

技術研究所本館の低炭素化技術の評価

島岡 宏 秀 (本社設計本部) 伊藤 剛 (名古屋支店設備設計部) 福田 裕 行 (本社建築本部)

Evaluation of method for Reducing CO₂ Emission in the Main Building of TRI

Hirohide Shimaoka Tsuyoshi Ito Hiroyuki Fukuda

Abstract

Aimed at the innovation/demonstration/presentation of technologies, the main building of the Obayashi Technical Research Institute, "Techno-Station", was built as our new base, which created innovative technologies through the concentration of research functions and knowledge's fusion, it also demonstrated our advanced technologies and presented them to the customers and the society. In a low-carbon building with high workplace productivity and an advanced office environment, we set an aggressive target of a 55% reduction in CO₂ emissions. A 57.2% reduction was achieved in the fiscal year 2011 and a 64.7% reduction was achieved in the fiscal year 2012 by passive methods; harmony with the natural environment was achieved by active methods; equipment with our advanced technologies and management methods; visualization etc. An Emission ZEB was realized through carbon offsetting.

概 要

大林組技術研究所本館「テクノステーション」は、技術の革新/実証/発信を目指し、研究機能の集約と知の融合により革新的技術を創出し、最新技術を適用実証して社会に発信していく新たな拠点として構築された建物である。低炭素化と知的生産性に配慮した最先端オフィスの建設において、自然環境と調和するパッシブ手法、設備の最先端の開発技術を導入したアクティブ手法、見える化等のマネジメント手法により、運用時CO₂削減率55%という高い水準を数値目標として公開し、2011年度で57.2%、2012年度で64.7%の削減率を実現した。さらにカーボンオフセットにより、エミッションZEBを達成している。

1. はじめに

大林組技術研究所本館「テクノステーション」(以下、「本建物」)は、技術の革新/実証/発信を目指し、研究機能の集約と知の融合により革新的技術を創出し、最新技術を適用実証して社会に発信していく新たな拠点として構築された。コンセプトは最先端の研究施設・環境配慮施設・安全安心施設を実現するサステナブル建築であり、研究環境としてZEB化を目指した高い省エネルギー・省CO₂性能と知的生産性が両立するトレードオフの解決に取り組んだ。環境共生型の本建物は、

- (1) 自然エネルギーを積極的に利用した建築計画と設備計画が融合したパッシブ手法
- (2) 設備システムの高効率化技術やITと融合した最先端の省エネ技術を導入したアクティブ手法
- (3) 知的生産活動と省エネルギー行動を両立させるマネジメント手法

の3つの手法で運用時CO₂削減率55%の高い水準を数値目標として公開し、2011年度の運用で削減率57.2%、2012年度の運用で削減率64.7%を実現した。2011年度、2012年度に排出したCO₂は、「地球温暖化対策の推進に関する法律」算定割当量によってカーボンオフセットを行い、エミッションZEBを達成した。また建築環境総合性能評価(竣工時)として認証機関よりCASBEE新築Sランク、BEE値7.6の極めて高い環境性能の評価を受けた。

本報では、パッシブ手法、アクティブ手法の評価手法と2011年度のCO₂削減量試算結果と、建物全体でのCO₂削減量について報告する。

2. 建築概要と採用した低炭素化技術

本建物は東京都の郊外で比較的緑の多い地域にある。郊外型の低層オフィスとして計画されており、1階にはエントランス、ホールやカフェテリア、2階には2層吹き抜けの主たる執務室(ワークスペース)、そして3階には会議室などを配置した。建築概要をTable 1、採用した低炭素化技術のうち代表的な手法についてFig.1に示す。

Table 1 建築概要
Building Profile

建物名称	大林組技術研究所本館 テクノステーション
建築主・設計・施工	(株)大林組
用途	研究所(事務所)
敷地面積	69,401.30 m ²
建築面積	3,370.51 m ²
延床面積	5,535.38 m ²
階数	地上3階、塔屋1階
構造	鉄骨造、スーパーアクティブ制震構造
軒高、最高高さ	13.692 m、16.092 m
設計期間	2008年10月～2009年6月
工期	2009年11月～2010年9月

3.2 ペリバッファースystem

3.2.1 ペリバッファースystemの概要 本建物は、Fig. 4のように日射を制御するための大きな水平庇や全面Low-Eガラスなどの外装とあわせ、外周のペリメータゾーンに、縁側緩衝空間（ペリバッファースystem）を形成して空調エネルギーの低減を図っている。

3.2.2 ペリバッファースystemの評価手法 ペリバッファースystemのCO₂削減効果は、庇やペリメータ外皮性能による直達日射遮蔽や貫流熱削減効果と、バッファースystemを設けることによる温度緩和効果により評価する。

1) 直達日射遮蔽効果

$$Q_{2-1} = \left[\sum_{t=x}^y (B_{1t} \cdot \mu_1 - B_{2t} \cdot \mu_2) / \omega_1 \right] \cdot \alpha_1 \quad (2)$$

- Q₂₋₁: 直達日射遮蔽効果によるCO₂削減量 [kg-CO₂]
- B_{1t}: 庇等の日射遮蔽がない場合の直達日射量 [kW]^{※1}
- B_{2t}: 庇等の日射遮蔽がある場合の直達日射量 [kW]^{※1}
- μ₁: シングルガラスの日射熱取得率 [-]
- μ₂: 採用ガラスの日射熱取得率 [-]
- ω₁: 熱源の月平均システムCOP[-]【実測値から計算】
- t: 時刻

x~y: 暖房期を除く全時間を加算する。

※1【実測値から計算】 水平面全天日射量の実測値より、宇田川の式¹⁾と日射の当たる窓面積より計算した。

2) 貫流熱削減効果

$$Q_{2-2} = \left[\frac{\sum_{t=x}^y \{K_1 \cdot C \cdot (T_{1t} - T_{2t}) - K_2 \cdot C \cdot (T_{1t} - T_{2t})\}}{\omega_1 \cdot 1000} \right] \cdot \alpha_1 \quad (3)$$

- Q₂₋₂: 貫流熱削減効果によるCO₂削減量 [kg-CO₂]
- K₁: シングルガラスの熱貫流率 [W/m²/K]
- K₂: 採用ガラスの熱貫流率 [W/m²/K]
- C: 窓ガラスの面積 [m²]
- T_{1t}: 外気温度 [°C] 【実測値】
- T_{2t}: ペリメータ平均温度 [°C] 【実測値】
- ω₁: 熱源の月平均システムCOP[-]【実測値から計算】
- t: 時刻

x~y: 空調時間帯を加算する。

3) 温度緩和効果

$$Q_{2-3} = \left[\frac{\sum_{t=x}^y \{D_t \cdot E \cdot F \cdot (T_{3t} - T_{2t})\} \cdot \rho \cdot \gamma}{3600 \cdot \omega_1} \right] \cdot \alpha_1 \quad (4)$$

- Q₂₋₃: 温度緩和効果によるCO₂削減量 [kg-CO₂]
- D_t: ペリメータゾーンの換気循環回数 [回/h]
- E: ペリメータゾーンの面積 [m²]
- F: ペリメータゾーンの高さ [m]
- T_{2t}: ペリメータ平均温度 [°C] 【実測値】
- T_{3t}: インテリア平均温度 [°C] 【実測値】
- ρ: 空気の密度=1.2 [kg/m³], γ: 空気の比熱=1.0 [kJ/kg/K]
- ω₁: 熱源の月平均システムCOP[-]【実測値から計算】
- t: 時刻

x~y: 空調機運転時間を加算する。

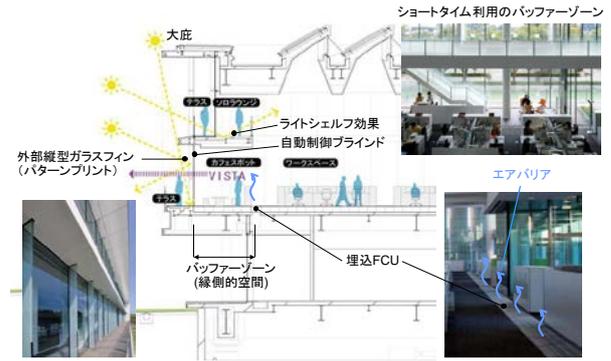


Fig. 4 ペリバッファースystem
Peri-Buffer System

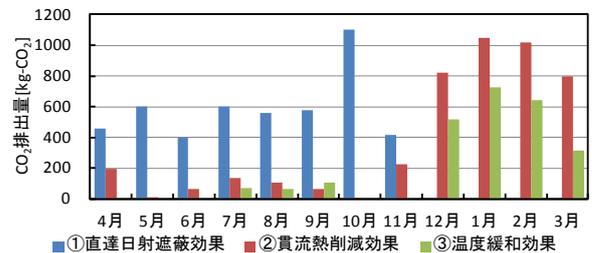


Fig. 5 ペリバッファースystemによるCO₂削減量 (2011年度)

CO₂ Emission Saving by Peri-Buffer System in 2011 fiscal year

3.2.3 ペリバッファースystemの効果 空調時間帯は残業時間を除くコアタイムの8-18時とした。換気循環回数は、FCUやデシカント外調機の風量より、ペリバッファ用のFCUが運転する夏期(7~9月)・冬期(12~3月)は30回/h、FCUが運転しない中間期(4~6月, 10~11月)は1回/hとした。式(2)~(4)より、ペリバッファースystemのCO₂削減量は、合計で11, 622kg-CO₂/年となった。Fig. 5に項目ごとのCO₂削減量を示す。夏期・中間期は直達日射遮蔽効果が大きく、冬期は貫流熱削減効果と温度緩和効果が大きくなった。年間削減量の割合は、直達日射: 貫流熱: 温度緩和=2: 2: 1となり、温度緩和効果も貢献していることがわかった。

3.3 置換換気型自然換気システム

3.3.1 置換換気型自然換気システムの概要 本建物に採用された自然換気システムは、1階ピロティの軒天を介して床面グレーチングより給気が行われ、ワークスペース頂部のハイサイドライトより排気が行われる、「置換換気型」の自然換気システムとなっている。Fig. 6に置換換気型自然換気システムの概要を示す。

運用に際しては、外気の降雨状態、粉塵及び花粉の飛散状況、風速、外気の温湿度及び室内温湿度との差等によって、自然換気の許可/禁止を室内に表示し、居住者自身が判断して使用釦を押すシステムを取り入れている。利用者の判断により自然換気を実行することで、利用者

の許容・受容室温の範囲の拡大を狙っている。また給気口にはモータダンパが取り付けられており、外気温により開閉数を制御し室内温度を安定化している。なお給気量を絞っても室内CO₂濃度は1,000ppm以下であることは実測にて確認している。

3.3.2 置換換気型自然換気システムの評価方法 自然換気システムによるCO₂削減効果は、自然換気時の室内の発熱量除去に必要な熱源系統の消費電力量と、外気処理機停止によるファン動力削減分で評価する。

1) 在席人員の発熱除去効果

$$Q_{3-1} = \left[\sum_{t=x}^y G_t \cdot H / \omega_1 / 1000 \right] \cdot \alpha_1 \quad (5)$$

Q₃₋₁:在席人員の発熱除去効果による CO₂削減量 [kg-CO₂]
G_t:自然換気時の在席人員 [人] 【IC タグによる実測値】
H:一人あたりの熱負荷=119 [W/人]

2) タスクライトの発熱除去効果

$$Q_{3-2} = \left[\sum_{t=x}^y I_t / \omega_1 / 1000 \right] \cdot \alpha_1 \quad (6)$$

Q₃₋₂:タスクライトの発熱除去効果による CO₂削減量 [kg-CO₂]
I_t:自然換気時のタスクライトの消費電力[W] 【実測値】

3) アンビエント照明・自然光の発熱除去効果

$$Q_{3-3} = \left[\sum_{t=x}^y J_t \cdot L \cdot M / \omega_1 / 1000 \right] \cdot \alpha_1 \quad (7)$$

Q₃₋₃:照明の発熱除去効果による CO₂削減量 [kg-CO₂]
J_t:自然換気時の居住域照度 [lm] 【実測値】
L:照度当たりの照明発熱量=0.01 [W/lm/m²]⁴⁾ ※2
M:対象エリア面積 [m²]

※2:本報告では照度より照明発熱量を計算したが、天井照明がすべて室内負荷となる場合は、照明発熱量=照明消費電力とする。

4) コンセント負荷の発熱除去効果

$$Q_{3-4} = \left[\sum_{t=x}^y N_t / \omega_1 / 1000 \right] \cdot \alpha_1 \quad (8)$$

Q₃₋₄: コンセント負荷の発熱除去効果による CO₂削減量 [kg-CO₂]
N_t:自然換気時のコンセント消費電力 [W] 【実測値】

1) ~4) 共通

ω₁: 熱源の月平均システム COP[-] 【実測値から計算】
t: 時刻
x~y:自然換気時を加算する。

5) 空調機停止によるファン動力削減効果^{※3}

$$Q_{3-5} = \left[\sum_{t=x}^y O \cdot P_t \right] \cdot \alpha_1 \quad (9)$$

Q₃₋₅:ファン動力削減効果による CO₂削減量 [kg-CO₂]
O:ファンの平均動力 [kW] 【実測値】
P_t: 毎月自然換気時間 [h] 【実測値】
t: 毎月
x~y:1~12月を加算する。

※3:全熱交換器は中間期のため評価上は考慮しない。また外気冷房による負荷削減は別評価とし、自然換気では評価しない。

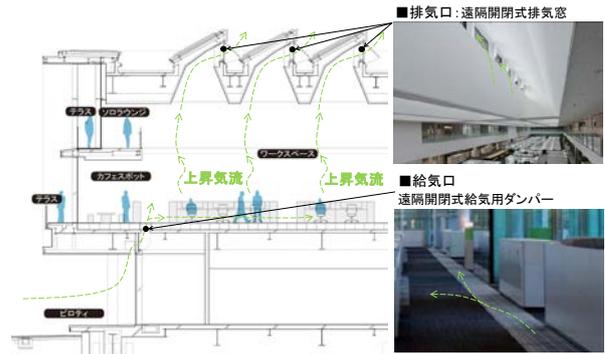


Fig. 6 置換換気型自然換気システム Displacement Natural Ventilation System

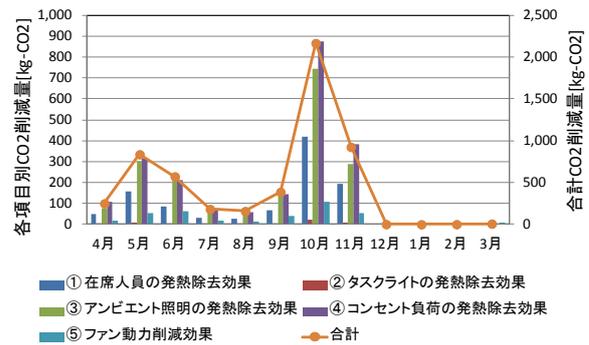


Fig. 7 自然換気システムによるCO₂削減量 (2011年度) CO₂ Emission Saving by Natural Ventilation System in 2011 fiscal year

3.3.3 置換換気型自然換気システムの効果 式(5)~(9)より自然換気の導入によるCO₂削減量は、5,489kg-CO₂/年となった。Fig. 7に項目ごとのCO₂削減量を示す。

自然換気時間の多い中間期の削減量が大きく、特に10~11月は、給気ダンパ制御に加えて2011年10月23日に行った排気窓の開放個数の調整により、自然換気許可条件を広げることができ、それに伴い自然換気利用時間が増えたことにより削減効果が大きくなっている。

3.4 自然水利用システム

3.4.1 自然水利用システムの概要 本建物に採用された自然水利用システムを、Fig. 8に示す。井水と屋根に降った雨水を灌水や便所洗浄水に利用し、水資源の有効利用を行っている。井水は空調用熱源水として利用したものをカスケード利用している。

3.4.2 自然水利用システムの評価方法

自然水利用システムによるCO₂削減効果は、井水・雨水を利用した分を上水削減量として評価する。

$$Q_4 = \left[\sum_{t=x}^y R_t \right] \cdot \alpha_3 \quad (10)$$

Q₄:自然水利用システムによる CO₂削減量 [kg-CO₂]
R_t:雨水、井水の自然水使用量 [m³/月] 【実測値】
t: 毎月
x~y:1~12月を加算する。

3.4.3 自然水利用システムの効果 式(10)より自然水利用によるCO₂削減量は756kg -CO₂/年となった。各水使用量と使用率をFig. 9に示す。水使用率は、各水源の水使用量を全体の水使用量で除した値としている。井水は安定してほぼ5割以上の水使用率となった。雨水は夏期～中間期に使用量が多く、降雨の少ない冬期に使用量が小さくなり、年間平均で1割程度の水使用率となった。

4. 低炭素化技術(アクティブ手法)の評価手法と結果

低炭素技術のうちアクティブ手法の省CO₂評価手法と、評価手法に基づき2011年4月～2012年3月の実績値から算出したCO₂削減量について述べる

4.1 ICタグ在席検知システムによる空調・照明制御

4.1.1 ICタグ在席検知システムの概要 在席検知システムによる空調・照明制御とは、居住者の在席や在室を検知して照明・空調のON-OFFを制御することで、必要な場所のみ照明・空調を行うシステムである。本建物は、セキュリティ用のICタグを利用した照明・空調制御システムを採用した。在席検知システムによる空調・照明制御の概要をFig. 10に示す。

4.1.2 ICタグ在席検知システムの評価手法 在席検知システムによるCO₂削減効果は、在席検知による在室又は在席率での各実測消費エネルギーと在室率100%を想定した場合の消費エネルギー差から評価する。本建物はパーソナル空調を採用しており、座席周りの部分を個別に空調している。ICタグによる制御がない場合には、パーソナル空調や外気処理がアンビエント全体として処理されるので、在席率100%を想定して計算した結果と比較するものとした。

1) タスク照明の在席検知による削減効果
 $Q_{1-1} = \sum_{t=x}^y \{A_t \cdot (B/C_t) - A_t\} \cdot \alpha_1$ (11)^{*1}
 Q₁₋₁: 照明の在席検知によるCO₂削減量 [kg-CO₂]
 A_t: 照明消費電力[kW] 【※2】
 B: 定員=200 [人]
 C_t: 平均在室人員 [人] 【※3】
 t: 時刻
 x~y: 建物利用日(平日)の空調時間帯を加算する。
 ※1: アンビエント照明も在席検知で制御しているが、平日の空調時間帯においては全点灯しているので評価に含まない。

2) タスク空調の在席検知による削減効果
 $Q_{1-2} = [\sum_{t=x}^y \{D_t \cdot (B/C_t) - D_t\} / \omega_2] \cdot \alpha_1$ (12)
 Q₁₋₂: タスク空調の在席検知によるCO₂削減量 [kg-CO₂]
 D_t: タスク空調の消費熱量 [kW] 【※2】
 B: 定員=200 [人]
 C_t: 平均在室人員 [人] 【※3】

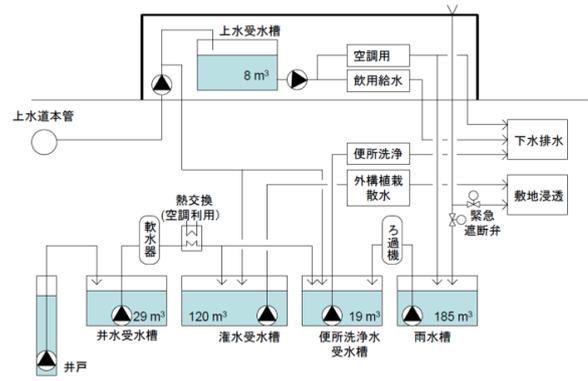


Fig. 8 自然水利用のフロー図
Flow Chart of Natural Water Use System

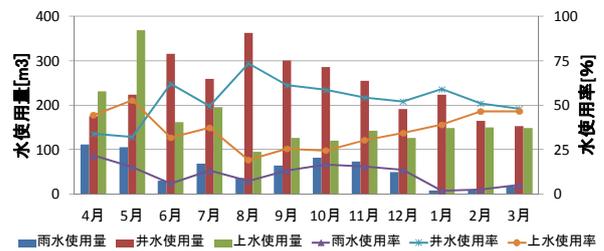


Fig. 9 雨水・井水・上水の水使用量と水使用率 (2011年度)

Use and Rate of Rain Water, Well Water and Service Water in 2011 fiscal year

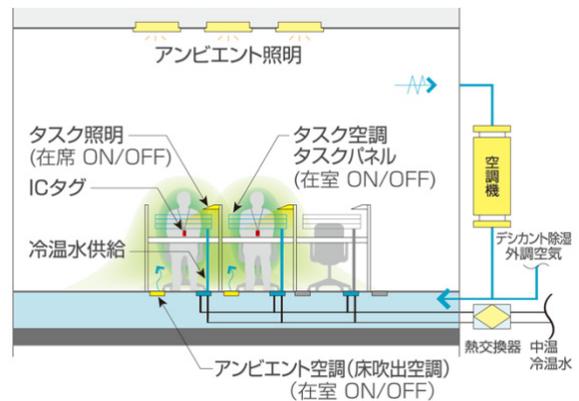


Fig. 10 在席検知システムによる空調・照明制御
Air Conditioning and Lighting Control by IC Tag

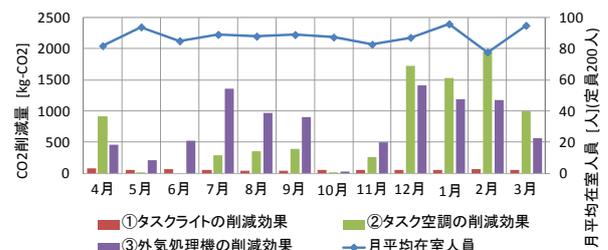


Fig. 11 ICタグ在席検知システムによるCO₂削減量 (2011年度)
CO₂ Emission Saving by IC Tag System in 2011 fiscal year

ω_2 :タスク空調系統熱源の月平均システム COP[-] 【※4】

t: 時刻

x~y: 建物利用日(平日)の空調時間帯を加算する。

3) 外気処理空調機の在席検知による削減効果

$$Q_{1-3} = \left[\sum_{t=x}^y \{E_t \cdot (F/G_t) - E_t\} / \omega_3 \right] \cdot \alpha_1 + \left[\sum_{t=x}^y \{H_t \cdot Z(F/G_t) - H_t\} \right] \cdot \alpha_1 \quad (13)$$

Q_{1-3} : 外気処理空調の在席検知による CO₂削減量 [kg-CO₂]

E_t :外気処理空調の消費熱量 [kW] 【※2】

F: 外気処理空調の定格風量 [m³/h]

G_t : 外気処理空調運転時の平均風量(2台合計) [m³/h] 【※2】

H_t : 外気処理空調ファン消費電力 [kW] 【※2】

ω_3 : 外気処理系統熱源の月平均システム COP[-] 【※4】

Z(z):インバータ制御時の風量比による動力比の計算式

t: 時刻

x~y: 建物利用日(平日)の空調時間帯を加算する。

共通: 【※2】: 実測値, 【※3】: IC タグによる実測値

【※4】: 実測値から計算

4.1.3 ICタグ在席検知システムの効果 式(11)~(13)より, ICタグ在席検知システムのCO₂削減量は, 合計で18, 334kg-CO₂/年となった。削減量は, 平日の空調運転時間である8~18時にて計算を行っており, 残業時の在席検知システムの評価は行っていない。

Fig. 11に平均在室人員と項目別のCO₂削減量を示す。平均在室人員は約80~100人となり, 定員の4~5割程度となった。タスクパネルや外気処理空調の削減分が大きな値となり, 在席検知により空調制御することで大きな省CO₂効果が得られることが分かった。

4.2 置換換気空調

4.2.1 置換換気空調の概要 置換換気空調とは, 天井の高い大空間のオフィスで, 省エネを図りながら快適性・知的生産性を保持するために居住域のみ空調換気を行うシステムである。大空間全体を空調換気する必要がないので, 空調負荷の軽減ができる。本建物の置換換気空調はパーソナル性を持たせた床吹出し空調を採用している。

4.2.2 置換換気空調の評価手法 置換換気空調によるCO₂削減効果は, 全域空調とした場合に必要な空調エネルギーと実際の空調エネルギーの差によるCO₂削減量で評価する。

$$Q_2 = \left[\sum_{t=x}^y \{I_t \cdot (T_{2t} - T_{1t}) \cdot \rho \cdot \gamma / 3600\} / \omega_1 \right] \cdot \alpha_1 \quad (14)$$

Q_2 :置換換気空調による CO₂削減量 [kg-CO₂]

= 居住域上部全域で冷却に必要なエネルギー(CO₂量)

I_t :空調機合計風量 [m³/h] 【※2】

T_{1t} :居住域平均温度 [°C] 【※2】

T_{2t} :非居住域平均温度 [°C] 【※2】

ρ : 空気密度=1.2 [kg/m³], γ : 空気の比熱=1.0 [kJ/kg/K]

ω_1 :冷水系統の熱源月平均システム COP [-] 【※4】

t: 時刻

x~y: 冬期を除く空調運転時間帯を加算する。

【※2】: 実測値, 【※4】: 実測値から計算

4.2.3 置換換気空調の効果 本建物では, 外気処理空調機とターミナル空調機によりワークスペースを空調している。式(14)より, 置換換気空調のCO₂削減量は, 合計で594 kg-CO₂/年となった。

4.3 潜熱蓄熱材を用いた中温冷水蓄熱システム

4.3.1 潜熱蓄熱材を用いた中温冷水蓄熱システム概要

本建物では, 約16°Cの中温で融解・凝固する潜熱蓄熱材を用いた中温冷水蓄熱システムを採用している。システムをFig. 12に示す。2011年度の運転実績としては, 12°Cで蓄熱し, 13°C~19°Cで利用していた。

4.3.2 中温冷水蓄熱システムの評価手法 蓄熱システムは, CO₂発生量の少ない夜間電力に移行できるため, 低炭素化を図ることができる。それに加え潜熱顕熱分離空調の採用により通常の空調における冷房用冷水(一般冷水)よりも高い温度(中温冷水)とすることで, 熱源の高効率運転も可能となる。中温冷水蓄熱システムのCO₂削減効果は, 蓄熱運転時と追掛け運転時の熱源投入実測熱量と熱源の平均システムCOPから計算するCO₂発生量及び2次側実測熱量と一般冷水製造時の想定熱源平均システムCOPから計算するCO₂発生量の差より評価する。比較対象は冷水を6°Cで利用するシステムとした。

$$Q_3 = \sum_{t=x}^y \left[\left(\frac{J_{2t}}{\omega_6} \right) \cdot \alpha_1 - \left\{ \left(\frac{J_{1t}}{\omega_4} \right) \cdot \alpha_2 + \left(\frac{J_{2t}}{\omega_5} \right) \cdot \alpha_1 \right\} \right] \quad (15)$$

Q_3 : 中温冷水蓄熱システムによる CO₂削減量 [kg-CO₂]

J_{1t} :中温冷水蓄熱投入熱量 [kW] 【※2】

J_{2t} :中温冷水追掛け運転熱量 [kW] 【※2】

J_{3t} : 2次側熱量 [kW] 【※2】

ω_4 :中温冷水系統蓄熱運転時の

熱源月平均システム COP [-] 【※4】

ω_5 :中温冷水系統追掛け運転時の

熱源月平均システム COP [-] 【※4】

ω_6 :一般冷水製造時の熱源の

想定月平均システム COP [-] 【※5】

t: 時刻

x~y: 中温冷水蓄熱期間を加算する。

【※2】: 実測値

【※4】: 実測値から計算

【※5】:実測値から計算した ω_5 を冷水6°Cと中温冷水12°Cの製造時の COP 比(メーカー仕様書)により補正

4.3.3 中温冷水蓄熱システムの効果 式(15)より, 潜熱蓄熱材を用いた中温冷水蓄熱システムのCO₂削減量は, 合計で442kg-CO₂/年となった。蓄熱量の予測や蓄熱量の把握に課題があり, それらを解決することで削減量がさらに大きくなると予想される。2012年度では蓄熱予測の改善を行った。今後蓄熱量把握の改善を行い, 更なる省エネ運転を図る予定である。

4.4 地中熱・井水利用ヒートポンプシステム

4.4.1 地中熱・井水利用ヒートポンプシステムの概要

地中熱・井水利用ヒートポンプシステムは、年間を通して安定した地中温度や井水温度の有効利用によって水熱源HPチャラーによる高効率運転が可能のため、低炭素化を図ることができる。本建物の地中熱・井水利用ヒートポンプシステムは、地中熱・井水を利用するハイブリット方式を採用している (Fig. 12)。夏期・中間期は中温冷水の熱源として、冬期は2011年1月までタスクパネルのみ熱源として、2011年2月からは1台をタスクパネル(中温温水)、1台を一般温水システムの熱源として利用している。

4.4.2 地中熱・井水利用ヒートポンプシステムの評価手法

地中熱・井水利用ヒートポンプシステムのCO₂削減効果は、本建物の主熱源となっている空気熱源HPチャラーの平均システムCOPと地中熱利用水熱源HPチャラーの平均システムCOPと実測製造熱量より計算するCO₂排出量の差により評価する。

$$Q_4 = \sum_{t=x}^y [(K_t/\omega_8) \cdot \alpha_1 - (K_t/\omega_7) \cdot \alpha_1] \quad (16)$$

Q₄: 地中熱利用ヒートポンプシステムによるCO₂削減量 [kg-CO₂]

K_t: 水熱源 HP チャラーの製造熱量 [kW] 【※2】
 ω₇: 水熱源 HP チャラーの月平均システム COP [-] 【※4】
 ω₈: 空気熱源 HP チャラーの月平均システム COP [-] 【※4】
 t: 時刻

x~y: 全期間を加算する。

【※2】: 実測値

【※4】: 実測値から計算

4.4.3 地中熱・井水利用ヒートポンプシステムの効果

式(16)より、地中熱・井水利用ヒートポンプシステムのCO₂削減量は、合計で367kg-CO₂/年となった。Fig. 14に各月のCO₂削減量を示す。中温冷水製造時の6~10月は地中熱利用ヒートポンプシステムの効果が表れており、特に外気温の高い8月には大きな削減量となっている。しかし冬期については、地中熱HPチャラーは負荷が少なく部分負荷運転がほとんどだったこと等、本来の制御ができなかったことが原因で、マイナスの効果となってしまった。2012年度は冬期のチューニングを行い、効率を改善した。

4.5 コージェネレーション設備

4.5.1 コージェネレーション設備の概要

本建物には発電出力25kWのコージェネレーション設備を2台導入し、夏期は外気処理用のデシカント空調機の再生温水に利用し、冬期は一般温水システムに利用するシステムとしている。

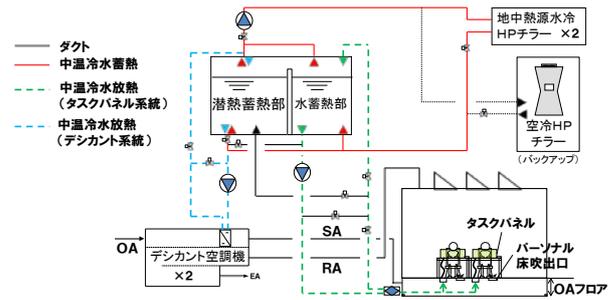


Fig. 12 中温冷水蓄熱システム図
 Midium Chilled Water Thermal Storage System

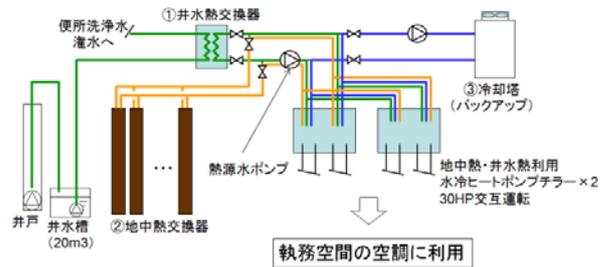


Fig. 13 地中熱・井水利用ヒートポンプシステム図
 Heat Pump System of Geothermal and Well-Water Heat

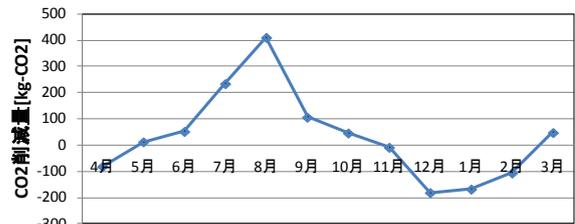


Fig. 14 地中熱・井水利用ヒートポンプシステムのCO₂削減量 (2011年度)

CO₂ Emission Saving by Heat Pump System of Geothermal and Well-Water Heat in 2011 fiscal year

4.5.2 コージェネレーション設備の評価手法

コージェネレーション設備のCO₂削減効果は、発電量、ガス使用量と排熱利用温水製造量で評価する。温水製造分はガス温水器で製造した場合との比較で評価した。

$$Q_5 = \sum_{t=x}^y [(L_t \cdot \alpha_1) + \{(M_t/O) \cdot \alpha_5\} - (N_t \cdot \alpha_4)] \quad (17)$$

Q₅: コージェネレーション設備による

CO₂削減量 [kg-CO₂]

L_t: コージェネレーション設備の発電量 [kW] 【※2】
 M_t: コージェネレーション設備の温水製造量 [MJ/h] 【※2】
 N_t: コージェネレーション設備のガス使用量 [m³/h] 【※2】
 O: ガス温水器効率 [-]=0.8

t: 時刻

x~y: 全期間を加算する。

【※2】: 実測値

4.5.3 コージェネレーション設備の効果 式(17)より、コージェネレーション設備のCO₂削減量は、冷房時-1, 651kg-CO₂/年、暖房時1, 604kg-CO₂/年となった。運用途中のチューニングとして、在席検知システムで風量制御しているデシカント空調機の要求再生温水熱量が予想より少なかったため、2011年8月途中から1台運転とした。冬期の効率はよかったものの、2台運転時のコージェネレーション設備の排熱を有効に利用できなかったため、夏期の効率が悪くなった。2012年度はチューニングを行い効率改善したが、それでも夏期排熱に余剰が生じてしまった。今後は、敷地内の別棟への供給を検討している。

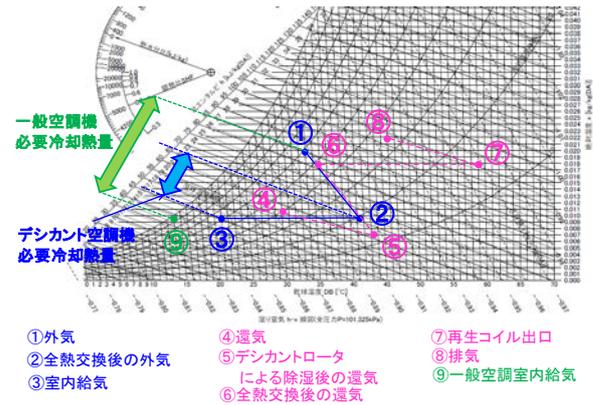


Fig. 15 DHUの空気線図の例 (冷房)

Example of Psychrometric Chart of DHU (Cooling)

4.6 デシカント空調機

4.6.1 デシカント空調機の概要 本建物では、レタンエア型のデシカント空調機(以下DHU)をワークスペースの外気処理空調機として採用した。レタンエア型DHUは、室内からの還気をデシカントロータにて除湿し、その除湿した空気と外気とを全熱交換器で熱交換させる事で、除湿された外気を室内へ給気することが特徴である。夏期運用時においては、冷却除湿が不要なので、中温度帯の冷水と少ない冷水量で十分な除湿が可能であり、省エネルギーな空調システムを構成することができる。また冬期運転時においては、全熱交換器を搭載していることから室内の熱回収を行うことが可能であり、冬期においても消費エネルギーを大幅に削減することができる。

4.6.2 デシカント空調機の評価手法 DHUのCO₂削減効果は外気と一般空調機の冷却・加熱給気エンタルピーでの空気搬送熱量と実際にDHUにて使用した冷水熱量、温水熱量の差から評価する。再生温水熱量はコージェネ設備の排熱を利用しており、別に評価しているので”0”とする。レタンエア型DHUと一般空調機の冷房時の空気線図の例をFig. 15に示す。

$$Q_6 = \left[\sum_{t=x}^y \frac{((P_{2t} - P_{1t}) \cdot R_t \cdot \rho) - S_{1t} - S_{2t}}{\omega_3} \right] \cdot \alpha_1 \quad (18)$$

- Q₆: デシカント空調機による CO₂ 削減量 [kg-CO₂]
- P_{1t}: 一般空調冷却・加熱給気エンタルピー [kJ/kg] 【※2】 ※6
- P_{2t}: 外気エンタルピー [kJ/kg] 【※2】
- R_t: DHU 給気風量 [m³/h] 【※2】
- S_{1t}: DHU 冷水熱量 [kW] 【※2】
- S_{2t}: DHU の温水熱量 [kW] 【※2】
- ω₃: DHU の熱源の月平均システム COP[-] 【※4】
- ρ: 空気の密度=1.2 [kg/m³]
- t: 時刻
- x~y: デシカント運転時間を加算する。
- 【※2】: 実測値
- 【※4】: 実測値から計算
- ※6: 一般空調機の再熱負荷は評価に入れていない。

Table 2 2011, 2012年度のパッシブ手法とアクティブ手法のCO₂削減量

CO₂ Emission Saving of Passive Methods and Active Methods in the 2011 and 2012 fiscal year

パッシブ手法	2011年度CO ₂ 削減量 [kg-CO ₂ /年]	2012年度CO ₂ 削減量 [kg-CO ₂ /年]
屋光利用システム	14,939	15,409
ベリバッファシステム	11,622	8,384
置換換気型自然換気システム	5,489	4,414
自然水利用システム	756	788
太陽光発電システム	67,102	69,266
風力発電システム	2	0
合計	99,910	98,261
アクティブ手法	2011年度CO ₂ 削減量 [kg-CO ₂ /年]	2012年度CO ₂ 削減量 [kg-CO ₂ /年]
ICタグ在席検知システム	18,344	8,433
置換換気空調	594	639
潜熱蓄熱材を用いた中温冷水蓄熱システム	442	10
地中熱・井水利用ヒートポンプシステム	367	1,114
コージェネレーション設備	-47	279
デシカント空調機	30	297
水蓄熱システム	4,630	863
空調2次側大温度差送水システム	1,553	1,657
空気熱源ヒーターの部分負荷運転	4,286	4,047
クールビット・ウォームビット	28	0
外気冷房・ナイトバージ	612	258
太陽熱給湯設備	11	0
その他	3,099	2,676
合計	33,947	20,271

4.6.3 デシカント空調機の効果 式(18)より、DHUのCO₂削減量は、冷房時116kg-CO₂/年、年間で30kg-CO₂/年となった。冷房時にはCO₂削減効果があったが、暖房時において全熱交換器の制御不良により冷房時のCO₂削減量を相殺してしまった。2012年度は制御不良を改善することで、年間で297g-CO₂/年の効果となった。

5. 低炭素化技術の年間CO₂削減量

アクティブとパッシブ手法の2011年度及び2012年度のCO₂削減量をTable 2に示す。パッシブ手法が約75%、アクティブ手法が約25%となり、パッシブ手法による削減効果が大きいことが分かる。2012年度のCO₂削減量は、パッシブ手法はほぼ同等であり、アクティブ手法は小さくなった。2012年度は中間期において、CO₂濃度を監視しながら空調の間欠運転を行い、搬送動力を低減するなど、運用改善によりエネルギー使用量が小さくなったため、削減量も小さくなったと考えられる。

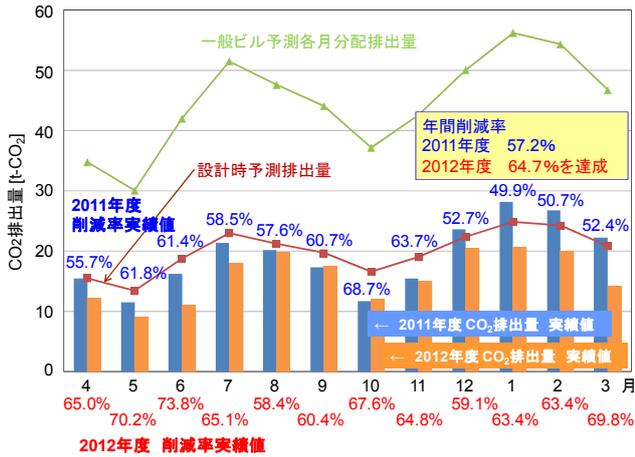


Fig. 16 2011年4月～2013年3月のCO₂排出量の予測と実績

Plan and Achievement of CO₂ Emission from April 2011 to March 2012

6. CO₂排出量の予測と実績

2011年4月～2013年3月までのCO₂排出量の実績データをFig. 16に示す。年間55%削減の目標値をエネルギーシミュレーションで各月ごとに予想した値と実績値を比較したものである。2011年度は各月ほぼ55%以上の削減を達成し、自然換気が順調に利用できた中間期では70%近い削減率を達成した。年間でCO₂排出量は230 t-CO₂/年 (41.5 t-CO₂/m²・年) となり、57.2%削減を達成した。残り43%はカーボンクレジットによりオフセットし、エミッションZEB^{注1)} (CO₂排出量ゼロ) を達成した。また2012年度は、運用改善などのマネジメントによりCO₂削減率はさらに改善し64.7%となった。このCO₂排出量は一般事務所ビル (東京都省エネカルテのテナントビルを除く事務所ビルの集計値) の約1/3である (Fig. 17)。カーボンクレジットにより2012年度もエミッションZEBを達成した。

これまでZEB化された建物は、海外の事例が中心となっており、それも使用期間が限定された、小規模かつ居住者の少ない建物である。本建物では、最先端の建設技術について約200名の研究者が、日夜知的生産活動を行っており、常時使用されている建物での本格的な「エミッションZEB」の実現は国内初となる。

7. まとめ

大林組技術研究所本館「テクノステーション」は低炭素化におけるあるべき姿としての目標であるZEB化についての検討を行い、バックキャスト手法により具体的な高い数値目標 (CO₂排出量55%削減) を立て、それを実現した。従来の「がまんの省エネ」ではなく、「快適性・知的生産性」に配慮しつつ「省CO₂・省エネ」を実現するトレードオフの解決を図った。

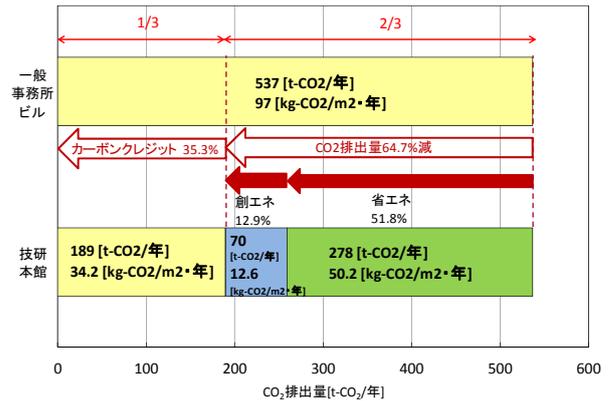


Fig. 17 2012年度のエミッションZEB
Emission ZEB in 2012 fiscal year

本建物のCO₂排出量は、2011年度57.2%、2012年度64.7%の削減率を実現し、年間55%削減の目標値を達成した。残りはカーボンクレジットによりオフセットし、2011・2012年度においてエミッションZEBを達成した。

運用開始後の継続した環境負荷低減や環境品質の取り組みにより、2013年9月にCASBEE-既存SクラスBEE値7.0の過去最高得点で評価を受けた。また2013年10月にはLEED-EBOMにおいて、プラチナ認証を取得した。

また「エミッションZEB」の達成にとどまらず、本建物単独で年間のエネルギー収支をゼロとする本格的な「ソースZEB^{注2)}」への新たな取り組みを始めており、建物のライフサイクル全体のエネルギー収支をゼロにするLCZ^{注3)}の実現をめざしている。

謝辞

本建物の計画、開発、設計、施工、運用段階に至るまで、ご指導、ご協力いただいた関係者各位に新技術の開発とその評価に関わっていただいたことを、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 宇田川光弘, 他: 水平面全天日射量観測値よりの直達日射量の推定, 日本建築学会論文報告集, 第267号, (1978)

注釈

注1) エミッションZEB: 積極的に省エネ等による実質的な削減対策を行ったうえで、残りのCO₂排出量についてはカーボンクレジットなどを活用して総合的にゼロにする建物。

注2) ソースZEB: 建物単体の運用時のエネルギー消費量をゼロにする建物。

注3) LCZ[®] (ライフサイクルZEB): ZEBにとどまらず、工事 (新築・改修・解体) や使用資材の生産も含めてエネルギー使用のゼロ化を図った建物。資材生産のゼロエネルギー化 (ZEM), 工事のゼロエネルギー化 (ZEC) を進め、ZEBによる再生可能エネルギー創出で建物のライフサイクル全体のエネルギー収支をゼロにする。