

八幡高見 200 年モデル街区における設計段階の省 CO₂効果の推計

2006541011 大崎 優子

白石研究室

LCA, エネルギー消費, 集合住宅, CASBEE, 省エネルギー, 省 CO₂効果

1. 序¹²⁾ 日本政府は「世界の先例となる低炭素社会への転換をすすめる、国際社会を先導していく」施策方針を実現するため、高い目標を掲げて先駆的な取組を行う環境モデル都市として北九州市を含む計6都市を2008年に認定した。その中で北九州市は環境モデル都市関連施策として、アジアの低炭素社会づくりを牽引する「アジアの環境フロンティア都市」の実現を提案し、その具体策の一つに「低炭素200年街区の形成」を掲げている。この施策のプロジェクト第一号として八幡東区高見の200年集合住宅がある。この住宅では、外断熱やHEMSの導入、自然エネルギーの積極的利用やエコライフスタイルの提案等により大幅な省CO₂効果が期待され、同環境配慮技術及び手法の市内での普及方法を検討・模索中である。しかし、同プロジェクトでは設計段階における特に運用時の省CO₂効果をCASBEEを用い簡易に推計しており、今後同様のプロジェクトを推進・展開する上で、より高精度な評価・検証が求められている。よって本研究では、居住者の生活行動スケジュール等を考慮した、動的熱負荷計算等のシミュレーションを行うことで、より正確に運用段階におけるエネルギー消費量及びCO₂排出量の推計を行い、八幡高見200年モデル街区の環境性能の有意性を示すことを目的とする。

2. 建物の概要 検討対象とする建物の概要を表1に、外観を図1に示す。対象とする集合住宅は北九州市八幡東区の住宅街に位置し、住宅棟と駐車場棟の2棟で構成される。住棟全体の省CO₂手法としては、太陽光パネルの設置、LED照明の採用、雨水の散水利用、駐車スペースの緑化および透水性舗装、カーシェアリングの導入等が挙げられる。住戸部分の省CO₂手法としては、外断熱工法、ペアガラス、庇、節水器具の導入および南北通風ルートの確保等が挙げられる。また、

表1 建築概要

所在地	福岡県北九州市八幡東区
用途地域	第一種中高層専用地域
気候区分	地域区分IV
構造	RC造
階数	地上14階
建物用途	集合住宅
棟数	2棟
世帯数	123世帯
平均居住人員	560人
敷地面積	6658m ²
延床面積	13791.16m ²
竣工	2011年5月



図1 建物パース

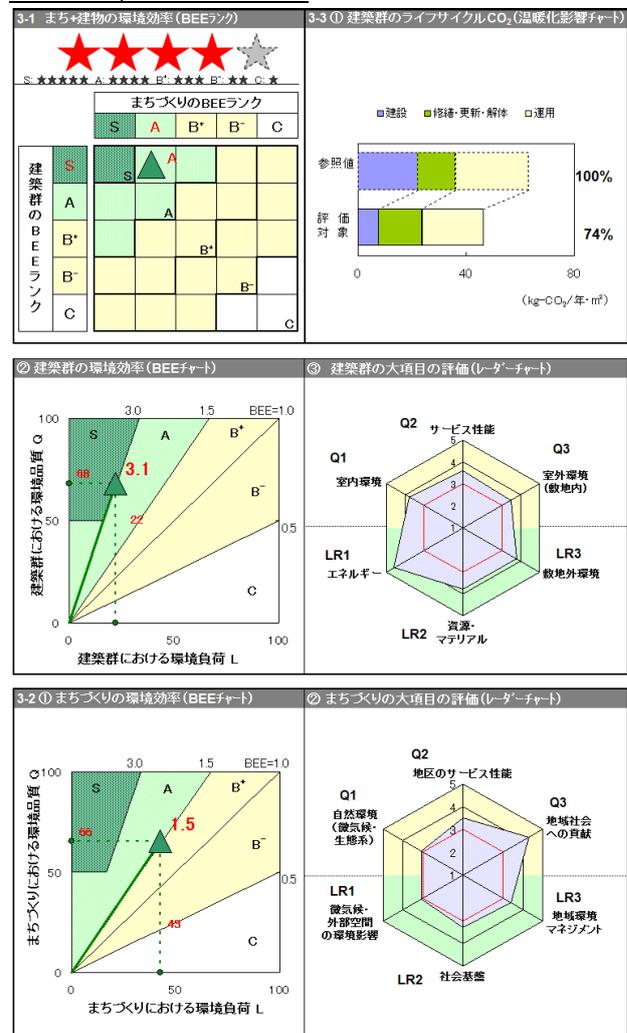


図2 CASBEE-まち+建物による評価結果

Estimation of the amount of CO₂ reduction at the planning phase of the sustainable model block

in Yahata-Takami Kitakyushu City

OSAKI Yuko

表2 モデルの概要

項目	八幡高見モデル	標準モデル	
住戸部	熱負荷抑制	ペアガラス	シングルガラス
		外断熱工法	内断熱工法
	給湯機器	自然冷媒ヒートポンプ給湯器 (COP : 3.0) を使用	従来型燃焼式給湯器 (機器効率 : 0.8) を使用
	節水	節水コマおよび節水型便器を使用	取組なし
	乗用車	1台/世帯 (共用に電気自動車2台)	2台/世帯
共用部	照明	LED照明 (制御補正係数0.7) を使用	蛍光灯 (制御補正係数1.0) を使用
	太陽光パネル	共用部の電灯・動力源として設置	取組なし
	HEMS	HEMS設置による「見える化」を行う	取組なし

表4 エネルギー原単位³⁾⁴⁾⁵⁾

	電力	都市ガス (12A, 13A)	ガソリン	上水
エネルギー換算値	9.76 MJ/kWh		34.6 MJ/l	2.1 MJ/m ³
CO ₂ 排出原単位	0.0569kg-CO ₂ /MJ	0.0506kg-CO ₂ /MJ	2.32 kg-CO ₂ /l	0.58kg-CO ₂ /m ³

表5 NETS 制御条件

気象データ	標準気象データ (福岡)
計算期間及び設定温度	夏季: 7~9月 (冷房設定温度: 26℃) , 冬季: 12月, 1~3月 (暖房設定温度: 18℃)
換気口の制御	夏季および冬季: 暖房時以外かつ外気温度が16℃以上26度以下の時換気 中間季: 外気温度が16℃以上26度以下の時換気

200年住宅モデルの実現への取組みとして、免震構造および躯体のSI化等が導入されている。これらの取組みの内、本研究において運用段階の省CO₂効果として詳細に推計する項目を表2の八幡高見モデルとして示した。なお、本研究では比較・検証のため、集合住宅のエネルギー消費量原単位と概ね対応する標準モデルの仕様も合わせて、表2に示す。

3. CASBEEによる評価結果 対象建築は竣工前の段階であるため、住棟はCASBEE-新築 (簡易版) にて評価を行ない、街区の評価をCASBEE-まちづくりで行った上でCASBEE-まち+建物にてプロジェクト全体の評価を行った。評価結果を図2に示す。

3-1. まち+建物の環境効率 同街区のBEEランクはA、建物のBEEランクはSランクとなり、まち+建物のBEEランクはAランクとなった。室内環境の性能は対象住宅では熱負荷抑制の取組みを積極的に取り入れた結果、温熱環境の項目が4.5と高い評価となっている。また、敷地周辺との調和を重視した計画であり、建物の内部を居住者だけでなく周辺住民も活用できる中間領域を形成しているため、室外環境(敷地外)の項目も全体的に高い評価となった。

3-2. 建物の環境性能 建物の環境効率 (=BEE) は3.1となり、BEEランクはSであった。これは、熱負荷抑制の取組みを積極的に取り入れた結果、Q1室内環境の性能 (温熱環境) の項目およびLR1エネルギーの項目が高い評価となったことによる。また、敷地周辺との調和を重視した計画であり、リサイクル建材も

表3 エネルギー消費量原単位

	エネルギー原単位	CO ₂ 排出量原単位
暖房換気	82.95 MJ/年m ²	4.7 kg-CO ₂ /年m ²
給湯	183.98 MJ/年m ²	10.1 kg-CO ₂ /年m ²
照明	66.08 MJ/年m ²	3.8 kg-CO ₂ /年m ²
上水	5.29 MJ/年m ²	5.3 kg-CO ₂ /年m ²
乗用車	348.3 MJ/年m ²	23.4 kg-CO ₂ /年m ²
その他	171.4 MJ/年m ²	9.8 kg-CO ₂ /年m ²
共用部照明	83.33 MJ/年m ²	4.7 kg-CO ₂ /年m ²
共用昇降機	16.67 MJ/年m ²	0.9 kg-CO ₂ /年m ²

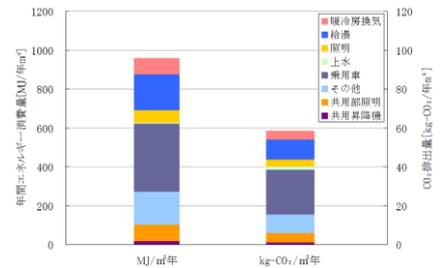


図3 基準値

多用しているため、LR2 資源・マテリアルやLR3 敷地外環境の項目も全体的に高い評価となった。

3-3. 街区の環境性能 街区の環境効率 (=BEE) は1.5となり、BEEランクはAであった。図2のまちづくりの大項目の評価を見ると、Q3 地域社会への貢献が高い評価となっていることがわかる。これは高見地区のコミュニティを継承しつつ、環境モデル都市200年街区のリーディングプロジェクトの一環として環境配慮技術を推進・展開しようとする姿勢が高く評価されたことによる。

4. 省CO₂効果の推計

4-1. 標準モデルの概要 本研究では、対象住宅の省CO₂効果の推計結果等が妥当なものであるかを比較・検討するために、CASBEE-新築の住戸部のエネルギー消費に係るCO₂排出量の基準値を、標準的な集合住宅の年間CO₂排出量の基準値として引用した。また、節水効果およびカーシェアリングの省CO₂効果を推計する上で、1世帯当たりの上水使用量の基準値にCASBEE-すまい (戸建) の節水のCO₂排出原単位を、乗用車による1世帯当たりのCO₂排出量の基準値にメーカー試算値⁶⁾をそれぞれ引用している。省CO₂効果を推計する上でベースとなる年間エネルギー消費量およびCO₂排出量の基準値を表3および図3に、エネルギー消費量をCO₂変換する際に用いたエネルギー原単位を表4に示す。

4-2. エネルギー消費量の算出方法 本研究では、八幡高見モデルの住戸部分の省CO₂手法として、ペアガラス・外断熱工法、自然冷媒ヒートポンプ給湯器、節水機器、カーシェアリングの採用を、共用部の省CO₂手法として

LED 照明・太陽光パネル・HEMS の導入を取り上げ、各項目のエネルギー消費削減量を算出する。以下に各省 CO₂手法のエネルギー消費量算出根拠を示す。

4-2-1. 住戸部 住戸部のエネルギー消費量は住戸の専有面積で除して MJ/年 m²に統一するものとする。

◇**熱負荷抑制** 熱負荷に係るエネルギー消費量は動的熱負荷計算ソフト NETS を用いて標準モデルおよび八幡高見モデルを作成、年間冷暖房負荷を算出した上で COP:3.0 として算出した。NETS の制御条件を表 5 に示す。なお、空調スケジュールは SCHEDULE にて「朝晩冷暖房」の設定を参考に調整したものである。

◇**給湯機器** 標準モデルでは従来型燃焼式給湯器を、八幡高見モデルでは自然冷媒ヒートポンプ給湯器を使用するものとし、機器効率の差によって生じるエネルギー消費量の差を算出する。給湯に係るエネルギー消費量は次式で求めた。

(期間エネルギー消費量)

$$= (\text{加熱量}) \div (\text{換算値}) \div (\text{機器効率}) \times (\text{対象日数}) \quad (1)$$

$$(\text{加熱量}) = (\text{給湯温度} - \text{給水温度}) \times (\text{給湯量}) \quad (2)$$

換算値は 860kcal/kWh、給湯温度は 60℃とし、給水温度は文献 7) の給水温度を、使用温度は SCHEDULE のデフォルト値をそれぞれ設定値とした。給湯量は SCHEDULE にて冬季のみ洗顔・炊事に給湯を行う設定とし、一日の使用量を算出した上で以下の式 ③を用いて日使用量から算出した。

$$V_h / (V_c + V_h) = (t_m - t_c) / (t_h - t_c) \quad (3)$$

V_h: 給湯量、V_c: 給水量、t_m: 使用温度、t_h: 給湯温度、t_c: 給水温度

◇**節水効果** 節水コマや節水型便器の採用による節水効果をそれぞれ 5 割^⑩とし、SCHEDULE で設定した洗顔・炊事、シャワー、入浴の給湯量および標準的な便器の使用水量^⑪からの節水量を算出、表 4 の水のエネルギー換算値および CO₂排出係数を用いてエネルギー消費量と CO₂排出量に換算する。

4-2-2. 共用部 共用部のエネルギー消費量は住棟全体の住戸部の延床面積で除して MJ/年 m²に統一する。

◇**照明** 照明の消費電力量は以下の式より算出した。

(照明消費電力量) = (年間照明点灯時間) ×

$$(\text{床面積}) \times (\text{計画照明消費電力}) \times (\text{制御補正係数}) \quad (4)$$

八幡高見モデルでは共用部の照明に LED 照明を採用し、蛍光灯との制御補正係数の差によるエネルギー消費量の差を検討する。

◇**昇降機** 昇降機のエネルギー消費量はメーカー試算値である 266,829MJ/年を用いた。

◇**太陽光パネル** 年間 57,150kWh^{※2}発電し、共用部の電灯・動力源を補うものとするため、共用部（照明+昇降機）の年間エネルギー消費量から発電量を除いたものをエネルギー削減量として算出する。

◇**HEMS** HEMS導入でエネルギー消費量の「見える化」を行うことによるエネルギー削減効果を5%^⑫とし、共用部・住戸部とも、給湯、照明等各エネルギー消費量から5%ずつエネルギー消費量を削減するものとする。

◇**カーシェアリング** 電気自動車を共用で 2 台保有することで一世帯の車の保有台数を 1 台減らし、電気自動車 2 台分の排出量を全世界帯で負担するものとした。

5. 結果

5-1. 原単位と計算値との比較 図 4 に原単位（基準値）と計算値をそれぞれ示す。住戸部の給湯の基準値が 184 MJ/年 m²に対して計算値が 209 MJ/年 m²、上水の基準値が 5MJ/年 m²に対して計算値が 5MJ/年 m²と SCHEDULE を用いて算出した値は原単位とほぼ一致した。暖冷房の項目は NETS を用いて行ったが、冷房の場合と基準値との差は 3 MJ/年 m²とほぼ一致しているのに対し、暖房の場合、差が 17 MJ/年 m²とやや大きな値となった。共用部のエネルギー消費量は、照明は基準値が 83 MJ/年 m²に対して(4)式を用いて算出した計算値が 75MJ/年 m²、昇降機は基準値が 17 MJ/年 m²に対してメーカー試算値を用いた計算値が 19 MJ/年 m²とどちらもほぼ一致する値となった。

5-2. 熱負荷抑制に関する結果 算出結果を図 5 及び図 6 に示した。表 2 より、八幡高見モデルではペアガラス及び外断熱工法による熱負荷抑制効果を検討したが、暖房の年間エネルギー消費量で 35%、冷房で 54%の削減効果が見られ、熱負荷抑制の項目としては全エネルギー消費量の 2%を削減するという結果が得られた。冷房に対して暖房の削減効果が低いのは、八幡高見のモデルは大開口サッシを取入れているため、冬季における開口部の熱損失が大きくなるためと推察される。

5-3. その他の項目に関する結果

5-3-1. 住戸に関する結果 給湯に係る項目は、図 5 や図 6 に示されているようにエネルギー消費量全体の約 30%と占める割合が高いため、機器効率の向上によって住戸の給湯の電力消費量が 1/4 になると住戸全体の年間エネ

ルギー消費量は14%、CO₂排出量は12%減少するという結果が得られた。節水の項目はエネルギー消費量よりCO₂排出量の項目で2%ほど大きな割合を占めるため、省CO₂効果も1%大きくなる結果となった。住戸に係る項目の中ではカーシェアリングの導入による削減効果が高く、年間エネルギー消費量は18%減、CO₂削減量は全体の20%であった。

5-3-2. 共用部に関する結果 共用部の取組みによるエネルギー消費の削減効果はそれぞれ5%前後であり、住棟全体の年間エネルギー消費量を15%、CO₂排出量を10%程度削減することが見込める。

5-4. 結果の解釈 図7に原単位とCASBEE-新築による簡易推計値、および本研究による計算値との運用段階における住戸単位のCO₂排出量推計値の比較を示した。図より、CASBEEによる推計値と本研究における計算値とは給湯の項目以外でほぼ一致していると言える。よって、CASBEE-まち+建物で示した集合住宅単位の26%のCO₂削減効果がより期待できる結果であった。さらに、CASBEEのCO₂推計値にはカーシェアリングによる省CO₂効果が含まれていない点が明らかであるため、実使用時にはCASBEEの評価よりも大きな省CO₂効果が期待できる可能性がある。また、図8に建築段階や修繕も含めたLCA単位で省CO₂効果を示したが、図より本研究の推計ではCASBEEのものより16%削減効果が大きいことが示され、最大42%の省CO₂効果が期待できる見込みとなった。

6. 総括 本研究において得られた知見をまとめると次のようになる。(1)熱負荷抑制の取組みによって冷暖房の年間エネルギー消費量の38%、全エネルギー消費量の2%の省CO₂効果が得られた。(2)その他住戸部の取組みでは年間エネルギー消費量の35%、共用部の取組みでは10%の省CO₂効果が得られた。(3)CASBEEの推計値と本研究の推計値とはほぼ一致しており、CASBEE-まち+建物で示した集合住宅単位の26%のCO₂削減効果がより期待できる結果となった。(4)LCA単位で推計方法による省CO₂効果を見ると、最大42%の省CO₂効果が期待できる見込みとなった。

[注釈] 1) 節水コマの水量削減5割はハンドルの開度90度前後の時のみ。2) 年間予測発電電力量=太陽電池容量×日数×日射換算値×(1-素子温度の上昇による損失率)×(1-その他損失率)×(1-モジュールの変換効率)の式から算出。太陽電池容量は太陽電池容量=公称最大出力×設置枚数の式を用いて0.208kW/枚×292枚=60.85kWとなった。京セラの試算値を参考に損失率および変換効率を設定した結果、57150kWh/年=60.85kW×365日×3.72h×0.85×0.95×0.86**[参考文献]**

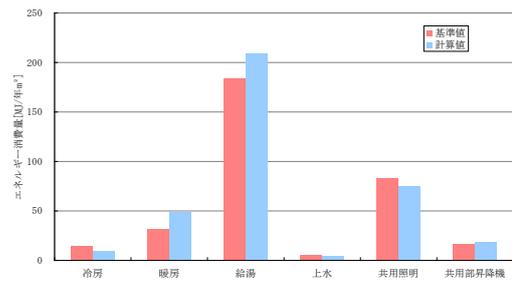


図4 原単位と計算値との比較

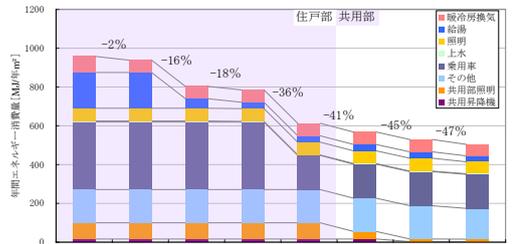


図5 年間エネルギー消費量

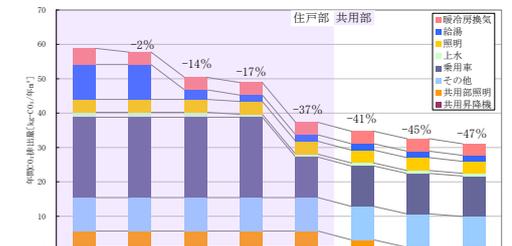


図6 CO₂排出量

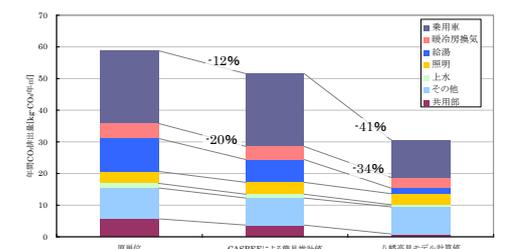


図7 CO₂排出量推計値の比較

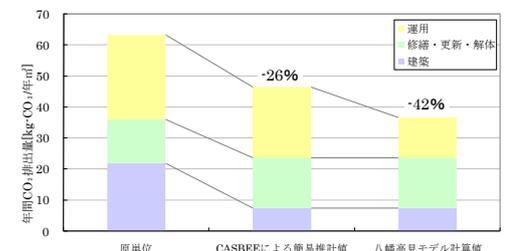


図8 推計方法によるCO₂排出量推計値の比較

献 1)環境省地球環境局:京都議定書の概要, 2000 2)北九州市:環境モデル都市リーフレット 3)財団法人 建築環境・省エネルギー機構:CASBEE-新築評価マニュアル, 2008 4)経済産業省:エネルギー原別発熱量表の改訂について, 2001 5)千葉県:水道局事業概要 6)TEPCO:プレスリリース 東京電力用業務用電気自動車の共同開発の開始について, 2005 7)社団法人日本冷凍空調工業会:ヒートポンプユニット性能試験条件 8)田中俊六 他:最新 環境設備工学, 2002 9)東京都水道局:節水型機器のおすすめ 10)省エネ・防犯住宅推進委員会:省エネ・防犯住宅推進アプローチャック, 2006 11)財団法人 建築環境・省エネルギー機構:CASBEE-すまい(戸建)評価マニュアル, 2007 12)松下電工(株):今後の住宅産業のあり方に関する研究会 第2回省エネルギー対策ワーキンググループ 配付資料, 2007