

■カーボンニュートラル賞

<b>受賞名称</b> 第4回カーボンニュートラル賞 中国・四国支部 奨励賞
<b>カーボンニュートラル賞 選考支部名称</b> カーボンニュートラル賞選考委員会 中国・四国支部
<b>業績名称</b> ヨンデンビル新館のコミッションング
<b>所在地</b> 香川県高松市丸の内2番5号

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社四電技術コンサルタント
建築主	四電ビジネス株式会社
基本設計者	四国電力株式会社
設計者	株式会社四電技術コンサルタント 株式会社安井建築設計事務所
建物管理者	四国ビジネス株式会社
建物利用者	四国電力株式会社
性能検証者	NPO法人建築設備コミッションング協会

建物概要

延床面積	13,919 m <sup>2</sup>		
階数	地下1階	地上7階	塔屋1階
主用途	事務所		
竣工年月日	2004年3月		

業績の概要

<p>■定性的な実績</p> <p>1) 省エネルギーへの取組み・工夫 ・床吹出、天井吹出切替空調 ・日射負荷抑制</p> <p>2) 低カーボンエネルギーへの転換 ※ 特に無し</p> <p>3) 再生可能エネルギー利用・工夫 ・土壌蓄熱空調 ・太陽光発電 ・外気冷房 ・雨水中水利用 など</p> <p>4) カーボンクレジット等 ※ 該当無し</p> <p>5) その他 ・コミッションングを活用して運用</p> <p>■定量的な実績</p> <p>・一次エネルギー消費量の省エネ率を算定するための参照値（ベースライン）の根拠・出典名 1,737 (MJ/年・m<sup>2</sup>)・ECCJ省エネルギーセンター、オフィスビルの省エネルギー「20,000m<sup>2</sup>以下の実績」</p> <p>・一次エネルギー消費量の業績の実績値 931 (MJ/年・m<sup>2</sup>)</p> <p>・CO<sub>2</sub>排出量の合計 67.31 (kg-CO<sub>2</sub>/年・m<sup>2</sup>)</p> <p>・CO<sub>2</sub>削減率 46.4 %</p>
---

#### 支部選考委員長講評

全国でも実施例が希少な土壌蓄熱空調システムを計画・実施され、さらに水蓄熱空調システムとの複合化による性能の最適化を竣工以来11年に渡り実施され、大幅な省エネ化を実現されている。

設計性能は竣工後の運用調整によりその真価を発揮するものであるという設備本来の特性を不断の活動によって体現されており、その結果がカーボンニュートラル化に寄与していることは大いに評価できる。

業績の名称： ヨンデンビル新館のコミッションングを活用した環境負荷低減への取り組み

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの要旨

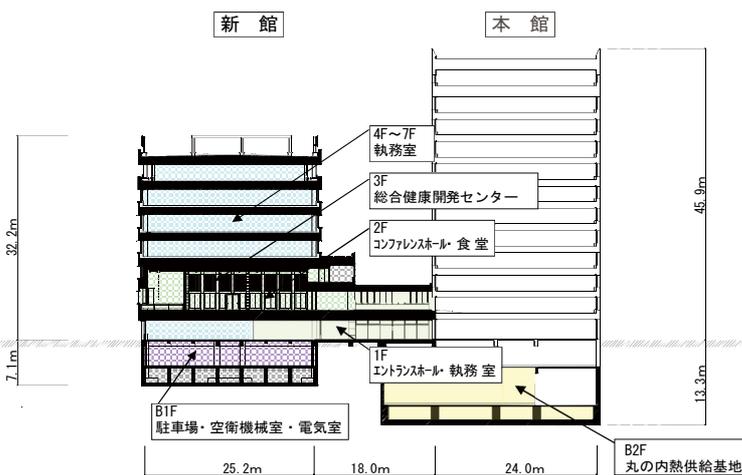
1 建築・設備の概要

本件は、四国電力株式会社の新本社ビルとして「自然エネルギーの利用」「負荷の抑制」「負荷の平準化」「資源の有効利用と環境負荷の低減」を4つの基本コンセプトとした「環境共生型の省エネオフィスビル」を目指し竣工した。

設計時に計画された最新の建築設備の要求性能を実現するために竣工後10年間にわたり、関係者（建物利用者、建物所有者・維持管理者、設計者）による段階的なコミッションング体制を構築し、実測データを基にしたシミュレーション解析による省エネルギー評価を継続的に実施し、運用方法の最適化等に取り組んだ。



ヨンデンビル新館外観



建物断面図

建築概要

建築名称	ヨンデンビル新館
所在地	香川県高松市丸の内2番5号
建築主	四電ビジネス株式会社
維持管理	四電ビジネス株式会社
基本計画	四国電力株式会社
設計	(株)四電技術コンサルタント 共同企業体 (株)安井建築設計事務所
監理	(株)四電技術コンサルタント
施工	建築 鹿島・大成建設共同企業体 設備 株式会社四電工
敷地面積	8,066.55㎡
建築面積	2,438.92㎡
延床面積	13,918.88㎡
構造	S造、一部SRC造
階数	地上7階、地下1階、塔屋1階
建物高さ	(最高) GL + 32.15m
工期	2002年8月～2004年3月



エントランスホール



食堂



コンファレンスホール



執務室

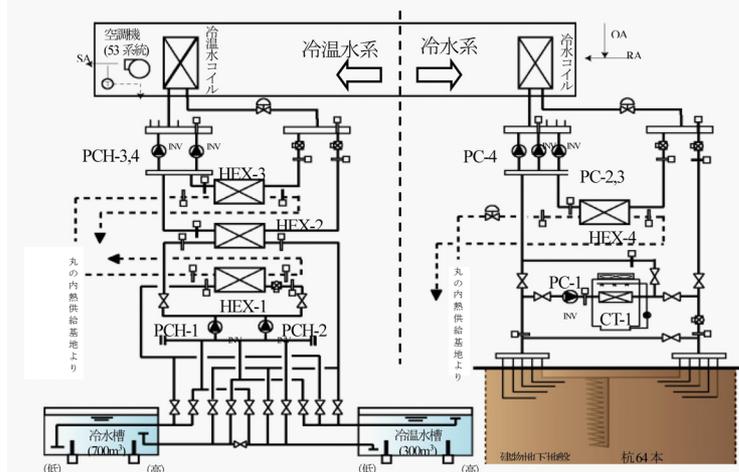
設備概要

空調設備概要：

- 熱源方式：丸の内地域熱供給施設
- 供給力(冷熱/温熱)：32/9[GJ/h]
- 供給温度(冷熱/温熱)：5/48[°C]
- 熱交換器容量：1,000[kW] (新館用HEX-1~3)
- 蓄熱設備：土壌蓄熱、水蓄熱、躯体蓄熱
- 空調方式：各階空調機方式(冷温水+冷水(土壌蓄熱)の四管式)、個室はFCU方式
- 空調吹出方式：床/天井吹出切替(4~6階執務室)
- 搬送設備：インバータ/末端圧制御方式(2次側系統)
- 換気設備：全熱交換器(外気冷房・ナイトパーズ可能)

電気設備概要：

- 照明設備：Hf 蛍光灯(自動調光・点滅制御・昼光利用)
- 太陽光発電設備：6kVA

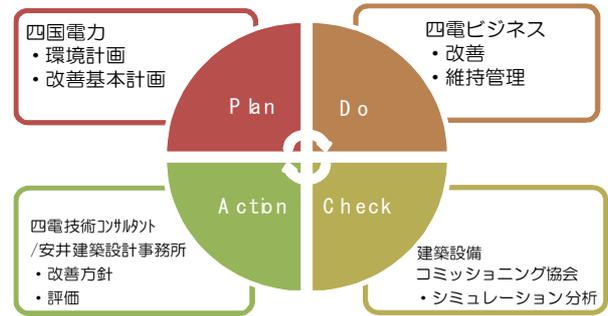


空調システム系統図

## 2 コンセプトの概要

ヨンデンビル新館は、竣工以来「よんでんグループ環境方針」に基づき、建物利用者である四国電力株式会社をはじめ、建物所有者・維持管理者である四電ビジネス株式会社、設計者である(株)四電技術コンサルタント・(株)安井建築設計事務所が一体となり運用改善に取り組んだ。

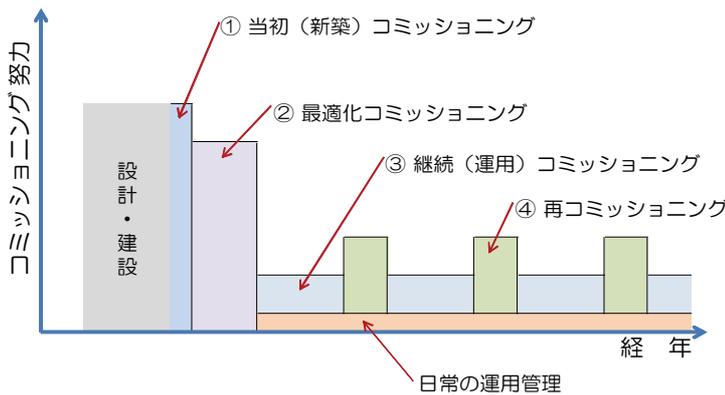
コミショニング（性能検証）は、NPO法人建築設備コミショニング協会の協力を得て、シミュレーションを実施し、各種の設定値や制御方法の変更および設備改善を行った。これらの運転データの分析を行い、改善効果を確認するというPDCAサイクルによる運用体制を構築し、更なる省エネルギー・負荷平準化の維持・改善に努めた。



PDCAサイクルによる運用体制

### 1) コミショニングによる継続的な省エネルギーと負荷平準化

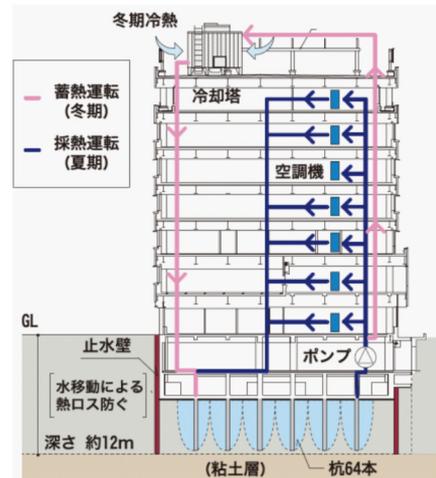
- 「①新築時における当初コミショニング」
  - 「②新技術の最適化コミショニング」
  - 「③通常の運用管理における継続（運用）コミショニング」
  - 「④一定期間ごとに重点的に行う再コミショニング」
- の4フェーズを10年間で実施し、継続的に性能の維持・改善を図った。



コミショニングのイメージ

### 2) 自然エネルギーを利用した新蓄熱技術の醸成

新技術として採用した全国でも実用例が稀少な「土壌蓄熱空調システム」の最適化・再コミショニングを通して、システムの普及・拡大に向けた知見の醸成を図った。



土壌蓄熱空調システムのイメージ

## 3 コミショニングを活用した運用の概要

コミショニングフェーズとしては、

### 1) 当初・最適化コミショニング（設計時～竣工後4年目）

土壌蓄熱空調システムは、季節間蓄熱方式であるため、1年間のインターバルでしか運用実績が得られない。このため竣工後の実運用段階において、試行錯誤の運用でチューニングを図ることは困難と考えられたが、BEMSデータの分析による問題点の抽出、システムシミュレーションを用いたコミショニングにより、短期間のチューニングで高効率な運用（システム効率7.14）を実現できた。

### 2) 継続・再コミショニング（竣工後5～10年目）

土壌蓄熱空調システムの他にも、複合化蓄熱空調システムとして採用している「水蓄熱空調システム」等について、効率的な運用方法を検討するため、計測やシミュレーションによる検討を実施した。

シミュレーション結果より、水蓄熱の効率的な利用を目的として夏期に蓄熱槽を冷水槽と冷温水槽の複合運用から、冷水槽のみの運用に切替えた。また、週ごとの蓄熱予測を実施し残蓄熱による効率低下を防ぐ運用に変更した。

土壌蓄熱空調システムに関して、10年目より再コミショニングとして、循環流量や起動条件に関する設定を再シミュレーションした結果を基に流量等を変更し、更なる高効率化を図りシステム効率10.13を達した。

### 3) 将来的コミショニング（11年目～）

将来的なコミショニングとして、現状では試行段階であるが今後段階的に実施する予定の項目を整理した。

フェーズ	目的	環境負荷低減	快適な執務環境	電力負荷平準化 PFC/負荷平準化	省エネ・省資源
運用計画 （設計・建設）	方針	自然エネルギー利用	負荷の抑制	負荷平準化	資源の有効利用 環境負荷の低減
	対象設備	自然換気 外気冷房 アウトバース 屋外利用 太陽光発電	日射負荷抑制 採熱/天井冷却 出風調整 OPビルコンによる 給排熱調整	土壌蓄熱 （設計時の部分 シミュレーション） 水蓄熱 水蓄熱 水蓄熱	雨水利用 中水利用 採熱回収 （全熱交換機） エネ配管材料
	性能検証 性能評価	土壌蓄熱空調システムの性能検証と性能評価 2次側空調機、熱交換機、ポンプ、冷却塔、土壌蓄熱を組み込んだ詳細シミュレーションモデルを開発して最適な換気ポンプ流量、制御条件を定めることにより最適化	自然換気、外気冷房、採熱、給排熱、採熱/天井冷却、出風調整の性能検証と評価 自然換気、アウトバース等のエネルギー評価、各設備の効率評価、採熱/天井冷却の出風による送熱環境評価による運用の最適化	土壌蓄熱空調システムの2013年度稼働実績の3.61から4年目1.14まで向上 建物運用時の効率な設備運用条件を構築	
継続的な 維持管理 （運用）	方針	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	
	対象設備	土壌蓄熱空調システム 水蓄熱 水蓄熱 水蓄熱	土壌蓄熱空調システム 水蓄熱 水蓄熱 水蓄熱	土壌蓄熱空調システム 水蓄熱 水蓄熱 水蓄熱	
将来的な 改善取組 （計画）	要する 改善取組 項目	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	
	要する 改善取組 項目	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最新の運用に合わせた土壌蓄熱ポンプ制御の新しい方式へ更新 2013年より、蓄熱期間や起動、停止条件を変更し再シミュレーションを実施 水蓄熱と2次側空調システムのコミショニング 水蓄熱の効率が向上していることから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水蓄熱交換機でのロスが大きいことと対策のため、複合化蓄熱システムのシミュレーションにより水蓄熱-副冷房を検証 水蓄熱交換機の稼働率を向上 省エネ・副冷房の導入	

コミショニング年表

経年	設計・施工時	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目
年度	2001~2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
入居者数増減理由	-	540	540	540	540	590	590	590	610	620	630	640
コミショニングフェーズ	新築ビル・最適化コミショニング					継続・既存ビルコミショニング						将来的コミショニング
コミショニング体制	土壌蓄熱空調システム技術開発等に関するコンソーシアム 基本設計・企画：四国電力 実施設計・開発：四電技術コンサルタント 安井建築設計事務所 研究・開発指導：京都大学吉田研究室					継続コミショニングに関するコンソーシアム 建物利用者：四国電力 建物所有・管理者：四電ビジネス 建物施設者：四電技術コンサルタント 安井建築設計事務所 コミショニング：建築設備コミショニング協会						
省エネ・節電の取り組み			▼クールビズ/ウォームビズ開始 ▼EMS活動の更なる強化 ▼空調設定温度28/20℃に変更 環境方針に沿った省エネ・省資源の取り組み			▼改正省エネ法施行			▼東日本大震災 ▼執務室照度変更(750lx→500lx) 節電・電力デマンド抑制の取り組み			
データ収集		土壌蓄熱データ収集 水蓄熱データ収集 躯体蓄熱データ収集		中央監視データ収集(OPビルコン)			土壌蓄熱データ継続収集 水蓄熱等データ再収集					
土壌蓄熱システム性能評価	設計時シミュレーション	▼竣工・運用開始 初期性能検証・性能評価 詳細シミュレーションモデル作成		シミュレーションによる最適化検討 フィードバックと検証		▼SCOP7.14達成 ▼気象学会賞受賞(技術開発部門)		▼SCOP8.79達成		▼SCOP10.13達成▼ ▼土壌蓄熱ポンプ更新 再性能検証・性能評価		
その他システム等性能評価		自然換気・ナイトバージ初期性能検証 水蓄熱初期性能検証 躯体蓄熱初期性能検証					水蓄熱運用検証		▼蓄熱槽運用変更 ▼蓄熱デマンド変更 ▼熱交換器断熱 2次側空調システム性能検証			

4 土壌蓄熱空調システムの成果

1) 当初・最適化コミショニングの運転実績 (2004~2007年度)

2004~2007年度における新技術の最適化コミショニングにおいて、土壌蓄熱空調システムの詳細シミュレーションモデルを構築し、冷水温度、流量等をパラメータとして解析を行った。

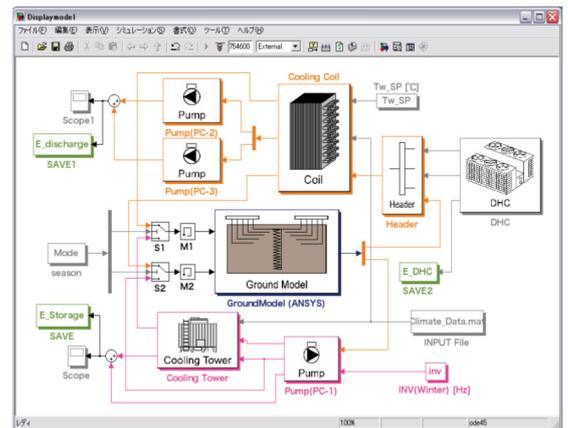
2) 継続・運用コミショニングの改善検討と運転実績 (2008~2013年度)

最適化コミショニングを経て、2008年度からは、継続コミショニングとして、各年の気候等の変化に合わせて軽微な運用変更を実施した。

3) 再コミショニングと運転実績 (2014年度)

再コミショニングの一環として、2013年度の蓄熱運転の前に、更新したポンプ特性に合わせたシミュレーションを再度行い、ポンプ流量、蓄熱運転の起動条件、停止条件についての検討を実施し、更なる効率の向上を試みた。

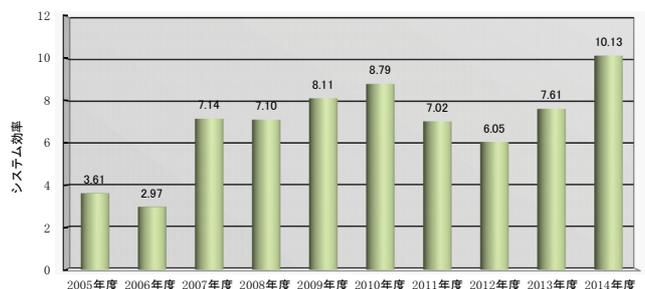
その結果、自然条件の変動(平均気温の低下や夏期の多雨等)はあったが、当初の目標であるシステム効率10を達成でき、再コミショニングによる効果を確認できた。



詳細シミュレーション



土壌蓄採熱量の推移

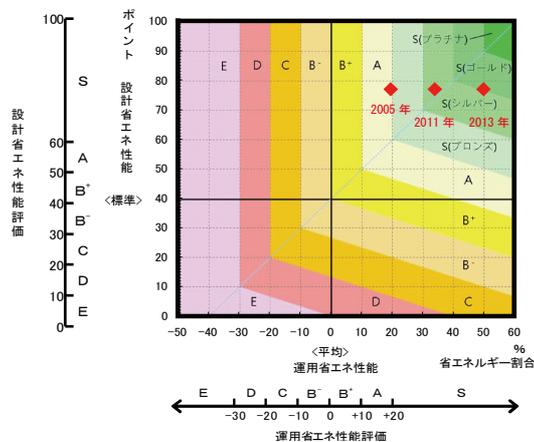


土壌蓄熱空調システム効率の推移

土壌蓄熱空調システムの運転実績

	運転時間	蓄熱運転期間	採熱運転期間	エネルギー			システム効率	最大冷房負荷日ピークカット率	年間冷房負荷ピークシフト率	コミショニングフロー
				蓄採熱量 (GJ)	消費電力 (GJ)	効率				
2004	蓄熱	-	-	-	-	-	-	-	-	・実施項目なし
1年目	採熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	蓄熱	2005年2月3日～4月14日	2005年6月25日～7月4日, 7月25日～11月12日	213.4	27.0	7.9	3.61	8月15日 2.2 GJ/日/ 29.0 GJ/日=7.7%	145.1 GJ/年/ 2643.5 GJ/年=5.5%	最適化コミショニング (1年目) ・運転開始、データ収集開始
2年目	採熱			145.1	13.2	11.0				
2006	蓄熱	2005年12月4日～4月26日	2005年6月29日～11月10日	373.6	55.5	6.7	2.97	8月22日 2.9 GJ/日/ 32.4 GJ/日=8.9%	205.1 GJ/年/ 2373.1 GJ/年=8.6%	最適化コミショニング (2年目) ・シミュレーションモデルの構築・解析
3年目	採熱			205.1	13.0	15.5				
2007	蓄熱	2006年12月23日～2007年3月31日	2007年7月1日～10月22日	293.2	24.0	12.2	7.14	8月20日 3.0 GJ/日/ 33.3 GJ/日=8.9%	199.3 GJ/年/ 2412.7 GJ/年=5.5%	最適化コミショニング (3年目) ・解析結果の運転への反映 ・設計・解析手法の構築
4年目	採熱			199.3	3.9	51.1				
2008	蓄熱	2007年12月23日～2008年3月31日	2008年6月23日～11月9日	296.1	25.7	11.5	7.10	8月4日 3.1 GJ/日/ 34.6 GJ/日=9.0%	209.7 GJ/年/ 2489.5 GJ/年=8.4%	継続コミショニング (1年目) ・採熱期間3週間延長
5年目	採熱			209.7	3.9	54.4				
2009	蓄熱	2008年12月25日～2009年4月5日	2009年7月1日～11月7日	263.9	24.1	10.9	8.11	8月7日 2.4 GJ/日/ 29.6 GJ/日=8.1%	229.3 GJ/年/ 2331.3 GJ/年=9.8%	継続コミショニング (2年目) ・採熱開始時期を変更 ・ピークカット運転試行
6年目	採熱			229.3	4.2	55.1				
2010	蓄熱	2009年12月22日～2010年4月5日	2010年6月1日～11月7日	315.6	23.7	13.3	8.79	8月30日 2.6 GJ/日/ 35.1 GJ/日=7.4%	249.2 GJ/年/ 2602.3 GJ/年=9.6%	継続コミショニング (3年目) ・厳冬による蓄熱量増加 ・採熱量増大のために採熱開始を前倒し
7年目	採熱			249.2	4.7	53.2				
2011	蓄熱	2010年12月13日～2011年4月6日	2011年6月6日～10月4日	334.5	26.5	12.6	7.02	8月16日 2.7 GJ/日/ 29.9 GJ/日=9.0%	211.7 GJ/年/ 2612.3 GJ/年=8.1%	継続コミショニング (4年目) ・東日本大震災による節電策を実施 ・空調運転時間減少による効率低下
8年目	採熱			211.7	3.6	58.6				
2012	蓄熱	2011年12月26日～2012年4月8日	2012年6月1日～10月2日	276.4	27.5	10.1	6.05	7月30日 2.6 GJ/日/ 28.2 GJ/日=9.2%	186.3 GJ/年/ 1899.9 GJ/年=9.8%	継続コミショニング (5年目) ・土壌蓄熱ポンプPC-1更新 ・空調運転時間減少による効率低下
9年目	採熱			186.3	3.3	55.9				
2013	蓄熱	2012年12月20日～2013年4月9日	2013年6月3日～10月2日	257.8	23.8	10.8	7.61	8月12日 3.0 GJ/日/ 29.0 GJ/日=10.3%	208.2 GJ/年/ 2270.0 GJ/年=9.2%	継続コミショニング (6年目) ・空調運転時間増加による採熱量増加
10年目	採熱			208.2	3.6	58.2				
2014	蓄熱	2014年1月1日～2014年4月7日	2014年5月21日～9月30日	207.9	16.4	12.6	10.13	7月24日 2.6 GJ/日/ 25.3 GJ/日=10.2%	-	再コミショニング (1年目) ・再性能検証による蓄熱時の効率上昇 ・システム効率10を達成
11年目	採熱			206.7	4.0	52.3				

5 環境負荷低減への取り組みの実績



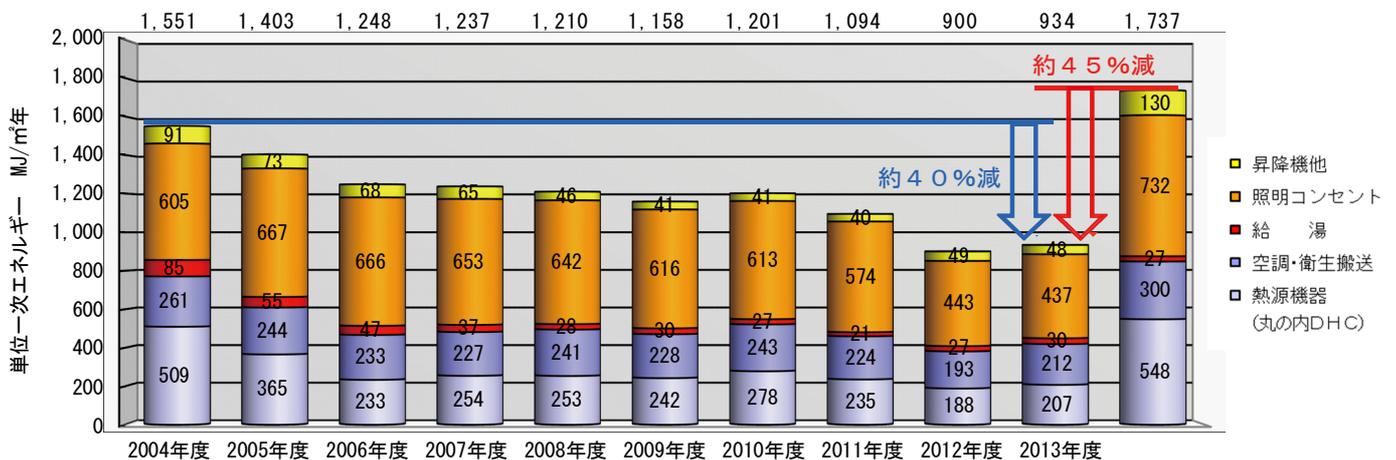
「既存建物の省エネルギー性能2軸評価システム」<sup>注)</sup>により、竣工後の2005年と2011年、2013年について評価を行った。竣工後、大規模改修は行っていないため設計性能に変化はないが、運用改善への取り組みにより運用性能は30%改善し省エネ性能ランクはAからS (ゴールド) に向上した。

2013年には、年間単位面積当たり1次エネルギー消費量が、934[MJ/m<sup>2</sup>・年]となり、性能を維持しつつも使用エネルギー量を竣工年度の実績値に比べ約40%削減することが出来た。

一般的なオフィスビルのエネルギー消費原単位1,737[MJ/m<sup>2</sup>・年]と比較して約45%の省エネを達成した。

注)2013年3月空調・衛生工学学会近畿支部「低炭素社会の実現に向けた既存建築物の環境性能評価システムに関する検討」 小委員会にて開発された既存建物の環境性能評価ツール。

既存建物の省エネルギー性能2軸評価



新館 10年間の使用エネルギー量の推移