

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）

冷房システムは、建物の完成に先立ちきめ細かく調整され、最適な運転状態で施設管理者へ引き渡される。しかし運用段階では、設計・施工段階で想定することの難しい日々変動する屋外気象条件などによって、合理的で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・施工のみならず運用段階の建物の維持・保全についても施設管理者へ技術的観点から支援・指導を行っている。本研究では、所掌するN庁舎の運用段階における氷蓄熱式冷房システムの運転について、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、施設管理者と協力して機器調整し、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

設計段階において、建物の冷房システムの能力は、各室の熱環境を確保するために人員数や屋外気象条件、室内温湿度条件などに基づき算定した熱負荷¹⁾に応じて決めている。

施工段階では、建物の完成に先立ちきめ細かく調整され、設計段階で意図した最適な運転状態を確認して施設管理者へ引き渡される。

一方運用段階では、日々変動する屋外気象条件、設計段階で意図しなかった冷房目標温度の設定変更などにより、合理的で最適な運転となっていない場合がある。

建物の完成後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冷房システム運転の性能検証の実施は難しい。そこで官庁営繕では、設計・施工のみならず運用段階における建物の維持・保全についても、所掌する国家機関の建築物の施設管理者へ技術的観点から支援・指導を行っている。

本研究では、所掌施設の一つであるN庁舎（写真-1）へ導入した氷蓄熱式冷房システムの運用段階における運転について、設計・施工を担当した知見に基づき営繕職員の実施した性能検証手法と、施設管理者と協力して行った機器調整による最適化、その効果検証手法について報告する。

(1) N庁舎の概要

N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された。



写真-1 N庁舎 外観写真

所在地	沖縄県那覇市
[1号館]	鉄筋コンクリート造、地上4階、地下1階 延べ面積 約10,000㎡ 2003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 約16,000㎡ 2007年度完成
設備概要	氷蓄熱水冷式ブラインチラー 1,740kW 水冷式ブラインチラー 460kW 氷蓄熱槽容量 11,600kWh

2. N庁舎の水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

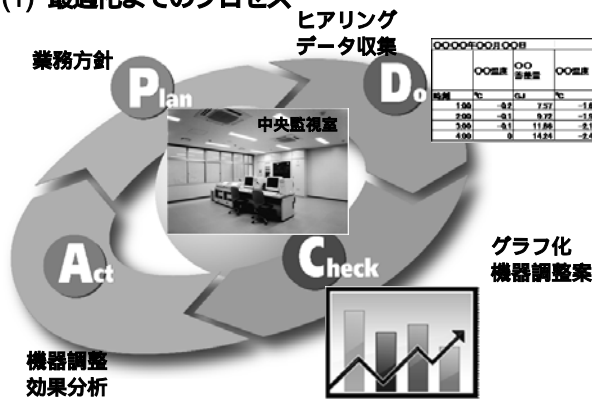


図-1 最適化プロセス

表-1 最適化プロセス

P 業務方針 運用段階におけるN庁舎の水蓄熱式冷房システム運転の性能検証の実施については、設計段階からの業務方針としていた。
D ヒアリング・データ収集 業務方針に基づき管轄職員が、N庁舎2号館完成後の2008年度より月に1度程度の割合で中央監視室において、運転状況などに関して維持管理委託者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った。
C グラフ化・機器調整案 収集したデータをグラフ化し、分析を続けた。 ヒアリングで得た情報とデータ分析結果により運転最適化のための機器調整案をまとめた。
A 機器調整・効果分析 施設管理者および維持管理委託者に対して機器調整案の提案を行った。 2009年度、施設管理者および維持管理委託者と協力して機器調整を行い最適化の実現、ライフサイクルコスト、CO ₂ 排出量の低減を図ることができた。

図-1 と表-1 は、N庁舎で実施した水蓄熱式冷房システム運転の性能検証と機器調整による最適化までのプロセスを示す。

(2) 水蓄熱式冷房システムの概要

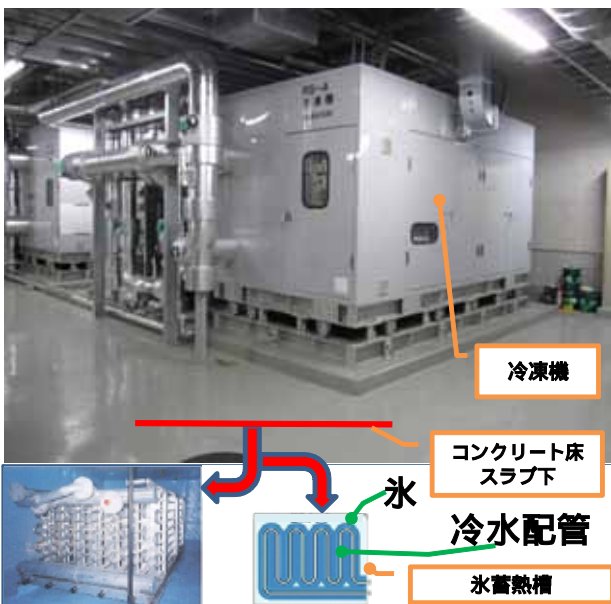


写真-2 冷凍機と水蓄熱槽

本研究では、水蓄熱式冷房システムの中核部分である冷熱源機器の運転を対象とする(表-2)。冷凍機はN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水蓄熱槽を整備した(写真-2)。

表-2 N庁舎の水蓄熱式冷房システムの主要機器

冷熱源機器 冷凍機、水蓄熱槽 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	本研究の対象範囲
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機器	
空気調和機器 ファンコイル、コンパクト形空気調和機 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 冷風により執務室などを冷やす	

図-2 は、蓄熱(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、製造した冷水を水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、放熱(解氷)運転の概要を示す。昼間の冷房時間帯に水蓄熱槽内の氷によって冷水配管内の冷水を冷やし、執務室などの冷房を行う。

図-4 は、放熱(解氷)運転+冷凍機追従運転の概要を示す。冷房時間帯の運転は氷の利用を優先するが、氷の能力で冷房負荷をまかないきれない場合、冷凍機を追従運転させ補充する。

水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)

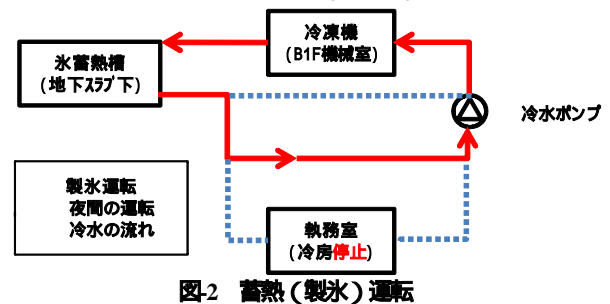


図-2 蓄熱(製氷)運転

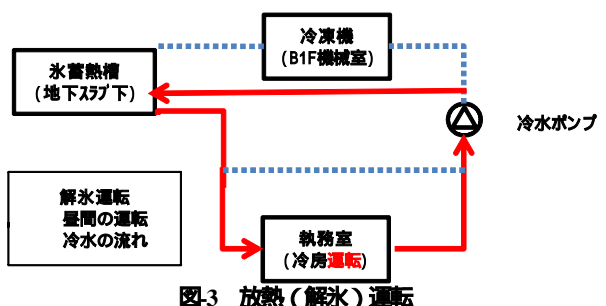


図-3 放熱(解氷)運転

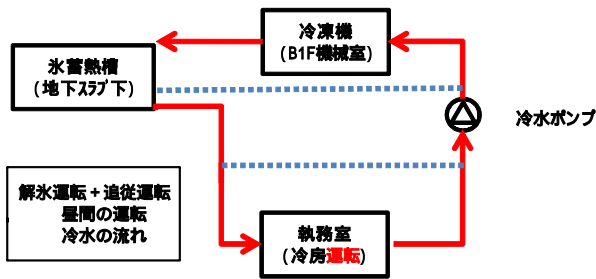


図4 放熱（解氷）運転+冷凍機追従運転

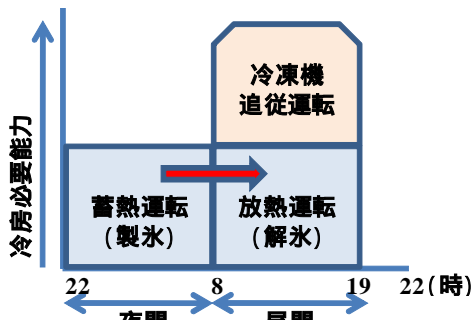


図5 氷蓄熱式冷房システム

(3) 冷凍機の運転状況の検証

N庁舎の氷蓄熱式冷房システムは、基準¹⁾に基づき冷房目標温度を26℃で設計して整備した。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優先的行動・取組を具体化した「政府の実行計画²⁾」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生じている。

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追従運転の頻度は少ないと予測した。

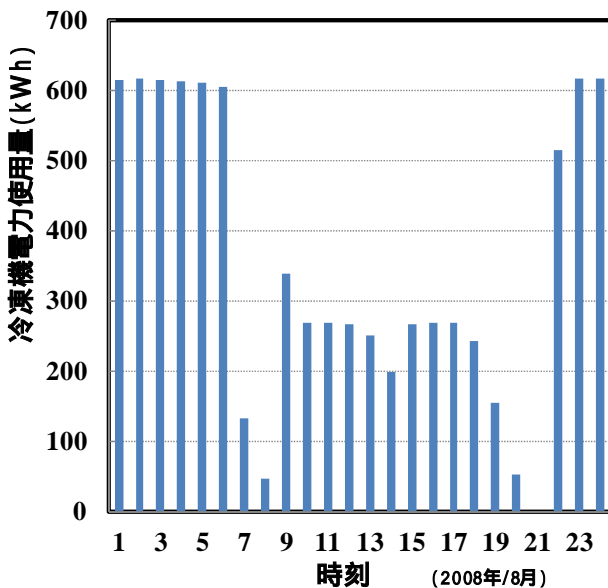


図6 冷凍機電力使用量

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であった。図6は、冷

凍機の電力使用量の時刻変化を示す。昼間の冷房時間帯（8～19時）において、冷凍機の電力使用量が260kWh（定格の45%）ほどで運転していることが分かる。

(4) 蓄熱槽水量の検証

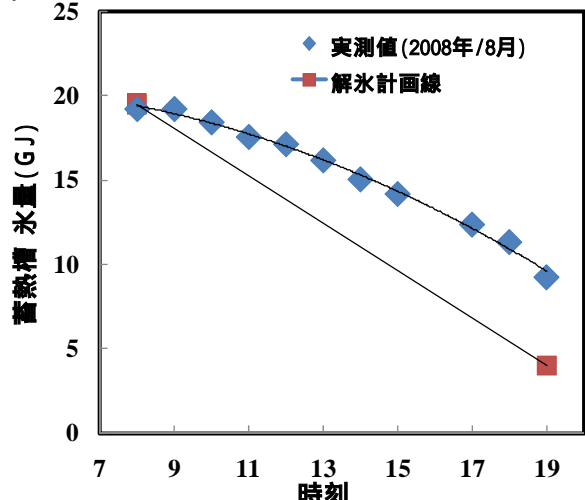


図7 蓄熱槽水量

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予定時刻（19時）における水量の計画値（4GJ）と実測値（9GJ）に開き（5GJ）がある。氷が溶けずに残った状態で冷房運転を終えている。

9GJの氷が残っているにも関わらず冷凍機の追従運転が起こっていたことから（図6）、最適運転のための機器調整を要すると考えた。

(5) 冷凍機還り冷水温度の検証

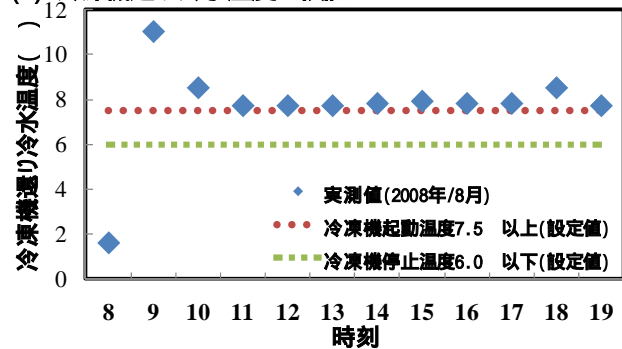


図8 冷凍機還り冷水温度

当システムでは、冷房運転時間帯における冷凍機追従運転の起動・停止を冷凍機の還り冷水温度により制御している。

図8は、冷房時間帯における冷凍機の還り冷水温度の時刻変化を示す。各時刻の還り冷水温度の実測値は、冷凍機の追従運転の起動設定温度である7.5以上となっている。

(6) 機器調整案

以上の検証より機器調整は次の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維持管理委託者へ

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から上げながら、氷の解氷量を確認する作業を繰り返し行い、冷水の設定温度を決定する。

(メリット)

温度設定の自動化により維持管理委託者による解氷量確認が不要。

(デメリット)

変動する負荷に対応したきめ細かい制御が難しい。

【案2】維持管理委託者が解氷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できる。

(デメリット)

日々、維持管理委託者による解氷量確認が必要。

施設管理者及び維持管理委託者において、【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】での機器調整を行った。

(7) 機器調整による効果

機器調整による効果について、2009年度(取組年度)と2008年度(前年度)のデータ比較を以下に示す。

1) 電力使用量の削減効果

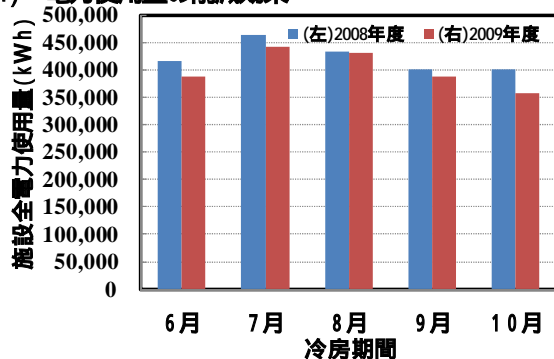


図9 冷房期間における施設全電力使用量

図9は、冷房期間のN庁舎の施設全電力使用量(冷凍機電力使用量含む(図10))の比較を示す。2009年度の電力使用量は2008年度に対して月平均22,600kWh削減した。冷房期間(5か月)としては前年度比5%(113,000kWh)削減した。

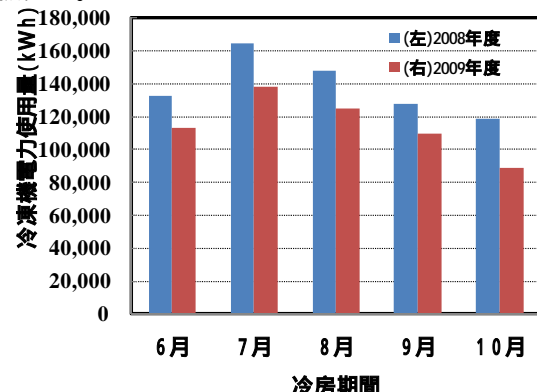


図10 冷房期間における冷凍機電力使用量

図10は、冷房期間の冷凍機電力使用量(夜間電力使用量含む(図11))の比較を示す。2009年度の電力使用量は2008年度に対して月平均23,200kWh削減した。冷房期間(5か月)としては前年度比5%(116,000kWh)削減した。

施設全電力使用量(図9)と冷凍機電力使用量(図10)の削減値が近似していることから、N庁舎の施設全電力使用量の削減の要因は、今回実施した氷蓄熱式冷房システムの機器調整によるものと考えられる。

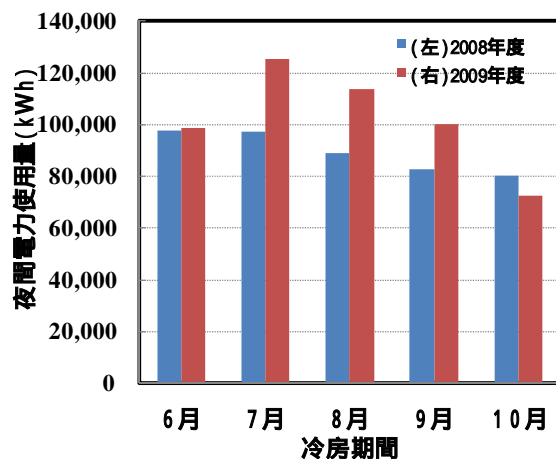


図11 冷房期間における夜間電力使用量

図11は、冷房期間の夜間電力使用量(蓄熱(製氷)運転)の比較を示す。2009年度の夜間電力使用量は2008年度に対して月平均12,700kWh増加した。冷房期間(5か月)としては前年度比12%(63,000kWh)増加した。

この要因は、今回の機器調整により氷を優先して利用したことで、夜間の蓄熱(製氷)運転の稼働時間が増加したことにあると考えられる。

今回の機器調整により、冷凍機の運転が夜間時間帯へシフトしたことで夜間電力使用量は増加したが、それにまして施設全電力使用量が減少したことから、取組前の当システムでは運転時に効率の悪い状況が生じていたと推測できる。

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出力できる冷却能力に幅を持っている。図12より、冷却能力の大きさに比例して冷凍機エネルギー消費効率(COP)が高くなるのが分かる。

昼間の冷凍機追従運転は、夜間の蓄熱(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、刻々と変動する屋外気象条件など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)が悪い状態で運転することもある。それが今回の機器調整取組前において、当システムの運転効率低下を引き起こしていた要因の一つであると推測できる。

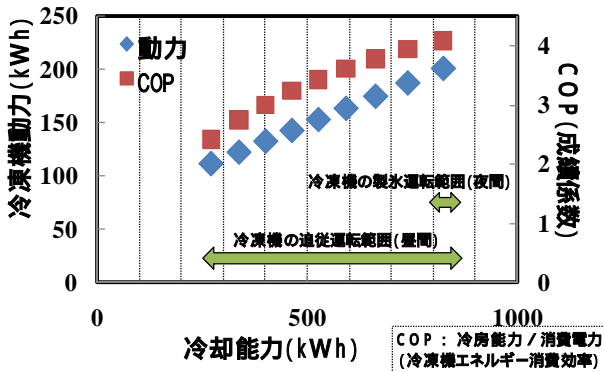


図-12 冷凍機の冷却能力及動力及びCOP

2) 電気料金の削減効果

図-13は、冷房期間の施設全電気料金の比較を示す。2009年度の施設全電気料金は、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。

施設全電力使用量(図-9)の削減割合(前年度比5%)に対して、施設全電気料金(図-13)の削減割合(前年度比15%)が大きくなっているのは、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ことにありと推測できる。

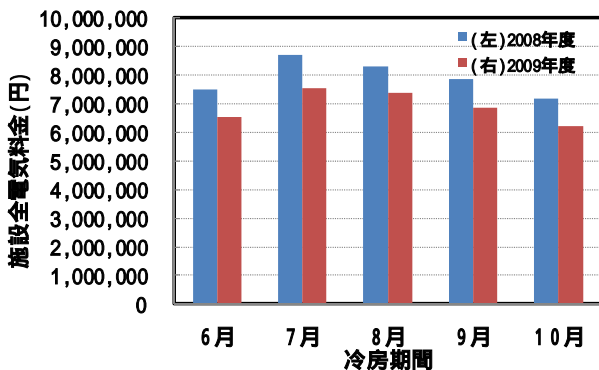


図-13 冷房期間における施設全電気料金

3) CO₂排出量の削減効果

図-14は、冷房期間(5か月)における今回の運転最適化によるN庁舎からのCO₂排出量削減値(2008年度排出量 - 2009年度排出量)を示す。

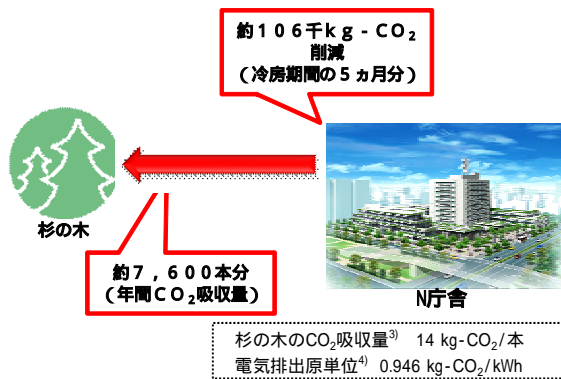


図-14 N庁舎からのCO₂排出量削減値

4) 最大需要電力の削減効果

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2008年度に対して2009年度の最大需要電力は減少した。この要因は、昼間の冷房時間帯において氷の利用を優先し、冷凍機追従運転の頻度を低減させたことにあると考える。今後、契約電力を見直し、電気料金をさらに低減させることが検討できる。

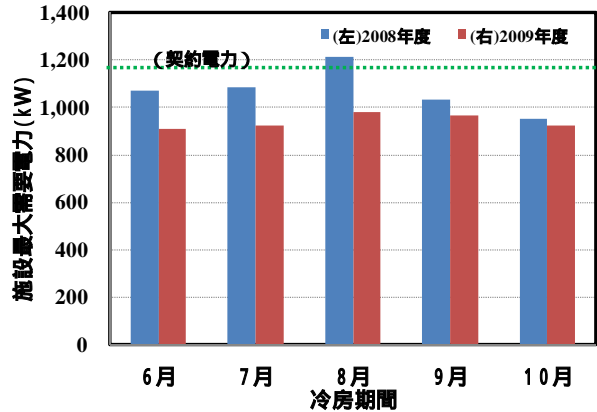


図-15 冷房期間における施設最大需要電力

3. 今後の課題

今回の研究では、冷房期間を通して熱負荷の高い時期に焦点を当て最適運転を目指した検証を行った。今後は、熱負荷の低い時期についても検証を進め、機器調整を行い、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。

謝辞: 今回の研究における氷蓄熱式冷房システムの機器調整は、施設管理者及び維持管理委託者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。

参考文献

- 1) 国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修 建築設備設計基準
- 2) 政府の実行計画：
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/index.html>
- 3) 林野庁：
http://www.rinya.maff.go.jp/j/kenho/ondanka/con_2.html
- 4) 沖縄電力：
<http://www.okiden.co.jp/environment/report2009/07/kanren/index.html>