

大規模複合施設の省エネ総合改修事業における環境配慮技術

(第1報) 環境配慮全体計画, 及び負荷削減・熱源システム最適化の検討

佐竹 晃^{*1}・小林 信裕^{*2}・河原 博之^{*3}・今林 憲一^{*4}

Energy Saving Comprehensive Renovation Project of Large Scale Complex Building

Akira SATAKE, Nobuhiro KOBAYASHI, Hiroyuki KAWAHARA, Kenichi IMABAYASHI

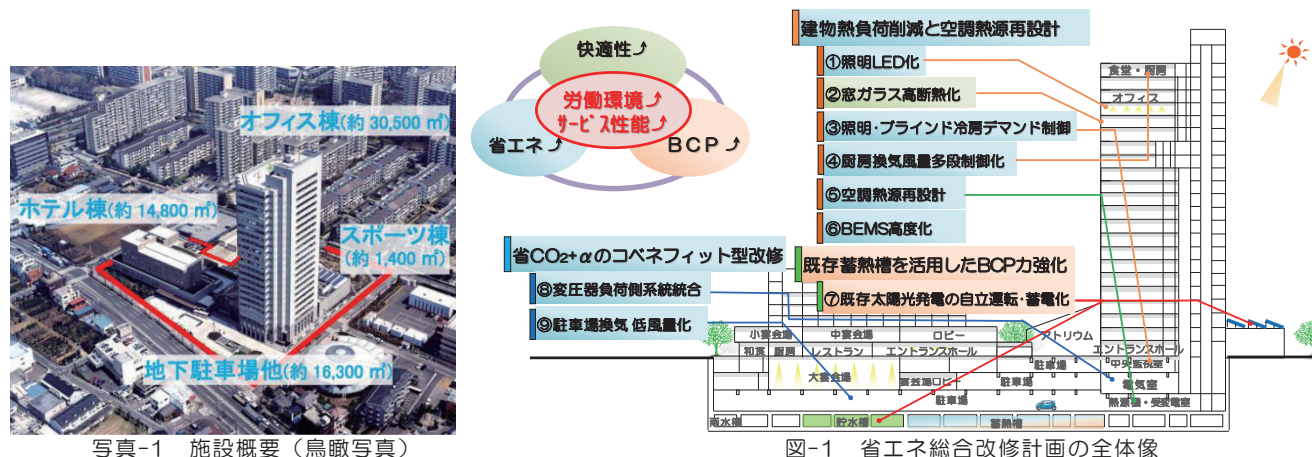


写真-1 施設概要 (鳥瞰写真)

図-1 省エネ総合改修計画の全体像

研究の目的

築20年を過ぎた、高層オフィス、ホテル、スポーツ施設を有する大規模複合施設において、各所設備が修繕期を迎えていた。本研究では、通常行われる竣工時同等の設備に更新する修繕ではなく、①運用実績に基づいた仕様の最適化、②総合コスト削減、③労働・サービス環境及びBCP力向上を考慮した総合改修計画を立案する。

技術の説明

対象施設は、電動ヒートポンプ式熱源と地下躯体利用水蓄熱槽からなる中央熱源方式であり、単板の窓ガラス、蛍光灯のオフィス照明等と建設当時の一般的な仕様であった。改修計画の検討着手時は、蓄熱槽の断熱防水の早急な修繕が必要で、また各種設備の更新期にあり向こう数年間の修繕費の急増が予測されており、無駄のない適切な中期修繕計画が求められていた。さらに省CO₂化促進の条例等を受けた照明の間引き点灯や、オフィスの窓結露防止のための冬期加湿抑制等の運用法に対し、労働環境向上のための改善が求められていた。そこで、過去のBEMSデータ分析や新たな実測調査により現状を把握した上で、動的熱負荷シミュレーションやCFD等の解析を行い、省CO₂性、機能・性能、経済性を共に高められる、建築・設備を同時に改修する総合的な改修計画を立案した。

主な結論

- ・ 本研究の結果、図-1及び同図中の番号に沿い以下に示す改修計画を立案した。
- ・ ①照明LED化、②窓ガラス高断熱化、③照明・ブラインド冷房デマンド制御、④厨房換気変風量化による空調負荷削減と、⑤熱源システムの再設計を同時に行う手法による、性能・コスト合理性に優れる建物・熱源計画。
- ・ ⑥電力の見える化等のBEMS改修により、省CO₂性の長期継続をサポートする計画。
- ・ 空調負荷削減により生まれる遊休水槽を非常時貯水槽に転用の上、⑦既設太陽光発電に自立運転・蓄電機能を付加し、大規模災害時のトイレ雑用水と携帯端末充電用電源を確保するBCP・地域防災力を強化する計画。
- ・ ⑧変圧器負荷側系統の統合により、無益な電力損失を半減させ、労働環境改善に電力を有効利用する計画。
- ・ ⑨地下駐車場の換気低風量化により、省CO₂に加えファン改修費縮減や場内静音化を図る計画。
- ・ 本改修計画により、運用段階でのZEB Ready化(運用エネルギーの一般値比50%以下)が見込まれた。
- ・ 増加する建築物ストックの活用・環境対応に貢献する、実用的な省エネ総合改修の計画プロセスを習得した。

*1 本店 技術研究所 高度空間・エネルギーマネジメント研究室

*2 本店 技術研究所

*3 本店 建築事業本部 建築技術部 技術開発グループ

*4 本店 建築事業本部 設備設計部 第3グループ

大規模複合施設の省エネ総合改修事業における環境配慮技術 (第1報) 環境配慮全体計画, 及び負荷削減・熱源システム最適化の検討

佐 竹 晃^{*1}小 林 信 裕^{*2}河 原 博 之^{*3}今 林 憲 一^{*4}

要 旨

築20年を過ぎた、高層オフィス、ホテル、スポーツ施設を有する大規模複合施設において、各種設備が大規模修繕期を迎え、また年々高まる省CO₂規制対応により快適性や労働環境に影響が出始めていた。そこで本計画では、BEMSデータの分析や各種数値解析に基づき、窓ガラス・ブラインド、照明、空調熱源、蓄熱槽、換気、変圧器の多岐にわたり既存仕様を見直し、再設計する「省エネ総合改修計画」を立案した。建物の熱負荷削減をした上で、空調・熱源システムを再設計・ダウンサイジングする等の総合的な手法により、省CO₂、労働・サービス環境、BCP力を同時に向上させるとともに、総合コストの縮減を計画した。本改修後の運用時CO₂排出量は、同規模・用途の標準施設比50%以下と試算しており、大型建築物のストック改修において国内屈指の省CO₂性能と言える「ZEB Ready」を運用段階で実現することを目指している。本報では、本事業の環境配慮全体計画の概要、改修前のエネルギー実績、負荷削減計画、および熱源システム最適化計画の概要を報告する。

キーワード 省CO₂改修／大規模複合施設／蓄熱空調システム／熱負荷削減改修／熱源更新

目 次

- | | |
|----------------------|------------------|
| 1. はじめに | 5. 負荷削減のための改修計画 |
| 2. 環境配慮計画の概要 | 6. 熱源システム最適化改修計画 |
| 3. 施設全体のエネルギー変遷と改修目標 | 7. おわりに |
| 4. エネルギー消費の実績 | |

ENERGY SAVING COMPREHENSIVE RENOVATION PROJECT OF LARGE SCALE COMPLEX BUILDING (PART 1) SUMMARY OF OVERALL ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS PLAN AND METHODS FOR REDUCING SOME LOAD

Akira SATAKE
Hiroyuki KAWAHARA

Nobuhiro KOBAYASHI
Kenichi IMABAYASHI

Synopsis:

In the energy saving comprehensive renovation project of large scale complex building composed of high-rise office building, city hotel, and sports gym, that was built 23 years ago, several energy saving technologies were planned. The air conditioning heat source system was redesigned and achieved downsizing considering that the air conditioning load would be reduced because of improving the thermal insulation performance of window and the efficiency of lighting. This plan will make to improve performance such as indoor comfort, energy saving, disaster prevention and cost-effectiveness. This report shows summary of overall plan about the energy saving comprehensive renovation of existing building in Japan and methods for reducing some load.

* 1 本店 技術研究所 高度空間・エネルギーマネジメント研究室
* 3 本店 建築事業本部 建築技術部 技術開発グループ

* 2 本店 技術研究所
* 4 本店 建築事業本部 設備設計部 第3グループ

1. はじめに

本件は、築 20 年を過ぎ各種設備が大規模修繕期を迎えた、高層オフィス、ホテル、スポーツ施設からなる大規模複合施設の省エネ総合改修事業に関わるものである。本改修計画では、竣工時と同じ仕様に設備機器を更新する一般的な修繕ではなく、過去の BEMS データ分析や新たな実測調査にて現状把握を行った後に、年間シミュレーションや CFD 等による技術検討を行い、窓・ブラインド、照明、空調熱源、蓄熱槽、換気、変電設備の多岐にわたり既存仕様を見直し再設計する総合的な改修計画を策定した。これにより、経済性を考慮した上で、省 CO₂ 性、快適性、BCP 力を同時に向上することを目指した。改修後の運用時 CO₂ 排出量は、同規模・用途の標準施設比で 56%減と試算しており、大型建築物のストック改修による ZEB Ready 化（運用エネルギーの一般値比 50%以下）を目指している。なお、現在は平成 28～30 年度にかけての 3 年間の改修工事を進めている最中にある。

本報では、本事業の環境配慮全体計画の概要、改修前のエネルギー実績、負荷削減の計画と効果予測に加え、熱源システム最適化検討の詳細を報告する。

2. 環境配慮計画の概要

2.1 建物概要

図-1 に、施設の外観と各棟の延床面積を示す。設備的には、施設全体が全電化であり、空調・給湯熱源が大型蓄熱空調システムであることが特徴である。熱源は、3 種のターボ冷凍機と地下躯体利用水蓄熱槽（合計水量 4,400 m³）からなる。窓は単板ガラス、外壁断熱厚は 15mm、オフィス照明は FHF 蛍光灯と、建設当時では一般的な仕様である。低層スポーツ棟の屋上には 20kW の太陽光発電システムが設置されている。

所在地：東京都練馬区

建物用途：オフィス、ホテル、スポーツ、駐車場他

敷地面積：16,287.07 m²

延床面積：62,995.34 m²

階数：地上 24 階、地下 3 階

竣工：1993 年 12 月

改修工期：2016 年 11 月～2019 年 2 月



図-1 施設概要（鳥瞰写真）

2.2 改修計画の概要

本総合改修事業の発端は、地下ピット内の 3 つの蓄熱槽のうち温水槽と切替槽が老朽化し、断熱防水の全面修繕が必要な状況からであった。なお、冷水槽は劣化が軽微であり、現時点では修繕は不要と判断された。

本施設は、ホテルとスポーツ施設を有し、年間を通して給湯・加温負荷があるため、両蓄熱槽をともに改修するにあたっては、通常は温冷 2 槽の大型仮設蓄熱槽の構築、これと既存熱源間の冷温水配管、自動制御改修等の大規模で高額な仮設工事が必要と判断され、より経済的な改修計画の検討が求められた。また、送風機を始めとし、熱源機や照明等の各所の設備機器が更新期を迎えており、総合的な設備改修計画を検討する時期にあった。そして東日本大震災後から続く、照明の間引き点灯やオフィスの冬期窓結露対策のための加湿抑制等に伴う、室内環境低下の改善も求められた。

以上の要求・要件から、各所の設備機器を竣工時と同じ仕様に更新する一般的な方法ではなく、窓ガラスの高断熱化や照明の LED 化等の建物側の空調負荷削減改修と、熱源改修を同時に行うことで、建物性能・室内環境の向上と熱源システムをダウンサイジングするといった総合的な改修計画を立案し、省 CO₂ 化、快適性・労働環境向上、BCP 力強化、総合コスト縮減等の様々な課題の同時解決を図った。竣工後には、各技術の省 CO₂ 性に加えてノンエナジー・ベネフィットの調査も行い、他物件への展開も目指している。

図-2 に改修事業の全体像を、表-1 に改修項目の改修前後の仕様を示し、以下に図中の番号に沿って改修計画の詳細を記す。

(1) 熱負荷削減と空調熱源再設計

空調負荷の総量・ピークの削減のため、①照明の LED 化、②窓ガラスの高断熱化、③照明・ブラインドの冷房デマンド制御、④厨房換気設備の変風量化の負荷削減改修をした上で、⑤空調熱源システムを再設計・ダウンサイジングする計画をした。①～④の負荷削減手法により、切替槽を廃止し、熱源機総能力を改修前の 3,600kW から 2,500kW に縮小できるようになり、現状の室外機スパー

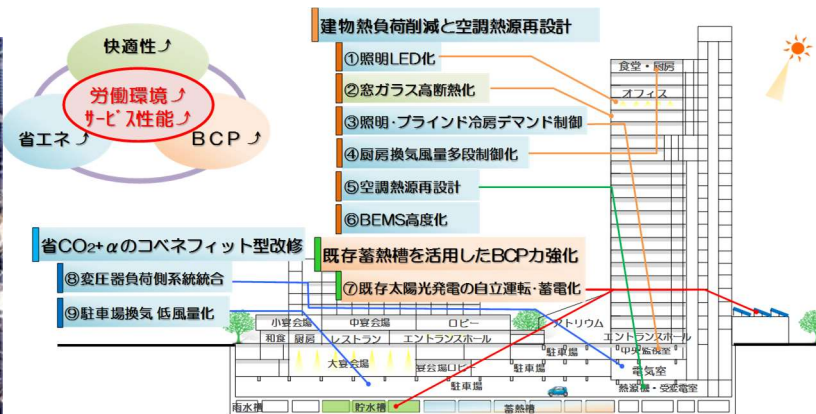


図-2 省エネ総合改修事業の全体像

スに収まり、効率を高め、改修費を抑える熱源システムの改修計画を定めた。熱源機は、冷温水同時生産時の効率に優れる水冷ヒートポンプ（以下 HP という）（冷温同時）、高効率化が進む空冷 HP モジュールチラー、冷水生産効率に優れるターボ冷凍機で構成した（熱源システム改修の計画詳細や検討内容は、6.に示す）。また、⑥空調制御の高機能・オープン化や電力の見える化等のBEMS 改修をし、省 CO₂ 運用の長期継続をサポートするようにした。

(2) 既存蓄熱槽を活用した BCP 力強化

空調負荷削減に伴い切替槽の廃止が可能となり、同槽の断熱防水の修繕費の縮減を計画した。さらに、蓄熱槽の縮小に伴い蓄熱損失の削減が期待できる。遊休水槽となる切替槽は、非常時貯水槽に転用・活用する計画とし、⑦既設太陽光発電設備には自立運転と蓄電の機能を追加した。貯水槽の揚水ポンプとアトリウムで避難者が使えるコンセント電源を設けることで、災害時の入居者や近隣住民のためのトイレ他用の雑用水と携帯端末充電等用の電源の確保を計画した。

(3) 省 CO₂+α のコベネフィット型改修

既に節電対策や OA 機器の省エネが進んでいることに加え、本計画による照明改修等により、変圧器の等価負荷率がさらに低くなり無負荷損失が無視できない量となることが予測され、⑧変圧器の負荷側系統の集約を計画した。また、更新期にあった地下駐車場の換気ファンは、運転時間率が低い実績と近年法定風量が改定されたことを考慮し、⑨駐車場換気の低風量化を計画した。これらは費用対省 CO₂ 効果が高い上に、変圧器全体の更新期延伸や、送風効率向上・静音化等のノンエナジー・ベネフィットも期待される。

3. 施設全体のエネルギー変遷と改修目標

図-3 に、本施設全体のエネルギーの需要量・供給量の変遷を示す。ともに床面積あたりの一次エネルギー消費量を示す。需要量は、改修前の 2012～2014 年度平均は 1,595MJ/㎡年であった。同規模・用途の施設の一般値 2,590MJ/㎡年の 60%であり、東京都条例の基準年度 2002～2004 年度の 2,181MJ/㎡年からは 27%削減されており、既に相当な省 CO₂ 化が進んでいた。しかし、この現状には、東日本大震災後の照明の間引き点灯や空調温度設定の抑制等、室内環境を悪化させてしまう節電効果が含まれていると考えられた。本総合改修後は、室内環境の回復・向上を図るとともに、1,120MJ/㎡年（一般値比 44%）まで削減可能と予測している。なお、基準年比 27%減の現状は、東京都の削減義務（キャップ）の第 1 期間(2010～14 年度)の 8%減はもとより、第 2 期間(2015～19 年度)の 17%減までも十分にクリアしていたが、将来の 2030 年

表-1 改修前後の仕様比較

		改修前	改修後
窓ガラス			
オフィス専用部	面積	約2,800㎡(横連窓、開口率約38%)	
	仕様	単板熱線反射	Low-e複層(内側後付け)
	熱貫流率	5.7W/㎡℃	1.6W/㎡℃
	ブラインド制御	タイマー	タイマー+盛夏時:日射遮蔽制御
オフィス共用、ホテル、スポーツ		面積:約5,500㎡、単板	
照明			
オフィス専用部		蛍光灯	自動調光制御
オフィス共用部		蛍光灯,蛍光ランプ	高効率LED
ホテル、スポーツ、共用部		蛍光灯,蛍光ランプ,白熱電球	調光制御
機械・電気室		蛍光灯	
空調			
熱源	仕様 / 冷(暖)能力 / 冷(暖)COP	ヒーティングタワーHP(冷温切替)/1760(1360)kW /4.7(2.2)	空冷HPモジュールチラー(冷温切替)/1180(1180)kW /3.7(3.7)
		ダブルバンドルHP(冷温同時⇄冷専切替)/(冷温同時時)1490(1990)kW /7.0(冷専時)1490kW /3.0	水冷HP(冷温同時)/301(405)kW /6.7
		ターボ冷凍機/390kW /4.5	ターボ冷凍機/950kW /6.5
蓄熱槽	冷水槽	1,600㎡(47GJ)	
	容量(蓄熱量)	690㎡(27GJ)	同左(高断熱化改修)
	切替槽	2,100㎡(冷67、温83GJ)	廃止(災害時用貯水槽に転用)
駐車場換気(B3F～B1F)			
給排気ファン風量		計525,000㎡/h(11台)	計165,000㎡/h(7台)
受変電設備			
特高変圧器		5,000kVA×2台	5,000kVA×1台(1台予備)
高圧変圧器		計13,570kVA(52台)	計6,770kVA(25台)
太陽光発電			
発電パネル		20kW、単結晶	
自立運転		無し	有り(100V)+蓄電池10kW

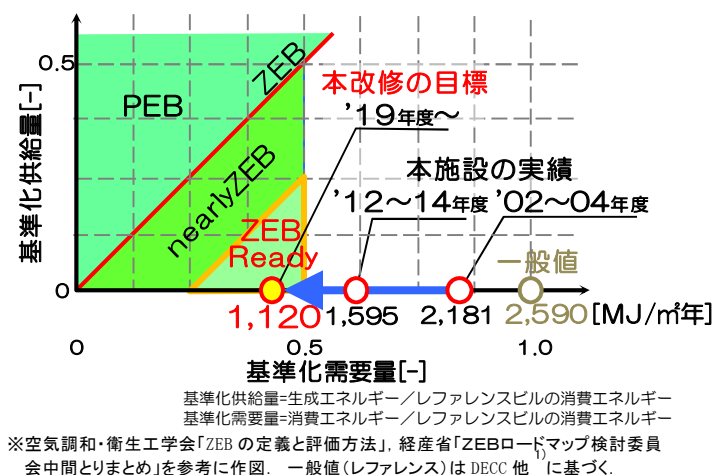


図-3 エネルギー需要・供給量の現状と目標

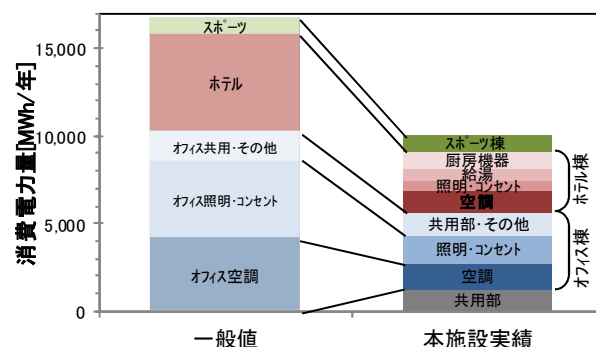


図-4 施設全体の棟・用途別年間電力量（2014年度）

目標が基準年比 30～38%減となる可能性を見込み、これにも十分に対応できる削減目標となる一般値比 50%以下を目標に定めた。

4. エネルギー消費の実績

4.1 消費電力量

図-4 に、施設全体の年間電力量の一般値^{1),2)}と実績値を棟・用途別に示す。施設全体では約 10,000MWh/年であり、オフィス棟 44%とホテル棟 35%が多い。棟別の実績値は、一般値比でオフィス棟 51%、ホテル棟 71%、スポーツ棟 95%といずれも少なく、特にオフィス棟が少ない。オフィス棟の内訳では、空調と照明・コンセントがそれぞれ約 35%を占め、両者の合計が過半を占めている。この空調と照明・コンセントの実績値は、ともに一般値の 40%以下にまで抑えられており、さらなる削減には高度な検討・計画が必要と考えられた。

4.2 空調・給湯消費熱量

図-5 に、日積算消費熱量の年推移を空調・給湯別に示す。冷温熱のバランスが釣り合う期間は 4、11 月の約 2 ヶ月間と短く、同期間の冷温熱量は約 15GJ/日であった。冷温同時利用の熱源機必要能力は、日運転時間を夜間 10 時間とした条件で約 400kW と概算され、既設のダブルバンドル HP の能力約 1,200kW は過大であり、COP がさほど高くない冷専機としての役割が大きかったと言える。なお、本改修計画では、温水需要が 10GJ/日以下と少ない 6～9 月の間に、温水槽のみの断熱防水を改修し、同期間の温熱需要を電気温水器で賄う仮設計画を策定した。これにより、大型の仮設蓄熱槽を不要とし、改修費の大幅な縮減を実現した。

図-6 に、年間の用途別消費熱量を示す。オフィス冷房とホテル冷房がそれぞれ約 30%を占め、オフィス暖房、ホテル暖房、ホテル給湯、スポーツ暖房給湯がそれぞれ約 10%を占めていた。蓄熱空調システムの規模縮小には、オフィスとホテルの冷房負荷の削減が必須と判断された。

図-7 に、日平均外気温と施設全体の日積算冷温水消費熱量の関係を示す。外気温 15℃を境界に冷/温が入り替わる等の熱源の再設計や運用の最適化検討に活かせる特性を得た。なお、冷水は直線式、温水は指数式に近似され、近似線からのばらつきの要因は主にオフィス棟空調消費熱量の平日/休日の差に起因している。一方、ホテルと電気室はばらつきが少なく両者の相関が高かった(図略)。

5. 負荷削減のための改修計画

5.1 オフィス棟空調負荷の削減

図-8 に、施設全体の年間冷温水消費熱量について、オフィス棟の専用部を①照明の LED 化、②窓ガラスの高断熱化、①+②を同時に実施する本改修計画とした場合の推計を示す。計算は、オフィス棟を建物モデルとした動的熱負荷年間シミュレーション (BEST 専門版 Ver.1705) により行い、2014 年度の消費熱量実績値を基準とした。①では、オフィス棟の冷水が 26%減る反面、温水消費が増

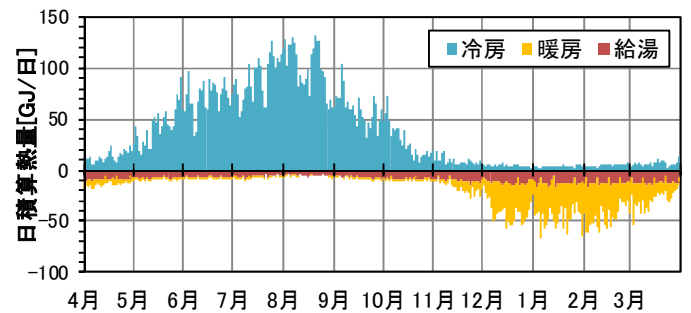


図-5 日積算消費熱量の年推移 (2014 年度)

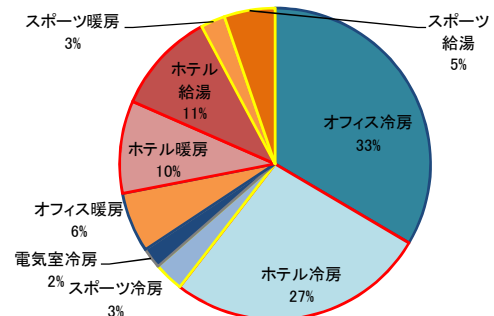


図-6 用途別消費熱量 (2014 年度)

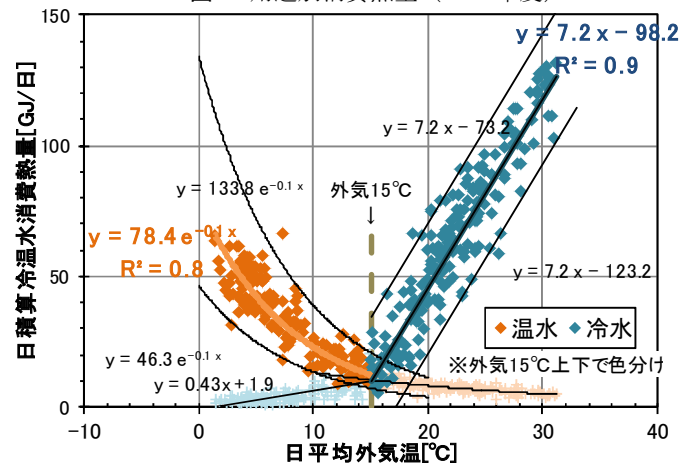
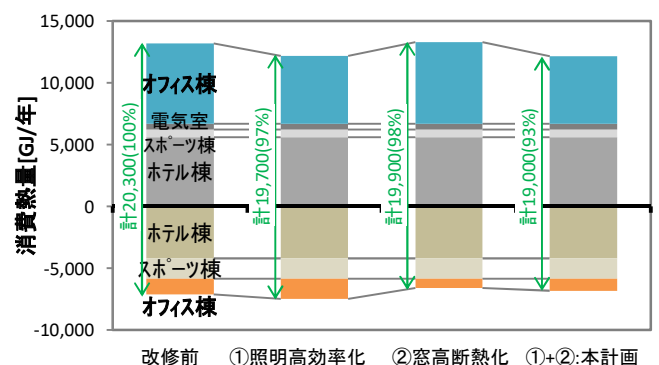


図-7 外気温と施設全体冷温水消費熱量 (2014 年度)



改修前 ①照明高効率化 ②窓高断熱化 ①+②:本計画

図-8 オフィス棟改修計画別の施設全体年間冷温水消費量の推計

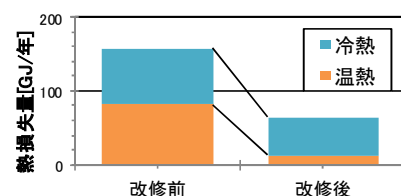


図-9 温水槽断熱改修と切替槽廃止による熱損失量削減効果の推計

加し、別途計算によって温蓄熱槽だけでは容量が不足し切替槽が廃止できない、もしくは温熱源機的能力を改修前より増やす必要があり室外機スペースが不足すると判断された。②では、温水が大幅に減る一方、冷水が全体で4%増加し、冷水槽だけでは日中に冷水不足が起こり、切替槽は廃止できないと判断された。①+②では、冷温ともに改修前より減り省CO₂化できるとともに、後記6.での計算結果として、切替槽が廃止できるとの判断を得た。さらに窓の高断熱化によりペリメータ環境が向上することに加え、窓際のFCUの運転時間（ファン電力）の削減も期待される。なお、温水槽の断熱防水の修繕にあたっては、槽天井スラブ（上階は屋内駐車場）の断熱厚を増し、切替槽廃止に伴う槽界壁面積縮小の効果と合わせて、約100GJ/年の蓄熱損失が削減できると推計された（図-9）。

5.2 変圧器の無負荷損失の削減

図-10に、変圧器の等価負荷率（平日平均）について、改修前の実績と改修後の推計を示す。改修前は殆どが0.1を下回っており、図-11に示す通り400MWh/年と施設全体の4%もの電力損失があると推計された。この損失は電気室における冷房負荷にもなっている。本改修計画に加え、将来の各所設備・OA機器等の高効率化により等価負荷率はさらに低下していくことが予想され、適正な等価負荷率となるよう、負荷側回路を集約し半数の変圧器を停止する統廃合を計画した。本改修により、無負荷損失が半減すると予測され（図-11）、快適性に直結する空調・照明環境の改善のために、電力を有効に利用できるよう計画した。

5.3 地下駐車場の換気量の削減

地下3階～地下1階の屋内駐車場の給排気ファンとデリバントファンが更新期を過ぎ老朽化していた。CO₂制御される給排気ファンのBEMSによる運転実績から、運転時間率が約20%と低かったことと、近年の法改定により法定風量が減ったことを考慮し、給排気風量を改修前の約25%にまで削減し、さらにデリバントファンの運転の再計画を行った。デリバントファンの運転有/無を条件とした気流シミュレーション（図-12）により空気齢を評価した結果、殆どのデリバントファンを停止しても空気齢に悪影響しないことを確認し、本結果をもとに効果がある場所のデリバントファンのみ更新する計画を行い、換気負荷の削減、及び更新・維持費の縮減を図った。

6. 熱源システム最適化改修計画

6.1 改修計画の概要

図-13に、改修前後の熱源システムの概要を示す。改修前は、ダブルバンドルHP（冷温同時/冷専切替え）、ヒーティングタワーHP（冷温切替え）、ターボ冷凍機（冷

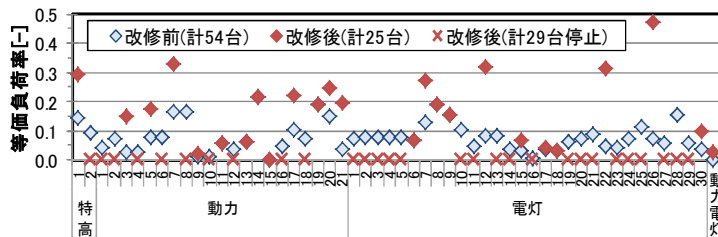


図-10 変圧器の等価負荷率の実績(2014年度)と改修後の推計

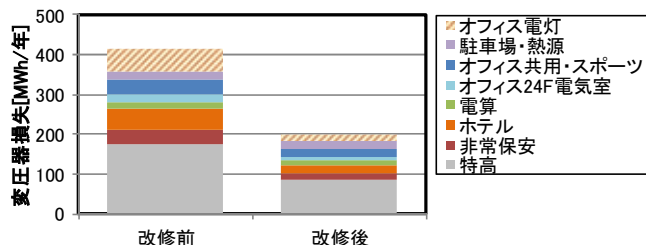


図-11 変圧器統合による節電効果の推計

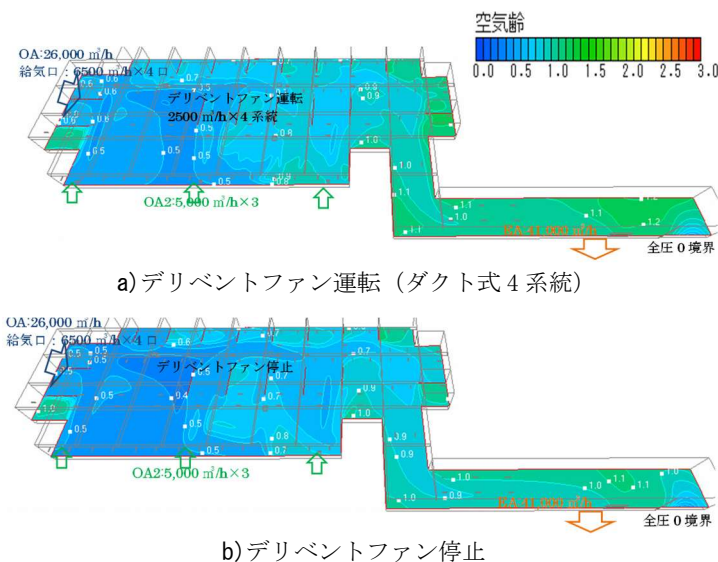


図-12 地下3階駐車場の滞在高さ(H1.5m)での空気齢の比較

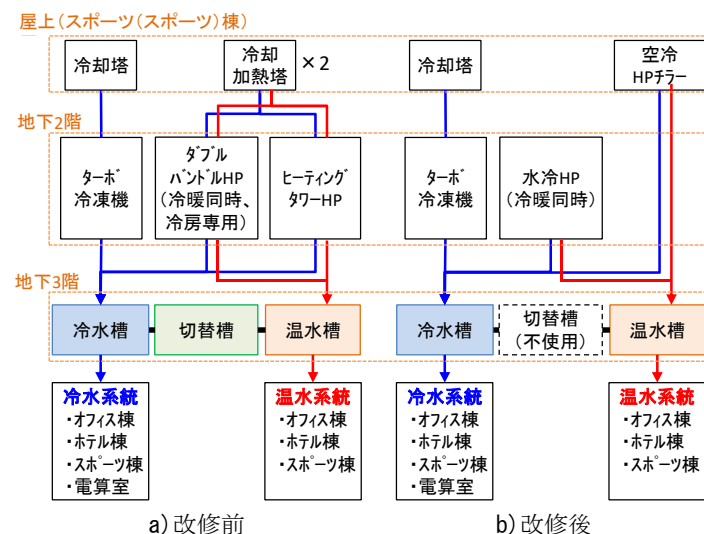


図-13 改修前後の熱源システムの概要

専)の3台の熱源機で構成されていた。ターボ冷凍機は、電算室用として計画されたものであったが、全体用として利用されていた。改修後は、水冷HP(冷温同時)、空冷HPモジュールチラー(冷温切替え)、ターボ冷凍機(冷専)で構成する計画とした。水冷HP(冷温同時)は能力を実需要に見合う既存比25%にまで縮小し、温水生産の主機となる空冷HPモジュールチラーは暖房ピーク時の温水需要から選定し、ターボ冷凍機を空冷HPモジュールチラーとの並列運転で冷房ピークを賄える能力とした(表-1参照)。改修後の熱源構成や能力・仕様の詳細は、図-8に示したオフィス棟の①照明のLED化+②窓ガラスの高断熱化を同時に行う改修効果を考慮した施設全体の空調負荷を前提とし、以降に記す計算、検討の結果に基づき定めた。

6.2 日積算生産熱量

図-14に、日積算生産熱量の年間降順グラフと、同熱量の夜間移行率を冷温別に示す。改修前(図-14 a)の夜間移行率は、日積算生産熱量が多い上位約10日間(冷温ともに)とイレギュラーな熱源運転が行われた日を除き、概ね100%であった。省エネ化が進み消費熱量が設計時想定より少ないために、冷温ともに蓄熱槽容量が十分に大きいこと、および温水については冬期ピーク日でも蓄熱槽(温水槽+切替槽)容量の約60%しか需要がないことを確認した。切替槽を廃止する改修後(図-14 b)は、特に冷水の昼間生産熱量が増え、冷温ともに夜間移行率が低下するが、日積算生産熱量の年間ピーク日における夜間移行率は、冷水が約50%、温水が約60%に留まった。蓄熱空調システムを計画する際、年間ピーク日における夜間移行率を50%程度で計画するのがイニシャル・ランニングの総合で経済的と言われており³⁾、改修後は同値に近い適正な計画と判断された。なお、全蓄熱運転となる日数は、冷水は約250日、温水は約300日であり、安価な夜間電力利用による電気代縮減が十分に期待できる。

6.3 蓄熱槽効率

図-15に、蓄熱槽の蓄熱効率(期間積算熱量の入力と出力の比)の2014年度実績を示す。温水が100%を上回ったのは測定誤差によると考えられる。冷水、温水ともに100%近くで推移し、蓄熱槽での熱損失は十分に少ないが、冷温水需要が少ない中間期(冷水で9月以降、温水で3月以降)に蓄熱効率が低下することが確認され、本改修計画による切替槽の廃止に伴い、蓄熱効率の更なる向上が期待される。

6.4 改修前後の一日の蓄熱運転状況

(1) 冷房ピーク日

図-16に、冷房ピーク日(8月20日)における熱源生

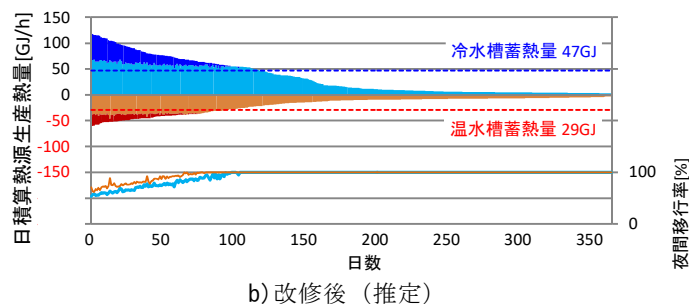
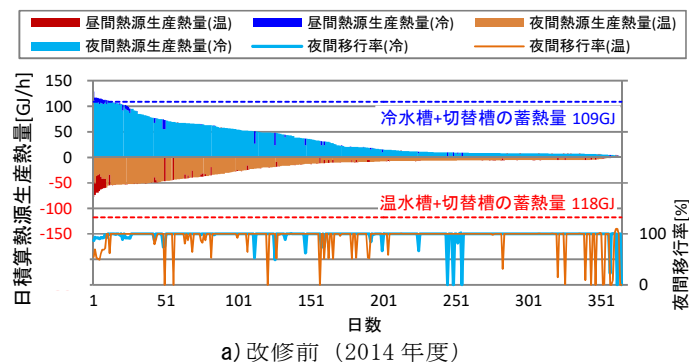


図-14 日積算生産熱量の年間降順と夜間移行率

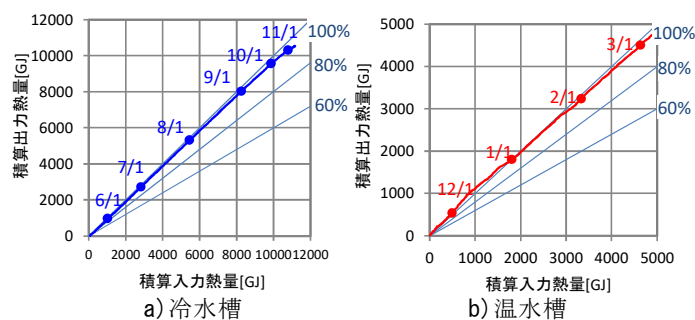


図-15 蓄熱効率 (2014 年度)

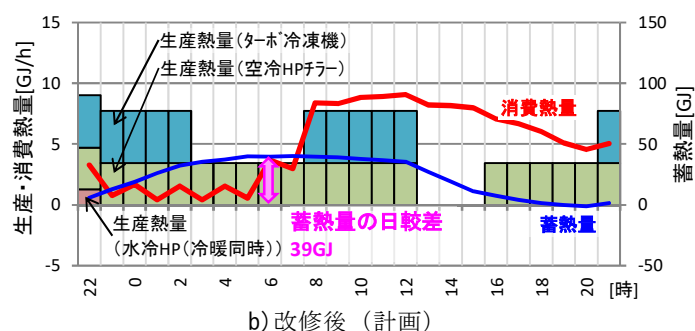
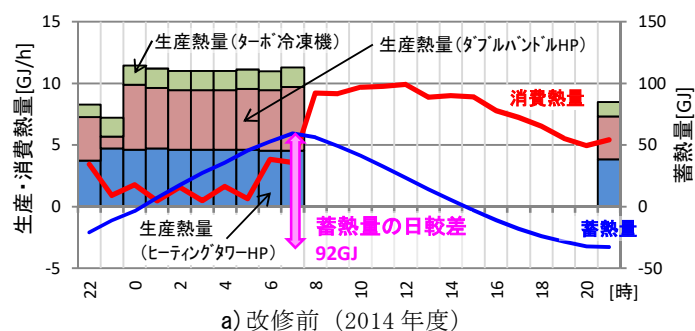


図-16 冷房ピーク日の生産・消費熱量と蓄熱量

産熱量、消費熱量、蓄熱量の推移について、改修前の実績と改修後の計画を示す。2014 年度の日積算消費熱量が年間ピークであった一日を選定した。

改修前は、夏期の 21 時に追い掛け運転があったものの、夜間の熱源生産量で消費熱量を概ね賄っている。冷水槽の蓄熱量（計画値である 12℃基準）の最小値は-30GJ 程度、最大値は 60GJ 程度であり、一日の中で 92GJ の蓄放熱が行われていた。最小値がマイナスであるのは、空調機からの還り水温が計画値 12℃を上回る約 18℃の状態で放熱完了し、蓄熱槽全体が計画値の 5℃になる前に蓄熱完了する運用となっていたことを示している。

改修後は、効率に優れるターボ冷凍機を主体で運転させ、不足分を空冷 HP チラーが賄う運転を計画する。冷温同時利用の水冷 HP は、冷房ピーク日には非常に少ない温水需要を賄う分だけの運転となるため、生産熱量と運転時間は少ない。日中に熱源が追掛け運転するようになるが、電力のピーク調整契約の時間帯である 13～16 時の 3 時間は、放熱のみの運転で消費熱量を十分に賄っている。

冷房ピーク日においては、熱源生産熱量の日最大値は、改修前の 11GJ/h を改修後は 9GJ/h に、蓄熱量の日較差は、改修前の 92GJ を改修後は 39GJ に、ともに減少する計画である。

(2)暖房ピーク日

図-17 に、暖房ピーク日（1 月 5 日）における熱源生産熱量、消費熱量、蓄熱量の推移について、改修前の実績と改修後の計画を示す。

改修後は、空冷 HP チラーが主体で温水を生産し、夜間 6 時間の運転で蓄熱槽は満蓄になり、日中 8 時間は追い掛け運転をする計画である。冷温同時利用の水冷 HP は、暖房ピーク日には少ない冷水需要を賄う分だけ運転するため、生産熱量と運転時間は少ない。

暖房ピーク日においては、熱源生産熱量の日最大値は、改修前の 9GJ/h を改修後は 6GJ/h 弱に、蓄熱量の日較差は、改修前の 47GJ を改修後は 23GJ に、ともに減少する計画である。

6.5 熱源の年間消費電力

図-18 に、年間消費電力の改修前実績と、図-14～図-17 に示した計算に基づく改修後の推定値を示す。建物改修による熱負荷の削減、熱源機の高効率化、熱源運転制御の改善を図る本改修計画では、年間を通して消費電力が削減され、年積算で 35%削減すると推定された。

7. おわりに

大規模複合施設の省エネ総合改修事業における環境配慮計画の全体像、オフィス棟における空調負荷、変圧器の変電負荷、駐車場の換気負荷等の削減計画の概要と効果予測、および蓄熱空調熱源システムの最適化検討の結果を報告した。

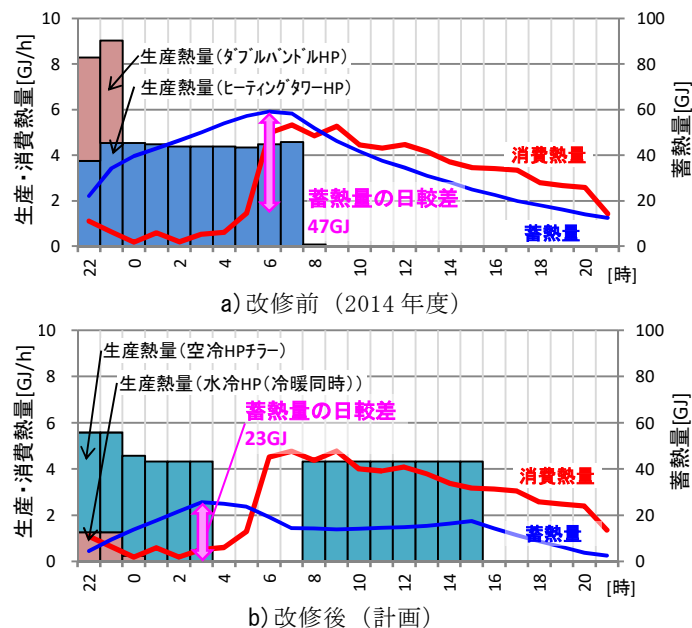


図-17 暖房ピーク日の生産・消費熱量と蓄熱量

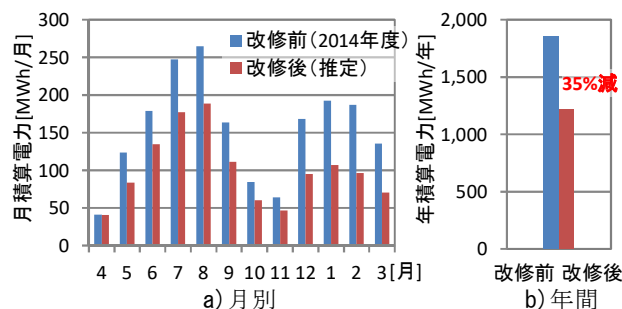


図-18 熱源消費電力の削減効果

果を報告した。今後、改修後の熱源システムの動的解析による自動制御・運用の最適化手法の検討や、竣工後には室内環境の改善効果、省 CO₂ 効果、その他のノンエナジー・ベネフィットの調査により技術・知見を拡充し、他物件への応用、展開を進めていく予定である。

謝辞：本事業は、国土交通省「サステナブル建築物等先導事業（省 CO₂ 先導型）」として実施している。地権者、利用者、ビル管理者、設計・施工者、メーカーを含む関係者各位には多大なるご支援を頂いており、深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 財)建築環境・省エネルギー機構、非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会 平成 20 年度報告書、平成 21 年 5 月
- 2) 財)省エネルギーセンター、オフィスビルの省エネルギー、2009 年 3 月
- 3) 社)空気調和・衛生工学会、蓄熱式空調システム 計画と設計、平成 18 年 7 月