

那覇第2 地方合同庁舎における氷蓄熱式冷房システム 最適運転のための検証と調整

大城 幸朗

沖縄総合事務局 開発建設部 営繕課（〒900-0006 沖縄県那覇市おもろまち2-1-1）

建物の完成に先立って、設備システムの運転については十分な調整を行い、最適な状態で施設管理者へ引き渡しを行っている。しかし運用段階では当初想定することが難しい日々変動する負荷要素等によって、理想とする最適な運転となっていない場合がある。

官庁営繕では、設計・施工のみならず建物運用段階における維持・保全についても施設管理者へ支援・指導を行っている。本研究では、那覇第2 地方合同庁舎の運用段階における氷蓄熱式冷房システムについて、設計・施工を担当した知見に基づき営繕職員が性能検証を行い、さらに施設管理者と協力して運転調整し、最適化を図ることができた事例について報告する。

キーワード 氷蓄熱式冷房システム、政府の実行計画

1. はじめに

建物の冷房システムは、暑さの要因である外気温度、人員密度、OA 機器などの熱負荷要素と室内目標温度を考慮して設計し、その能力を決めている。

さらに導入した冷房システムについては、建物の完成に先立ってきめ細かく運転調整を行い、設計段階で意図した最適な状態で施設管理者への引き渡しを行っている。しかし実際の運用段階では日々変動する熱負荷要素、設計で意図しなかった冷房目標温度への設定変更などにより、設備システムが理想とする最適な運転となっておらず、エネルギーのロスを生じていることがある。

完成後の建物の運用は施設管理者に委ねられているが、高度な専門知識を必要とする設備システムなどの性能検証を行うのは難しい。そのため官庁営繕では、建物の設計・施工のみならず運用段階における維持・保全に関しても、所掌する国家機関の建築物の施設管理者へ支援・指導を行っている。

本研究では、所掌施設の一つである那覇第2 地方合同庁舎（写真 1）へ導入した運用段階の氷蓄熱式冷房システムについて、設計・施工を担当した知見に基づき営繕職員の行った検証手法と、施設管理者と協力して運転調整を行い運用段階での最適化を図った事例について報告する。

(1) 那覇第2 地方合同庁舎の概要

那覇第2 地方合同庁舎（以下「本庁舎」）は、那覇市内に散在する老朽・狭隘な官署施設を新たな街区形成を行っている那覇新都心地区へ集約し、利用者の利便性の向上を図るほか、防災拠点として機能するように整備した。



写真 1 那覇第2 地方合同庁舎 外観写真

所在地	沖縄県那覇市おもろまち2丁目1番1号
規模・構造・完成年度	
〔1号館〕	
鉄筋コンクリート造、地上4階、地下1階	
延べ面積	10,547㎡
平成15年度完成	
〔2号館〕	
鉄骨造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）、地上11階、地下1階	
延べ面積	16,141㎡
平成19年度完成	

2. 本庁舎の氷蓄熱式冷房システム運転の最適化

(1) 最適化までのプロセス

検証・調整の業務方針

ヒアリング
データ収集

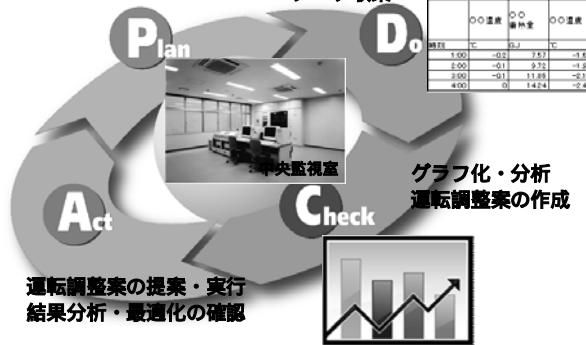


図 1 最適化プロセス

図 1 は、本庁舎で実施した氷蓄熱式冷房システム運転の検証と調整による最適化までのプロセスを示す。

本庁舎の運用段階における氷蓄熱式冷房システム運転の検証を行うことについては、設計段階からの業務方針であった。

業務方針に基づき営繕職員が、本庁舎 2 号館完成後の平成 20 年度より月に 1 度程度の割合で中央監視室において、運転の状況などに関して監視員へヒアリングを実施した。また中央監視装置で蓄積している運転データの収集を行い、グラフなどを作成し分析を続けた。

運転最適化のための調整内容は、ヒアリングで得た情報とデータ分析結果により整理した。

運転最適化の案については、施設管理者および監視員に対して提案を行った。

平成 21 年度、施設管理者及び監視員により運転調整が行われ最適化の実現、ライフサイクルコスト、CO₂排出量の低減を図ることができた。

(2) 氷蓄熱式冷房システムの概要

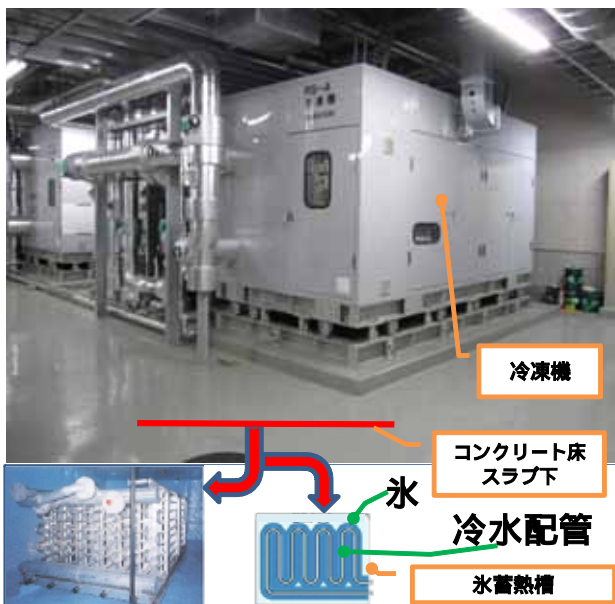


写真 2 冷凍機と氷蓄熱槽

本研究では、氷蓄熱式冷房システムの心臓部分にあたる冷熱源機器の運転を対象とする(表 1)。冷凍機は本庁舎 1 号館の地下 1 階熱源機械室へ設置し、コンクリート床スラブ下へ氷蓄熱槽を整備した(写真 2)。

表 1 本庁舎の氷蓄熱式冷房システムの主要機器表

空調和機器	
ファンコイル、コンパクト形空調和機	
冷房システムの 2 次側機器	
1 次側機器から送水されてくる冷水と空気を熱交換させ冷風を作る	
冷風を吹き、直接執務室等を冷やす	
冷熱源機器	
冷凍機、氷蓄熱槽	
冷房システムの 1 次側機器	
常温の冷媒(水やブライン)から熱を奪い冷水を製造	
搬送機器	
冷水ポンプ	
1 次側機器から 2 次側機器へ冷水を送水する	

本研究において運転の検証と調整を行った部分

図 2 は、製氷運転の概要を示す。割安な夜間電力で冷凍機を運転し、製造した冷水を氷蓄熱槽内の冷水配管へ送水し、配管まわりの水が冷やされ氷となる(写真 2)。

図 3 は、解氷運転の概要を示す。昼間の冷房時間帯に氷蓄熱槽内の氷によって冷水配管内の冷水を冷やし、執務室等の冷房を行う。

図 4 は、冷凍機の追従運転と解氷運転の概要を示す。氷蓄熱式冷房システムの冷房時間帯の運転は、氷の利用を優先し、氷の不足がある場合、冷凍機を追従運転させ補完する。

氷蓄熱式冷房システムは、昼間の冷房時間帯の運転に必要なエネルギーの一部を氷という状態で夜間に蓄えることで、導入する冷凍機的能力を低減できる。また、当地域の電力への負荷平準化へ寄与し、割安な夜間電力料金を適用することができる。(図 5)

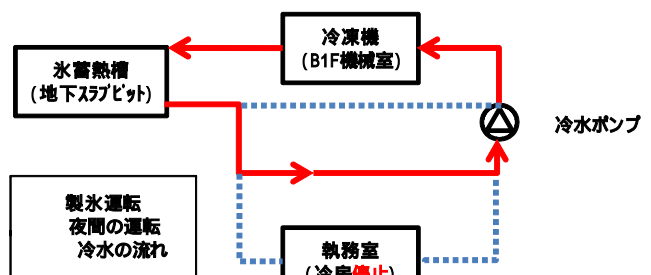


図 2 蓄熱運転の概要図

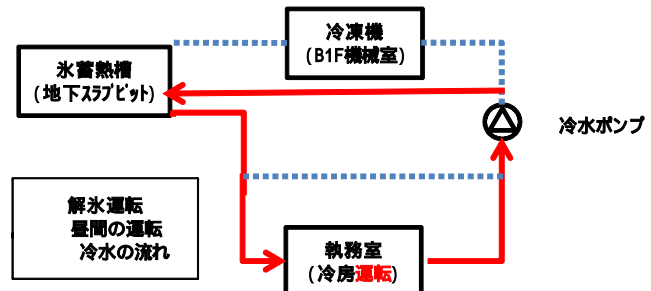


図 3 解氷運転の概要図

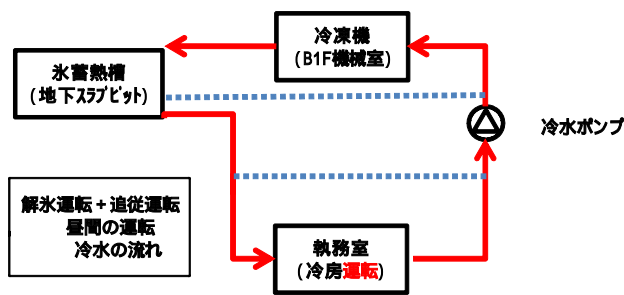


図 4 追従運転と解氷運転の概要図

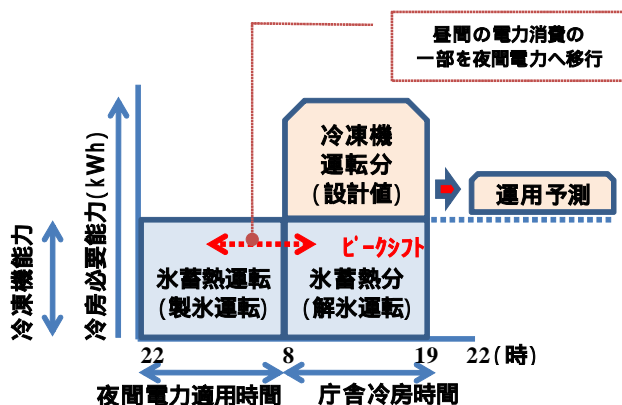


図 5 氷蓄熱式冷房システムの概要図

(3) 冷凍機の運転頻度の予測と実測値の相違

本庁舎の冷房システムは、基準に基づき冷房目標温度を26℃で設計を行い整備した。しかし、完成引き渡し後は、京都議定書目標達成計画の中で定めている国の率先行動・取組を具体化した「政府の実行計画」に基づき、28℃で運用している。つまり、設計段階で必要とした冷房能力に対して運用段階では余力があることになる。

従って、本研究の検証を開始するにあたって、昼間の冷房時間帯の冷凍機の追従運転の頻度は少ないものと予測した（図5の冷凍機の「運用予測」を想定した）。

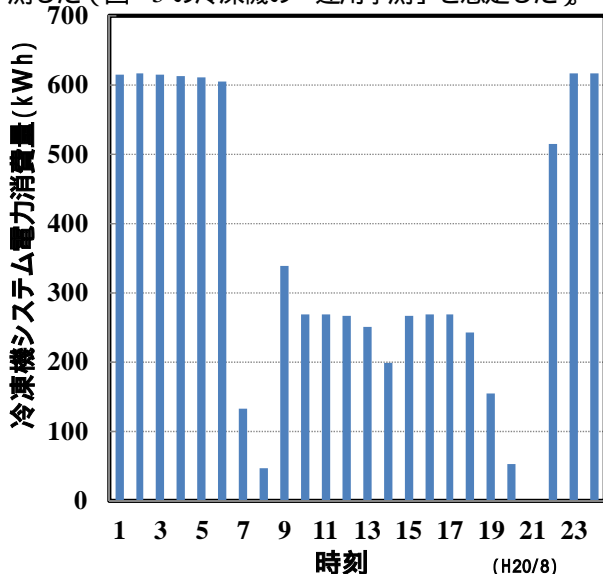


図 6 冷凍機システム電力消費量の時刻変化

しかし、検証を開始し、実測データの分析を行ったところ冷凍機の運転頻度は予想以上にあった。図6は、冷

凍機の電力消費量の時刻変化を示す。昼間の冷房時間帯において、冷凍機の電力消費量が260kWhほどで運転していることが分かる。

(4) 冷凍機の運転の検証と調整要素

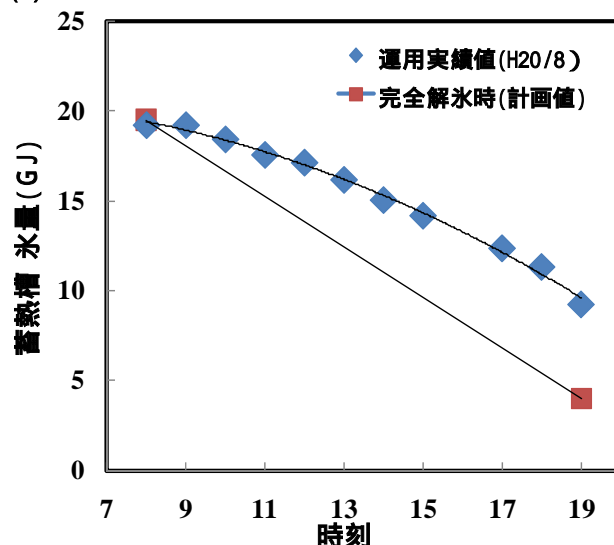


図 7 蓄熱槽水量の時刻変化

図7（図6と同日）は、昼間の冷房時間帯の蓄熱槽水量の時刻変化を示す。氷を完全に使い切る19時の残水量の計画値4GJに対して、運用実績値は9GJであり、氷が余った形で冷房運転を終えている。しかし、図6に示すとおり、9GJの蓄熱余力が残っているにもかかわらず冷凍機の追従運転が起こっているため、調整の必要があると考えた。

(5) 氷蓄熱式冷房システムの運転調整案

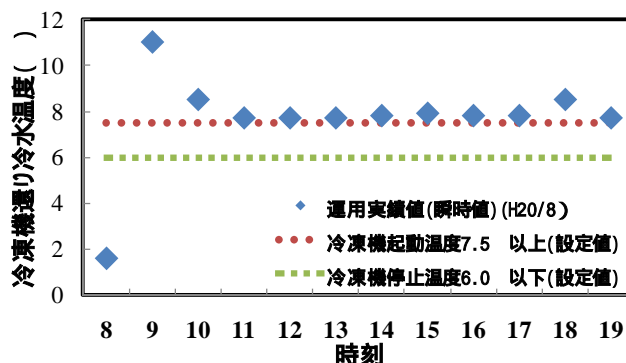


図 8 冷凍機還り冷水温度の時刻変化

冷房運転時間帯の冷凍機追従運転の起動・停止は、冷凍機還り冷水温度により制御している。

図8は、冷房時間帯の冷凍機還り冷水温度の時刻変化を示す。各時刻の還り冷水温度は、冷凍機の追従運転の起動温度である7.5℃以上となっている。

以上の検証より運転調整は次の2つの何れかの手法により可能となると考え施設管理者及び監視員へ提案した。

（案1）冷凍機の起動を制御する還り冷水温度の設定値

を7.5 以上へ上げながら、氷の残水量を確認する作業を繰り返し行い、設定温度を決定する。

(メリット)

自動化により監視員の労力を低減できる

(デメリット)

変動する負荷に対応したきめ細かい制御は困難

(案2) 監視員が残水量を確認しながら冷凍機の起動・停止の調整を行う。

(メリット)

変動する負荷に対応したきめ細かい制御が可能

(デメリット)

日々の監視員の労力が大きい

施設管理者及び監視員において、(案1)はシステムの熟知に時間を要し難しさがあると判断し、(案2)での運転調整を行った。

(6) 運転調整による効果

運転調整による効果について、取組年度(H21年度)と前年度(H20年度)のデータ比較を以下に示す。

1) 電気使用量の削減効果

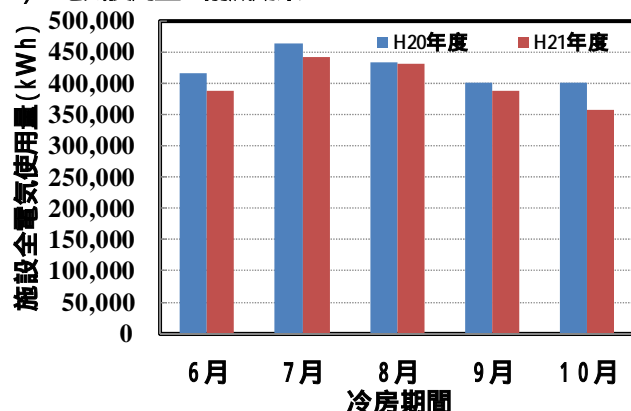


図 9 冷房期間における施設全電気使用量

図 9 は、冷房期間の本庁舎の施設全電気使用量の比較を示す。H21年度の電気使用量はH20年度に対して月平均22,600 kWh削減した。冷房期間(5か月)としては前年度比5%(113,000 kWh)の削減となった。

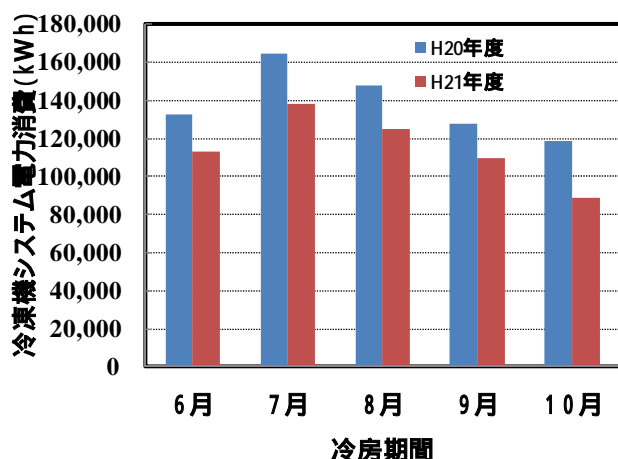


図 10 冷房期間における冷凍機システム電力消費量

図 10 は、冷房期間の冷凍機システム電力消費量の比較を示す。H21年度の電力消費量はH20年度に対して月平均23,200 kWh削減している。冷房期間(5か月)としては前年度比5%(113,000 kWh)の削減となっている。

図 9 と図 10 で示した施設全電気使用量と冷凍機システム電力消費量の削減値が近似していることから、本庁舎の施設全電気使用量の削減の要因は、氷蓄熱式冷房システムの運転調整によるものと考えられる。

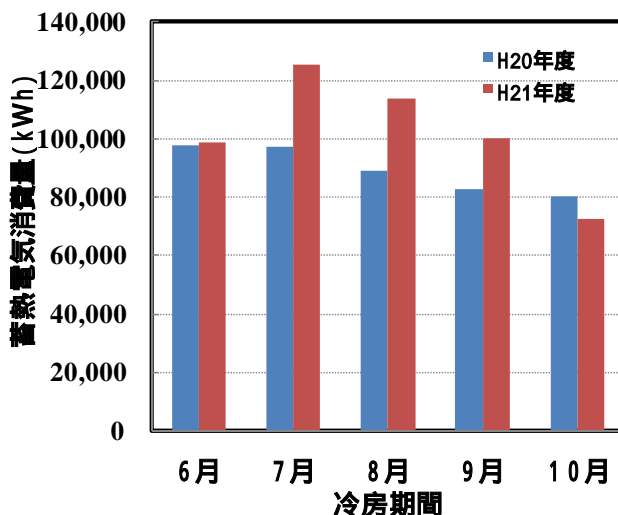


図 11 冷房期間における蓄熱電気使用量

図 11 は、冷房期間の蓄熱電気使用量(夜間電力使用分)の比較を示す。H21年度の蓄熱電気使用量はH20年度に対して月平均12,700 kWh増加している。冷房期間(5か月)としては前年度比12%(63,000 kWh)の増加となった。

要因として、H21年度は前年度と異なり運転調整により氷を優先に利用し、その分を補完するため夜間の製氷運転による電気使用量が増加したと考えられる。

今回の調整により冷凍機の運転が夜間へシフトし蓄熱電気使用量は増加したが、それ以上に施設全電気使用量が減少していることから、取組前の冷房システムの運転にいくつかのロスがあったと推測される。

図 12 は、冷凍機の冷却能力と冷凍機エネルギー消費効率(COP)の関係を示す。冷凍機は容量制御により発揮できる冷却能力に固有の幅を持っている。図 12 より冷却能力の大きさに比例するように冷凍機エネルギー消費効率(COP)が高くなることが分かる。

昼間の追従運転は、夜間の製氷運転と同じように常時冷却能力の高い位置で、冷凍機エネルギー消費効率(COP)が常に良い状態で運転する訳ではない。日々、刻々と変動する熱負荷要素により冷却能力の低い位置で、冷凍機エネルギー消費効率(COP)も悪い状態で運転することもある。

それがエネルギーロスの一つの要因であったのではないかと考える。

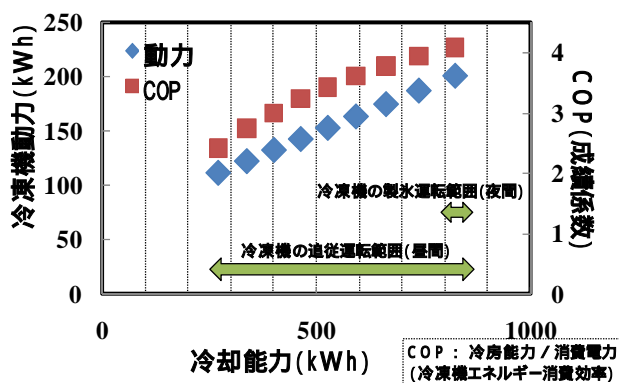


図 12 冷凍機の冷却能力と動力及びCOPの関係図

2) 電気料金の削減効果

図 - 13 は、冷房期間の施設電気料金の比較を示す。H21年度の電気使用量は前年度に対して各月とも削減することができた。冷房期間(5か月)としては前年度比約15%の削減となった。

施設全電気使用量の前年度比5%の削減値(図9)に対して、電気料金の削減値が15%となっているのは、冷凍機の運転時間帯が電気料金の割安な夜間へシフトしたためと考える。

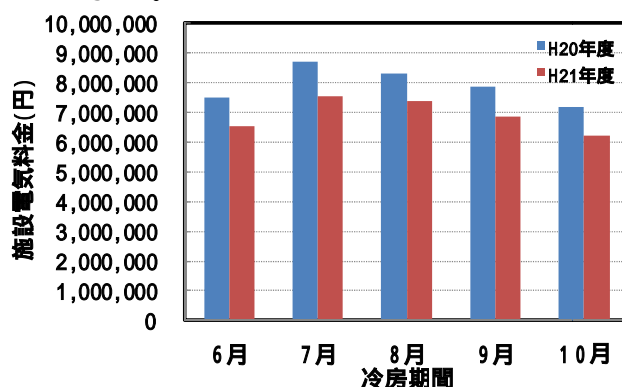


図 13 冷房期間における施設電気料金

3) CO₂排出量の削減効果

図 - 14 は冷房期間(5か月)における最適運転による本庁舎からのCO₂排出量の削減値(約106千kg-CO₂)を示す。

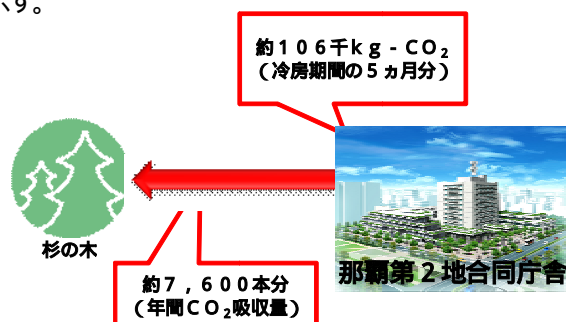


図 14 本庁舎からのCO₂排出量

4) 契約電力の検討

図 - 15 は、冷房期間の施設最大需要電力の比較を示す。

各月とも前年度に対してH21年度の最大需要電力は減少している。昼間の冷房時間帯における冷凍機の追従運転を調整することにより、氷蓄熱運転を夜間へシフトさせたことが要因と考えられる。さらに今後、契約電力の見直しにより電気料金を低減することが検討できる。

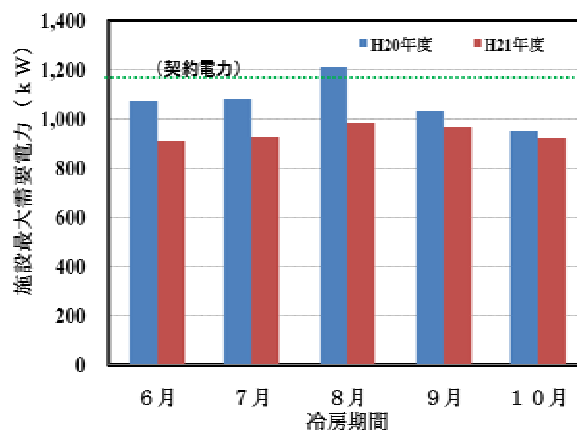


図 15 冷房期間における施設最大需要電力

3. 今後の課題

今回の氷蓄熱式冷房システムの運転検証と調整は、冷房期間をととして熱負荷の高い時期に焦点を当て検証を行ったが、今後は、熱負荷の低い時期についても検証を進め、運転調整を行い、さらなるライフサイクルコスト、CO₂排出量の低減を図っていきたい。

4. 参考文献

- 1) 国土交通省大臣官庁官庁営繕部設備・環境課監修 建築設備計画基準
- 2) 国土交通省大臣官庁官庁営繕部設備・環境課監修 建築設備設計基準
- 3) 政府の実行計画：
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/index.html>

謝辞

今回の研究における氷蓄熱式冷房システムの運転調整は、施設管理者である沖縄総合事務局総務部庁舎管理官室および監視員の協力の下で行われたものです。

ここに記して謝意を表します。