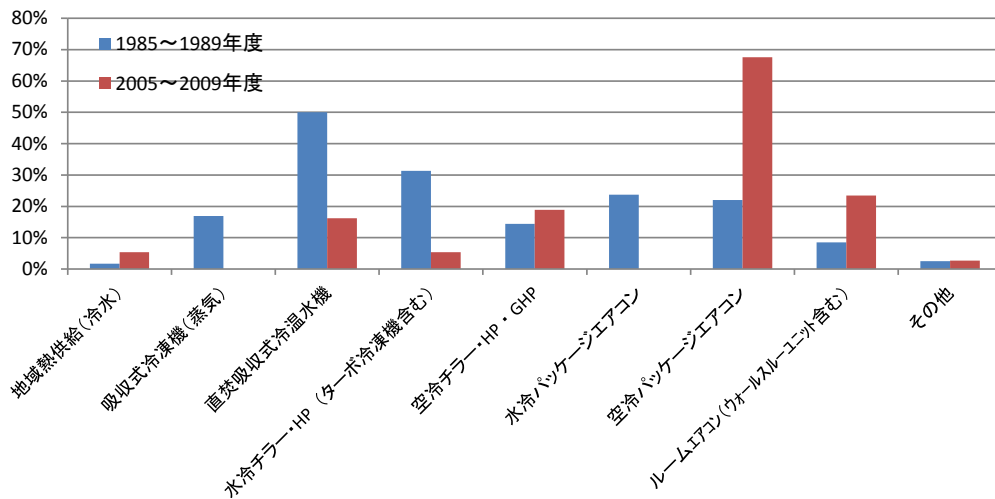
一例として、ホテルにおける空調用熱源システム（冷熱源、温熱源）の採用動向を図表 34、図表 35 に示す。以前は、蒸気ボイラー（温熱）と蒸気吸収式冷凍機（冷熱）の組み合わせや、直燃吸収式冷温水機（温熱・冷熱）と電動冷凍機（冷熱）の組み合わせ、直燃吸収式冷温水機（客室以外）とパッケージエアコンまたはルームエアコン（客室）の組み合わせ等が主であった。しかしながら、近年の建物を見ると、パッケージエアコンまたはルームエアコン方式の採用が急増しており、個別空調が主流になっていることが分かる。

図表 33 中央熱源方式と個別熱源方式



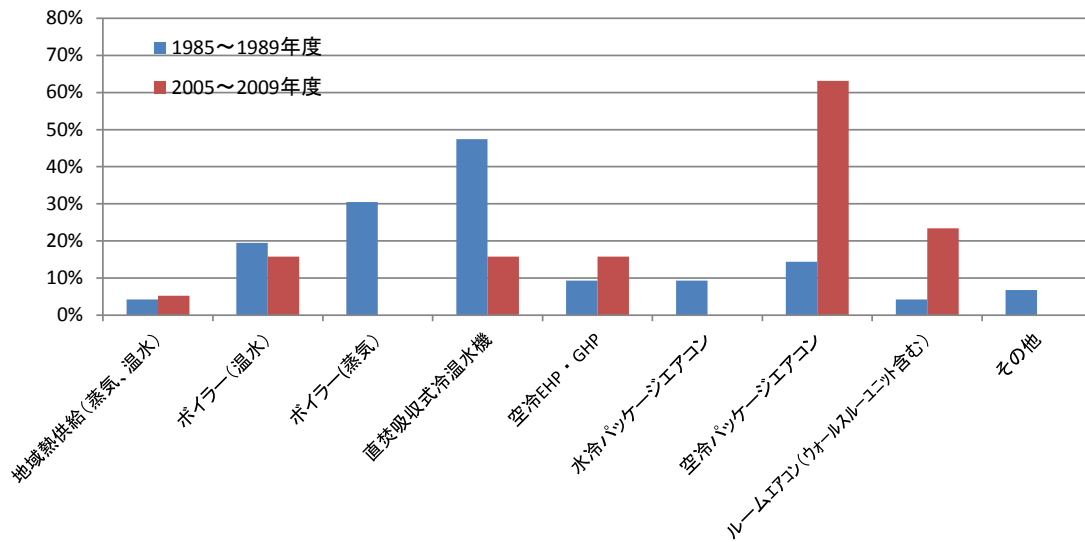
(出所) 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 34 宿泊施設における空調用熱源技術の採用率（冷熱源、竣工年数別）



(出所) 建築設備技術者協会「ELPAC2015」から三菱UFJリサーチ&コンサルティング推計

図表 35 宿泊施設における空調用熱源技術の採用率（温熱源、竣工年数別）



(出所) 建築設備技術者協会「ELPAC2015」から三菱UFJリサーチ&コンサルティング推計

3. 部門別の熱需要の特徴

3.1 産業部門

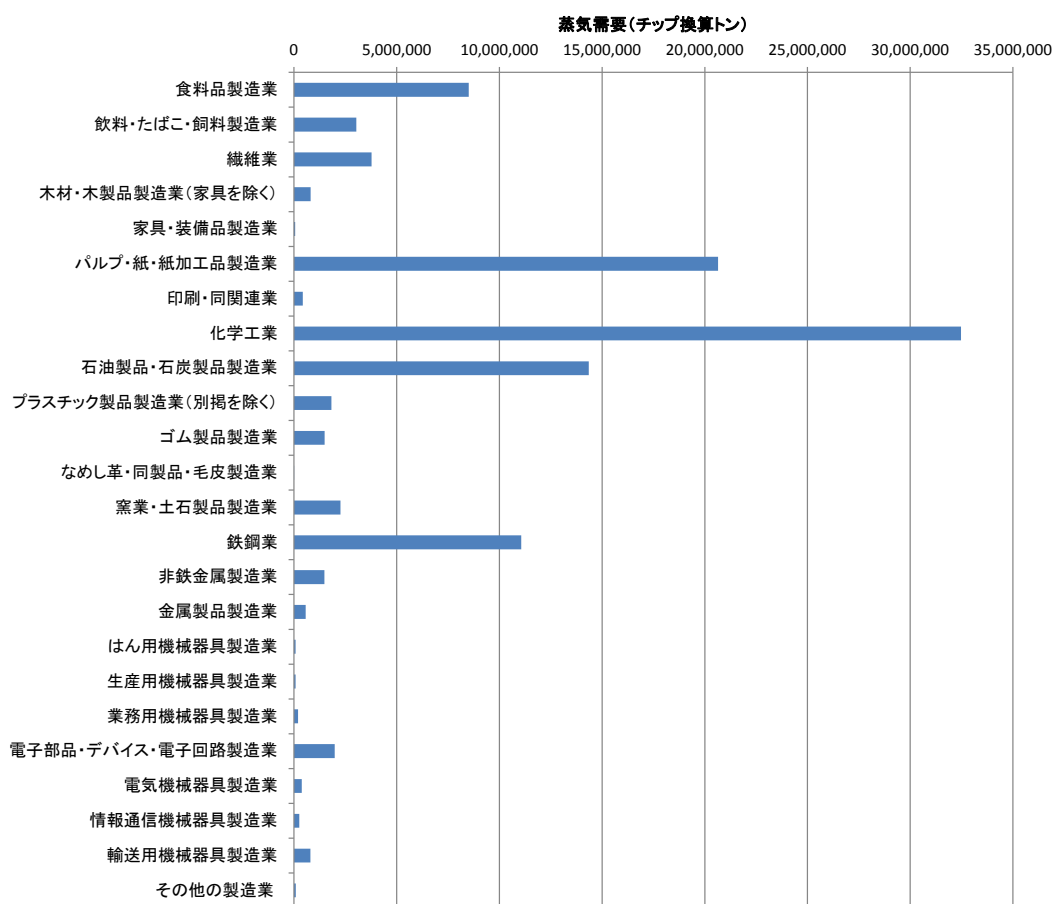
3.1.1 熱需要の概要

(1) 需要量

前述の通り、産業部門の熱需要には大きく分けて直接加熱と蒸気加熱に分けられる⁴。木質バイオマスはどちらの利用も実施的に可能であるが、直接加熱に用いる機器（例えば、工業炉等）は十分に実用化・普及していないため、ここでは、蒸気として利用することを考える。

産業部門における蒸気需要は、中分類レベルでエネルギー消費統計の蒸気受払表に示されている。同表から蒸気需要のうち、自家発電用を除いた分が正味の蒸気需要と考えられることから、この値を図表 36、図表 37 に示した。蒸気需要はエネルギー多消費産業に大きく偏っていることがわかる。

図表 36 産業部門中分類における蒸気需要（チップ換算）



(注) 含水率 40%チップを想定し、10GJ/t で換算

(出所) 経済産業省「平成 26 年度エネルギー消費統計」

⁴ 農業では、空調用需要が多いが、統計が整備されていない。

図表 37 産業部門中分類における蒸気需要 (詳細表)

	①		②		③		④		⑤		⑥		④+⑤	
	受入・発生		自家発生		自家発電用		転換・消費		消費		払出		蒸気需要	
	受入	自家発生	自家発生	自家発電用	温水・冷用水	消費	払出	蒸気需要	発電以外消費					
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	t	
E 製 造	157,103	1,636,123	648,221	12,436	1,053,696	78,873	1,066,132	106,613,210						
09 食料・たばこ・飼料製造業	6,002	88,774	9,428	3,641	81,388	318	85,029	8,502,885						
10 飲料・たばこ・飼料製造業	1,067	30,531	1,230	2,961	27,369	38	30,330	3,032,973						
11 繊維	4,378	49,505	15,560	501	37,292	530	37,793	3,779,349						
12 木材・木製品製造業(家具を除く)	501	11,174	3,031	152	7,944	548	8,096	809,605						
13 家具・装備品製造業	0	608	0	5	603	0	608	60,829						
14 パルプ・紙・紙加工品製造業	1,232	419,090	212,965	179	206,239	939	206,418	20,641,776						
15 印刷・同関連業	102	4,216	41	605	3,672	0	4,277	427,730						
16 化学	91,651	428,003	142,532	1,366	323,325	52,431	324,691	32,469,140						
17 石油製品・石炭製品製造業	20,506	215,579	79,397	61	143,442	13,184	143,503	14,350,293						
18 プラスチック製品製造業(別掲を除く)	1,037	19,479	2,218	109	18,066	122	18,176	1,817,563						
19 ゴム製品製造業	237	15,366	698	522	14,383	0	14,905	1,490,490						
20 なめし革・同製品・毛皮製造業	0	83	0	0	83	0	83	8,336						
21 窯業・土石製品製造業	1,443	72,876	51,511	62	22,519	227	22,581	2,258,068						
22 鉄鋼	10,693	237,991	128,456	154	110,434	9,640	110,588	11,058,830						
23 非金属製品製造業	1,055	15,673	1,106	45	14,750	826	14,795	1,479,509						
24 金属製品製造業	291	5,463	18	445	5,258	32	5,703	570,319						
25 はん用機械器具製造業	0	767	0	82	685	1	767	76,691						
26 生産用機械器具製造業	48	721	0	52	718	0	769	76,928						
27 業務用機械器具製造業	810	1,201	0	34	1,977	0	2,011	201,107						
28 電子部品・デバイス・電子回路製造業	12,118	7,757	20	450	19,402	3	19,852	1,985,223						
29 電気機械器具製造業	163	3,596	0	22	3,737	0	3,759	375,904						
30 情報通信機械器具製造業	2,420	147	0	1	2,556	11	2,556	255,635						
31 輸送機械器具製造業	1,340	6,692	8	985	7,016	22	8,002	800,157						
32 その他製造業	10	829	0	1	838	0	839	83,871						

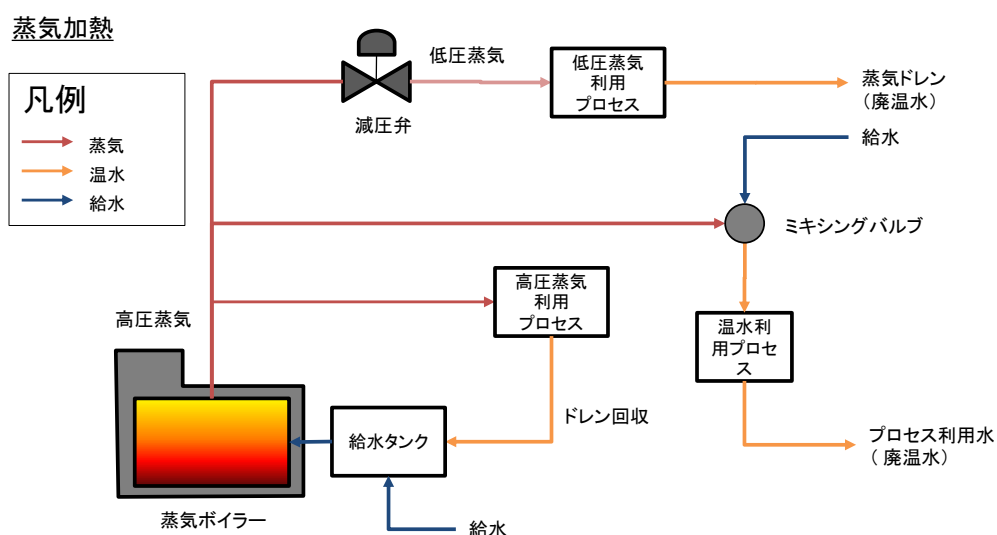
(出所) 経済産業省「平成26年度エネルギー消費統計」

(2) 利用形態

蒸気利用における最終的な利用温度はプロセスによって様々であるが、高い温度に合わせてボイラー圧力を調整し、減圧によって温度調整するのが一般的である（温度別に系統を分けることもある）。業種によっては、温水需要もあるが、蒸気と水の混合や排熱から温水を製造しているところが多い。

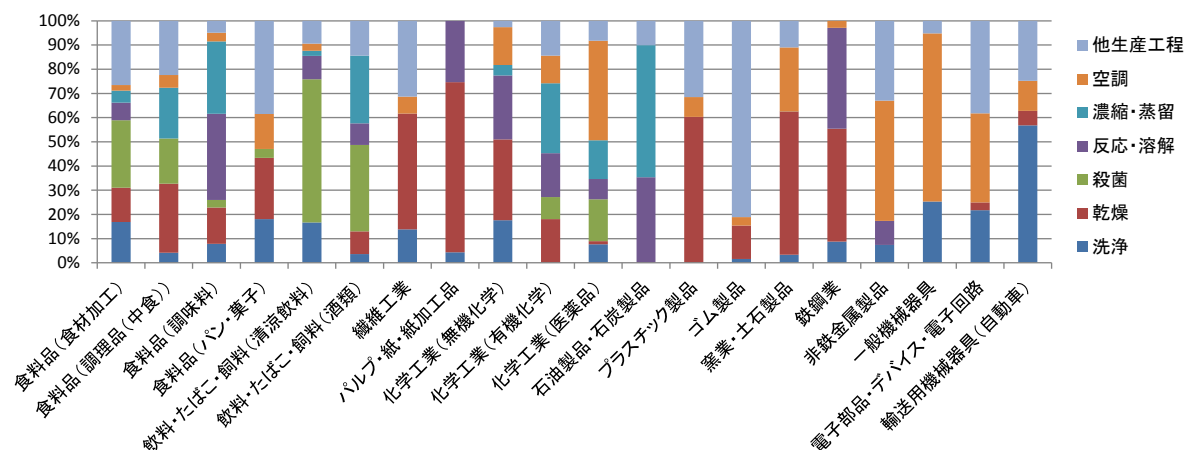
蒸気需要は、様々であるが、食料品や飲料製造業においては、殺菌、洗浄等が大きく、紙・パルプ、化学などでは乾燥や反応・溶解用途が大きい。その他、機械産業は空調や洗浄が主な用途となっている。

図表 38 工場における蒸気利用の例



(出所) 三菱UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 39 工場における蒸気利用の内訳



(出所) 富士経済「産業施設におけるエネルギー消費の実態総調査 2012」をもとに作成<2010 年度>

3.1.2 負荷変動のパターン

(1) パターン整理の方針

産業業種別の熱需要の整理のために、石油等消費構造統計を利用する。本統計は産業細分類のレベルでエネルギー消費実態が調査されており、それぞれの業種ごとに使用燃料、ボイラー稼働実績、コージェネ稼働実績などがまとめられている。

ボイラーに関する統計においては各業種の事業者数、導入ボイラー数、年間使用実績、温度大別使用実績がまとめられており、業種ごとの熱利用の実態としては本統計が一番詳しい。本調査は2003年を最後に終了しエネルギー消費統計に移行したが、エネルギー消費統計においてはボイラーの使用実績・産業細分類での整理が存在しないため、本統計を用いることとする。

統計情報を基に業種ごとに期待されるボイラー稼働率、ピーク熱需要を整理し、バイオマスボイラーの有望適用先となる業種を小分類レベルで整理する。

(2) 年間平均稼働率に基づいた負荷持続曲線の推定

年間の平均稼働率に基づいて負荷持続曲線を作成し、バイオマスボイラーの利用に適した産業業種を抽出する。負荷持続曲線とは、対象期間における負荷変動曲線を基にして負荷を大きい順に並べ変えたもので、導入設備の稼働率の目安を得ることができる。

石油等消費統計調査における公称能力、発熱量から業種ごとの年間の平均稼働率を算出したのが表である。

年間の平均稼働率から負荷持続曲線を推定する方法について考える。負荷持続曲線の概形を台形と仮定した場合、負荷持続曲線を決定するのに必要な残りのパラメーターはピーク負荷（台形の下底）、ベース負荷（台形の下底）、年間の総稼働時間（台形の高さ）の3つになる。年間発熱量から台形の面積は決定するため、以下の2点を仮定することで、すべてのパラメーターを決定することができる。

- ▶ ピーク負荷を導入施設の出力定格の7割とする
- ▶ 年間稼働時間を7,200時間（24時間稼働×300日）ないし3,600時間（12時間のDSS運転⁵×300日）のどちらかとする

以上の考えに基づき、年間稼働率に応じた負荷持続曲線を作成した。

⁵ DSS（Daily Start and Stop、日間起動停止）とは、1日ごとに稼働と停止を繰り返す運用パターン。

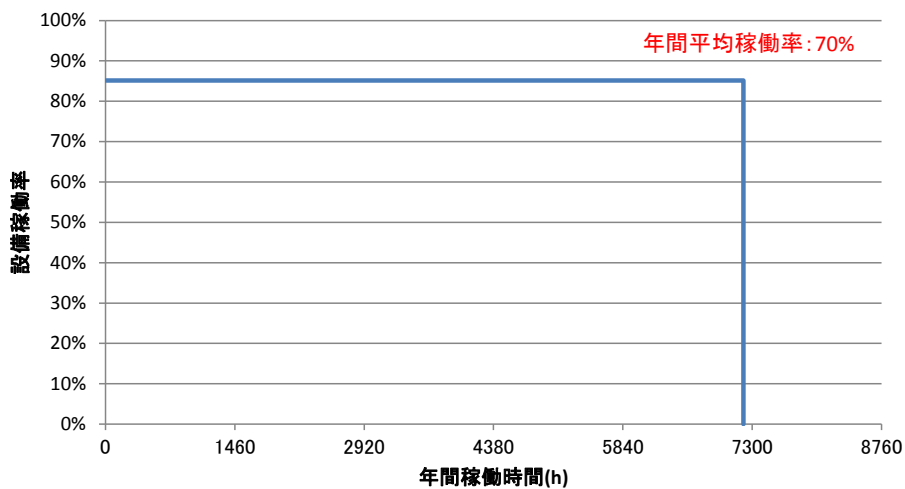
(3) 推定結果

1) 年間平均稼働率 50%以上の場合

年間平均稼働率が 50%を超える場合、運転パターンは 24 時間運転になり、大きな出力変動がなく施設稼働率も高い水準をキープすることが想定される。したがってバイオマスボイラー単体または小規模の補助ボイラーとの組み合わせで熱需要をカバーでき、出力変動なしに長時間バイオマスボイラーを稼働できると期待される。

本分類に含まれる中分類は「18 パルプ・紙・紙加工品製造業」、「20 化学工業」、「21 石油製品・石炭製品製造業」、「25 窯業・土石製品製造業」、「26 鉄鋼業」などがある。

図表 40 想定される負荷持続曲線の例（年間平均稼働率 50%以上の場合）

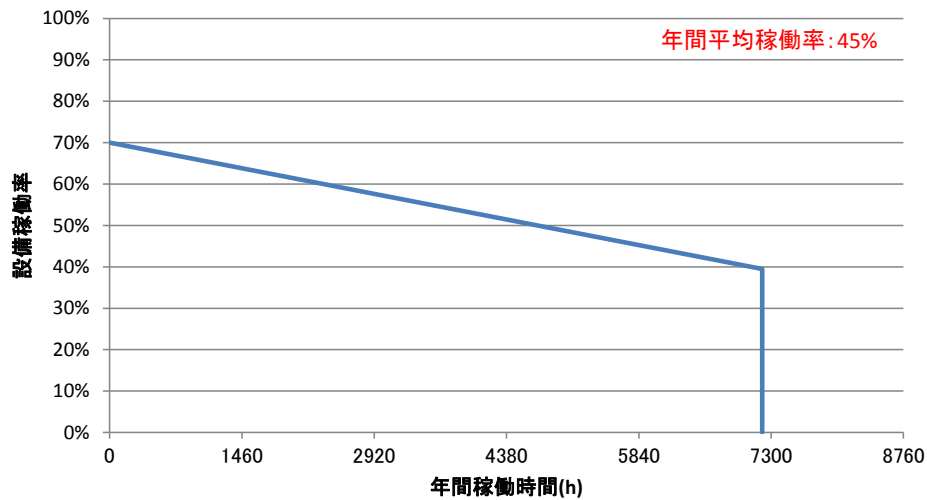


(出所) 経済産業省「石油等消費構造統計」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2) 年間平均稼働率 40～50%の場合

年間平均稼働率が 40～50%の場合運転パターンは 24 時間運転になるが、緩やかな出力変動を示し、ベースがピークの 4 割～7 割程度になることが想定される。ベース負荷の大きさにバイオマスボイラーの定格を合わせ、変動分をその他のボイラーで賄うことで、出力変動なしに長時間バイオマスボイラーを稼働できると期待される。本分類には含まれる中分類は「27 非鉄金属製造業」などがある。

図表 41 想定される負荷持続曲線の例（年間平均稼働率 40～50%の場合）

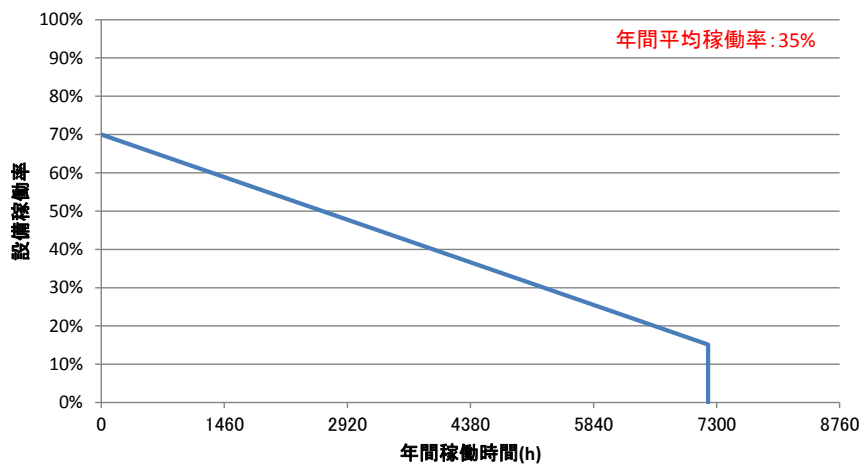


(出所) 経済産業省「石油等消費構造統計」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

3) 年間平均稼働率 30～40%の場合

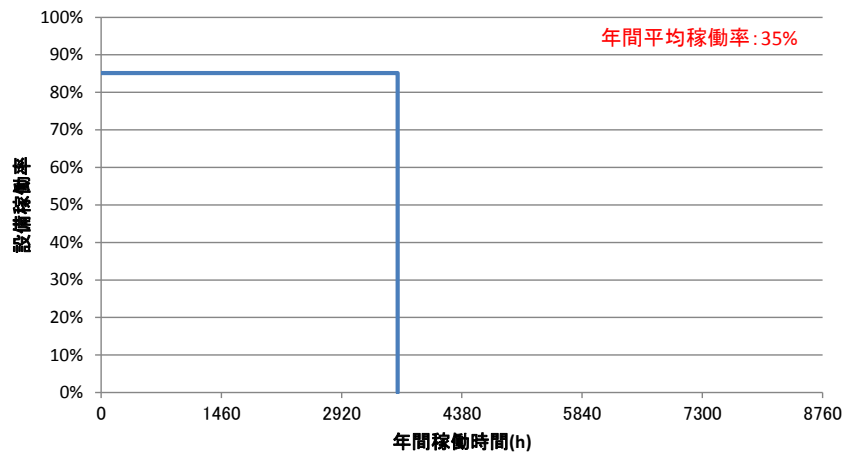
年間平均稼働率が 30～40%の場合 24 時間運転と DSS 運転の両方の場合が想定される。24 時間運転の場合大きな出力変動を示し、ベースがピークの 1 割～4 割程度になると想定される。DSS 運転の場合、稼働時間内では大きな出力変動がないものと想定される。前者の場合、ベース負荷が小さいものの、ベース負荷として利用することが可能と考えられる。後者の場合は日ごとにスタート・ストップを実施するため、バイオマスでの運転には適していないと考えられる。本分類に含まれる中分類は「16 木材・木製品製造業」などがある。

図表 42 想定される負荷持続曲線の例（年間平均稼働率 30～40%で 24 時間運転の場合）



(出所) 経済産業省「石油等消費構造統計」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 43 想定される負荷持続曲線の例（年間平均稼働率 30～40%で DSS 運転の場合）



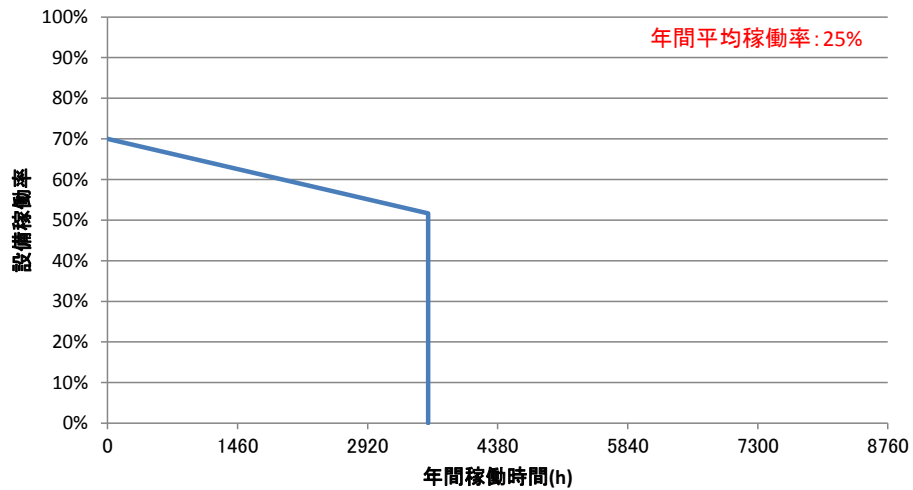
(出所) 経済産業省「石油等消費構造統計」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

4) 年間平均稼働率 20～30%の場合

年間平均稼働率が 20～30%の場合、DSS 運転になることが想定される。稼働時間内で大きな出力変動があると想定され、年間の総稼働時間も短いため、バイオマスボイラーには適さない運転パターンと考えられる。

本分類に含まれる中分類は「12 食料品製造業」、「13 飲料・たばこ・飼料製造業」、「14 繊維工業（衣服、その他の繊維製品を除く）」、「19 出版・印刷・同関連産業」、「22 プラスチック製品製造業（別掲を除く）」、「23 ゴム製品製造業」、「30 電気機械器具製造業」などがある。

図表 44 想定される負荷持続曲線の例（年間平均稼働率 20～30%の場合）

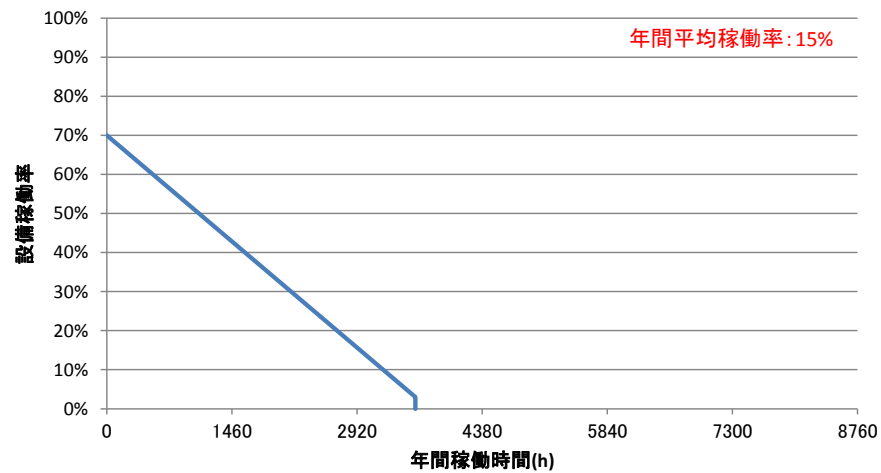


(出所) 経済産業省「石油等消費構造統計」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

5) 年間平均稼働率 20%以下

年間平均稼働率が 20%以下の場合、DSS 運転になる。稼働時間内で激しい出力変動があると想定され、年間の総稼働時間も短いため、バイオマスボイラーには適さない運転パターンと考えられる。本分類に含まれる中分類は「15 衣服・その他の繊維製品製造業」、「17 家具・装備品製造業」、「24 なめし革・同製品・毛皮製造業」、「28 金属製品製造業」、「29 一般機械器具製造業」、「31 輸送用機械器具製造業など」、「32 精密機械器具製造業」、「34 その他の製造業」などがある。

図表 45 想定される負荷持続曲線の例（年間平均稼働率 20%以下の場合）



(出所) 経済産業省「石油等消費構造統計」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

(4) 事業所当たりのボイラー総容量による分類

小分類レベルで業種別に事業所当たりのボイラ容量と平均年間稼働率をプロットした結果を図表 46 に示す。また、具体的な業種を 9 つに分類して図表 47 に示した。

まず、大きな特徴として、大規模な業種になるほど、平均稼働率は高まる傾向が見られる。したがって、比較的大規模な業種ではバイオマスボイラーが利用しやすい可能性がある。また、ボイラ容量によって、以下のように機器の特性や利用環境が変化する可能性が考えられる。

▶ 10 t/h 以下

バイオマスボイラーでは小型貫流ボイラーなどで定格出力 1~2 t/h 以下のものが販売されているため、そのような機器を複数台で使用することが想定される。

▶ 10 t/h 以上 50 t/h 以下

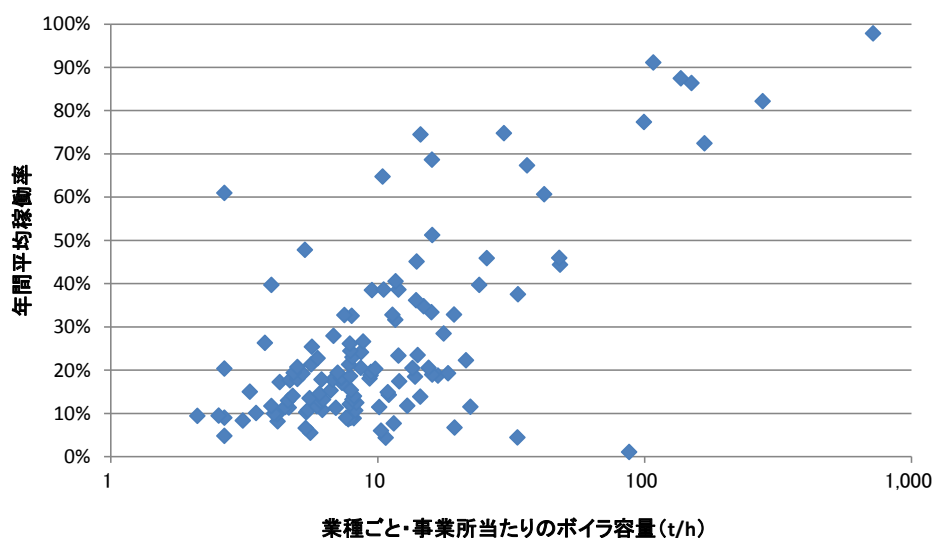
この程度の規模になるとバイオマス発電用ボイラーと同様の構造となるため、熱電併給または大型蒸気ボイラーにより蒸気を生産することが想定される。

▶ 50t/h 以上

副産物（高炉・転炉ガス、黒液、石油精製残渣、等）を熱源として利用することが多いエネルギー多消費産業であることが想定されることから、施設ごとに外部燃料の必要性を確認して利用していく必要がある。

平均年間稼働率だけでは、熱利用の負荷パターンを把握することはできないが、前述の通り、30%以上であれば 24 時間稼働の可能性が認められるため、おおよそ 30%以上の業種がバイオマス熱利用に適した業種の日安になると推察される。

図表 46 業種別の事業者当たりのボイラ容量と年間平均稼働率の分布



(出所) 経済産業省「石油等消費構造統計」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 47 業種別の事業者当たりのボイラ容量と年間平均稼働率による分類

		一事業所当たりの熱の総需要量		
		10 t/h 以下	10 t/h 以上 50 t/h 以下	50 t/h 以上(※:100t/h以上)
<p>年間平均稼働率</p> <p>40%以上</p> <p>30%以上 40%以下</p> <p>30%以下</p>	<p>メインボイラーとして利用が想定される</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 時計・同部分品製造業 ■ その他の石油製品・石炭製品製造業 	<ul style="list-style-type: none"> ■ セメント・同製品製造業 ■ 非鉄金属・合金圧延業 ■ 高炉によらない製鉄業 ■ 化学肥料製造業 ■ その他の窯業・土石製品製造業 ■ その他の化学工業 ■ 動植物油脂製造業 ■ 耐火物製造業 ■ 無機化学工業製品製造業 ■ 非鉄金属第1次製錬・精製業 ■ 糖類製造業 ■ タイヤチューブ製造業 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 有機化学工業製品製造業 ■ バルブ製造業(※) ■ 製鋼・製鋼圧延業(※) ■ 紙製造業(※) ■ 化学繊維製造業(※) ■ 石油精製業(※) ■ 高炉による製鉄業(※)
	<p>ベース負荷等の部分的利用が想定される</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 非鉄金属素形材製造業 ■ その他の鉄鋼業 ■ プラスチック成形材料製造業(廃プラスチックを含む) ■ 製材業、木製品製造業 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 造作材・合板・建築用組立材料製造業 ■ その他のプラスチック製品製造業 ■ 加工紙製造業 ■ その他のバルブ・紙・紙加工品製造業 ■ 製鋼を行わない鋼材製造業 ■ その他の電気機械器具製造業 ■ プラスチックフィルム・シート・床材・合成皮革製造業 ■ その他の非鉄金属製造業 ■ 茶・コーヒー製造業 ■ 炭素・黒鉛製品製造業 	
	<p>DSS運転が見込まれるため、要注意</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 洋食器・刃物・手道具・金物類製造業 ■ 家具製造業 ■ パン・菓子製造業 ■ 紡績業 ■ 精穀・製粉業 ■ 研磨剤・同製品製造業 ■ 表面処理鋼材製造業 ■ 発泡・強化プラスチック製品製造業 ■ 織物業 ■ 医療用機械器具・医療用品製造業 ■ 調味料製造業 ■ 他 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 建設機械・鉱山機械製造業 ■ その他の家具・装備品製造業 ■ 発電用・送電用・配電用・産業用電気機械器具製造業 ■ 電子計算機・同附属装置製造業 ■ なめし革製造業 ■ 医薬品製造業 ■ たばこ製造業 ■ 電子部品・デバイス製造業 ■ 陶磁器・同関連製品製造業 ■ 金属被覆・彫刻業・熱処理業 ■ ボイラ・原動機製造業 ■ 他 	
		<p>小型貫流ボイラーでの利用が想定される</p>	<p>大型ボイラーでの利用、コージェネ等の利用が想定される</p>	<p>副産物を熱源利用している可能性があるため、要確認</p>

(出所) 経済産業省「石油等消費構造統計」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

3.2 業務部門

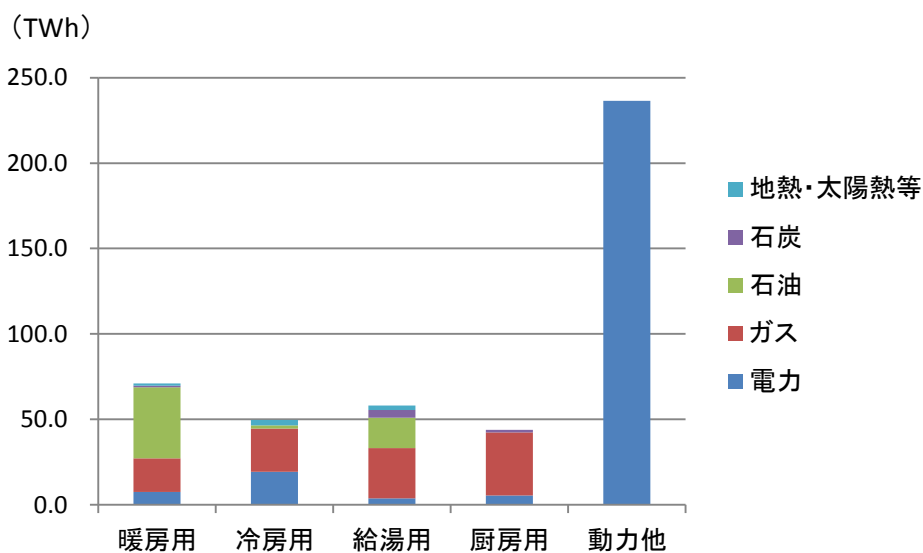
3.2.1 熱需要の概要

(1) 需要量

業務部門のエネルギー消費量を図表 48 に示す。業務部門は電力需要量が多いが、熱需要も一定量存在している。暖房用、冷房用、給湯用等のバイオマス熱利用が想定される需要も多くある。

エネルギー源別にみると、冷房は電力・ガスが主なエネルギー源である一方、暖房は石油が半分以上となっていることがわかる。給湯については、ガスと石油が大きい。

図表 48 業務部門のエネルギー消費量



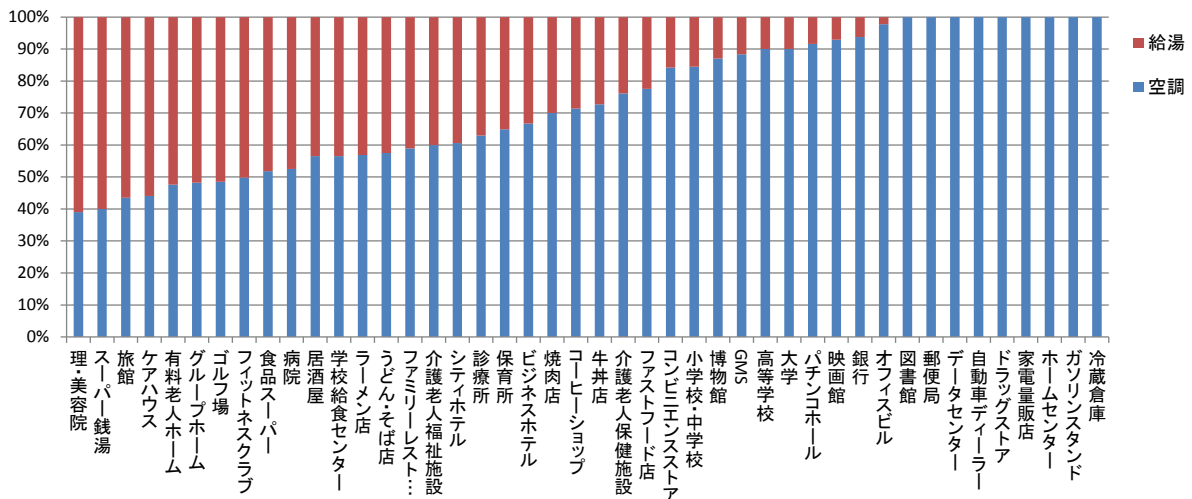
(出所) 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧 2016」

(2) 利用形態

バイオマス熱利用要件で見た通り、稼働率を確保するためには給湯需要のような安定した熱需要が存在することが望ましいが、業務部門における熱の利用方法は施設の種類ごとに大きく異なる。特に、空調についてはおおむね施設規模と利用時間に比例すると考えられるが、給湯については需要の有無が施設ごとに明確に分かれる。

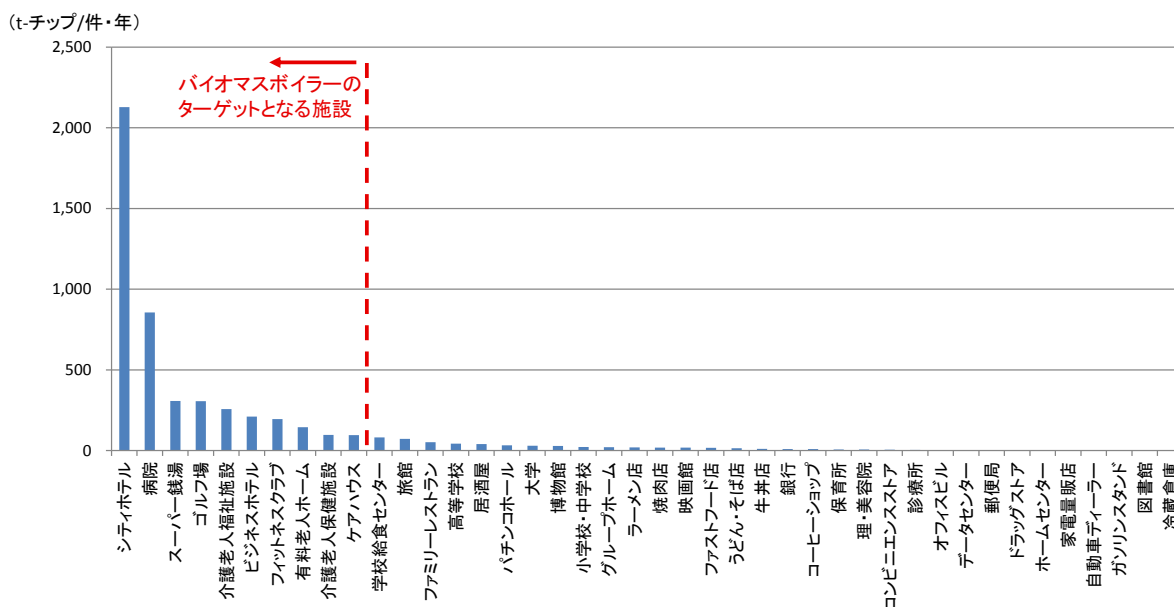
施設別にその比率を比較すると、理・美容院、宿泊施設、飲食店、医療・福祉施設においては、給湯需要が高いことがわかる。1施設あたりで見ると、シティホテル、病院、スーパー銭湯等の上位10施設では1施設あたりチップ換算で100トン/年程度の給湯需要が見込める。ただし、日本全体を見ると、病院が最も給湯需要が大きく、シティホテルや介護老人福祉施設も大きいことがわかる。1施設あたりの給湯需要規模上位10施設が占める割合はおおよそ45%程度である。

図表 49 業務部門の施設種類ごとの空調・給湯の需要比率



(出所) 株式会社富士経済「需要家別マーケット調査シリーズ 2013 業務施設エネルギー消費実態・関連市場調査」をもとに作成<2013年見込み>

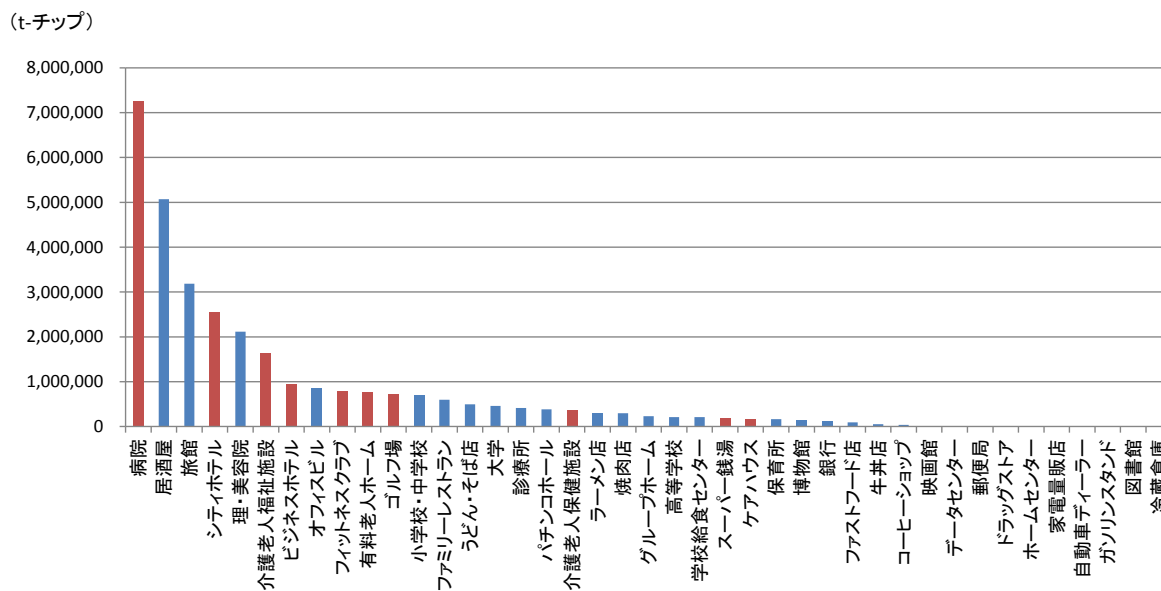
図表 50 業務部門の1施設あたりの給湯需要量（チップ消費量換算）



(注) 含水率 40%チップを想定し、10GJ/t で換算

(出所) 株式会社富士経済「需要家別マーケット調査シリーズ 2013 業務施設エネルギー消費実態・関連市場調査」をもとに作成<2013 年見込み>

図表 51 日本全体の施設別の給湯需要（チップ消費量換算）

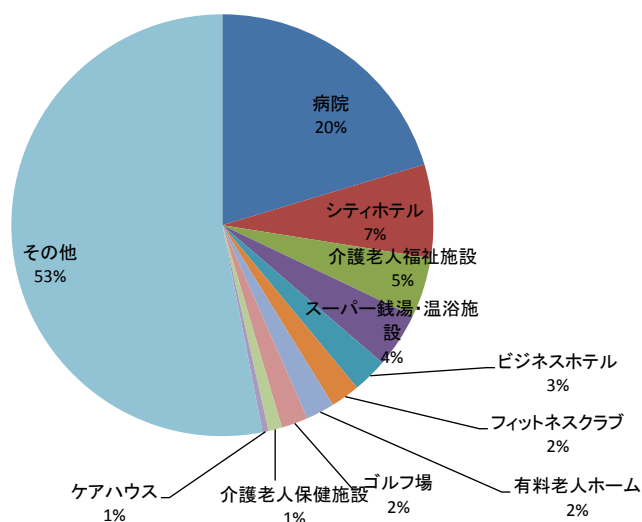


(注 1) 含水率 40%チップを想定し、10GJ/t で換算

(注 2) 赤で表記した施設は 1 施設あたりの給湯需要上位 10 施設

(出所) 株式会社富士経済「需要家別マーケット調査シリーズ 2013 業務施設エネルギー消費実態・関連市場調査」をもとに作成<2013 見込み>

図表 52 日本全体の施設別の給湯需要（チップ消費量換算）



(注) 温浴施設の1施設あたりの給湯需要は、スーパー銭湯と同じと仮定した。

(出所) 株式会社富士経済「需要家別マーケット調査シリーズ 2013 業務施設エネルギー消費実態・関連市場調査」等をもとに作成<2013見込み>

3.2.2 負荷パターン

(1) 施設別のパターン

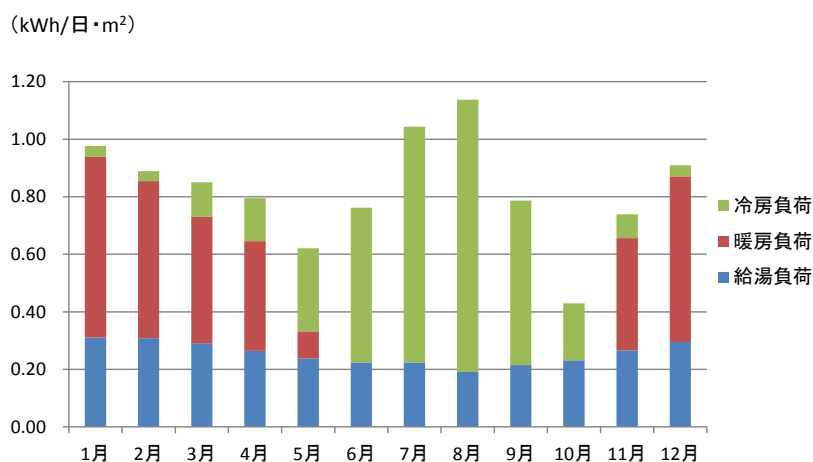
1) 宿泊施設

① 季節変動

大規模ホテルにおける一般的な熱需要の季節変動を図表 53 に示す。給湯用需要は年間を通して安定的に存在するが、熱需要量では空調用途（暖房、冷房）が大きい割合を占める。冷房需要については、8月に鋭いピークがみられる。暖房については、12～3月にかけて高いピークが見られる。

宿泊施設については、建物規模や種類（シティホテル、リゾートホテル、ビジネスホテル、旅館）、大浴場の有無などにより、熱需要のバラつきが存在する。大浴場を併設する場合には、給湯需要の割合が高くなり、年間の変動も緩和される。

図表 53 宿泊施設における一般的な熱需要の季節変動

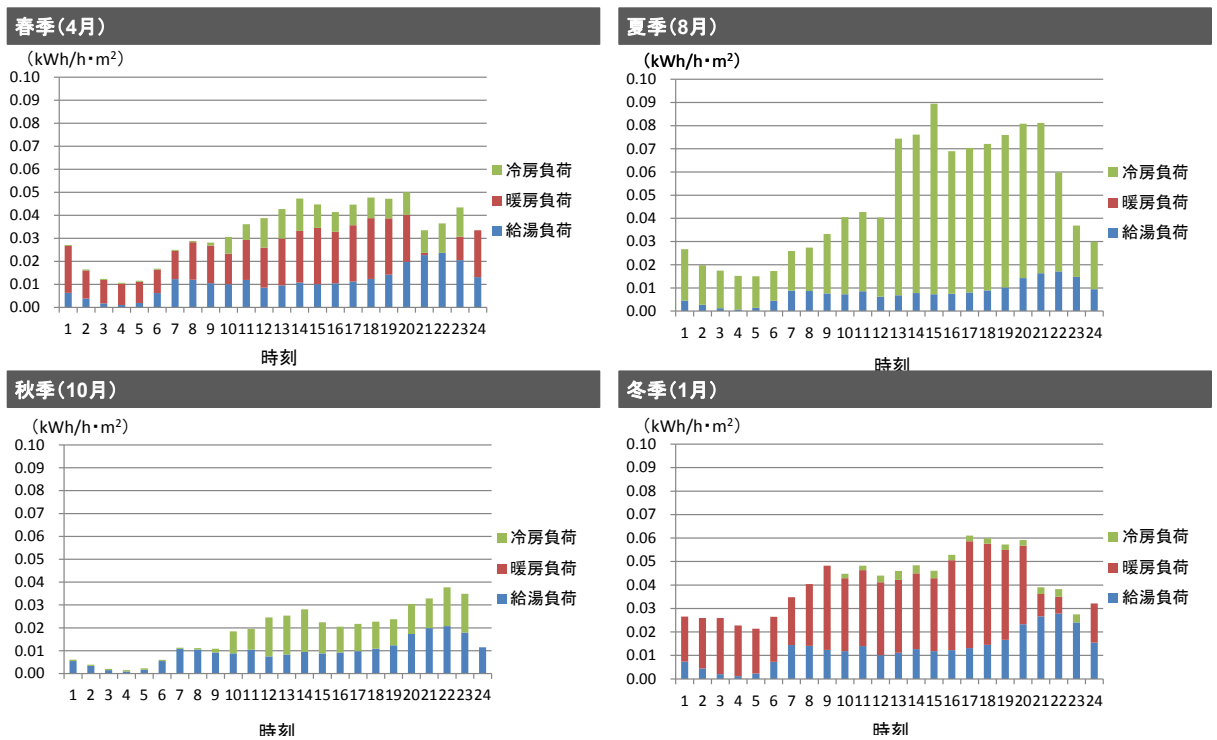


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

② 日負荷変動

宿泊施設における一般的な熱需要の日変動を図表 54 示す。ホテルの場合、利用時間が 24 時間となるため、夜間利用がない施設に比べて負荷が平準化される傾向にある。ただし、夏場は日中の冷房需要が高まる傾向が見られる。また、給湯需要が入浴時間となる 20～23 時頃にかけて大きくなるという特徴がある。

図表 54 宿泊施設における季節別の日変動パターン

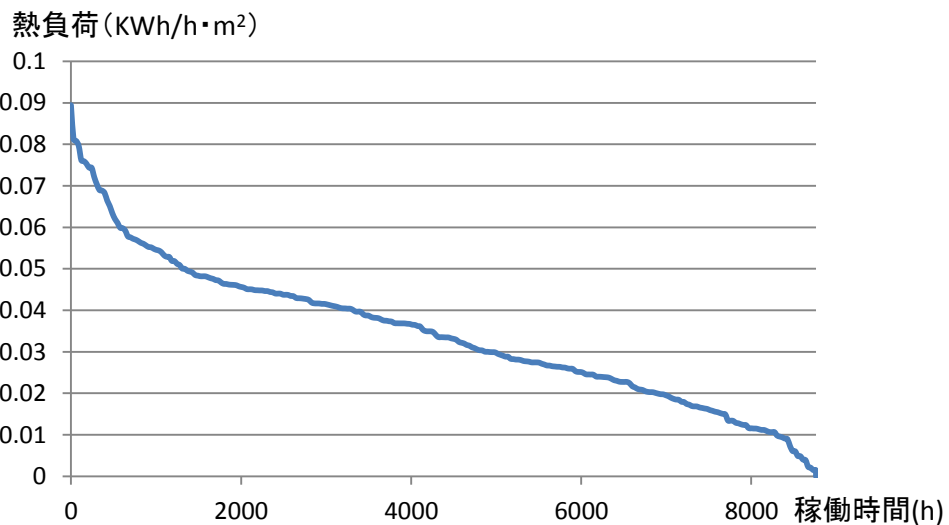


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

③ 年間負荷持続曲線

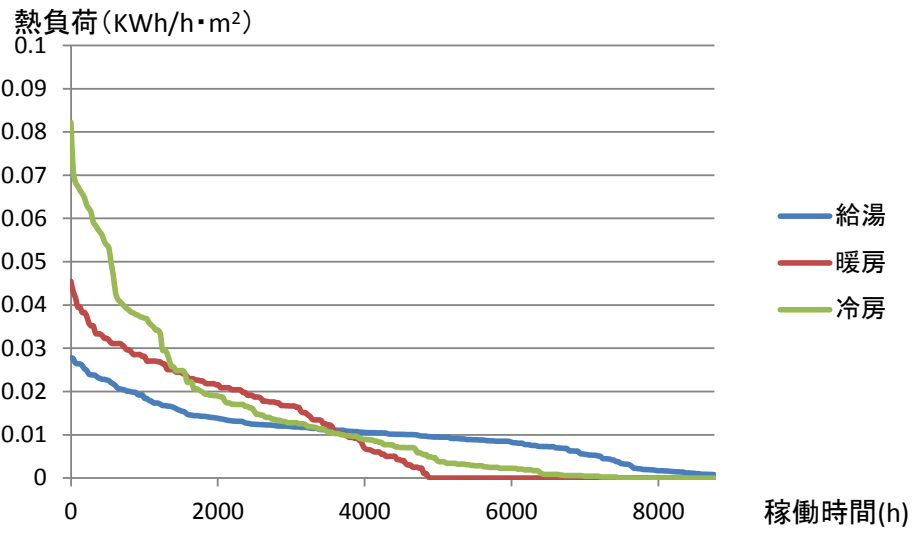
上記のパターンを踏まえた年間の負荷持続曲線を示す。

図表 55 宿泊施設の年間負荷持続曲線 (熱需要合計)



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 56 宿泊施設の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房需要別）



(注) 給湯・暖房・冷房ごとに需要を整理し、負荷持続曲線を作成しているため、各持続曲線の和が全体の負荷持続曲線にならないことに注意

(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

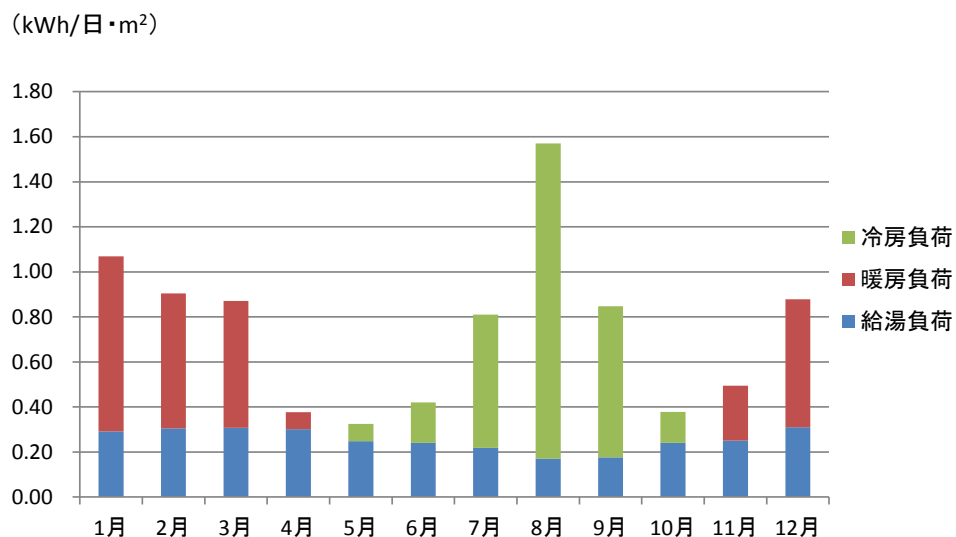
2) 病院

① 季節変動

病院における一般的な熱需要の季節変動を示す。宿泊施設と同様に給湯用需要は年間を通して安定的に存在するが、熱需要量では空調用途（暖房、冷房）が大きい割合を占める。冷房需要については、8月に鋭いピークがみられる。暖房については、12～3月にかけて高いピークが見られる。

医療施設については、入院施設の有無により負荷変動パターンが変わる。入院施設を併設する場合には、給湯需要の割合が高くなり、日変動や年間変動も緩和される。

図表 57 病院における一般的な熱需要の季節変動

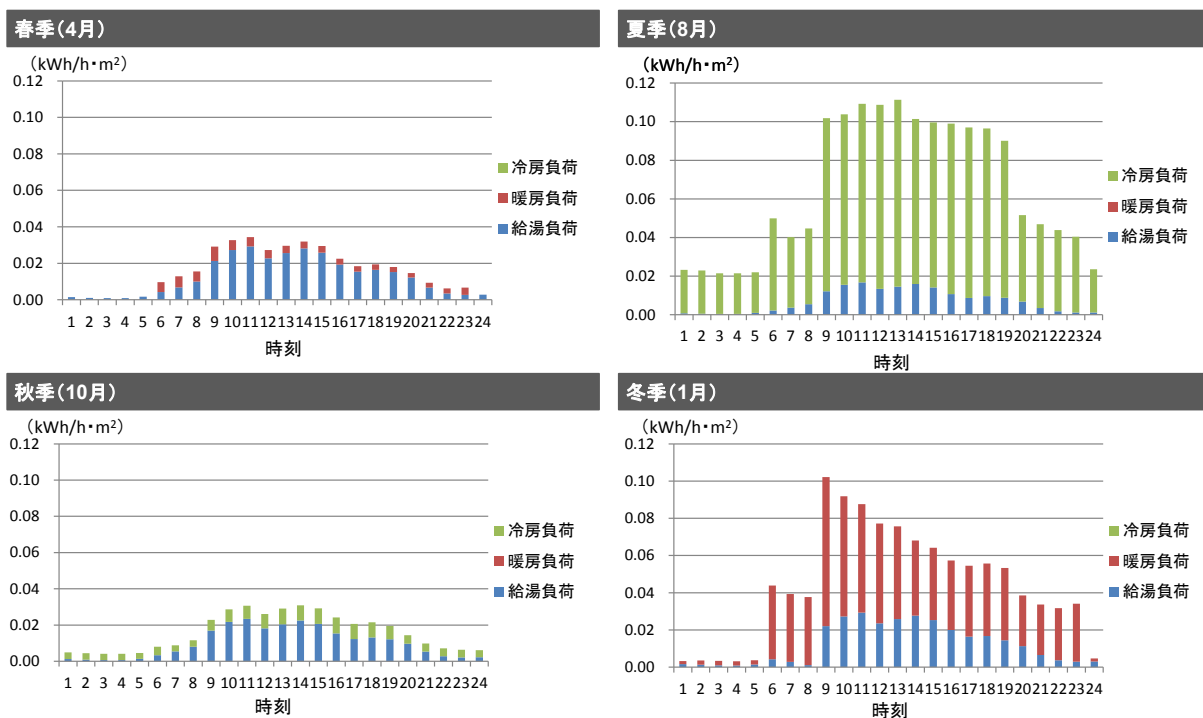


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

② 日負荷変動

病院における一般的な熱需要の日変動を示す。入院施設を伴う病院の場合、利用時間が24時間となるため、夜間利用がない施設に比べて負荷が平準化される傾向にある。ただし、夏場は日中の冷房需要が高まる傾向が見られる。空調・給湯需要ともに日中が最も多いが、冷房については夜間も一定の需要が見られる。

図表 58 病院における季節別の日変動パターン

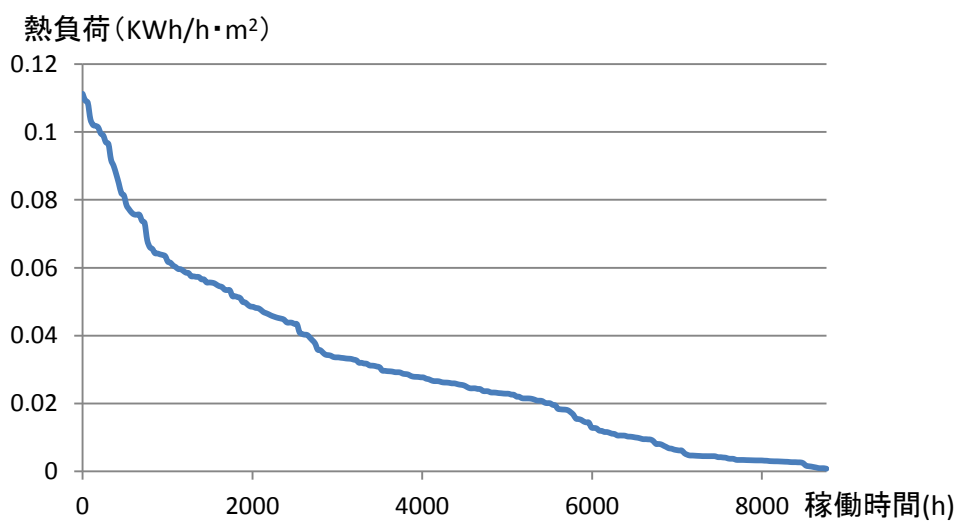


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

③ 年間負荷持続曲線

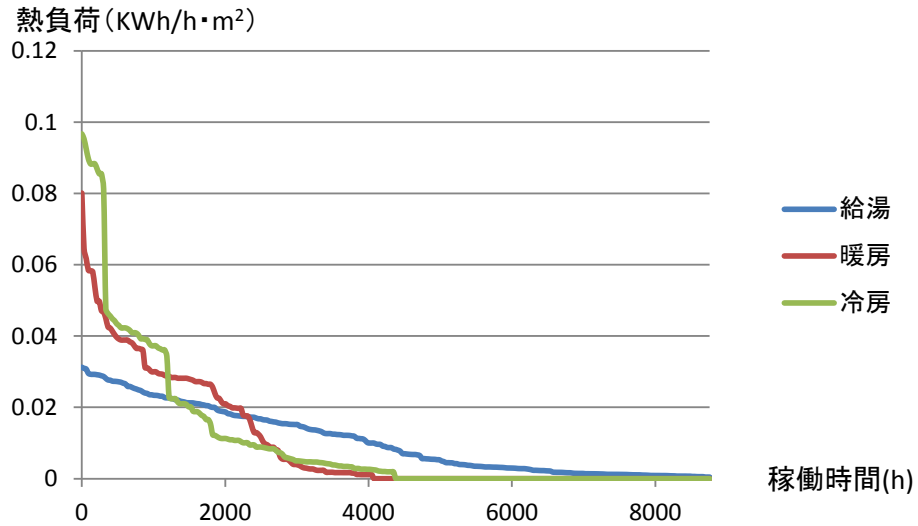
上記のパターンを踏まえた年間の負荷持続曲線を示す。

図表 59 病院の年間負荷持続曲線 (熱需要合計)



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 60 病院の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房需要別）



(注) 給湯・暖房・冷房ごとに需要を整理し、負荷持続曲線を作成しているため、各持続曲線の和が全体の負荷持続曲線にならないことに注意

(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

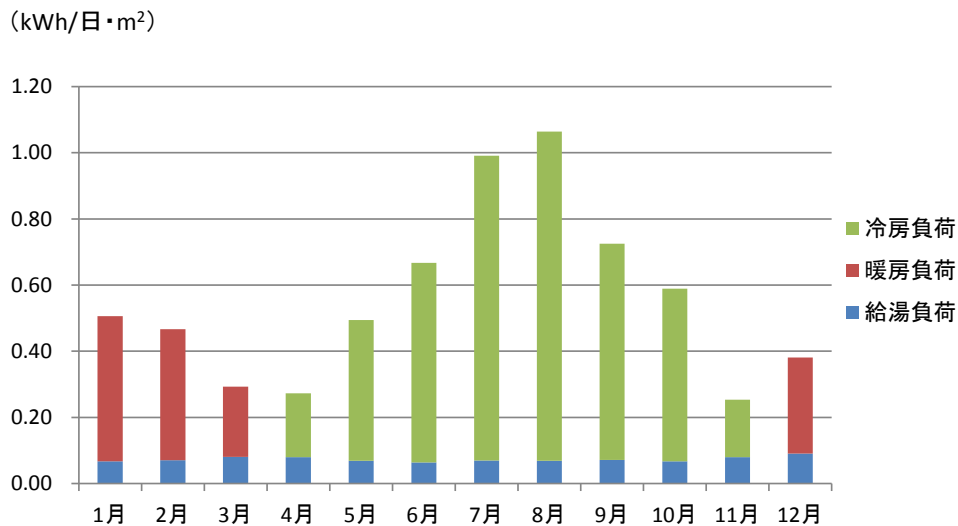
3) 商業施設

① 季節変動

商業施設における一般的な熱需要の季節変動を示す。ホテル・病院と異なり、給湯需要はほとんど存在せず、空調需要（暖房、冷房）がほとんどの割合を占める。冷房需要については、比較的人が多く集まる特性がある施設のため、ホテル・病院よりも早い時期から需要が発生する傾向が見られる。暖房については、ホテル・病院と同様に12～3月までにピークが見られる。

商業施設については、店舗の作り方によって需要に大きな差が生まれる。大規模な商業施設を例にとると、アウトレットのように店舗ごとに外気と接する入口が設けられている場合には、空調需要が増加するが、大規模なショッピングセンターの場合、空調負荷は小さくなる傾向にある。

図表 61 商業施設における一般的な熱需要の季節変動

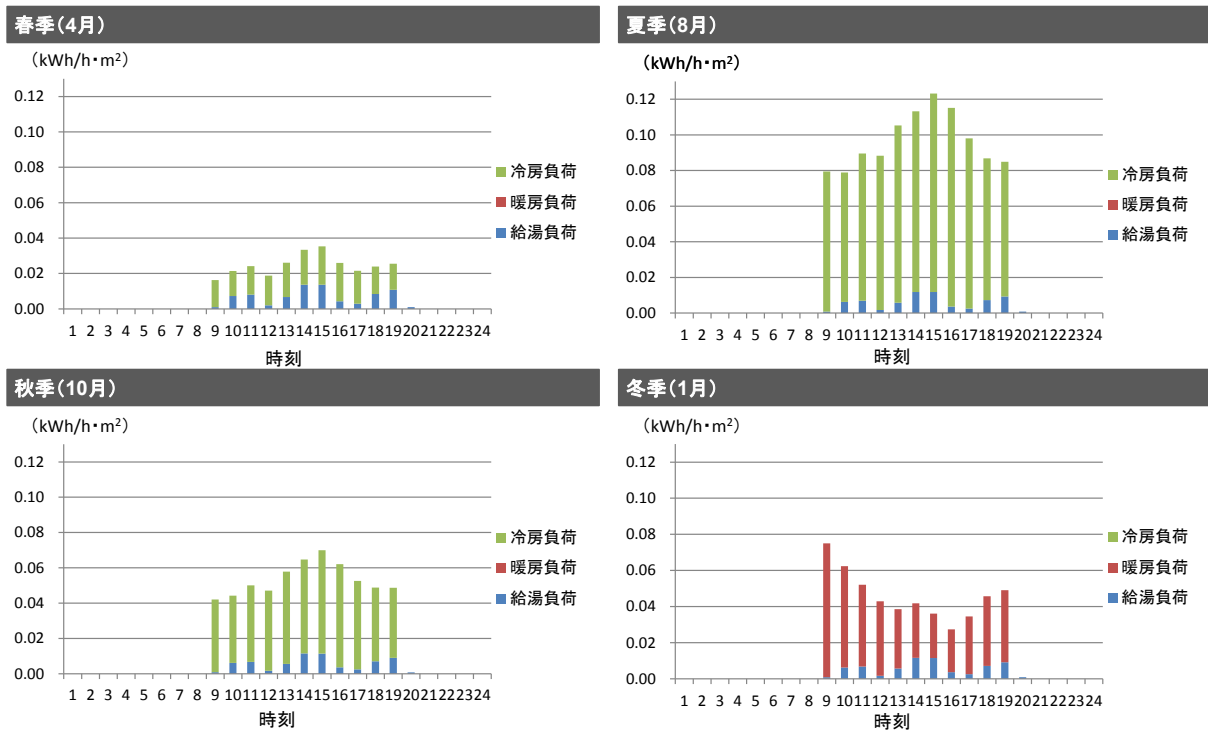


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

② 日負荷変動

商業施設における一般的な熱需要の日変動を示す。商業施設の場合、一部の営業形態を除いて夜間利用がないため、日間変動は大きくなる。夏場の場合、気温上昇する午後の時間帯にピークが現れるのに対して、冬場は夜から朝にかけて冷え込むため、店舗の開店時にピークが現れるという特徴がある。

図表 62 商業施設における季節別の日変動パターン

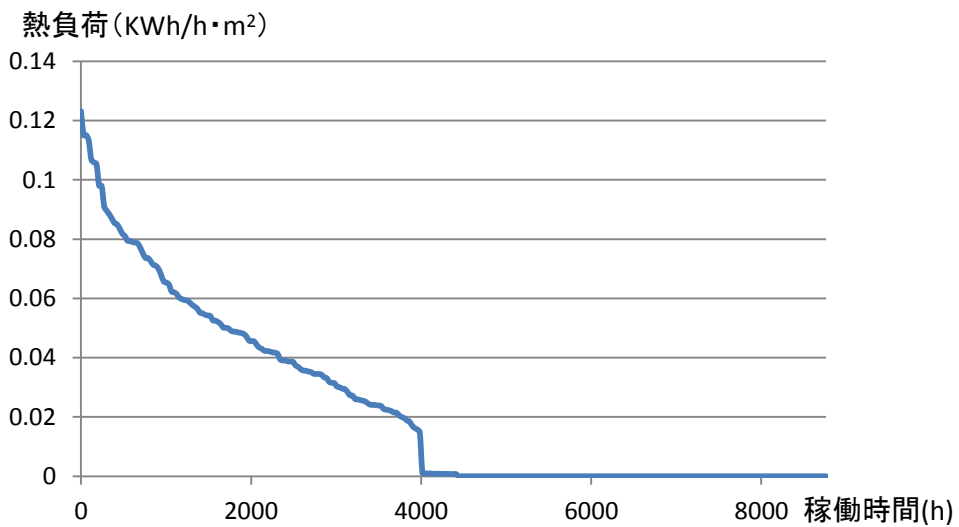


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

③ 年間負荷持続曲線

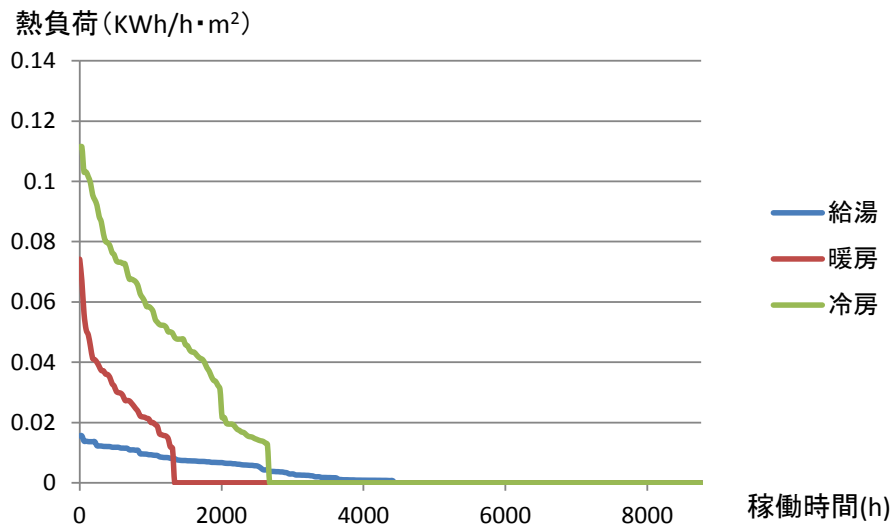
上記のパターンを踏まえた年間の負荷持続曲線を示す。

図表 63 商業施設の年間負荷持続曲線 (熱需要合計)



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 64 商業施設の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房需要別）



(注) 給湯・暖房・冷房ごとに需要を整理し、負荷持続曲線を作成しているため、各持続曲線の和が全体の負荷持続曲線にならないことに注意

(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

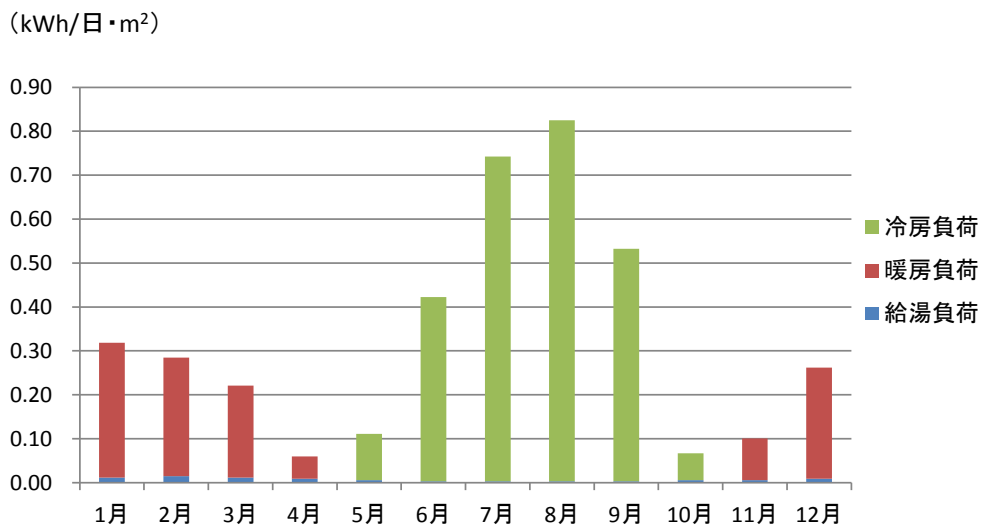
4) 事務所

① 季節変動

事務所では、OA 機器の有無によって異なるため、2 種類の熱需要の季節変動を示す。どちらの場合でも、商業施設と同様に給湯需要はほとんど存在せず、空調需要（暖房、冷房）がほとんどの割合を占める。

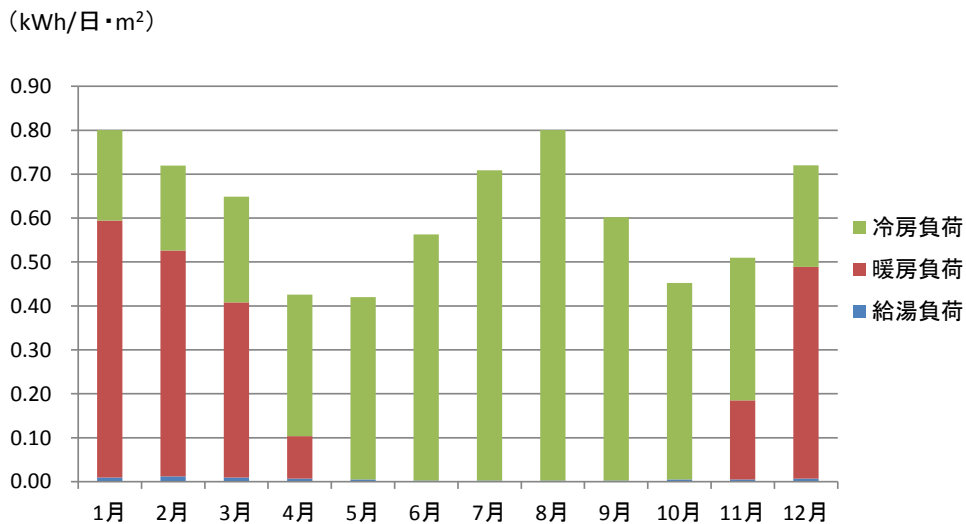
OA 機器が少ない事務所（標準型）の場合、病院やホテルと同じような負荷となるが、OA 機器が多い事務所（OA 型）の場合、OA 機器からの発熱の影響で冬場でも冷房需要が一定量存在するという特徴がある。

図表 65 事務所（標準型）における一般的な熱需要の季節変動



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008 年 4 月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 66 事務所（OA 型）における一般的な熱需要の季節変動

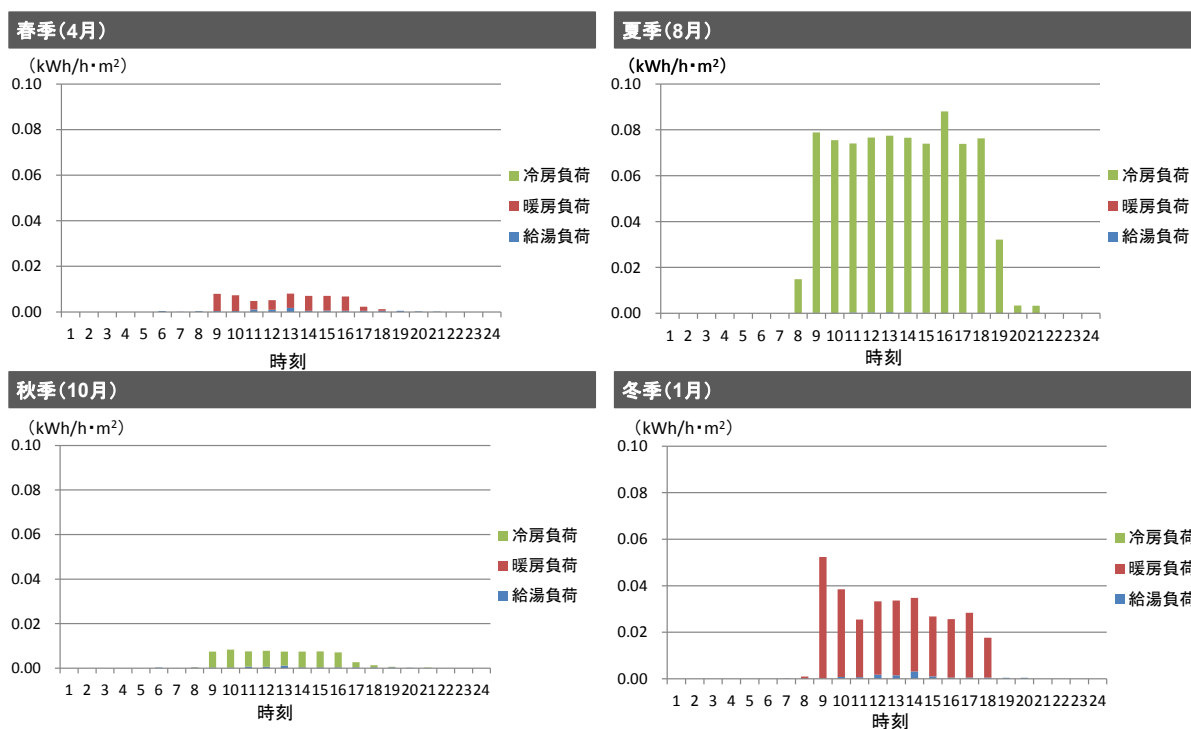


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008 年 4 月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

② 日負荷変動

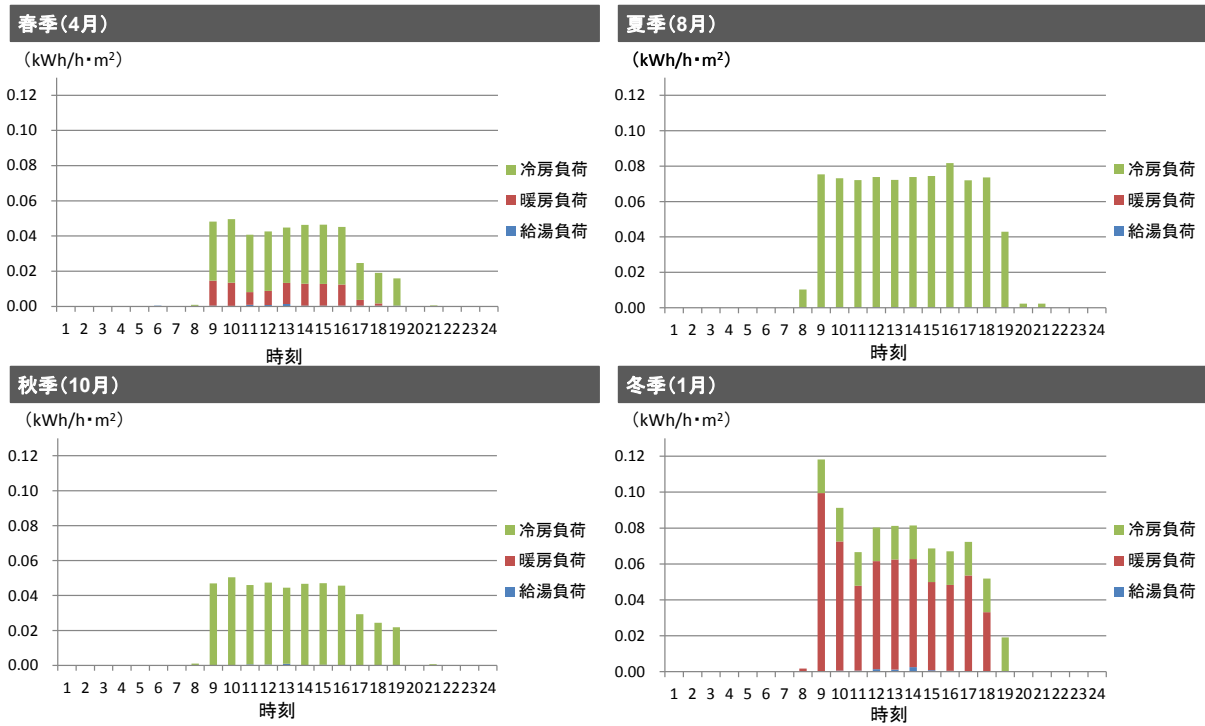
事務所における一般的な熱需要の日変動を示す。事務所の場合、一部の業務形態を除いて夜間利用がないため、日間変動は大きくなる。標準型と OA 型で負荷の量の違いはあるが、日間変動については同様のパターンを示す。夏場の場合、商業施設に比べてフラットな需要となっているが、冬場は商業施設と同様に施設利用開始時間にピークが現れる。

図表 67 事務所（標準型）における季節別の日変動パターン



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 68 事務所（標準型）における季節別の日変動パターン

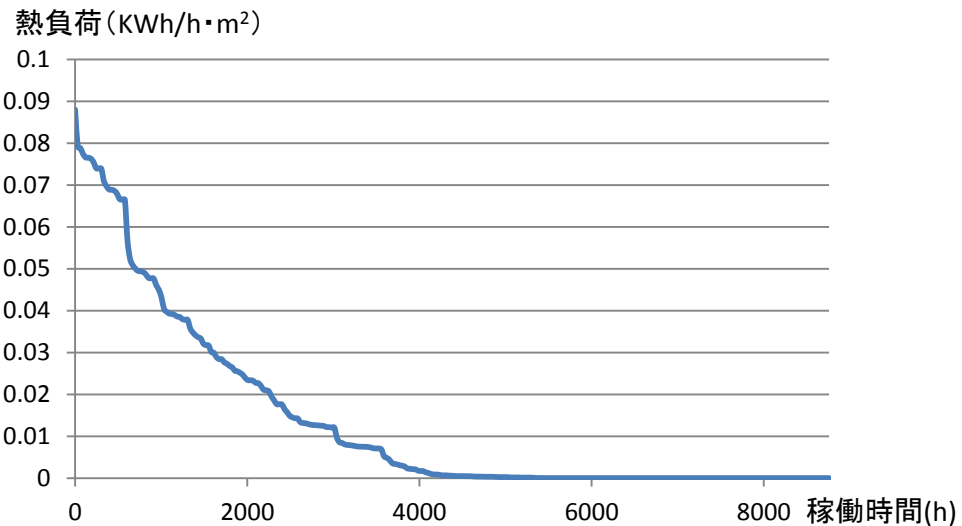


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

③ 年間負荷持続曲線

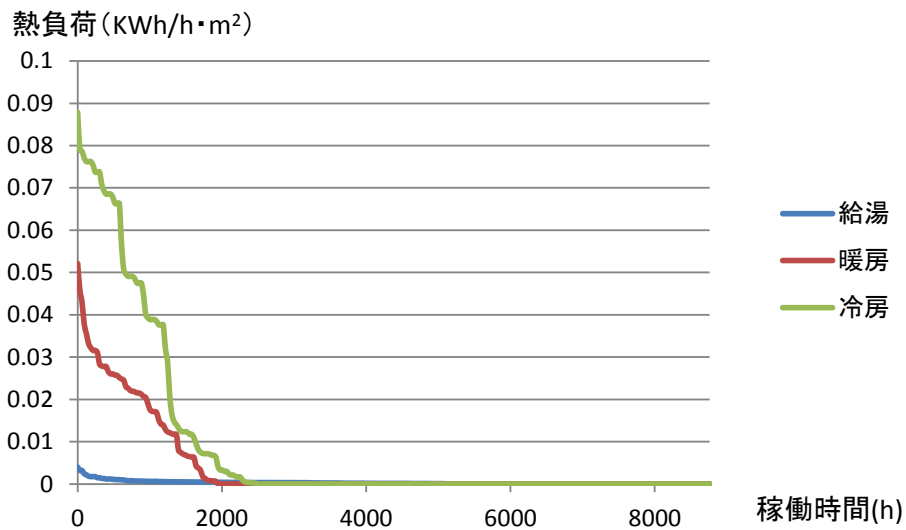
上記のパターンを踏まえた年間の負荷持続曲線を示す。

図表 69 事務所（標準型）の年間負荷持続曲線（熱需要合計）



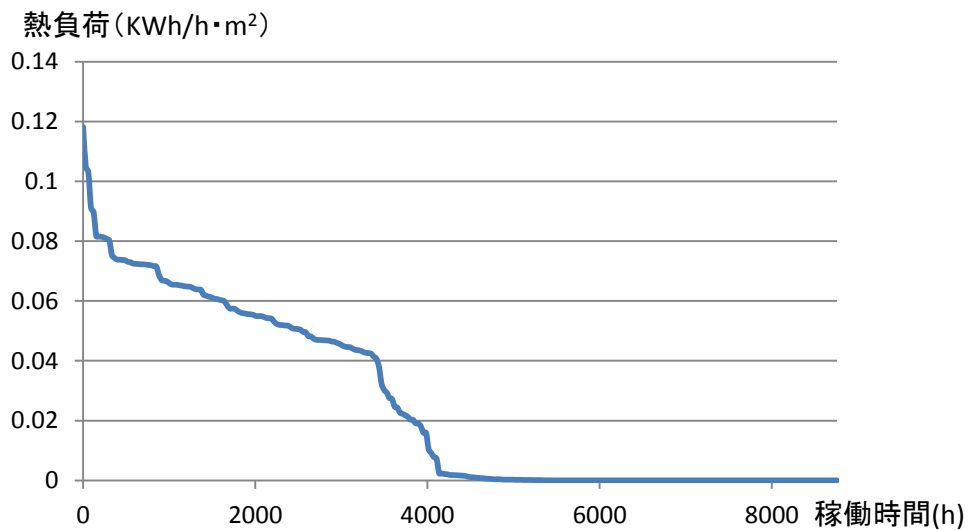
(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 70 事務所（標準型）の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房需要別）



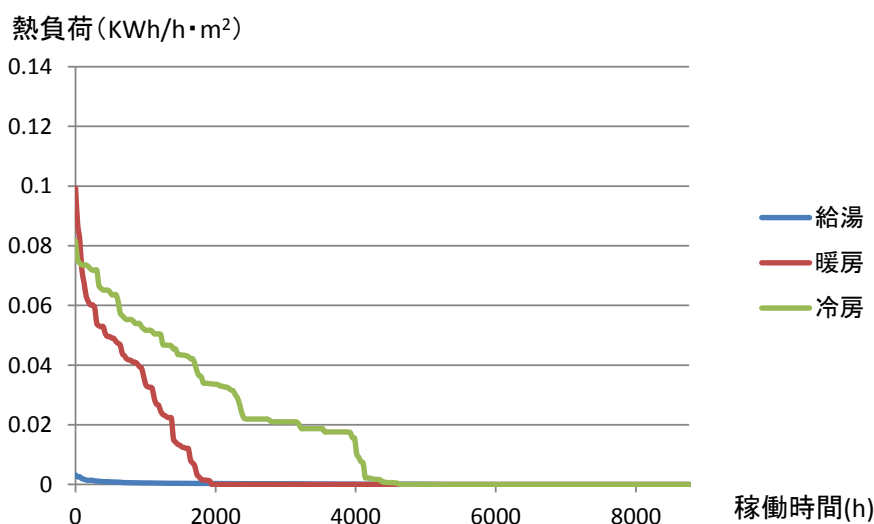
(注) 給湯・暖房・冷房ごとに需要を整理し、負荷持続曲線を作成しているため、各持続曲線の和が全体の負荷持続曲線にならないことに注意
 (出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 71 事務所（OA 型）の年間負荷持続曲線（熱需要合計）



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 72 事務所（OA 型）の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房需要別）



(注) 給湯・暖房・冷房ごとに需要を整理し、負荷持続曲線を作成しているため、各持続曲線の和が全体の負荷持続曲線にならないことに注意

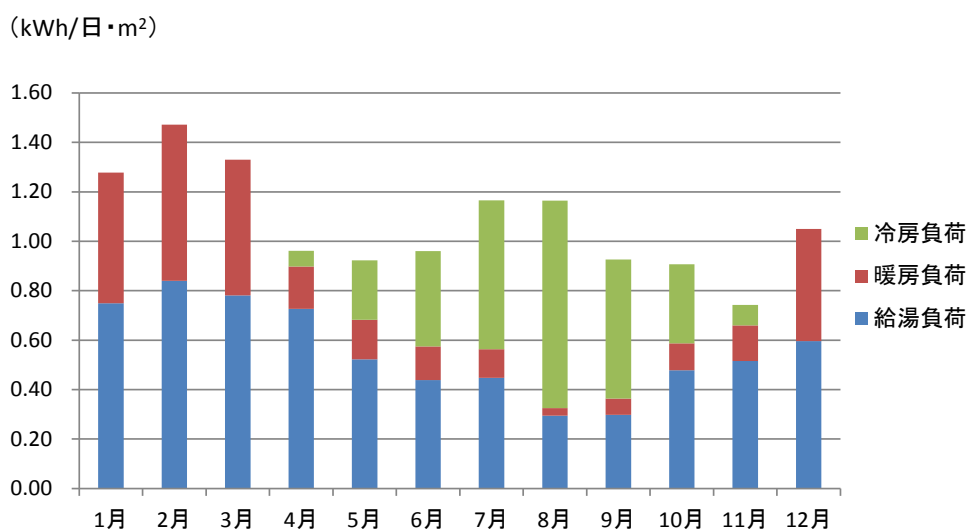
(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

5) スポーツ施設

① 季節変動

スポーツ施設における一般的な熱需要の季節変動を示す。スポーツ施設の場合、施設の種類によっては、ホテル・病院より、給湯需要が多い。ただし、施設規模やプール設備の有無により熱需要が大きく異なるため、ここで示した需要は、大型（延べ床面積 5000m²程度）でプール施設を有する総合フィットネスクラブを想定している。年間で温水プール用の給湯需要があるが、冬場は気温が低下することにより、負荷は大きくなる傾向が見られる。空調についても、他の施設と比べて極端な変化は少ない傾向が見られる。

図表 73 スポーツ施設における一般的な熱需要の季節変動

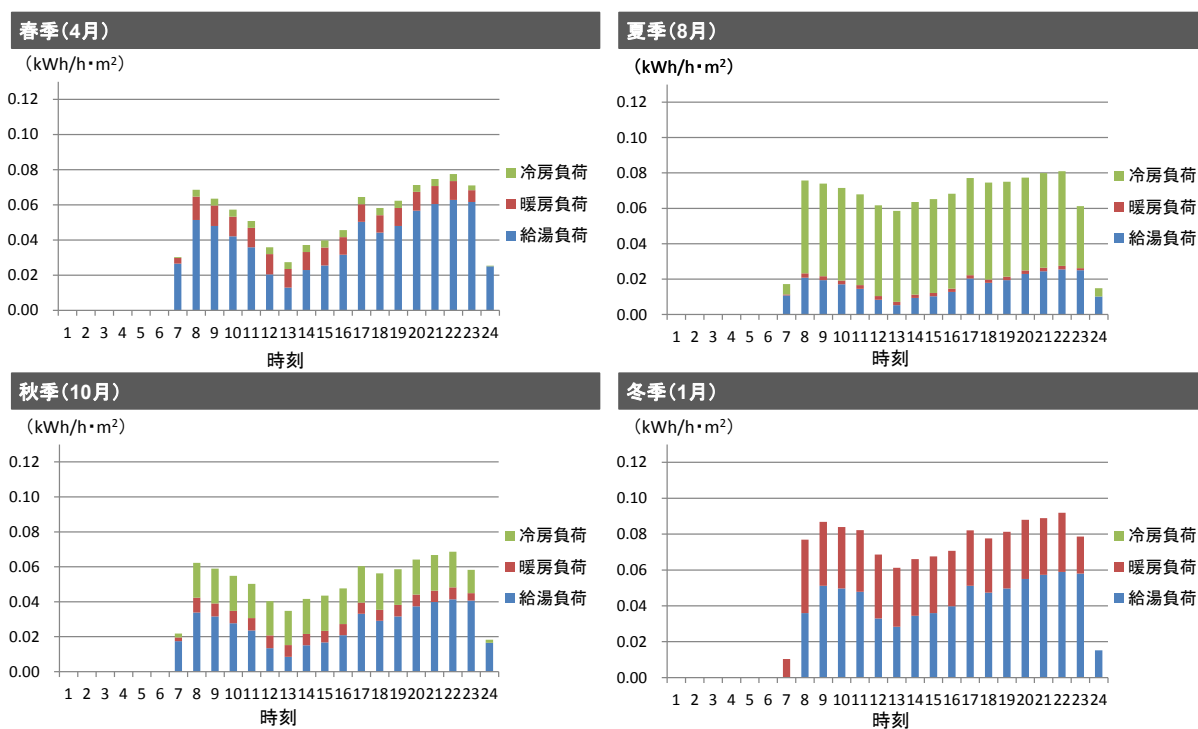


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

② 日負荷変動

スポーツ施設における一般的な熱需要の日変動を示す。一般的なスポーツ施設の場合、24時間ではないものの一般的な商業施設よりも遅くまで営業しているため、深夜から早朝を除くとフラットな需要となる。給湯需要については、仕事終わりに利用する人がいるため、夕方から深夜にかけて大きくなる傾向が見られる。

図表 74 スポーツ施設における季節別の日変動パターン

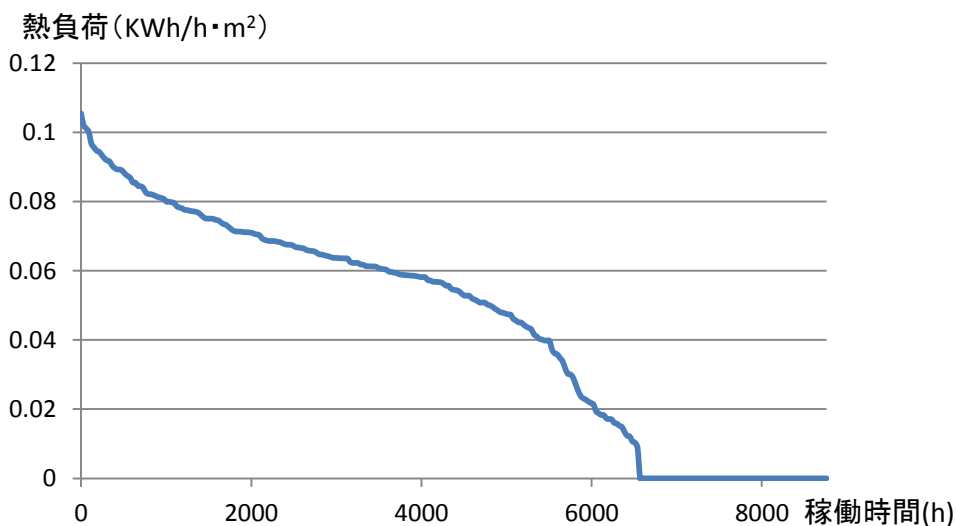


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

③ 年間負荷持続曲線

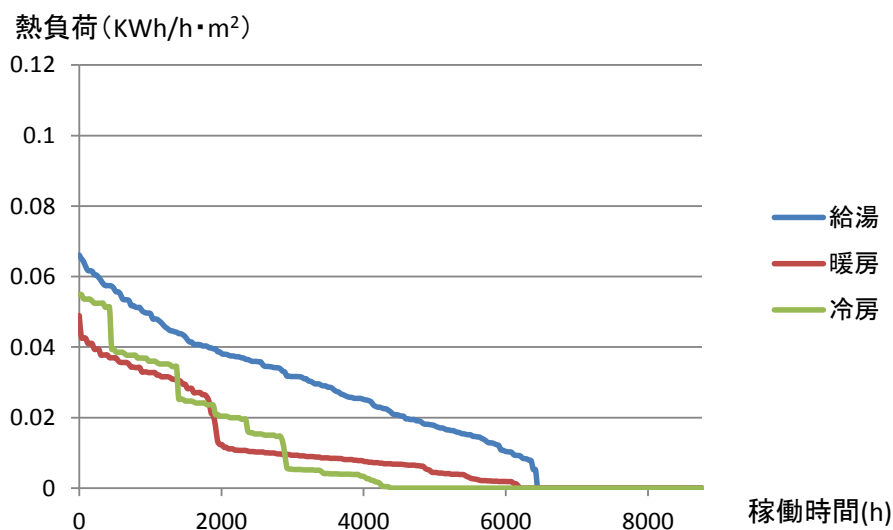
上記のパターンを踏まえた年間の負荷持続曲線を示す。

図表 75 スポーツ施設の年間負荷持続曲線 (熱需要合計)



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 76 スポーツ施設の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房需要別）



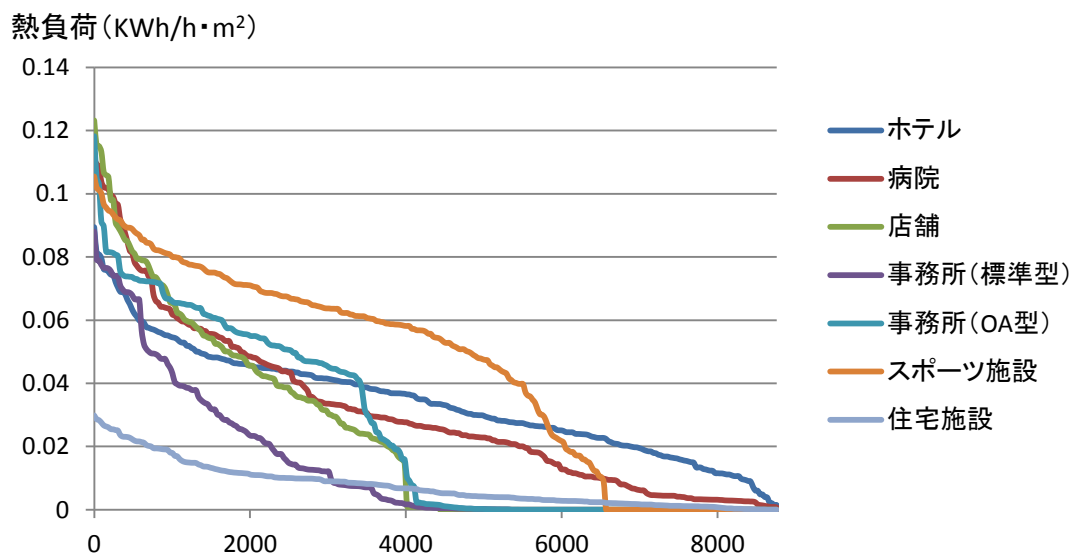
(注) 給湯・暖房・冷房ごとに需要を整理し、負荷持続曲線を作成しているため、各持続曲線の和が全体の負荷持続曲線にならないことに注意

(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

(2) 負荷パターンの比較

後述の住宅施設を含めて、業務部門の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房合計）を示した。給湯需要の大きいスポーツ施設が短時間では最も負荷が大きい、ホテル・病院の方がよりフラットに熱需要が存在することがわかる。

図表 77 スポーツ施設の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房需要別）



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

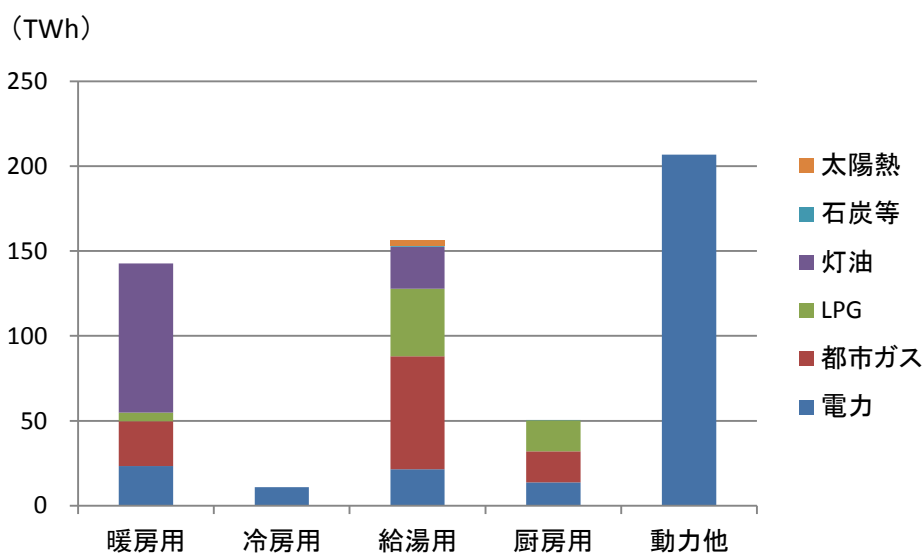
3.3 家庭部門

3.3.1 熱需要の概要

(1) 需要量

日本全体における家庭用のエネルギー消費量を用途別・エネルギー源別に比較すると、暖房、給湯需要は比較的大きな割合を占めている。給湯は都市ガスまたはLPGが多く、暖房は灯油が大きい傾向が見られる。

図表 78 家庭部門のエネルギー消費量

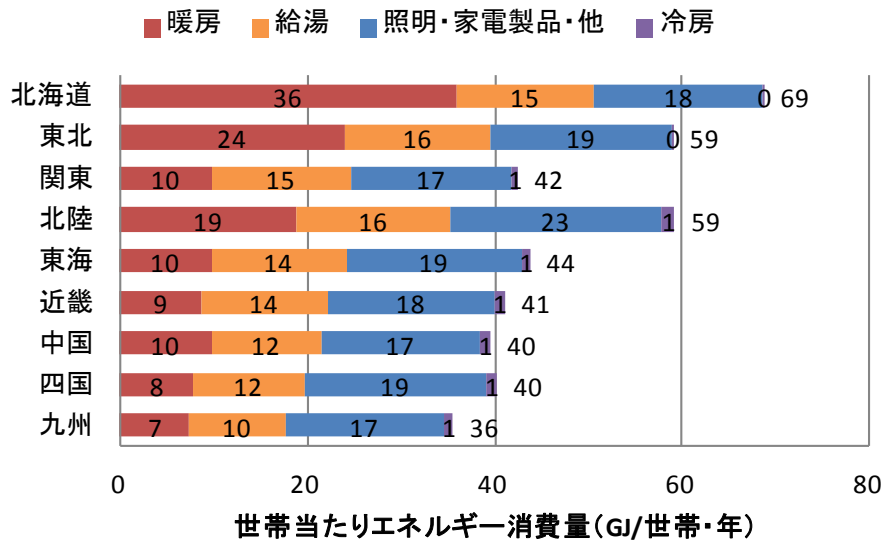


(出所) 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧 2016」

(2) 利用形態

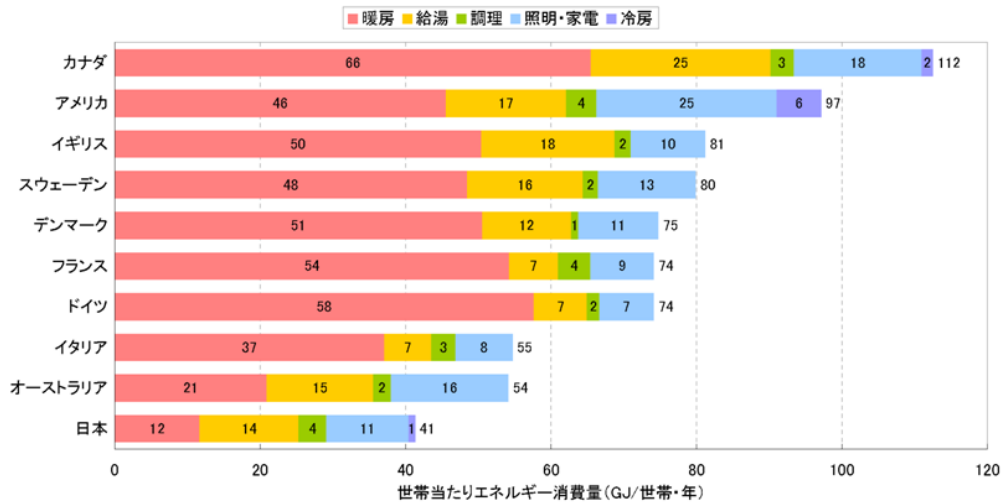
家庭部門のエネルギー消費量のうち熱需要は、空調・給湯・厨房である。バイオマスの利用が想定される空調・給湯については、地域によって大きく異なる。北海道はドイツ、フランス、デンマークの80%程度の空調・給湯需要がある。

図表 79 世帯当たりのエネルギー消費量 (GJ/世帯・年) の地域比較



(出所) 住環境計画研究所「家庭用エネルギー統計年報 2012 年版」

図表 80 世帯当たりのエネルギー消費量 (GJ/世帯・年) の国際比較



出典: 2004年度世界の暮らしとエネルギーに関する調査報告書、(財)社会経済生産性本部「フォーラム・エネルギーを考える」(委託先:住環境計画研究所)、2005.3
 注: オーストラリアは1999年・その他は2001年データ
 アメリカ、日本の調理は暖房給湯以外のガス・LPG分であり調理用電力は含まない。
 カナダの調理用電力は1997年データ。オーストラリアの冷房は暖房に含まれる。

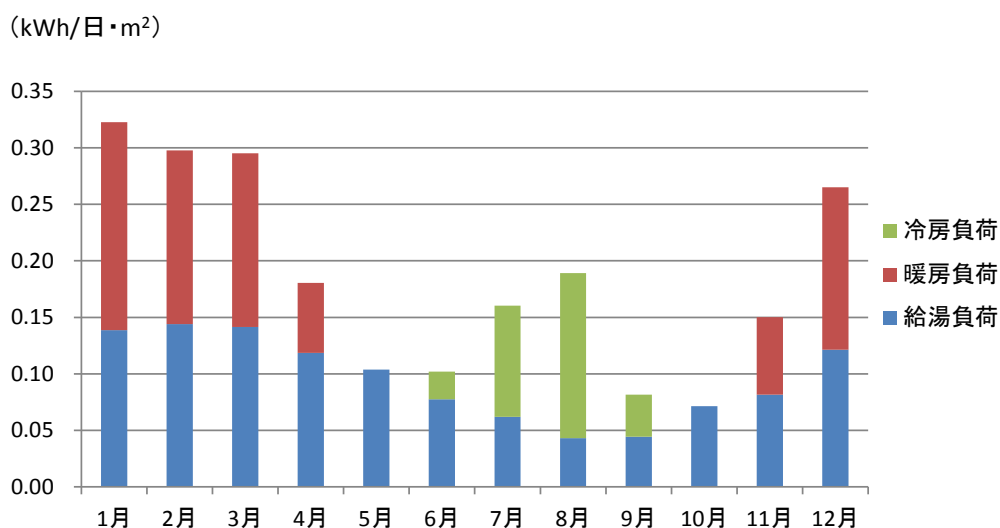
(出所) 社会経済生産性本部「フォーラム・エネルギーを考える」(委託先:住環境計画研究所)

3.3.2 典型的な負荷パターン

1) 季節変動

住宅施設における一般的な熱需要の季節変動を示す。一般住宅の熱需要は個人差が大きいと考えられるが、業務部門と比較して、温熱需要（給湯・暖房）が大きく、冷房需要が小さい傾向が見られる。この要因の1つは、仕事や外出等により冷房需要が高まりやすい昼間の時間帯に外出している可能性が高いためと考えられる。

図表 81 住宅における一般的な熱需要の季節変動

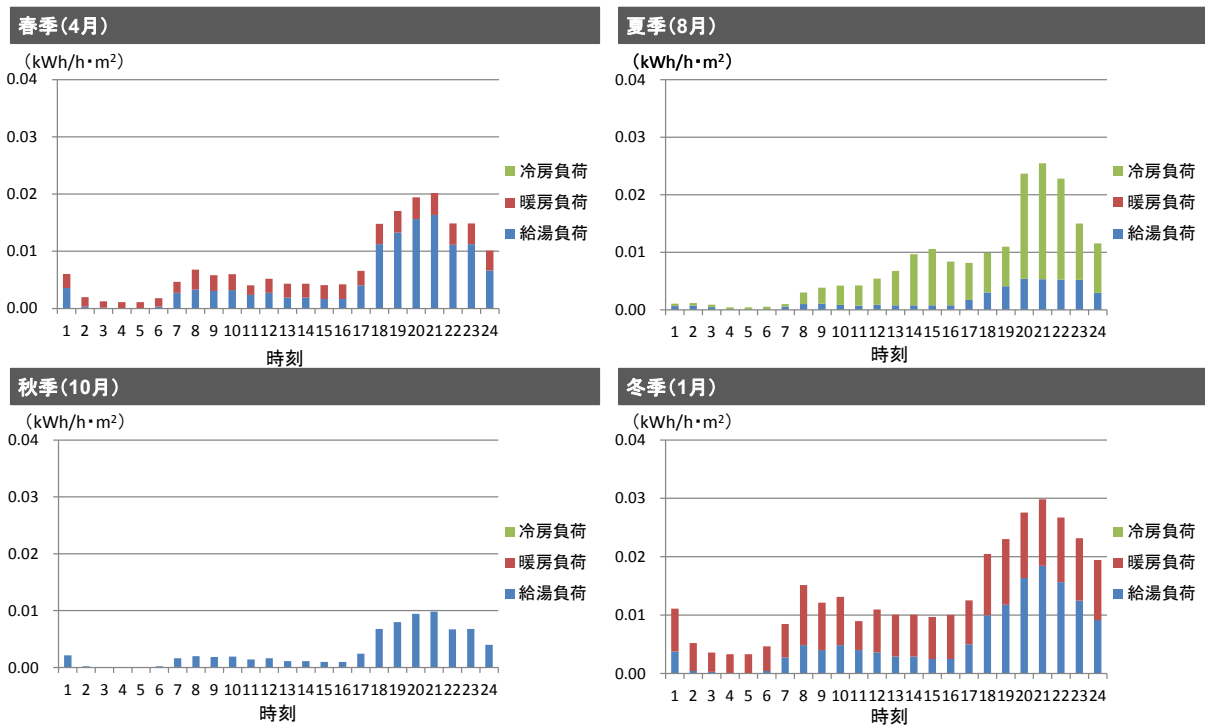


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2) 日負荷変動

住宅施設における一般的な熱需要の日変動を示す。業務部門とは大きく異なり、夜間の需要が大きくなる傾向がある。特に、入浴時間が夜間に集中することから、20時前後の給湯需要がピークを示すことが特徴である。ただし、昼間に人が残るかどうかが平日・休日でも負荷変動パターンは変わるため、建物間の差と日間の差が大きいと考えられる。

図表 82 住宅施設における季節別の日変動パターン

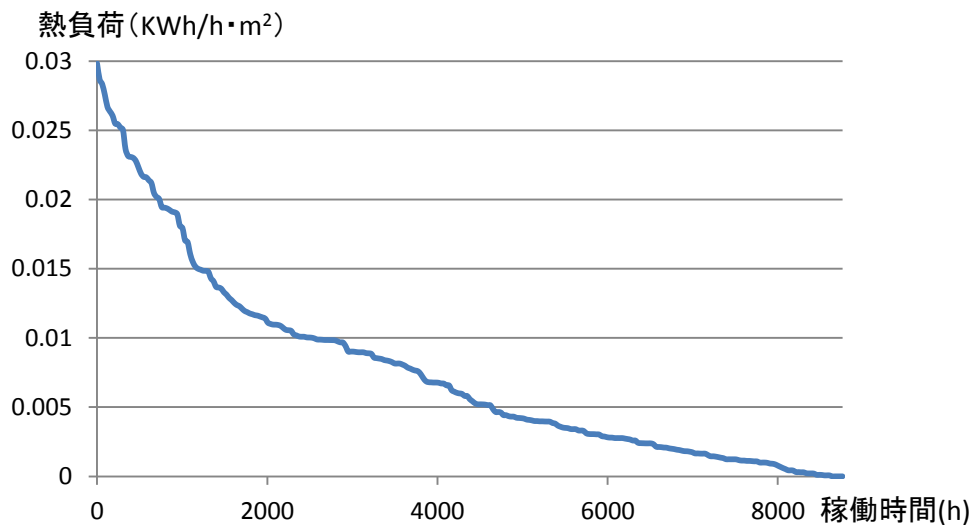


(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

3) 年間負荷持続曲線

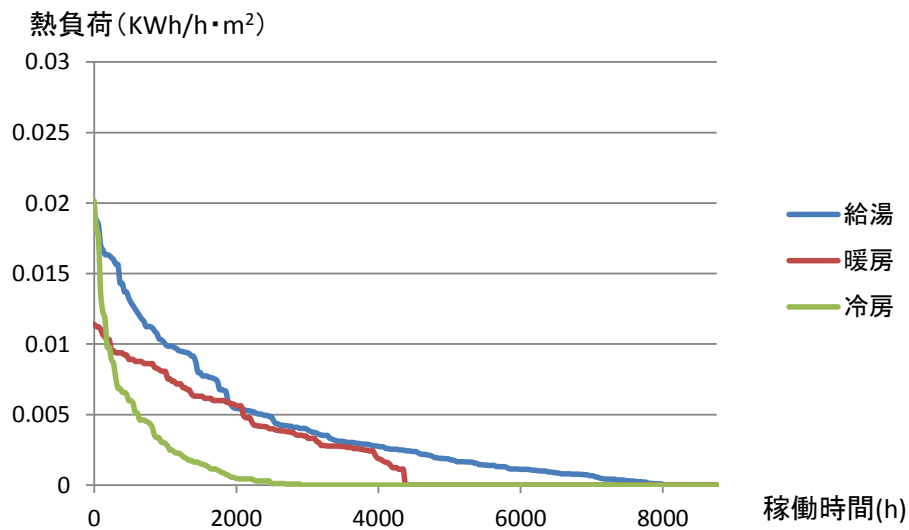
上記のパターンを踏まえた年間の負荷持続曲線を示す。

図表 83 住宅施設の年間負荷持続曲線 (熱需要合計)



(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008」(2008年4月) から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 84 住宅施設の年間負荷持続曲線（給湯・暖房・冷房需要別）



(注) 給湯・暖房・冷房ごとに需要を整理し、負荷持続曲線を作成しているため、各持続曲線の和が全体の負荷持続曲線にならないことに注意

(出所) 日本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル2008」(2008年4月) から三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

4. バイオマス普及の拡大が見込める熱需要分野

ここまでで、主に産業部門、業務部門における熱需要を整理した。バイオマスの大きな利用要件は多数あるが、稼働率確保のために安定した熱需要を確保することができるかどうか特に重要な点である。この点に留意して、産業部門と業務部門それぞれにおけるバイオマス熱利用の可能性について検討した。

(産業部門)

産業部門では、主に蒸気によるエネルギー消費が想定される。一方、バイオマスは負荷変動に対応することが難しいため、一定設備利用率の確保が必要である。また、エネルギー多消費産業の多くは、事業所内で発生する副産物を燃料としている場合が多く、バイオマスの利用余地が小さい可能性がある。

以上から、エネルギー多消費産業⁶を除き、一定稼働率⁷を確保できる業種を特定すると、最大導入量の目安は以下のようになる。

- ・ 熱量：約 470 億 kWh（産業部門の蒸気需要量の 16%）
- ・ 熱出力：890 万 kW（設備利用率 60%を想定）
- ・ バイオマス利用量：1,880 万トン（水分率 40%のチップ換算）⁸

なお、以下の点には留意が必要である。

- ・ ベース負荷として利用する場合、バイオマスで賄う熱量は低下する
- ・ 1 事業所あたりの容量 50t/h 以上の業種でも部分的に利用可能となる

(業務部門)

業務部門では、主に温水（給湯及び空調用）によるエネルギー消費が想定される。産業部門と同様にバイオマスは一定の稼働率を確保できることが望ましい。

給湯需要の割合が大きく、一定規模の熱需要を確保することができる、宿泊施設、病院、温浴施設、スポーツ施設をバイオマス利用しやすい施設であると仮定すると、最大導入量の目安は以下のようになる。

- ・ 熱量：約 440 億 kWh（業務部門の給湯需要量の 45%）
- ・ 熱出力：約 1,250 万 kW（設備利用率 40%を想定）
- ・ バイオマス利用量：1,760 万トン

⁶ 経済産業省「石油等消費構造統計」から 1 事業所あたりの蒸気ボイラ公称能力が 50t/h 以上の業種をエネルギー多消費産業とし、1 事業所あたりの公称能力が 50t/h 未満の業種をバイオマス利用に適した業種であると仮定した。

⁷ 経済産業省「石油等消費構造統計」から蒸気ボイラの設備利用率（発熱量を公称能力から想定されるフル稼働時の年間発熱量で除して算出）が 30%以上をバイオマス利用に適した業種であると仮定した。

⁸ バイオマスの低位発熱量を 10GJ/トン、ボイラ効率を 90%として算出

なお、以下の点には留意が必要である。

- ・ 空調需要も含めるとさらに需要が増加する、
- ・ 立地・建物構造上、導入困難な施設も多いと考えらえる
- ・ ベース負荷として利用する場合、バイオマスで賄う熱量は低下する。

上記の試算から、産業部門、業務部門のいずれもバイオマス熱利用に適した熱需要は膨大に存在し、そのうちの一部でもバイオマスに置き換わることで、バイオマス利用量の大幅な増加が期待できるといえる。

第4章 バイオマス熱利用拡大に向けた方向性及び課題

1. バイオマス熱利用拡大に向けた方向性

1.1 バイオマス熱利用の意義

COP21 におけるパリ協定の採択を受けて、日本でも地球温暖化対策を加速していく必要が生じている。日本では FIT を背景に、再生可能エネルギーによる発電が急増している。一方、熱利用については、省エネ法の枠組みの中で省エネが進められてきたが、再生可能エネルギーの普及は電力と比べると限定的である。

熱利用分野では、様々な再生可能エネルギーや未利用エネルギーの利用が考えられるが、図表 85、図表 86 に示す通り、その特徴は様々である。バイオマスは、①ポテンシャルが限られるものの、他の低密度なエネルギー源に比べて利用しやすい、②蒸気等の質の高いエネルギーが得られる、③輸送可能である、といった長所を持ち、熱利用技術の中でも有望な存在である。

図表 85 再生可能エネルギー熱・未利用熱ポテンシャル (単位: TJ/年)

太陽熱		バイオマス	地中熱	雪氷熱	下水熱	河川熱	海水熱	温泉熱
ポテンシャル・利用可能量等	全資源エネルギー量	1,822,202,000 ¹⁾	-	-	-	-	-	-
	賦存量	728,880,800 ²⁾	-	43,885,916 ¹⁾	451,666 ⁹⁾	6,207,806 ⁹⁾	89,522,089 ⁹⁾	162,547 ¹⁾
導入可能量等	導入ポテンシャル	276,800～406,300 ³⁾	5,659,000 ⁷⁾	-	314,271 ⁹⁾	1,299,484 ⁹⁾	8,952,209 ⁹⁾	-
	シナリオ別導入可能量	25,321～57,268 ¹⁾	-	288～523 ¹⁾	141,995～182,131 ¹⁾	-	-	68,773～75,195 ¹⁾
実導入量	32,634 ⁴⁾	71,052 ⁶⁾	-	53 ⁸⁾	344 ¹⁰⁾	459 ¹⁰⁾	309 ¹⁰⁾	-

1) 緑の分権改革推進会議第四分科会「再生可能エネルギー資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン」(2011)

2) 緑の分権改革の全資源エネルギー量にシステム効率 40%を乗じて推計

3) 経済産業省「平成 22 年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業 (太陽光発電及び太陽熱利用の導入可能量に関する調査)」(2011)

4) 千葉大学倉阪研究室 + 永続地帯研究会「永続地帯 2014 年度版報告書」(2015)

5) NEDO「バイオマス賦存量・利用可能量の推計」(2011)

6) 資源エネルギー庁「平成 26 年度新エネルギー等導入促進基礎調査 (バイオマス・廃棄物による発電利用及び熱利用の導入実績調査)」(2015)

7) 環境省「平成 25 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備」

8) 北海道経済産業局「COOL ENERGY 5 (雪氷熱エネルギー活用事例集 5)」(2012) から推計

9) 経済産業省「平成 22 年度省エネルギー設備導入促進指導事業 (エネルギーの面的利用・未利用エネルギーの有効活用と普及方策のための調査事業) (2011)。海水については全国値に拡大推計。

10) 日本熱供給事業協会「熱供給事業便覧 平成 26 年版」(2014)

(注) バイオマスについては、木質以外も含む。

(出所) 資源エネルギー庁「熱需給の実態等に関する包括調査報告書」(2016)

図表 86 再生可能エネルギー熱・未利用熱の特徴

	太陽熱	バイオマス	地中熱	雪氷熱	下水熱	河川熱	海水熱	温泉熱
得られるエネルギー	蒸気利用	○	×	×	×	×	×	×
	温水利用	○	○	×	○	○	○	○
重要とのマッチング	冷熱利用	△温水吸収式冷温水機と組み合わせるのが主流であるが、効率が悪い。	○	○	△温度が高い場合は効率が悪い。	○	○	×
	輸送性	△数十km程度の輸送可	×	△輸送可	×	×	×	×
1次エネルギー削減効果	遍在性	△森林地域のみ	○広く賦存	×	×	×	×	×
		△輸送等にエネルギー消費	×	○直接利用可	×	×	×	△場合によってはヒートポンプ利用
主な利用先	家庭中心、一部業務等	産業用、業務用・家庭用	家庭、業務、地域熱供給	産業用	大規模業務、地域熱供給	大規模業務、地域熱供給	大規模業務、地域熱供給	業務、地域熱供給
		○直接利用可	×	○直接利用可	×	×	×	△場合によってはヒートポンプ利用

(出所) 資源エネルギー庁「熱需給の実態等に関する包括調査報告書」(2016)

1.2 基本的な方向性

第3章では、バイオマス普及の拡大が見込める熱需要分野（産業部門のうち統計上の稼働率が30%を超える業種、業務部門のうち一定の給湯需要を有する施設）において膨大な熱需要が存在することが確認できた。

産業部門では、これまで木材産業を中心にバイオマス利用が進められてきたが、熱需要の特性だけを見ると、木材産業以上にバイオマスに適した熱需要は多く存在している。したがって、木材産業での利用をさらに伸ばしつつ、木材産業以外の産業にも利用を拡大させていくことが望ましい。特に、比較的 BtoB 産業においては安定した熱需要が見込めるため、バイオマス熱利用に適していると考えられる。

業務部門では、熱需要がバイオマスに適しているかどうかを問わずに費用対効果が厳しく求められない公共施設を中心にバイオマス熱利用の導入が進められてきた。したがって、このような公共施設での利用をさらに伸ばしつつ、民間施設にも利用を拡大させていくことが望ましい。特に、病院やホテル等の大型施設では、1施設においても給湯需要が十分に存在し、また施設数も数多く存在することから、このようなバイオマス熱利用に適した需要先から導入を進めていくことが望まれる。

図表 87 今後の普及拡大が見込める熱需要分野及び業種（例）

産業部門	普及が見込める熱需要分野	具体的な業種例	最大導入ポテンシャルの目安
産業部門	バイオマス調達量が数万トンレベルに抑えられる業種（1事業所あたりのボイラ容量 50t/h 以下）で一定稼働率（統計上 30%以上）を確保できる業種分野	24 時間稼働が見込める製紙産業、セメント製造業、化学工業、プラスチック製造業、繊維製造業、ゴム製品製造業、非鉄金属製造業、製材・合板製造業、食品製造業の一部（動植物油脂製造、糖類製造、茶・コーヒー）等 ※ただし、同業種でも 24 時間工場か DSS 運転かは工場によって異なることに注意が必要。	熱量：約 470 億 kWh （産業部門の蒸気需要量の 16%） 熱出力：890 万 kW （設備利用率 60%を想定） バイオマス利用量：1,880 万トン （40%のチップ換算）
業務部門	給湯需要の割合が大きく、一定規模の熱需要を確保することができる業種	医療・福祉施設（病院、介護老人福祉施設、介護老人保健施設）、宿泊施設（シティホテル）、スーパー銭湯・温浴施設、フィットネスクラブ、有料老人ホーム、ゴルフ場	熱量：約 440 億 kWh （業務部門の給湯需要量の 45%） 熱出力：1,250 万 kW （設備利用率 40%を想定） バイオマス利用量：1,760 万トン （40%のチップ換算）

（注） バイオマス利用量は、バイオマスの低位発熱量を 10GJ/トン、ボイラ効率を 90%として算出
（出所） 各種資料から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

2. バイオマス熱利用拡大に向けた課題

2.1 共通課題

2.1.1 経済性確保に関する課題

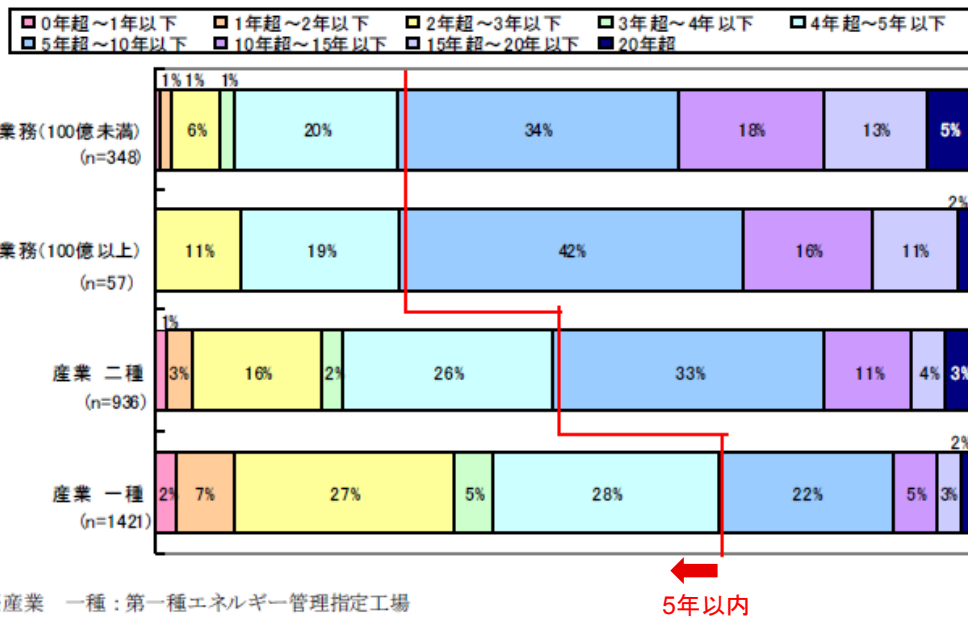
(1) 課題の概要

本調査で、バイオマス熱利用先の需要ポテンシャルは大きいことが明らかになったため、経済性の確保が可能となれば、大きく広がっていく可能性がある。

経済性の目安については、過去の調査が参考になると考えられる。これによれば、民間企業では、投資回収年数が5年以内でないと、投資が実行されにくい。一方、業務部門は産業部門に比べて投資回収年数が長くても許容される傾向がある。

図表 88 望まれる投資回収年数（既存調査）

問：ボイラーや加熱設備、自家発電設備など、エネルギー利用設備に関する大規模な投資を行う際の、投資の可否を判断するための設備投資費回収年数の目安を教えてください。



(出所) 天然ガスの燃料転換・高度利用に向けて～天然ガスの燃料転換・高度利用に関するワーキンググループ報告書

(2) 課題解決の方向性

1) インセンティブの見直し

木質バイオマスに関する現状の補助制度は、発電に偏った制度となっており、熱利用を実施するインセンティブが小さくなっている。発電に偏った補助制度を見直し、バイオマス熱利用の環境価値や特性に見合った補助の水準・支給方法を検討する必要がある。

2) 設備の低コスト化

現在、日本のバイオマスボイラーの導入価格は普及が進む欧州よりも高額であるとされているため、設備費の低下を進めていく必要がある。この際は、ボイラー本体だけでなく、建屋・付帯設備についても低コスト化のための検討が必要と考えられる。

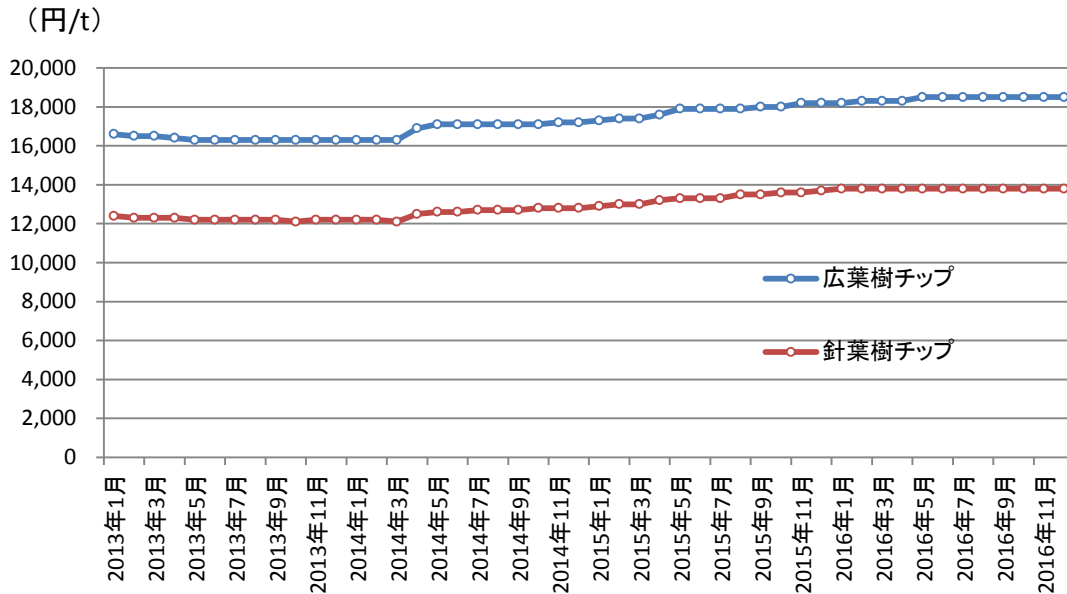
2.1.2 燃料調達

(1) 課題の概要

本調査のヒアリングにおいても、バイオマス熱利用の開始時期と比べて燃料単価が1.5倍～2倍程度まで上昇した事例が確認された。また、新たにバイオマス熱利用を開始するためには、安定的な調達先の確保をする必要が生じるため、燃料調達の目途が立たない場合は、バイオマス熱利用を開始することができない。

燃料価格に関する統計は整備されていないが、パルプ向けチップ価格については統計が参考となる。これを見ると、FITが開始された2013年以降は一貫してゆるやかな上昇傾向となっている。バイオマス熱利用のうち燃料費は設備費と並んで主要な費用項目であるため、安定的かつ安価な燃料供給がバイオマス熱利用拡大のために必要である。

図表 89 チップ価格（パルプ向け）の動向



(出所) 林野庁「木材需給報告書」

(2) 課題解決の方向性

1) 木材生産の高度化による森林バイオマスの拡大

林野庁では、未利用間伐材等を含む木材の安定供給に向け、施業の集約化、低コストで効率的な作業システムの普及等に取り組むとともに、木質バイオマスのエネルギー利用が円滑に進むよう、未利用間伐材等の活用に資する木質バイオマス関連施設の整備、木質バイオマスの利用等に関する相談・サポート体制の構築や技術開発への支援を行っている。平成 25 年度からは、木質バイオマスの有効活用を推進するため、環境省と連携して「木質バイオマスエネルギーを活用したモデル地域づくり推進事業」を実施しており、9 か所で未利用材の低コスト搬出・運搬システムの構築やボイラーの導入等による木質バイオマス利用システムの実証に取り組んでいる。こうした施策の効果により、森林バイオマスの供給拡大が実現することが期待される。

2) CLT 等の新規木材需要拡大と合わせた製材残材の供給拡大

森林バイオマスの拡大も重要であるが、FIT 制度において、未利用材に高い買取価格がつけられている現状では、未利用材は発電市場に流れてしまう傾向がある。一方、製材残材等は、FIT 制度において未利用材よりも低い買取価格が設定されているため、熱利用にも使いやすくと考えられる。

現状では、こうした製材残材の多くはすでに利用されているが、今後の新規に木材需要が発生すれば製材残材の新たな確保も可能となる。近年は、CLT 等の新規木材の需要拡大が期待

されていることから、それに伴う安価な製材残材が発生するため、熱利用しやすい原料の供給拡大が可能となる。

3) 国内ペレット産業の高度化

現状の日本ではチップの利用がほとんどであり、ペレット利用は限定的である。一方、ペレットは、バーナー燃焼が可能ことから、チップではできない高効率な直焚吸収式冷温水器や産業用バーナー等の多様な使い方が可能である。

日本のペレット需要が拡大しない主な要因は日本のペレットの多くが、小規模かつ丸太から製造されており、結果として流通価格が高くなっているためである。欧米では、大規模な生産や安くて加工・乾燥工程が少ない製材残材を原料にペレット生産が行われており、国内のペレット産業を欧米のように高度化させることができる、安価なペレットが流通し、バイオマス熱利用の可能性が拡大すると考えられる。

2.2 部門特有の課題

2.2.1 産業部門における課題

(1) ラインナップの拡充

10t/h以上のボイラーは、発電用ボイラーとほぼ同様の構造となるため、一定の品質の製品が流通しているが、それ以下の規模のボイラーのラインナップは現状では限られている。化石燃料ボイラーでは、1t/h～2t/h程度の小型貫流ボイラーが多く普及しており、この分野を代替できる安価で高性能なバイオマスボイラーがあると、産業部門における普及が進むと考えられる。

また、産業部門においては、蒸気需要だけでなく、直接加熱需要も多く、バイオマスバーナーなど新たな熱利用機器の開発によって熱利用の可能性が拡大すると考えられる。

(2) モデルケースの確立・普及

産業部門においては、木材関連産業以外の導入事例は多くない。一方、本調査のヒアリング先では、安定的な熱需要を確保し、投資回収を実現している民間企業の事例も確認できた。こうした事例は、民間企業が事業主体となっていることが多いため、これまで多くの情報が整理されてこなかったため、今後もモデルケースを収集し、普及啓発に努めていく必要がある。

2.2.2 業務部門における課題

(1) ボイラー以外の付帯設備を含めたパッケージ化の推進

現在、我が国においても小規模なボイラーに関しては、コンテナ・蓄熱槽・ボイラーがパッケージ化した低価格な製品が登場している。このようなシステムをさらに広げていく必要がある。

(2) 乾燥チップの流通

小型の乾燥チップボイラーであれば安価な初期費用でバイオマスボイラーを導入可能である。一方、現在、日本では乾燥チップは一般的に流通していないため、利用が難しい面がある。乾燥チップの流通方策についてはさらなる検討が必要である。

(3) 生チップボイラーに関する技術開発の推進

高効率な生チップボイラーについては、日本製ボイラーに比べて欧州製ボイラーの技術が優れている。一方、低コスト化させるためには、国産化は1つの選択肢であり、中長期的に国産技術の開発も進めていけることが望ましい。

3. 今後に向けた総括

本調査では、バイオマス熱利用の拡大が見込める有望な熱需要先や普及のための課題の整理を行った。今後、こうした課題を解決し、バイオマス熱利用を一層普及させていくための戦略（ロードマップ）を策定し、関係者で共有していくことが必要である。

バイオマス熱利用普及のための戦略策定に際しては、バイオマス導入により期待される意義・効果や現状及び目標実現に向けたギャップを整理した上で、業界が実施すべき取組（設備のコスト低減等や人材育成等）、政府が実施すべき取組（バイオマス熱利用に対するインセンティブ設計・規制緩和等）の両面から普及実現のため取組を示せることが望ましい。

第5章 参考資料

1. 我が国におけるインセンティブ設計に関する検討

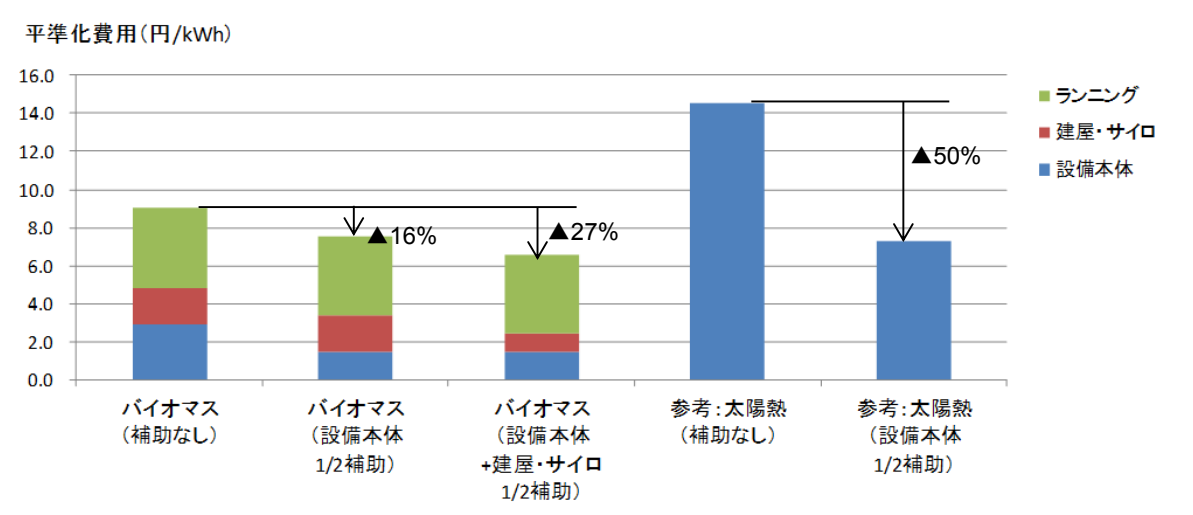
1.1 現状の問題点

1.1.1 初期投資一律補助

我が国における再生可能エネルギー熱利用に関するインセンティブは初期投資補助が一般的である。

一方、バイオマス熱利用については、太陽熱、地中熱等の他の再生可能エネルギー熱と異なり、燃料が必要となるため、ランニング費用（主に燃料費）が大きい。このため、一律に1/2、1/3といった補助率が設定された場合、他の再生可能エネルギーに比べて総コストに対する補助率は低くなる。

図表 90 初期費用補助的適用有無による熱生産費用の比較



(注) バイオマスについては200kW ボイラーを想定し、初期費用5,000万円、利用年数20年、燃料費6,000円/t、ボイラー効率85%、灰処理単価1,500円/t(灰分は燃料の2%)、消費電力5kW、電気単価20円/kWh、前負荷相当運転時間3,500時間、保守・点検費用30万円/年を想定。太陽熱については初期費用30万円(10万円m²×3m²)、利用年数15年、集熱効率45%を想定。

(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

1.1.2 電力・熱の補助格差

FIT制度では、買取価格と回避可能費用の差分を交付金として受け取ることができる。したがって、回避可能費用が8円/kWhの場合、発電に対する補助は、以下の通りとなる。

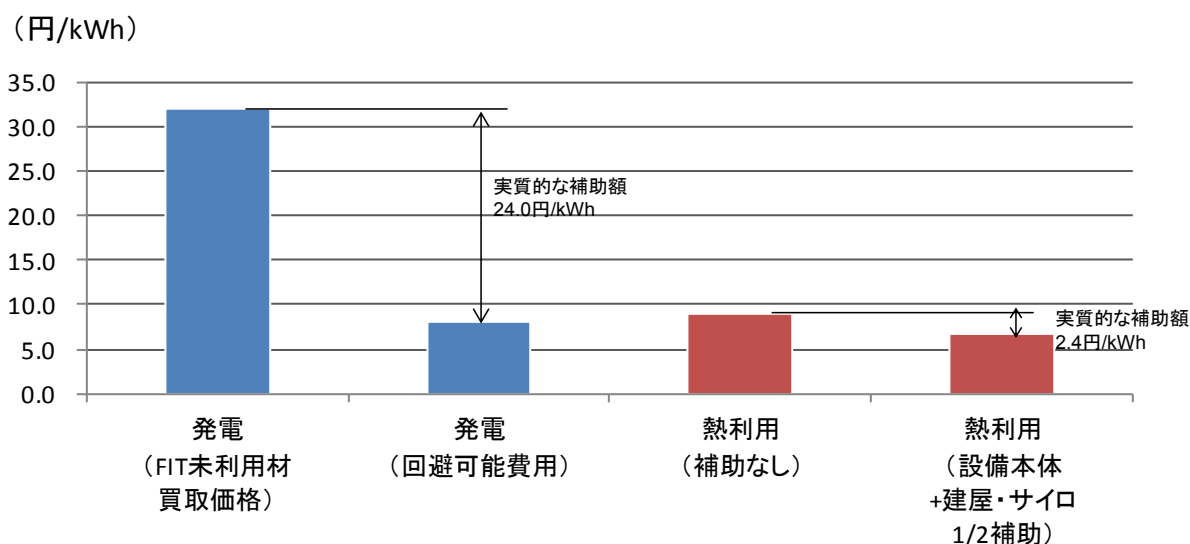
$$\text{買取価格 } 32 \text{ 円/kWh} - \text{回避可能費用 } 8 \text{ 円/kWh} = 24 \text{ 円/kWh}$$

一方、熱利用の場合は、補助額は先の前述の計算条件では、補助水準は、以下の通りである。

$$\text{補助金なしの場合の熱供給費用} - \text{補助金有の場合の熱供給費用} \approx 2.4 \text{ 円/kWh}$$

電力と熱の価値の違いを踏まえても、発電と熱利用に対するインセンティブの差は大きいといえる。

図表 91 未利用材を利用した際のバイオマスに関する電力・熱の補助格差



(注) バイオマス熱利用については 200kW ボイラーを想定し、初期費用 5,000 万円、利用年数 20 年、燃料費 6,000 円/t、ボイラー効率 85%、灰処理単価 1500 円/t (灰分は燃料の 2%)、消費電力 5kW、電気単価 20 円/kWh、前負荷相当運転時間 3,500 時間、保守・点検費用 30 万円/年を想定。

(出所) 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

1.2 熱 FIT 導入時の影響に関する試算

1.2.1 熱 FIT に関する海外の導入状況

(1) 英国

英国では、RHI スキームのもとに、支援対象設備は一定期間にわたって、エネルギー源別に規定された買取価格を受領できる。非家庭用は 2011 年 11 月から実施。2014 年 4 月から家庭用も対象となっている。

図表 92 英国の RHI における買取価格

対象者	種類	規模	助成率 p/kWh(2016年7月時点)	助成率 p/kWh(制度開始時)	買取期間
非家庭用 (助成額は)	バイオマス	<200 kWth	第1段階:3.26 第2段階:0.86	第1段階:9.05 第2段階:2.37	20年
		200~1,000 kWth	第1段階:5.24 第2段階:2.27	第1段階:5.56 第2段階:2.37	
		≥1,000 kWth	2.05	1.03	
		CHP	4.22	-	
	ヒートポンプ	<100 kWth	水・地中熱第1段階:8.95 水・地中熱第2段階:2.67	5.04	
		≥100 kWth	深部地中熱:5.14 空気熱:2.57	3.70	
	太陽熱	<200 kWth	10.28	9.66	
	バイオメタン	制限なし	第1段階(40,000MWhまで):4.55 第2段階(80,000MWhまで):2.67 第3段階(それ以降):2.06	7.71	
	バイオガス	バイオガス <200 kWth	5.90	7.71	
		バイオガス 200~600 kWth	4.63		
バイオガス ≥600 kWth		1.73			
家庭用 (助成額は2016 年7~9月分)	バイオマスボイラ	規定なし	4.68	12.20	7年
	空気熱ヒートポンプ	規定なし	7.51	7.30	
	地中熱ヒートポンプ	規定なし	19.33	18.80	
	太陽熱	規定なし	19.74	19.20	

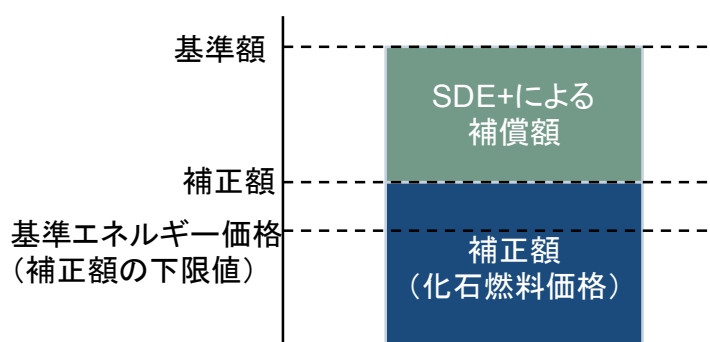
(注) 非家庭用バイオマス、水・地中熱ヒートポンプについて、1年当たり、出力容量(kWth)×1,314(時間)に相当する使用量までは第1段階の買取価格を適用。超過分に対しては第2段階の買取価格が適用される。
(出所) OFGEM ウェブサイトより三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

(2) オランダ

オランダでは、再生可能エネルギー支援策として SDE+というスキームが実施されており、電力・熱の区別をせずに適用される(2008年にSDEとして開始し、2011年にSDE+に制度変更、2012年より熱利用も対象となっている)。

同制度においては、「基準額」と「補正額(化石燃料コスト)」の差額が政府からプレミアムとして支給される(プレミアム変動型フィードインプレミアム)。予算額が決まっており、申請時期が遅いほど基準額が上がるように設定されているが、予算上限まで達すると、申請が却下される可能性がある。バイオマス熱利用に関するプレミアムは現時点では2~4円/kWh程度である。

図表 93 オランダの SDE+ における補償額の決定方法



(出所) Netherlands Enterprise Agency (RVO.nl) ウェブサイト及び「Brochure SDE+ 2016 spring round」より三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 94 オランダの SDE+ における基準額・補正額等の設定 (2016 年春季)

		基準額 (€ct/kWh)				基準エネルギー価格 (€ct/kWh)	暫定補正額 (€ct/kWh)	全負荷相当運転時間上限 (年)	補償期間上限 (年)	稼働開始の猶予期間 (年以内)
		フェーズ1 3月22日～	フェーズ2 3月29日～	フェーズ3 4月4日～	フェーズ4 4月11～28日					
熱利用	固体バイオマスボイラー 500kW～5MW	5.2	5.2	5.2	5.2	2.5	3.1	4,000	12	4
	固体バイオマスボイラー 5MW以上	4.3	4.3	4.3	4.3	1.4	1.7	7,000	12	4
	木質ペレットボイラー 10MW以上	5.7	5.7	5.7	5.7	1.4	1.7	7,000	8	4
CHP	100MWe以下	7.7	7.7	7.7	7.7	2.0	2.3	7,500	12	4
	期間延長 50MWe以下 ・MEPスキーム適用なし	6.3	6.3	6.3	6.3	2.3	2.6	4,429	12	3
	・1年MEPスキーム適用	6.6	6.6	6.6	6.6	2.3	2.6	4,429	12	3
石炭混焼発電	既存容量	9.0	10.7	10.7	10.7	3.9	4.2	5,839	8	3
	新規容量	9.0	11.0	11.4	11.4	3.9	4.2	7,000	8	3

(注) 木質系バイオマスに関連する項目のみを抜粋

(出所) Netherlands Enterprise Agency (RVO.nl) ウェブサイト及び「Brochure SDE+ 2016 spring round」より三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

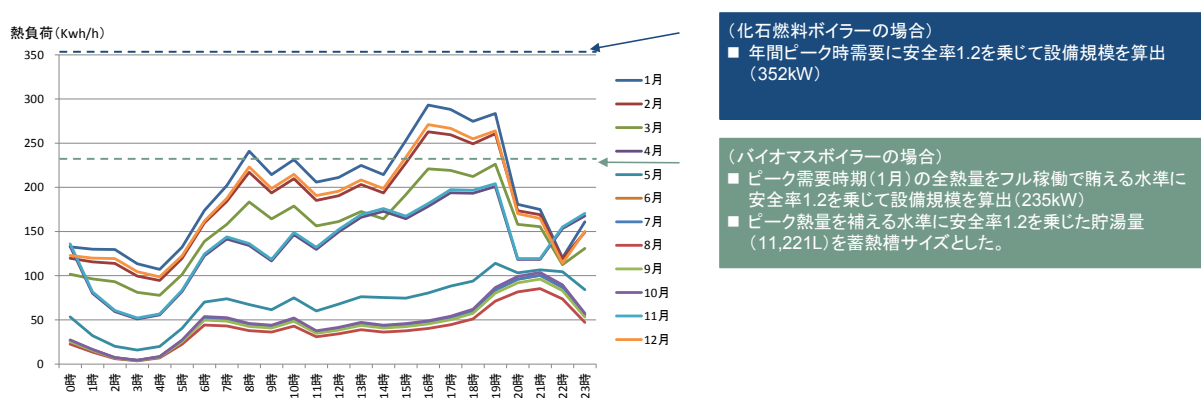
1.2.2 試算条件

日本における典型的なコスト水準をもとに化石燃料ボイラーとバイオマスボイラーの費用を試算し、さらに補助制度によってそれがどのように変化するかを試算した。

熱需要は延床面積の 5,000m² のホテルを想定し、年間熱負荷と月別負荷パターンは、空気調和・衛生工学会「都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価」に記載された原単位を採用した。

バイオマスボイラーは蓄熱槽と組み合わせて使用することを想定し、化石燃料ボイラーは、負荷追従運転をすることを想定した。

図表 95 想定した熱需要と設備容量の決め方



(出所) 空気調和・衛生工学会「都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価」から三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

図表 96 バイオマスボイラーの諸元

項目	設定値
ボイラー本体	3,520 万円 (15 万円/kW×235kW)
建屋・サイロ	2,000 万円
蓄熱槽	340 万円
燃料使用量	484t/年
燃料単価	6,000 円/生 t
発熱量	8.136GJ/生 t (2,260kWh/生 t)
ボイラー効率	85%
灰処理単価	15,000 円/t
燃料中の灰分	2%
ボイラー電気容量 (使用量)	5kW
電気単価	20 円/kWh
全負荷相当運転時間	3,963h (稼働率 45%)
保守・点検費用	34 万円/年

図表 97 化石燃料ボイラーの諸元

項目	設定値
ボイラー本体	352 万円 (1 万円/kW×352kW)
建屋・サイロ	なし (機械室に設置することを想定)
蓄熱槽	なし
燃料使用量	91,626m ³
燃料単価	70 円/m ³
発熱量	40.6 MJ/m ³ (11.3 kWh/m ³)
ボイラー効率	90%
灰処理単価	なし
燃料中の灰分	なし
ボイラー電気容量 (使用量)	1.8kW
電気単価	20 円/kWh
全負荷相当運転時間	2,645h (稼働率 30%)
保守・点検費用	7 万円/年

1.2.3 試算結果

(1) 投資回収年数

初期投資補助と、熱の FIT (RHI と同一スキームを仮定) 適用時の累積費用及び投資回収年数を、それぞれ化石燃料ボイラーとの比較により算出した。なお、初期投資補助については、ボイラー及び蓄熱槽を補助対象とし、補助率は 1/2 及び 1/3 を想定した (建屋・サイロは補助対象外と仮定した。)

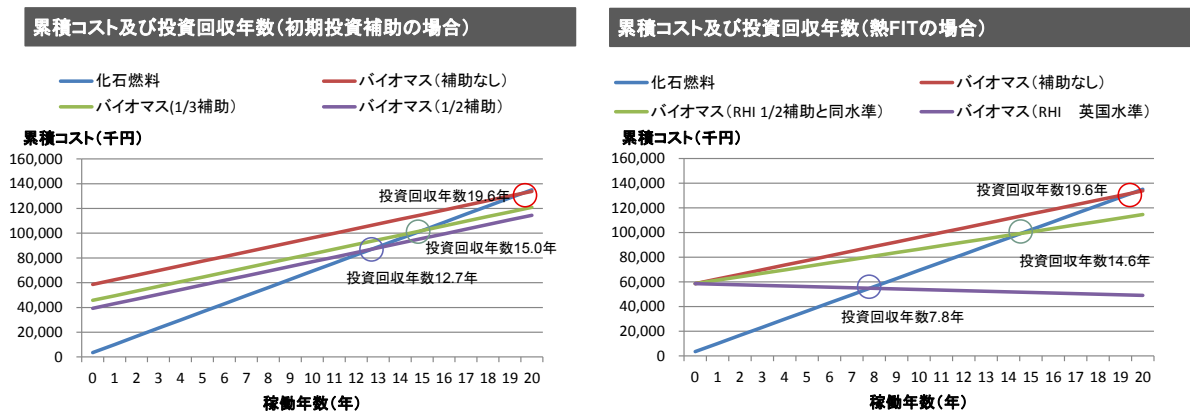
熱の FIT の補助水準は、初期投資補助率 1/2 と同額の支援額を 20 年間に渡り支給する場合

と、英国の非家庭向けと同水準の場合を想定した。(2016年7月時点における200~1,000kWで適用される水準を140円/ポンドで換算した。)

- ・初期投資補助1/2と同水準の場合：1.04円/kWh
- ・英国非家庭向けと同水準の場合：4.56円/kWh

投資回収年数は英国水準のRHIを適用した場合が最も短くなる。一方、政府からの20年間の支援額は、1/3補助が1,286万円、1/2補助（RHIの場合含む）が1,928万円、RHI英国水準が8,475万円。同一支援額ならば、初期投資補助の方が投資回収年数を早める効果は大きい。

図表 98 熱FIT導入時の影響に関する試算結果（投資回収年数に与える影響）

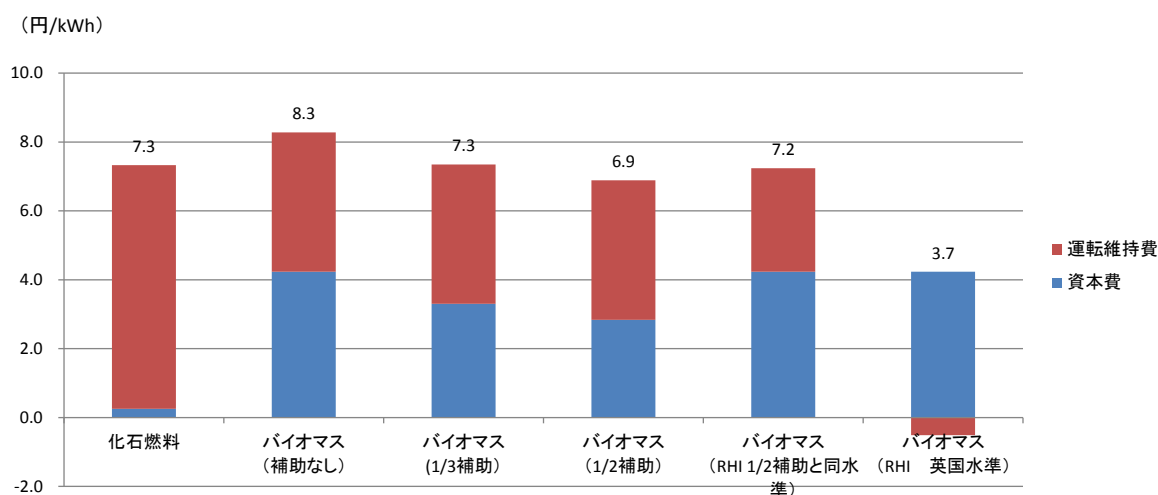


(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

(2) 平準化費用

20年間平準化費用で見ると、今回の試算条件は、化石燃料とバイオマスボイラーに大きなコスト差は見られない。ただし、平準化費用が同程度でも投資回収に時間がかかる場合は導入が進まない可能性がある。なお、英国の補助水準並みのRHIを支給すると、費用は半減する。

図表 99 熱 FIT 導入時の影響に関する試算結果（平準化費用に与える影響）



(注) 割引率は3%に設定。初期投資1/2と同水準のRHIの差は、貨幣の時間的価値の差。

(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

1.2.4 考察

現状のバイオマス熱利用に対するインセンティブは他の再生可能エネルギー熱やバイオマス発電に比べて大きくない可能性がある。

単に投資回収年数を早めることだけを考えるのであれば、初期投資補助は効果的な施策である。一方、以下を踏まえると、バイオマス熱利用については、熱FITの検討も有効と考えられる。初期投資補助の補助率には限界がある。補助率が高すぎると、(1)メーカーによる値上げ、(2)オーバースペックな機器の増加、(3)燃料調達を考えない設備導入の増加、等が発生する可能性がある。

熱FIT導入では、補助水準が明確化され、コスト削減インセンティブが働きやすいが、補助額がランニング費用を上回る場合には、省エネインセンティブが働かない可能性がある。対策として、定期報告や補助対象となる運転時間の上限設定などが考えられる。

図表 100 インセンティブの特徴に関するまとめ

	初期投資補助	熱FIT
投資回収年数に与える影響	大きい	小さい
補助水準	わかりにくい	わかりやすい
コスト削減インセンティブ	補助率が設定された場合、働かない可能性がある	働きやすい
省エネインセンティブ	働きやすい	働きにくいいため、工夫が必要（特に補助額がランニング費用を上回るとき）
予算額のコントロール	容易	コントロールしにくいいため、工夫が必要

(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成