

超低炭素型建築物の実現に向けた戦略的基本設計プロセスに関する研究

第1報 エネルギーモデルの概要と入力条件の整理

Research on strategic preliminary design process for the realization of ultra-low carbon buildings
Part 1 Outline of energy model and arrangement of input conditions

C 環境工学 4. 環境工学 21. 環境設計

エネルギーモデル データオリエンティッド 低炭素
基本設計

正会員 ○吉岡 沙野*
同 尹 奎英**

Saya Yoshioka
Gyuyoung Yoon

1. はじめに

建築物の基本設計段階では6割以上の性能及びコストが決まるといわれているが、この段階において建物のエネルギー性能を明確に示すことは容易なことではない。近年のSDGsやESG投資の考え方の広まりにより、環境配慮の活動は倫理的観点のみならず経済的観点からも重要視されるトレンドが定着しつつある。また、設計者は建築主と十分な意思疎通を図りながら、良質な室内環境維持という居住者へのサービス性能を確保し、かつLCCの削減とエネルギー性能の向上を実現する役割を担っている。またこれに加えて、前述のような社会的な背景やニーズへの対応も求められている。そこで建物のエネルギー性能を前提とする設計プロセスは昨今のニーズに即した対応する有効手段のひとつとして取り上げられ、またその実現にはエネルギーモデルが不可欠であるといえる。建物のエネルギー性能予測のための手法はすでにあるものの、基本設計段階では各種システムの比較検討や建築設計者やその他設計者との調整事項も多く、また、暫定的で不確定な設計条件が比較的多い。そのため、エネルギー性能予測のための入力作業に手間がかかる等の問題がある。さらに、高精度で信頼度の高いエネルギー性能予測を行うにはエネルギーモデルは然ることながら妥当な条件設定と適切なパラメーターの設定が必要である。しかしながら、基本設計段階では設計者の経験則に依存した設定が少なくないことからエネルギー性能予測の精度より許容度を優先した設定になりやすい。

また、建築物のエネルギー性能における評価や認証、表示について、実施設計段階においては評価システムや予測ツールの整備がされつつある。一方で基本設計段階では実用的なものはまだ整備されていないのが現状であり、エネルギー性能を前提とした設計のニーズに合わせ

た情報が共有できていない。

基本設計段階において建物のエネルギー性能が評価できるエネルギーモデルを活用するためには、簡便で比較的精度の高いモデルが必要である。また、設計者の経験則に基づくパラメーター設定ではなく、信頼できるデータや文献等に基づく適切なパラメーターを活用するデータオリエンティッドな設計（data oriented design）プロセスが必要である。このように、基本設計段階において適用可能なエネルギーモデルの構築は超低炭素型建築物の実現に向けた戦略的設計プロセスの遂行に必要不可欠であると考えられる。

表1 調査対象建物

No.	名称	所在地	地域区分	延床面積 [m ²]	構造	竣工
1	庁舎1	熊本県	6地域	10,400	地上3階、塔屋1階	2019年5月
2	庁舎2	北海道	2地域	10,700	SRC造、一部S造 4階地下1階	2023年11月 (予定)
3	庁舎3	京都府	5地域	4,100	S造 3階	2020年7月
4	庁舎4	鹿児島県	7地域	4,000	木造 2階	2019年5月
5	庁舎5	奈良県	5地域	1,200	S造 5階地下1階	2023年6月 (予定)
6	庁舎6	北海道	1地域	4,200	SRC造、免震 3階	2020年12月 (予定)
7	庁舎7	北海道	2地域	5,800	S造 4階地下1階	2022年10月 (予定)
8	庁舎8	奈良県	5地域	5,000	SRC造 4階	2021年6月 (予定)
9	庁舎9	北海道	1地域	8,800	SRC造、一部S造 4階	2022年5月 (予定)
10	庁舎10	熊本県	6地域	8,900	SRC造、免震 5階	2021年6月 (予定)

* 名古屋市立大学芸術工学研究科 博士後期課程

** 名古屋市立大学芸術工学研究科 准教授・博士（工学）

Nagoya City Univ.

Associate Prof., Nagoya City Univ., Dr. Eng.

表 2 各調査対象における基本設計段階での決定仕様・機能

No. 名称	1 庁舎1	2 庁舎2	3 庁舎3	4 庁舎4	5 庁舎5	6 庁舎6	7 庁舎7	8 庁舎8	9 庁舎9	10 庁舎10
熱源設備	-	中央熱源(電気+ガス+油併用)、個別熱源	個別熱源(空冷HP+PAC)	中央熱源(チップ冷却水ポンプイラ+個別熱源(空冷式冷凍水発生器))	中央熱源(空冷モジュール+個別熱源(空冷ヒートポンプエアコン))	中央熱源(地中熱利用システム)、個別熱源	中央熱源(水冷式)地中熱ヒートポンプ+無任式温水ヒーター(重油)、個別熱源(空冷式高暖房ヒートポンプエアコン)	個別熱源(電気式ヒートポンプエアコン)	中央熱源(空冷ヒートポンプ+油表直立式温水ヒーター+水冷ヒートポンプ+アラーム熱・井水利用)	中央熱源(空冷ヒートポンプ+油表直立式温水ヒーター+水冷ヒートポンプ+アラーム熱・井水利用)
空調設備	外調機+FCU 外気冷房、ナイトバージ、CO2濃度制御	空調機+床吹出方式(CO2濃度制御+アースチューブ) 温水式床暖房 FCU/PAC ハネルヒーター	空調機、一部床吹出方式 床暖房	軌務室+外調機+空冷ヒートポンプエアコン、会議室等、空冷ヒートポンプエアコン+全熱交換器	軌務室+外調機+空冷ヒートポンプエアコン、会議室等、空冷ヒートポンプエアコン+全熱交換器	床下暖房方式、個別空調	個別熱源(電気式ヒートポンプエアコン)	マルチエアコン+外気処理エアコン FCU、電気式エアコン 個別空調 フルードトップ空調機	空調機 FCU、電気式エアコン 個別空調	家庭用単一ダクト方式 冷温水配管空調 外調機+FCU 外気冷房 電気式パナケージエアコン
換気設備	第1種+第2種+第3種	第1種+第3種	第1種+第3種 全熱交換器、排気ファン	第1種+第3種	軌務室 第1種換気 トイレ、倉庫 第3種換気	-	第1種+第3種 自然換気	第1種+第2種+第3種	第1種+第2種+第3種	第1種+第3種
排煙設備	排煙免除	-	-	-	自然排煙+ 一部機械排煙(地下)	-	-	自然排煙+機械排煙	-	-
自動制御設備	BEMS LCEMツールとの連携	中央監視+集中リモコン	集中リモコン	-	-	-	DDC方式+集中リモコン エネルギーの見える化	中央監視、BEMS	中央監視	中央監視
給水設備	上水1系統	飲用、雑用2系統 受水槽+加圧ポンプ方式	受水槽+加圧ポンプ方式 4日分の給水量を確保	直結給水+受水槽	飲用、雑用2系統 受水槽+加圧ポンプ方式 4日分の給水量を確保 雨水利用あり	7日分の防災貯留槽	飲用、雑用1系統 受水槽+加圧ポンプ方式 3日分の給水量を確保	飲用、雑用2系統 受水槽+加圧ポンプ方式 雨水利用	飲用、雑用2系統 受水槽+加圧ポンプ方式 雨水利用	飲用、雑用2系統 受水槽+加圧ポンプ方式 雨水利用
給湯設備	局所給湯(電気温水器)	局所給湯(電気温水器)	局所給湯(電気温水器)	局所給湯(電気温水器)	局所給湯	-	局所給湯(電気温水器)	局所給湯(電気、灯油)	局所給湯(電気、灯油)	局所給湯(電気温水器)
衛生器具設備	節水器具	フラッシュ式、節水器具	フラッシュ式、節水器具	タンクレス+ロータンク	-	節水器具	フラッシュ式 自動水栓、節水器具、凝	フラッシュ式、節水器具	フラッシュ式、節水器具	フラッシュ式 自動水栓、節水器具、凝 音装置
排水通気設備	-	非常用排水槽	重力排水、非常用排水槽	重力排水+伸長通気	屋内：汚水・雑用水合流 屋外：汚水・雑用水・雨水分流 非常用排水槽(7日分)	浄化槽、非常用排水槽	汚水・雑用水合流 屋外：汚水・雑用水・雨水分流 非常用排水槽(3日分)	屋内：汚水・雑用水合流 屋外：汚水・雑用水・雨水分流 重力排水、非常用排水槽	汚水・雑用水合流 屋外：汚水・雑用水・雨水分流 重力排水、非常用排水槽	汚水・雑用水合流 屋外：汚水・雑用水・雨水分流 非常用排水槽(3日分)
都市ガス設備	-	中圧ガス引込	-	-	一部ガス使用	-	-	-	-	-
消火設備	15項 CO2消火器(自主設置)	15項 屋内消火栓+消火器 不活性ガス消火	屋内消火栓+消火器	屋外消火栓+屋内消火栓	屋内消火栓、消火器、泡 消火、ガス消火	-	屋内消火栓+消火器	15項 屋内消火栓+消火器	15項 屋内消火栓+消火器	15項 屋内消火栓+消火器+連 結送水管
照明設備	明るさセンサーによる昼光 利用と初期照度補正 スケジューリング制御(共用部 の通路、外構) 人感センサーによる点滅 制御(トイレ・給湯室)	全額LED 昼光センサーによる照度 制御(執務エリア) 人感センサーによる点滅 制御(トイレ・階段)	LED 千鳥点滅による点滅制御 (共用部の通路) 人感センサーによる点滅 制御(トイレ等)	LED 明るさセンサー制御(昼光 利用) 人感センサー制御 (ホール・廊下)	LED 明るさセンサー制御(昼光 利用) 人感センサー制御 (ホール・廊下)	LED 点灯区分の細分化 昼光センサーによる照度 制御(執務エリア) 人感センサーによる点滅 制御(トイレ等)	LED 点灯区分の細分化 昼光センサーによる照度 制御(執務エリア) 人感センサーによる点滅 制御(トイレ等)	LED 昼光センサー(執務室) 点滅人感センサー(トイレ・ 更衣室) 減光人感センサー(階段な ど)	LED 昼光センサー(執務エリア) 人感センサーによる不在 制御(便所・リフレッシュ コーナー) 人感センサーによる減光 制御(階段)	明るさセンサーによる昼光 利用制御(執務エリア) 人感センサーによる不在 制御(便所・リフレッシュ コーナー) 人感センサーによる減光 制御(階段)
コンセント設備	コンセント60VA/m ² +電灯 10VA/m ² =70VA/m ² 洗浄便座、ウォッシュレット、 給湯器のスケジューリング 制御	-	-	電気自動車充電器	-	-	0Aタップコンセント(1階4 口)	電気自動車充電器	-	清掃用コンセント 20m(一か所)(廊下) 各部屋に一か所(各室)
太陽光設備	-	表示装置(エネルギーの 見える化)	4kW以上 単相低圧連携 液晶モニターによる発電 量の表示	-	屋上階に設置	-	-	情報表示装置 多結晶シリコンパネル 真南設置、傾斜角5度 20kW以上	-	20kW

表3 基本設計段階での主な決定事項とその要因

項目	基本設計時での主な決定事項	決定要因	
		エネルギー利用効率関連	エネルギー利用効率関連以外
熱源設備	エネルギー種別、熱源方式(中央or個別)、対象範囲、熱源容量(中央熱源)	省エネ性	信頼性、BCP対応、経済性
空調設備	各室用途における空調方式	省エネ性	快適性、室内温湿度、室内の使用時間、使用条件、制御性、経済性
換気設備	各室用途における換気方式	省エネ性	空調方式、設計基準、経済性
排煙設備	排煙方式	-	法的に決定
自動制御設備	中央監視・BEMSの有無	-	経済性、保守性、規模
給水設備	水源、給水系統、給水方式、BCP対応(貯水の有無・日数)	省資源	建物規模、敷地条件、BCP、容量、保守性、経済性
給湯設備	熱源種別、給湯方式	省エネ性	使い勝手、建物用途、経済性
衛生器具設備	器具種別、大便器の洗浄方式、節水器具の有無	省資源	保守性、使われ方、経済性
排水通気設備	排水系統、排水方式、BCP対応(貯留の有無・日数)	-	敷地条件、設計条件、BCP対応、経済性
都市ガス設備	都市ガスの有無、種別	-	信頼性、BCP、敷地条件、経済性
消火設備	設置すべき消防用設備	-	法的に決定(一部自主設置あり)
照明設備	照明器具種別、制御方式	省エネ性	快適性、設計基準、経済性
コンセント設備	コンセント容量、電気自動車充電器の有無	-	信頼性、設計基準、経済性
エネルギー利用効率化設備(太陽光設備)	太陽光設備の有無、容量、種別、設置場所	省エネ性	環境配慮アピール、経済性、BCP対応、敷地条件

そこで本研究では、基本設計段階に活用出来るエネルギーモデルの構築をめざす。構築するエネルギーモデルは、設計者においては、エネルギー性能を前提として設備方式や仕様を決定でき、設計の品質向上や業務の効率化を図るものであり、また事業者においては、超低炭素型建築物の実現に向けた設備投資の意志決定を支援するツールとなる。これがエネルギーモデルの役割であり、本研究の目的となる。本報では、基本設計段階における決定仕様・機能を設備別に調査してその決定水準を明らかにするとともに、エネルギーモデルの概要とその構築へ向けた入力条件の整理を行ったので報告する。

2. 基本設計段階での決定仕様・機能の実態調査

表1に調査対象建物を示す。各自治体のホームページから閲覧可能な基本設計概要書をもとに、基本設計段階での決定仕様・機能の調査を行った。対象建物の用途は庁舎(事務所)とし、直近で竣工または竣工予定の建物10件を対象とした。

14項目の各設備に対して、基本設計概要書に記載のある決定事項を抽出した。表2にその結果を示す。熱源設備では、ほぼすべての建物においてそのエネルギー種別と方式が明記されていた。これは省エネ性や信頼性、BCP対応の有無などの観点から決定されていると考えられる。空調設備では、各対象室の用途に応じた空調方式についての記載があり、省エネ手法の提案について明記されているものも見られた。これは、室の快適性や室内温湿度条件、使用時間などをもとに決定されていると考えられる。換気設備では、各対象室の用途に応じた換気方式に

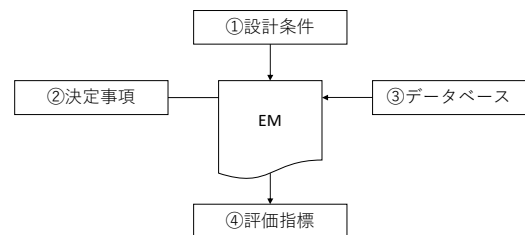


図1 エネルギーモデルの概要

ついて明記されていた。換気回数については明記されていなかったが、設計基準に基づく換気回数を想定していると考えられる。給湯設備では、給湯方式の記載があり、建物の用途や使い勝手により決定されていると考えられる。今回対象とした建物はすべて電気温水器による局所給湯が採用されていた。照明設備では器具種別と制御方式の記載があり、すべての建物でLEDが採用されていることがわかる。これらは快適性や省エネ性を重視して決定されていると考えられる。以上を踏まえて、各設備項目における基本設計段階での主な決定事項と思われる決定の要因を整理し表3に示す。

3. エネルギーモデルの概要

表3に示した基本設計段階での決定事項を参考に、本研究で検討するエネルギーモデルへの入力条件を整理した。図1にエネルギーモデルの概要を示す。まず、基本設計段階における建物平面や階高などの「設計条件」に加えて、設備の「決定事項」はエネルギーモデルの入力条件となる。なお、図中の「データベース」はエネルギーモデルに用いる各種パラメーターを提供する。最後に「評価指標」はエネルギーモデルの出力であり、「決定事

項」を変更する都度更新され、「決定事項」に係わる意思決定を支援する。

表4に前述したエネルギーモデルの設計条件、決定事項、データベース、評価指標の各々に対する内容を設備別に示す。評価対象は、熱源・空調・換気・給水・給湯・衛生器具・照明・エネルギー利用効率化設備（太陽光）の8項目を抽出した。

熱源・空調エネルギー消費量は、熱負荷の要求される熱量を製造して供給するために消費されるエネルギーであり、主に熱源エネルギー、熱搬送系（水搬送・空気搬送）エネルギーから構成される。熱源・空調エネルギーの算出には、空調負荷や熱源機器の運転効率、搬送機器の熱搬送効率などのパラメーターが必要であると考えられる。

換気エネルギー消費量の算出には、換気機器の送風機効率や伝達装置効率などに加えて、風量制御方式の採用による各種効率への影響も考慮する必要がある。

照明エネルギー消費量の算出には、照明器具の光束や照明率、保守率に加えて、換気エネルギー消費量と同様に各種照明制御方式採用による影響も反映されるべきである。また、照明エネルギー削減に伴う熱負荷の低減は熱源・空調エネルギー消費量への相互作用を考慮する必要があるといえる。

給水と衛生器具に関しては、エネルギー消費量によって給水方式や器具種別を変更することは考えにくく、かつ全体のエネルギー消費量に対する割合が極めて小さいと考えており、本研究ではエネルギーモデルの開発対象から除外する方針である。

4. 各種エネルギー簡易算出手法の考え方

図2に空調エネルギーの簡易算出手法の考え方を示す。図中の空気搬送エネルギー消費量は室内負荷と空気搬送効率が想定できれば算出可能であり、熱源エネルギー消費量は熱源負荷と想定熱源効率を用いて算出可能である。このように、換気、給湯、照明、エネルギー利用効率化設備についても、各評価指標の算出に必要な設計条件、決定事項及びデータベースを抽出し精査していく予定である。

5. まとめ及び今後の課題

本報では、基本設計概要書をもとに、基本設計段階における決定仕様・機能について設備項目別に調査し、その決定水準を明らかにした。また、その決定水準をもとにエネルギーモデルへの入力条件の整理を行うとともに各種エネルギーの算出手法の検討を行った。今後は、設計者にとって選択しやすく手間のかからない入力条件の検討を行うとともに、モデル建物を対象にシミュレーション

表4 エネルギーモデルへの入力・出力項目一覧

	①設計条件	②決定事項	③データベース	④評価指標
熱源		エネルギー種別 熱源方式 (対象範囲)	空調負荷原単位 熱源効率 水搬送効率 冷却水ポンプ搬送効率 冷却塔ファン搬送効率	熱源エネルギー消費量 搬送系エネルギー消費量 SCOP
空調		空調方式 (対象範囲)	空気搬送効率	空気搬送エネルギー消費量
換気		換気方式 風量制御方式	運転時間 換気回数 送風機効率 伝達装置効率	換気エネルギー消費量
給水		水源 給水方式 (対象範囲)	設定給水使用量 使用時間 ポンプ効率 伝動効率	給水エネルギー消費量
給湯	地域 室用途 室面積 天井高さ	熱源種別 給湯方式 (対象範囲)	給湯効率 設定給湯使用量 給湯日数 設定給湯温度 年平均給湯温度 熱損失係数	給湯エネルギー消費量
衛生器具		器具種別 節水器具の有無	利用人数 節水器具係数	衛生器具エネルギー消費量
照明		照明器具種別 照明制御方式	点灯時間 照明器具消費電力 設定照度 設定ランプ光束 照明率 保守率	照明エネルギー消費量
エネルギー 利用効率化 設備 (太陽光)		設備容量 (設置面積) パネル種別 設置角度 設置方位	年平均日射量 損失係数	太陽光発電量

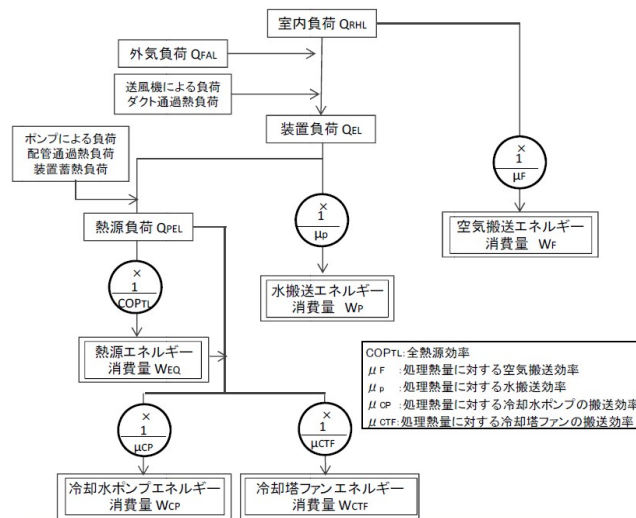


図2 空調エネルギー簡易算出概要図

を実行し、出力結果の精度を確認する予定である。

参考文献

- 1) 環境省「ZEB PORTAL」: <http://www.env.go.jp/earth/zeb/>
- 2) 本田、尹ほか: 非住宅建築・設備における省エネルギー技術指針適用効果の定量的評価 第3報 熱源エネルギー消費量簡易算出手法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), 2013.8, p.1019-1020
- 3) 国立研究開発法人建築研究所: 建物のエネルギー性能に関する技術情報 <https://www.kenken.go.jp/>