

I 建築計画

東京都公文書館は、都の歴史公文書や庁内刊行物などを保存・公開する施設です。

国分寺崖線にほど近く、東は緑豊かな都立武蔵国分寺公園、北は都立多摩図書館に隣接しています。1階に一般利用者が利用する展示室・特別展示室、閲覧スペース及び事務室、2・3階に閉架の文書庫、史料室等及び設備スペースが設けられています。

■ 「森の中の知の泉」と「積層」のデザイン

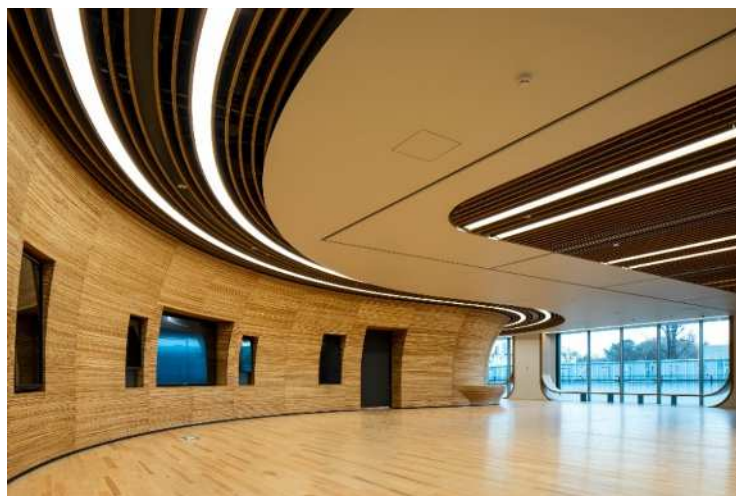
知の集積である公文書を保存・公開する役割をもつ施設から新たな知が湧き出ることを意図し、「森の中の知の泉」を基本コンセプトに「積層」をイメージしたデザインで計画されました。



(正面全景)

1階のエントランスホールには、公文書館が所有する様々な情報のうちの一端を展示する壁「アーカイブウォール」が設置されています。これは、多摩産杉材の積層合板をさらに積層させ、その小口を仕上げ面としたもので、国分寺崖線や知の集積を想起させる「積層」のデザインを採用しています。床材にも多摩産杉材を活用しており、壮観で温かみのある空間を形成しています。

また、「アーカイブウォール」に沿って湾曲する天井のアルミバーと照明のセットは、一般閲覧室までの動線を誘導する造りとなっています。



(エントランスホールの「アーカイブウォール」)

■ 緑豊かな周辺環境や隣接する都立多摩図書館との連携

外観は、緑豊かな周辺との調和に配慮するとともに、下見板張りの溶融亜鉛めっきリン酸処理スチールパネルを採用し、施設の耐候性・耐久性を高めるとともに知の積層をイメージさせる重厚感あるデザインとしています。

また、土地の記憶を伝える大きなケヤキをはじめ貴重な既存樹木を保存・活用するとともに、各種舗装材についても浸透性舗装材を採用するなど、都立多摩図書館など周辺環境との調和や連続性に配慮した計画としています。



(左奥：都立多摩図書館、右手前：東京都公文書館)



(既存樹木の保存・活用)

II 都有施設初のZEB化実証建築

東京都公文書館は、都有施設初のZEB※¹化実証建築です。

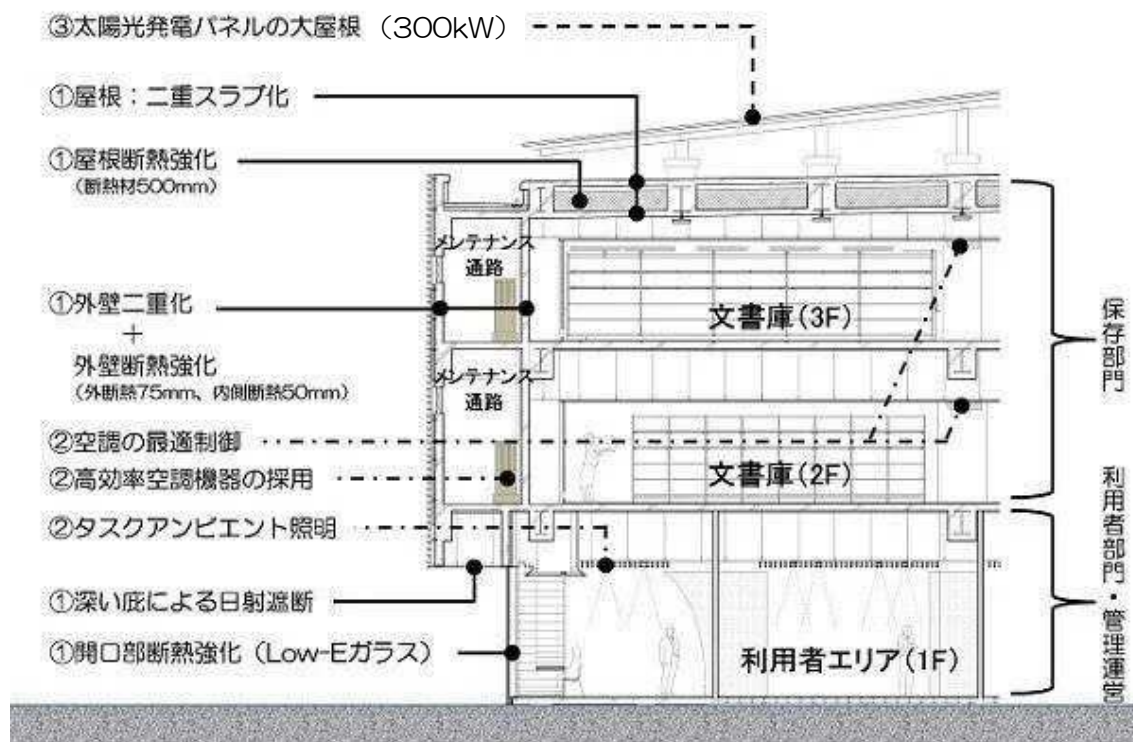
屋根は、二重スラブの間に50cmの断熱材を敷き詰めた構造とし、文書庫の外周部は、人の出入りが少なく開口部がほとんどない特性を活かし高性能断熱材を取り付けたコンクリート二重壁とすることで、いわば、建物全体を魔法瓶のような構造としています。

これにより、夏期の外部から侵入する熱及び冬期の内部から放出される熱を抑え、さらに建物の特性を活かした空調機の間欠運転制御を併せて行うことにより、省エネルギー効果を高めています。

このほかにも、照明はLEDに加え、手元の明るさを確保しつつ部屋全体の明るさを抑えたタスクアンビエント照明、複層Low-Eガラス、深い庇、高効率空調機器などの省エネルギー技術や大容量の太陽光発電設備などの創エネルギー技術を導入しています。

これらの技術を導入することにより、一次エネルギー消費量は従来の建物と比べて省エネルギーにより50%以上の削減(ZEB Ready相当)を達成した上で、さらに、太陽光発電による創エネルギーを加えて75%以上の削減(Nearly ZEB相当)を目指しました。

設計時のシミュレーションツールによる計算では、約9割削減できる見込みとなりました。



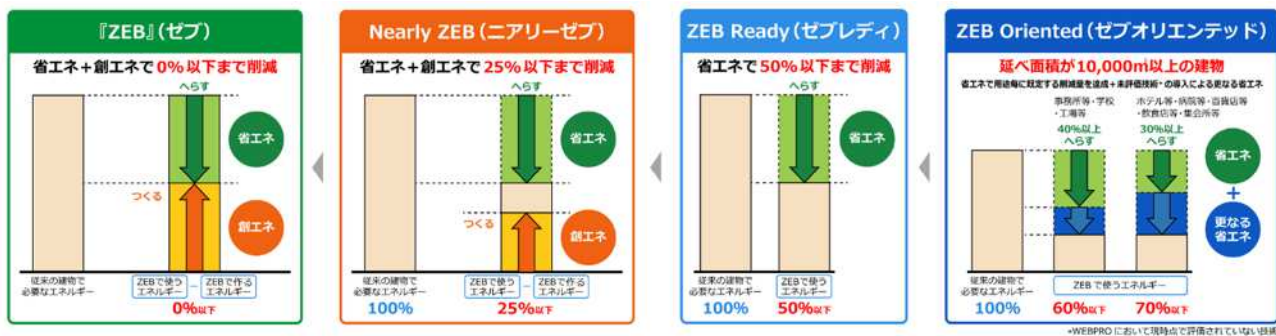
(環境配慮技術の導入イメージ)

※1 ZEB

ZEBとは、Net Zero Energy Building (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) の略称で、「ゼブ」と呼びます。快適な室内環境を実現しながら、建物で消費する年間の一次エネルギーの収支をゼロにすることを目指した建物です。

ゼロエネルギーの達成状況に応じて、①『ZEB』、②Nearly ZEB、③ZEB Ready、④ZEB Orientedの4つの定義があります。

なお、OA機器(コンセント)等のエネルギー消費量はZEBの計算からは除外されます。



出典：環境省ZEB PORTAL [ゼブ・ポータル] (<https://www.env.go.jp/earth/zeb/about/index.html>)

(ZEBの種類)

屋上に設置している太陽光発電パネルの容量は約300kWです。近隣に集合住宅があるため、パネルの傾斜角を微調整することで反射光による光害とならないよう周辺環境にも配慮しています。



(太陽光発電設備)

施設のしゅん功後、運用時に使用するエネルギーを適切に管理するためには、運転データの活用が不可欠です。

公文書館内には、空調や太陽光発電などの設備機器の運転状況の把握や制御のために300か所以上のデータ計測回路があり、中央監視室に設置された中央監視装置とBEMS（ビル・エネルギー・マネジメント・システム）により、それらを継続的に集計・分析することで詳細な状況把握ときめ細やかな運転管理が行えるようになっています。

また、アーカイブウォールに設置されたデジタルサイネージでは、中央監視装置からその日の電力消費量及び太陽光発電電力量のデータを受け取り、リアルタイムに表示できるようになっています。



(中央監視室)



(デジタルサイネージ)

Ⅲ 運用時におけるエネルギー削減効果の検証について

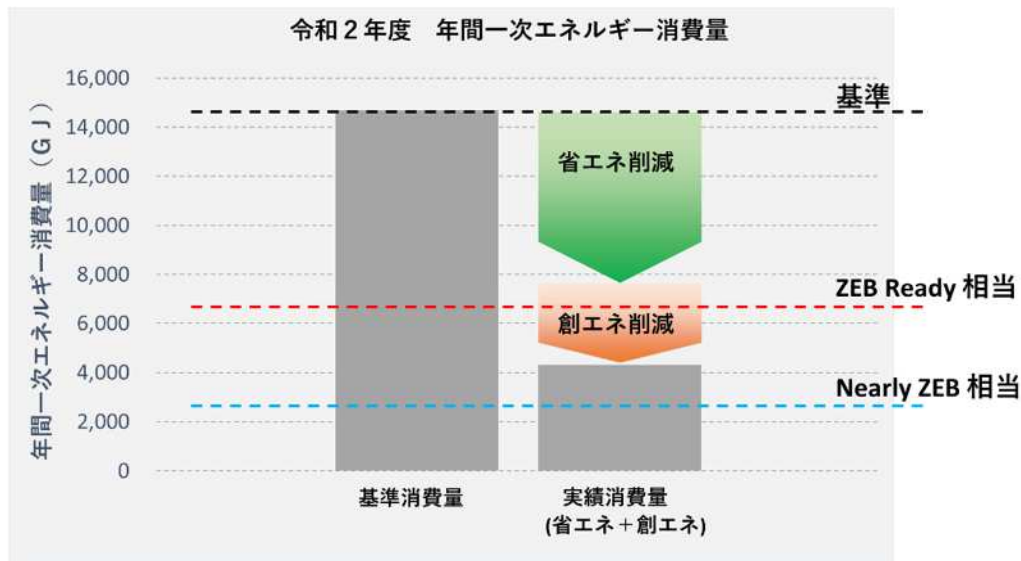
ZEBは、国が規定しているエネルギー消費計算プログラムにより、設計時における一次エネルギー消費量を評価します。しかし、温室効果ガス削減に当たっては、運用時における実際の一次エネルギー消費量を評価することも重要です。

そのため、今回のZEB化実証建築においては、しゅん功後の運用時におけるエネルギー消費量及び削減状況について分析することで、導入した省エネルギー技術の効果を検証しました。

■運用開始直後の一次エネルギー消費量について（令和2年度）

一次エネルギー消費量について、公文書館が開館した令和2年4月1日から一年間（令和2年4月～令和3年3月）の運用実績と、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）」告示に基づく基準一次エネルギー消費量を比較検証したところ、省エネルギーによる削減率は5割弱となり、太陽光発電による創エネルギーを加えると約7割の削減となりました（図－1参照）。

設計時では、Nearly ZEB相当までエネルギーを削減できる見込みでしたが、令和2年度の実績では一歩及びませんでした。



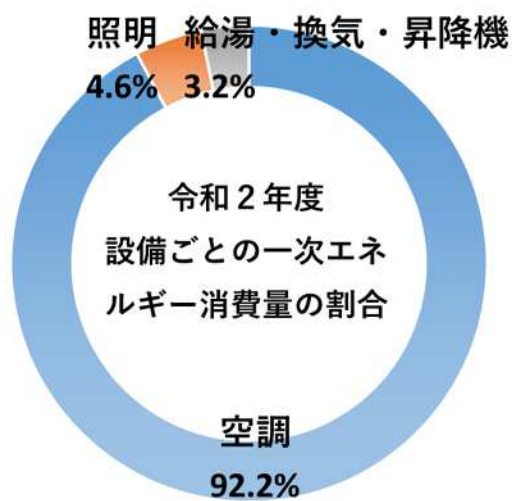
(図－1 令和2年度 年間一次エネルギー消費量の実績及び削減状況)

■年間一次エネルギー消費量及び運転データの分析

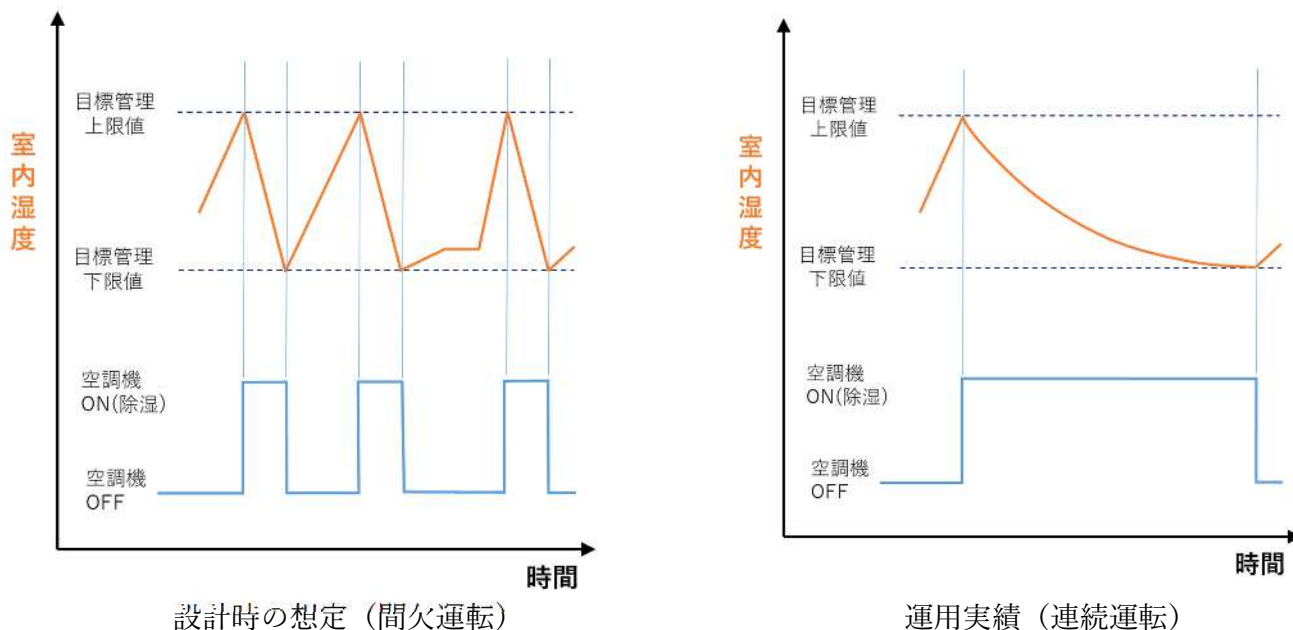
公文書や地図等、貴重な歴史公文書を収蔵している文書庫などでは、24時間365日、室内の温湿度を厳格に管理するため、空調エネルギーを多く必要とします。令和2年度の実績では、空調設備に係る一次エネルギー消費量は、建物全体の約9割を占めていました。

そこで、空調設備に係る運転データを分析した結果、特に室内環境を維持するための熱源機器及び空調機の運転時間が設計時の想定よりも長くなっており、その要因が空調制御にあることが判明しました。

このことから、設計時に想定した空調機の間欠運転制御により、室内の温湿度を一定に保ちながら消費するエネルギーを削減するために、空調制御システムの最適化など省エネチューニングが重要であることがわかりました。



(一次エネルギー消費量の割合)



（例：除湿運転のイメージ）

■省エネチューニングによる一次エネルギー消費量の削減

令和2年度の運用実績の分析結果を踏まえ、空調に係る一次エネルギー消費量をさらに削減するため、運用開始2年目の令和3年度の7月から8月にかけて、以下の項目において空調機器の省エネチューニングを実施しました。

（1）空調機※2の間欠運転等に係る改善

① 除湿運転における制御設定値の変更

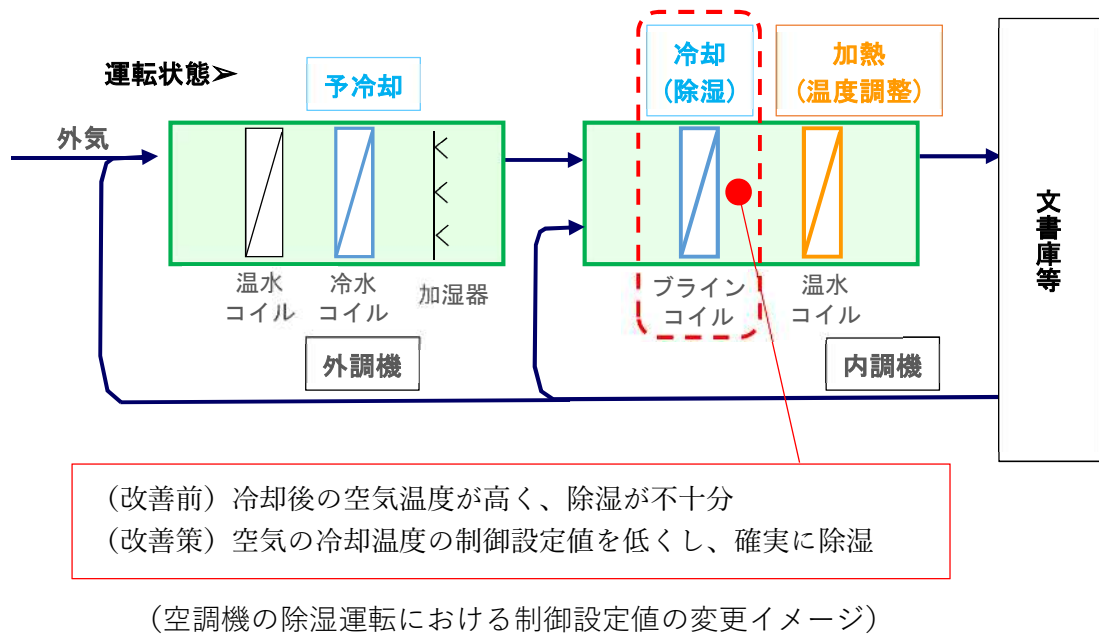
夏期や中間期の除湿運転においては、文書庫等へ供給する空気を、外調機（外気等を快適な温度や湿度に変える空調機）及び内調機（室内の空気を快適な温度や湿度に変える空調機）で冷却により除湿（気体の特性上、冷却することで除湿することができます）した後、室内環境に適した温度に調節しています。

改善前は内調機の冷却による空気の温度では除湿が十分ではなかったため、文書庫等の室内湿度が目標管理値まで下がらず、各空調機が連続運転していました。

そこで、内調機における冷却温度の制御設定値を低く変更することで、文書庫等の室内湿度を目標管理値に到達するようにしました。

これにより、各空調機が間欠運転となり、運転時間の短縮によるエネルギーの削減を図ることができました。

※2 本施設では、中央熱源空調方式を採用。熱源として冷水、温水、ブライン（0℃以下の冷水）を利用し、温湿度調節をして文書庫等へ送風。



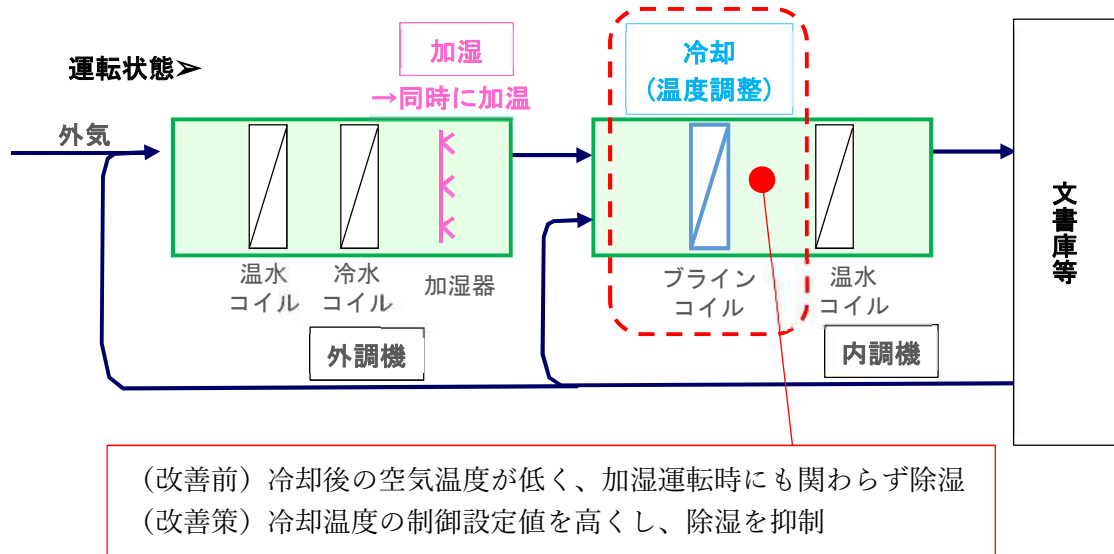
② 加湿運転における制御設定値の変更

主に冬期の加湿運転においては、文書庫等へ供給する空気を外調機で加湿器により加湿し湿度を調節した後、内調機で室内環境に適した温度に調節しています。

改善前は、外調機で加湿された空気を、内調機で温度調節する際に、必要以上に冷却し除湿していたため、文書庫等の室内湿度が目標管理値まで上がらず、各空調機が連続運転していました。

そこで、内調機における給気温度の制御設定値を変更し、温度調整の際に最低限の除湿とすることで、室内湿度を目標管理値に到達するようにしました。

これにより、①の対策と同様に、各空調機が間欠運転となり、運転時間の短縮によるエネルギーの削減を図ることができました。



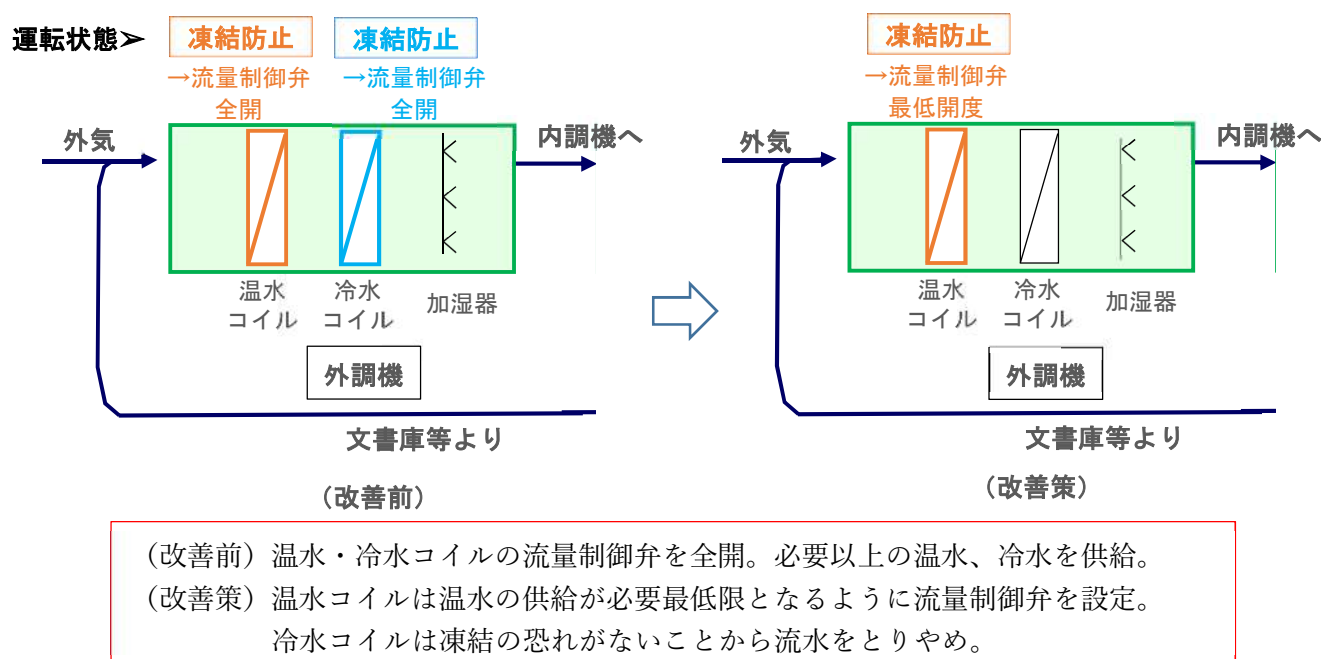
(空調機の加湿運転における制御設定値の変更イメージ)

③ 凍結防止制御の変更

冬期の外気温度が低い時に、外調機の熱交換コイル内の水の凍結防止のため、コイル内を通水状態としています。

改善前は、温水及び冷水の流量制御弁を最大開度としており、必要以上の温水及び冷水がコイルに供給されていました。

そこで、凍結防止に必要な最低限の流量となるよう温水及び冷水用制御弁の開度設定値を調節し、通水する温水及び冷水量を低減することで、熱源機器の温水及び冷水製造に係るエネルギーの削減を図ることができました。



(空調機の凍結防止制御の変更イメージ)

(2) 熱源機器^{※3}の間欠運転に係る改善

① 熱源機器のブライン、温水及び冷水の出口温度の変更

各空調機で使用するブライン、温水及び冷水は、熱源機器（ブラインチラー、ヒートポンプチラー）で製造された後、一旦、タンク内に貯留され各空調機へ供給されています。したがって、熱源機器は、このタンク内の水温の目標管理値を条件に運転・停止しています。

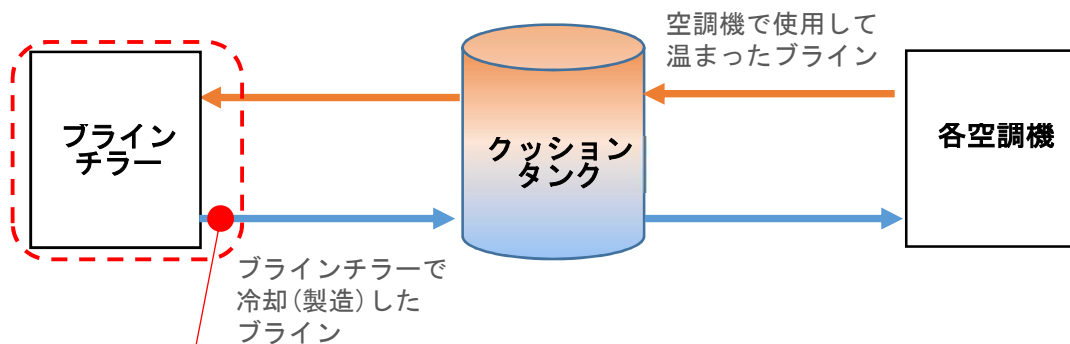
ブライン系統について、改善前は、設計当初想定していたよりもクッションタンク内の温度が高くなり、目標管理値に達しにくくなっていたため、ブラインチラーが連続運転していました。

そこで、ブラインチラー出口の温度設定を変更し、ブラインの製造温度を低くすることで、タンク内の温度を目標管理値に達するようにしました。

また、ヒートポンプチラーについてもブラインチラーと同様に温水及び冷水の製造温度を変更しました。

これにより、熱源機器が間欠運転となり、運転時間の短縮によるエネルギーの削減を図ることができました。

※3 空調機で空気の温湿度調節をするために利用する冷水、温水、ブラインを製造、搬送するための設備



(改善前) ブライン製造温度が高く、クッションタンク内の水温が高い状態を維持

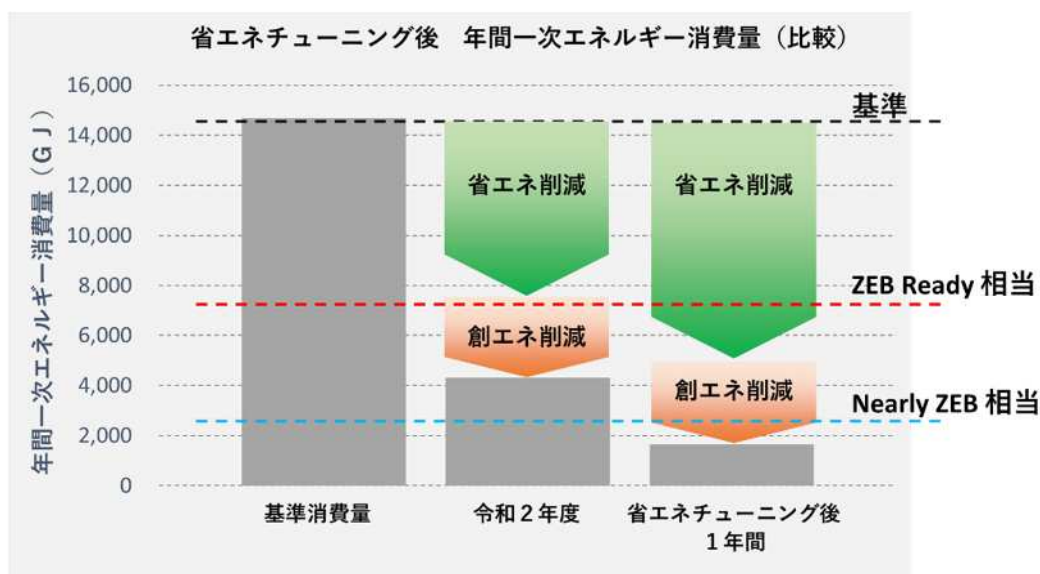
(改善策) ブライン製造温度の設定値を低くすることにより、クッションタンク内の水温を下げる

(熱源機器のブライン製造温度の変更イメージ)

■省エネチューニング後のエネルギー削減

省エネチューニング後の一年間（令和3年9月～令和4年8月）の一次エネルギー消費量（省エネルギー、創エネルギー）の実績値を分析した結果、エネルギーの削減状況等は図-2の通りでした。

省エネチューニング後の一年間は、空調エネルギーの消費が大幅に改善され、一次エネルギー消費量が基準消費量と比べて約9割の削減となり、実運用段階においてもNearly ZEB相当を達成することができました。



(図-2 省エネチューニング後の年間一次エネルギー消費量の実績及び削減状況)

IV ZEB化実証建築を通じて得られた知見

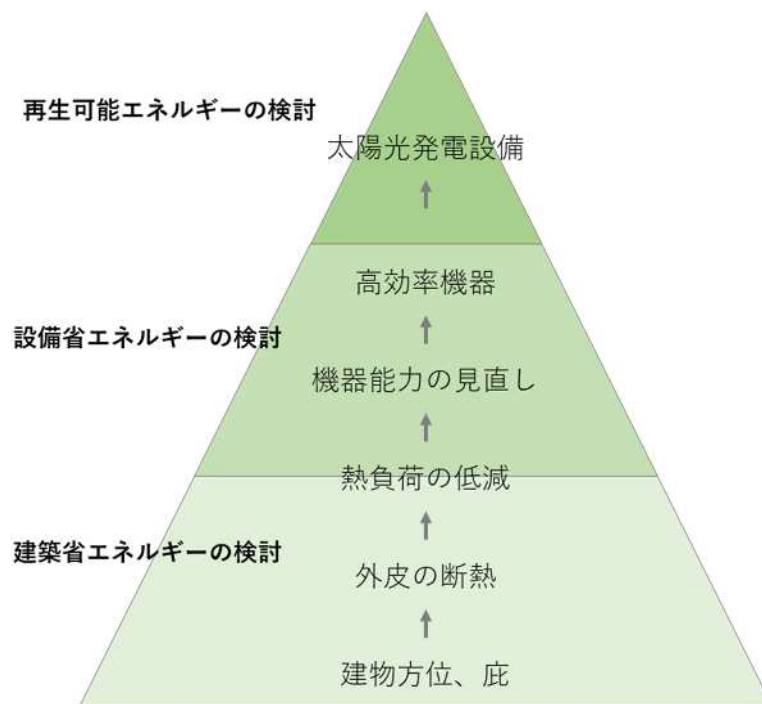
■設計段階における取組

(建物特性を踏まえた熱負荷低減の徹底と高効率機器等の積極的な導入)

公文書館は、一般的な事務所とは異なり、「人流が少ない」、「室内環境を恒温恒湿に保つ」というような保存施設としての要素があることから、断熱性能を高めるための二重壁や、低温を保つブライン空調等の導入など、施設に求められる性能に見合った技術を選定しています。

このように、省エネルギー化を効果的に実現していくためには、建物の特性を踏まえ、日射遮蔽、高断熱化といった建築計画的な手法を最大限に活用し、外部からの熱負荷低減を徹底した上で、空調設備を小容量化し、高効率機器及び再生可能エネルギー設備の導入など段階的に検討を進めていく必要があります。

特に建築計画的な手法の活用にあたっては、建築プラン、意匠に深く関係してくる場合もあるため、基本計画・基本設計段階などの早い段階からZEB化に向けた取組が重要となります。



(ZEB化を目指したヒエラルキーアプローチ)

■運用段階における取組

(運用実態を踏まえた省エネチューニングによる設備機器運転の適正化)

一般的に空調エネルギーは、建物に係るエネルギー全体の中で多くを占めており、運用時に、空調の運転が当初想定された制御運転であることを確認する必要があります。導入した機器がいかに省エネ機器であっても、その運用を分析し調整しなければ、省エネ機器の効果は十分に発揮されない場合があります。

また、しゅん功時に各設備機器や制御システムの試運転調整が行われますが、この時の調整は、設計条件であるピーク負荷時において性能が発揮されるよう設定されていることが多いです。

しかし、実運用において、最大負荷での空調運転の頻度が少ない場合には、実際の負荷特性や建築設備の運用状況等に合わせて、運転の最適化を図る必要があります。

特に、中央熱源空調方式では、公文書館での事例のように運転の最適化の余地があることが多く、十分な省エネ効果を得るためには、運用後の運転データを詳細に分析し、省エネチューニングを図ることが重要です。

（運用側の取組による低減）

今回、ZEB化実証建築の検証においては、現場確認や調整、運転データの提供等、施設管理者である東京都公文書館の多大なる理解と協力を得たことにより、エネルギー消費の改善を図ることができました。

さらに、施設管理者からの提案で、断熱性の高い二重壁等の特性を生かし、夜間の文書庫等の室内状況を調査した上で空調の夜間停止などにより、更なるエネルギー消費の削減に大きく寄与しています。

V おわりに

■省エネ・再エネ東京仕様の最大限活用したZEB化への取組

財務局は、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量を削減する都の率先行動として、エネルギーの使用の合理化を目指すため「省エネ・再エネ東京仕様」を平成23年に策定し、これまで都有建築物の新築・改築時に適用してきました。

令和3年の「ゼロエミッション都庁行動計画」において都有建築物のZEB水準相当を目指すことから、本事業の知見を踏まえ、技術項目例などを見直し、東京仕様を令和5年1月に改正しました。

今後も、東京仕様を最大限活用した都有建築物のZEB化を目指した整備に取り組むとともに、全庁的な技術管理部門として、省エネ・再エネ技術の普及に貢献して参ります。