

建築物の省エネルギー化技術

— 先進的な地域熱供給プラントの省エネ性能評価 —

国土交通省国土技術政策総合研究所住宅研究部建築環境研究室主任研究官

宮田 征門

1. はじめに

建築物のエネルギー消費量の削減は、エネルギー資源に乏しいわが国にとって喫緊の課題であり、国際問題である地球温暖化対策や災害発生時等の電力需給対策にも繋がる重要な課題である。2017年4月より2000㎡以上の非住宅建築物に対して建築物省エネ法（建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律）による省エネルギー基準への適合義務化が実施されており、2021年4月からは適合義務化の対象を300㎡以上の非住宅建築物に引き下げるなど、建築物の省エネルギー化に関する施策は着々と講じられているが、菅義偉首相の所信表明演説（2020年10月）における「2050年カーボンニュートラル宣言」を受けて、今後更に建築物の低炭素化・省エネルギー化に関する動きは加速することが予想される。

2. エリア単位での省エネルギー化

建築物の省エネルギー化を達成する方法として、建築物単体で策を講じて省エネルギー化を図る方法だけではなく、複数の建築物が集合したエリア単位で省エネルギー化を図る方法もある。その一つの例として、冷水や温水等を一箇所（地域熱供給プラント）でまとめて製造し、複数の建築物に対して供給する「地域熱供給（地域冷暖房）」がある¹⁾。冷温水を生成する熱源機器を地域熱供給プラントに集約設置することで、高性能な機器を組み合わせた熱源システムを構築して高効率な運転を行うことが可能になり、また、エリア内に点在する再生可能エネルギー（太陽熱、河川熱、下水熱等）や都市排熱（工場排熱等）等がより活用しやすくなるため、建築物単体で策を講じるよりも省エネルギー化を達成できる可能性や選択肢が増える。また、各建築物

に熱源機器等を配置する必要がなくなり、各建築物のスペース有効活用にも繋がるため、東京都、大阪府、名古屋市、横浜市等の大都市部で特に展開されている。

3. 改正建築物省エネ法における位置づけ

このようなエリア単位で省エネルギー化を達成する取組については、2019年5月に改正された建築物省エネ法においても位置づけられている。具体的には、法改正により、建築物エネルギー消費性能向上計画（省エネ性能向上計画）の対象に、複数の建築物の連携による省エネ性能向上の取組が追加された（2019年11月施行）²⁾。これによって、地域熱供給のように複数の建築物に熱を供給する設備（自他供給型熱源機器等）がある場合、自他供給型熱源機器等を設置している建築物および熱の供給を受ける建築物が誘導基準に適合していると所管行政庁が認定すれば、エネルギー消費性能の向上に資する機器等を設置した床面積について容積不算入の特例を受けることができる³⁾。

4. 省エネルギー基準における地域熱供給プラントの評価法

地域熱供給プラント等（熱供給事業法で規定されている熱供給事業だけではなく、より小規模な街区等の単位での熱供給や、建物間熱融通のような1対1での熱のやりとりも含む）から熱を受け取る非住宅建築物を新築もしくは増改築する際には、省エネルギー基準で定められた方法に従い当該建築物のエネルギー消費性能を評価する必要がある。省エネルギー基準においては、地域熱供給プラント等から熱を受け取る非住宅建築物については、当該建築物の用途や外皮性能等から算出された熱負荷に「他人から供給される熱の一

次エネルギー換算係数（1kJの熱量を供給するために必要となる一次エネルギー消費量[kJ]）」を乗じて、当該建築物の設計一次エネルギー消費量を算出することとしている⁴⁾。この「他人から供給される熱の一次エネルギー換算係数」の値については、令和元年国土交通省告示第783号別表第1（以下、「告示別表第1」という。）に次のように定められている。

- ・1キロジュールにつき1.36キロジュール（他人から供給された熱を発生するために使用された燃料の発熱量を算出する上で適切と認められるものを求めることができる場合においては、当該係数を用いることができる。）

ここで、「燃料の発熱量を算出する上で適切と認められるもの」としては、国土技術政策総合研究所および(国研)建築研究所による技術資料⁵⁾に次の3つが挙げられている。

- 1) (一社)日本熱供給事業協会による熱供給事業便覧に掲載された公表データを用いて算出した値
- 2) (一社)日本熱供給事業協会が定める「熱供給事業における冷熱・温熱別換算係数算出に係るガイドライン」に基づき算出した値（ただし、この方法は冷熱・温熱別に換算係数を算出することを目的としたものであり、元となるデータは(一社)日本熱供給事業協会による熱供給事業便覧に掲載された公表データである）
- 3) 条例等に基づいて行政庁により公表されているデータに基づき算出した値（東京都による「地域エネルギー供給実績報告書」等が該当）

これらは主として既設の地域熱供給プラントを対象としたものであり、公表されている販売熱量等を基に当該熱供給プラントの一次エネルギー換算係数を算出することを想定している。一方、新設の地域熱供給プラントや大規模な改修を

表－1 新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数算出に係る任意評定ガイドライン案の構成

目次	概要
1. 適用範囲	対象とする地域熱供給プラントの種類を規定。
2. 引用規格等	本ガイドラインで引用する規格の一覧。
3. 用語の定義	本ガイドラインで使用する用語の定義。
4. 記号及び単位	本ガイドラインで使用する記号の定義。
5. 一次エネルギー換算係数の算出方法	
5.1 全体の流れ	任意評定の取得に必要な検討の全体像を示す。
5.2 計算条件の設定	気象データ、電力やガス等の一次エネルギー換算係数、燃料発熱量等の設定方法を示す。
5.3 需要家及び供給条件の設定	需要家条件(面積や用途等)や供給条件(熱媒、温度等)、地域導管の長さ・管径の設定方法を示す。
5.4 プラントのシステム構成の入力	熱源システム構成の設定方法、熱源機器の台数制御の考え方、熱源機器特性の与え方、補機類の自動制御の設定方法を示す。
5.5 製造熱量の算出	熱負荷原単位や負荷パターンデータベースに基づく需要家熱負荷の算出方法、導管熱ロスの算出方法を示す。
5.6 一次エネルギー消費量の算出	シミュレーションソフトを使用して、熱源機器別製造熱量、熱源機器別エネルギー消費量、熱源補機エネルギー消費量、搬送エネルギー消費量等を算出し、プラント全体の一次エネルギー消費量を決定する方法を示す。
5.7 一次エネルギー換算係数の算出	一次エネルギー換算係数を算出する方法(一次エネルギー消費量/製造熱量)を示す。
6. 評定員による評定	
6.1 シミュレーションソフトの妥当性の検証	ガイドライン附属書Aに基づき、シミュレーションソフトの妥当性を検証する手順を示す。
6.2 評定に要する資料	地域熱供給プラントの仕様が記された資料や算出根拠を示す資料等、評定に必要な資料を示す。
7. 評定書に記載する性能	任意評定によって決定される性能(本件の場合は地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数)を示す。

行った地域熱供給プラントについては、文献3)において条例等に基づき新設・改修予定の地域熱供給プラントの熱エネルギー効率の計画値を公表している場合はその値を使っても良いとされているものの、原則は告示別表第1で定められた既定値(1.36kJ/kJ)を使用することとしている。しかし、近年新設される地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数は1.0以下のものが多く、0.8を下回るものもある。つまり、現状では、新設の地域熱供給プラントから熱の供給を受ける建築物については省エネルギー性能が過小評価されており、需要家にとってはメリットが小さくなるため地域熱供給プラントの普及に影響を与えている可能性がある。

5. 新設プラントを対象とした新たな評価法の開発

この課題を解決するための第一歩として、国土交通省による建築基準整備促進事業において調査事項「E11 新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数に関する検討(平成30年度～令和元年度)」(以下、「基整促E11」という。)を立ち上げ、新設および大規模改修を行った地域熱供給プラントを対象として確からしい一次エネルギー換算係数を算定する方法について検討を行った。この検討は、民間事業主体(日本環境技研㈱、㈱日建設計総合研究所、㈱三菱地所設計、㈱日本設計、(一社)日本熱供給事業協会)と建築研究所との共同研究で実施された。

現状の省エネルギー基準において新設

の地域熱供給プラントの評価を原則既定値により行うこととしているのは、次の理由からである。

- ・設計過程において年間エネルギー消費量の推計はなされるものの、その推計方法にルールがないこと。
- ・地域熱供給にはさまざまな方式があるため、年間エネルギー消費量の推計方法の標準化が難しいこと。
- ・エネルギー消費性能の実態が不明であり、推計したエネルギー消費量が実態と合っているかの検証が充分になされていないこと。

そこで、基整促E11では、全国の地域熱供給プラントの実態(熱源種別、竣工年度別等の一次エネルギー効率分布等)について整理し、近年の地域熱供給の方式やエネルギー消費性能の実態について調査を行ったうえで、設計時におけるエネルギー消費性能の計算方法について議論を行うこととした。

6. 基整促E11の活動成果

近年新設される地域熱供給プラントでは、複数の高効率熱源機器を組み合わせることで供給熱量に応じた最適制御を行うプラントが多く、告示別表第1で定められた既定値(1.36kJ/kJ)以外の使用を希望するプラントはこのような複雑で先進的なプラントであることが予想されることから、各プラントの設計に関する高度な工夫を柔軟に評価できるように、「建築物等のエネルギー消費性能に係る任意評定制度」(以下、「任意評定」とする)で活用可能な評価手法の検討を行った。任

意評定制度は技術的助言(国住建環第215号、国住指第4190号)で規定されている評価ルートであり、先進的な省エネルギー化技術の省エネルギー効果を専門家による審査に基づき特別に評定することを目的とした制度である⁶⁾。任意評定の対象となるためには、その評定方法のルールを定めた「任意評定ガイドライン」の制定が必要であるとされているため⁷⁾、基整促E11では任意評定ガイドラインの案を作成することを活動の目的とした。

まず、全国の地域熱供給プラント等の実態を調査し、任意評定ガイドラインで対象とする地域熱供給プラントを定めた。結論として、任意評定ガイドラインの対象を、供給熱量とエネルギー消費量の実績を供給開始後に報告することが求められる「熱供給事業法に基づく熱供給施設」およびこれに準じるプラント(「国民の健康と安全を確保する環境に関する条例」に基づく地域冷暖房区域内の熱供給施設等)に限定した。これは、これに該当するプラントについては運用開始後に実績値が公表されるため、実態に合わない机上の計算を行うことへの抑止力となるであろうと考えたからである。

次に、一次エネルギー換算係数の算定方法についての議論を行い、任意評定ガイドラインではエネルギーシミュレーションを利用してエネルギー消費性能を推測する方法を採用することとした。これは、複雑な制御を有する地域熱供給プラントのエネルギー消費性能を手計算レベルの簡単な方法で推計することは困難

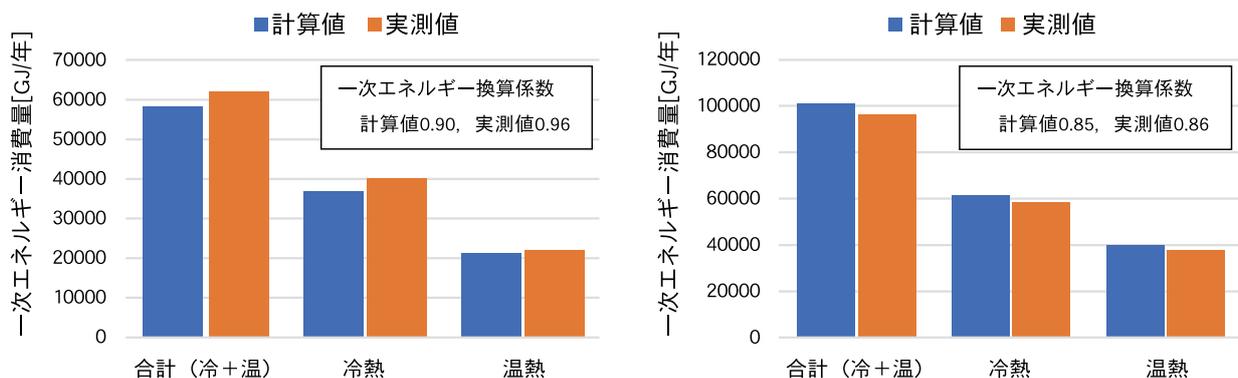


図-1 シミュレーションにより算出された地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の検証 (左: プラントA、右: プラントB)

であること、先進的なプラントの設計時にはエネルギーシミュレーションによる検討を行うことが多いため、この結果を活用することで容易に申請が可能になることによる。しかし、現状では設計時におけるエネルギーシミュレーションの適用方法には明確な決まりはない。簡単なシミュレーションから非常に詳細なシミュレーションまでさまざまあり、シミュレーションの計算条件（運用条件や気象条件、機器の特性等の条件等）についても必要最低限の条件を簡潔に入力する方法から詳細な条件を入力する方法までさまざまである。また、計算過程がブラックボックスであるシミュレーションも多く、その推定精度がどの程度検証されているかもシミュレーション毎に異なる。そこで、①シミュレーションに使用する計算条件をどのように与えるか、②どのようにすれば審査者が計算過程を追うことができるかについて検討を行った。①の計算条件については、気象データや熱源機器の特性については建築研究所による技術情報⁴⁾に掲載されているものを使うこと、需要側建築物の熱負荷については(公社)空気調和・衛生工学会が公表している値を用いること等、一つずつルールを定めた。また、②については計算の過程を追うためのキーパラメータ（例えば、熱源機器や搬送機器毎の運転効率等）を特定し、第三者の専門家による公平な審査が可能となるよう、これらの値を使って作成すべきグラフ等を規定した。

7. ガイドライン案の作成と検証

基整促E11において作成した、新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算出方法を規定した任意評定ガイドライン案の構成を表-1に示す。作

成した任意評定ガイドライン案の妥当性を検証するために、実際に運用されている二つの既存熱供給プラント（プラントA、プラントB）を対象として、任意評定ガイドライン案に従ってエネルギーシミュレーションによる評価を試行し、算出された一次エネルギー換算係数と実運転データから計算した一次エネルギー換算係数とを比較した（図-1）。多少の差はあるものの、任意評定ガイドライン案に従ってエネルギーシミュレーションを行うことで、実態に近い一次エネルギー換算係数を算出することができることを検証した。基整促E11の検討の成果は、(国研)建築研究所による建築研究資料第201号「新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数に関する研究」にて公表されているため、詳細は当該資料をご参照いただきたい。

8. おわりに

今後、カーボンニュートラル化に向けて、太陽熱、太陽光、風力などの再生可能エネルギーの活用方法に関する議論が益々盛んになると予想される。不安定な再生可能エネルギーを活用する方法を建築物単体で検討するとどうしても限界があるが、街区レベル等のエリア単位まで視野を広げれば、少ない投資でより多くの再生可能エネルギーを活用する策が見えてくる。また、エリア単位での取組は、常時の低炭素化・省エネルギー化だけではなく、非常時に暮らしやビジネスを守るための措置にも繋がる。持続可能でロバスタな社会インフラを整備できるよう、今後の技術開発に期待をすると共に、より良い技術が適切に普及するよう、省エネルギー基準等の評価方法の拡充を今後も行っていきたい。

【参考文献】

- 1) (一社)日本熱供給事業協会：地域熱供給事業とは、<https://www.jdhc.or.jp/what/>
- 2) 国土交通省：改正建築物省エネ法、<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/shoenehou.html>
- 3) (国研)建築研究所：複数建築物の連携による建築物エネルギー消費性能向上計画の認定に係る入力方法、https://www.kenken.go.jp/becc/documents/building/Manual/Multiple_Building_Input_Manual_20191115.pdf
- 4) (国研)建築研究所：平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報（非住宅建築物）、<https://www.kenken.go.jp/becc/building.html>
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所、(国研)建築研究所：エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）Ver.2の入力マニュアル、https://www.kenken.go.jp/becc/documents/building/Manual/webprov2_manual_20200401.pdf
- 6) 宮田征門、エネルギー消費性能の評価法省エネ基準の評価法拡張と評定スキームの構築、ベース設計資料、No.181、pp.32-35、2019
- 7) (一社)住宅性能評価・表示協会：建築物等のエネルギー消費性能に係る任意評定、http://www.hyokakyokukai.or.jp/nini_hyouitei/