

空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル
[空港建築施設編]

(初版)

令和4年〇月

国土交通省 航空局

空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル [空港建築施設編] (初版)

目次

第1章 はじめに.....	1
マニュアル作成の背景.....	1
第2章 総則.....	3
2.1 本マニュアルの目的及び位置づけ.....	3
2.2 適用範囲.....	3
2.3 用語の定義.....	4
2.4 マニュアルの構成.....	8
2.5 マニュアルの使用方法.....	8
第3章 空港建築施設の脱炭素化の手法.....	9
3.1 空港建築施設の特徴と脱炭素化に向けた方向性.....	9
3.1.1 空港建築施設の用途、規模等.....	9
3.1.2 脱炭素化の視点からみた空港建築施設の特徴.....	12
3.1.3 これからの空港建築施設の脱炭素化に向けた基本的な考え方.....	15
3.1.4 WEBPROによる省エネ技術の評価.....	25
3.2 建築物の構造等による省エネ手法.....	27
3.2.1 建築物の構造等による省エネ手法の概要.....	27
3.2.2 個別技術(対策)の事例紹介.....	29
3.3 建築設備の性能による省エネ手法.....	39
3.3.1 建築設備の性能による省エネ手法の概要.....	39
3.3.2 個別技術(対策)の事例紹介.....	42
3.4 建築施設の運用による省エネ手法.....	76
3.4.1 建築施設の運用による省エネ手法の概要.....	76
3.4.2 個別技術(対策)の事例紹介.....	77
3.5 建築施設への再生可能エネルギーの導入手法.....	81
3.5.1 建築施設への再生可能エネルギーの導入手法の概要.....	81
3.5.2 再生可能エネルギーのエネルギーマネジメント.....	81
3.5.3 個別技術(対策)の事例紹介.....	82
第4章 建築資材等の脱炭素化について.....	89
4.1 CO2排出削減資材等の事例.....	89
4.1.1 環境物品等(環境負荷の低減に資する資材、建設機材、工法).....	89
4.1.2 低炭素材料.....	91
4.2 施工現場での取組事例.....	94
4.2.1 施工時における直接的排出の削減取組事例.....	94
4.2.2 施工時における間接的排出の削減取組事例.....	95
第5章 地上支援設備と空港脱炭素化技術との連携.....	97

5.1 地上動力設備（GPU）利用への対応	97
5.2 充電設備、水素ステーションへの対応.....	101
5.3 蓄電池設備導入への対応.....	104
参考資料編	108
1 モデルターミナルビルに関する検討結果.....	108
1.1 建物のオリエンテーション（方角）による効果の検証	108
1.2 省エネ化手法の採用順番による効果検証結果	109
1.3 ZEB Ready 上乗せコスト試算結果（新築・改修）	115
1.4 NET-ZEB 達成に必要な太陽光発電システムの導入コスト試算.....	117
2 サンプル空港による省エネ効果検証結果.....	121
3 サンプル施設の WEBPRO 計算と計測値の比較・検証	126
4 ターミナルビルの温度設定に関するアンケート	128
5 先進的な取組事例	130
5.1 認証取得事例（サンフランシスコ国際空港、ロサンゼルス国際空港、オスロ空港）	130
5.2 取り組み事例	133
6 その他参考となるガイドライン、関連情報等	137

第1章 はじめに

マニュアル作成の背景

世界的な地球温暖化対策への機運の高まりから、我が国においてはパリ協定に定める目標等を踏まえ、2020年10月に、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことが宣言された。

2021年10月には「地球温暖化対策計画」が改定され、我が国の中期目標として、2030年度に温室効果ガスを2013年度比で46%削減することを目指し、さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていくことが定められるとともに、この中期目標及び2050年カーボンニュートラルの実現に向けたエネルギー政策の道筋として、第6次エネルギー基本計画が策定され、需要サイドの取組や再生可能エネルギーの導入等の方向性が示された。これらの計画において、航空分野の脱炭素化に向けては、空港施設・空港車両、駐機中や地上走行中の航空機からのCO₂排出削減等の取組を推進するとともに、空港を再生可能エネルギー拠点化する方策を検討・始動し、官民連携の取組を推進することが位置づけられた。

一方、空港の日常的な運用上での環境に関する取り組みは、それまで体系化されておらず、特に省エネルギー、リサイクルといった取り組みが不十分であったことから、平成15年8月に「エコエアポート・ガイドライン」を策定し、空港運営における環境負荷低減に向けた取り組みを促してきたところであり、現在、全国32の空港で、空港管理者を中心として空港で活動を行う主要な事業者の参画による「エコエアポート協議会」が設置されている。また、同協議会において空港の特性に応じた個別の目標を掲げた「空港環境計画」を策定しており、これに基づき自主的な取り組みを推進してきたところである。

このような状況も踏まえ、国土交通省航空局においては、2021年3月に「空港におけるCO₂削減に関する検討会」（以下「検討会」という。）を設置し、空港における脱炭素化に向けた具体的な検討を行ってきた。

検討会においては、空港施設・空港車両等からのCO₂排出削減の取組や空港の再生可能エネルギー拠点化等について具体的な検討を進め、2022年2月には、空港脱炭素化に向けた目標・工程表・取組方針を策定し、2022年3月に「空港脱炭素化推進のための計画策定ガイドライン（以下「ガイドライン」という。）（初版）」を公表した。

また、2022年12月には、航空法等の一部を改正する法律が施行され、航空分野全体における脱炭素化を計画的に推進するため、政府の施策、航空会社、空港関係者等の取組について定めた航空脱炭素化基本方針（以下「基本方針」という。）を公表した。これにより、各空港においては、空港管理者が関係者の意見も踏まえながら基本方針等を踏まえた具体的な目標や取組内容を定めた空港脱炭素化推進のための計画（以下「推進計画」という。）を作成し、空港脱炭素化事業の実施主体が各事業を着実に実行していく必要がある。

空港建築施設の脱炭素化については、施設の用途や種類が多様であり CO2 削減方法も広範で専門性が高いことから、建築関係の学識経験者として早稲田大学の田辺新一教授を委員長に、慶応義塾大学の伊香賀俊治教授、東京工業大学の花岡伸也教授を委員とした「空港建築施設の脱炭素化に関する検討WG（以下「検討WG」という。）」において、空港建築施設の脱炭素化を推進する際に参考となる本マニュアル（初版）のとりまとめを行った。

本マニュアルは、空港建築施設の脱炭素化を推進するため、空港管理者等の実施主体が、空港建築施設の省エネルギー化（以下「省エネ化」という。）や再生可能エネルギーの導入等の具体的な取組について計画及び実施する際に、その導入効果やコスト、また導入時に留意すべき事項などについて参考となる道標として活用できるようとりまとめたものである。

なお、本マニュアルに示す内容については、発行時点における空港建築施設の脱炭素化に関する知見及び技術等を踏まえとりまとめたものであり、今後、最新の知見や技術等を踏まえ、必要に応じて見直すこととする。

第2章 総則

2.1 本マニュアルの目的及び位置づけ

本マニュアルは、空港建築施設の脱炭素化の推進にあたり、空港管理者等の実施主体が具体的な取組を円滑に実行していくため、空港建築施設の省エネ化や再生可能エネルギーの導入等に向け参考となる、必要な施設整備等の導入効果やコスト、また、実施計画段階、設計・施工段階、管理・運営段階において留意すべき事項などについて記載し、今後の空港建築施設の脱炭素化の計画及び実施する際に活用できるよう取りまとめたものである。

本マニュアルの対象は、主に空港建築施設の新築（増築及び改築を含む。以下同じ。）、または改修（修繕を含む。以下同じ。）の計画・整備時、並びに管理・運用時に参考すべき事項をまとめており、取組実施のスケジュールについては、推進計画で定めた数値目標等を踏まえ、空港毎の事情に応じて検討されることが望ましい。

また、これらの推進にあたっては、施設整備のみならず、エネルギー・マネジメント等の運用面の工夫による取組の効果も大きいため、空港建築施設の利用者（テナント事業者等）による協力も不可欠であり、更に空港利用者に対する取組のPRや広報など、取組の見える化も重要である。

なお、本マニュアルは、これまでの検討WGの議論を踏まえ、既存空港建築施設の脱炭素化の参考となる取組を主に取りまとめたものであるが、今後の最新の知見や技術等を踏まえ、必要に応じて見直すこととする。

2.2 適用範囲

本マニュアルは、空港建築施設の脱炭素化を推進するための検討や計画等を行う空港建築施設に適用し、これらを行う空港管理者、空港運営権者、空港機能施設事業者、航空運送事業者、その他空港建築施設からのCO₂排出に関係する事業者等の実施主体が利用することを前提としている。

本マニュアルにおいて「空港建築施設の脱炭素化」とは、建築物で使用されるエネルギー消費を抑え、エネルギー由来のCO₂排出量の低減することとする。その範囲は、既存建物の省エネ改修および運用改善による省エネ化や、新築建物の省エネ計画および建設中に排出されるCO₂排出量の低減計画を対象とする。

また、「空港建築施設の脱炭素化」は、施設維持のために必要であった固定的なCO₂排出量を削減することによって、カーボンクレジットを創出し、市場展開が可能となり、航空分野全体へ大きな環流を生み出す駆動力としての役割を担う。

本マニュアルの第3章以降に記載している省エネ手法・再生可能エネルギー導入手法に関する個別技術の事例紹介におけるコスト試算及びCO₂削減効果については、モデルケースとして想定した条件下における概算となっていることに注意すると共に、コストに関しては工事に必要となる仮設工事費や諸経費等を見込んでおり、税抜き金額として示している点に留意し、活用すること。

なお、空港建築施設の脱炭素化の推進に携わる設計事業者、施工事業者、保守点検及び維持管理等を行う事業者等についても、本マニュアルを参考として取り組むことが望ましい。

2.3 用語の定義

本ガイドラインにおける用語の定義は以下のとおりである。

2050年カーボンニュートラル	2020年10月26日、第203回臨時国会において、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすること。として宣言された。
APU	Auxiliary Power Unitの略称。機体後部にある小型ガスタービン式の補助動力装置のこと。駐機中のメインエンジンを作動しなくても、APUを航空機燃料により動かし、電気や冷暖房をまかなうことが可能。
BEI	Building Energy Indexの略称。省エネルギー法による住宅・建築物の基準一次エネルギー消費量で設計一次エネルギー消費量を除した数値で空調（BEI/AC）、換気（BEI /V）、給湯（BEI /HW）、照明（BEI /L）、昇降機（BEI/EV）がある。
BEMS	Building and Energy Management Systemの略称。各種センサーや監視装置、制御装置などの要素技術で構成されたビル・エネルギー管理システム。空調や照明などの設備機器によるエネルギー使用状況を可視化するものであり、設備機器の稼働制御までを含めたシステムを指す場合もある。
BHS	Baggage Handling Systemの略称。旅客手荷物処理システム。
BIM	Building Information Modellingの略称。コンピューター上に作成した3次元のデジタルモデルに、コスト、仕上げ、管理情報などの属性データを埋め込む手法のこと。設計、施工から維持管理まで共通の情報をもつことで業務効率化が図れる。
BPI	Building Palstar Indexの略称。建築物省エネルギー法による設計年間熱負荷/基準年間熱負荷
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodの略称。BRE（英国建築研究所）によって開発された建築環境に関する世界初の持続可能性評価システム。建築物に関連する特定の環境影響や問題に対してクレジットが割り当てられており、各評価項目で取得したクレジットの割合に、対応する評価項目の加重を乗じ各評価項目のスコアを算出し、各評価項目の合計スコアで認証のレベルが決定される。
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiencyの略称。建築物総合環境性能評価システム。建築物の環境性能を評価し格付けする手法である。省エネや省資源・リサイクル性能といった環境負荷低減の側面はもとより、室内の快適性や景観への配慮といった環境品質・性能の向上といった側面も含めた、建築物の環境性能を総合的に評価するシステム。
CIQ	税関（Customs）、出入国管理（Immigration）、検疫所（Quarantine）の略称。貿易上必要な手続き・施設のこと。日本の主要な港湾・空港のほとんどでCIQ体制が整備されている。
COP	Coefficient Of Performanceの略称。成績係数と訳され、主に冷凍機、エアコンの効率を示す。冷房能力に対し、投入するエネルギー量の比率。
CO2濃度による外気量制御	室内のCO2濃度により必要換気量を制御するシステム。主な目的は外気負荷の低減となるが、近年は感染症予防の観点から必要換気量の適正化にも利用される。
ELCB	Earth Leakage Circuit Breakerの略称。漏電遮断機。
ESG投資	従来の財務情報だけでなく、環境（Environment）・社会（Social）・ガバナンス（Governance）要素も考慮した投資活動のこと。
EV	Electric Vehicleの略称。電気自動車。
FCV	Fuel Cell Vehicleの略称。燃料電池自動車。
GPU	Ground Power Unitの略称。駐機中の航空機へ電気や冷暖房を供給する地上動力装置。排気ガスや騒音を大きく低減できる。
GSE車両	Ground Support Equipmentの略称。航空機地上支援車両。
LCCO2	Life Cycle CO2の略称。建築物および製品の製造・輸送・販売・使用・廃棄・再利用まで全ての段階での二酸化炭素（CO2）発生量を評価するもの。

LCC	Low Cost Carrier の略称。格安航空会社。
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design の略称。非営利団体米国グリーンビルディング協会 (USGBC) が開発、運用し、第三者機関 (GBCI) が認証の審査を行っている、ビルト・エンバイロメント(建築や都市の環境)の環境性能評価システム。
Low-E ガラス	低放射フィルムをコーティングしたガラス。二重ガラスを用いると効果的で日射遮蔽型と断熱型とがある。EはEmissivity (放射) の頭文字。
MSE (長寿命型) 蓄電池	制御弁式据置鉛蓄電池。鉛蓄電池の中で、最も長寿命な蓄電池。
MSW	Moving Side Walk の略称。動く歩道。
OVGR	Over Voltage Ground Relay の略称。地絡過電圧継電器。
PAL*	Perimeter Annual Load*の略称。省エネルギー法による建物外周部の年間熱負荷/建物外周部の床面積
PBB	Passenger Boarding Bridge の略称。旅客搭乗橋。
RPR	Reverse Power Relay の略称。逆電力継電器。
VAV (変風量制御)	Variable Air Volume の略称。変風量制御⇔CAV 定風量制御
VVVF	Variable Voltage Variable Frequency control の略称。可変電圧可変周波数制御。インバーター装置などの交流電力を出力する電力変換装置において、その出力交流電力の実効電圧と周波数を任意に制御する手法。主に昇降機設備の制御に用いられる。
WEBPRO	建築物省エネルギー法で規定された非住宅建築物の省エネルギー基準(平成 28 年度基準) への適合性を判定するための計算プログラム。建物仕様を記入した入力シートを WEB サイトにアップロードすることで計算結果が得られる。
WPRC	木粉とプラスチックを原料とする木材・プラスチック複合材 (Wood-plastic composite, WPC) の一種。
ZEB	Net Zero Energy Building の略称。室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネ化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物。ZEB は 50%以上の省エネルギーを図ったうえで、再生可能エネルギー等の導入により、エネルギー消費量を更に削減した建築物について、その削減量に応じて、①『ZEB』(100%以上削減)、②Nearly ZEB (75%以上 100%未満削減)、③ZEB Ready (再生可能エネルギー導入なし) と定義されている。また、30~40%以上の省エネルギーを図り、かつ、省エネルギー効果が期待されているものの、建築物省エネ法に基づく省エネルギー計算プログラムにおいて現時点で評価されていない技術を導入している建築物のうち延べ床面積 1 万㎡以上のものを④ZEB Oriented と定義されている。
ZPD	Zero-Phase-sequence Potential Device の略称。零相電圧検出装置。配電系統において零送電圧を高い精度で監視、検出するための装置。
一次エネルギー消費量	エネルギー消費量である電気、燃料(都市ガス、重油など)にエネルギーの使用の合理化等に関する法律施行規則 4 条別表第 1、3 のエネルギー換算係数を乗じて算出した発熱量。
エコエアポート	空港及び空港周辺において、環境の保全及び良好な環境の創造を進める対策を実施している空港
エコエアポート・ガイドライン	エコエアポート・ガイドラインは、理念、対象空港、基本手続き、空港環境計画策定の考え方などが示している。各空港は当ガイドラインを参考に、特性を考慮した形で環境計画を検討し、取り組みを進めることとしている。
エコエアポート協議会	空港管理者及び空港内事業者等で構成される組織。(ターミナルビル、航空会社、地方自治体等)
エコマーク	「生産」から「廃棄」にわたるライフサイクル全体を通して環境への負荷が少なく、環境保全に役立つと認められた商品につけられる環境ラベル。

エネルギーマネジメント	建築物の電気、ガス等の使用状況を把握・管理し、改善計画をたて実行すること。情報収集や整理を支援するために、BEMS等の導入が推奨される。
エンボディド・カーボン	建築材料の製造、輸送、設置、補修、廃棄で排出される温室効果ガスのこと。
オフサイト	敷地外に設置される設備の総称。本マニュアルでは、発電設備を建物敷地外に設置することを指す。
温室効果ガス	京都議定書では、二酸化炭素 (CO2)、メタン (CH4)、一酸化二窒素 (N2O)、ハイドロフルオロカーボン類 (HFC)、パーフルオロカーボン類 (PFC)、六フッ化硫黄 (SF6) の6種類のガスを指す。
カーボンオフセット	CO2について、他者の排出量削減活動に投資すること等により、自らの排出量を埋め合わせる考え方のこと。
カーボンクレジット	CO2排出量見通し(ベースライン)に対し、実際の排出量が下回った場合、その差分を、MRV(モニタリング・レポート・検証)を経てクレジットとして認証するものを指す。
カーボンフットプリントマーク	製品のLCCO2などを表示することで事業者の自主的な取組みの象徴として表示することを目的としたマーク。
外気負荷	室内に取り入れる外気を、室内温湿度に保つために必要な熱負荷のこと。
外気冷房	外気温度またはエンタルピーが低いときに外気により室内の冷房負荷を処理する省エネルギー手法。
外皮デザイン	自然や周辺環境のエネルギー(太陽光・熱、風など)を有効利用できるように建物外装について、断熱・日射遮蔽・通風の性能設計を行うこと。
環境影響評価法	環境アセスメント法。規模が大きく環境影響の程度が著しいものとなるおそれがある事業について環境影響評価の手続を定め、関係機関や住民等の意見を求めつつ、環境影響評価の結果を当該事業の許認可等の意思決定に適切に反映させることを目的とする制度である。
ギヤレス巻上機	エレベータを動かすためのモータ回転軸に直接ブレーキ、綱車を組み込んだ機械(駆動)装置をいう。
空気熱源ヒートポンプ	大気熱を利用し、圧縮機投入エネルギー以上の冷暖房・給湯の熱エネルギーを得る方式。
空港運営権者	国管理空港及び地方管理空港等の特定運営事業に係る公共施設等運営権(民間資金法第2条第7項に規定する公共施設等運営権)を有する者。
空港環境計画	空港の管理業務(運用、維持及び改修等)で達成すべき、大気汚染や騒音・振動、省エネルギーやリサイクル等の環境要素ごとの環境目標、目標年度、実施計画を規定したもの。
クール・ヒートトレンチシステム	外気に比べ夏涼しく、冬暖かい地中熱を利用した換気空気の前冷予熱システムのこと。建築ピット利用の他、地中埋設トレンチやダクトもある。
グリーン購入法	2000年5月「国等による環境物品等の調達推進等に関する法律」。国等が重点的に調達を推進すべき環境物品等の分野・品目と、その「判断の基準」を基本方針として定めている。
蛍光灯	蛍光体と紫外線を利用した従来型の照明器具。点灯方式が数種あり、Hf 蛍光灯(High Frequency)は高周波点灯専用蛍光ランプのことで、安定器(インバータ式)と組み合わせて、高効率、高出力の器具である。
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。建築物の省エネ性能の向上を図るため、①大規模非住宅建築物の省エネ基準適合義務等の規制措置、②省エネ基準に適合している旨の表示制度および誘導基準に適合した建築物の容積率特例の誘導措置、の大きく2つの措置を一体的に講じたもの。
コージェネレーションシステム	発電と同時にその排熱を熱回収して、冷房、暖房、給湯に利用するシステム。熱併給発電ともいう。
個別分散空調方式、パッケージエアコン	ビル(用)マルチ、ガスヒートポンプ、パッケージなど様々な呼び方があるが、本マニュアルでは、方式の区分を個別分散空調方式、機器の呼称をパッケージエアコンとする。

航空機騒音防止法	特定飛行場周辺において、航空機の騒音により生じる障害の防止、離着陸の頻繁な実施により生じる損失の補償のため、特定飛行場の設置者が講ずべき措置等を規定。
国土交通省グリーンチャレンジ	2050年カーボンニュートラルや気候危機への対応など、グリーン社会の実現に向けて戦略的に取り組む国土交通省の重点プロジェクトを取りまとめたもの。
充電ステーション	充電設備を複数台集めたスペース。
充電設備	EVに充電するための充電装置の総称。
商用電力	電力事業者（電力会社）から需要家（電気の供給を受けて使用している者）に供給する電力。
水素ステーション	FCVに燃料を補給するための水素供給設備。また、その供給スペース。
セントラル（空調）方式	熱源機器（冷凍機、ボイラー等）と空気調和機（エアハンドリングユニット、ファンコイル）とを組み合わせた空調方式で、一般には熱源機器を一ヶ所に集中設置し、冷温水を空気調和機に送水して空調するシステム。
全熱交換器	外気を取り入れる際に、室内から排気される空気と外気的全熱（顕熱（温度）＋潜熱（湿度））を熱交換することで、外気を室内の温湿度に近づけて供給する換気機器。
送風機インバーター	送風機の風量調整をインバーターによる電動機の回転数を制御すること。
大温度差送水	熱源から供給される冷温水の行きと還りの温度差を大きくし、冷温水ポンプの流量を減らすことで、冷温水ポンプの消費電力を低減する技術。
タスク・アンビエント空調（居住域空調）	室内全般アンビエントとして緩和した条件とし、人の居住域をタスクとして快適に制御する空調方式。
タスク・アンビエント照明	室内全般アンビエントとして緩和した照明とし、この人の照明をタスクとして組み合わせる照明方式。
第6次エネルギー基本計画	エネルギー政策の基本的な方向性を示すためにエネルギー政策基本法に基づき政府が策定する計画をいう。脱炭素化に向けた世界的な潮流、国際的なエネルギー安全保障における緊張感の高まりなどの2018年の第5次エネルギー基本計画策定時からのエネルギーをめぐる情勢変化や日本のエネルギー需給構造が抱える様々な課題を踏まえ、総合資源エネルギー調査会において検討を深め、2021年10月22日、閣議決定された。
地域冷暖房	一定地域内の建物群に熱供給設備（地域冷暖房プラント）から、冷水・温水・蒸気などの熱媒を地域導管で供給、冷房・暖房・給湯などを行うシステム。
地球温暖化対策計画	地球温暖化対策推進法に基づく政府の総合計画をいう。前回の計画を5年ぶりに改定し、2021年10月22日、閣議決定された。
ナイトパージ	夜間の低い外気温度を利用して、建物の換気を行い翌日の冷房負荷を軽減する省エネルギー手法。
ヒートポンプ給湯器	空気熱源ヒートポンプにより、お湯を沸かす給湯器。
フリークーリングシステム	冬期や中間期に冷却塔を活用して、低温外気と冷却水を熱交換して冷却水を冷却し、それを熱交換器で熱交換して冷水を製造するシステム。
冷温水変流量制御	負荷に応じて冷却水ポンプの流量を制御し、ポンプの消費電力を低減する制御システムで、冷却水量が多い吸収冷温水機では省エネ効果が大きい
予熱時外気取り入れ停止制御	予熱時の外気取入れ停止制御は、換気の必要がない時間帯（予熱時）に外気取入れを停止し、外気取入れに外気負荷を低減させる制御システム。

2.4 マニュアルの構成

本マニュアルは、次の内容で構成している。

第1章では、本マニュアル作成の背景について記載している。

第2章では、本マニュアルの目的及び位置づけ、適用範囲等について記載している。

第3章では、空港建築施設の脱炭素化の手法について解説している。

1節では、空港建築施設の種類及び特徴等を踏まえ、これからの空港建築施設の脱炭素化に向けた基本的な考え方を示している。

2節から5節では、建築物の構造、建築設備の性能及び建築施設の運用による省エネ手法並びに再生可能エネルギーの導入手法について解説している。

第4章では、建築資材等の脱炭素化（エンボディド・カーボン）について紹介している。

第5章では、地上支援設備の空港脱炭素化技術との連携として、GPU 設備や充電設備、水素ステーションへの再生可能エネルギー導入時における空港建築施設の整備内容を示している。また、停電時や災害時の電力供給を想定し、蓄電池設備を整備する際に必要となる空港建築施設の改修内容を示している。

参考資料編では、モデルターミナルビルに関する検討結果、サンプル空港による省エネ効果検証結果、サンプル施設の WEBPRO 計算と計測値との比較・検証、ターミナルビルの温度設定に関するアンケート、先進的な取組事例、その他参考となるガイドラインなどを紹介している。

2.5 マニュアルの使用方法

本マニュアルは、空港建築施設の脱炭素化に資する手法やその効果、導入時の留意事項等を取りまとめている。各空港において、脱炭素化を推進するための取組を行う場合は、空港の地域特性や施設用途・規模等を踏まえ、第3章以降に記載の省エネ化手法などを参考に、対応可能な手法を選択することにより、CO2 排出量削減等の目安を立てることができるため、本マニュアルを十分に活用し検討することを期待している。

また、既存空港建築施設の省エネ化等のための改修は、機器の更新のタイミングや、大規模なリニューアル工事等の計画のタイミングに合わせ実施することもあるため、これらの整備時期を考慮のうえ検討を行い、空港建築施設の脱炭素化を推進していくことが望ましい。

一方、運用面においては、旅客数や施設の利用状況に応じて、使用エネルギー量の見える化などによるエネルギーマネジメントや最適制御を行うことにより、CO2 排出量の更なる削減の効果が期待できるため、整備のみならず、運用面における検討も重要である。

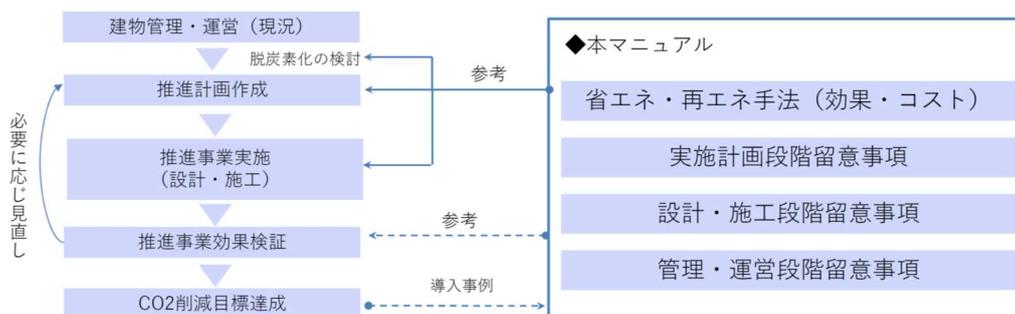


図 2.5.1 本マニュアルの利用イメージ

第3章 空港建築施設の脱炭素化の手法

3.1 空港建築施設の特徴と脱炭素化に向けた方向性

空港建築施設は、用途が多様であり、空港によっては設置されている施設の種類や規模も異なる。また、施設の種類や規模により、使用する設備やエネルギーの使用状況も異なることから、空港建築施設の特徴を踏まえ、脱炭素化の検討を行う必要がある。

本節では、空港建築施設の種類や建物規模を整理し、脱炭素化を行う上での空港建築施設の特徴について取り纏める。また、それらの特徴を踏まえた上で、今後の脱炭素化を進めていくための基本的な考え方、及び脱炭素化の実現に向けた取組の方向性についてまとめる。

3.1.1 空港建築施設の用途、規模等

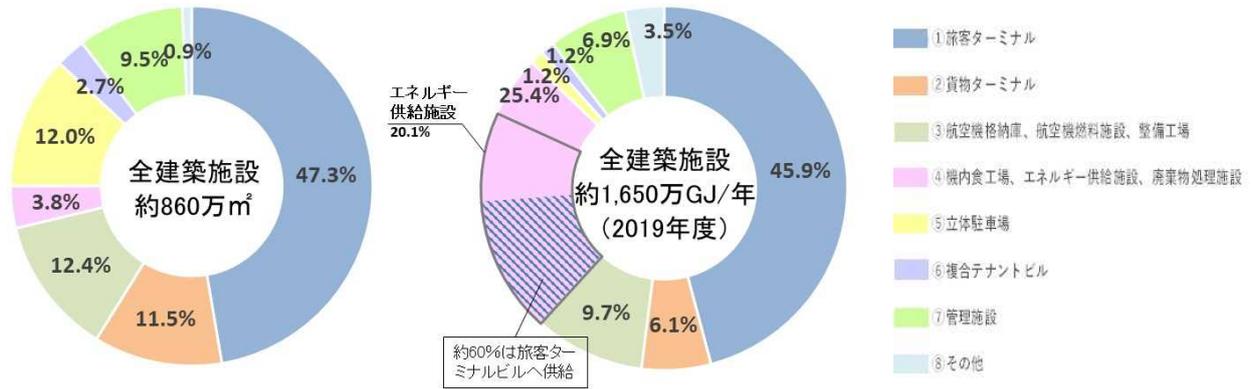
全国 97 空港にある空港建築施設の延床面積を全て合計すると、約 860 万 m² のストックがあるが、その約半分を占める施設は旅客ターミナルである。エネルギー消費量についても旅客ターミナル（全国合計 772 万 GJ/年）は全空港建築施設の約半分を占めており、脱炭素化の観点からも重要な役割を担っている空港建築施設である。

また、エネルギー供給施設（339 万 GJ/年）を有する空港もあり、当該施設のエネルギー消費量は全空港建築施設におけるエネルギー消費量の 20.1%を占めるが、その約 60%が旅客ターミナルビルの空調・給湯利用であることから、実質的に約 58%が旅客ターミナルビルでのエネルギー消費量となっている（図 3.1.1）。

そのほか、航空貨物を取り扱う貨物ターミナルビル、航空機燃料を貯蔵している航空機燃料施設、航空機の整備を行う格納庫、航空機との交信を行う庁舎管制塔などがある。また、空港の中には、機内食工場や廃棄物処理施設といった施設を有する空港もあり、さらに航空運送事業以外の用途に供する警察・消防ヘリ格納庫といった施設がある空港も存在する。

これら多様な用途が存在する空港建築施設の脱炭素化手法の検討を行う上で、表 3.1.1 のとおり空港建築施設の用途により類型化し、以降本マニュアルにおける空港建築施設の基本類型とする。

また、空港建築施設の規模については、同じ用途の施設であっても空港の規模により様々であるが、図 3.1.2 に示すとおり、1 棟当たりの延床面積が 1,000 m²未満の建物が全空港建築施設の過半数を占めている。建物規模による省エネ化手法への影響に関しては、空調方式の違いが最も大きなものであるため、省エネ化手法の検討に当たっては、施設の用途も考慮の上、適切な空調方式を選定することが必要である。



分類別建築施設ストック量(延床面積)

分類別一次エネルギー消費量^{*1}

図 3.1.1 空港建築施設のストック量(延床面積)とエネルギー消費量

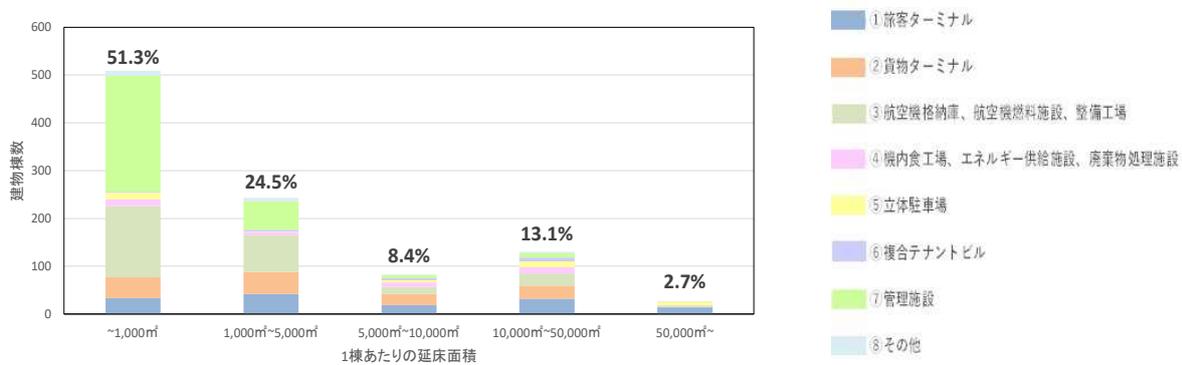


図 3.1.2 空港建築施設のストック量(棟数)の延床面積分布

表 3.1.1 空港建築施設の基本類型

NO	空港建築施設の用途	主な建物の種類
①	旅客ターミナル	旅客ターミナルビル (国内・国際) 付属施設 (ホテル、事務所ビル)、CIQ 施設 等
②	貨物ターミナル	貨物ターミナルビル (国内・国際)、航空会社上屋、代理店上屋、生鮮上屋 付属施設 (事務所ビル) 等
③	航空機格納庫	整備格納庫、警察・消防ヘリ格納庫 付属施設 (事務所ビル) 等
	航空機燃料施設	燃料供給施設 (燃料タンク、ポンプ等) 付属施設 (管理事務所、車庫、整備場) 等
	整備工場	原動機・部品工場、エンジンテスト場、GSE 整備場、GSE 車両給油所 等
④	機内食工場	機内食製造工場、搭載室、保管庫 等
	エネルギー供給施設	地域冷暖房供給施設、上下水供給処理施設 等
	廃棄物処理施設	SD プラント、廃棄物焼却施設 等
⑤	立体駐車場	空港利用者用駐車場、従業員用駐車場
⑥	複合テナントビル	複合テナントビル、ホテル、複合商業施設 等
⑦	管理施設	庁舎、管制塔、空港管理事務所、空港管理ビル、電源局舎、空港保安無線施設等の局舎 (無線局舎)、消火救護施設、気象施設、海上保安庁施設 等
⑧	その他	空港アクセス施設 (駅舎、ボートターミナル等) 等

^{*1} 2019 年度の各空港建築施設のエネルギー消費量である電気、燃料 (都市ガス、重油など) にエネルギーの使用の合理化等に関する法律施行規則 4 条別表第 1、3 のエネルギー換算係数を乗じて算出した発熱量

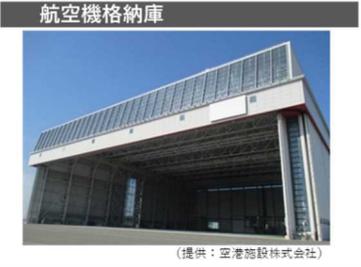


図 3.1.3 空港建築施設の建物外観

3.1.2 脱炭素化の視点からみた空港建築施設の特徴

脱炭素化の視点からみた空港建築施設共通の特徴を以下に述べる。

- ・航空法による高さ制限により、低層で広い屋根面や屋上を持つ施設が多い。
- ・空港建築施設は、意匠・景観面や機能面から、窓ガラスの面積が大きく、天井高の高い大規模空間を有する特徴があることから、Low-E ガラスや複層ガラスにより断熱性能や日射抑制効果を高めることで、熱負荷を大きく削減する効果が期待できる。
- ・旅客ターミナルビル以外の空港建築施設は、全体の 50%程度の建物が 1,000 m²以下の建物であり、当該施設規模に見合った空調方式として個別分散空調方式が主な空調方式として採用されていると考えられ、空調機器の高効率化を図ることが主要な省エネ手法となる。
- ・全国 97 空港へのアンケート調査で全空港の平均運用時間（旅客ターミナルビルの営業時間とする）は 12.5 時間、旅客数の多い 8 空港の平均運用時間は 21 時間であった。空港建築施設以外の一般的な建物の同用途の室と比べ、運用時間が長くエネルギー消費量が大きい傾向にあることから、機器の高効率化と併せて、各設備運転のスケジュール管理による稼働時間の適正化などの運用面の対策も有効である。
- ・空港の運用状況に応じて各施設の使用状況も大きく変動し、また季節によっても使用状況が異なることから、インバーターによる空調機の変風量制御等、部屋の使用状況に合わせて各設備の運転制御を効率的に行うことが有効である。
- ・空港建築施設で使用する設備には、航空機運航に必要となる無線施設や空港運用に必要となる旅客手荷物用の搬送設備など、空港特有の設備がある。
- ・また、空港建築施設は、航空局、地方自治体、空港ビル会社等の建築施設管理者に加えて、航空会社、CIQ、二次交通事業者、商業・サービス事業者、運送事業者等、様々な事業者等により運営されていることも大きな特徴であり、様々な関係者が一体となり脱炭素化に取り組んでいく必要がある。

脱炭素化の視点からみた代表的な空港建築施設の特徴を以下に述べる。

①旅客ターミナルビル

- ・国際線ターミナル、国内線ターミナル、LCC 専用ターミナルでは、旅客滞在時間中の利便性・快適性等の環境を整えることがサービスレベルの維持に繋がるため、同質の環境をより少ないエネルギー消費で提供する高効率建築設備や不要な空調・照明を低減する局所設備（タスク・アンビエント）が脱炭素化に効果的である。
- ・旅客ターミナルビルは、エプロンスポットとの配置の関係から横長な形状になる特徴があり、空調設備の冷媒等の熱源エネルギー等の水平搬送距離が長くなりやすいため、搬送動力設備（ポンプ・ファン）の高効率化が有効である。
- ・室用途に発熱密度の高い店舗、売店が多く面積を占有するため、冷房効率化や高効率照明器具の採用が脱炭素化に有効となる。
- ・運転時間、待機時間の長いエスカレーター、BHS、MSW 等の消費電力の削減効果が大きい。
- ・建物内部に出発・到着ロビー、出発ゲートラウンジ等の大空間が計画されることが多く、それに伴い外壁のガラス面積が大きい施設となるため、日射の遮蔽と昼光の取入れを考慮した外皮デザインによって、空調・照明のエネルギー削減を行うことが必要となる。また、大断面となる

ガラス面近くの温熱環境のために、全体空調を行うのではなく、居住域空調を採用することで、空調エネルギーの削減に効果がある。

②貨物ターミナルビル

- ・貨物上屋と事務所等の付属施設より構成され、貨物上屋は照明、換気設備の他に、規模や扱う貨物により空調設備、ラック倉庫、冷凍冷蔵庫、充電設備等が設置される。貨物ターミナルビルの大きな特徴である大空間となる貨物上屋については、照明器具による消費エネルギーの占める割合が高いことからLED照明器具の採用は大きな効果がある。
- ・貨物ターミナルビルは、旅客ターミナルビル同様にエプロンスポットとの配置の関係から横長な形状になる特徴があるため、搬送動力設備（ポンプ・ファン）の高効率化が有効である。
- ・一方、事務所等のエリアについては、空調エネルギーの割合が高いため高効率パッケージエアコンの導入などが効果的である。

③航空機格納庫、航空機燃料施設、整備工場

- ・航空機運用のための補助施設として、施設内に航空機を格納させるため、空間が大きく換気量が多い室をもった施設である。
- ・航空機燃料施設については、貯蔵タンクとポンプ機械室の供給施設が主となり、燃料を扱う機械室のため換気量が比較的多い施設である。
- ・事務室などの他にサーバー室などの年間冷房負荷を要する室が併設されることが多いため、空調エネルギー削減においては、高効率な空調機器（冷房）の計画が必要となる。
- ・格納庫等に設置されている航空機整備に使用する機材等に対して再生可能エネルギーが利用できるようになると脱炭素化に向けて効果的である。

④機内食工場、エネルギー供給施設、廃棄物処理施設

- ・空港を運営するための補助施設として、厨房や熱源機器のような多様な設備が設置されている施設である。
- ・エネルギー供給施設については、供給するエネルギーの製造に伴い消費するエネルギーは、供給対象施設の消費エネルギーとして計上されるため、供給先のエネルギー消費量を左右する重要な施設である。
- ・建物の省エネとしては、運営のための事務室、会議室などがあるため、換気設備の負荷削減が効果的である。全熱交換器の設置による外気負荷の削減・外気導入の適正化に関する制御（人感センサーなど）が挙げられる。

⑤立体駐車場

- ・立体駐車場は、屋内の場合は換気量が多いため、換気設備等の運転制御による高効率化が効果的である。また、照明設備の人感センサー制御なども有効となるが、安全面での配慮も必要となる。

⑥複合テナントビル、ホテル、複合商業施設等

- ・商業施設やテナントビルは、発熱密度が高く、冷房効率化や高効率照明器具の採用が脱炭素化に有効となる。
- ・ホテル等は、建物内で冷暖房要求が同時に発生することの多い施設であるため、個別性に優れた空調計画が必要となる。

⑦管理施設等

- ・庁舎、管制塔等の施設は、管制設備、通信設備、気象関連設備、訓練設備等が設置され、これら機器の運用のための空調設備も必要になることから、一般の事務所ビルに比べ電力需要が大きく、冷房効率化が省エネ化には有効となる。一方、厳格な温湿度管理が求められることから、航空局が管理する当該施設の機器室等には航空局独自の空調システムを採用している。建物用途としては、概ね事務用途であり、一般的な事務所向け省エネルギー手法が有効となるが、信頼性のある空調機器の検討が必要になる。

⑧その他（空港アクセス施設（駅舎、ボートターミナル等）等）

- ・空港アクセス施設などは、屋外環境に近い施設（地下鉄駅舎除く）であり、換気の面では自然通風性能が高い。一方で防犯・安全上も長時間の空調・照明設備の稼働が想定される。設備の停止が出来ない場合は、設定温度や照度設定の運用を定期的に見直すことが必要となる。

3.1.3 これからの空港建築施設の脱炭素化に向けた基本的な考え方

(1) これからの空港建築施設が目指す方向

空港の脱炭素化については、2030 年度までに各空港における温室効果ガス排出量を 2013 年度比で 46%以上の削減を達成することを目指すとともに、我が国の空港全体においてカーボンニュートラルの高みを目指し、さらには 2050 年度に向けて、新たな技術の活用促進及び更なる炭素クレジットの創出・利用拡大を図ることを目標としている。一方、建築物における 2050 年カーボンニュートラルに向けた目標達成のための施策については、「地球温暖化対策計画」や「第 6 次エネルギー基本計画」等において、2050 年のカーボンニュートラル実現の姿を見据えつつ、2030 年に目指すべき建築物の姿としては、現在、技術的かつ経済的に利用可能な技術を最大限活用し、新築される建築物については ZEB 基準の水準の省エネルギー性能が確保されていることを目指すこと等を目標としている。また、官公庁施設においては、「政府がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の削減等のため実行すべき措置について定める計画（令和 3 年 10 月 22 日閣議決定）」に、今後予定する新築事業については、原則 ZEB Oriented 相当以上としつつ、2030 年度までに、新築建築物の平均で ZEB Ready 相当となることを目指すこととしている。

このため、これらを踏まえ、今後の空港建築施設の整備等は、新築（増改築を含む）又は改修時の省エネ検討において、表 3.1.2 のとおり ZEB 基準の水準の省エネルギー性能の確保を目指す必要がある。なお、ZEB 基準におけるより上位の省エネルギー性能を満たすことが可能な建築物においては、積極的に更なる高みを目指すことが望ましい。

表 3.1.2 マニュアル（案）における ZEB 基準の水準

	新築（増改築を含む）	改修
官公庁施設	原則 ZEB Oriented 相当以上とし、2030 年度までに新築建築物の平均で ZEB Ready 相当となることを目指す。その実現に向け、『ZEB』、Nearly ZEB、ZEB Ready の基準を満たすことが可能な建築物においては、積極的に、より上位の ZEB 基準を満たすものとする。	建築物省エネ法に定める省エネ基準に適合する省エネ性能向上のための措置を講ずるものとし、省エネ基準を超える ZEB 等の省エネ性能（ZEB Oriented 相当以上）を満たすことが可能な建築物においては、当該性能を積極的に満たすものとする。
民間施設	2030 年に目指すべき建築物の姿としては、新築される建築物については ZEB 基準の水準の省エネルギー性能が確保（ZEB Oriented 相当以上）されていることを目指す。	省エネルギー改修や省エネルギー機器導入等を進めることで、2050 年に建築物のストック平均で ZEB 基準の水準の省エネルギー性能が確保（ZEB Oriented 相当以上）されていることを目指す。

旅客ターミナルビル等の空港建築施設からは年間約 78 万トンの CO2 が排出されている(図 3.1.4)が、これらの施設は建設後、相当年数が経過している施設やこれまでに増改築を繰り返している施設がある。増改築時の設備更新に合わせた効率化により省エネ化を図っている場合もあるが、整備費用の面からも比較的採用しやすい省エネ対策が優先的に実施されている傾向にある。

築年数の状況を踏まえると、2050 年に向けて既存施設の改修が増加していくことが想定される(図 3.1.5)ため、さらなる省エネ化を促進し、脱炭素化を実現するためにも、空港建築施設の特徴を踏まえた最適な手法による省エネ化に取り組んでいく必要がある。

また、既存施設の改修による省エネ化は既存システムとの適合性や新規設備導入スペースの確保、また施設を運用しながらの改修工事が必要となる等の制約も多く、目標とする CO2 排出削減量を達成できないことも想定されるため、太陽光発電システムを始めとする再生可能エネルギーの最大限の導入により、さらにカーボンニュートラルの達成に向けて検討していく必要がある。特に太陽光発電システムは、空港建築施設の大きな特徴である低層で広い屋根面や屋上面を有する施設への導入に大きな効果が期待できる。

一方、太陽光発電システムを含め再生可能エネルギーは発電した電力に余剰が生じた場合に、それらを蓄電し、夜間の電力等に有効利用するなど、蓄電池の導入についても合わせて検討していく必要がある。

ただし、太陽光発電システムを始めとする再生可能エネルギーは、参考資料 1.4 NET-ZEB 達成に必要な太陽光発電システムの導入コスト試算 に示すとおり、導入には多大な費用を要することから、設備投資に係る費用対効果の面では課題が残る。今後の技術開発によりコストダウン等の可能性も考慮すると、当初から太陽光発電システム等の再生可能エネルギーの導入を検討するよりも、まずは費用対効果が大きい省エネ化を徹底した上で、再生可能エネルギーの導入を進めることが、設備投資面においても効果的に脱炭素化を行うことができる。

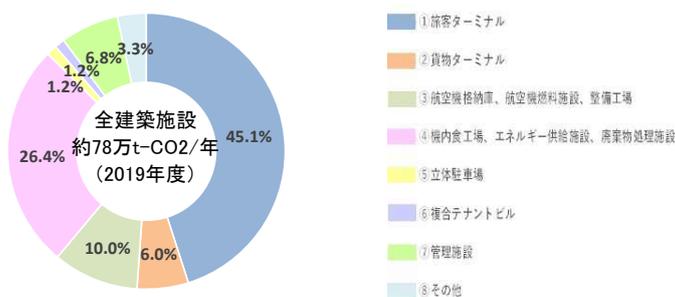


図 3.1.4 空港建築施設の CO2 排出量

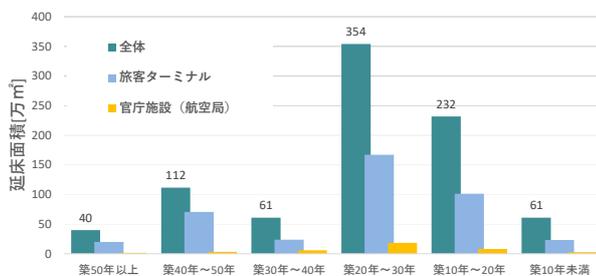


図 3.1.5 空港建築施設の築年数別ストック量 (延床面積)

(2) 空港建築施設における脱炭素化の実現に向けた取組の方向性

空港建築施設は、建物の用途や規模、利用状況はもとより、地域や立地条件等により使用されるエネルギー量やエネルギーの構成が異なっており、脱炭素化を進める上では、これら特性を踏まえた対応が求められる。また、検討を行う個々の施設の運用状況やエネルギーの使用状況を把握した上で、適切に省エネ化や再生可能エネルギー技術の導入検討を行うことが重要である。

さらに、空港建築施設の脱炭素化の実現のためには、施設整備のみならず、施設を運用する上での対策も重要である。建物全体のエネルギー・マネジメントを行い、無駄の無い効率的な設備運転を行うことも脱炭素化を実現する上で有効的な取り組みである。

また、LED 照明器具に代表されるように、省エネ・再生可能エネルギー技術の開発・研究は日々進歩しており、高効率化・高機能化が進んでいる。現在技術開発・研究途中の省エネ・再生可能エネルギー技術についても、動向を注視し、適宜取り入れていく必要がある。

本節では、標準的な旅客ターミナルビルをモデルケースとし、現在の汎用的な技術を用いて ZEB 基準の水準の省エネ性能の確保に必要な省エネ技術の導入方法の検討を行ったので、検討時の参考となるよう次のとおり記載する。

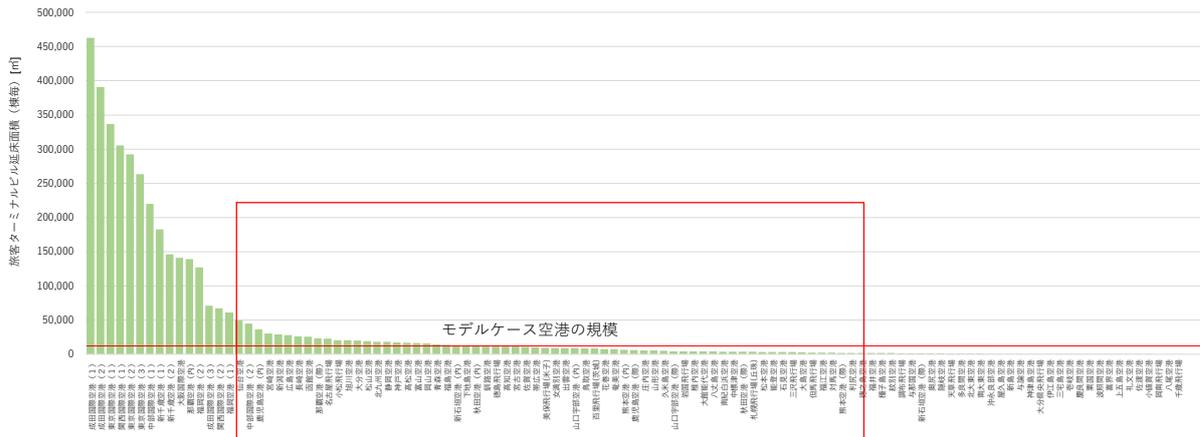
- ・標準的な旅客ターミナルビルをモデルケースとして、設備（空調、換気、照明、給湯、昇降機）の省エネ化として採用した技術と CO2 排出量削減効果の試算例を a)～d) のとおり示す。
- ・モデルケースは、全国 97 空港の旅客ターミナルビルの規模(図 3.1.6)を考慮し、延床面積 19,000 m²程度の架空の旅客ターミナルビルを設定した。(表 3.1.3)

表 3.1.3 モデルケース(旅客ターミナルビル)諸元

構造	S造
階数	地上3階、地下1階
建物の高さ [m]	15
階高 [m]	4.5,4.0
建築面積 [m ²]	10,883
延床面積 [m ²]	19,277
省エネ基準地域区分	6
日射区分	A3
部屋数	347
空調室の割合	67%

- ・また、サンプル空港において、既存施設に対するの省エネ化を行った場合の CO2 排出量削減効果について検討を行ったので、その結果を参考資料編に記載する。
- ・試算方法は、ZEB の判断基準として用いられる「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律(建築物省エネ法)」の「エネルギー消費性能計算プログラム (非住宅版)」(WEBPRO) の算出結果に基づき記述しており、WEBPRO の概要は 3.1.4 に示す。

全国97空港の旅客ターミナルビル延床面積（棟毎）



全国97空港の旅客ターミナルビル延床面積（棟毎）拡大部分



出典：2021年度 全国空港ターミナルビル要覧(2021年9月1日時点) ほか

図 3.1.6 全国 97 空港のターミナルビル延床面積

a) 脱炭素化実現のための検討方針

- ・脱炭素化のために空港建築施設に必要なことは、建物のエネルギー消費を抑えることである。
- ・建物のエネルギー消費は、空調、換気、照明、給湯、昇降機の設備およびその他（コンセントを使うエネルギー消費や特殊設備）に分けられる。
- ・エネルギー消費量の低減は、設備の効率化を行うことで実現される。空調では、高効率な熱源や熱負荷の変動に追従できる制御システムを導入する等、照明では高効率な LED 照明や人感センサー、明かりセンサーによる制御システムの導入等が挙げられる。
- ・建築物の高断熱化や日射の遮蔽により熱負荷を削減させることで、空調のエネルギー消費量を低減させる。
- ・実際の検討においては、省エネ化だけでは必要とする CO2 排出削減量を達成することが出来ないことも想定されるため、再生可能エネルギーの導入によるカーボンニュートラルの達成に向けた検討が必要である。

b) 採用手法

延床面積約 19,000 m²の旅客ターミナルビルについて、採用した省エネ技術を示す(図 3.1.7)。

建築では全面的に Low-E ガラス（日射遮蔽係数 0.4）の採用を行って日射抑制を図った。BPI 0.54、PAL* 367MJ/m² となり、年間 CO2 排出量を 10%以上の削減に寄与している。

空調については、高効率熱源（モジュールチラー 合計 1,800kW）、冷温水変流量制御・大温度差送水を用いることで 3.5%程度の削減となり、高効率熱源（パッケージエアコン 合計 1,045kW）を採用することで、1.4%の削減を行うことができた。空調二次側での省エネ技術として、空調機の変風量制御、予熱時外気取り入れ停止制御、外気冷房制御、CO2 濃度による外気量制御によって 14.2%の削減となった。

換気については、送風機インバーター設置による効果が 1.4%削減となった。これは、局所排気をインバーターの設置が出来ない単相ファンとした計画のため、大きな換気量となる厨房送風機のインバーター効果が薄まったためと考えられる。

照明は、LED 照明により 18.5%の削減効果があり、個別の技術としては最も CO2 削減効果が高い。在室検知制御、明るさ検知制御、タイムスケジュール制御を行うことで更に 1.2%の削減が可能となる。

給湯は、自動給湯栓やヒートポンプ給湯器（洗面、厨房）により 3.2%の削減効果が得られ、昇降機については、ギアレス巻上機と電力回生を採用して、1.4%の削減となった。

結果として、建物全体では省エネ法基準値の 45.1%まで省エネ化できることになった。

一方、省エネ対策のみでは、カーボンニュートラルの達成はできないため、不足する一次エネルギー消費削減量については、太陽光発電システム等の再生可能エネルギーを導入することで賄うことが必要となる。

なお、採用手法の導入による CO2 排出量の削減量に関して、検討の順番によっては、同様の技術でも削減効果が変わる場合がある。本検討では、一般的な設計の手順として、最も CO2 排出量の削減に効果的と考えられるものとし、①建物熱負荷の決定⇒②熱源容量の決定⇒③二次側システムの詳細決定の順番で計算を行った結果を示す。また、サンプル空港の建築施設における採用手法の検討手順に関する検証結果は参考資料編の 1.2 省エネ化手法の採用順番による効果検証結果に示す。

省エネ技術の分野

● 建築 ● 空調 ● 換気 ● 照明 ● 給湯 ● 昇降機

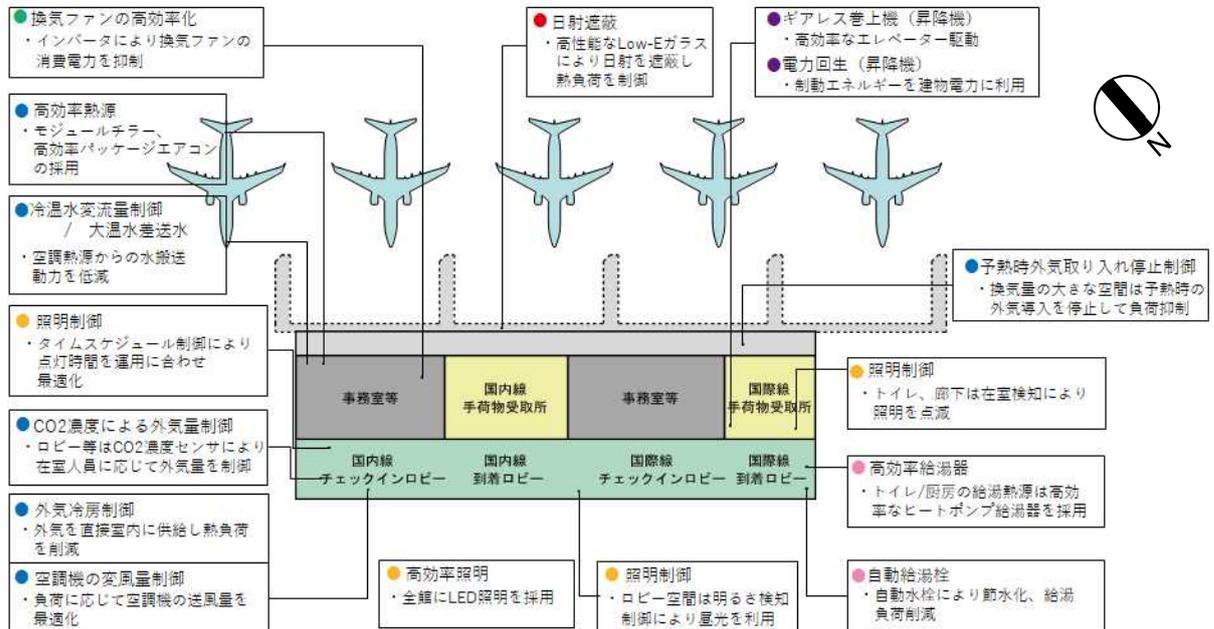


図 3.1.7 モデルケース(旅客ターミナルビル)の省エネ採用手法

c) エネルギー消費量、CO2 排出量試算結果

以下にモデルケースでの検討結果を示す。(表 3.1.4)

表 3.1.4 モデルケースの省エネ手法採用による WEBPRO 計算結果

	一次エネルギー消費量 (GJ / 年m ²)		CO2排出量 (kg-CO ₂ / 年m ²)	
	基準	対策後	基準	対策後
空調設備	944.51	542.77	45.48	26.14
換気設備	120.76	66.55	5.82	3.20
照明設備	718.84	180.25	34.62	8.68
給湯設備	105.13	55.16	5.06	2.66
昇降機	21.63	17.31	1.04	0.83
計 (その他除く)	1,910.87	862.04	92.02	41.51
BEI (その他除く)	1.00	0.46		

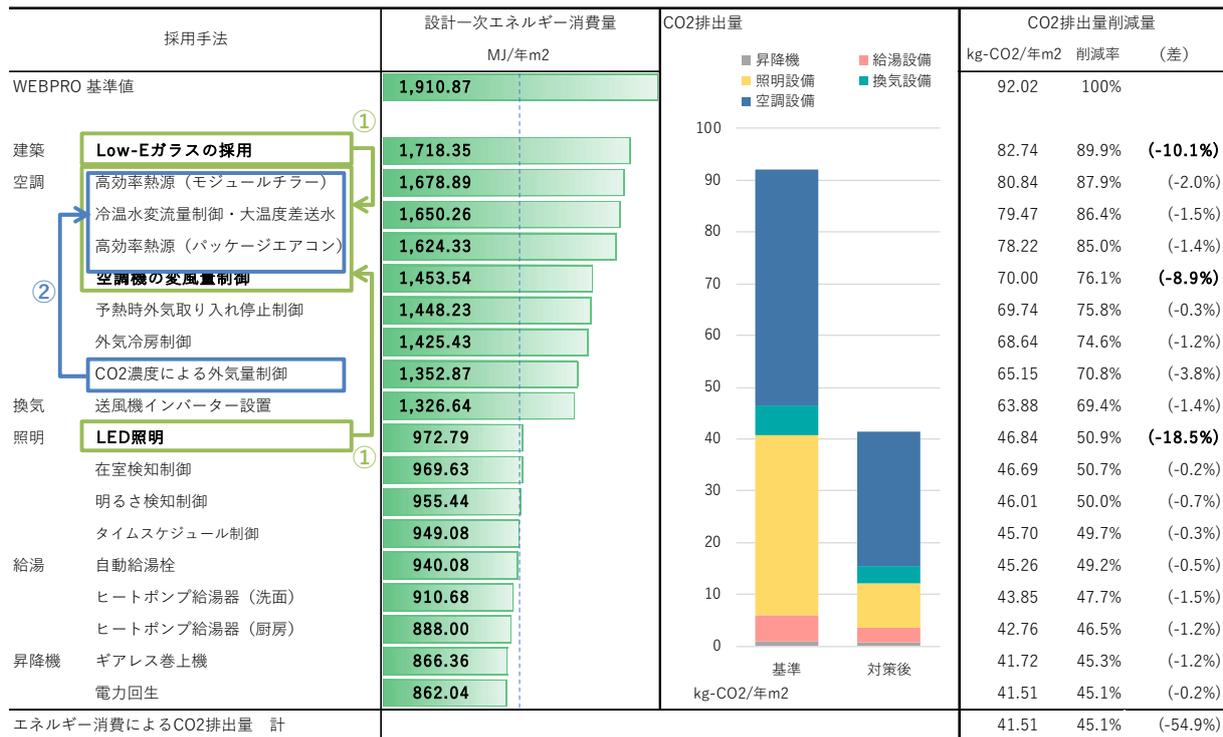


図 3.1.8 モデルケース(旅客ターミナルビル)の省エネ手法の効果一覧

①高断熱化・日射抑制は、建物内の熱負荷を低減させることから、空調機やポンプ・ファンの必要とする機器能力を低減させることが可能となり、その上で高効率な機器の選定を検討することで、最適な能力の機器を採用することができるため、より一層のCO2削減効果が得られる。また、LED照明についても熱負荷を低減させることから、同様の効果が期待できる。

※OA 機器などの内部発熱を制御できれば、更なる熱負荷の削減も期待できる。

②CO2濃度による外気量制御により、各室に供給される外気量が在室人員に応じた風量に制御できることから、外気負荷が低減されることとなり、熱源やポンプの機器能力を低減させることが可能となり、その上で高効率な機器の選定を検討することで、最適な能力で高効率な機器を採用することができるため、より一層のCO2削減効果が得られる。

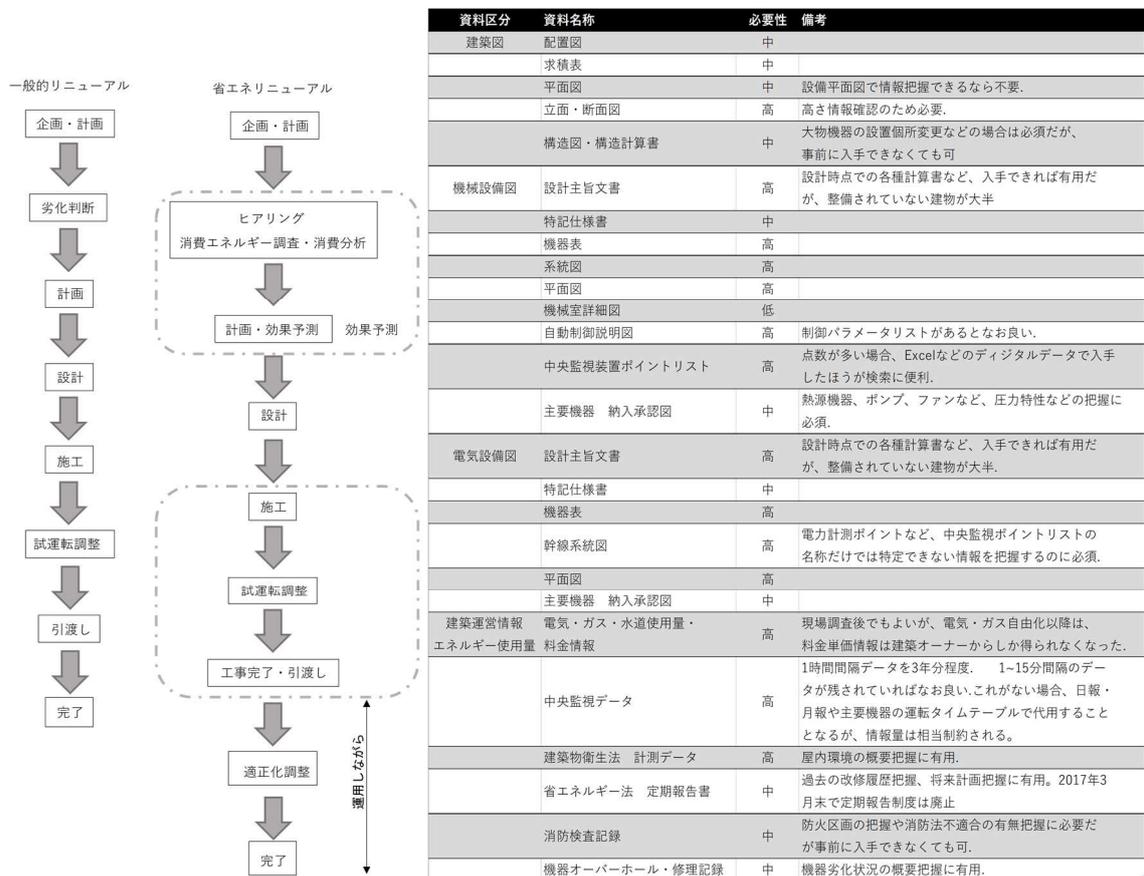
以上のことから、建物内部及び外部からの熱負荷を抑制することにより相乗効果が得られ、また、機器能力を低減することによるコストメリットにも期待できる。

d) 計画検討時のポイント

① 新築と改修

新築時において、各技術は敷地条件やコストが合えば計画が可能となる。一方で、改修の場合では、制約条件（主に、施設運用しながらの工事による工期・コスト、設備機器の搬入ルート及びスペース、既存建物の運用時間帯の設備停止可否、部分営業などの工事期間営業形態、設備システムのメイン/サブ、道連れ工事 等）を広く検討して、計画にあたる必要がある。

また、一般的な改修計画が喫緊性の高い課題に注力するのに対して、省エネルギーを目指した改修は、効果予測など十分に費用対効果があるかの検討期間および実施できているか確認する検証期間を設けることでより一層の省エネ実現に繋がる。新築時にも同様の検討は必要であるが、既存施設の情報などベースラインを策定しやすい改修計画では必須事項といえる。

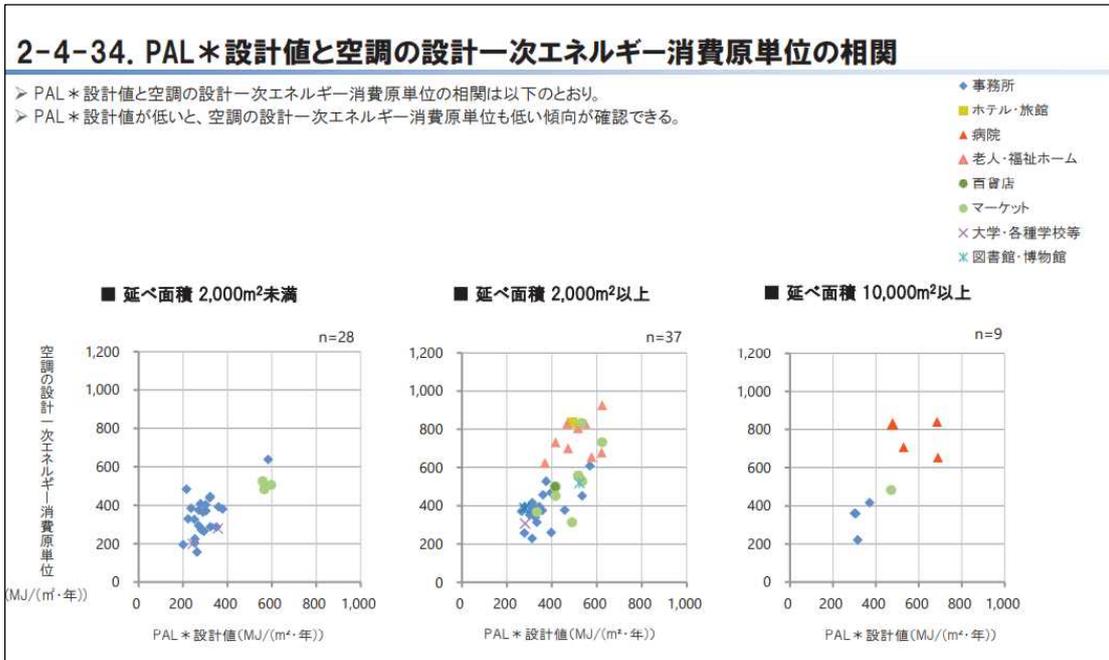


出典：「省エネ」リニューアルの計画設計 建築設備技術者協会 編

図 3.1.9 既存リニューアルの業務フローおよび事前収集

② 施設規模

一般に、建物規模が小さくなるに従い、外皮負荷が比率を増してくるため、外皮対策が重要となることが言われている。下記に外皮性能を示す PAL* と空調エネルギー消費の相関を示す。規模の大小に関わらず正の相関を確認でき、建物規模に依らず外皮性能の向上は脱炭素化に効果的であることが確認できる。(図 3.1.10)



「ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業 調査発表会 2021」資料 (sii.or.jp)

https://sii.or.jp/zeb03/uploads/ZEB_conference_2021.pdf

図 3.1.10 PAL*設計値と空調の設計エネルギー消費量の相関

施設規模によって、適用される空調システムは個別分散空調方式とセントラル方式に大別される。従来、中小規模建物で大型熱源機器が設置出来ない建物で用いられてきた個別分散空調方式が、大規模建物でも採用されるようになり高効率化も進んでいる。特に増築改修などの際には既存熱源システムの工事が不要となるため、空港建築施設においても導入が進んでいる。セントラル方式は水を介して再生可能エネルギー（バイオマス熱、雪氷熱）を利用しやすいのに対して、個別分散空調方式は外部からの熱を利用しづらい機構となっていることに留意しておく必要がある。(図 3.1.11)

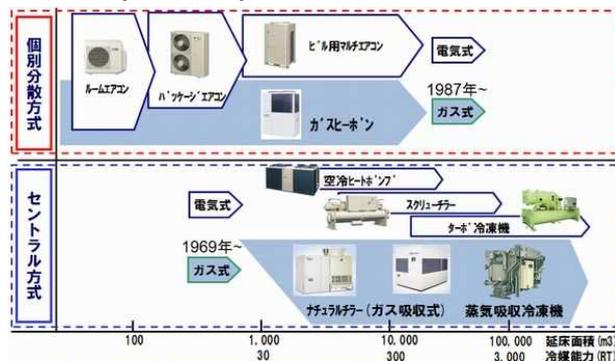


図 3.1.11 建物規模と主たる空調方式の関係

③ 地域性

同規模の施設であっても地域が異なれば、省エネ技術の効果に変化が生じる。換気設備や照明設備について、地域による変化は生じないが、空調設備と給湯設備については、地域によって変化が現れるため、地域特性を考慮した経済的な省エネ対策が必要となる。

c) のモデルケース検討における試算結果を、東京と那覇、2つの地域条件にてWEBPRO計算を実施した結果を示す。(図 3.1.12)

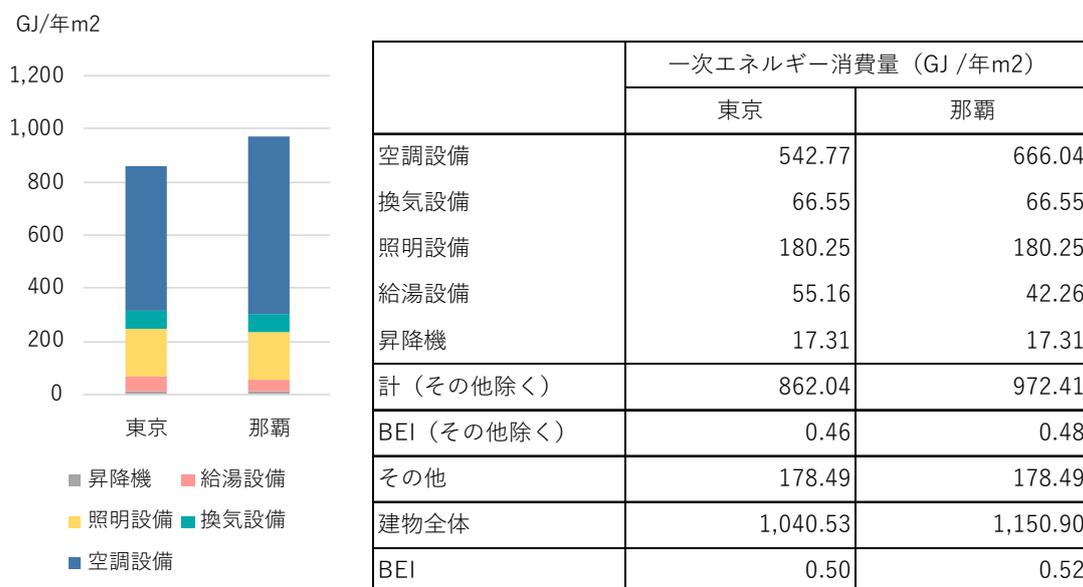


図 3.1.12 モデルケース(旅客ターミナルビル)の WEBPRO 地域区分結果比較(東京・那覇)

東京と那覇での地域比較

- 空調設備技術の効果 : 東京 大 那覇 中
⇒冷暖房比率を考慮した空調熱源計画が必要となる。
- 換気設備技術の効果 : 東京 中 那覇 中
- 照明設備技術の効果 : 東京 大 那覇 大
- 給湯設備技術の効果 : 東京 大 那覇 小
⇒給湯負荷を考慮した給湯計画が必要となる。
- 昇降設備技術の効果 : 東京 小 那覇 小

3.1.4 WEBPRO による省エネ技術の評価

3.2以降の個別技術は、ZEBの判断基準として用いられる「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律(建築物省エネ法)」の「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)」(以降WEBPRO)の算出結果に基づき記述している。

WEBPROは、建築物の熱的外皮性能と、建築設備(空調、換気、照明、給湯、昇降機、太陽光発電システム、コージェネレーション)によるエネルギー消費性能を評価するプログラムで、評価指標、算出方法は以下の通りである。

建築物の熱的外皮性能：評価指標はPAL*、BPI

- ・PAL* : 建物外周部の年間熱負荷 ÷ 建物外周部の床面積
- ・BPI : 設計年間熱負荷 ÷ 基準年間熱負荷

設計エネルギー消費性能：評価指標は設計一次エネルギー消費量、BEI

- ・設計一次エネルギー消費量 : 各設備の設計一次エネルギー消費量の合計
- ・BEI : 設計一次エネルギー消費量 ÷ 基準一次エネルギー消費量

表 3.1.5 エネルギー原単位

燃料	エネルギー原単位		燃料	エネルギー原単位	
電力	9.76	MJ/kWh	灯油	36.7	MJ/L
都市ガス	45	MJ/Nm ³	軽油	38.2	MJ/L
重油	39.1	MJ/L	LPG	50.2	MJ/kg

出典：エネルギーの使用の合理化等に関する法律施行規則

基準値は、室用途ごとに設定された標準的な使用条件(負荷条件、利用時間など)に基づき、地域ごと、設備ごとに定められており、室ごとに年間熱負荷および年間エネルギー消費量を算出し、その合計値を計算結果としている。

地域は、日本全体を8つの地域(地域区分1~8)に分類し、地域毎に判断基準値やエネルギー消費量計算に使用する気象データ等が用意されている。

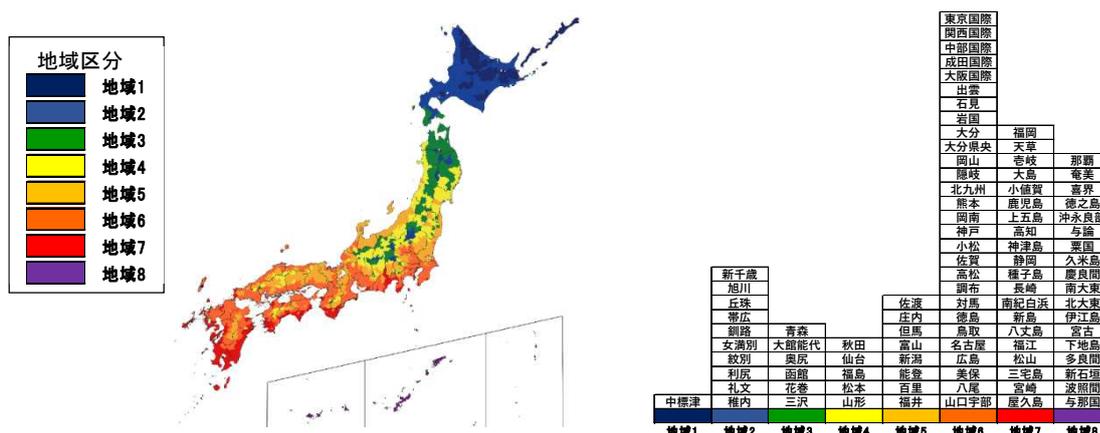


図 3.1.13 地域区分^{※2}と全国 97 空港

出典：エネルギー消費量算定プログラム解説(非住宅版) Ver3

^{※2} 実際には市区町村レベルで詳細に区分されているため、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>)「1.3 入力に関する参考情報・その他」に掲載されている「地域の区分および年間の日射地域区分(新区分)」を参照

また、3.2 以降の個別技術で算出している CO2 排出量は、WEBPRO で算出した年間エネルギー消費量（二次エネルギー消費量）に CO2 排出量原単位を乗じて算出している。（表 3.1.6）

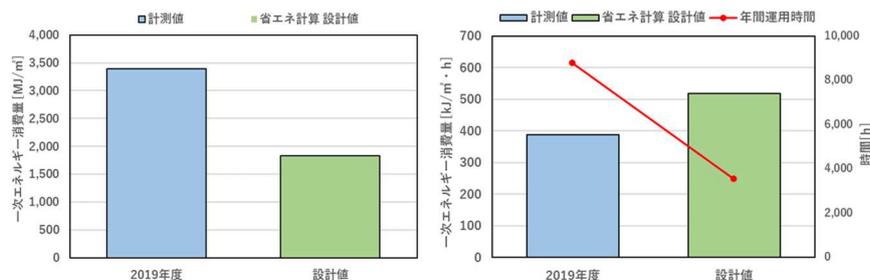
表 3.1.6 CO2 排出量原単位

燃料	CO2 排出量原単位	
電力	0.47	kg-CO2/kWh
都市ガス	2.23	kg-CO2/Nm3
重油	2.71	kg-CO2/L
灯油	2.49	kg-CO2/L
軽油	2.58	kg-CO2/L
LPG	3.00	kg-CO2/kg

出典：環境省温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧
室用途と WEBPRO 用途の関係

空港建築施設を WEBPRO で評価するにあたり室用途の決定にあたっては、以下のような事例があり、WEBPRO 計算と実態のエネルギー消費量が合わない場合があるので WEBPRO 計算値と実際の消費エネルギー値を比較する場合の留意点となる。例えば、WEBPRO 計算では、建物用途および室用途によって運用時間と設備稼働率が計算プログラム上で決定されるが、運用時間の補正や任意の室用途を追加する等の変更を行うことができない。WEBPRO 計算による一次エネルギー消費量は、年間でのエネルギー消費量となるが、空港建築施設においては実態の運用時間が計算プログラム上の運用時間より長い傾向にある（図 3.1.14 右図 赤折線）ため、実際の計測値が WEBPRO 計算設計値より大きく出る可能性がある点に留意が必要である。このため、年間の一次エネルギー消費量を実際の運用時間あたりの一次エネルギー消費量に換算すると計測値の方が小さい傾向となった。これは、各空港施設での運用上の工夫による省エネ効果や WEBPRO 計算上評価されない省エネ技術等の効果が上乗せして評価されていると想定される。（図 3.1.14）。

- ・旅客ターミナルの用途が WEBPRO にはないため、室用途に応じて「事務所等」、「ホテル等」、「物販店舗等」、「飲食店等」等として扱われ、一義的に決定できない。
- ・貨物上屋は、WEBPRO では「工場等」扱いとなり照明のみが評価対象となる。
- ・格納庫の機材整備エリアは、WEBPRO では「工場等」扱いとなり照明のみが評価対象となる。
- ・エネルギー供給設備の機械室は、WEBPRO では「工場等」扱いとなり照明のみが評価対象となる。



年間一次エネルギー消費量 運用時間あたりの年間一次エネルギー消費量

図 3.1.14 空港旅客ターミナルビルの実測一次エネルギー消費量と省エネ計算の比較

3.2 建築物の構造等による省エネ手法

3.2.1 建築物の構造等による省エネ手法の概要

構造等による省エネとは主として建物の負荷の低減と自然エネルギーの有効利用を建物の意匠・構造面での工夫により可能にするものである。

建物における消費エネルギーの約半分を占める空調エネルギーについては、外部からの熱の侵入や外部への熱の流出によりエネルギーを大量に消費することになるため、如何に熱負荷の流入を抑制するかが課題である。

構造等による省エネ手法としては、地域性、季節等を考慮した上で、建物内外への熱負荷の移動を最小化することが求められ、その手法としては、壁面、屋根面等に断熱効果の高い建材を使用することや、窓面からの日射を遮蔽することが考えられる。特に空港建築施設の中でも旅客ターミナルビルの特徴である大開口のガラス面は、日射による熱の流入やガラスからの熱の流出が著しいことから、断熱性能が高いガラスの採用や、庇・ルーバーの設置等の工夫が求められる。

また、自然エネルギーを有効利用し、空調設備や照明設備の役割を賄うことによりエネルギーの消費を抑制することが可能である。建物内外の温度差や開口配置の工夫による自然通風は、心地よい外気を室内に取り込むことで空調や換気の運転時間の短縮を可能にする。また、自然採光は、採光窓から自然光を部屋内に取り込み、明るさセンサーによる調光制御や、運用による消灯を併用することで照明設備の使用を抑え、照明による消費エネルギーの削減を可能にする。一方で、直接の日射は冷房負荷を増大させるため、日射の角度や強度、建物方位を考慮したうえで、日射を遮蔽しつつ自然光を取り入れる等の工夫が求められる。

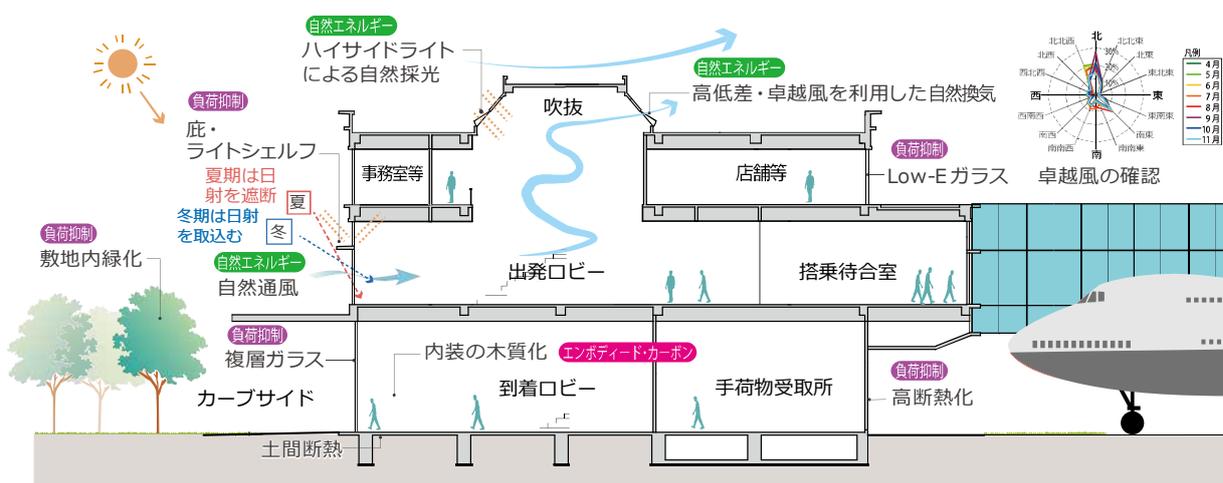


図 3.2.1 中規模旅客ターミナルビルにおける建築物の構造等による省エネ手法

表 3.2.1 建築物の構造等による省エネ手法一覧

技術名称 (★は優先度の高い技術を示す)	WEBPRO 評価	推奨 導入時期	推奨施設	推奨地域	掲載 ページ
1 高断熱化 (外壁)	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～7	29
2 高断熱化 (開口部)	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～7	30
3 ★日射抑制 (Low-E ガラス・庇)	○	新築時・ 改修時	①～④ ⑥～⑧	2～8	31
4 日射抑制 (自動制御ブラインド)	○	新築時・ 改修時	①～④ ⑥～⑧	1～8	32
5 ★日射抑制 (遮熱フィルム)	○	新築時・ 改修時	①～④ ⑥～⑧	1～8	33
6 自然通風・ナイトパージ	-	新築時	① ～⑧	1～8	34
7 自然採光	-	新築時	① ～⑧	1～8	35
8 クール・ヒートトレンチシステム	-	新築時	① ⑥⑦	1～8	36

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価） -：評価対象外

※推奨施設は表 3.1.1 空港建築施設の基本類型による。

※推奨地域は図 3.1.13 全国 97 空港の地域区分による。

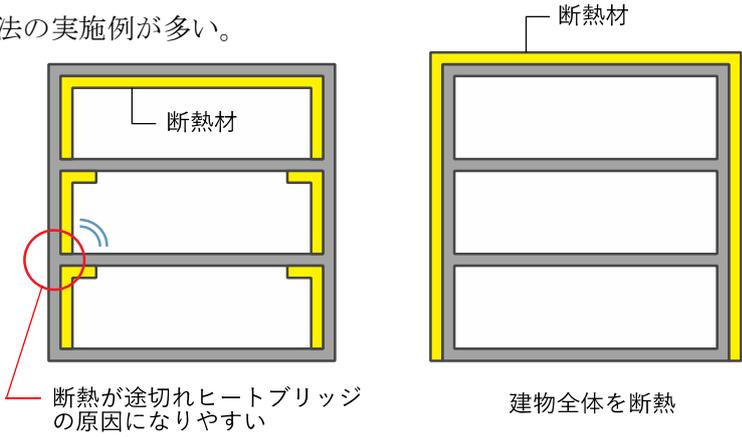
※★印は以下の観点から、優先度の高い省エネ技術であることを示す。

・CO2 削減効果の高い技術 ・他技術との相乗効果が期待できる技術 ・比較的導入が容易な技術

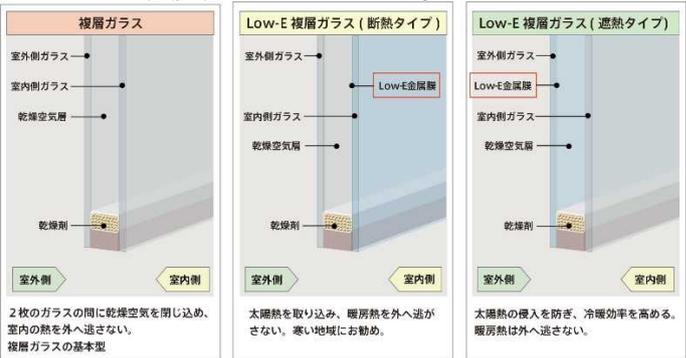
※各個表に示す導入時コストについては、検討ケースに記載した標準的な仕様の設備等を導入した場合と、省エネ技術を導入した場合の差額（上乗せコスト）を示す。

3.2.2 個別技術(対策)の事例紹介

技術の名称：1. 高断熱化（外壁）

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>外壁の高断熱化は、外壁や屋根に断熱を施し、外部からの熱の流入を抑制する技術。</p> <p>高断熱化は、熱負荷を削減するとともに、室内に面する壁の表面温度と室内温度の差が小さくなるため、下降冷気流（ドラフト）や壁面からの熱放射を抑制し、快適な居住環境の維持にも貢献する。</p> <p>断熱工法として、躯体の室内側を断熱する内断熱工法と、躯体の外側を断熱する外断熱工法があり、寒冷地では、確実な断熱が可能な外断熱工法の実施例が多い。</p>  <p>断熱が途切れヒートブリッジの原因になりやすい</p> <p>図 3.2.2 内断熱工法</p> <p>断熱材</p> <p>建物全体を断熱</p> <p>断熱材</p> <p>図 3.2.3 外断熱工法</p>
② コスト (導入時・光熱費)	<p>※検討ケース：外壁断熱なし→外壁断熱ポリスチレンフォーム 50mm（アクリルシリコン樹脂系仕上げ）／外壁面積 3,800m²</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 5.9～7.2 千円/m² 改修 8～9 千円/m²（外壁面積当たり） ・削減コスト（光熱費） -1,200 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>5.4～6.8 kg-CO₂/m²・年（外壁面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・断熱性能は暖房負荷に与える影響が大きいため、断熱性能の向上による効果は寒冷地（地域区分 1～3）では大きく、蒸暑地（地域区分 8）では効果が少ないことから、地域に応じて導入の可否を判断する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・内断熱工法は、断熱材が施されていない外気が接する壁やスラブ等は熱橋（ヒートブリッジ）となり結露の原因となるため、断熱範囲には留意する必要がある。 ・外断熱は、外壁の水密性の確保が必要になる。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・外断熱工法では、断熱材への水の侵入を防ぐために断熱材を覆う外装材の目地部分の点検、メンテナンスが必要となる。

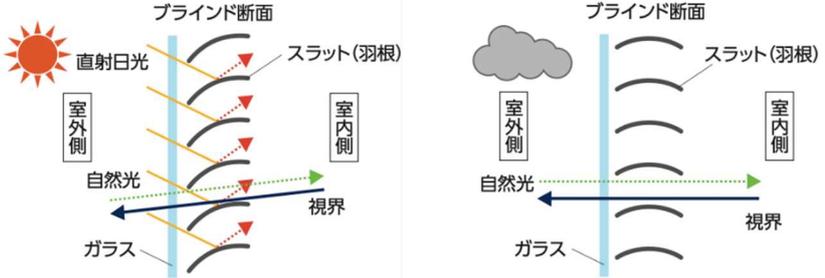
技術の名称：2. 高断熱化（開口部）

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>開口部の高断熱化は、断熱性の高いガラスや窓枠を使用し、開口部からの熱の流出入を抑制する技術。</p> <p>手法としては、二重サッシを使用する方法と、窓ガラス自体を複層ガラスにする方法があるが、品質の安定化に伴い複層ガラスが主流になりつつある。より断熱性の高い複層ガラスには、三層複層ガラスや遠赤外線を反射する金属膜をコーティングした Low-E ガラスを使用した複層ガラス・三層複層ガラス等がある。</p>  <p>図 3.2.4 代表的な複層ガラス 出典：三協立山株式会社 HP</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：単板ガラス→Low-E ガラス／窓面積 2,300m² ／改修は窓枠を利用する後付工法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 42～51 千円/m² 改修 100～120 千円/m²（窓面積当たり） ・維持管理費（部品交換（クレセント等））120 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -9,300 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>55～69 kg-CO₂/m²・年（窓面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・開口部は一般的に外壁よりも断熱性が劣るため、開口部の断熱強化は、地域区分 8 を除く地域で効果が期待できる。 ・寒冷地においては、ガラス面だけでなく窓枠を含めた高断熱化の検討が必要となる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・複層ガラスは、空気層の厚さや封入するガス（空気）の種類により断熱性能が異なるため外気の状態に応じて選択する必要がある。 ・Low-E ガラスは、金属膜を外側のガラスにコーティングした遮熱タイプと、内側のガラスにコーティングした断熱タイプがあり、地域や開口部の方位を考慮して適切に使い分ける必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・複層ガラスはシール材が劣化すると空気層の密封が保てなくなり性能が落ちるため、空気層内に結露が発生した段階で交換が必要となる。（保証期間は 10 年、耐用年数は 10～15 年）

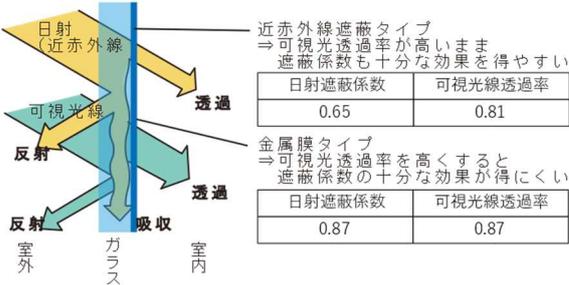
技術の名称：3. ★日射抑制 (Low-E ガラス・庇)

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>日射抑制は、日射熱取得率の小さい高性能ガラスや庇・ルーバーにより、室内への日射を抑制し冷房負荷を削減する技術。</p> <p>日射の抑制による効果は年間の冷房負荷を減少させ、年間の暖房負荷を増加させる傾向があり、年間空調負荷の削減効果は少ないが、一般的に空調設備は日射を受けるピーク時の冷房負荷を基に計画されるため、設備容量の削減に伴い設備費が安価となる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="564 600 863 972" style="text-align: center;"> <p>図 3.2.5 庇による日射抑制</p> </div> <div data-bbox="922 613 1374 853" style="text-align: center;"> <p>図 3.2.6 Low-E ガラス日射熱取得率</p> </div> </div> <p style="text-align: right; font-size: small;">出典：株式会社 AGC HP 代表的な高性能ガラスである Low-E ガラスは日射熱取得率が低く、日射抑制効果が高い</p>
<p>② コスト (導入時・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：庇無し→コンコース窓面 (660 m²程度) に庇設置 新築 50～61 千円/m² 改修 65～80 千円/m² (窓面積当たり)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・削減コスト (光熱費) -300 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>9～11 kg-CO₂/m²・年 (窓面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての 課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・日射を受ける全ての部屋に有効な技術であるが、特に、眺望に配慮しブラインドを設置することが少ない旅客ターミナルビルの出発・到着ロビー等の空間に採用すると効果は大きい。 ・庇の出寸法や形状 (水平・垂直・格子等) は季節により変化する太陽高度、方位等を考慮する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・眺望や開放的な雰囲気を求められるロビー空間は、可視光透過率 (値が大きいほどよく可視光を透過する) を考慮してガラスを選定する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・複層ガラスはシール材が劣化すると空気層の密封が保てなくなり性能が低下するため、空気層内に結露が発生した段階で交換が必要になる。(保証期間は 10 年、耐用年数は 10～15 年程度)

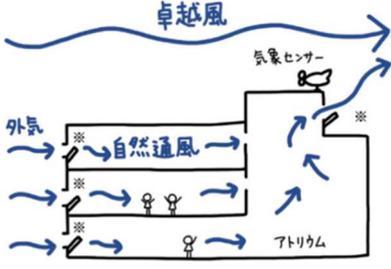
技術の名称：4. 日射抑制（自動制御ブラインド）

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>自動制御ブラインドは、屋外照度、日射量、輝度等の情報から晴曇判断をし、直射光を遮蔽しながら、日光を最大限採り入れるようにブラインドの羽根の角度を自動で制御する技術。</p> <p>日射の抑制と自然採光の両立が可能で、省エネルギー効果は高い。また、旅客ターミナルビル等不特定多数の人が利用する施設では、ブラインドの操作が不要になることから省力化にも有効である。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="555 584 954 703"> <p>晴れているときは 太陽の直射日光が室内にいる人の視界に入らず、また効率的に自然光を採り込めるようスラット(羽根)の角度を自動調節します。</p> </div> <div data-bbox="997 584 1380 730"> <p>曇っているときは スラット(羽根)を水平にして自然光を室内に採り込むとともに視界を確保します。また、ブラインドを全開(スラットを上昇)に制御することもできます。</p> </div> </div>  <p style="text-align: right;">出典：立川ブラインド工業株式会社 HP</p> <p style="text-align: center;">図 3.2.7 自動制御ブラインド</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：ブラインド無し→自動制御ブラインドの導入/ブラインド面積 1,840m²</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 49～59 千円/m² 改修 54～65 千円/m² (ブラインド面積当たり) ・維持管理費 (可動部の点検) 840 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -300 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>2.8～3.5 kg-CO₂/m²・年 (ブラインド面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・日射を受ける全ての部屋に採用できる技術であるが、ブラインドが適切に操作されている部屋では効果が少ない。 ・日射抑制を主目的とし、太陽高度が低くなる建物の東西面では羽の角度が閉になる方向に作動し眺望が損なわれるため、設置する部屋の選定に留意が必要である。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・床面付近まであるブラインドの場合、反射により在室者に眩しさを感じさせることがあるため、上下に分割され独立して作動する機種を選定する等の配慮が必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・センサーや稼働部の定期的なメンテナンスと動作検証、調整を行う必要がある。

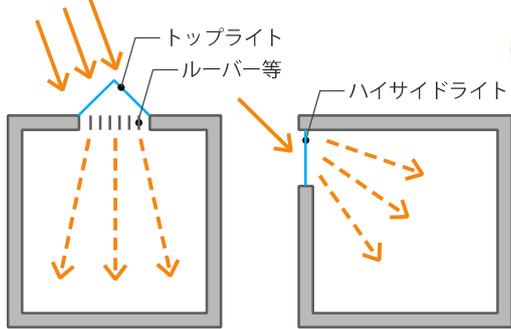
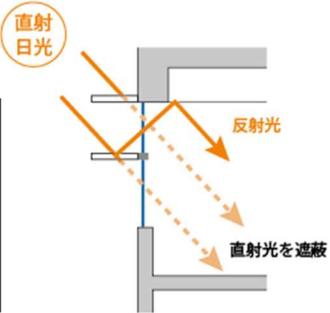
技術の名称：5. ★日射抑制（遮熱フィルム）

項 目	内 容												
① 技術の概要	<p>遮熱フィルムは、可視光線の透過性と熱線の反射性を両立したフィルム材を窓ガラスに貼付して建物の熱負荷抑制と窓まわりの温熱環境向上を図る技術。</p> <p>窓面の内側から貼付するため施工性が良く、Low-E ガラスの製作が困難な曲面や大開口窓でも遮熱性を向上することが可能である。ただし、Low-E ガラスなどと比べると断熱性能は小さくなる。また、近年では、高い透過性を有するフィルムもあるため、視認性の必要な窓ガラスでも遮熱性能を高めることが可能である。</p>  <table border="1" data-bbox="906 745 1220 806"> <tr> <td>近赤外線遮蔽タイプ ⇒可視光透過率が高いまま 遮蔽係数も十分な効果を得やすい</td> <td></td> </tr> <tr> <td>日射遮蔽係数</td> <td>可視光線透過率</td> </tr> <tr> <td>0.65</td> <td>0.81</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="906 817 1220 922"> <tr> <td>金属膜タイプ ⇒可視光透過率を高くすると 遮蔽係数の十分な効果が得にくい</td> <td></td> </tr> <tr> <td>日射遮蔽係数</td> <td>可視光線透過率</td> </tr> <tr> <td>0.87</td> <td>0.87</td> </tr> </table> <p>出典：3M スコッチティントウインドウフィルム</p> <p>図 3.2.8 遮熱フィルムの仕様例(3mm フロートガラス貼付時)</p>	近赤外線遮蔽タイプ ⇒可視光透過率が高いまま 遮蔽係数も十分な効果を得やすい		日射遮蔽係数	可視光線透過率	0.65	0.81	金属膜タイプ ⇒可視光透過率を高くすると 遮蔽係数の十分な効果が得にくい		日射遮蔽係数	可視光線透過率	0.87	0.87
近赤外線遮蔽タイプ ⇒可視光透過率が高いまま 遮蔽係数も十分な効果を得やすい													
日射遮蔽係数	可視光線透過率												
0.65	0.81												
金属膜タイプ ⇒可視光透過率を高くすると 遮蔽係数の十分な効果が得にくい													
日射遮蔽係数	可視光線透過率												
0.87	0.87												
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：単板ガラス→近赤外線遮蔽タイプを貼付／窓面積 2,300m²（サッシュ除く貼付面積 1,800 m²）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築および改修 11～14 千円/m²（窓面積当たり） ・維持管理費（はがし/貼替）2,500 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -300 千円/年 												
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>2.1～2.6 kg-CO₂/m²・年（窓面積当たり）</p>												
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・フィルム貼付により、ガラスが熱割れを起こすリスクがあるため、熱割れ計算を行い、貼付が可能なフィルム選定を行う。 ・フィルムの材質と厚さによっては、フィルム貼付後の窓が破壊しにくくなり、消防法上の“避難上又は消火活動上有効な開口部”と見なされず、防災計画に波及する可能性があるため、防災計画との照合が必要となる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・フィルム構造が多層のため光の干渉が生じて、帯状に色がついたように見えることがある。施工前にサンプル作成などを行い、外観に影響がないことを確認する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・運営時にフィルム貼付の周知がなく、掲示物の接着や清掃具による傷つけ等でフィルムが破損した事例がある。 												

技術の名称：6. 自然通風・ナイトパージ

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>自然通風は、電力を使わずに外気を建物内に積極的に取り込み、冷房負荷とファンの消費電力を低減する技術。</p> <p>開口部の高低差を利用した空気の自然対流による重力換気と、卓越風向を考慮した開口部の配置により、建物にかかる風圧を利用して自然風を建物内に取り込む風力換気に分類される。</p> <p>騒音のために運用時間中の自然通風が難しい空港では、夜間や早朝に、自然通風により冷涼な外気を取り入れ、建物内の熱を排出し空調負荷を低減するナイトパージを行うことも有効である。</p> <p>吹抜空間や、格納庫、貨物ターミナル等天井高さが高い施設では、上下に開口部を配置することで風向きに左右されない重力換気が有効である。</p>  <p>出典：環境共創イニシアチブ WEBPRO 未評価技術 15 項目 図 3.2.9 吹抜けを利用した自然通風</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：自然通風機構無し→吹抜けのハイサイドライトによる自然通風／対象床面積 1,660m²／風速・降雨センサー連動の自然換気窓 100m² を上下に設置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 51～63 千円/m² (対象床面積当たり) ・維持管理費 (駆動部分の交換・調整) 210 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -200 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>2.1～2.7 kg-CO₂/m²・年 (対象床面積当たり)</p> <p>(空調及び換気の年間エネルギー消費量が 10%削減されると想定した場合)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・空港においては外部の騒音を考慮し、開口部の騒音対策や、採用するエリアや時間帯を限定する等の配慮が必要である。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・吹抜けを重力換気に利用する場合は、吹抜けに面して開口部を設け風のルートを確保することが必要である。 ・風力換気は、自然通風に適した時期の卓越風向や風速を考慮して、開口部の位置や大きさを検討する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・建物全体で風の流れを作るため、設計段階で検討する自然換気計画の開口部の開閉設定と相違なく運用できるように配慮が必要となる。

技術の名称：7. 自然採光

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>自然採光は、建物内に自然光を採り込み、人工照明を補完することで、照明によるエネルギー消費量を削減する技術。</p> <p>窓面の上部から自然光を採り込むトップライトやハイサイドライト、窓面の中段に庇を取り付け太陽光を反射させ天井面を照らすライトシェルフや自動制御ブラインド、窓面に貼り光を天井面に反射させる採光フィルム等の手法がある。</p>   <p style="text-align: center;">図 3.2.10 トップライト・ハイサイドライト 図 3.2.11 ライトシェルフ</p>
② コスト (導入時・光熱費)	<p>※検討ケース：トップライト無し→吹抜け上部のトップライトによる自然採光／対象床面積 900m²／昼光利用 50%程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 20～25 千円/m² (対象床面積当たり) ・削減コスト (光熱費) -200 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>3.8～4.8 kg-CO₂/m²・年 (対象床面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての 課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・トップライトやハイサイドライトにより直射光を室内に直接採り込むことは、冷房負荷を増やすとともに、室内の温熱環境や光環境を悪化させる原因にもなるため、直射光を遮る工夫が必要になる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・金属屋根の上部にトップライトを設置する場合は、防水の納まりに十分配慮が必要である。 ・採光フィルムは、フィルムを貼り付けることでガラスが熱割れしないかを事前に確認し、製品を選定する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ライトシェルフは、汚れや付着物により反射率が低下するため、定期的な清掃が必要である。

技術の名称：8. クール・ヒートトレンチシステム

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>クール・ヒートトレンチシステムは、地中熱により年間を通して温度が安定している地下ピット等から外気を取り入れ、空調に利用することで空調負荷を低減する技術。</p> <p>外気を地下ピット等の躯体に接触させる夏期は外気を冷却し、冬期は加温させることができる。</p> <p>外気の通過風速をできるだけ遅くし、外気と地下ピット等建物躯体との接触面積を大きく、接触時間を長くすることで効果が大きくなる。</p> <div data-bbox="614 651 1262 1003" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">出典：環境共創イニシアチブ WEBPRO 未評価技術 15 項目</p> <p style="text-align: center;">図 3.2.12 クール・ヒートトレンチシステム</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：配管ピット→外気取入ピット 面積 1,000 m²/ロビー系統の外気量 40,000m³/h をトレンチ経由で導入/空調対象面積 3,000 m²/トレンチ内塗布防水、自動制御工事含む</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 11～13 千円/m² (空調対象面積当たり) 36,000 千円 (全体) ・維持管理費 (制御機器の点検) 130 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -200 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>1.3～1.7 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・地下水の水位が高い場合は、地下ピット内に湧水が侵入する可能性があるため、地下水位の状況等の事前確認を行う必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・地下ピット内の空気を直接室内に取り込むため、地下ピット内の防水や結露水の排水対策、殺菌灯の設置等のカビ対策が必要である。 ・使用するトレンチが大きいほど維持管理の手間が増えるため、適切な通風ルートと大きさの設定が必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・定期的に地下ピット内の点検、衛生管理が必要である。

コラム①：自然環境を取り込む旅客ターミナルビルの形態（みやこ下地島空港）

空港ターミナルビルとして全国初の「ネット・ゼロ・エネルギービル」（ZEB Ready ランク）であり、一次エネルギー消費を 68%削減するように計画されている。具体的には深い庇による日射遮蔽、大開口による積極的な自然換気による熱負荷の削減のほか、気化熱空調システムなどを採用している。旅客ターミナルビルの形態については、①視界における自然の割合②開口部の日射にともなうエネルギー消費について 384 通りの形態を総当たり計算を行い、選定された案の検証を屋外風環境から屋内温熱環境まで CFD シミュレーションを行っている。空調エネルギーの削減を意図した、自然風を活用したむらのある空間を許容する計画が、CFD シミュレーションによって検証されている。

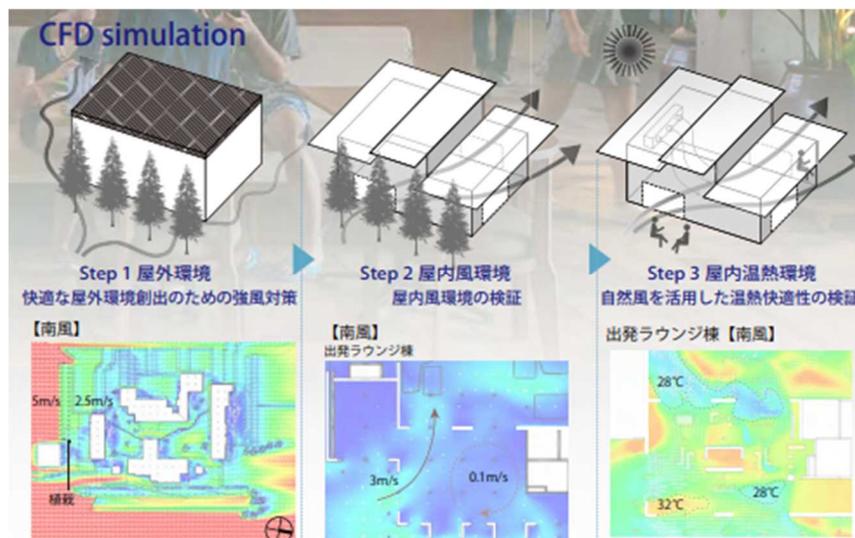


図 3.2.13 環境シミュレーションダイアグラム(みやこ下地島空港)



図 3.2.14 外観（みやこ下地島空港）

出典：一般社団法人 建築環境設計支援協会「SABED 環境シミュレーション設計賞 2019 最優秀賞」、<https://www.sabed.jp/wp/wp-content/uploads/2019/10/saiyushu.pdf>、2022年8月

コラム②：放射冷却素材の活用（東京国際空港）

放射冷却素材は、接している物体の放射冷却（物体が熱を外に放射して冷える現象）を促す新素材であり、エネルギーを使わずに物体の温度を下げる特徴を活かして省エネルギー技術への応用が進んでいる。フィルムや塗料に加工して表面温度を下げる効果をもつ建材、布地に織り込み涼感を得る衣料品などが挙げられる。

国内の空港施設では東京国際空港のPBB や駐車場連絡橋、ガードマンボックス等に導入されている。東京国際空港のPBB の屋根、側面、ガラスに放射冷却素材を用いたフィルムを施工した効果について測定を夏期（2021年8月）に行った結果、表面温度は施工前：36.3℃、施工後：26.6℃となり9.7℃の低減、室内温度は施工前：39.6℃、施工後：34.6℃となり、5.0℃の低減があった。



図 3.2.15 放射冷却素材を用いたフィルムを施工された PBB

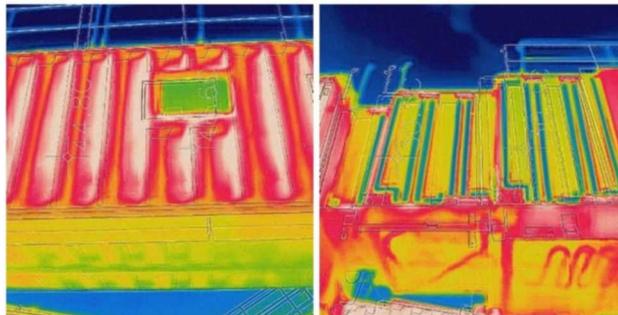


図 3.2.16 PBB への施工前後の表面温度の比較(左:施工前、右:施工後)

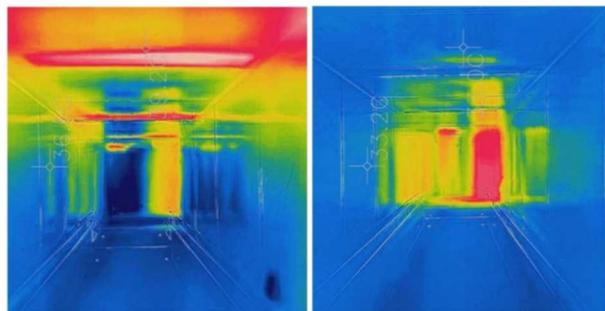


図 3.2.17 PBB への施工前後の表面温度の比較(左:施工前、右:施工後)

出典：ラディクールジャパン株式会社 実績、

<https://radi-cool.co.jp/publics/index/60/>、2022年8月

出典：日本空港ビルデング株式会社 その他の事業

<https://haneda-airport-business.com/index.html>、2022年8月

3.3 建築設備の性能による省エネ手法

3.3.1 建築設備の性能による省エネ手法の概要

設備計画の課題の一つは、求められる室内環境をできるだけ少ないエネルギーで実現することである。そのためには、機器の高効率化と、負荷や各室の使用状況に応じた適切な設備の運転制御が重要である。

旅客ターミナルビルの設備別の使用電力量内訳と地域冷暖房からのエネルギー消費量の内訳サンプルを下図に示す(図 3.3.1)。冷水・温水を熱源設備とすると、熱源設備で37%、空調電力(ポンプ・空調機・パッケージエアコン)が20%、となり、1次エネルギーで見ると約57%となる。電気が約15%を占めており、空調と照明の省エネ化が重要であることがわかる。

空調設備の熱源は、地域性や熱負荷の傾向を把握した上で、できるだけ高効率な機種を選定することが重要になる。熱源としては、電気で駆動する熱源と、ガス・油で駆動する熱源があるが、脱炭素化の視点から見ると、電気で駆動する熱源の方が供給熱量あたりのCO2排出量が小さく、また、再生可能エネルギーを利用できる等、有意な点が多い。

ただし、空気を熱源とする空気熱源ヒートポンプは、低い外気温では暖房能力が低下するため、寒冷地においては、冷房は電気、暖房はガス・油というように熱源を組み合わせるか、若しくは設備規模に応じて寒冷地仕様の機器を適切に選定するなどの対応が必要である。

熱源で作られた熱は、ポンプやファンなどの熱を搬送する設備で室内に送られ、各室の空調に利用される。この搬送に伴うエネルギーは、熱源と同様に消費量が大きく、特に大規模な施設では、搬送距離が長くなるため大きくなる傾向にある。季節や時間帯、室の使用状況により常に変動する熱負荷に対して、適切にポンプやファンを制御し、熱を効率よく搬送することが省エネ化に有効である。また、水は空気よりも同じエネルギーで多くの熱を搬送できるため、空調機器を分散しダクトによる熱の搬送を少なくすることも省エネ化には重要である。

換気設備も空調のファンと同様に、換気の目的に応じて適切にファンを制御し、効率よく換気を行うことが省エネ化に有効である。

照明設備は、高効率なLED照明の採用が最も有効な省エネ手法であり、人感センサーや明るさセンサー、スケジュールタイマーにより照明を制御することで、さらに照明によるエネルギー消費を抑制できる。

給湯設備の省エネ手法としては、高効率な熱源採用、節水型の器具の採用が挙げられる。

昇降機設備は、エネルギー使用量は他の設備よりも小さいが、高効率化が進んでいるVVVF化など巻上用原動機の採用が挙げられる。

一方、事務室のOA機器、店舗等の冷蔵冷凍機器などのその他電力については、家電製品等の機器について計画的・重点的に省エネ型機器へ更新するなどし、省エネ性能を担保することが必要である。また、機器の省エネルギーモード設定の適用等により、待機電力の削減を含めて使用面での改善を図るとともに、機器の使用時間を短縮するなどによる節電を徹底する取組も重要である。空港施設特有の機器や特殊設備(BHS等)などについても省エネ志向の機器導入が望まれる。

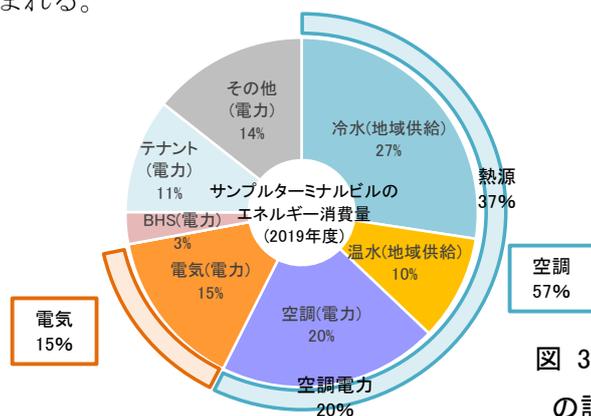


図 3.3.1 旅客ターミナルビルの設備別エネルギー消費量

表 3.3.1 建築設備の性能による省エネ手法一覧

技術名称 (★は優先度の高い技術を示す)	WEBPRO 評価	推奨 導入時期	推奨施設	推奨地域	掲載 ページ
空調設備					
1 ★高効率熱源 (モジュールチラー)	○	新築時・ 改修時	①④⑥	3～8	42
2 ★高効率熱源 (インバーターターボ冷凍機)	○	新築時・ 改修時	①④⑥	1～8	43
3 ★高効率熱源 (吸収冷温水機) +冷却水変 流量制御	○	新築時・ 改修時	①④⑥	1～7	44
4 高効率熱源 (地中熱利用)	○	新築	①	1～8	45
5 ★高効率熱源 (パッケージエアコン)	○	新築時・ 改修時	①～⑧	2～8	46
6 コージェネレーションシステム	○	新築時・ 改修時	①④⑥	1～8	47
7 フリークーリングシステム	-	新築時・ 改修時	①④⑥	1～7	48
8 冷温水変流量制御	○	新築時・ 改修時	①④⑥	1～8	49
9 大温度差送水システム	○	新築時・ 改修時	①④⑥	1～8	50
10 ★空調機の変風量制御	○	新築時・ 改修時	①③④⑥	1～8	51
11 予熱時外気取入れ停止制御	○	新築時・ 改修時	①③④⑥	1～8	52
12 ★CO2 濃度による外気量制御	△	新築時・ 改修時	①③④⑥	1～8	53
13 外気冷房制御	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～7	54
14 全熱交換器	○	新築時・ 改修時	①⑥⑦	1～8	55
15 放射冷暖房空調システム	○	新築時	①⑥⑦	1～8	56
16 床吹出空調システム	-	新築時	①④⑥	1～8	57
17 居住域空調システム	-	新築時	①～⑧	1～8	58
18 デシカント空調システム	-	新築時・ 改修時	①④⑥	1～8	59

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価） -：評価対象外

※推奨施設は表 3.1.1 空港建築施設の基本類型による。

※推奨地域は図 3.1.13 全国 97 空港の地域区分による。

※★印は以下の観点から、優先度の高い省エネ技術であることを示す。

・CO2 削減効果の高い技術 ・他技術との相乗効果が期待できる技術 ・比較的導入が容易な技術

※各個表に示す導入時コストについては、検討ケースに記載した標準的な仕様の設備等を導入した場合と、省エネ技術を導入した場合の差額（上乗せコスト）を示す。

表 3.3.2 建築設備の性能による省エネ手法一覧

技術名称	WEBPRO 評価	推奨 導入時期	推奨施設	推奨地域	掲載 ページ
換気設備					
19 インバーターによる送風機の風量調整	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	60
20 CO濃度・室内温度による換気量制御	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	61
21 人感センサーによる換気量制御	-	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	62
照明設備					
22 ★LED照明	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	63
23 在室検知制御	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	64
24 明るさ検知制御	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	65
25 タイムスケジュール制御	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	66
26 タスク・アンビエント照明	△	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	67
給湯設備					
27 ヒートポンプ給湯器	○	新築時・ 改修時	①～⑧	3～8	68
28 潜熱回収型給湯器	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	69
29 自動給湯栓 小流量吐水機構付シャワー	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	70
昇降機設備					
30 ギヤレス巻上機・電力回生	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	71
31 エスカレーター・動く歩道自動運転制御	-	新築時・ 改修時	①	1～8	72

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価） -：評価対象外

※推奨施設は表 3.1.1 空港建築施設の基本類型による。

※推奨地域は図 3.1.13 全国 97 空港の地域区分による。

※★印は以下の観点から、優先度の高い省エネ技術であることを示す。

・CO2削減効果の高い技術 ・他技術との相乗効果が期待できる技術 ・比較的導入が容易な技術

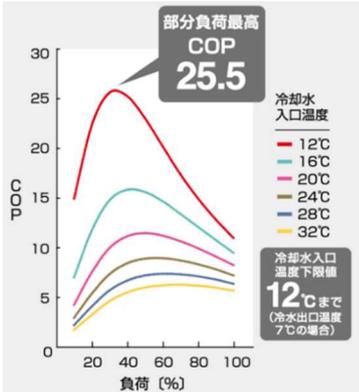
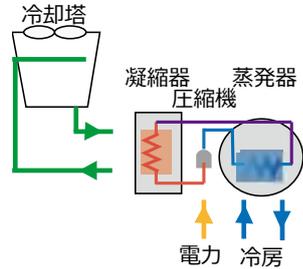
※各個表に示す導入時コストについては、検討ケースに記載した標準的な仕様の設備等を導入した場合と、省エネ技術を導入した場合の差額（上乘せコスト）を示す。

3.3.2 個別技術(対策)の事例紹介

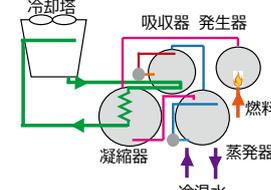
技術の名称：1. ★高効率熱源（モジュールチラー）

項目	内容
<p>① 技術の概要</p>	<p>モジュールチラーは、小容量の熱源モジュールを連結した構成とすることで、一般的に運転効率が落ちる低負荷時においても高効率な運転が可能な空気熱源の冷暖兼用の熱源システム。</p> <p>連結台数に応じて小規模施設から大規模施設まで対応でき、施設の拡張時においてもモジュールを増設することで対応が容易である。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="571 539 932 725"> <p>写真 3.3.1 外観</p> </div> <div data-bbox="1018 533 1353 1039"> <p>図 3.3.3 能力による効率の違い</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="523 770 957 1025"> <p>図 3.3.2 システム図</p> </div> </div>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：標準モジュールチラー→高効率モジュールチラー 2,400kWの導入/空調対象面積6,300m²程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築5.0～6.2千円/m² 改修6.2～7.6千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換 (ファン、主軸受等)) 400千円/年 ・削減コスト (光熱費) -2,800千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>4.7～5.8 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・空気を熱源とするため、外気温の低下に伴い暖房効率、暖房能力が低下する。そのため、寒冷地 (特に地域区分1～2) においては冬期はボイラ等の別熱源で対応する等の検討が必要である。 ・熱源本体が屋外に設置されるため、騒音対策、設置スペースの検討が必要になる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・モジュール1台の能力は数種類あり、容量が小さいほど熱源効率が高いがコストも高いため、省エネ効果とコストを考慮して機器を選定する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・複数の熱源を組み合わせる場合は、効率の良い機器を優先的に運転することでシステム全体の効率を上げることができる。

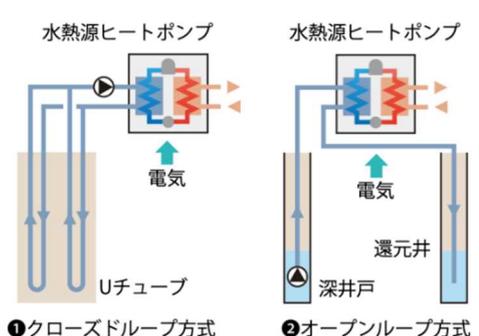
技術の名称：2. ★高効率熱源（インバーターターボ冷凍機）

項目	内容
<p>① 技術の概要</p>	<p>インバーターターボ冷凍機は、季節により変化する冷却水温度変化を利用して高効率化を実現した冷房専用の熱源システム。 冷却水温度に応じて圧縮機をインバーターにより回転数制御することで、外気温が低い秋・冬・春に大幅な省エネ運転が可能となる。 大容量の熱源であるため、中～大規模施設に適用できる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真 3.3.2 外観</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>部分負荷最高 COP 25.5 冷却水入口温度: 12℃, 16℃, 20℃, 24℃, 28℃, 32℃ 冷却水入口温度下限値: 12℃まで (冷水出口温度7℃の場合)</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>図 3.3.4 システム図</p> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">冷却水温度や負荷率（熱源の稼働率）により運転効率が変わる 出典：三菱重工株式会社 カタログ</p> <p style="text-align: center;">図 3.3.5 冷却水温度と負荷率による効率の変化</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：標準モジュールチラー→インバーターターボ冷凍機 527kW の導入 (高効率モジュールチラー1,950kW 併用含) /空調対象面積 6,300m² 程度/冷却塔含む</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 12～14 千円/m² 改修 14～17 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換、圧縮機分解整備等) 2,200 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -4,800 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>9.2～11.5 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・冷房専用であるため、冷温熱源 (モジュールチラー等)、若しくは温熱源 (ボイラー等) との併用が必要である。 ・併設される冷却塔の騒音対策、設置スペースの検討が必要になる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・熱源容量は熱負荷計算を基に決定されるが、施設の同時使用率等を考慮し適正な容量設定とすることが必要である。 ・冷却水温度が低いほど効率が上がるため、下限値 (12℃) を下回らない範囲で冷却水温度を下げる制御の組み込みが有効である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・冷却塔は薬液注入等による冷却水の水質管理が必要になる。 ・複数の熱源を組み合わせる場合は、効率の良い機器を優先的に運転することでシステム全体の効率を上げることができる。 ・冷凍能力によって、高圧ガス保安法による届出および冷凍保安責任者の選任が必要である。(冷凍保安規則第 36 条 2 項に除外規定あり)

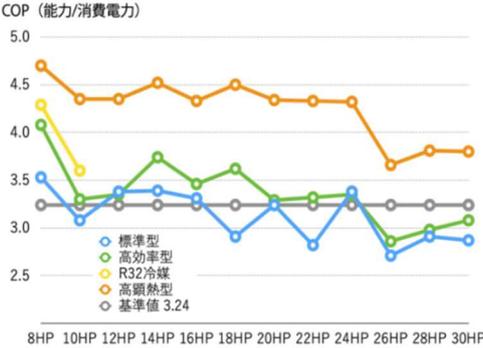
技術の名称：3. ★高効率熱源（吸収冷温水機）・冷却水変流量制御

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>吸収冷温水機は、空調熱源に、寒冷地においても暖房能力が安定しているガス又は油を燃料として利用する冷暖兼用の熱源システム。ガス又は油を燃料とする熱源は、電気熱源に比べCO2排出量が多いが、冬期の低い外気温による能力低下がないため、寒冷地においては選択肢の一つとなる。また、電気熱源と併用し、電気熱源をベース負荷に対応させ、盛夏等の熱需要のピーク期間に運転することで電力負荷の平準化が可能となる。</p> <p>冷却水変流量制御は、負荷に応じて冷却水ポンプの流量を制御し、ポンプの消費電力を低減する制御システムで、冷却水量が多い吸収冷温水機では省エネ効果大きい。</p> <p>大容量の熱源であるため、中～大規模施設に適用できる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真 3.3.3 外観</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 3.3.6 システム図</p> </div> </div>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース 1: 標準吸収冷温水機→高効率吸収冷温水機 2, 500kW の導入/空調対象面積 6, 300m² 程度/冷却塔を含む</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 5.7～6.9 千円/m² 改修 6.2～7.6 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換 (冷媒ポンプ、熱交換器等、バーナー等)) 1, 300 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -800 千円/年 <p>※検討ケース 2: 高効率吸収冷温水機変流量無し→高効率吸収冷温水機 2, 500kW 及び冷却水変流量制御の導入/空調対象面積 6, 300m² 程度/冷却塔を含む</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 12～14 千円/m² 改修 13～16 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換 (冷媒ポンプ、熱交換器、バーナー、インバーター等)) 2, 800 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -1, 300 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様 ※標準仕様の吸収冷温水機との比較	<p>※検討ケース 1 : 3.0～3.7 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p> <p>※検討ケース 2 : 4.6～5.8 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・燃焼により窒素酸化物 (NO_x)、硫黄酸化物 (SO_x) を排出するため、燃料の選定においては、大気汚染防止条例等の確認が必要である。 ・併設される冷却塔の騒音対策、設置スペースの検討が必要になる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・熱源容量は熱負荷計算を基に決定されるが、施設の同時使用率等を考慮し適正な容量設定とすることが必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・冷却塔は薬液注入等による冷却水の水質管理が必要になる。 ・起動後、冷水・温水供給まで 20～30 分を要する。 ・他の熱源に比べ、経年による能力の劣化が大きい。

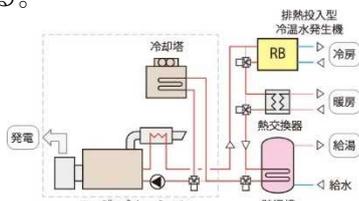
技術の名称：4. 高効率熱源（地中熱利用）

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>地中熱利用は、水熱源ヒートポンプにより年間を通して温度が安定している地中熱を水を介して利用する技術。 外気温に影響を受けないため冷房、暖房とも省エネ効果が高く、特に寒冷地の暖房熱源として有効である。 地中や杭に挿入した U チューブからの熱源水を循環利用するクローズドループ方式と、井戸から揚水した井水を直接利用するオープンループ方式があり。 オープンループ方式で熱源として利用した井水は、トイレの洗浄水等の雑用水の水源として再利用が可能である。</p> <div style="text-align: center;">  <p>①クローズドループ方式 ②オープンループ方式</p> <p>図 3.3.7 地中熱利用システム</p> </div>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース:標準モジュールチラー→水熱源ヒートポンプ 250kW の導入 (高効率モジュールチラー2,400kW 併用含む) /空調対象面積 6,300m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 31~38 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換(主軸受等)) : 2,000 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -5,200 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>5.2~6.5 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<p>1) 実施計画段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オープンループ方式で利用する井戸は、地域の環境関連条例により揚水量等が規制されているため、事前に確認が必要である。 ・クローズドループ方式では、地中温度を回復させる必要があり連続使用はできず、1~2日/週の熱源停止が必要になるため、他の熱源(モジュールチラー等)との組み合わせが前提である。 <p>2) 設計・施工段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・クローズドループ方式は、地盤の熱応答試験※により熱特性や熱交換能力を予測し、地中熱交換井の本数を決定する。オープンループ方式は、井戸の揚水試験を行い、適正な揚水量を決定する。また、井水の水質によりろ過等の水処理の設置を検討する必要がある。 <p>3) 管理・運営段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・井水は定期的に水質、揚水量、水位を検査する必要がある。 <p style="text-align: center;">※官庁施設における地中熱利用システム導入ガイドライン (案) 参照</p>

技術の名：5. ★高効率熱源（パッケージエアコン）

項目	内容
<p>① 技術の概要</p>	<p>パッケージエアコンは、運転操作が容易で、機器構成もシンプルなことから、用途、規模を問わず広く採用されている空調システムで、年々、高効率化が図られている。</p> <p>機種や冷媒の種類により効率が異なるため、機種選定において高効率な機種・冷媒を選定することで空調の消費エネルギーを削減できる。</p> <p>電気で駆動する空冷ヒートポンプパッケージ（EHP）とガスエンジンで駆動するガスエンジンヒートポンプパッケージ（GHP）がある。</p>  <p>パッケージエアコンは冷媒や機種により効率が異なる。また、同じ機種であっても能力により効率が異なる。</p> <p>図 3.3.8 マルチ型パッケージエアコンの機種・能力による効率の違い</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：標準マルチ型→高効率マルチ型パッケージエアコン（冷房能力 1,012.6kW 暖房能力 1,146.0kW）6,070m²、パッケージエアコン（冷房能力 102.6kW 暖房能力 114.7kW）630m² の導入/空調対象面積 6,700m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築-0.8～-1.0 千円/m² 改修-0.7～-0.8 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理費（部品交換(圧力開閉器等)）-40 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -1,400 千円/年
<p>③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>2.9～3.6 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・電気駆動の場合、外気温の低下に伴い暖房効率、暖房能力が低下するため、寒冷地では寒冷地仕様の機種を選定する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・室内機と室外機の距離が長いほど機器の効率が低下するため、室外機の設置位置に留意する必要がある。 ・機器からの発熱により年間冷房が必要となる電気室等は、顕熱処理（除湿はせずに室温を下げる冷房）が主体となるため、顕熱処理に特化した高効率な高顕熱型の機種を採用することで、消費エネルギーを削減できる。（WEBPRO 上は換気で評価） 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ガスエンジンヒートポンプパッケージはメーカー等との定期点検契約を結ぶ必要がある。

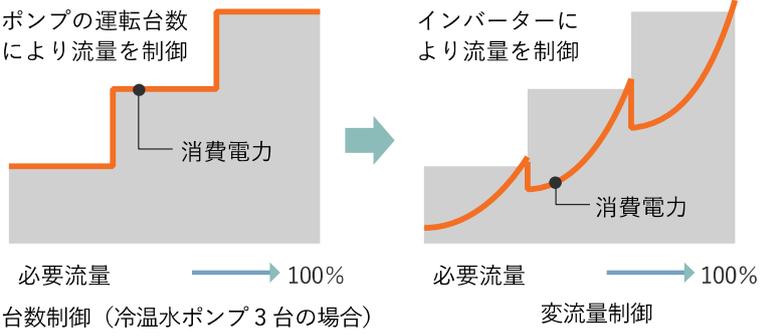
技術の名称：6. コージェネレーションシステム

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>コージェネレーションシステムは、発電した電力を施設に供給するとともに、発電に伴い発生する排熱（温水・蒸気）を空調、給湯等の熱源として利用する熱電併給システム。</p> <p>燃料は、都市ガス、LP ガス、油、バイオマス等を使用する。</p> <p>発電装置は、主に大規模施設に使用されるガスタービン、広く業務用として使用されるガスエンジンに分類される。</p> <p>年間を通して熱需要（給湯等）がある中～大規模施設に適している。小～中規模施設では小型のマイクロコージェネが適用できる。</p> <p>中圧ガス供給ラインが耐震性評価の認定を受けることで非常用発電機としても使用可能である。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.3.9 コージェネレーションシステム</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：コージェネ無し→コージェネレーション 370kW の導入／新築はガスエンジン、改修はマイクロコージェネを導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 10～12 千円/m² 改修 6.8～8.3 千円/m²(延床面積当たり) ・維持管理費（定期点検、部品交換、オーバーホール等）8,100 千円/年（370kW コージェネレーションの場合） ・削減コスト（光熱費） -18,000 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>3.3～4.1 kg-CO₂/m²・年（延床面積当たり） （1日15時間運転を想定した場合、排熱利用率60%）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<p>1) 実施計画段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施設の電力需要、熱需要を想定した上で、適切な機種選定をする必要がある。特に熱需要の少ない中間期に如何に排熱を利用するかが省エネ化には重要になる。 ・排熱利用量によってはCO₂排出量が増加する場合がある。 ・燃焼により窒素酸化物（NO_x）、硫黄酸化物（SO_x）を排出するため、燃料の選定においては、大気汚染防止条例等の確認が必要である。 <p>2) 設計・施工段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・余った排熱は利用されずに放熱されるため、排熱を利用できる設備を検討する必要がある。 <p>3) 管理・運営段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メーカー等との定期点検契約を結び、発電量に応じて、定期点検、オーバーホール等を行う必要がある。 ・使用圧力、構造により、排熱利用機器（貯湯槽等）はボイラー及び圧力容器安全規則による届出及び資格者の選任が必要となる。

技術の名称：7. フリークーリングシステム

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>フリークーリングは、冬期や中間期に、冷却塔の冷却水を外気により冷却し、空調用の冷水として利用する技術。</p> <p>冷凍サイクルへ投入するエネルギー（圧縮機動力やガス燃焼）が不要で冷却塔とポンプのみで冷房が可能のため、熱源のエネルギー消費を低減できる。</p> <p>冷房期間が長い施設、外気湿球温度が低い地域で効果が大きい。</p> <div data-bbox="699 600 1198 992" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">出典：環境共創イニシアチブ WEBPRO 未評価技術 15 項目 図 3.3.10 フリークーリングシステム</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：フリークーリング無し→フリークーリング 600kW(中央式熱源容量の合計 1/4 の容量を想定) の導入/空調対象面積 1,500m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 11～13 千円/m² 改修 13～16 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理 (制御機器の点検・動作確認) 170 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -300 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>3.4～4.9 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり) (冷熱源の運転が 10%削減されると想定した場合)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・年間を通じて冷房需要がある場合に有効であるため、冬期や中間期の冷房需要を把握した上で導入を検討する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・フリークーリングからの冷却水をより長い期間利用するためには、冷却水による冷却能力の不足分を他の冷房用熱源からの冷水で補完する等の工夫が必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・冬期に運転する場合は、地域により凍結防止対策が必要になる。 ・冷房温度を緩和し、冷却水の供給温度の上限を上げることでフリークーリングの利用時間を増やすことができるため、冷房温度の緩和等運用上の工夫が有効である。

技術の名称：8. 冷温水変流量制御

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>冷温水変流量制御は、インバーターにより冷温水ポンプの回転数を制御し、熱負荷に応じた冷温水量にすることで、冷温水ポンプの消費電力を低減する制御システム。</p> <p>冷温水ポンプをインバーターで制御し、必要な冷温水量に応じた最小のポンプ吐水量とすることで、省エネ化が可能になる。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.3.11 冷温水変流量制御</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：変流量制御無し→冷温水 2 次ポンプの 4 台 (15kW/台) をインバーターにより回転数制御 (インバーター及び制御機器の設置) /空調対象面積 6,300m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 5.3～6.5 千円/m² 改修 6.0～7.3 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理 (部品交換 (インバーター部品)、制御機器の点検・動作確認) 1,300 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -700 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>2.2～2.7 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・中央式熱源システムが、熱源に冷温水を供給する 1 次ポンプと空調機器に冷温水を供給する 2 次ポンプにより構成されている場合に採用できる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・インバーターの設置に伴い高周波対策の検討が必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ポンプのインバーター、制御系の追加に伴いメンテナンスが増える。

技術の名称：9. 大温度差送水システム

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>大温度差送水システムは、熱源から供給される冷温水の行きと還りの温度差を大きくし、冷温水ポンプの流量を減らすことで、冷温水ポンプの消費電力を低減する技術。</p> <p>冷水管の流量が小さくなることから配管口径、制御用のバルブ口径が細くなり配管工事費が安価になる。</p> <div style="text-align: center;"> <p>2次冷温水ポンプ水量 100 2次冷温水ポンプ水量 62.5</p> <p>熱源 熱源 空調機器 空調機器</p> <p>冷水 7°C → 12°C (温度差 5°C) 冷水 7°C → 15°C (温度差 8°C)</p> <p>温水 50°C → 45°C (温度差 5°C) 温水 50°C → 42°C (温度差 8°C)</p> <p>図 3.3.12 大温度差送水システム</p> </div>
<p>② コスト(導入時・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：大温度差制御無し→冷温水の行きと還りの温度差を5°C→8°C (ポンプの設置) /空調対象面積 6, 300m² 程度/改修は更新配管口径のサイズダウンを含む</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 0～0 千円/m 改修-0.02～-0.03 千円/m² (空調対象面積当たり) ・削減コスト (光熱費) -600 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果</p> <p>※検討ケースは②と同様</p>	<p>1.2～1.5 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・大温度差化に伴い、熱源の能力が若干小さくなるため、改修の場合は熱源に余力があるか確認する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・既存の空調機やファンコイルユニット等への冷温水の供給量が減った場合でも、必要な能力を確保できるか冷温水コイルの能力の確認が必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・冷水の供給温度が高くなる程、熱源効率は高まるので、熱負荷が少ない期間は、冷水の供給温度を高めの設定とすることが有効である。

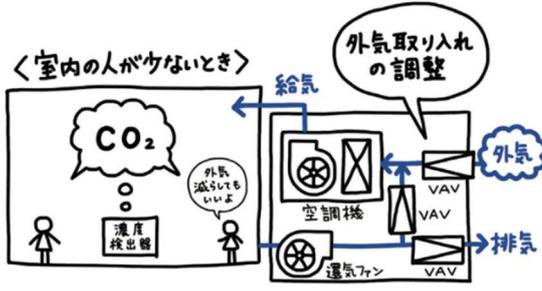
技術の名称：10. ★空調機の変風量制御

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>空調機の変風量制御は、インバーターにより空調機のファンの回転数を制御し、空調機のファンの消費電力を低減する制御システム。空調機から各室への送風量を、室温に応じて必要最小限の送風量に制御することで省エネ化を実現する。</p> <p>大空間を1台の空調機で空調している場合は、VAV（可変風量装置）を分散して設置し、各エリアの室温に応じて送風量を制御することで、窓際等の熱負荷の違いによる室温のばらつきを解消できる。セントラル空調方式により空調されている旅客ターミナルビルのロビー等の大空間に採用することで大きな省エネ効果を得られる。</p> <p>出典：環境共創イニシアチブ WEBPRO 未評価技術 15 項目 図 3.3.13 空調機の変風量制御の例</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：変風量制御無し→空調機を 30%～100%の範囲で変風量制御（可変風量装置、制御機器、インバーター等の設置）／空調機 17 系統（合計風量 213,300m³/h）／空調対象面積 6,300m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 8～10 千円/m² 改修 11～14 千円/m²（空調対象面積当たり） ・維持管理（部品交換（インバーター部品）、制御機器の点検・動作確認）1,600 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -6,800 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>20～25 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・空調機等の風量が大きく、インバーターにより風量を可変できる機器での採用となる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・小風量時においても、各室に必要な外気量を供給できる空調システムにする必要がある。 ・小風量時は吹出口からの吹出し風速が落ち、空調空気の到達距離が短くなるため、大空間で採用する場合は、気流の分布を考慮して吹出口の位置や形状、送風量の下限值を検討する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・空調機のインバーター、VAV（可変風量装置）、制御系の追加に伴いメンテナンスが増える。

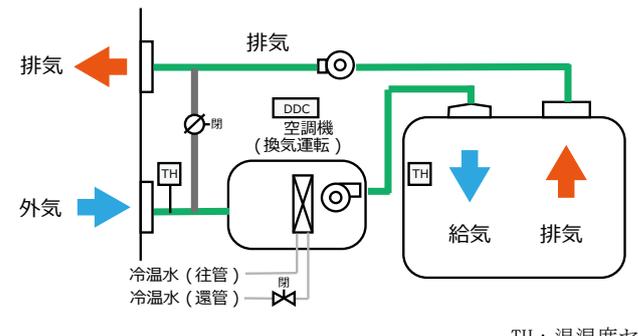
技術の名称：11. 予熱時の外気取入れ停止制御

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>旅客ターミナルビルのロビー等の大空間は、室内を空調により設定された室温にするためには一定の時間を要するため、一般的に、施設の利用開始前から空調の運転を開始する。予熱時の外気取入れ停止制御は、中央監視装置等のスケジュールタイマーにより、空調の運転開始から施設の利用開始までの利用者のいない時間帯（予熱時）に外気を取入れを停止し、外気を取入れに伴う熱負荷を低減させる制御システム。</p> <p>予熱時はダンパーの切替えにより外気取入れと排気を停止する</p> <p>図 3.3.14 予熱時の外気取入れ停止制御</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：外気取入れ停止制御無し→空調機の予熱時の外気取入れを停止（モーターダンパーの設置）／空調機 17 系統（合計風量 213, 300m³/h、合計外気量 85, 000m³/h）／空調対象面積 6, 300m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 1.3～1.6 千円/m² 改修 1.8～2.2 千円/m²（空調対象面積当たり） ・維持管理（部品交換（モーターダンパー部品））130 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -200 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>0.6～0.8 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・スケジュールタイマーにより運転する機器での採用となる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・中間期等の外気を取入れによる冷房効果が期待できる期間は、制御を停止する設定が必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・予熱に必要な時間は、時期や気象条件に応じて中央監視設備のスケジュールタイマー機能等を利用して調整する必要がある。

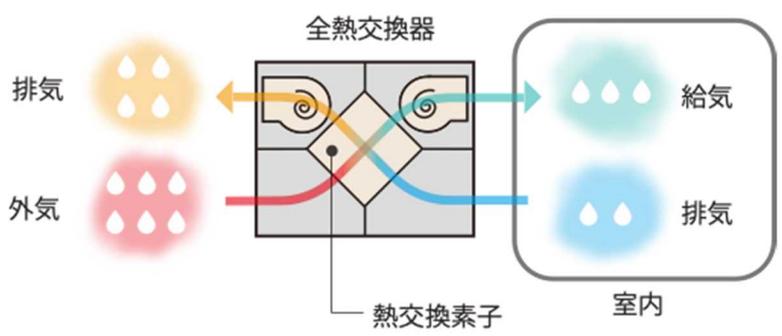
技術の名称：12. ★CO2 濃度による外気量制御

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>居室において空調・換気による外気の入力量は、室内の CO2 濃度を許容値 (1,000ppm) 以下にするために、在室人員により決定される。CO2 濃度による外気量制御は、在室人員に応じて変動する CO2 濃度により外気の入力量を制御し、空調負荷を削減する制御システム。外気入力用の外気処理空調機や換気ファンを設置している場合は、変風量制御によりファンの消費電力の低減も可能になる。</p> <p>在室人員が多く、時間により変動する旅客ターミナルビルのロビー等に採用することで、省エネ効果が期待できる。</p>  <p>出典：環境共創イニシアチブ WEBPRO 未評価技術 15 項目 図 3.3.15 CO2 濃度による外気量制御</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：外気量制御無し→CO2 濃度により外気取入れファン及び排気ファンをインバーター制御 (インバーター、センサー、制御機器の設置) / 空調機 17 系統 (合計風量 213,300m³/h、合計外気量 85,000m³/h) / CO2 センサー17 台 / 空調対象面積 6,300m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 5.2～6.4 千円/m² 改修 6.0～7.4 千円/m² (空調対象面積当たり) ・維持管理 (制御機器の点検・動作確認、部品交換 (インバーター部品)) 1,100 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -5,400 千円/年
<p>③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>8.6～10.7 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・外気の入力量が、在室人員により決定されている居室で採用可能である。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・WC 等の排気量分の外気量を確保する必要がある。 ・中間期等の外気の入力による冷房効果が期待できる期間は、制御を停止する制御系の設定が必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・空調機のインバーター、VAV (可変風量装置)、制御系の追加に伴いメンテナンスが増える。

技術の名称：13. 外気冷房制御

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>外気冷房制御は、中間期の冷涼な外気を空調機により室内に取り入れ、冷房に利用する技術。</p> <p>外気を取り入れることにより冷房効果が期待できるか否かを、室内外の温湿度センサーより判断し、期待できる期間、時間帯は外気を積極的に取り入れ冷房に利用する。</p>  <p>TH：温湿度センサー</p> <p>外気冷房時はダンパーの切替えにより外気を積極的に取り入れる</p> <p>図 3.3.16 外気冷房システム</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：外気冷房制御無し→外気冷房制御の導入（モーターダンパー、制御機器の設置）／空調機 17 系統（合計風量 213,300m³/h、合計外気量 85,000m³/h）／空調対象面積 6,300m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 1.6～1.9 千円/m² 改修 2.1～2.6 千円/m²（空調対象面積当たり） ・維持管理（制御機器の点検・動作確認、部品交換（モーターダンパー部品））150 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -900 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>2.7～3.4 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・既存施設への導入の場合、外気量を増やすことが困難であるため、旅客ターミナルビルのロビー系統等、空調機の送风量に対して外気量の比率が多い系統への採用が有効である。 ・除塩フィルターを設置している塩害地域では、除塩フィルターの交換やメンテナンスに伴うコスト増を考慮する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・予熱時の外気取入れ停止制御や CO₂ 濃度による外気量制御を併用する場合、外気冷房期間はそれらの制御を外す必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・加湿が必要な期間の外気取入れは、室内の湿度を維持できなくなる場合があるので留意する。 ・空調機の制御系の追加に伴いメンテナンスが増える。

技術の名称：14. 全熱交換器

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>外気を取り入れる際に、その部屋から排気される空気と外気の全熱（顕熱(温度)＋潜熱(湿度))を熱交換することで、外気を室内の温湿度に近づけて供給する換気機器。</p> <p>熱交換により、外気負荷を60～70%削減できる。</p> <p>単体の機種のほか、空調機に組込んだ機種もある。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.3.17 全熱交換器</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：直接外気換気→全熱交換機の導入（全熱交換器及びダクトの設置）／全熱交換器 17 台（加湿器付、合計風量 13,170m³/h）／換気対象面積 1,100m² 程度（レストラン客席、売店を想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築-3.7～-4.5 千円/m² 改修 6.2～7.6 千円/m²（換気対象面積当たり） ・維持管理（部品交換（熱交換エレメント等））-60 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -900 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>7.2～9.0 kg-CO₂/m²・年（換気対象面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・全熱（顕熱(温度)＋潜熱(湿度))の交換とともに、臭気や汚染物質も若干交換されるため、WCや汚染源のある部屋への採用は好ましくない。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・給気量と排気量のバランスにより交換効率が変わるため、給気量と排気量を踏まえた交換効率の把握が必要になる。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・外気冷房が有効な期間は熱交換をしない運転モードに切り替える必要がある。

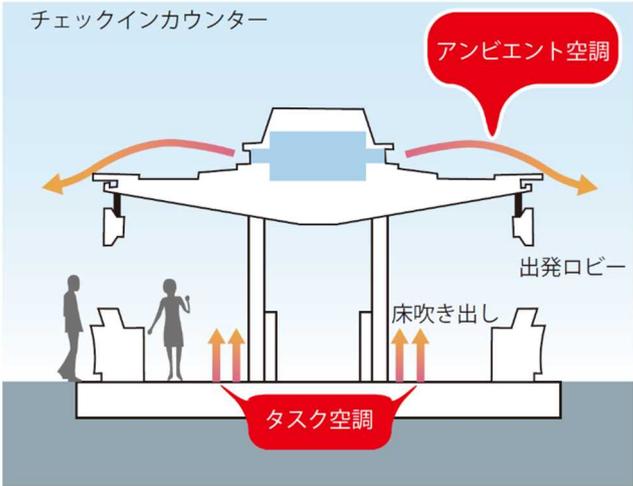
技術の名称：15. 放射冷暖房空調システム

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>放射冷暖房空調システムは、天井、壁、床を加熱又は冷却し、放射により冷暖房を行う空調システム。</p> <p>躯体に冷温水配管を打込む方式と、天井等に冷温水配管を取り付けた放射パネルを敷設する方式がある。</p> <p>冷房は常温に近い 16℃~18℃の冷水、暖房は 32℃~34℃の温水で空調ができるため、熱源の高効率運転が可能になる。また、空調機の送風量が少なくなるため、空調機のファンの消費電力が削減できる。</p> <p>省エネ化以外のメリットとしては、室内空気を攪拌しないため室内の上下温度分布が均一になる、放射効果により室内温度を緩和しても快適である、空調気流によるドラフト感や騒音がない等がある。一方で、高熱負荷には対応できない、躯体利用の場合は熱負荷の変動への応答性が悪いというデメリットがある。</p> <div data-bbox="702 840 1353 1176" style="text-align: center;"> <p>図 3.3.18 天井放射冷暖房システム</p> </div>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：全空気式空調システム→放射冷暖房空調システムの導入（放射パネル 1,100 枚、空調機、熱交換器、ダクトの設置）／空調機 2 系統（風量 87,000m³/h×2 台）／空調対象面積 1,280m² 程度（待合ロビーを想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 70~80 千円/m²（空調対象面積当たり） ・維持管理（部品交換（空調機エリミネーター等）、放射パネル点検）900 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -300 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>2.4~3.0 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・天井放射パネルの場合、天井高さは 5m 以上の室、負荷の大きい室、エントランス等外気の侵入により結露が発生しやすいエリアでの採用は適さない。 ・換気や除湿機能がないため、除湿機能のある外気処理用空調機器との組み合わせが前提となる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・放射パネル表面が露点温度以下になると結露が発生するため、結露センサーにより供給する冷水量を制御する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・天井放射パネルや躯体内の冷温水配管の耐用年数は 30 年。 ・付帯機器、制御系のメンテナンスが増える。

技術の名称：16. 床吹出空調システム

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>床吹出空調システムは、空調用空気を OA フロア等の二重床下部に供給し、床面に設置した吹出口から室内へ送風する空調システム。室内を空調した空気は天井内を経由して空調機に戻る。</p> <p>一般的な天井からの空調方式が、室内空気を攪拌しながら室内全体を空調するのに対し、床吹出空調の場合、床面から在室者の高さまでの限られた空間を空調するため、空調のエネルギー消費を削減できる。</p> <p>また、二重床内の空間を利用して冷暖気を送るため、ダクトによる圧力損失が少なく、空調機のファンの消費電力も削減できる。</p> <div data-bbox="526 716 1268 1075" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">図 3.3.19 床吹出空調システム</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：全空気式空調システム（天井吹）→床吹出空調システムの導入（フリーアクセスフロア、空調機、ダクトの設置）／空調機 2 系統（送風量 12,400m³/h × 2 台）／空調対象面積 910m²（天井高 12m の出発ロビーを想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 新築 40～50 千円/m²（空調対象面積当たり） ・ 維持管理（部品交換（空調機エリミネーター等）） -100 千円/年 ・ 削減コスト（光熱費） -500 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>5.9～7.4 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ 冷房時の送風温度は一般的な空調方式に比べ高めであるため、除湿を考慮した空調方式とする必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ 床吹出口の位置は、机の配置等を考慮して決定する必要がある。 ・ 床スラブ面は躯体への熱の流出を考慮して断熱を行う必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ 足元から送風されるため送風温度の設定に留意する必要がある。 ・ 天井内のダクトが不要になるためメンテナンスは簡略化する。

技術の名称：17. 居住域空調システム（タスク・アンビエント空調）

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>居住域空調システムは、大空間において、空調の吹出口と吸込口の位置や形状を工夫することで、空調エリアを居住域に限定する空調システム。</p> <p>旅客ターミナルビルのロビー等、吹抜けのある大空間に採用することで省エネ効果を期待できる。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.3.20 居住域空調システム</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：全空気式空調システム（天井吹）→居住域空調システムの導入（空調機、ダクトの設置）／空調機 6 系統（20,600m³/h、13,700m³/h×2 台、18,500m³/h、7,000m³/h、7,500m³/h）／空調対象面積 1,660m² 程度（天井高 8m のチケットロビー、到着ロビーを想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築-4.4～-5.3 千円/m²（空調対象面積当たり） ・維持管理（部品交換（空調機エリミネーター等））3,300 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -200 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>4.6～5.8 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・吹出口からの距離により室温のばらつきが発生することを考慮し、採用エリアを決定する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・窓面など局所的に熱負荷が異なるエリアは、タスク空調や吹出口を設置し対応する必要がある。 ・吹出口や吸込口の形状、位置、風量は、熱負荷の分布と空調空気の気流の流れを考慮して決定する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・アンビエント部分は、温度センサーに位置によっては室温のばらつきが発生するので、室温を実測し、実際の室温により設定温度の補正が必要である。

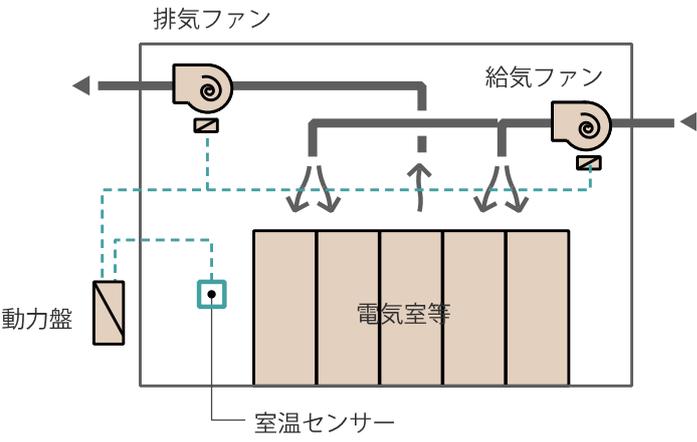
技術の名称：18. デシカント空調システム

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>デシカント空調システムは、外気導入時に、外気を冷却コイルにより除湿するのではなく、吸着剤（デシカントローター）を用いて外気の水分を吸着することで除湿する空調システム。</p> <p>冷却除湿に必要な冷熱の削減により省エネ化が可能になる。</p> <p>吸着剤の再生（乾燥）は加熱により行うため温熱が必要になるが、温水以外にも冷房に伴うヒートポンプ排熱も利用できる機種もあり、省エネ技術として採用事例も多い。</p> <p>十分な除湿能力があるため、高効率な高顕熱型パッケージエアコン（除湿はせずに顕熱の処理を目的とするパッケージエアコン）との組み合わせることにより更なる省エネ化が可能になる。</p> <div data-bbox="638 728 1212 1064" style="text-align: center;"> <p>図 3.3.21 デシカント空調システム</p> </div>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：全熱交換器→デシカント空調機(500m³/h×10台) +高顕熱マルチ型パッケージエアコン（冷房能力 50.4kW 暖房能力 56.5kW）の導入（空調機器、ダクト、配管）／空調対象面積 538m²（ラウンジ、有料待合室を想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 15～18 千円/m² 改修 15～18 千円/m²（空調対象面積当たり） ・維持管理（部品交換（圧力開閉器、除湿ローター等））390 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -100 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>2.7～3.8 kg-CO₂/m²・年（空調対象面積当たり） （ヒートポンプ排熱で吸着剤の再生（乾燥）を行う機種を想定）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・一般的な空調機よりも寸法が大きく、重量も重いいため、設置スペース、耐荷重の検討が必要になる。 ・ヒートポンプ排熱を利用する機種以外は、冷房期間中においても温熱源が必要になるため、コージェネレーションの排熱等、温熱源を確保する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・除湿効果が高いため、仕様決定にあたり室内湿度が設計湿度以下にならないよう留意する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・一般的な空調機と比べ、除湿ローターのメンテナンスが増える。

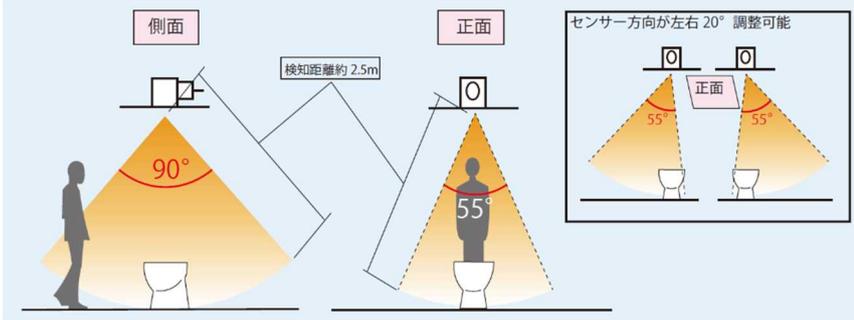
技術の名称：19. インバーターによる送風機の風量調整

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>送風機の風量調整を、ダンパーの開度調整により行うのではなく、インバーターによる電動機の回転数を制御することで行う技術。 回転数を変えないダンパーによる風量調整に比べ、風量に応じてファンの回転数を減らすことにより省エネ化が可能になる。 換気風量が多く、運転時間が長い送風機で省エネ効果が大きい。</p> <p>送風機の風量-風圧特性</p> <p>定格運転時（ファン自体の能力）の風量から必要風量 a に調整する場合、インバーターを使用することで送風機の軸動力が①から②まで低減される</p> <p>図 3.3.22 インバーターによる送風機の風量調整</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：ダンパーによる風量調整→インバーターによる風量調整／合計電気容量 36 kW／換気対象面積 650m²</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 21～25 千円/m² 改修 25～31 千円/m²（換気対象面積当たり） ・維持管理費（部品交換（インバーター部品））580 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -1,100 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>30～38 kg-CO₂/m²・年（換気対象面積当たり）</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・三相モーターの送風機を計画対象とする。単相モーターの送風機は専用設計インバーターを利用する必要があり、使用送風機が限られる。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・インバーターの設置に伴い、高周波対策の検討が必要になる。 ・既存施設への導入の場合は、インバーターの設置スペースを確保する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・インバーターの設置に伴うメンテナンスが増える。

技術の名称：20. CO 濃度・室内温度による換気量制御

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>CO 濃度・室内温度による換気量制御は、換気の目的に応じて、センサーにより換気ファンの発停を行う制御システム。</p> <p>CO 濃度は駐車場等の排気ガスが発生する室、室内温度センサーは電気室等の換気により室温の上昇を抑える室に設置する。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.3.23 CO 濃度・室内温度による換気量制御</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：換気量制御無し→換気を室内温度に応じて ON-OFF (センサー、制御機器設置) / 対象面積 140 m² (電気室を想定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 2.6～3.2 千円/m² 改修 3.4～4.2 千円/m² (換気対象面積当たり) ・維持管理費 (制御機器の点検・動作確認) 10 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -200 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>24～30 kg-CO₂/m²・年 (換気対象面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・室温の維持、汚染物質の除去等、換気の目的により必要なセンサーの設置を検討する。 ・電気室等で許容温度が 40℃であれば、冷房に比べエネルギー消費の少ない換気による対応を検討する。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・電気室等の室温上昇を換気に対応する場合、外気温と設定室温の差により換気量が決定されるが、外気温は上昇傾向にあることを考慮する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・冷房により室温上昇に対応する場合、中間期から冬期は換気を併用することで冷房によるエネルギー消費を低減できる。

技術の名称称：21. 人感センサーによる換気量制御

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>人感センサーによる換気量制御は、人感センサーにより在室状況を検知し、換気ファンの発停を行う制御システム。</p> <p>一般的に、使用時間の短い便所、湯沸室、倉庫等に採用される。施設規模を問わず、利用時間が短い室での採用が有効である。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.3.24 人感センサーによる換気量制御</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：換気量制御無し→排気ファンを人感センサーで ON-OFF (センサー設置) /対象面積 580m² 程度 (WC を想定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 5.5～6.7 千円/m² 改修 12～15 千円/m² (対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換 (センサー部品)) 80 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -100 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>3.3～4.1 kg-CO₂/m²・年 (対象面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・男女の WC を同一のファンで換気している系統には採用できないため、個別のファンにすることが必要である。 ・照明の人感センサーと兼用することも可能であるため検討が必要。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・使用後の臭気や水蒸気の滞留を考慮し、便所、湯沸室等は遅延タイマーを設置し、退室後も一定時間は換気ファンの運転を行う必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・制御系の追加に伴うメンテナンスが増える。

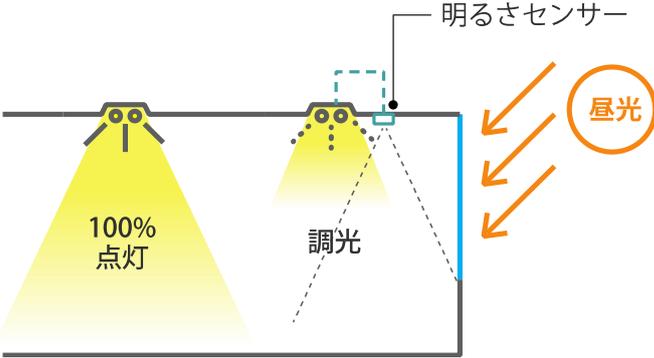
技術の名称：22. ★LED 照明

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>LED 照明は、従来の蛍光灯に比べ高効率で長寿命な照明器具。消費電力や発熱が少ないことにより、照明の消費電力の削減だけでなく、空調負荷の削減も可能である。</p> <p>格納庫等で使用される水銀ランプやメタルハライドランプ等も LED に置き換えられるため、全ての施設に採用できる。</p> <div style="text-align: center;">  <p>ダウンライト</p> <p>高天井用照明</p> <p>ベース照明</p> </div> <p style="text-align: center;">出典 パナソニック株式会社、岩崎電気株式会社 カタログ</p> <p style="text-align: center;">写真 3.3.4 LED 照明</p>
② コスト(導入時・光熱費)	<p>※検討ケース：Hf 照明器具→LED 照明の導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 5.3～6.5 千円/m² 改修 6.6～8.1 千円/m² (延床面積当たり) ・削減コスト (光熱費) -16,500 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>14～17 kg-CO₂/m²・年 (延床面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ランプ周囲の推奨使用温度は 5～40℃であることから、設置場所の室内温度に留意する。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・調光するためには別途調光器が必要になる。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・長寿命化によりメンテナンスは簡略化する。

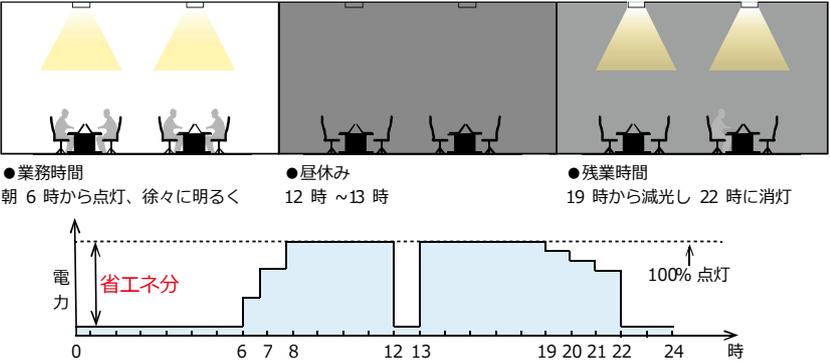
技術の名称：23. 在室検知制御

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>在室検知制御は、人感センサーにより在室状況を検知し、照明の点滅・減光を行う制御システム。</p> <p>一般的に、使用時間の短い便所、湯沸室、倉庫、廊下、階段室等に採用されるが、在席率の低い事務室等に、複数の人感センサーや画像センサーを設置し点滅・減光制御を行うことで、一層の省エネ化が可能になる。</p> <p>施設規模を問わず、利用時間が短い室、在席率の低い居室等での採用が有効である。</p> <div data-bbox="630 719 1262 1014" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">図 3.3.25 在室検知制御</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：在室検知制御無し→在室検知制御の導入／対象面積 1,680m² (WC、湯沸室、通路等を想定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 7～8.5 千円/m² 改修 11～13 千円/m² (対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換 (センサー部品)) 300 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -100 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>1.4～1.7 kg-CO₂/m²・年 (対象面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・室の使用時間を考慮して、採用範囲を決定する必要がある。 ・室の用途により不在時に消灯するか、減光するか検討する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・人感センサーは赤外線の変化を検出するセンサーであるため、人体以外の温度変化や移動する熱源がある場合、適切に作動しない点に留意する。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・対象室の利用状況に応じて、検知後の点灯時間の調整が必要である。

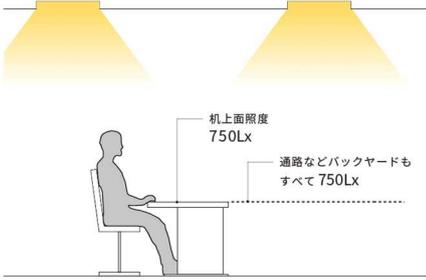
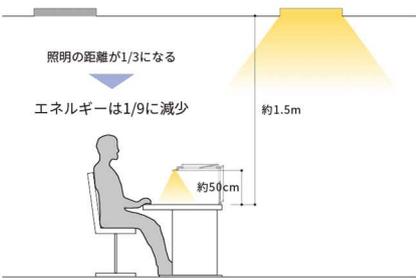
技術の名称：24. 明るさ検知制御

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>明るさ検知制御は、明るさセンサーを設置し、自然光と併せ必要な照度を確保できるよう照明を調光する制御システム。</p> <p>自然光の多い室ほど効果がある。また、直射光を遮りながら間接光を有効に採り入れる自動制御ブラインドとの併用により、一層の省エネ化が可能になる。</p> <p>施設規模を問わず、自然光を利用でき、利用時間が長い（照明の点灯時間が長い）室での採用が有効である。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.3.26 明るさ検知制御</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース: 明るさ検知制御無し→明るさ検知制御の導入／対象面積 4,610m²</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 1.5～1.8 千円/m² 改修 4.5～5.5 千円/m² (対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換 (センサー部品)) 90 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -600 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>2.3～2.9 kg-CO₂/m²・年 (対象面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・自然光の状態と点灯時間を考慮して、採用範囲を決定する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・明るさセンサーの設置位置は検知範囲を考慮する必要がある。窓際に設置する場合は、外光を検知しない位置に設置する。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・制御系のメンテナンスが増える。

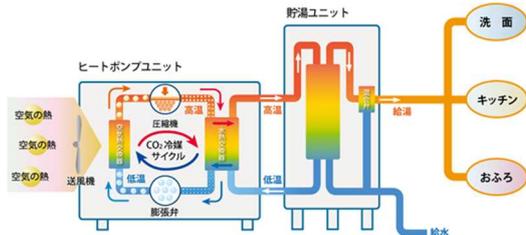
技術の名称：25. タイムスケジュール制御

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>タイムスケジュール制御は、各室の運用時間や昼休み等に合わせ、あらかじめ設定された時刻に、自動的に照明を消灯・調光する照明制御システム。</p>  <p>●業務時間 朝 6 時から点灯、徐々に明るく ●昼休み 12 時～13 時 ●残業時間 19 時から減光し 22 時に消灯</p> <p>電力 省エネ分 100%点灯 0 6 7 8 12 13 19 20 21 22 24 時</p> <p>図 3.3.27 タイムスケジュール制御</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース:タイムスケジュール制御無し→タイムスケジュール制御の導入/対象面積 11,200m²</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 1.2～1.5 千円/m² 改修 1.5～1.8 千円/m² (対象面積当たり) ・維持管理費 (部品交換 (タイマー部品)) 240 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -300 千円/年
③ CO ₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>0.42～0.53 kg-CO₂/m²・年 (対象面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・設定された時刻になると強制的に消灯・調光するため、適用する室の用途・運用方法を考慮する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・スケジュールタイマーは週間スケジュールタイマーと年間スケジュールタイマーがあるため、用途・運用方法により選択する。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・適用する室の運用状況に基づいた時間設定にすることがあり、使用状況に応じて適宜見直しを行う必要がある。

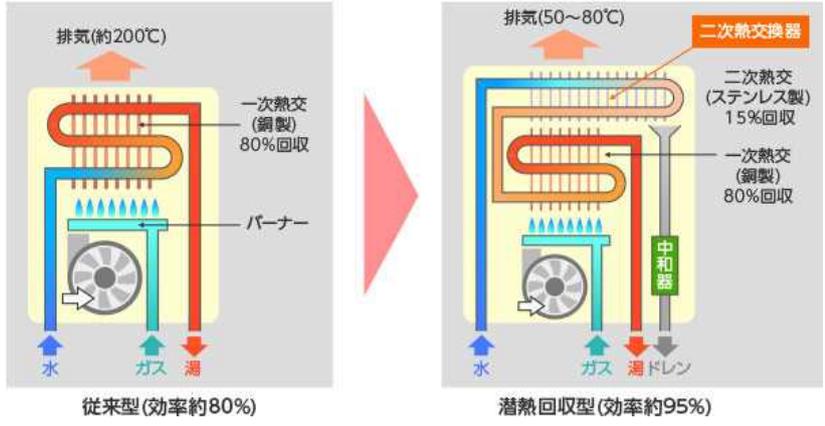
技術の名称：26. タスク・アンビエント照明

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>タスク・アンビエント照明は、部屋の照明をアンビエント照明（周辺）とタスク照明（作業エリア）に分けて設置する照明方式。室内全体で必要な照度を確保する全般照明に比べ、大幅に省エネ化が可能になる。アンビエント照明によって天井や壁を照らし、安全性や空間全体の明るさ感を確保し、タスク照明により執務や作業に応じた必要な明るさを確保する。</p>  <p>図 3.3.28 全般照明</p>  <p>出典：山田照明株式会社 HP 図 3.3.29 タスク・アンビエント照明</p>
② コスト(導入時・光熱費)	<p>※検討ケース：全般照明→タスク・アンビエント照明の導入／対象面積 230m²／10,000 円/台のタスク照明を想定 照度 750 lx／改修はタスク照明のみ追加設置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築-5.1～-6.2 千円/m² 改修 1.1～1.4 千円/m²（対象面積当たり） ・削減コスト（光熱費） -100 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	6.3～7.8 kg-CO ₂ /m ² ・年（対象面積当たり）
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・執務室等ではアンビエント照明だけでは必要な照度を確保できないため、タスク照明が設置されることを前提に、採用する技術である。 ・旅客ターミナルビルのロビーをアンビエント照明としチェックインカウンターにタスク照明を設置といった導入方法も有効である。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・アンビエント照明とタスク照明の照度比は 1:3 程度が望ましく、照度比が大きすぎると目の疲れを誘発する。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・照明灯数はタスクライトにより増大するため、メンテナンスが増える。

技術の名称：27. ヒートポンプ給湯器

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>ヒートポンプ給湯器は、ガス等の燃焼ではなく、エアコンと同様に、電気を利用してヒートポンプにより外気の熱を集め、熱源として利用することでお湯を沸かす給湯器。</p> <p>代替フロン冷媒を利用するヒートポンプ給湯器と、CO2を冷媒として利用するヒートポンプ給湯器（エコキュート）がある。</p> <p>直接の加熱ではなく空気を熱源とするヒートポンプを利用するためガス給湯器や電気温水器に比べ高効率である。また、CO2を冷媒として利用するヒートポンプ給湯器は、フロン冷媒の機器よりも効率が低い。</p>  <p>出典：一般社団法人 日本冷凍空調工業会 HP</p> <p>図 3.3.30 ヒートポンプ給湯器</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース 1：貯湯式電気温水器→洗面用給湯熱源にヒートポンプ給湯器（35kW（貯湯槽 4m3 付）×2 台、給湯配管含む）の導入／WC 面積 580m2 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 80～90 千円/m2 改修 120～150 千円/m2（WC 面積当たり） ・維持管理費（部品交換（圧縮機部品等））240 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -1,900 千円/年 <p>※検討ケース 2：潜熱回収型給湯器→厨房用給湯熱源にヒートポンプ給湯器（35kW（貯湯槽 4m3 付）×14 台、給湯配管含まず（※改修は既存配管利用））の導入／厨房面積 270m2 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 480～580 千円/m2 改修 520～640 千円/m2（厨房面積当たり） ・維持管理費（部品交換（圧縮機部品等））2,700 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -700 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>※検討ケース 1：38～47 kg-CO2/m2・年（WC 面積当たり）</p> <p>※検討ケース 2：68～85 kg-CO2/m2・年（厨房面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<p>1) 実施計画段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気熱源であるため、寒冷地においては効率が下がる。 ・熱源本体と貯湯槽が屋外に設置されるため、騒音対策、設置スペースの検討が必要になる。 <p>2) 設計・施工段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ヒートポンプ給湯器（エコキュート）は、夜間に水を昇温し貯湯槽に貯め、昼間使用する構造になっているため、昼間の追い焚きや加熱が必要な施設用途には代替フロン冷媒を利用するヒートポンプ給湯器か追い焚き機能付きの機種を使用する必要がある。 <p>3) 管理・運営段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガス給湯器やボイラに比べメンテナンスは容易である。 ・貯湯槽は年に 2～3 回水を抜いてタンクの底の湯垢や沈殿物を押し流す必要がある。

技術の名称：28. 潜熱回収型給湯器

項目	内容
<p>① 技術の概要</p>	<p>潜熱回収型給湯器は、ガス給湯器の一次熱交換器からの約 200℃～230℃の排気ガスを利用して、二次熱交換器で水を予備加熱し、一次熱交換器に送ることによって燃焼効率を高めたガス給湯器。 排気ガスの排熱を利用しないガス給湯器に比べガス消費を 10～15%以上削減可能である。</p>  <p style="text-align: center;">出典：一般社団法人 日本ガス協会 HP 図 3.3.31 潜熱回収型給湯器</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：従来型給湯器→洗面用給湯熱源に潜熱回収給湯器 (50号3連結、給湯配管含む) の導入/WC 面積 580m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 1.2～1.5 千円/m² 改修 1.4～1.7 千円/m² (WC 面積当たり) ・維持管理費 (部品交換 (バーナー部品等)) 0 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -100 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様 ※潜熱回収なしのガス給湯機との比較</p>	<p>3.9～4.8 kg-CO₂/m²・年 (WC 面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・貯湯式電気湯沸器や従来型のガス湯沸器より CO₂ 排出量は少ないが、ヒートポンプ給湯器より CO₂ 排出量が多くなるため、ヒートポンプ給湯器が適さない寒冷地において採用することが望ましい。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・従来型のガス湯沸器には不要なドレン管が必要になる。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・メンテナンスは熱回収機能のないガス給湯器と同じである。

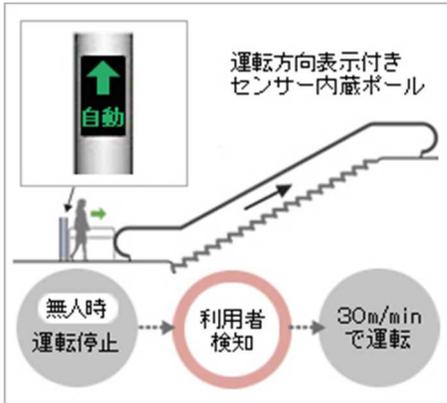
技術の名称：29. 自動給湯栓・小流量吐水機構付シャワー

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>自動給湯栓、小流量吐水機構付シャワーは、節水効果により給湯負荷を低減可能な衛生器具。</p> <p>自動給湯栓は、手かざしセンサー付混合水栓。</p> <p>小流量吐水機構付シャワーは、サーモスタット湯水混合水栓、ミキシング湯水混合水栓、シングルレバー湯水混合水栓のいずれかと、小流量吐水機構付（節湯 B1※）のシャワーヘッドを組み合わせた浴室用シャワー水栓。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">写真 3.3.5 自動給湯栓 写真 3.3.6 小流量吐水機構付シャワー</p> <p style="text-align: right;">出典：TOTO 株式会社</p> <p>※節湯水栓の判断基準 B1 https://www.j-valve.or.jp/pdf/suisen/e_setsuyu-alb1c1_201705.pdf</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：レバー式水栓→自動給湯栓の導入／水栓数 70 個（旅客ターミナルビル洗面を想定）／給湯熱源は貯湯式電気湯沸器を想定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 38～46 千円/個 改修 47～57 千円/個（自動給湯栓 1 個当たり） ・維持管理費（部品交換（パッキン等））60 千円/年 ・削減コスト（光熱費） -400 千円/年
<p>③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>100～120 kg-CO2/年（自動給湯栓 1 個当たり）</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<p>1) 実施計画段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動給湯栓・小流量吐水機構付シャワーによる CO2 削減効果は建物全体から見れば僅かであるが、節水効果も含めて導入を検討する必要がある。 <p>2) 設計・施工段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動給湯栓は、洗面器や手洗器により設置できる機種が異なることを留意し器具選定をする必要がある。 <p>3) 管理・運営段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動給湯栓、小流量吐水機構付シャワーは一般の器具に比べ機構が複雑で、消耗品、交換部品も多いため留意が必要である。

技術の名称：30. ギヤレス巻上機・電力回生

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>ギヤレス巻上機は、従来の誘導モーターに代えて、高効率な永久磁石式モーターを採用した巻上機。</p> <p>電力回生制御は、エレベーターの下降時に巻上機を発電機として利用し、発電した電力を建物に供給するシステム。発電した電力をエレベーター本体に蓄電し停電時に利用することもできる。</p> <p>ロープ式エレベーターや油圧式エレベーターをギヤレス巻上機に更新可能である。</p> <div data-bbox="598 622 1098 1099" style="text-align: center;"> <p>商用電源 変電設備 昇降路 巻上機 エレベーター</p> <p>商用電源から電力供給</p> <p>建物内電気設備</p> <p>商用電源 変電設備 昇降路 巻上機 エレベーター</p> <p>巻上機で発電(回生電力)</p> <p>建物内電気設備</p> <p>建物内の電気設備にて回生電力を有効利用</p> <p>消費/上昇運転時の電力フロー (力行運転) エレベーター上昇時</p> <p>消費/下降運転時の電力フロー (回生運転) エレベーター下降時</p> </div> <p style="text-align: right;">出典：フジテック株式会社</p> <p style="text-align: center;">図 3.3.32 電力回生エレベーター</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：従来型エレベーター→ギヤレス巻上機・電力回生の導入 (17人乗り3階用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築-29,500～-35,500千円 改修-29,500～-35,500千円 (1基当たり) ・維持管理費 (定期点検、部品交換 (軸受、ロープ等)) 200千円/年 ・ギヤレス化 削減コスト (光熱費) -1,000千円/年 ・電力回生 削減コスト (光熱費) -100千円/年
<p>③ CO2削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>ギヤレス化 2,500～3,200 kg-CO2/年 (1基当たり)</p> <p>電力回生 200～ 300 kg-CO2/年 (1基当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・エレベーターの改修期間中の代替エールートを考慮して改修計画を立案する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・施工期間は、改修内容により1週間から3週間を要する。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・エレベーターは有資格者による定期点検が義務付けられている。 ・ギヤレス巻上機・電力回生は、従来のロープ式エレベーターと付加機能 (地震時管制運転等) が同じであれば、メンテナンスは変わらない。

技術の名称：31. エスカレーター・動く歩道自動運転制御

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>乗降口の手前に利用者を検知するセンサーポールを設置し、利用者を検知すると自動的に起動し、一定時間経過後に停止あるいは低速運転に移行するエスカレーターや動く歩道の制御システム。</p>  <p style="text-align: right;">※出典：株式会社日立ビルシステム</p> <p style="text-align: center;">図 3.3.33 エスカレーター自動運転制御</p>
② コスト (導入時・維持管理・ 光熱費)	<p>※検討ケース：自動運転制御無し→エスカレーターに自動運転機能を導入(エスカレータ本体及びセンサー内蔵ポール設置)/階高 4.5m用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 31,000～37,000 千円 改修 34,000～41,000 千円 (1 基当たり) ・維持管理費 (定期点検、駆動部オーバーホール、部品交換 (手すり、チェーン等)) 350 千円/基・年 ・削減コスト (光熱費) -400 千円/年
③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様	<p>7,900～9,900 kg-CO2/年 (1 基当たり) (1 日 15 時間自動運転、運転率 30%と想定した場合)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・エスカレーターや動く歩道の利用状況を踏まえて、導入を検討する必要がある。 ・既設のエスカレーターや動く歩道への自動運転制御の設置は、本体も含めた大規模な改修となるため、事例が少なく、機器更新時の採用となる場合が多い。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・センサーポールと本体の間には一定の距離が必要になるので留意する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・時間帯別の利用状況などを把握した上で、検知後の運転時間や利用者のいない場合の速さを適切に設定する必要がある。

コラム①：コージェネレーションシステムの改修計画による CO2 削減（中部国際空港）

開港時に導入した「天然ガスコージェネレーションシステム」を、18年目を迎えた段階で機器更新を実施している。ガスタービンをガスエンジンに変更することで、発電効率及び熱効率を上げ、CO2排出量の14%削減を目指している。

レジリエンスの観点からブラックアウトスタート※をさせることができる非常用発電設備を新規に導入し、緊急事態の際にも、一定量の熱と電気を供給できる機能も持たせることも計画としている。

※ブラックアウトスタートとは、ブラックアウトの状態から、外部電源から発電された電気を受電することなく、停電解消のための発電を行うこと。

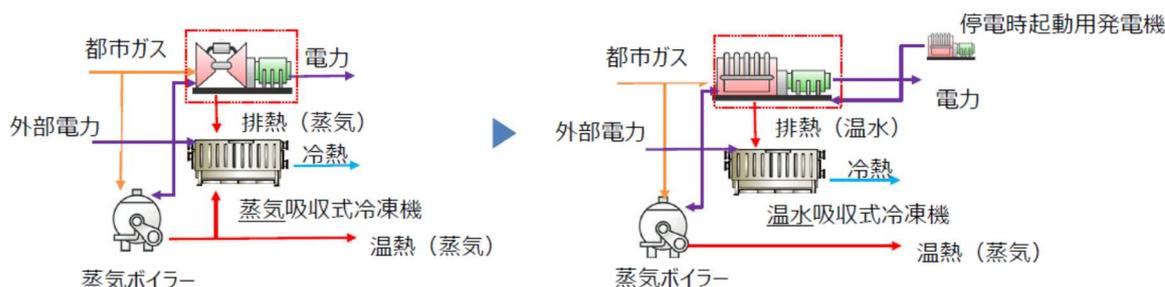


図 3.3.34 コージェネシステムの改修(中部国際空港)



図 3.3.35 コージェネシステムの外観(中部国際空港)

・導入する上での留意点

エネルギー効率を最大化するには、排熱回収の向上が見込める熱回収機器の計画が必要であり、建物の電力負荷と熱負荷を時刻別シミュレーション等で精緻な検討を要する。

・取組の効果

コージェネシステムによって、自家発電と同時に排熱を用いることで、冷房・暖房・給湯のガス機器運転を減らし省CO2に寄与できる。

出典：中部国際空港セントレア「天然ガスコージェネレーションシステム」、

<https://www.centrair.jp/corporate/csr/environment/consideration/operation/warming/natural-gas.html>、2022年8月

コラム②：大空間の居住域空調（東京国際空港国際線旅客ターミナルビル（T3））

チェックインロビーは天井高さ最大約 20m の大空間となっており、居住域空調を採用し無駄なエネルギーを抑制している。居住域空調の吹出口は旅客の視野に入りやすいが、カウンター上部やガラス吹出口とすることで、洗練された大空間を演出している。

透明なガラス製の吹出し「エアブリーズタワー」を各所に設置している。居住域への吹出しのほか空調空気温度によるタワー外面への貫流熱による輻射効果も利用している。



図 3.3.36 チェックインロビー居住域空調(羽田空港第3ターミナル)

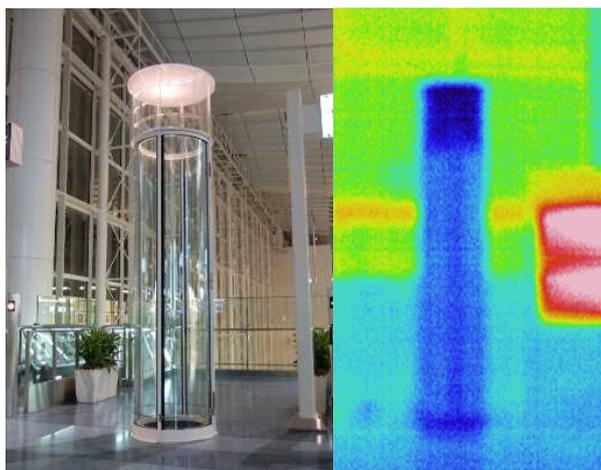


図 3.3.37 エアブリーズタワー外観・熱画像
(羽田空港第3ターミナル)

・留意点

大空間は、建物開口部の大きさや位置などによって、日射や隙間風の外乱にさらされ、温熱環境に偏りが生じやすい。CFD 等を用いた温熱環境シミュレーションを行い、環境改善が必要な場所を予測し、居住域空調を適切に配置する必要がある。

・取組の効果

大空間を均一に空調する方式と比べて、エネルギー消費量の大幅な削減効果が見込める。

出典：東京国際空港ターミナル株式会社「エコエアポートガイドブック」、

<http://www.tiat.co.jp/docs/82083f7383d67681bd92c73d5b48e46de3dc0b9e.pdf>、2022年8月

コラム③：LED 照明の採用（成田国際空港）

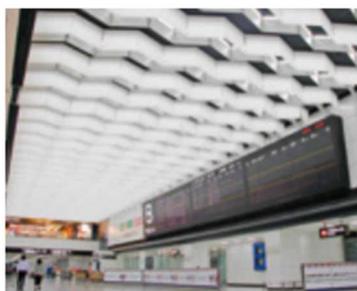
第1・第2旅客ターミナルビル全体の照明約7,000台をLEDへの置換予定としている。旅客ターミナルビルの天井照明や館外サインのほか、広告ボードや案内表示のバックライトにもLEDを使用している。LEDを使用することで、照度が上がり、より明るい空間や見やすい表示となる計画としている。



第1旅客ターミナルビル
出発カーブサイドLEDサイン



第1旅客ターミナルビル新館4階
ガーデングルメコート



第2旅客ターミナルビル
国際線到着ロビー



第2旅客ターミナルビル
サテライト



第1旅客ターミナルビル館外LEDサイン



第2旅客ターミナルビル国際線出発ロビー

図 3.3.38 LED 照明の採用(成田国際空港)

・留意点

既存改修の場合、既存器具の天井開口とLED器具の必要開口寸法を確認し、天井改修工事の有無を確認する。

・取組の効果

既存器具が蛍光灯など旧来器具の場合、照明エネルギー消費量の大幅な削減効果が見込める。

出典：成田国際空港株式会社「成田国際空港 環境報告書 2021」、

https://www.naa.jp/jp/issue/kankyo_report/pdf/naa_30_35.pdf、2022年8月

出典：成田国際空港株式会社「成田国際空港 環境報告書 2020」、

https://www.naa.jp/jp/issue/kankyo_report/pdf/kankyo_report2020.pdf、2022年8月

3.4 建築施設の運用による省エネ手法

3.4.1 建築施設の運用による省エネ手法の概要

規模、用途、地域、サービス性能が異なる空港建築施設においては、それぞれの特性に応じて設備を適切に運転することが課題である。必要な室内環境を維持しながら、空調時間の適正化、空調温度設定及び照度設定の緩和等に取り組むことが省エネ化に有効な手法である。

設備の適切な運転を実現するためには、建物のエネルギー・マネジメントが必要になる。そのためには、室内環境や設備機器の使用状況等、建物のエネルギーに関するデータを一元的に管理できる BEMS(ビル・エネルギー・マネジメントシステム)の活用が有効である。エネルギーの使用状況を見える化することで、省エネルギー化の余地の発見や適切な省エネルギー施策の実施に繋げることができる。同時に、様々な管理者、事業者等により運営されている空港建築施設では、エネルギー消費状況の見える化によりエネルギー情報を共有することで、空港建築施設全体の脱炭素化への取り組みの促進が期待できる。

表 3.4.1 建築施設の運用による省エネ手法一覧

技術名称 (★は優先度の高い技術を示す)	WEBPRO 評価	推奨 導入時期	推奨施設	推奨地域	掲載 ページ
1 ★BEMS の活用	-	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	77
2 室温設定緩和	-	新築時・ 改修時			78
3 照度設定緩和	-	新築時・ 改修時			79

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価） -：評価対象外

※推奨施設は表 3.1.1 空港建築施設の基本類型による。

※推奨地域は図 3.1.13 全国 97 空港の地域区分による。

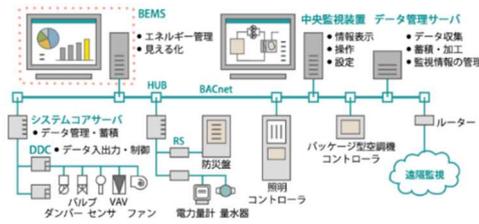
※★印は以下の観点から、優先度の高い省エネ技術であることを示す。

- ・CO2 削減効果の高い技術
- ・他技術との相乗効果が期待できる技術
- ・比較的導入が容易な技術

※各個表に示す導入時コストについては、検討ケースに記載した標準的な仕様の設備等を導入した場合と、省エネ技術を導入した場合の差額（上乗せコスト）を示す。

3.4.2 個別技術(対策)の事例紹介

技術の名称：1. ★BEMS の活用

項目	内容
① 技術の概要	<p>BEMS(ビル・エネルギー・マネジメントシステム)は、室内環境や設備機器の使用状況、エネルギー消費量等のデータを一元的に管理できる監視システム。</p> <p>蓄積されるデータを基にエネルギー需要の見える化を行うことでエネルギー需給の時間的変動を把握し、機器の運転方法や運用の改善を行い、継続的な省エネルギー運用を実現する。</p> <p>BEMS の情報を基に中央監視装置より各機器・各室の設定値の変更や運転・停止等の制御を行うことにより各設備の運用を最適化することも可能となる。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.4.1 BEMS と周辺設備</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<p>※検討ケース：BEMS 無し→BEMS の導入（中央監視装置に接続可能な場合（中央監視装置の管理点数追加コストを含む））</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 37,000～45,000 千円 改修 43,000～53,000 千円 ・維持管理費 3,000 千円/年（動作確認、中央監視装置を含む） ・削減コスト（光熱費） -4,200 千円/年
③ CO2 削減効果	<p>4～8 kg-CO2/m2・年（延床面積当たり） （BEMS により 10%の CO2 排出量を削減した場合を想定）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・BEMS の導入にあたり、省エネルギー運用のための分析・評価内容を明確にした上で、監視ポイントを抽出することが必要である。 ・BEMS の導入とともに、BEMS のエネルギー情報や施設の運用情報から機器の運転を最適化する AI の導入も望ましい。 ・既存施設への導入においては計量、計測のためのメーター類やセンサー類の追加設置が必要になるため、設置スペース、配線ルートを確認する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・抽出した監視ポイントに基づき、必要となるセンサーや制御機器、既存設備の改修方法を検討する。 ・既存設備の中央監視設備に接続する場合は、BEMS へのデータの受け渡し方法の確認が必要になる。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・蓄積されたデータを基に問題点や改善の余地を抽出し、機器の運転方法や運用の改善につなげる必要がある。 ・エネルギー情報の見える化により、脱炭素化への意識を空港建築施設全体で共有できる枠組みの構築が重要である。

技術の名称：2. 室温設定緩和

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>室温設定緩和は、室内の設定温度を利用者の快適性を損なわない一定の範囲内で冷房又は暖房時の室内設定温度を緩和し、熱源設備のエネルギー消費量を削減する運用方法。</p> <p>a) 人の快適感を考慮した室温緩和 人は温度、相対湿度、気流、周囲の壁面からの放射、代謝量（運動量）、着衣量の6つ要素で快適さを判断することから、以下の運用が可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日の当たる窓面からの放射を考慮した暖房時の室温緩和 ・コート等、着衣のまま移動する空間の暖房時の室温緩和 ・室内湿度が低い場合の冷房時の室温緩和 <p>b) 空間の使われ方を考慮した室温緩和 人の滞留時間が短い移動のための空間や人がいない空間は室温の緩和が可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンコース等の移動のための空間の室温緩和 ・運航スケジュールに応じて無人となる空間の室温緩和 <p>c) 空調システムを利用した室温緩和 外気処理専用の空調機がある場合は、空調機の送風温度を下げることで除湿効果が高まり、室内の湿度が下がることから冷房時の室温緩和が可能になる。</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<ul style="list-style-type: none"> ・削減コスト（光熱費） -2,200千円/年
③ CO2削減効果	<p>※検討ケース：施設全体の室温設定を1℃緩和 1.3～1.6 kg-CO2/m2・年（延床面積当たり）</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ - 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ - 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・ 事前に設定温度と実測値の差の把握が必要。 ・ 旅客ターミナルビルのロビー等の大空間は、室内温度のばらつきを考慮して設定温度を決める必要がある。 ・ 事務室等、特定の人が使用するエリアは、予め、関係者に説明をし、理解を得た上で実施する必要がある。

技術の名称：3. 照度設定緩和

項 目	内 容
① 技術の概要	<p>照度設定緩和は、照明器具の調光により運用に支障のない範囲で室内の照度を下げ、照明のエネルギー消費量の削減する運用方法。</p> <p>a) 照度設定の見直し</p> <p>照度は JIS により部屋の使用目的に応じて推奨照度があり、照明は推奨照度に基づき設置されている。一方で、JIS には推奨照度に対する設計照度の範囲が定められており、その範囲内で照度下げる運用が可能である。(事務室を例にとると推奨照度 750 lx に対し 500 lx ~ 1,000 lx が設計照度の範囲)</p> <p>b) タスク照明を利用した照度緩和</p> <p>旅客ターミナルビルのロビー等※はチェックインカウンターや旅客が執務をするために用意されたテーブル等の明るさを確保できれば、全体の照度を下げる運用が可能である。</p> <p>c) サイン等の明るさを考慮した照度緩和</p> <p>照明以外のサイン、広告等が設置されている場合は、個々の照明器具の照度を下げる運用も可能である。</p> <p>※JIS による推奨照度の規定はないが、チケットを確認できる明るさとして 300 lx 前後で計画されている。</p>
② コスト (導入時・維持管理・光熱費)	<ul style="list-style-type: none"> 削減コスト (光熱費) -800 千円/年
③ CO2 削減効果	<p>※検討ケース：施設全体の照度設定を 10%緩和した場合 0.8~1.0 kg-CO2/m2・年 (延床面積当たり)</p>
④ 導入にあたっての課題・留意事項	<p>1) 実施計画段階</p> <ul style="list-style-type: none"> 調光できる照明であることが前提である。 <p>2) 設計・施工段階</p> <ul style="list-style-type: none"> - <p>3) 管理・運営段階</p> <ul style="list-style-type: none"> 照度が同じであっても色温度により快適感が異なるので、照度を下げる場合は照明器具の色温度を考慮する必要がある。 事務室等、特定の人を使用するエリアは、予め、関係者に説明をし、理解を得た上で実施する必要がある。 <div data-bbox="954 1503 1393 1928" data-label="Figure"> </div> <p>図 3.4.2 照明の快適感</p>

コラム①：BEMS の活用（関西国際空港）

関西国際空港ターミナルビルでは、データ分析による空調設備の運用改善により、2018年度から2019年度の2年間で約600tのCO2を削減している。更なるオペレーションの自動化・最適化を目指してBEMS+AIの組み合わせを検討している。

BEMS+AIは、自動的かつタイムリーなデータ分析を行い、従来の人間によるデータ分析と比べて迅速に運用の改善が行えるシステムを目指す。これらのBEMSデータの更なる有効活用策について、東京大学と共同研究を実施している。

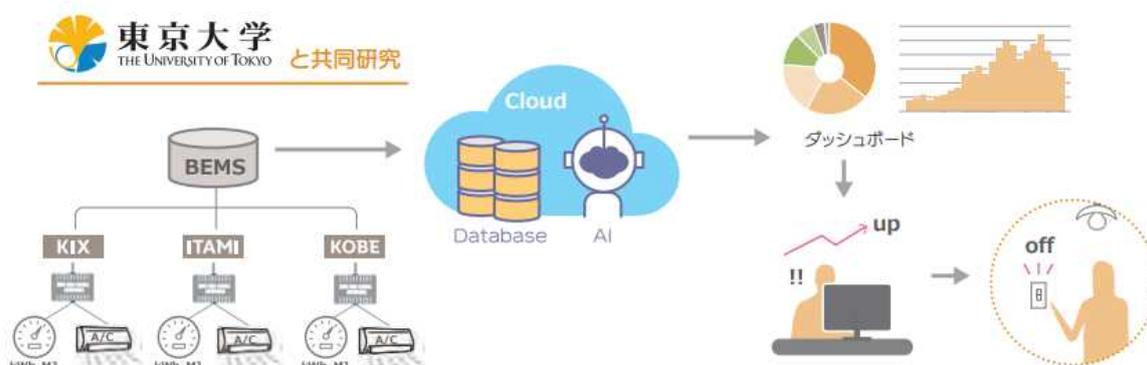


図 3.4.3 BEMSxAI のイメージ

・導入する上での留意点

BEMS 導入前に、既存の設備やセンサー類の把握、効率的なセンサーの設置・分析方法の検討のため、ビル診断等（どのような分析が省エネに繋がるかの検討）から始める必要がある。

BEMS はデータの可視化のみを基本としており、データを活用した分析および運用改善等を実施して初めて CO2 削減効果が得られる点に留意が必要である。

・取組の効果

BEMS 導入によりエネルギー消費の実態把握が可能となり、日常的な運用改善による運用コストの削減および分析による省エネ設備導入の最適化（ダウンサイジング等）に伴う導入コスト削減が見込める可能性がある。BEMS データの AI による 24 時間連続した自動監視・分析により、エネルギーの無駄な状況の早期発見と運用改善がタイムリーに行える。また、従来人手により行っていた分析作業の大半を削減できるため、省力化にも繋がる可能性がある。

出典：関西エアポート株式会社「環境レポート 2021」、http://www.kansai-airports.co.jp/efforts/environment/efforts/file/envreport_2021.pdf、2022年8月

3.5 建築施設への再生可能エネルギーの導入手法

3.5.1 建築施設への再生可能エネルギーの導入手法の概要

空港建築施設において最も期待できる再生可能エネルギーは太陽光発電システムである。天候により発電量が変動する欠点はあるが、前述の通り空港建築施設の特徴である広い屋根面や屋上を持つ施設が多いため、太陽光発電システムの導入ポテンシャルは高いと言える。また、エネルギー消費のウエイトが大きい空調設備は日射の強い時間帯に電力使用量が増えることから、太陽光発電システムとの親和性が高い。

しかし、季節や時間帯により発電量や電力消費量が一定でないことから、余剰電力を有効活用する方策として、蓄電設備の設置や周辺他施設への供給、車両への蓄電等の活用方法を検討する必要がある。

他の再生可能エネルギーとしては、風力発電、バイオマス燃料を熱源として利用するバイオマス発電やその排熱利用、雪氷熱利用等がある。

3.5.2 再生可能エネルギーのエネルギーマネジメント

空港建築施設における再生可能エネルギーの導入検討にあたっては、空港内に設置されている他の再生可能エネルギー設備の導入状況や、今後の設置計画などを確認の上、空港全体としてのエネルギーマネジメントに取り組む必要がある。

空港建築施設における電力受電については、オフサイトの発電電力を使用することも選択肢の一つとなるため、オフサイト電源の有効活用についても検討を行っていく必要がある。

表 3.5.1 再生可能エネルギーの導入手法一覧

技術名称	WEBPRO 評価	推奨 導入時期	推奨施設	推奨地域	掲載 ページ
1 ★太陽光発電システム	○	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	82
2 風力発電	-	新築時・ 改修時	①～⑧	1～8	83
3 バイオマス熱利用	-	新築時・ 改修時	①④⑥	1～8	84
4 雪氷熱利用	-	新築時・ 改修時	①④⑥	1～3	85
5 水素発電	-	新築時・ 改修時	①④⑥	1～8	86

WEBPRO 評価凡例 ○：評価対象 △：間接的に評価対象（他技術として評価） -：評価対象外

※推奨施設は表 3.1.1 空港建築施設の基本類型による。

※推奨地域は図 3.1.13 全国 97 空港の地域区分による。

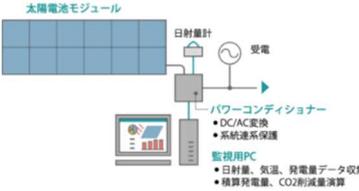
※★印は以下の観点から、優先度の高い再生可能エネルギーの導入手法であることを示す。

- ・CO2 削減効果の高い技術

※各個表に示す導入時コストについては、検討ケースに記載した標準的な仕様の設備等を導入した場合と、省エネ技術を導入した場合の差額（上乘せコスト）を示す。

3.5.3 個別技術(対策)の事例紹介

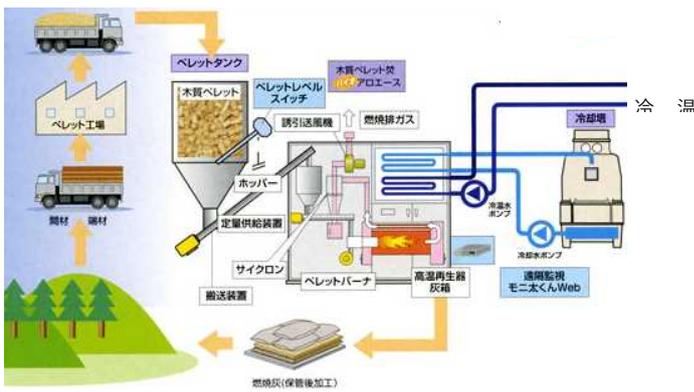
技術の名称：1. ★太陽光発電システム

項目	内容
<p>① 技術の概要</p>	<p>太陽光発電システムは、太陽電池パネルを利用して太陽光のエネルギーを電気に変換することで発電する再生可能エネルギーの技術。太陽光発電システムに使用される太陽電池パネルは、シリコン系の単結晶型、多結晶型、アモルファス型の3種類の太陽電池に分類される。</p> <p>発電した電力は商用電力と系統連系して建物に供給される。余剰電力を蓄電池に蓄えることで夜間の利用が可能になる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">図 3.5.1 太陽光発電システム構成図</p> <p style="text-align: right;">出典：株式会社カクイチ 写真 3.5.1 カーポート型パネル</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：太陽光発電システム無し→屋上に500kW(5,000m²)の太陽電池パネルを導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 85~100 千円/m² 改修 100~120 千円/m² (太陽電池パネル設置面積当たり、付帯設備、既設改修を含む) ※設置条件毎の導入コスト及びケーブル引込コストは参考資料を参照 ・維持管理費 2,500 千円/年 ・削減コスト(光熱費) -9,700 千円/年
<p>③ CO₂削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>40~45 kg-CO₂/m²・年(太陽電池パネル設置面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・必要な発電量から太陽電池パネルの設置に必要な概略の面積を算出し、屋上や屋根・外壁面等、設置スペースを検討する。 ・太陽電池パネルを設置する屋根面の荷重の検証を行い、必要に応じて、柱や梁上部に鉄骨を渡し荷重を分散させる等の対応が必要である。 ・外壁面への設置は、発電効率の低下を考慮し検討する必要がある。 ・必要な設置スペースを屋根面等で確保できない場合は、外構部分にカーポート型太陽電池パネルを導入することも有効である。 ・東京消防庁等の指導基準を参照し計画すること。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・建物の屋上に設置する場合は、太陽電池パネル架台を取付けるための独立基礎を設置するため、屋上の防水層を一旦撤去するなど、必要に応じて防水層の改修を検討する。 ・重ね式の折半屋根に設置する場合は、折半に穴を空け架台を固定することから、防水仕様の専用固定金物もあるため、採用について検討が必要である。 ・太陽電池パネルを設置する架台は、太陽電池パネル支持の標準設計を定めた JIS C 8955 に則り、荷重検討(風圧・積雪・地震等)が必要になる。壁面設置では、垂直面設置の規定がないため、構造要件を設置者で定める必要がある。 ・航空機や管制塔へのグレア対策として、防眩型の太陽電池パネルの採用や設置角度の検討を行う必要がある。 ・既存電気系統との連携を行うため、受変電設備改修に係る検討が必要である。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・太陽光受光面は定期的な清掃が必要である。

技術の名称：2. 風力発電

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>風力発電は、風力で風車を回し、その回転運動を発電機に伝えて発電する再生可能エネルギーの技術。</p> <p>風向きや風速などによって発電量が変動するが、一定の風速があれば昼夜問わず発電することが可能である。</p> <p>風車の回転軸の方向により水平型、垂直型があり、水平型のプロペラ型、垂直型のサボニウス型、ジャイロミル型、ダリウス型等がある。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>プロペラ型</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>サボニウス型</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真 3.5.3 建物屋上設置例※ (定格出力 10KW)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>ジャイロミル型</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ダリウス型</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">写真 3.5.2 風量発電の種類</p> <p style="text-align: right;">※出典：環境省 温室効果ガス排出削減等指針</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：風力発電無し→ジャイロミル型 200W 風力発電の導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 2,700～3,300 千円/基 改修 3,500～4,300 千円/基 ・維持管理費（定期点検）300 千円/基・年 ・削減コスト（光熱費） -5 千円/年
<p>③ CO2 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>85～130 kg-CO2/基・年 (発電効率 10～15%と想定した場合)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・垂直型に比べ、プロペラ型は騒音が大きいため留意する。 ・平均風速が高い地域に適しているが、台風や雷が多発する地域や豪雪地域では、これらに対応した機種選定が必要である。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・屋上に設置する場合は耐荷重の検証を行う必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・強風時の制御、風切り音の問題、鳥類への影響などを考慮した運用が必要となる。

技術の名称：3. バイオマス熱利用

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>バイオマス熱利用は、バイオマス資源を利用して熱を取り出す技術。バイオマス資源を燃焼用の燃料として利用する方法と、発酵させて発生したメタンガスを燃焼用の燃料として利用する方法があるが、建物で利用する場合は、ボイラや吸収式冷温水発生機の燃焼用の燃料として直接利用する方法が導入しやすい。</p>  <p>図 3.5.2 バイオマス吸収式冷温水発生機</p> <p>※出典：矢崎総業株式会社 カタログ</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：バイオマス利用無し→バイオマス冷温水発生機 105kW の導入／空調対象面積 260m² 程度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 65～80 千円/m² 改修 70～85 千円/m² (空調対象面積当たり)、19,000 千円/基 ・維持管理費 (定期点検) 440 千円/年 ・削減コスト (光熱費) -400 千円/年
<p>③ CO₂ 削減効果 ※検討ケースは②と同様</p>	<p>25～32 kg-CO₂/m²・年 (空調対象面積当たり)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・燃料となる木質系バイオマス資源の安定供給が可能であるか確認が必要である。 ・機器やサイロの設置スペースの確保が必要になる。 ・木質ボイラは他のボイラと同様に規制の対象となる場合があるため、関係法令を確認する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・熱負荷変動への追従性が低いので、熱の利用用途には留意が必要である。 ・サイロの容量は燃料の供給事情を考量する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・燃焼後の燃焼灰は肥料やセメント原料として再利用できるため、再利用方法の検討や受入れ先の確保が必要である。

技術の名称：4. 雪氷熱利用

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>雪氷熱利用は、冬の間降った雪を貯蔵し、冷房に利用する技術。</p> <p>積雪の深さ合計値が概ね 200cm 以上の地域で導入が可能である。雪の貯蔵は建物内に雪貯蔵を確保する方法と、敷地の一部を雪山として利用する方法がある。</p> <p>冷熱の利用方法として、空気を雪に直接接触させる方法と、融解水を熱交換し利用する方法があるが、空調熱源と併用できる融解水利用が導入しやすい。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="518 683 1013 929"> <p style="text-align: center;">図 3.5.3 融解水利用の雪冷房フロー</p> </div> <div data-bbox="1085 638 1436 985"> <p style="text-align: center;">図 3.5.4 雪冷房導入可能地域※</p> <p style="text-align: center;">■ 導入可能地域 ■ 導入可能地域に準ずる</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">※出典：官庁施設における雪冷房システム計画指針</p>
<p>② コスト (導入時・維持管理・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：雪冷房無し→10,000ton の雪を貯雪し冷房に利用 貯雪は雪山を利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 300,000～400,000 千円 (雪山路盤、機械設備) ・維持管理費 36,000 千円/年 (集雪、貯雪 (雪山形成)、断熱の敷設・取外し等) ・削減コスト (光熱費) -3,800 千円/年
<p>③ CO2 削減効果</p>	<p>71,000～88,000 kg-CO2/年</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・雪を集めるための集雪スペースと、保管するための貯雪庫又は雪山のスペースを確保する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・積雪量、集雪面積、貯雪量より、利用可能な冷熱量を算出し、雪冷房システムを構築する必要がある。 ・貯雪庫は十分な断熱を行うとともに、周囲はロータリー除雪車等の重機の作業スペースを確保する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・融雪剤が混入している雪の貯雪は避ける。 ・雪山を貯雪に利用する場合は、集雪後雪山上部に断熱シートや木片チップ等により十分な断熱を施す必要がある。

技術の名称：5. 水素発電

項 目	内 容
<p>① 技術の概要</p>	<p>水素発電は、水素と酸素との電気化学反応により直接、電気を取り出す発電装置。発電効率は約 40～60%と他の発電機に比べ高い。</p> <p>燃料としては都市ガスやLPガスが使用されるが、水素を直接利用する純水素燃料電池も製品化されている。</p> <p>純水素は、水以外の排出物がほとんど生成されないことと、水素自体がバイオマスや太陽光発電システム等の再生可能エネルギーにより製造できるためことからカーボンフリーな資源として注目されている。</p> <p>太陽光発電システムと純水素発電、蓄電池を組み合わせ、天候の影響を受けやすい太陽光発電システムの特徴を純水素発電と蓄電池により補完し、100%再生可能エネルギーで賄う試みも始まっている。</p> <div data-bbox="730 869 1220 1176" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: right;">出典：パナソニック株式会社 HP</p> <p style="text-align: center;">図 3.5.5 RE100 実証施設システム構成</p>
<p>② コスト (導入時・光熱費)</p>	<p>※検討ケース：水素発電無し→純水素発電 5kW を導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新築 31,000～38,000 千円 /基 改修 34,000～41,000 千円/基 (水素を供するための施設は含まない) ・削減コスト (光熱費) -600 千円/年
<p>③ CO2 削減効果</p>	<p>10,000～13,000 kg-CO2/年 (1基当たり)</p> <p>(1日 15時間運転、水素は再生可能エネルギーにより生成されると想定した場合)</p>
<p>④ 導入にあたっての課題・留意事項</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 実施計画段階 <ul style="list-style-type: none"> ・純水素を利用するためには水素の供給元を確保する必要がある。 2) 設計・施工段階 <ul style="list-style-type: none"> ・排熱利用する場合は、余った排熱は利用されずに放熱されるため、排熱を利用できる設備を検討する必要がある。 3) 管理・運営段階 <ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電システムとの組み合わせは、脱炭素化に向け非常に有効な手法であるが、施設のエネルギー消費状況を踏まえた適切なエネルギーマネジメントが必要になる。

コラム①：国内空港における太陽光発電システムの事例

1. 東京国際空港

ターミナルビルの屋根部分に約 1,052kW(屋上設置型：1,042kW、建材一体型：10kW)の太陽電池パネルを設置し、年間約 109 万 kWh(2021 年度実績)の発電を行っている。

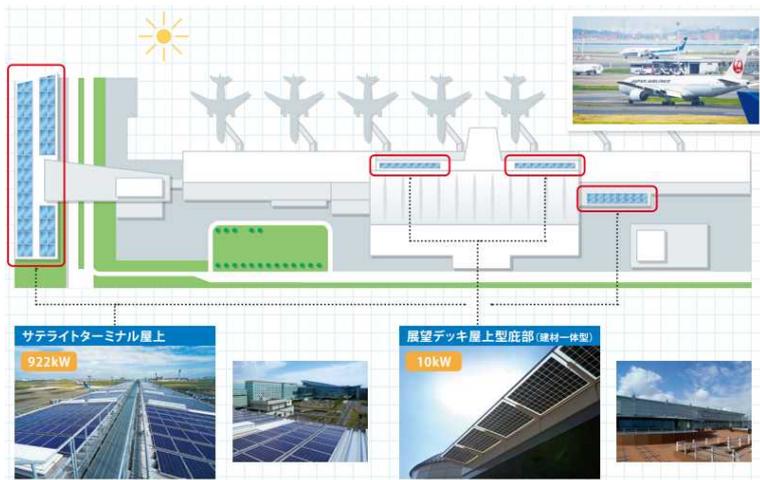
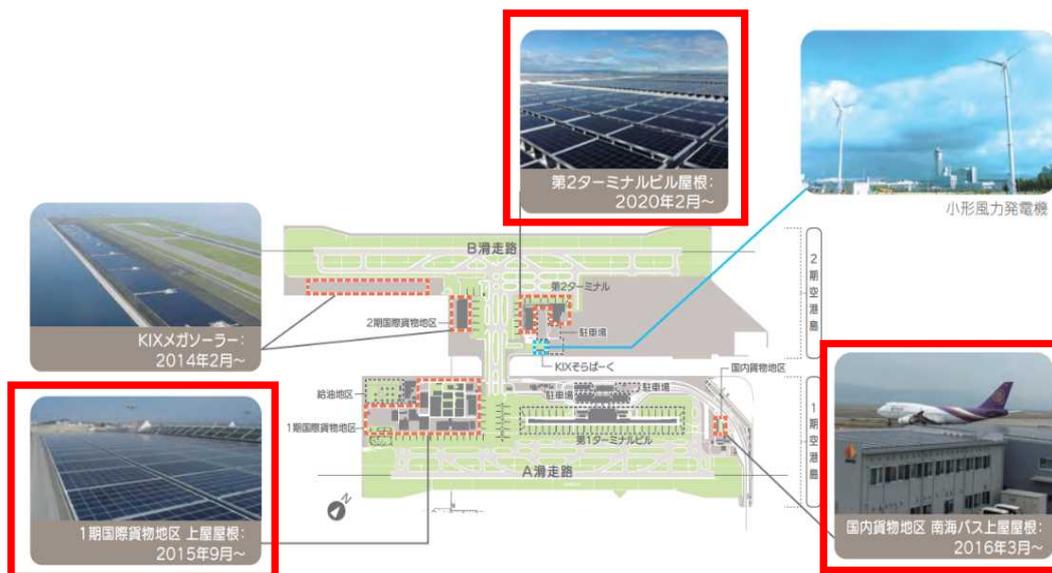


図 3.5.6 東京国際空港ターミナル内メガソーラー配置

2. 関西国際空港

滑走路の脇に配した 11.6MW 級のメガソーラーを筆頭に、2020 年に第 2 ターミナルビル屋根で、1.3MW のメガソーラーの運用を開始している。



□：建築施設における太陽電池パネル設置事例

図 3.5.7 関西国際空港 メガソーラー配置

出典：1) 東京国際空港ターミナル株式会社「エコエアポートガイドブック」、<http://www.tiat.co.jp/docs/82083f7383d67681bd92c73d5b48e46de3dc0b9e.pdf>、2022 年 8 月

2) 関西エアポート株式会社「環境レポート 2021」、<http://www.kansai-airports.co.jp/efforts/environment/efforts/activities.html>、2022 年 8 月

コラム②：雪冷房を利用した脱炭素化取組（新千歳空港）

新千歳空港の雪冷熱供給システムは 2010 年に運用を開始した。エネルギー供給施設の冷水製造において、1,000USRT の供給能力を担っている雪冷房システムである。

冬季に雪山を造成し、遮熱シートで保護して夏季の冷房に利用することで、除雪集積されてきた雪を新エネルギーとして活用するものである。

雪山を覆う遮熱シートは自然融解を遅らせるために高反射率の被覆材を使用している。上覆体と下覆体の間に断熱材を挟んだサンドイッチ構造となっている。冷熱はポンプ室融解ピットよりポンプアップされた融雪水から熱交換器を介して取り出され、ターミナルビル等の冷房システムに送られる。熱交換で加温された融雪水は雪山に戻され、再び冷やされ冷水となり、ポンプ室融雪ピットに入り、清浄化を経てポンプアップされる。

新千歳空港では、雪冷熱供給システムの導入により、CO2 排出量について冷熱全体の 33%、エネルギー全体の 3.3%削減する効果を見込んでいる。

雪冷熱供給施設諸元

主要設備	熱交換器：1,000USRT 冷水供給ポンプ：2.4m ³ /min x 3台
雪山	120,000 m ³
雪冷熱供給能力	17,900GJ/年

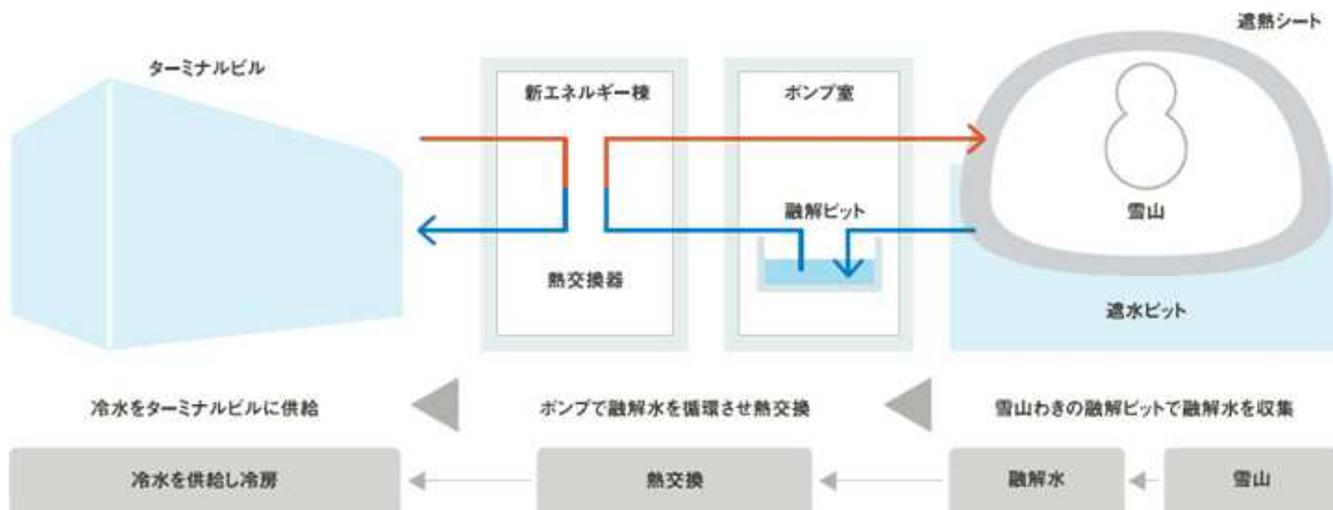


図 3.5.8 雪冷熱供給システム図

出典：新千歳空港ターミナルビル「ECO PROJECT 新千歳空港における環境への取り組み」、

<https://www.new-chitose-airport.jp/ja/eco/>、2022年8月

第4章 建築資材等の脱炭素化について

空港の脱炭素化推進の目標については、2030年度までに、各空港において温室効果ガス排出量を2013年度比で46%以上の削減、さらに再エネ等導入ポテンシャルの最大限活用により我が国の空港全体においてカーボンニュートラルの高みを目指すこととしており、また、2050年度に向けて、新たな技術の活用促進及び更なる炭素クレジットの創出・利用拡大を図ることとしている。

そのため、今後の空港建築施設の整備等は、新築（増改築を含む）又は改修時の省エネ検討において、ZEB基準の水準（ZEB Oriented相当以上）の省エネルギー性能の確保を目指す必要があるが、エンボディド・カーボン（建築材料の製造、輸送、設置、補修、廃棄で排出される温室効果ガス）の削減については、2030年度までの温室効果ガス排出量の削減目標には含まれていない。

しかしながら、CASBEE, LEEDなどの建物の環境認証制度でもエンボディド・カーボンが評価されていること、世界的なESG投資の関心が温室効果ガス排出量に向かっていることから^{※3}、空港建築施設においても可能な限りエンボディド・カーボンの削減に取り組んでいくことが望ましい。

本章では、取組がはじまりつつあるエンボディド・カーボンの削減に寄与する各種対策を整理し、各事業の実施主体が今後の空港建築施設の整備の検討時に参考となるよう取組事例を紹介する。

4.1 CO2 排出削減資材等の事例

4.1.1 環境物品等（環境負荷の低減に資する資材、建設機材、工法）

環境物品等については、「国等による環境物品等の調達に関する法律（グリーン購入法）」第五条にて、事業者及び国民は、物品を購入し、若しくは借り受け、又は役務の提供を受ける場合には、できる限り環境物品等を選択するよう努めるものとする規定されている。

環境物品等に関する情報については、各種環境ラベルや製品の環境情報をまとめたデータベースなど、既に多様なものが提供されている。このため、国等の各機関は提供情報の信頼性や手続の透明性など当該情報の適切性に留意しつつ、エコマークや、エコリーフなどの第三者機関による環境ラベルの情報の十分な活用を図るとともに、温室効果ガス削減のための取組であるカーボン・オフセットの認証に関するラベル、カーボンフットプリントマークを

^{※3} 今後30年間で、新築建物からの温室効果ガス排出量の半分は、建築材料の製造、輸送、設置、補修、廃棄で排出される温室効果ガスであると予測されています。グリーンビルディング業界は、この問題に焦点を当て始め、Embodied carbon対策を今後5年間の最優先事項の1つとしています。

出典：一般社団法人グリーンビルディングジャパン（GBJ）HP

<https://www.gbj.or.jp/world-green-building-trends-2021-reducing-embodied-carbon/>

参考とするなど、できる限り環境負荷の低減に資する物品等の調達に努めることとしている。

グリーン購入法では、環境負荷の低減に資する資材、工法等を「特定調達品目」と位置付け、公共工事で優先的に調達することとしており、脱炭素に関連するものを以下の通り整理した。

表 4.1.1 特定調達品目 (CASBEE で評価される躯体材料)

品目分類	品目名	段階	CASBEE LR※評価	CASBEE LCC02 評価	判断の基準
コンクリート用 スラグ骨材	高炉スラグ 骨材	建設・改修	○	-	天然砂（海砂、山砂）、天然砂利、砕砂若しくは砕石の一部又は全部を代替して使用できる高炉スラグが使用された骨材であること。
混合セメント	高炉セメン ト	建設・改修	○	○	高炉セメントであって、原料に 30%を超える分量の高炉スラグが使用されていること。
製材等	製材	建設・改修	○	-	間伐材、林地残材又は小径木であること、かつ、間伐材は、伐採に当たって、原木の生産された国又は地域における森林に関する法令に照らして手続が適切になされたものであること。 上記以外の場合は、原料の原木は、伐採に当たって、原木の生産された国又は地域における森林に関する法令に照らして手続が適切になされたものであること。

※：LR (Load Reduction：建築物の環境負荷低減性)

4.1.2 低炭素材料

同種の資材でもより低炭素な資材を選択するなど、資材調達の工夫でエンボディド・カーボンの削減が可能である。躯体及び内装における代表的な低炭素材料の事例を以下に示した。資材の低炭素化は、CO2削減に貢献するが、そのコストは、従来品より削減されずコストアップとなる場合が多いが、さらなる技術開発によるコスト面の改善などを考慮し、採用の参考とされたい。

a) 低炭素型コンクリート

コンクリートの材料であるセメントは製造時に多くのCO2が排出される。セメントの代わりに高炉水砕スラグなどの産業副産物を用いることでコンクリート製造時のCO2排出量を削減。

セメントの70%を産業副産物に置き換えた場合、約60%のCO2排出量を削減可能。

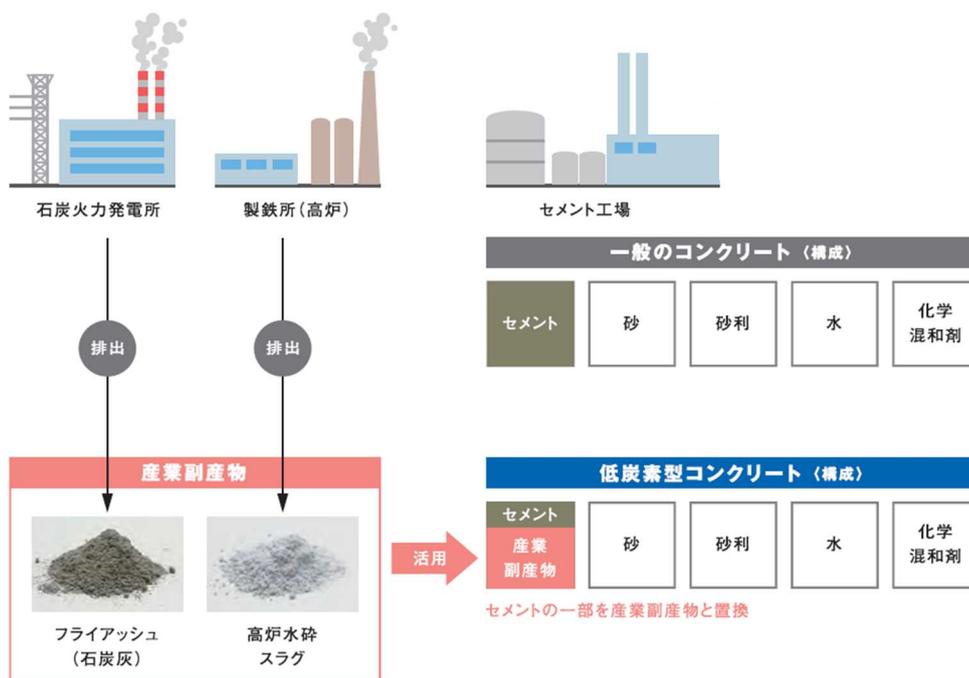


図 4.1.1 低炭素型コンクリート

出典:一般社団法人日本建設業連合会

b) 環境配慮型カーペットタイル

カーペットタイルの表面のパイルと裏面のバックング材にエコ素材を使用することで、CO2 排出量を削減する。

パイルにはリサイクル糸、バックング材には使用済カーペットタイルの廃材を採用することで、従来品と比較して約 60%の CO2 排出量を削減可能。



図 4.1.2 環境配慮型カーペットタイル

出典:株式会社サンゲツ HP

c) 電炉鋼材

建築施設に用いられる鋼材の製法には電炉法と高炉法があり、鉄スクラップを主原料とし鉄を製造する電炉法は鉄鉱石を還元し鉄を製造する高炉法に比べてCO2 排出量が 1/4 となる。

鉄鋼メーカーの試算によると、従来の小梁・間柱のみの電炉鋼材適用(ケース 2)から、鉄骨全量を電炉鋼材(ケース 4)にすることにより、建築鉄骨製造時の CO2 排出量を 70%削減することが可能。

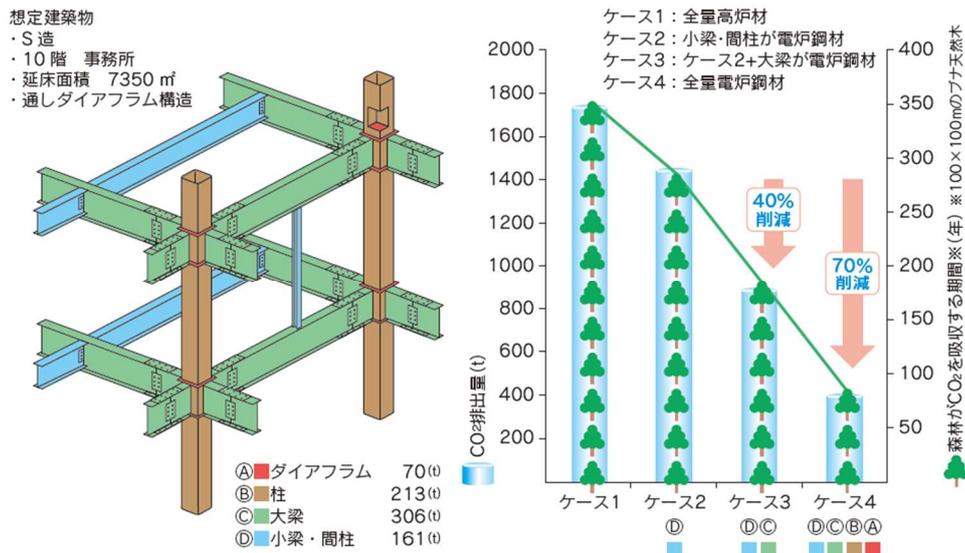


図 4.1.3 建築鉄骨構造例と電炉鋼材適用による CO2 削減効果

出典:東京製鐵株式会社 HP

d) 建築物の木材利用(CLT など)

木材はコンクリートや鉄などの他の素材と比較して、製造時の CO2 排出量が少なく、脱炭素社会実現のために木造建築物の普及が求められている。

近年、CLT (ひき板を並べた後、繊維方向が直交するように積層接着した材料) が注目されており、パネル状のため再利用しやすいという点でもエンボディド・カーボンの削減に寄与する。

CLT 工法を用いた木造建築物 (2 階建て・延床面積 407.2 m²) の資材製造から施工までの建設プロセスから排出される温室効果ガスの量は 168t-CO₂e であり、これを同規模の RC 造と S 造と比較すると、RC 造に対して 30.6%削減 (242t-CO₂e)、S 造に対して 18.5%削減 (206t-CO₂e) が可能。(出典：一般社団法人日本 CLT 協会)



図 4.1.4 CLT(直交集成板)

出典：一般社団法人日本 CLT 協会 HP

e) 木材・プラスチック再生複合材(WPRC)

WPRC の主な原料は、廃棄物として発生した木質原料と産業廃棄されたプラスチック原料であり、用途に合わせて、様々な形状に安定して製造できる工業製品素材であり、建物の外壁・ルーバー・デッキなどの資材として用いられる。

木質原料は建築解体廃木材、剪定した枝、家具製造工場などから発生する端材、残材、鋸くず等であり、プラスチック原料は家電リサイクル・容器包装リサイクル・産業廃棄物などから得られるリサイクルプラスチックである。

また、使用後の製品は、回収して繰り返し原料として使用できることから、環境配慮建材として注目されている。



図 4.1.5 木材・プラスチック再生複合材(WPRC)のデッキでの施工例

出典：一般社団法人 日本建材・住宅設備産業協会木材・プラスチック再生複合材部会 HP

4.2 施工現場での取組事例

本マニュアル（初版）の発行時点で施工時における温室効果ガス排出量の算定方法について明確な基準などはなく、研究機関の検討手法が提案されている状況である。

本節では、「日本建築学会 地球環境委員会 LCA 小委員会」の「建築物の LCA 実施における評価の目安（案）」（以下、「日本建築学会案」と呼ぶ）を参考にして、評価範囲で効果のある事例と未評価となるが間接的な効果が見込める事例を記載した。

4.2.1 施工時における直接的排出の削減取組事例

施工時においては、建築物に投入される資材の他、現場で直接消費される電力や燃料などからの温室効果ガスの排出量も日本建築学会案の評価対象となっている。施工時の直接的な温室効果ガスの排出量削減に寄与する取組事例を以下に示した。

a) ICT 等の導入による生産性向上と CO2 排出量の削減(東急建設株式会社)

BIM データを活用した建材のプレカット施工（以下、「BIM プレカット施工」と呼ぶ）により、従来施工に比べ、BIM プレカット施工は現場作業の生産性向上、廃材や CO2 排出量の削減を実現した。

具体的には、BIM プレカット施工により、壁下地となる LGS（軽量鉄骨）の組み込みや石膏（せっこう）ボードの貼り作業時間が、従来施工に比べ 30～50%減少し、現場施工が効率化された。

また、プレカット BIM モデルで事前に建材数量を正確に把握することが可能なため、適切な数量の建材発注により、従来施工との比較で発注数量に対する現場廃材量（CO2 重量%）が 4.6%削減された。



図 4.2.1 施工後の現場廃材量の比較_左:従来施工階、右:プレカット施工階
(上段:軽量鉄骨(LGS)乾式壁下地材、下段:石膏ボード)

出典:東急建設株式会社 HP

b) 工事車両の電動化

2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、メーカーによる建設機械の電動化の開発や施工現場での一部導入が進んでいる。



図 4.2.2 工事車両の電動化

(左:バッテリー駆動式ミニショベル 右:電動式マテリアルハンドリング機)

出典:左:コマツ HP 右:日立建機 HP

4.2.2 施工時における間接的排出の削減取組事例

施工時においては、現場事務所などから間接的に消費される電力や燃料からの温室効果ガスの排出量は現時点では日本建築学会案の評価対象とされていない。しかしながら、今後、エンボディド・カーボンの削減への取組が十分に普及し、評価対象となることも考えられることから、間接的な排出量についても可能な限り削減に取り組んでいくことが望ましい。

施工時の間接的な温室効果ガスの排出量削減に寄与する取組事例を以下に示した

a) 伊丹市新庁舎仮設作業所事務所 大成建設

伊丹市新庁舎の建設工事において、仮設作業所事務所に対して断熱性能の向上に加え、高効率空調システム・LED照明・ヒートポンプ給湯機などの汎用的な省エネルギー技術を導入することで、標準的な建築物と比べて一次エネルギー消費量を54%削減。これらの取り組みにより、国内で初めて本設建物となる新庁舎と併せて工事用の仮設作業所事務所も ZEB Ready 認証を取得。

b) 北海道警察学校新営(4期)21新築工事の仮設現場事務所 五洋建設

北海道警察学校新営(4期)21新築工事の仮設現場事務所において、ユニットハウスの断熱強化に加え、寒冷地であることを考慮して、樹脂サッシ(Low-Eガラス仕様)の採用による更なる断熱性の向上、LEDや人感センサーの設置による照明負荷の低減、寒冷地用の高効率空調機器導入などを組み合わせて、省エネ化によるエネルギー削減率58%を達成。また再生エネルギーとして太陽電池パネル(12kW)を設置し、現場事務所の使用電力の22%をまかなうことで、省エネと再エネをあわせて80%のエネルギー削減率を達成。



図 4.2.3 仮設現場事務所・太陽電池パネル

出典: 五洋建設株式会社 HP

第5章 地上支援設備と空港脱炭素化技術との連携

5.1 地上動力設備(GPU)利用への対応

(1) GPU 設備の再エネ化の目的

GPU (Ground Power Unit) の導入に伴い、従来 APU (Auxiliary Power Unit) の CO2 排出量に比べて、約 9 割削減^{※1}される。現在、多くの空港施設に導入されている GPU の定格出力は、90kVA、120kVA、180kVA のものが主流である。空港全体の更なる脱炭素化に向けて、GPU 設備への電力供給においても再エネ化が考えられることから、GPU 設備の再エネ導入に向けて空港建築施設における整備内容を整理した。

※1：空港分野における CO2 削減に関する検討会 第1回資料 参照

(2) GPU 設備の概要

GPU 設備は大別すると「固定式」、「移動式」の 2 種類となる。固定式は、地下埋設ピット方式が主流であり、移動式は自走式と牽引式に分類され、電源供給方式としては発電機方式とバッテリー駆動式がある。

固定式 GPU からの航空機への電力供給は、電力会社又は空港ビルから商用電力を受電し、電力変換装置で、航空機用電源 (400Hz) に変換し航空機へ供給している。また、航空機への冷暖房気 (空調) 供給は、商用電力あるいは空港会社やターミナルビルから冷水/温水の熱源を受けた空調機で冷暖房気を供給している。

移動式 GPU は、自走車両又は牽引車両に発電機等の動力や空調機を搭載し、駐機中の航空機に近接して電力や冷暖房気を供給する。移動式 GPU の動力源は、車両に架装された発電機が主流であるが、近年では蓄電池等を車両に架装したバッテリー駆動式も登場している。

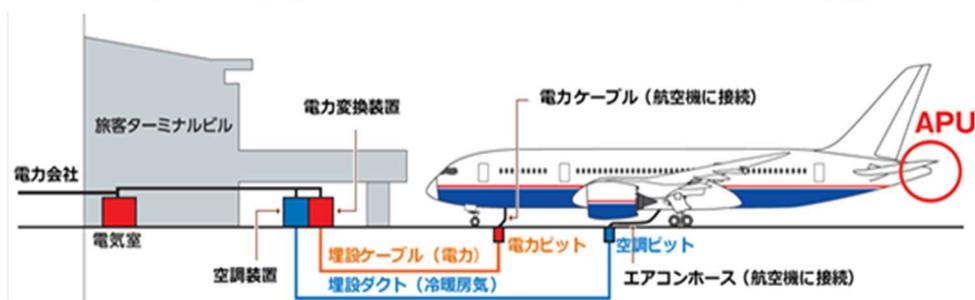


図 5.1.1 固定式 GPU 概要図

出典：(株)エージーピー



写真 5.1.1 移動式 GPU(自走・発電方式)



写真 5.1.2 移動式 GPU(牽引・バッテリー駆動式)

出典：(株)エージーピー

固定式 GPU の場合、GPU への電力供給は空港の規模や状況によって、様々な供給形態がある。

(図 5.1.2)

a) 電力の供給パターン

- ① GPU 設置者がターミナルビル外部に受変電設備を設置（直接電力会社から受電する）し、ターミナルビルの受変電設備を介さずに GPU（電力変換装置）へ電力を供給する方法。
- ② GPU 設置者がターミナルビル内部に受変電設備を設置（直接電力会社から受電する）し、ターミナルビルの受変電設備を介さずに GPU（電力変換装置）へ電力を供給する方法。
- ③ ターミナルビルの受変電設備（GPU へ供給する電気容量をあらかじめ計画した受変電設備）から、GPU（電力変換装置）へ電力を供給する方法。

b) 冷暖房気（空調）の供給パターン

- ④ GPU（空調装置）で冷暖房気を製造し、航空機へ冷暖房気を供給する方法。
- ⑤ ターミナルビルから冷温水の供給を受け、GPU（空調装置）で冷暖房気を製造し、航空機へ冷暖房気を供給する方法。

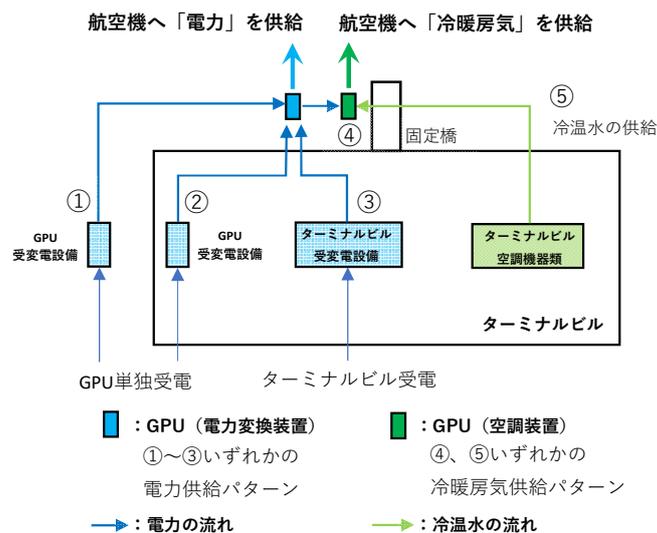


図 5.1.2 航空機へ供給する「電力」と「冷暖房気」

(3)再エネ導入時の設備改修内容

GPU へ再エネを導入するには、電力の供給形態に対して、以下の設備改修が必要である。

- ・ 太陽光エネルギーを再エネ電力として利用（太陽光発電システム）する場合、GPU（電力変換装置）へ電力を供給している受変電設備に、太陽電池パネルの系統連系を行う。（図 5.1.3, 図 5.1.4）
- ・ 系統連系を行う低圧配電盤に以下設備を設置する。
 1. 逆潮流接続用の漏電遮断機（ELCB）
 2. 地絡過電圧継電器（OVGR）、逆電力継電器（RPR）
 3. AC/DC 変換器（バックアップ用電源）
 4. 零相電圧継電器（ZPD）



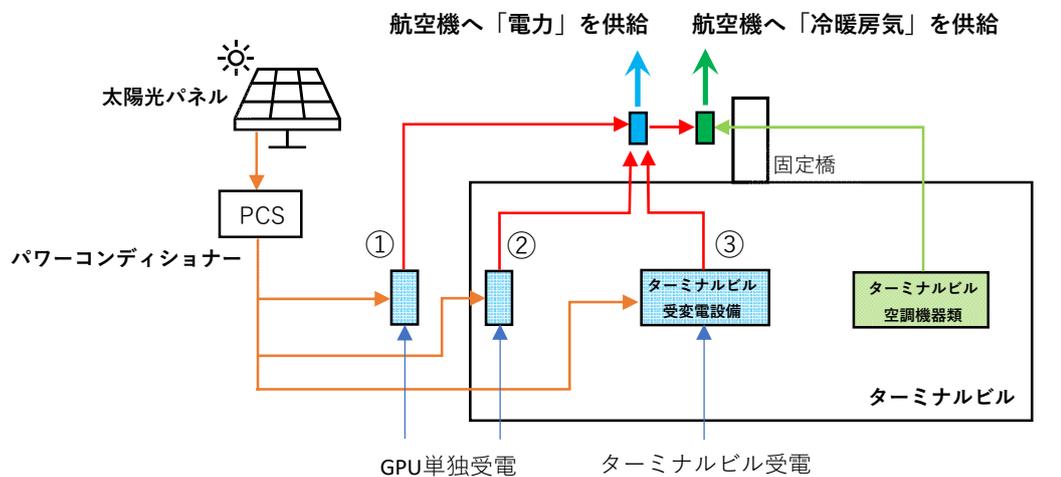
図 5.1.3 太陽光発電システム系統連系時の受変電設備の改修イメージ

※図は機器の配置を制約するものではない

出典：受変電設備（日東工業㈱ホームページより）

地絡過電圧・逆電力継電器、零相電圧検出器、AC/DC 変換機（三菱電機㈱カタログより）

漏電遮断器（テンパール工業㈱ホームページより）



→：太陽光発電電力の流れ

→：再エネ電力（商用電力+太陽光発電電力）の流れ

①（または②）、③のパターンに対し、太陽光発電電力の系統連系を行う。

再エネ電力（商用電力と太陽光発電電力）をGPUに供給する。

図 5.1.4 太陽光発電システム 系統連系の流れ

(4)再エネ導入時の課題、留意点、運用への影響等

- GPU を稼働させるためには、高容量な電力が必要となる。自然エネルギーを利用した発電設備から供給する電力は、天候の変化によって発電量が異なるため不安定である。よって、再エネと系統連系を行っている商用電力に加えて一定の電力を確保するためには、蓄電池を搭載した発電システムの構築が必要となる。
- GPU 設置者が直接、小売電気事業者から給電している場合においては、導入する再エネ設備についても GPU 設置者が一括して整備するため、再エネ設備の専門的な知識や、施工技術などが必要となる。
- 太陽光発電システムによる再エネの導入計画においては、太陽光発電電力量に伴う、逆潮流の防止対策等の電力会社との系統連系に関する協議を行う。
- 系統連系を行う受変電設備の改修は停電作業となるため、適宜、仮設電源を対応すること。
- 移動式 GPU は、車両の EV 化に伴い、電源設備の設置にあたっては別途三相 200V 等の電源を確保する必要がある。
- 車両の FCV 化に伴い、水素供給ステーション等の設置計画を行う必要がある。

(5)概算コスト・整備工期

- 系統連系を行う受変電設備の改修・概算工事費：約 1,300～1,900 千円
- 整備工期：1～2 日程度
 - ※機器の製作期間、仮設・養生期間を含まず。
 - ※停電作業のため、年次点検時に実施するなど、計画的に行う必要がある。
 - ※系統連系に必要な機器の設置スペースは確保されていることを想定。

(6)導入事例

中部国際空港では、GPU で航空機に供給する電力の 10～15%は、太陽光発電システムで賄われている。

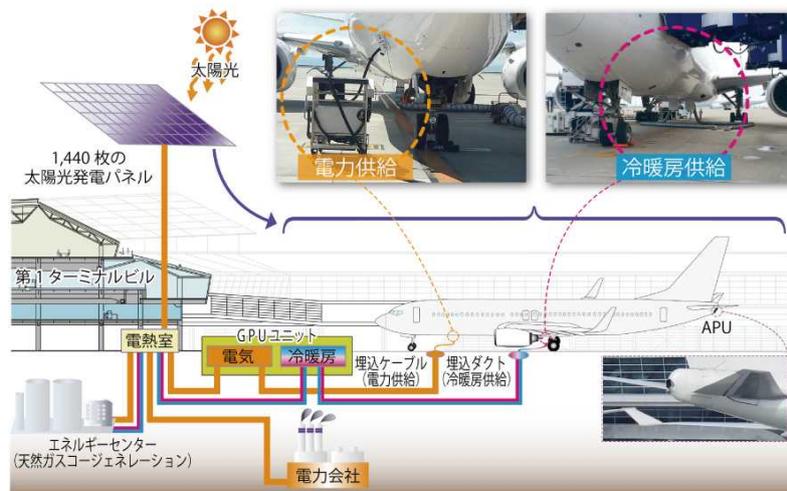


図 5.1.5 太陽光発電システムを利用した GPU システムのフロー図

出典：中部国際空港(株) ホームページ

5.2 充電設備、水素ステーションへの対応

(1) 充電設備、水素ステーションの再エネ化の目的

空港車両のEV化、FCV化にあたっては、空港内での充電・充填インフラ整備の推進が必要である。現在、EV化、FCV化されている空港車両は少ないが、将来的には再生エネルギーを利用した空港車両の普及に伴い、充電設備の整備も増えてくると想定される。本節においては、充電設備、水素ステーションへの電力供給について、再エネ導入時の空港建築施設における整備内容を整理した。

(2) 充電設備、水素ステーションの概要

(2)-1 充電設備

EV車両への充電方式は、「普通充電方式」、「急速充電方式」、又は、「バッテリー交換方式（充電されたカートリッジ形状の充電電池を交換する方式）」がある。充電設備は、充電ステーションを敷地内に整備する方法や、EV車両等を停車するスペースに、充電設備を分散して配置する方法がある。

普通充電装置の形状は、「壁面取付タイプ」と「スタンドタイプ」がある。充電対象となる車両の停車スペースの環境に合わせて選択する。また、壁面取付タイプには、「充電コード付きタイプ」と「コンセントタイプ」がある。

急速充電装置の形状は、「スタンドタイプ」となる。充電対象となる車両の停車スペースに急速充電装置の出力によって、充電装置の外形寸法や荷重等が異なってくるので、設置スペースの確保や車両の衝突を防止するために、ガードの設置検討を行う。



写真 5.2.1 中部国際空港 お客様駐車場
(普通充電装置)

出典:中部国際空港(株) ホームページ



写真 5.2.2 福岡空港 お客様駐車場
(急速充電装置)

出典:福岡空港(株) ホームページ

(2)-2 水素ステーション

自動車産業の先進技術の中、水素を燃料とした空港車両（FCV（燃料電池自動車））も将来的に増加していく傾向と思われる。水素ステーションは、空港のスタンド内で水素を製造する「オンサイト型」と、空港外から水素を調達する「オフサイト型」がある。いずれも、水素の貯留タンク、払い出し施設、防火設備、管理事務所など、まとまった用地が必要である。



写真 5.2.3 中部国際空港 貨物地区水素充填所
(オンサイト方式)



写真 5.2.4 セントレア水素ステーション
(オンサイト方式)

出典： 中部国際空港(株) ホームページより



写真 5.2.5 イワタニ水素ステーション関西国際空港
(オフサイト方式)



写真 5.2.6 産業車両用水素ステーション

出典:関西エアポート(株) ホームページより

(3)再エネ導入時の設備改修内容

充電設備、水素ステーションへ再エネを導入するには、以下の設備改修が必要である。

(3)-1 受変電設備側の改修内容

太陽光エネルギー等の再エネ電力を利用する場合、充電設備へ電源を供給している受変電設備に、再エネ電力の系統連系を行う。(改修内容は5.1(3)と同様)

(3)-2 充電設備側の改修内容

特になし。

(4)概算コスト・整備工期

5.1(5)と同内容

(5)再エネ導入時の課題、留意点、運用への影響等

充電設備に急速充電装置を利用する場合は、高容量な電力が必要となる。太陽光エネルギーを利用した電力は、天候の変化によって発電量が異なるため、太陽光発電システムから供給される電力は不安定となる。そこで、蓄電池を搭載した発電システムを構築することによって、天候の変化で断続的に発電された電力であっても、その蓄電池に蓄えることによって一定量の電力を確保することが可能である。

- ・太陽光発電システムによる再エネの導入計画においては、太陽光発電電力量に伴う、逆潮流の防止対策等の電力会社との系統連系に関する協議を行う。
- ・系統連系を行う受変電設備の改修は停電作業となるため、適宜、仮設電源を対応する。

(6)導入事例

a)太陽光で発電した電力を充電設備に供給する事例



図 5.2.1 太陽光エネルギーを利用したEV車向け充電システム



写真 5.2.7 道の駅 くみはま SANKAIKAN
(京都府京丹後市)



写真 5.2.8 宇川温泉 よし野の里
(京都府京丹後市)

出典:京セラコミュニケーションシステム(株) ホームページより

b) 空港施設における商用電力と太陽光発電システムを系統連系させた事例



写真 5.2.9 九州佐賀国際空港 お客様駐車場
提供:佐賀ターミナルビル株式会社

5.3 蓄電池設備導入への対応

(1) 蓄電池設備導入の目的と効果

停電時や災害時において、商用電力が途絶された場合においても、空港内の施設に電力を供給しなければならない。太陽光を利用した再エネは、常に発電しているわけではなく、夜間や悪天候時には日射量を得ることができないため、日中、太陽光で発電した電力を逐次蓄えておく必要がある。従来の化石燃料を使用した発電機設備に代替えすべく、再エネ利用による発電設備（太陽電池パネル）と連携させた蓄電池設備を整備し、電力供給システムのバックアップの向上を図る。また、停電時や災害時に、再エネ電力（蓄電した電力）を使用することで、非常用発電機の稼働時間の削減が期待できる。

本章では、停電時や災害時に電力を供給可能なように、電力を備蓄する蓄電池設備を、空港建築施設に整備する際に必要となる改修内容について整理する。

(2) 蓄電池設備の概要

近年、蓄電池設備は、リチウムイオン電池を採用した長寿命型の蓄電池が主流である。従来のMSE（長寿命型）蓄電池の交換年数が6～8年に対し、リチウムイオン電池は概ね15年と長寿命である。リチウムイオン電池は交換頻度が少なく、維持管理にあたっては、MSE（長寿命型）鉛蓄電池に比べて優れている。

今後の長期的な新技術として、全固体電池、バイポーラ型ニッケル水素電池、窒化ガリウム半導体の製品動向も省エネルギー実用化の観点で注目すべき技術と考える。

(3) 蓄電池の種類

蓄電池の種類としては、鉛蓄電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池等があるが、空港施設への導入を考慮した場合の代表的な蓄電池の概要について示す。

(3)-1 鉛蓄電池

負極に鉛、正極に二酸化鉛、電解液に希硫酸を用いた電池。過充電に強いこと、広い温度範囲で動作する特徴がある。形式によっては取扱いやメンテナンスに注意が必要なものもある

が、安価で使用実績が多い。車のバッテリーやフォークリフトの主電源、非常用電源等の幅広い用途に使われている。エネルギー密度（単位重量あたりの蓄電可能電力量）が低く、劣化しやすいのが欠点。



制御弁式据置用鉛蓄電池



自動車用鉛蓄電池

写真 5.3.1 鉛蓄電池

出典:GS ユアサホームページ

(3)-2 リチウムイオン電池

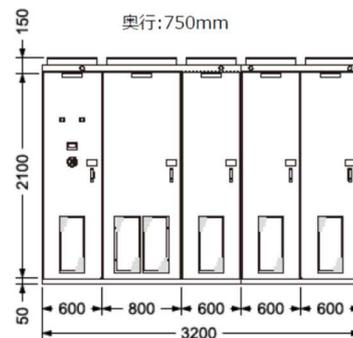
負極に炭素材料、正極にリチウム含有金属酸化物、電解液に有機電解液を用いた電池。電圧・エネルギー密度が高くメモリー効果が小さいため、現在、多くの施設に実用化されている。小型化・高密度化が可能なことから、通信機器や電気自動車のバッテリーなどにも利用されている。有機電解液を使用しており発火する危険性を伴うため、安全装置が必要である。

リチウムイオン電池を採用する際の注意点としては、消防法の危険物の規制の第四類第二石油類に該当するため、大規模（1,000 リットル以上）の場合に、危険物施設となる。また蓄電池設備としては、従来の蓄電池設備同様、消防法の対象となる。

キュービクル式リチウムイオン電池の外形寸法を示す。蓄電池容量は 66.9kWh（メーカー標準）。



写真 5.3.2 キュービクル式
リチウムイオン蓄電池



標準・66.9kWh

2,485 (kg/1 式)

※寸法・荷重はメーカー参考値とする。

※変圧器、チャンネルベース質量を含まず。

図 5.3.1 外形寸法(参考)

出典：東芝インフラシステムズ(株) ホームページより

蓄電池設備の導入例

リチウムイオン蓄電池を屋内に設置する際、架台を製作し配列させる開放式と、鉄製の箱体に収納するキュービクル式がある。



写真 5.3.3 蓄電池設備
(開放式の設置例)



写真 5.3.4 蓄電池設備
(キュービクル式の設置例)

出典:富士機電ホームページ

どのタイプの電池を採用するかは、使用条件によるが、建物内に設置する蓄電池では、鉛蓄電池やリチウムイオン電池を設置することが多い。特に、リチウムイオン電池は単位容量当たりの費用が高価ではあるが、耐用年数が鉛蓄電池に比べて長いので交換労務が削減できる。小規模な施設は、使用する用途を限定することによって、家庭用の蓄電池（1kWh～15kWh 程度）で対応できる場合もあるが、空港施設建屋内に整備する蓄電池は、鉛蓄電池（長寿命型）あるいはリチウムイオン蓄電池で必要な容量を計画し、蓄電システムを構成することが多い。

(4) 空港周辺施設への再エネ電力供給時における空港建築施設の設備改修内容

- ・蓄電池の設置スペースを確保する。重量物であるため、設置する建物の耐荷重の検証を行う。
- ・機器の発熱量を確認し、換気設備、あるいは空調設備の増設を行うか検証する。
- ・所轄消防との協議により、消防法の危険物の規制を確認し、消火設備の整備を行う。
- ・蓄電池設備と連携を行う、受変電設備の改修を行う。

(5) 概算コスト・整備工期

- ・鉛蓄電池（屋内型キュービクル式）50kWh の場合：約 25,000～30,000 千円
- ・リチウムイオン蓄電池（屋内型キュービクル式）66.9kWh の場合：約 30,000～35,000 千円
- ・整備工期：1～2 週間程度

(鉛蓄電池、リチウムイオン蓄電池いずれかの場合においても、概ね同じ整備工期を要する)

※機器の製作期間、仮設・養生期間を含まず。

※設置面積や荷重条件、発熱量を確認し、建築・構造工事、空調・換気設備の改修費を見込むこと。

※停電作業のため、年次点検時に実施するなど、計画的に行う必要がある。

(6) 再エネ電力供給時の課題、留意点、運用への影響等

蓄電池設備の導入にあたり、以下の点に留意する。

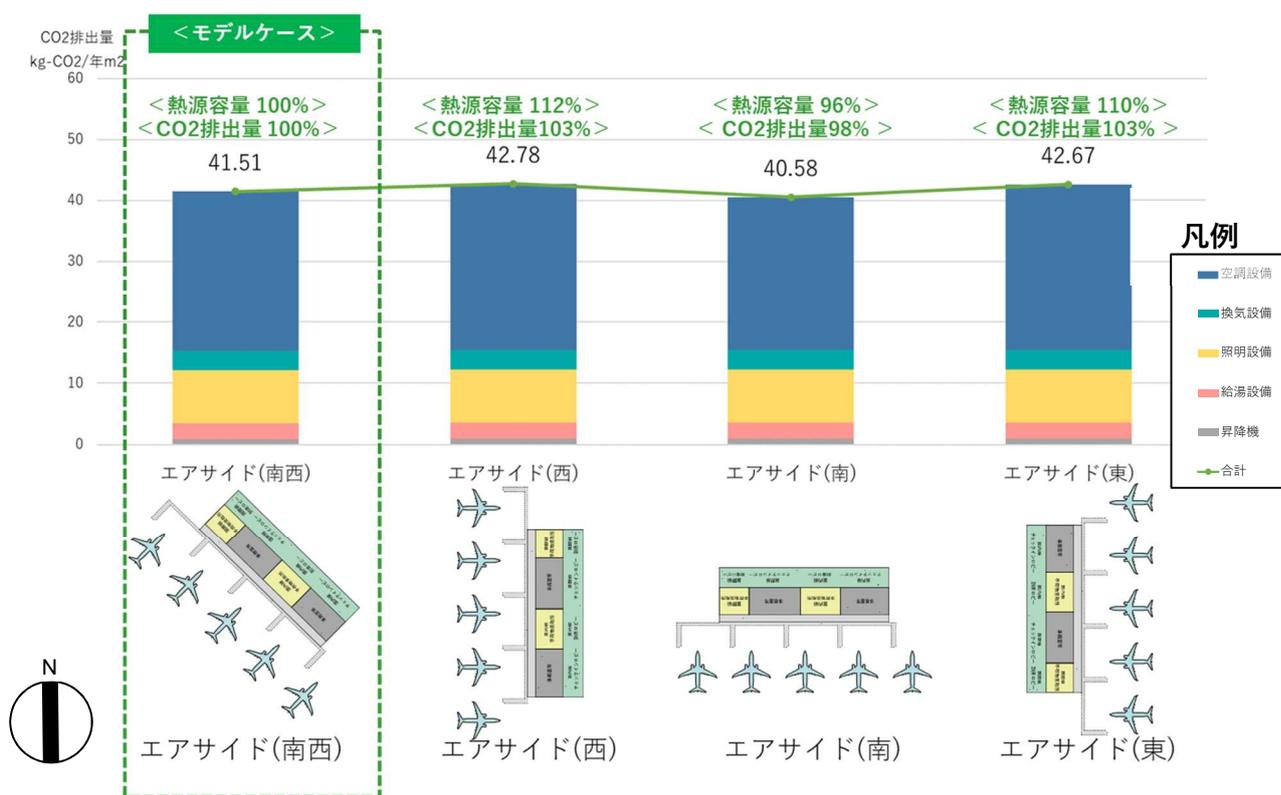
- ・ 夜間利用や災害時のバックアップ電源、地域連携への供給として、利用する負荷用途をあらかじめ計画しておく。
- ・ 配置場所は、浸水対策だけでなく地震や火災等に対する総合的な安全性を考慮して選定すること。
- ・ 蓄電池設備の設置においては、所轄消防との協議を行い、設置スペースの防火区画や消火設備に関する協議を行う。
- ・ 系統連系を行う受変電設備の改修は停電作業となるため適宜、仮設電源を対応すること。

参考資料編

1 モデルターミナルビルに関する検討結果

1.1 建物のオリエンテーション(方角)による効果の検証

モデルケース旅客ターミナルビル（ZEB Ready 相当）はエアサイドを南西に向けた建物配置を想定した試算結果となっている。エアサイドの方角を西、南及び東向きで検証した結果を以下に示す（図 1.1）。空調設備の熱源容量は、建物方角による日射の影響があり、西向きが最大（モデルケース+12%の熱源容量）となった。一方で、省エネ計算による CO2 排出量は年間評価となるため、熱負荷計算に比べて建物方角による影響は小さい結果となった（約-2%～+3%）。



<検討条件>

熱源容量：各方向で熱源計算を行い、方向に合った熱源容量を選定

省エネ技術：モデルケースと同様の省エネ技術を採用

図 1.1 モデルターミナルビルの方角による省エネ効果の検証

A)モデルケース改修によるCO2削減効果

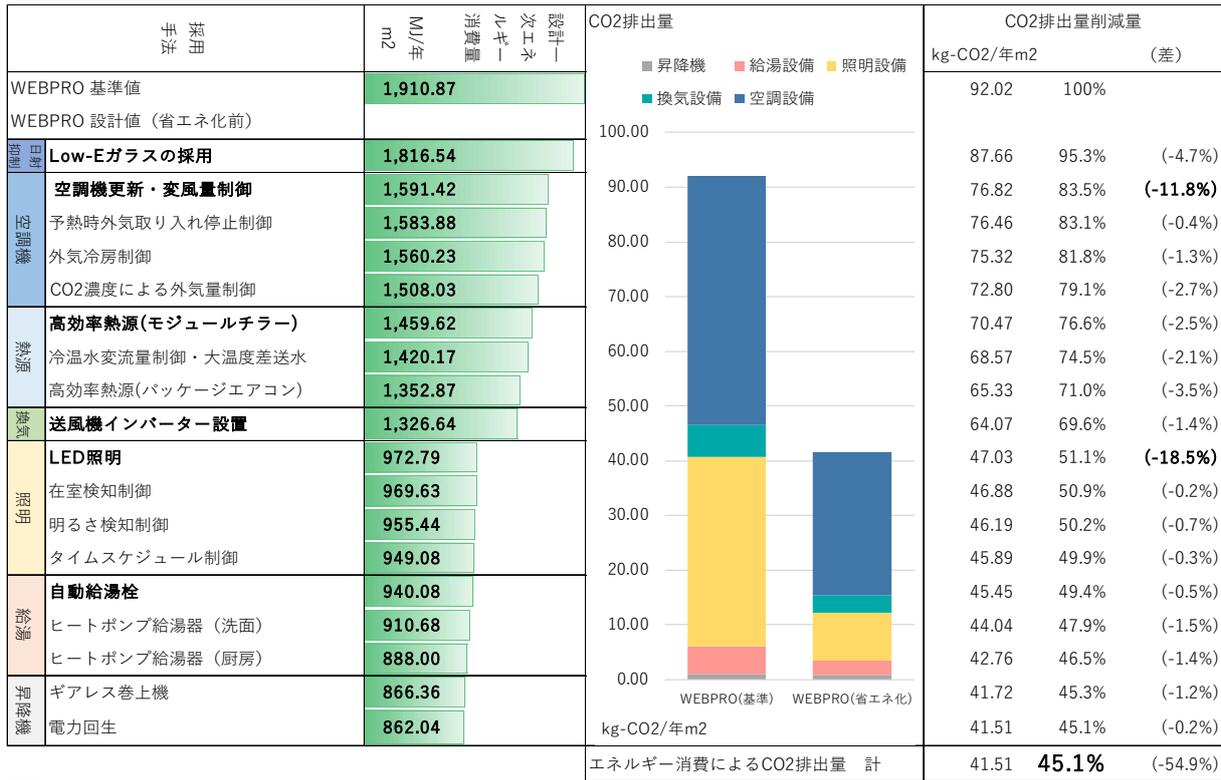


図 1.2 A)モデルケース改修による CO2 削減効果

B)モデルケース改修によるCO2削減効果

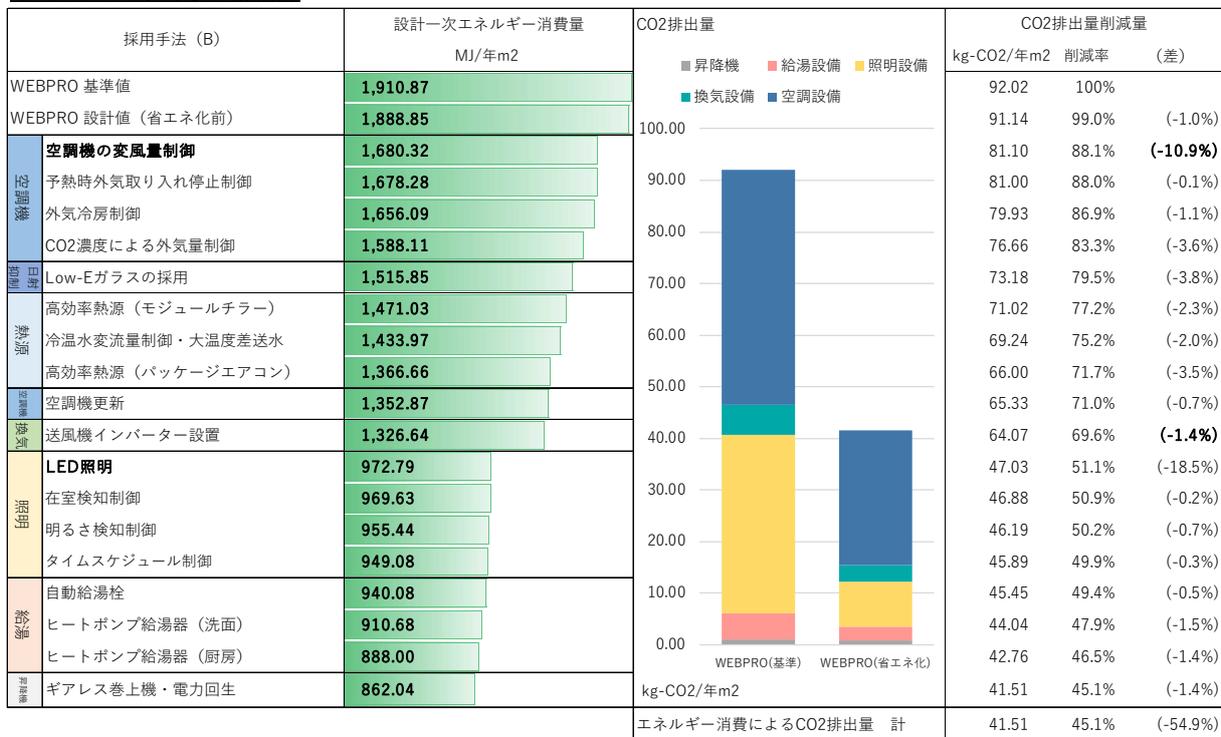


図 1.3 B)モデルケース改修による CO2 削減効果

B)モデルケース改修によるCO2削減効果

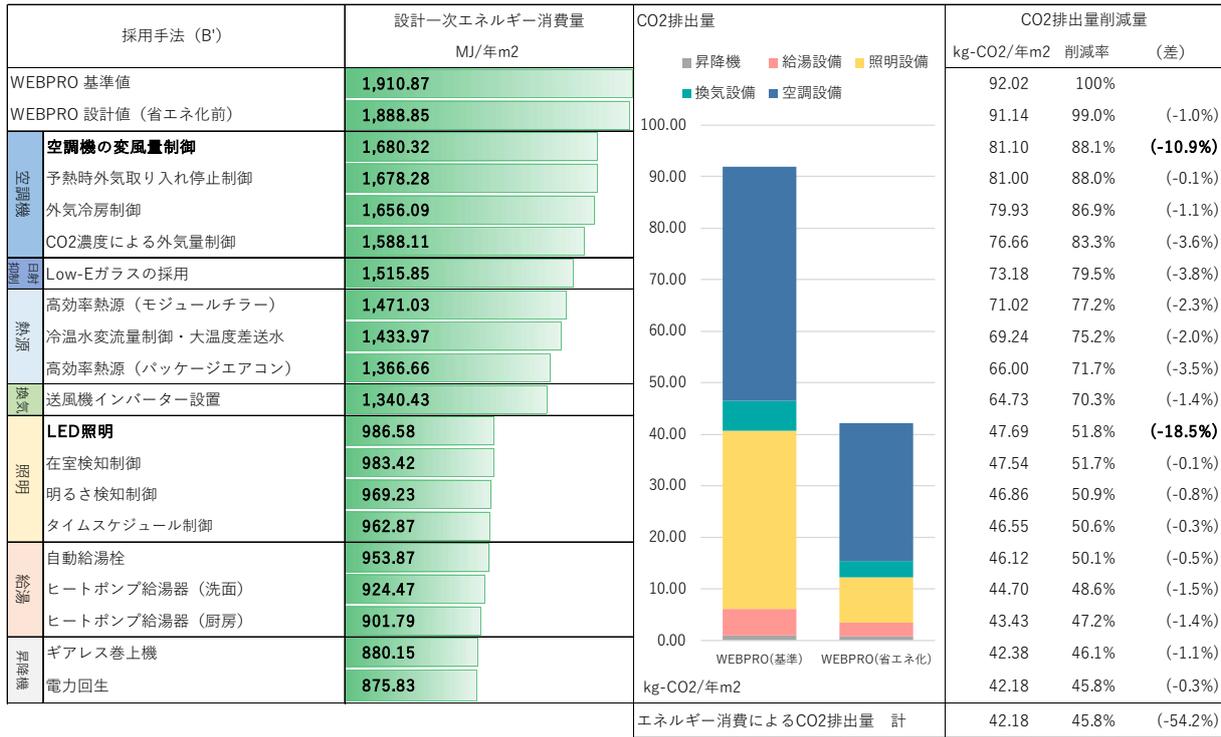


図 1.4 B)モデルケース改修による CO2 削減効果

C)モデルケース改修によるCO2削減効果

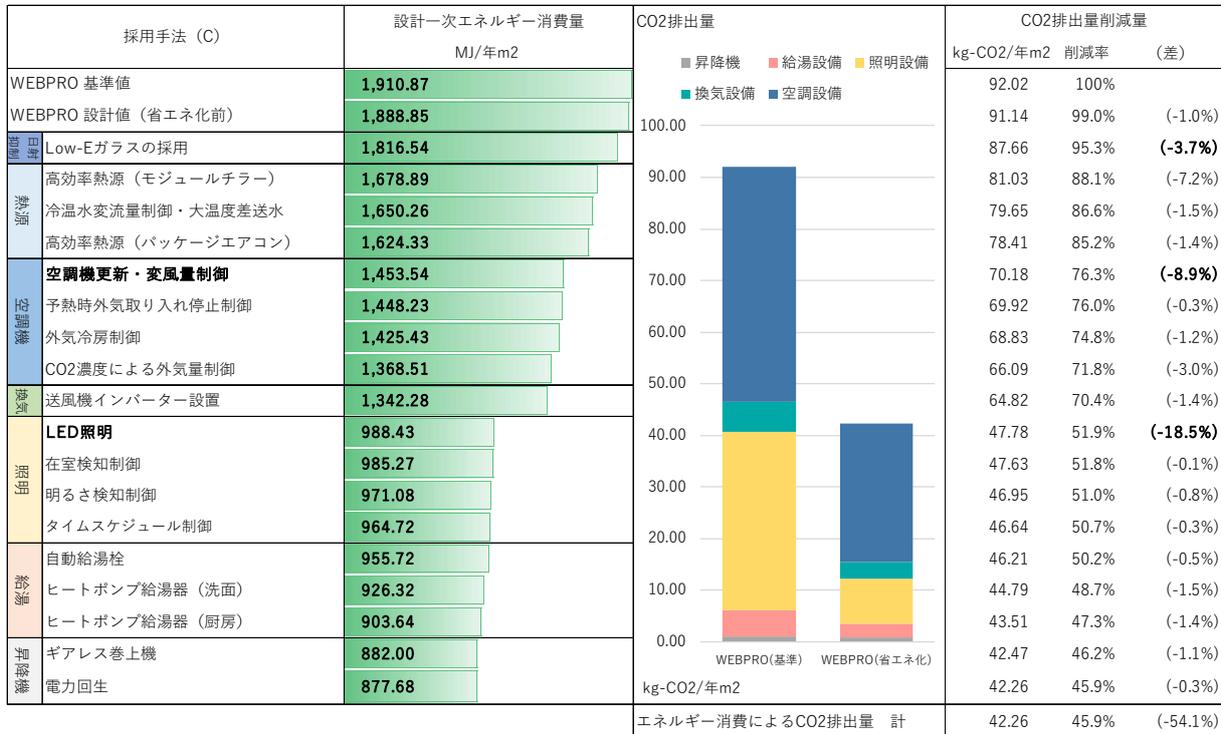


図 1.5 C)モデルケース改修による CO2 削減効果

D)モデルケース改修によるCO2削減効果

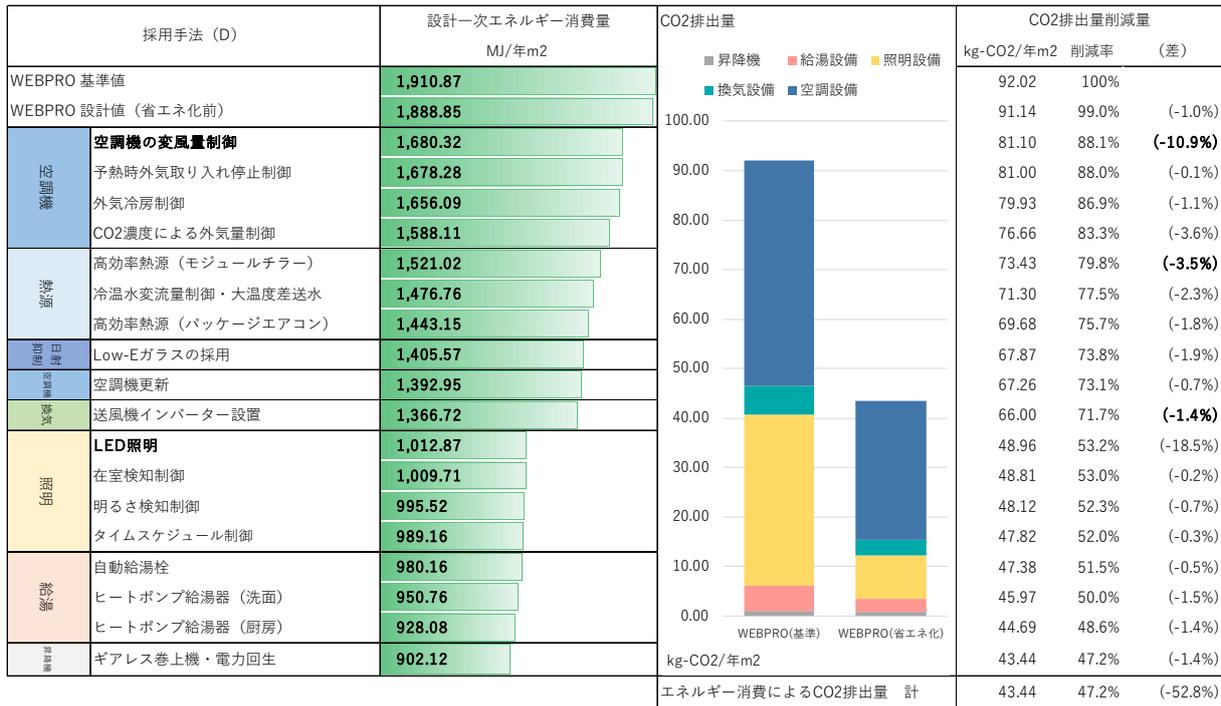


図 1.6 D)モデルケース改修による CO2 削減効果

D')モデルケース改修によるCO2削減効果

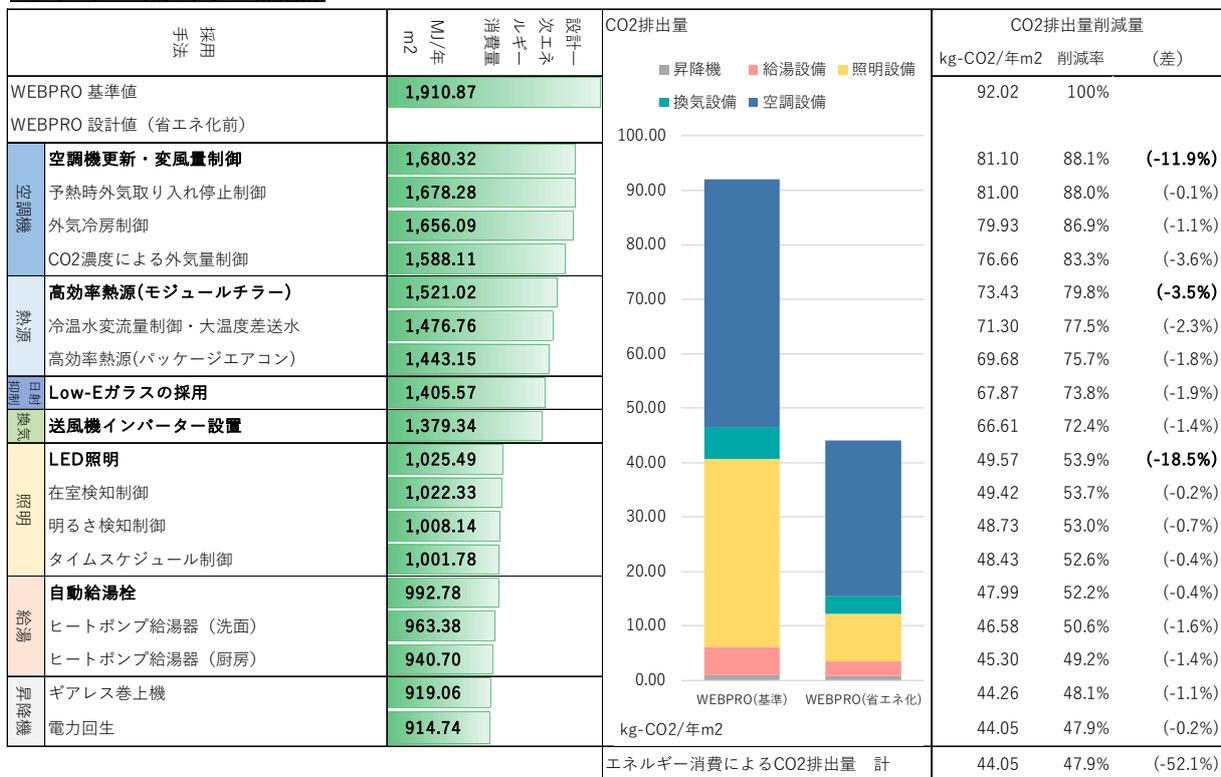


図 1.7 D')モデルケース改修による CO2 削減効果

E)モデルケース改修によるCO2削減効果

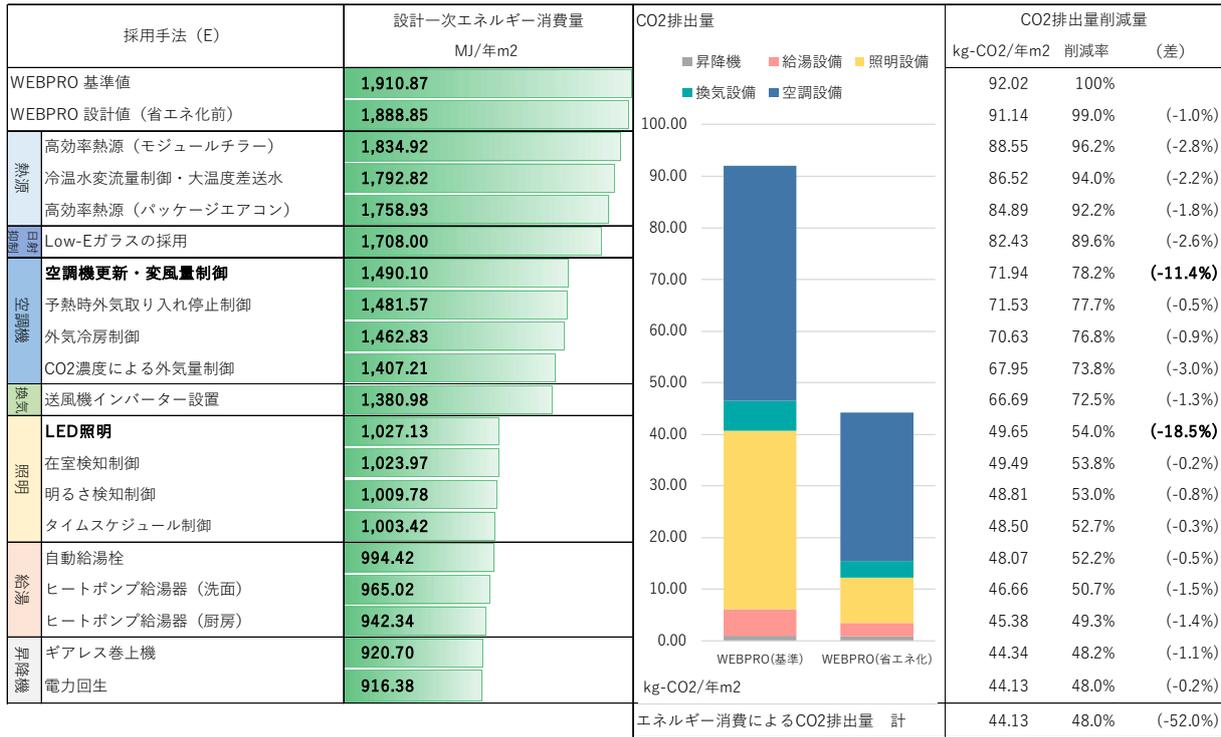


図 1.8 E)モデルケース改修による CO2 削減効果

F)モデルケース改修によるCO2削減効果

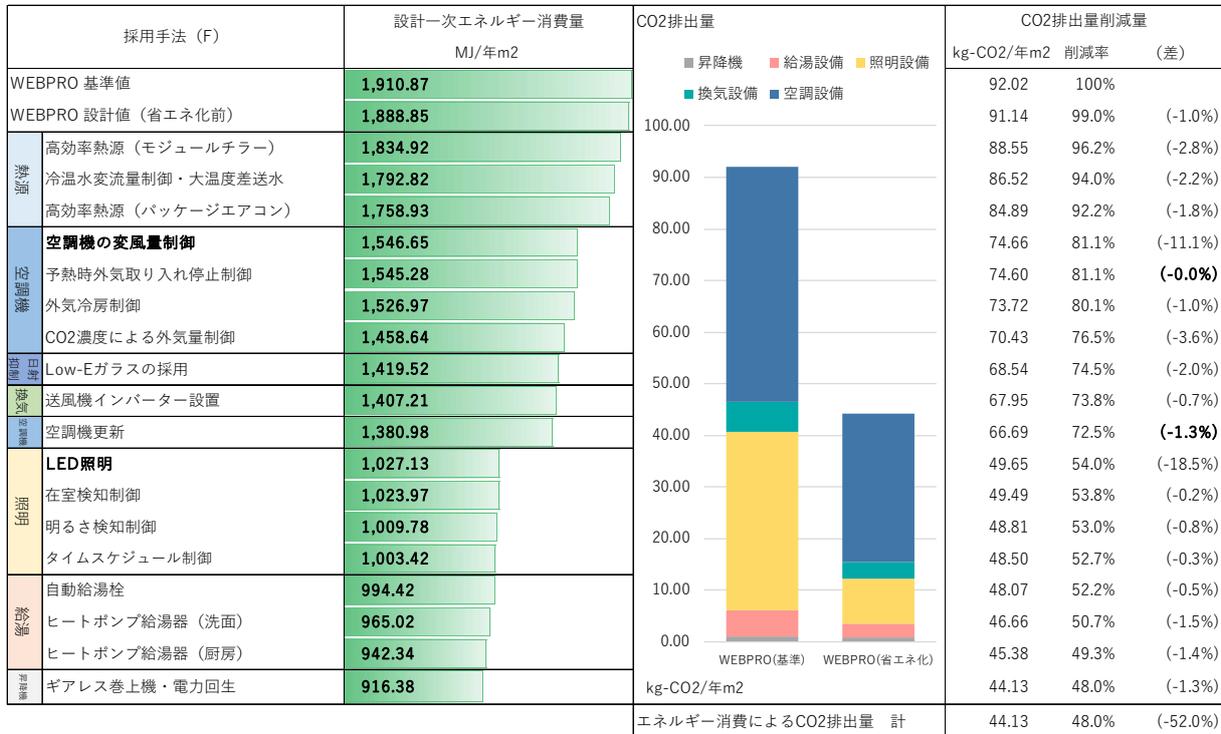


図 1.9 F)モデルケース改修による CO2 削減効果

F)モデルケース改修によるCO2削減効果

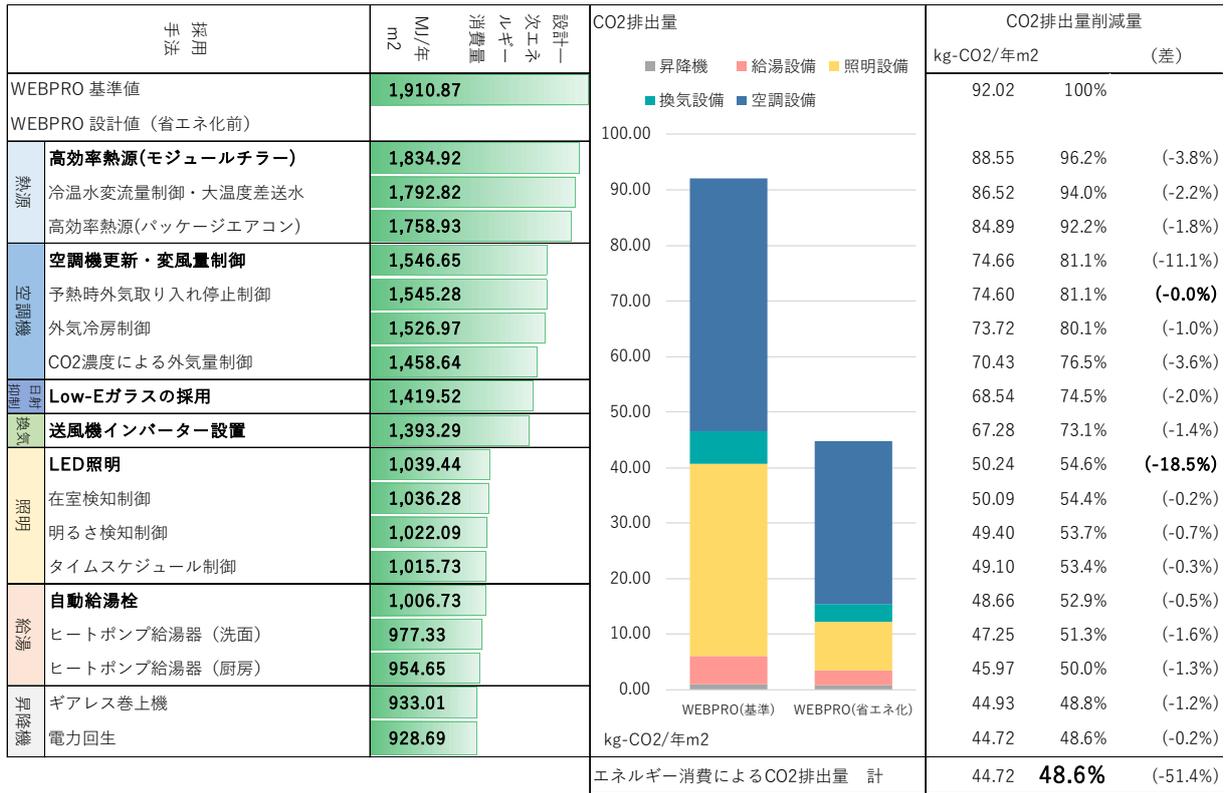


図 1.10 F)モデルケース改修による CO2 削減効果

1.3 ZEB Ready 上乗せコスト試算結果(新築・改修)

モデルケース(旅客ターミナルビル)(P.17 表 3.1.3 諸元参照)を用いて、ZEB Ready に達するための標準仕様に対する新築及び改修時の上乗せ工事費及び維持管理費、光熱費削減額を下表に示す。上乗せコストは新築(表 1.1, 表 1.2)と改修(表 1.3, 表 1.4)に分けての算出とした。

工事全体の投資回収期間(金利含まない)は新築の場合は約 24 年、改修の場合は約 34 年となる。

表 1.1 モデルケース(旅客ターミナルビル) 省エネ手法別コスト(新築)

No.	採用手法		上乗せ工事費 (新築)(千円)	上乗せ維持管理費 (千円/年)	光熱費削減額 (千円/年)
1	建築	Low-Eガラスの採用	107,100	120	-300
2	空調	高効率熱源(モジュールチラー)	35,200	400	-2,500
3		冷温水変流量制御・大温度差送水	37,400	1,300	-1,200
4		高効率熱源(パッケージエアコン)	-5,900	-40	-1,300
5		空調機更新・変风量制御	57,400	1,600	-6,200
6		予熱時外気取り入れ停止制御	9,200	130	-200
7		外気冷房制御	10,900	150	-800
8		CO2濃度による外気量制御	36,400	1,100	-4,900
9		換気	送風機インバーター設置	14,900	580
10	照明	LED照明	113,300	0	-15,000
11		在室検知制御	13,100	300	-100
12		明るさ検知制御	7,500	90	-500
13		タイムスケジュール制御	15,500	240	-300
14	給湯	自動給湯栓	3,000	60	-400
15		ヒートポンプ給湯器(洗面)	49,300	240	-1,700
16		ヒートポンプ給湯器(厨房)	143,100	2,700	-600
17	昇降機	ギアレス巻上機		0	-900
18		電力回生	35,000	200	-100
19	空調	BEMS新設・中央監視更新	41,300	3,000	-3,800
計			723,700	12,170	-41,800

表 1.2 モデルケース(旅客ターミナルビル) 工種別コスト(新築)

工事種別	工事費(新築)		上乗せ維持管理費		光熱費削減額	
	(千円)	(円/㎡)	(千円/年)	(円/㎡)	(千円/年)	(円/㎡)
建築	107,100	5,560	120	10	-300	-20
空調	221,900	11,510	7,640	400	-20,900	-1,080
換気	14,900	770	580	30	-1,000	-50
照明	149,400	7,750	630	30	-15,900	-820
給湯	195,400	10,140	3,000	150	-2,700	-140
昇降機	35,000	1,820	200	10	-1,000	-50
	723,700	37,550	12,170	630	-41,800	-2,160

表 1.3 モデルケース(旅客ターミナルビル) 省エネ手法別コスト(改修)

No.	採用手法	上乗せ工事費 (改修)(千円)	上乗せ維持管理費 (千円/年)	光熱費削減額 (千円/年)	
1	建築 Low-Eガラスの採用	245,700	120	-300	
2	空調	高効率熱源 (モジュールチラー)	43,300	400	-2,500
3		冷温水変流量制御・大温度差送水	41,900	1,300	-1,200
4		高効率熱源 (パッケージエアコン)	-4,900	-40	-1,300
5		空調機更新・変风量制御	78,800	1,600	-6,200
6		予熱時外気取り入れ停止制御	12,600	130	-200
7		外気冷房制御	14,800	150	-800
8		CO2濃度による外気量制御	42,300	1,100	-4,900
9		換気 送風機インバーター設置	18,100	580	-1,000
10	照明	LED照明	141,600	0	-15,000
11		在室検知制御	20,200	300	-100
12		明るさ検知制御	23,200	90	-500
13		タイムスケジュール制御	18,300	240	-300
14	給湯	自動給湯栓	3,600	60	-400
15		ヒートポンプ給湯器 (洗面)	79,500	240	-1,700
16		ヒートポンプ給湯器 (厨房)	156,400	2,700	-600
17	昇降機	ギアレス巻上機		0	-900
18		電力回生	35,000	200	-100
19	空調	BEMS新設・中央監視更新	47,900	3,000	-3,800
計		1,018,300	12,170	-41,800	

表 1.4 モデルケース(旅客ターミナルビル) 工種別コスト(改修)

工事種別	工事費(改修)		維持管理費		光熱費削減額	
	(千円)	(円/㎡)	(千円/年)	(円/㎡)	(千円/年)	(円/㎡)
建築	245,700	12,750	120	10	-300	-20
空調	276,700	14,350	7,640	400	-20,900	-1,080
換気	18,100	940	580	30	-1,000	-50
照明	203,300	10,550	630	30	-15,900	-820
給湯	239,500	12,420	3,000	150	-2,700	-140
昇降機	35,000	1,820	200	10	-1,000	-50
	1,018,300	52,830	12,170	630	-41,800	-2,160

1.4 NET-ZEB 達成に必要な太陽光発電システムの導入コスト試算

モデルケース（旅客ターミナルビル）（ZEB Ready 相当）は省エネ化の結果、年間の一次エネルギー消費量が $862\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ となった。（図 3.1.8）。これらのエネルギー消費量を全て再生可能エネルギーで賄うことで NET-ZEB を計画する場合のコスト試算を下記に示す（図 1.11、図 1.12）。

また、太陽光発電システム構築において大きな要素となる設置条件毎の導入コスト、外線引込コストについて、比較検討した資料を示す（図 1.13 図 1.14）。

<検討条件>

設置場所 : 建物屋上 + 「屋外（カーポート型）」

設置容量 : 「500 (kW)」 + 「1,150 (kW)」

試算条件 : 「建物屋上」設置スペース : 5,000 (㎡) 程度

「屋外（カーポート型）」設置スペース : 11,500 (㎡) 程度

高压連系システムを想定

太陽電池パネルの設置における構造検討は別途必要（試算に含まない）

シート防水改修（撤去復旧）、独立基礎費用を含む

建物に影響が無いことを確認し設置する

構造補強に関する概算費用は含まれていない

蓄電池は、建屋内に設置可能なスペースが確保できるものとし、

屋内型 50kWh の蓄電池設備のコストを含む

外構配線は、概ね 900m（建屋内 150m、建屋外 750m）程度を想定

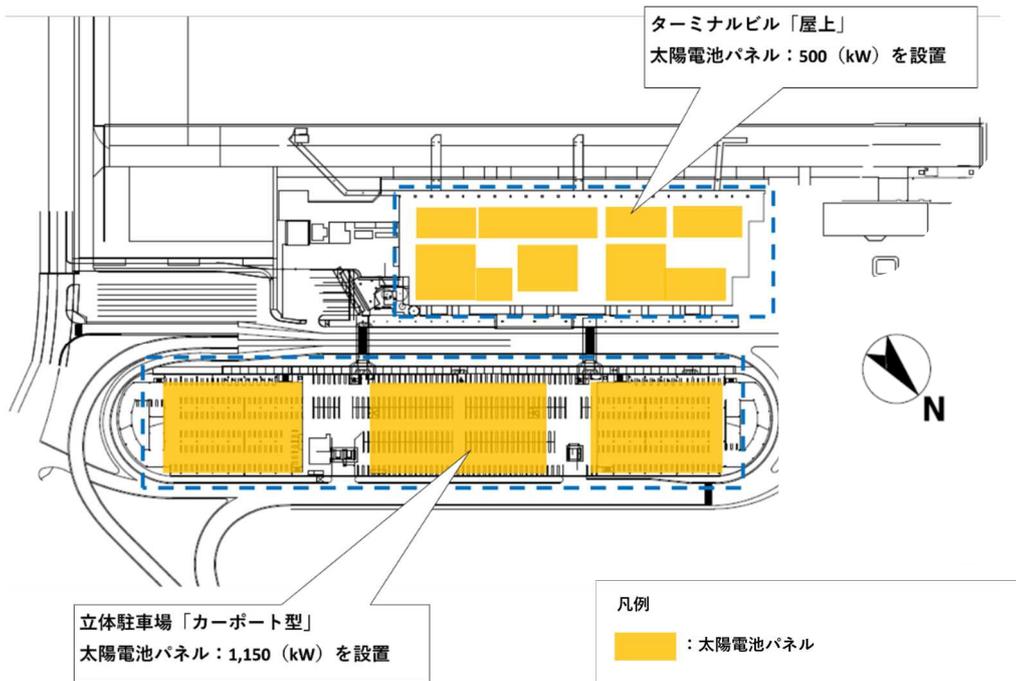


図 1.11 NET-ZEB 達成に必要な太陽光発電システムの計画図

Net ZEB相当太陽光発電システムコスト		
設置場所	「建物屋上」 + 「屋外（カーポート型）」	
設置容量	「500 (kW)」 + 「1,150 (kW)」	
概念図		
概算コスト (経費込み ・ 税抜き) (千円)	太陽光発電設備 「建物屋上」	500,000～550,000
	太陽光発電設備 「屋外（カーポート型）」	518,000～1,438,000
	受変電設備改修工事	1,300～1,900
	外構配線工事	56,000～62,000
	合計	1,075,000～2,052,000
光熱費削減額(税抜き)(千円/年) (電力従量料金単価×年間発電量より算出)		-29,000

図 1.12 モデルケース(旅客ターミナルビル)の NET-ZEB 相当 太陽光発電システムの概算コスト

太陽光発電システムは、導入には多大な費用を要することから、設備投資に係る費用対効果の面では課題が残る。今後の技術開発によりコストダウン等の可能性も考慮すると、当初から太陽光発電システムの導入を検討するよりも、まずは費用対効果が大きい省エネ化を徹底した上で、太陽光発電システムの導入を進めることが、設備投資面においても効果的に脱炭素化を行うことができる。

設置場所	建物屋上	建物壁面	屋外 (空地を利用)	屋外 (カーポート型)
設置容量	500 (kW)	500 (kW)	500 (kW)	500 (kW)
設置面積	5,000 (㎡)	10,000 (㎡)	5,000 (㎡)	5,000 (㎡)
条件 (共通)	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧連系システムを想定 ・構造補強に関する概算費用は含まれていない ・シート防水改修 (撤去復旧)、独立基礎費用を含む ・蓄電池は、建屋内に設置可能なスペースが確保できるものとし、屋内型50kWhの蓄電池設備のコストを含む 			
条件 (設置場所別)	<ul style="list-style-type: none"> ・シート防水改修 (撤去復旧) 費用を含む ・独立基礎費用を含む 	<ul style="list-style-type: none"> ・日射量の多い、南面に設置する。 ・外壁面からのボルト等の支持材に関する概算費用は含まれていない 	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽電池パネルは屋外の空地に設置する ・独立基礎費用を含む 	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽電池パネルは、カーポートの上部に設置する。 ・カーポートの建設工事費を含む。
概念図				
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光電池パネル及び附帯機器、蓄電池設備の設置については、構造上、建物に影響が無いことを確認する (要構造検討) ・屋上設置に比べて45~50%程度発電効率が下がるため、建物屋上の設置枚数に対し、2倍のパネル枚数を想定 			
概算コスト (経費込み・税抜き)	1kWあたりの単価 (千円/kW) 1,000~1,100	1kWあたりの単価 (千円/kW) 1,200~1,300	1kWあたりの単価 (千円/kW) 800~900	1kWあたりの単価 (千円/kW) 450~1,250

図 1.13 太陽電池パネル及び蓄電池の設置条件毎のコスト試算

パターン	外線引込みコスト①		外線引込みコスト②	
太陽電池パネル設置容量	500 (kW)		1,150 (kW)	
対象範囲	「建物屋上」～「受変電設備」間		「屋外」～「受変電設備」間	
想定距離	屋上100 (m) + 建屋内50 (m)		屋外500 (m) + 建屋内50 (m)	
条件	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧連系システムとする。 ・配線距離：屋上100 (m) + 建屋内50 (m) ・建屋内の配管配線ルートは確保できるものとする。 ・「電力ケーブル」、「通信ケーブル」、「露出配管配線」「防火区画処理」を含む 		<ul style="list-style-type: none"> ・高圧連系システムとする。 ・配線距離：屋外500 (m) + 建屋内50 (m) ・屋外の埋設配管配線ルートは確保できるものとする。 ・「電力ケーブル」、「通信ケーブル」、「地中埋設配管」、「ハンドホール」を含む ・土工事は、「掘削・埋め戻し」、「コンクリート舗装 (厚み200mm (想定))」を含む 	
概念図				
概算コスト (経費込み・税抜き)	mあたりの単価 (千円/m)	47~53	mあたりの単価 (千円/m)	65~72

図 1.14 太陽光発電システムの外線引込のコスト試算

2 サンプル空港による省エネ効果検証結果

サンプル空港の建築施設の省エネ計算(WEBPRO)結果を基に、各施設に導入可能な省エネ手法を抽出し、CO₂排出量削減効果を検証した。図 2.1～図 2.8 にサンプル空港による省エネ効果検証結果を示す。

本省エネ計算結果は各空港建築施設をサンプルとして、想定による省エネ化検討を行ったものであり、実際の建築施設の省エネ化検討を示したものではない。

■既存建築施設の省エネに向けてのサンプル空港の抽出方針

<既存建築施設の省エネ化検討>

▶ 大規模空港（羽田、成田、関西、中部）の省エネ検討

・旅客ターミナルビル（大規模）	羽田空港	国際線旅客ターミナルビル(増築前)	約150,000㎡
・貨物ターミナルビル（大規模）	成田空港	貨物ターミナルビル	約 13,000㎡

▶ 地域特性のある空港の省エネ検討

・旅客ターミナルビル（中規模）	那覇空港	国際線旅客ターミナルビル(増築前)	約 23,000㎡
・旅客ターミナルビル（小規模）	花巻空港	旅客ターミナルビル	約 7,000㎡
・貨物ターミナルビル（中規模）	福岡空港	国内貨物ターミナルビル	約 10,000㎡

▶ その他空港施設の省エネ検討

・格納庫	中部空港	中部飛行検査	約 8,000㎡
・庁舎管制塔	神戸空港	庁舎管制塔	約 2,000㎡
・官庁施設	福岡空港	電源局舎	約 500㎡

■サンプル空港による省エネ効果検証

- ① サンプル空港の建築施設の省エネ計算(WEBPRO)結果を基に、各施設に導入可能な省エネ手法を抽出し、CO₂排出量削減効果を検証する。(WEBPRO「現状」：現状の設備について計算した結果とWEBPRO「省エネ化」：省エネ化設備で計算した結果を比較し効果試算する。)
- ② 計測結果と省エネ計算(WEBPRO「現状」)との差異について運用形態を基に分析を行う。

羽田空港(国際線旅客ターミナルビル)

大規模空港

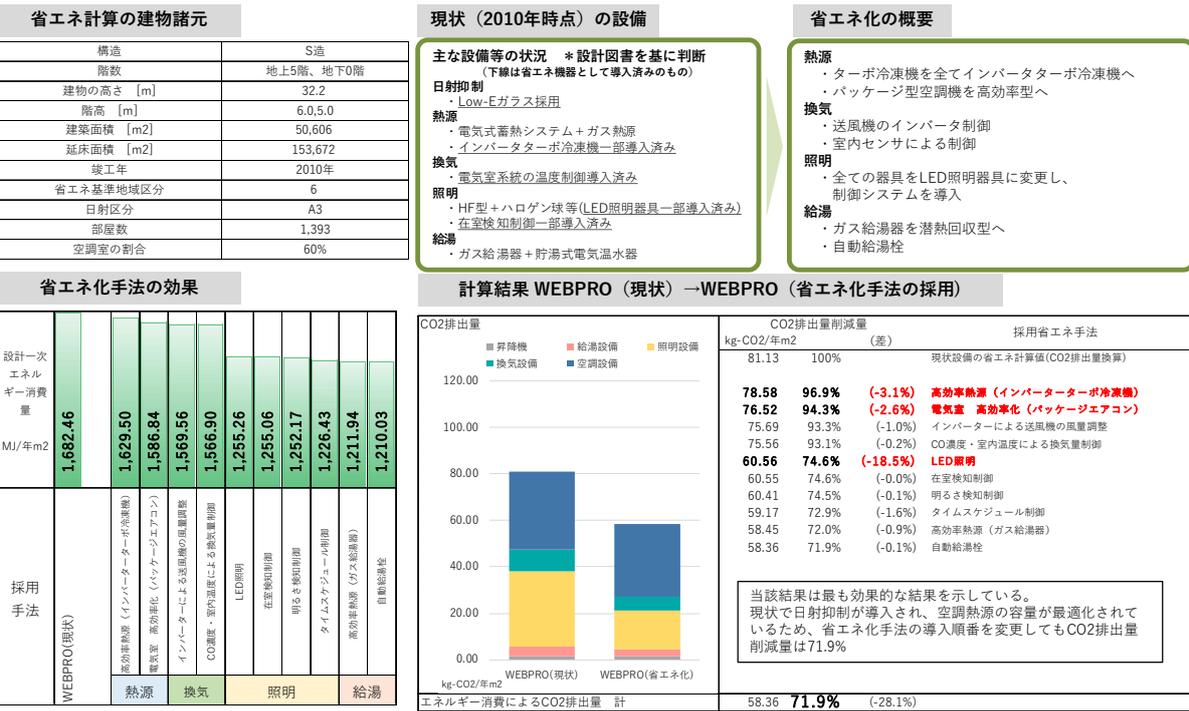


図 2.1 羽田空港(国際線旅客ターミナルビル)

那覇空港(旅客ターミナルビル)

地域特性・中規模空港

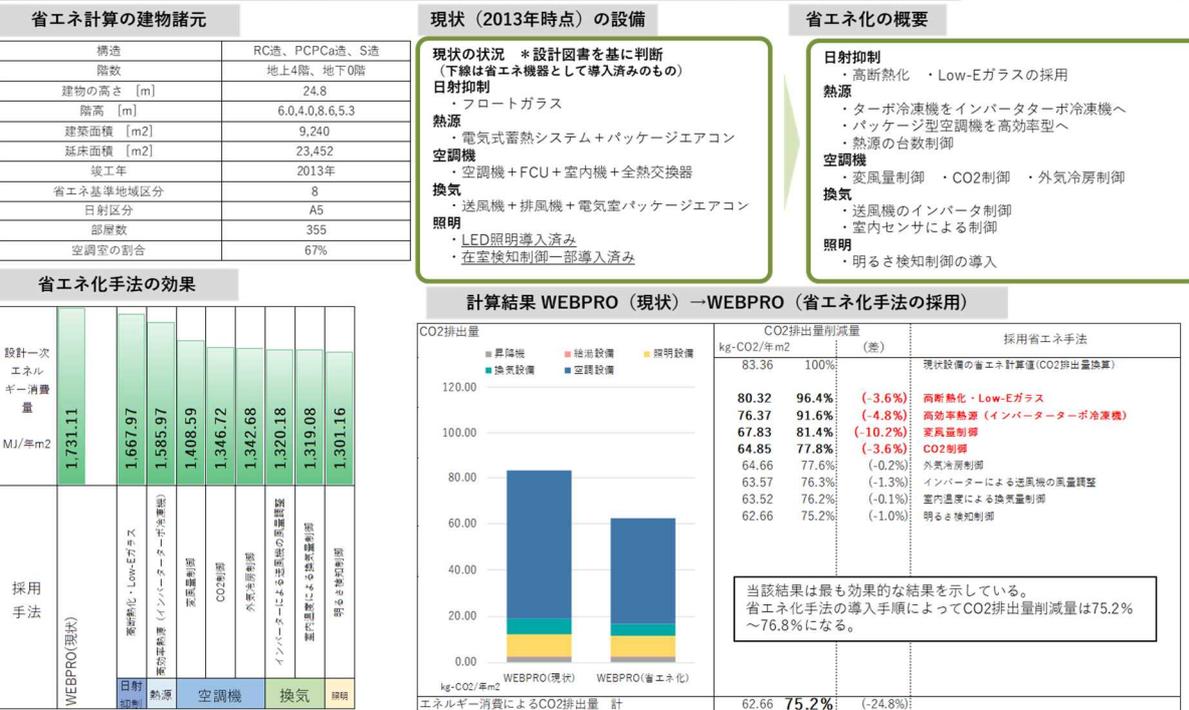


図 2.2 那覇空港(旅客ターミナルビル)

花巻空港(旅客ターミナルビル)

地域特性・小規模空港

省エネ計算の建物諸元

構造	RC造
階数	地上3階、地下0階
建物の高さ [m]	14.4
階高 [m]	4.8,5.1,3.6
建築面積 [m ²]	3,820
延床面積 [m ²]	7,168
竣工年	2009年
省エネ基準地域区分	3
日射区分	A3
部屋数	137
空調室の割合	66%

現状 (2009年時点) の設備

現状の状況 * 設計図書を基に判断
(下線は省エネ機器として導入済みのもの)
日射抑制・高断熱化
・Low-Eガラス、複層ガラス採用
熱源
・ボイラ+パッケージエアコン
空調機
・外調機+室内機+全熱交換器
換気
・高効率電動機、電気室系統の温度制御導入済み
照明
・HF型
・在室検知制御、明るさ検知制御一部導入済み
昇降機
・可変電圧可変周波数制御

省エネ化の概要

熱源
・パッケージ型空調機を高効率型へ
・熱源の台数制御
空調機
・変風量制御
換気
・送風機のインバータ制御
照明
・全ての器具をLED照明器具に変更し、制御システムを導入
昇降機
・ギアレス巻上機
・電力回生あり

省エネ化手法の効果

設計一次エネルギー消費量	2,268.02
採用手法	WEBPRO(現状)
熱源	2,109.98
空調機	1,655.24
換気	1,479.08
照明	1,442.19
昇降機	1,265.83
	1,252.45
	1,246.43
	1,240.16

計算結果 WEBPRO (現状) →WEBPRO (省エネ化手法の採用)

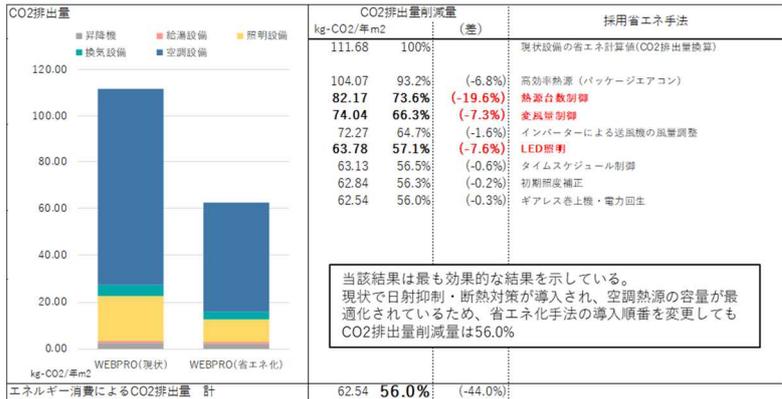


図 2.3 花巻空港(旅客ターミナルビル)

成田空港(貨物ターミナルビル)

大規模空港

省エネ計算の建物諸元

構造	S造
階数	地上1階、地下0階
建物の高さ [m]	10.5
階高 [m]	4.6,10.2,8.1,5.0
建築面積 [m ²]	14,474
延床面積 [m ²]	13,925
竣工年	2008年
省エネ基準地域区分	6
日射区分	A3
部屋数	14
空調室の割合	0.2%

現状 (2008年時点) の設備

現状の状況 * 設計図書を基に判断
(下線は省エネ機器として導入済みのもの)
日射抑制
・フロートガラス
熱源
・パッケージエアコン
照明
・HF型+ハロゲン球
・在室検知制御一部導入済み

省エネ化の概要

日射抑制
・Low-Eガラスの採用
熱源
・パッケージ型空調機を高効率型へ
照明
・全ての器具をLED照明器具に変更し、制御システムを導入

省エネ化手法の効果

設計一次エネルギー消費量	268.18
採用手法	WEBPRO(現状)
熱源	247.84
照明	121.99
	117.48
	110.87
	107.90
	105.07

計算結果 WEBPRO (現状) →WEBPRO (省エネ化手法の採用)

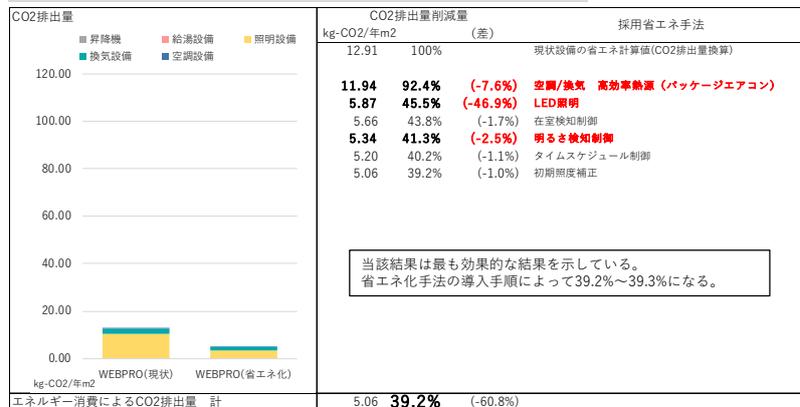


図 2.4 成田空港(貨物ターミナルビル)

福岡空港国内貨物ターミナルビル

地域特性・中規模空港

省エネ計算の建物諸元

構造	S造
階数	地上2階、地下0階
建物の高さ [m]	11.6
階高 [m]	4.0,7.0
建築面積 [m ²]	8,623
延床面積 [m ²]	9,735
竣工年	2018年
省エネ基準地域区分	7
日射区分	A4
部屋数	63
空調室の割合	12%

現状（2018年時点）の設備

現状の状況 *設計図書を基に判断
(下線は省エネ機器として導入済みのもの)
熱源
 ・パッケージエアコン
換気
 ・高効率電動機導入済み
照明
 ・LED照明導入済み
 ・在室検知制御一部導入済み

省エネ化の概要

熱源
 ・パッケージ型空調機を高効率型へ
換気
 ・送風機のインバータ制御
 ・室内センサによる制御
 ・電気室のパッケージエアコンを中止し、送風機を追加導入
照明
 ・制御システムを導入

省エネ化手法の効果

設計一次エネルギー消費量 MJ/年m ²	193.18	190.66	187.65	182.19	155.11	151.85	146.89	142.71	140.84
採用手法	WEBPRO(現状)	高効率熱源(パッケージエアコン)	インバータによる送風機の風量調整	室内温度による換気量制御	電気室 パッケージエアコン中止、送風機追加	在室検知制御	明るさ検知制御	タイムスケジュール制御	初期照度補正
		熱源	換気					照明	

計算結果 WEBPRO (現状) → WEBPRO (省エネ化手法の採用)

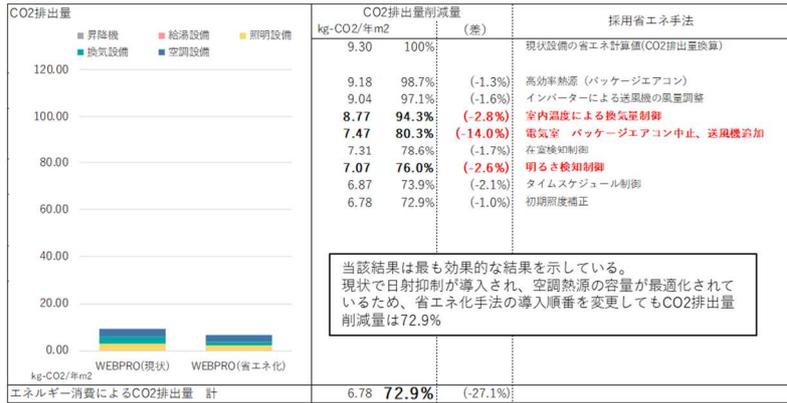


図 2.5 福岡空港 貨物ターミナルビル

中部国際空港(庁舎・格納庫)

ほか用途：格納庫

省エネ計算の建物諸元

構造	S造、RC造
階数	地上4階、地下0階
建物の高さ [m]	21.5
階高 [m]	4.2,4.85,21.5
建築面積 [m ²]	5,986
延床面積 [m ²]	7,784
竣工年	2015年
省エネ基準地域区分	6
日射区分	A4
部屋数	82
空調室の割合	21%

現状（2015年時点）の設備

現状の状況 *設計図書を基に判断
(下線は省エネ機器として導入済みのもの)
熱源
 ・パッケージエアコン
空調機
 ・室内機+全熱交換器
換気
 ・高効率電動機導入済み
照明
 ・HF型(LED照明器具一部導入済み)
 ・在室検知制御一部導入済み
昇降機
 ・可変電圧可変周波数制御

省エネ化の概要

熱源
 ・パッケージ型空調機を高効率型へ
 ・熱源の台数制御
空調機
 ・変風量制御
 ・全熱交換効率の向上
換気
 ・送風機のインバータ制御
 ・室内センサによる制御
照明
 ・全ての器具をLED照明器具に変更し、制御システムを導入
昇降機
 ・ギアレス巻上機

省エネ化手法の効果

設計一次エネルギー消費量 MJ/年m ²	473.12	448.72	447.03	428.39	426.07	416.65	415.07	324.42	321.89	319.93	318.72	318.46	317.60
採用手法	WEBPRO(現状)	高効率熱源(パッケージエアコン)	熱源台数制御	変風量制御	全熱交換器	インバータによる送風機の風量調整	室内温度による換気量制御	LED照明	在室検知制御	明るさ検知制御	タイムスケジュール制御	初期照度補正	ギアレス巻上機
		熱源	空調機	換気									昇降機

計算結果 WEBPRO (現状) → WEBPRO (省エネ化手法の採用)

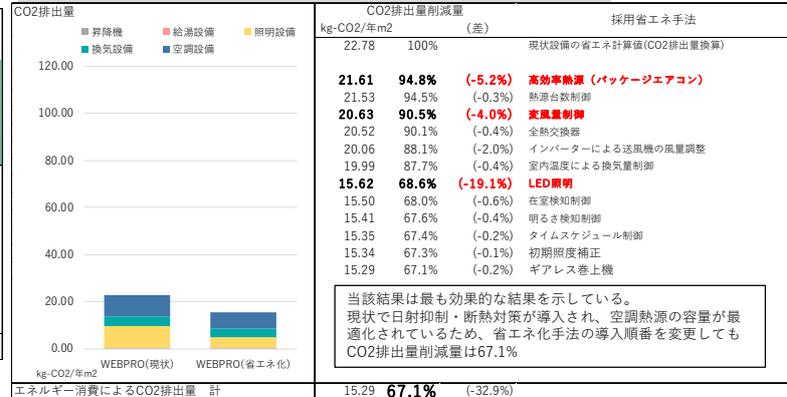


図 2.6 中部国際空港(庁舎・格納庫)

神戸空港(管制塔庁舎)

ほか用途：庁舎

省エネ計算の建物諸元

構造	S造
階数	地上5階、地下0階
建物の高さ [m]	36.6
階高 [m]	5.0,4.3,4.2,3.5,3.7
建築面積 [m ²]	989
延床面積 [m ²]	1,996
竣工年	2005年
省エネ基準地域区分	6
日射区分	A4
部屋数	87
空調室の割合	47%

現状（2005年時点）の設備

現状の状況 *設計図書を基に判断
(下線は省エネ機器として導入済みのもの)
日射抑制
・フロートガラス
熱源
・パッケージエアコン
空調機
・室内機+全熱交換器
換気
・送風機+排風機+
電気室パッケージエアコン
照明
・HF型+ハロゲン球
・在室検知制御一部導入済み

省エネ化の概要

日射抑制
・Low-Eガラスの採用
熱源
・パッケージ型空調機を高効率型へ
・熱源の台数制御
空調機
・変风量制御
・全熱交換効率の向上
換気
・送風機のインバータ制御
・室内センサによる制御
・電気室のパッケージエアコンを中止し、送風機を追加導入
照明
・全ての器具をLED照明器具に変更し、
制御システムを導入

省エネ化手法の効果

設計一次エネルギー消費量 MJ/年m ²	採用手法
1,279.57	WEBPRO(現状)
1,268.77	Low-Eガラス
1,189.21	高効率熱源(パッケージエアコン)
1,183.68	全熱交換器
1,107.49	電気室 高効率化(パッケージエアコン)
1,100.01	インバータによる送風機の風量調整
1,057.47	電気室 パッケージエアコン中止、送風機追加
993.85	室内温度による送風機の風量調整
986.46	高効率電動機
864.26	LED照明
863.63	在室検知制御
849.94	明るさ検知制御
845.73	タイムスケジュール制御
843.82	初期照度補正
839.81	ギアレス巻上機・電力回生

計算結果 WEBPRO (現状) → WEBPRO (省エネ化手法の採用)

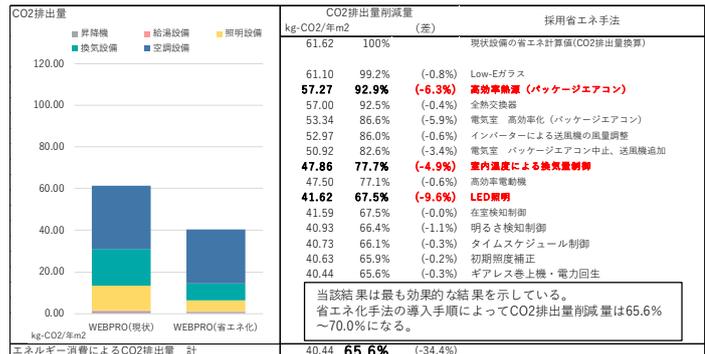


図 2.7 神戸空港(管制塔庁舎)

福岡空港 西側電源局舎

ほか用途：電源局舎

省エネ計算の建物諸元

構造	RC造
階数	地上1階、地下0階
建物の高さ [m]	5.3
階高 [m]	4.0
建築面積 [m ²]	556
延床面積 [m ²]	553
竣工年	2017年
省エネ基準地域区分	7
日射区分	A4
部屋数	2
空調室の割合	0%

現状（2017年時点）の設備

現状の状況 *設計図書を基に判断
(下線は省エネ機器として導入済みのもの)
換気
・送風機+排風機+
電気室パッケージエアコン
・電気室系統の温度制御導入済み

省エネ化の概要

換気
・送風機のインバータ制御
・室内センサによる制御
・電気室の一部パッケージエアコンを中止し、
送風機を追加導入

省エネ化手法の効果

設計一次エネルギー消費量 MJ/年m ²	採用手法
2,537.30	WEBPRO(現状)
1,562.74	電気室 高効率化(パッケージエアコン)
1,431.31	インバータによる送風機の風量調整
1,194.90	室内温度による換気量制御
938.92	電気室 パッケージエアコン中止、送風機追加

計算結果 WEBPRO (現状) → WEBPRO (省エネ化手法の採用)

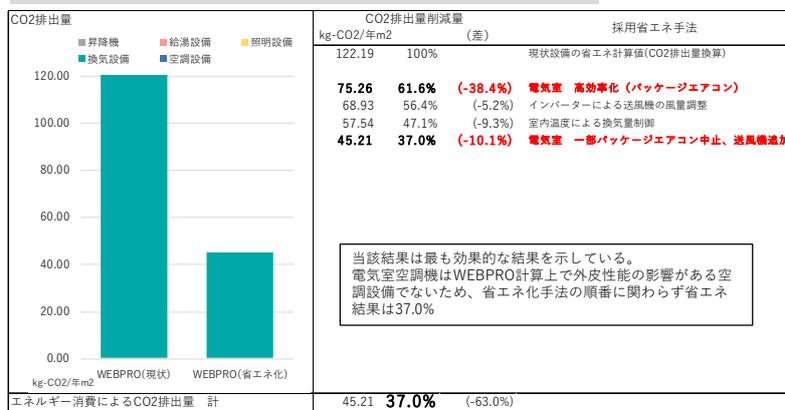


図 2.8 福岡空港 西側電源局舎

3 サンプル施設の WEBPRO 計算と計測値の比較・検証

前述のサンプル施設を基に、サンプル施設の計測値と WEBPRO 計算の比較を行った（図 3.1 図 3.2）。

WEBPRO 計算では、建物用途および室用途によって運用時間と設備稼働率が計算プログラム上で決定されるが、運用時間の補正や任意の室用途を追加する等の変更を行うことができない。また、WEBPRO 計算では、「その他電力」が計算プログラム上で決定されるが、空港建築施設特有の BHS や専用機器等の特殊設備の追加を行うことができない。

結果として、WEBPRO 計算による年間の一次エネルギー消費量は、空港建築施設においては実態の運用時間が計算プログラム上の運用時間より長い傾向にある（下段 赤折線）ため、実際の計測値が WEBPRO 計算の設計値より大きくなる傾向にある（羽田空港、那覇空港、成田空港、神戸空港）。

そこで年間の一次エネルギー消費量(2019 年度)を実際の運用時間当たりのエネルギー消費量に換算すると設計値を下回る傾向となった。これらは、運用休止エリアなどの建物の運用状況や、各空港施設での運用上の工夫による省エネ効果、WEBPRO 計算上評価されない省エネ技術等の効果が上乗せして評価されることにより、実際のエネルギー消費量が設計値を下回っていると想定される。ただし、特殊機器のエネルギー消費量が WEBPRO 設計値に反映されないこと等、設計値を上回る要因も含んだ結果である。

WEBPRO 使用における空港特有の課題

・ 空港建築施設の WEBPRO 検討では、運用時間・特殊機器電力が実態と異なりシステム上変更することが出来ない。

・ WEBPRO 上、ターミナルビルなど特有の室用途を選択することが出来ない。

例えば、

24 時間運用で照明やサイネージのある大空間（出発ロビーなど）

特殊な運用条件（利用時間が航空機運用と連動する格納庫、全方位ガラス張りの管制塔、等）

上記より、WEBPRO で実態に合わせるには限界があるが、各省エネ対策の効果を推定するには有用である。当検討では、WEBPRO 計算において上記の課題を確認した。この知見を、省エネ検討の際に留意する必要がある。

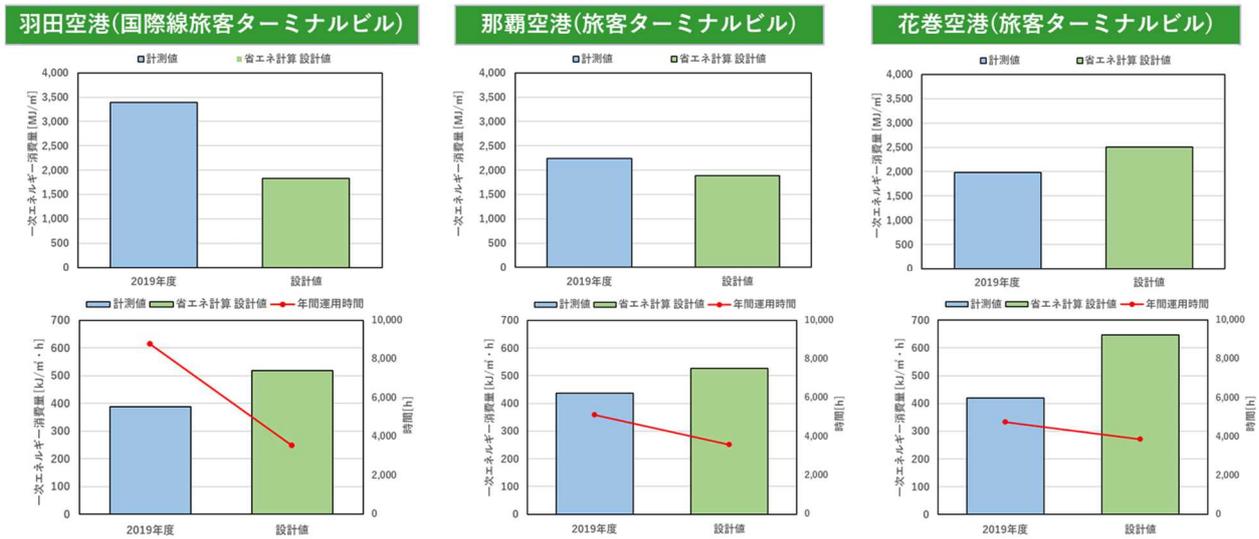


図 3.1 旅客ターミナルビルサンプルの WEBPRO エネルギー消費量分析
(一次エネルギー消費量,上段:年間当たり、下段:時間当たり)

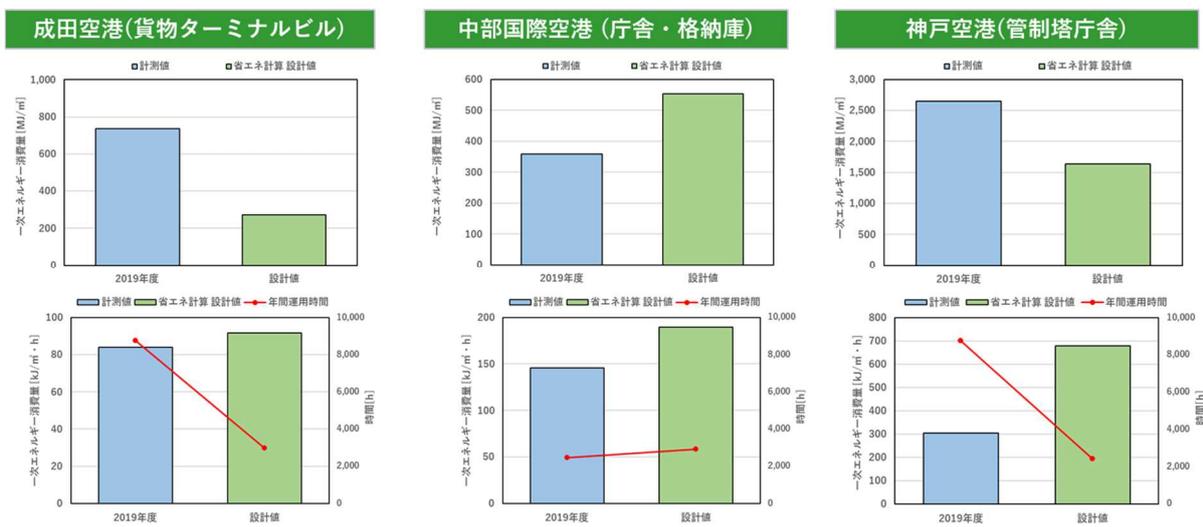


図 3.2 他施設サンプルの WEBPRO エネルギー消費量分析
(一次エネルギー消費量,上段:年間当たり、下段:時間当たり)

4 ターミナルビル内の温度設定に関するアンケート

旅客ターミナルビルの運用に関して、全国 97 空港にアンケートを実施し（図 4.1）得られた回答を下記に示す（図 4.2、図 4.3、表 4.1）。

<アンケート概要>

- アンケート収集数
ターミナルビル回答数：
国内 86, 国際 39
- アンケート内容
旅客ターミナルビルのエリア毎
 - 冷房設定温度
 - 冷房設定湿度
 - 暖房設定温度
 - 暖房設定湿度
 - 冷房運用時間（月、時）
 - 暖房運用時間（月、時）
 - 換気種別
 - 空調システム

対象エリア	冷暖房設定温度				空調方式	
	夏		冬			
	温度[℃]	湿度[%]	温度[℃]	湿度[%]		
国内線	出発エリア	チェックインロビー				
		保安検査場				
		商業施設エリア				
		エアラインラウンジ/自社ラウンジ				
		搭乗待合室				
	到着エリア	PBB				
		固定橋				
		到着コンコース				
		手荷物受取場				
		到着ロビー				
旅客ターミナルビル	国内線	チェックインロビー				
		保安検査場				
		出国審査場				
		商業施設エリア				
		エアラインラウンジ/自社ラウンジ				
	国際線	PBB				
		固定橋				
		到着コンコース				
		検疫検査場				
		到着エリア	入国審査場			
	手荷物受取場					
	税関検査場					
	到着ロビー					

図 4.1 アンケート概要（左図：概要、右図：アンケート一部抜粋）

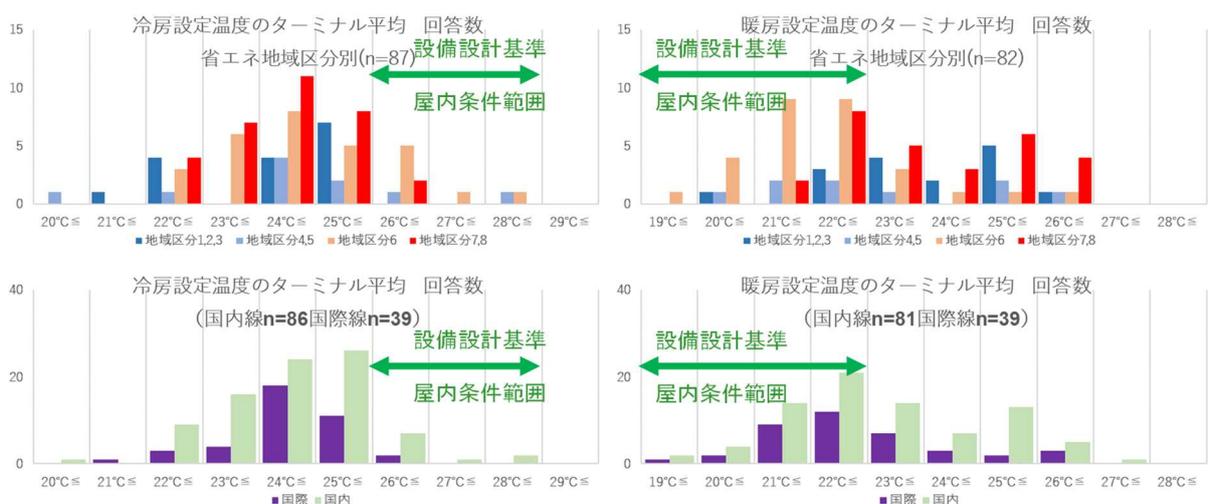


図 4.2 設定温度アンケート回答（旅客ターミナルビル平均の回答ヒストグラム）



図 4.3 設定温度アンケート回答(国内線エリア毎の平均設定温度)

表 4.1 空調方式 アンケート回答

エリアの空調方式	回答数	割合
天井吹出	1064	90.0%
壁・床吹出	57	4.8%
露出機器	32	2.7%
噴流	13	1.1%
放射	8	0.7%
特殊居住域	6	0.5%
自然換気	2	0.2%

- 全国の旅客ターミナルビルに設定温度アンケートを依頼し、旅客ターミナルのある 90 空港から回答を受領した。
- 設定温度の平均は、冷房 24°C/暖房 22°Cが最頻（建築設備設計基準：設計用屋内条件 冷房 26°C～28°C/暖房 19°C～22°C）である。
- 国内線と国際線の比較では、国際線で冷房設定温度が低めになる傾向である。

5 先進的な取組事例

5.1 認証取得事例(サンフランシスコ国際空港、ロサンゼルス国際空港、オスロ空港)

グリーンビルディング認証を取得している空港施設について下記の通り整理した。

a) サンフランシスコ国際空港(SFO) : LEED V4 スコア-Platinum

SFO の ZNE (Zero Net Energy) 計画では、ターミナルビル以外の空港建築施設や、GPU 等も ZNE の対象範囲に設定。

再生可能エネルギー活用により 2012 年以降 100%カーボンフリー電力に代替。

2020 年度、1990 年のベースラインから温室効果ガス排出量の 39%削減を達成。

テナントの入れ替わりに応じてガスの使用を段階的に減らす等、天然ガスの使用を段階的に廃止し、全電化を図っている。

大型車両は、再生可能なディーゼルと埋立地由来の圧縮天然ガス (CNG) を使用し、2022 年末までに、小型乗用車の 100%を EV や FCV に移行することを目指している。



図 5.1 SFO における省エネ・再エネ技術

b) ロサンゼルス国際空港(LAX):LEED V4 スコア-Gold

2045年までに再生可能エネルギー100%電力の代替、カーボンニュートラル実現を目標としている。

ターミナル1.5の建設には全体の35%にリサイクル材が使用され、建設廃棄物の78%がリサイクルされている。

2045年までに造園や冷却塔などの上水の消費を無くし、再生水のみでの消費とすることを目標としている。

高度浄水施設に接続される再生水パイプラインの建設を行っている。

2021年に空港施設内のEV充電スタンドを2倍に増設。(2020年比)

EV充電スタンドや、低排出ガス車用駐車場などを設置し、車両からの温室効果ガスの排出削減を図っている。



図 5.2 LAX における省エネ・再エネ技術

c) オスロ空港(OSL) : BREEAM スコア-Excellent

2020年において、エネルギー消費量を38%削減達成(2012年比)。

木造屋根や構造材・内装の木質化、環境配慮の建材(リサイクル材利用のコンクリート等)を採用。

空港施設から放流される下水より、下水熱を回収し暖房に利用。

空港施設から離れた敷地に雪貯蔵を行い、雪解け水で冷水を製造し冷房に利用。



図 5.3 OSL 出発ロビー

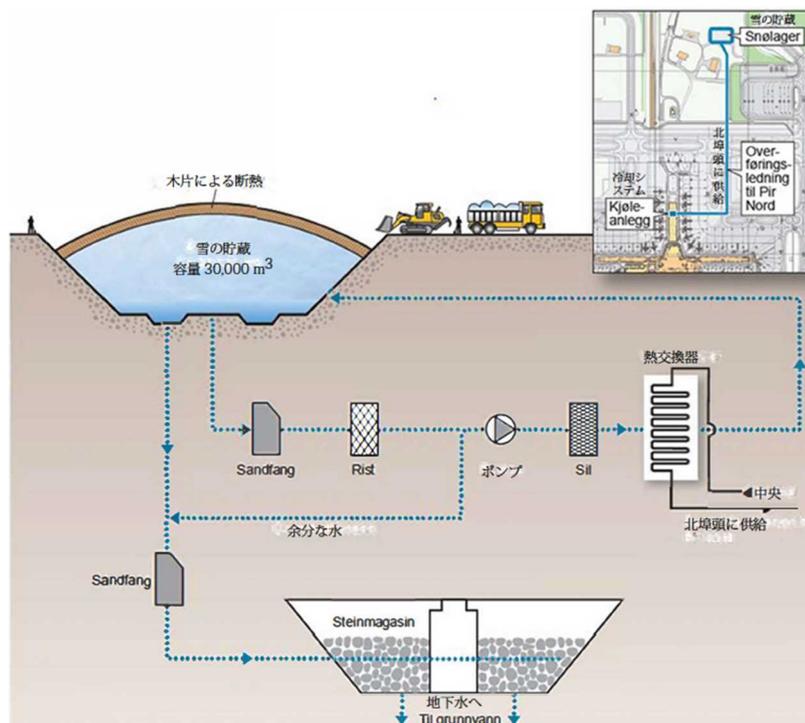


図 5.4 OSL 雪冷房システム

5.2 取り組み事例

a) 国内空港における省エネ技術の導入状況

我が国の空港建築施設における省エネ技術の取り組み状況を下記のとおり整理した。

国内空港における旅客ターミナル毎のCO₂排出量削減の取組状況について、令和3年5月に実施したアンケートの回答を整理したものである。概要は以下のとおり。

- ・ アンケート調査空港施設数：104（国管理：30、地方管理：68、会社管理：6）
- ・ 高効率照明（LED化）は殆ど全ての空港において実施されている（78%）
- ・ 取組項目の中で導入率が高い取組として、照明の人感制御・ゾーニング制御や、空調の運転時間適正化等の「設備の高効率化」が挙げられるが、全体的には各分野において低い導入率となっている。
- ・ 現在、築後10～30年の建築物が過半数を占めており、設備機器更新時に比較的採用しやすい（コスト的にも）設備が優先的に採用されている傾向にある

b) 空港施設へ導入可能な技術の収集整理

我が国の空港施設へ導入可能な技術を下記のとおり整理した。

① T-Green Multi Solar (大成建設・カネカ)

- ・ 建物の外壁や窓と一体化させた太陽電池パネルで発電する外装システム。
- ・ 災害による停電時に独立した非常用電源として使用可能であり、蓄電池と組み合わせることにより、使用範囲や期間を自由に設定することが可能。



図 5.6 T-Green Multi Solar

② 天井換気システム (東京国際空港)

- ・ 直射日光により温められた天井付近の熱気を大屋根の中空部を通して排気するシステム。
- ・ 遮熱効果により、天井からの放射熱の侵入を防ぎ、冷房負荷を低減する。



図 5.7 天井換気システム

- ③ ダブルバンドルヒートポンプ（東京国際空港）
- ・ 通常熱源では大気に放熱する排熱を回収して冷水温水を同時に製造するシステム。
 - ・ 年間を通じて、冷水温水の同時需要がある建物で効果の高い省エネルギー技術。

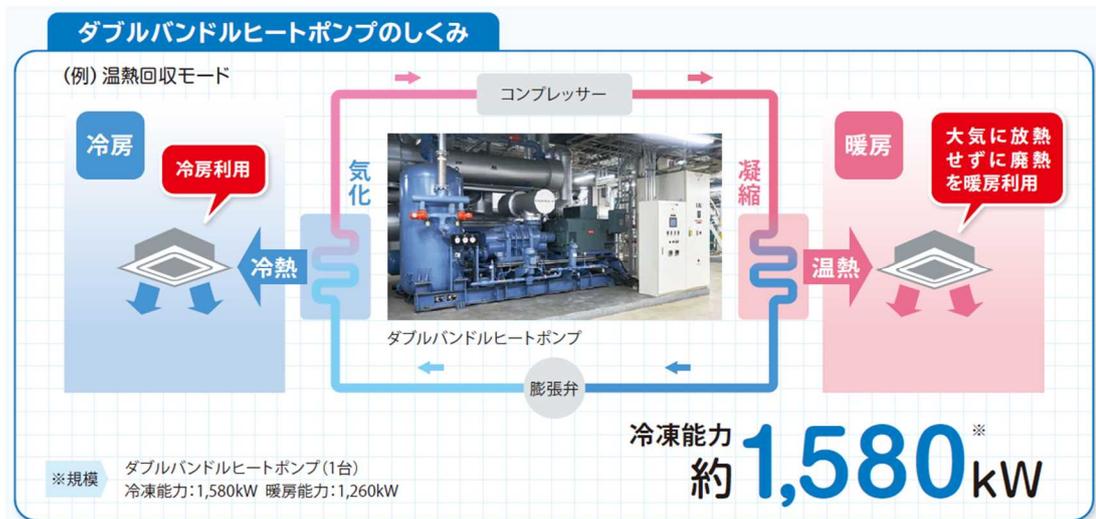


図 5.8 ダブルバンドルヒートポンプ

- ④ 電源設備の高効率化（関西国際空港）
- ・ 建物内へ電源供給する変圧器の高効率化を行い、送電効率を向上させる設備。
 - ・ 再生可能エネルギーの利用において、電源設備での損失低減は重要な技術となる。



図 5.9 高効率変圧器

6 その他参考となるガイドライン、関連情報等

空港建築施設の省エネ・再エネに関する法令、ガイドライン、関連情報等について下表に整理した。なお、各ガイドライン等については、継続的に内容の検討が行われており、適宜改訂等が行われるため、利用に際しては最新版を参照すること。

表 6.1 空港建築施設の省エネ・再エネに関するガイドライン及び解説書

ガイドライン名	発行元	改訂年
エコエアポート・ガイドライン	国土交通省	平成 26 年 3 月
省エネルギー建築のための設計ガイドライン	国立研究開発法人建築研究所	令和 3 年 3 月
ZEB 設計ガイドライン	一般社団法人環境共創イニシアチブ	平成 30 年 4 月
ZEB 事例集	文部科学省	令和 4 年 5 月
公共建築物（庁舎）における ZEB 事例集	国土交通省	令和 4 年 3 月
地中熱利用にあたってのガイドライン	環境省	平成 30 年 3 月
事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）	資源エネルギー庁	令和 4 年 4 月
建築物の LCA 実施における評価の目安（案）	日本建築学会	令和 4 年 6 月

表 6.2 その他関連情報（ホームページ等）

タイトル	作成元	ホームページ URL
ZEB PORTAL（ゼブ・ポータル）	環境省	https://www.env.go.jp/earth/zeb/
脱炭素ポータル	環境省	https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/
グリーンビルナビ	環境省	https://www.env.go.jp/earth/info/greenbuilding/about/cp.html
温室効果ガス排出削減等指針 業務部門の指針（対策メニュー）	環境省	https://www.env.go.jp/earth/ondankataisaku/gel/ghg-guideline/business/
ZEB に関する情報公開	資源エネルギー庁	https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/support/index02.html
建築物の ZEB 化推進に向けた取組	環境省・経済産業省・国土交通省	http://www.env.go.jp/earth/zeb/link/pdf/zeb_pamphlet_web_2022.pdf

表 6.3 建築物における省エネ関係の動き

施設区分	各種計画等	建築物における省エネ (ZEB) 関係の目標
官公庁施設	政府がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の削減等のため実行すべき措置について定める計画/実施要領 (令和3年10月22日閣議決定)	<ul style="list-style-type: none"> ○【新築する場合】：今後予定する新築事業については原則ZEB Oriented相当以上とし、2030年度までに新築建築物の平均でZEB Ready相当となることを目指す。その実現に向け、「ZEB」、Nearly ZEB、ZEB Readyの基準を満たすことが可能な建築物においては、積極的に、より上位のZEB基準を満たすものとする。 ○【改修する場合】：建具や設備の改修を含む大規模改修を実施する場合は、建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律に定める省エネ基準に適合する省エネ性能向上のための措置を講ずるものとし、省エネ基準を超えるZEB等の省エネ性能を満たすことが可能な建築物においては、当該性能を積極的に満たすものとする。
	官庁施設の環境保全性基準 (令和4年改定)	<ul style="list-style-type: none"> ○【新築する場合】：BEIが建物用途に応じてそれぞれ次の値以下となること。 a: 事務所等、学校等、工場等: BEI=0.6 (ZEB Oriented) b: 以外: BEI=0.7 (ZEB Oriented) ○【新築以外】：省エネ性能向上のための措置を講ずること。
	全国知事会 脱炭素・地球温暖化対策本部「脱炭素・地球温暖化対策行動宣言」(令和4年7月5日)	<ul style="list-style-type: none"> ○【新築する場合】：都道府県が整備する新築建築物について、ZEB Ready相当(50%以上の省エネ)を目指す。 ・住宅やビルのZEH・ZEB化を進めるため、都道府県有施設からZEB化
建築物全般 (民間含む)	第6次エネルギー基本計画 (令和3年10月22日閣議決定)	<ul style="list-style-type: none"> ○【改修する場合】：既築住宅・建築物についても、省エネルギー改修や省エネルギー機器導入等を進めることで、2050年に住宅・建築物のストック平均でZEH・ZEB基準の水準の省エネルギー性能が確保(※)されていることを目指す。
	地球温暖化対策計画 (令和3年10月22日閣議決定)	<ul style="list-style-type: none"> ○【新築する場合】：2030年を目指すべき建築物の姿としては、現在、技術的かつ経済的に利用可能な技術を最大限活用し、新築される建築物についてはZEB基準の水準の省エネルギー性能が確保(※)されていることを目指す。
	脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策等のあり方・進め方 (令和3年8月)	<ul style="list-style-type: none"> ○【新築する場合】：2030年を目指すべき建築物の姿としては、新築される建築物についてはZEB基準の水準の省エネ性能が確保(※)されていることを目指す。 ○【改修する場合】：国民等による省エネ改修の取組を促していく観点からも、国や地方自治体等の率先した取組が重要であることから、その管理する建築物・住宅について、省エネ改修計画を立てるなど、計画的な省エネ改修の取組を進めること(官公庁施設)。

表 6.4 建築物省エネ法基準の改正の動き

建築物エネルギー消費性能基準等小委員会 第26回 (2022年7月11日) 配布資料 資料3 2省合同会議検討事項①～④

○ 審議会答申(令和4年2月)において示された、2030年度以降新築される建築物にZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能を確保するとの目標を踏まえ、適合義務化が先行している大規模非住宅建築物の省エネ基準について、**2024年度以降、各用途の適合状況を踏まえ、用途に応じてBEI=0.75~0.85に引き上げる**こととする^{※1}。
 ・「脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策等のあり方・進め方」(令和3年8月)
 2024年度 大規模建築物に係る省エネ基準の引き上げ BEI=0.8程度

【現行】			【改正案】			【(参考)あり方検討会】			
	用途・規模	一次エネ (BEI) の水準		用途・規模	一次エネ (BEI) の水準		用途・規模	一次エネ (BEI) の水準	
省エネ基準	—	1.0 ^{※1}	省エネ基準	大規模 (2,000㎡以上)	工場等	0.75 ^{※2}	省エネ基準	大規模 (2,000㎡以上)	0.8程度 ^{※2}
					事務所等、学校等、ホテル等、百貨店等	0.8 ^{※2}			
					病院等、飲食店等、集会所等	0.85 ^{※2}			
			中・小規模 (2,000㎡未満)	1.0 ^{※2}			中・小規模 (2,000㎡未満)	1.0 ^{※2}	
誘導基準 ^{※4}	事務所等、学校等、工場等	0.6 ^{※3}	誘導基準 ^{※4}	事務所等、学校等、工場等	0.6 ^{※3}	誘導基準 ^{※4}	事務所等、学校等、工場等	0.6 ^{※3}	
	ホテル等、病院等、百貨店等、飲食店等、集会所等	0.7 ^{※3}		ホテル等、病院等、百貨店等、飲食店等、集会所等	0.7 ^{※3}		ホテル等、病院等、百貨店等、飲食店等、集会所等	0.7 ^{※3}	

※1 増改築時の取り扱い、現行の基準に準ずる。 ※2 太陽光発電設備及びコージェネレーション設備の発電量のうち自家消費分を含む。
 ※3 コージェネレーション設備の発電量のうち自家消費分を含む。 ※4 一次エネ(BEI)の水準の他、外皮(BPI: PAL)の達成)の水準あり。