

ヨンデンビル新館における 継続的なコミッションングの取り組みと成果

四電技術コンサルタント
安岡 稔弘

安井建築設計事務所
小林 陽一

四国電力株式会社
天野 雄一郎





1. プロジェクトの概要

BSCA CxPE 安岡稔弘 (四電技術コンサルタント)

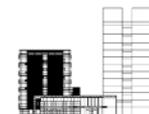
2. ヨンデビル新館の設計コンセプト・設備概要

BSCA CxTE 小林陽一 (安井建築設計事務所)

3. 10年間に亘るコミッションングの取り組みと検証結果

BSCA CxTE 天野雄一郎 (四国電力)

1. プロジェクトの概要 -はじめに-



四国電力株式会社は、「**地域と共に生き、地域と共に歩み、地域と共に栄える**」を基本精神とし、企業としての持続的な成長と地域の発展に取り組んでいる。また、よんでんグループとして環境保全を経営の重要課題と捉え、「**よんでんグループ環境方針**」のもと、環境負荷の継続的削減を図るため、グループを挙げて環境行動指針を推進している。

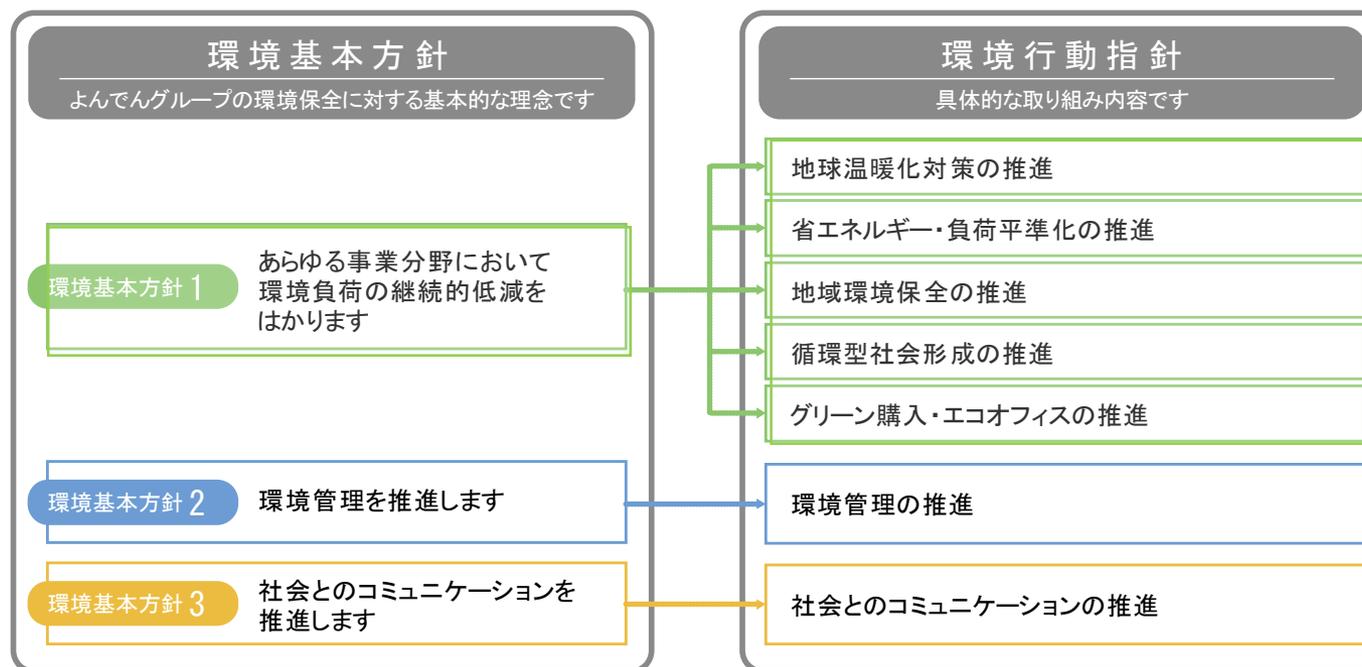


図-1 よんでんグループ環境方針

1. プロジェクトの概要

-基本コンセプト-



【ヨンデンビル新館 4つの基本コンセプト】

- 「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」

「環境共生型の省エネオフィスビル」を目標



写真-1 ヨンデンビル新館 外観

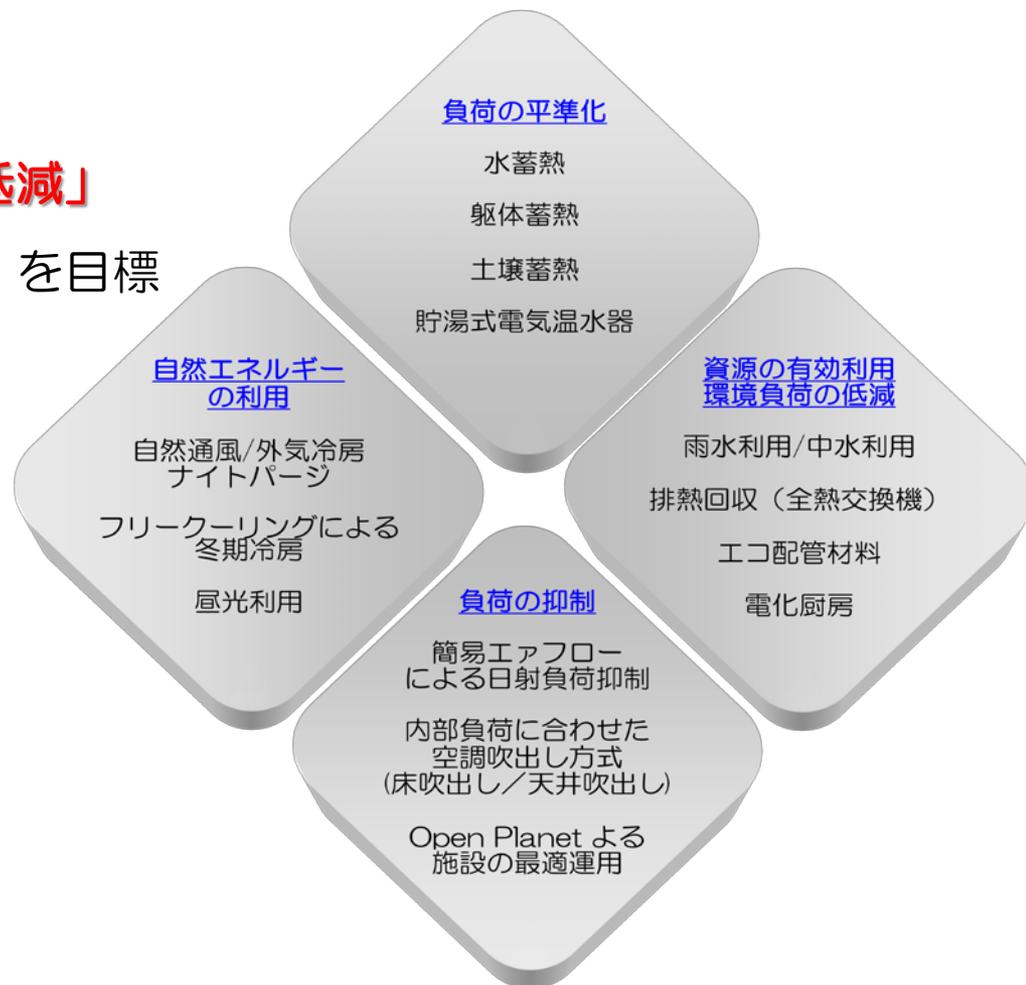


図-2 建物の基本コンセプト

1. プロジェクトの概要 -プロジェクトの目的-



「ヨンデンビル新館のCxプロジェクトの2つの目的」

1) 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・再コミッ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る。

2) コミッショニングによる継続的な省エネルギーと負荷平準化の実施

「①新築時における当初コミッショニング」

「②新技術の最適化コミッショニング」

「③通常の運用管理における継続（運用）コミッショニング」

「④一定期間ごとに重点的に行う再コミッショニング」

の4フェーズを10年間で実施し、継続的に性能の維持・改善を図る。

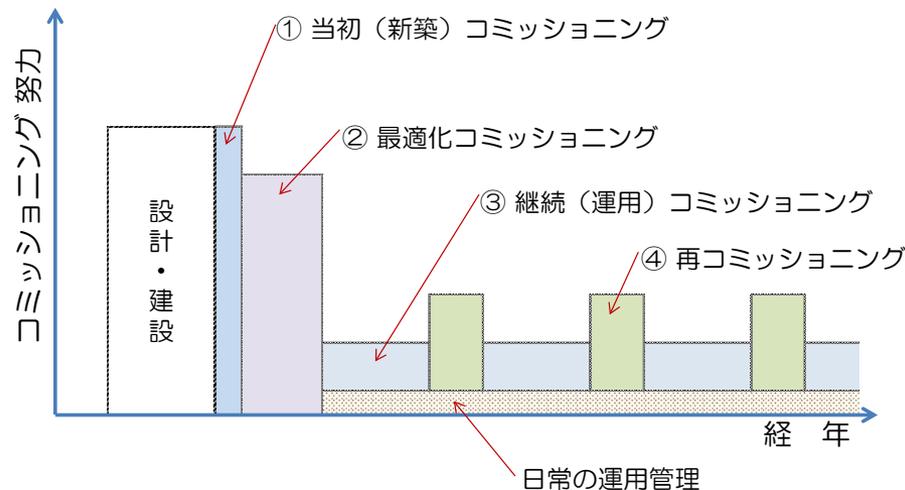


図-3
コミッショニングのイメージ

1. プロジェクトの概要

-Cx体制と実施フロー-



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ショニング体制を構築し、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。

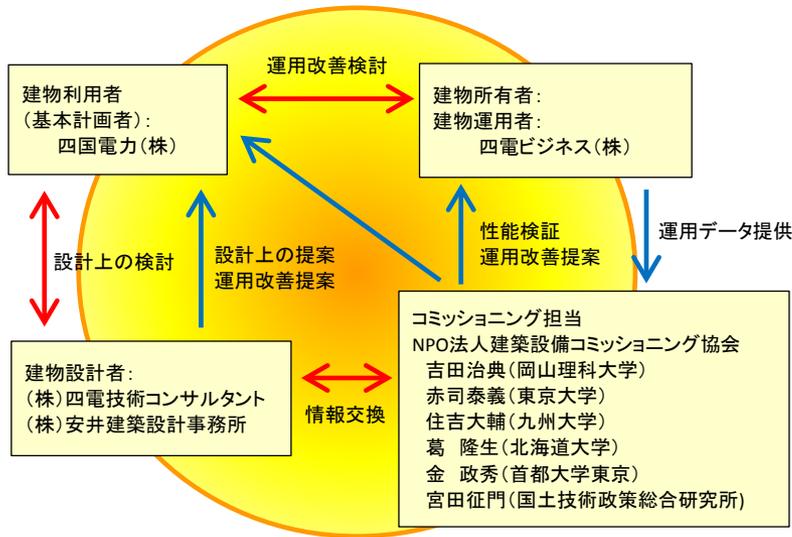
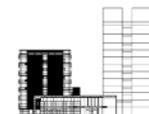


図-4 コミショニング体制

計画・建設段階	フェーズ	ニーズ	環境負荷低減	快適な執務環境	電力負荷平準化 DHC負荷平準化	省エネ・省資源
	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	<ul style="list-style-type: none"> 自然換気 外気冷房 ナイトパーズ 昼光利用 太陽光発電 	<ul style="list-style-type: none"> 日射負荷抑制 床吹出/天井吹出切替空調 OPビルコンによる施設運用 	<ul style="list-style-type: none"> 土壌蓄熱 (設計時の差分法シミュレーション) 水蓄熱 躯体蓄熱 	<ul style="list-style-type: none"> 雨水利用 中水利用 排熱回収 (全熱交換器) エコ配管材料 		
性能検証 性能評価	<ul style="list-style-type: none"> 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、熱交換器、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循環ポンプ流量、制御条件を求めることにより最適化 自然換気、水蓄熱、躯体蓄熱、床吹出/天井吹出切替空調の性能検証と評価 自然換気、ナイトパーズ等のエネルギー評価、水蓄熱槽熱効率等評価、床吹出/天井吹出の切替による温熱環境評価による運用の最適化 					
成果	<ul style="list-style-type: none"> 土壌蓄熱空調システムのシステムCOPを2年目の3.61から4年目に7.14まで向上 建物運用時の効率的な設備運用条件を確定 					
維持運用段階	継続的な維持管理運用	<ul style="list-style-type: none"> 土壌蓄熱空調システムの再コミショニング 最適な流量に合わせ土壌蓄熱ポンプを効率の高い型式に更新 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 水蓄熱の効率が良くないことから、2010年より運用データ解析によるコミショニングを実施 水熱交換器等でのロスが大いことが判明したため、複合化蓄熱システムのシミュレーションによりエネルギー削減率を検証 水熱交換器の簡易断熱を実施 省エネ・節電対策の遂行 				
	成果	<ul style="list-style-type: none"> 土壌蓄熱空調システムのシステムCOPが10.1を達成 水蓄熱の熱ロスの原因を把握し極力冷温水の残蓄が少ない運用に変更と簡易断熱の試行による運用改善 10年間の運用の結果として、継続的に1次消費エネルギー量を削減し、2013年には年間単位面積当たり1次エネルギー消費量934[MJ/m²・年]を達成 				
将来的コミショニング	更なる改善取組	<ul style="list-style-type: none"> 執務室空調の需要応答制御を組み込んだタスク空調の実証 				

図-5 コミショニングフェーズ

1. プロジェクトの概要 - 10年間に亘る取り組み -



- ・ 日常運用管理や定期的な改善会議等の継続コミッショニングによる運用改善を実施

表-1 コミッショニング年表

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
					▼料金事務C開設					▼震災対策増員	▼スマートメータPJT等増員	
コミッショニングフェーズ	新築ビル・最適化コミッショニング					継続・既存ビルコミッショニング						将来的コミッショニング
コミッショニング体制	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					継続コミッ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 建物施設設計者：四電技術コンサルタント 安井建築設計事務所 コミッショニング：建築設備コミッショニング協会						
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	▼改正省エネ法施行				▼東日本大震災			
			▼空調設定温度28/20℃に変更	▼執務室照度変更(750lx→500lx)					▼節電・電力デマンド抑制の取り組み			
			環境方針に沿った省エネ・省資源の取り組み									
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	▼SCOP7.14達成	▼SCOP8.79達成	▼SCOP10.13達成						
		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	▼空衛学会賞受賞 (技術開発部門)	▼土壌蓄熱ポンプ更新	再性能検証・性能評価						
		自然換気・ナイトバージ初期性能検証										
その他システム等性能評価		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	水蓄熱再性能検証
										▼熱交換器断熱	2次側空調システム性能検証	

1. プロジェクトの概要 -Cxの成果-



2011年の東日本大震災以降は電力量低減に向けて節電運用を実施した。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/m²・年]**となり、一般的なオフィスのエネルギー消費原単位1,737[MJ/m²・年]と比較して**約45%の省エネ**を達成した。

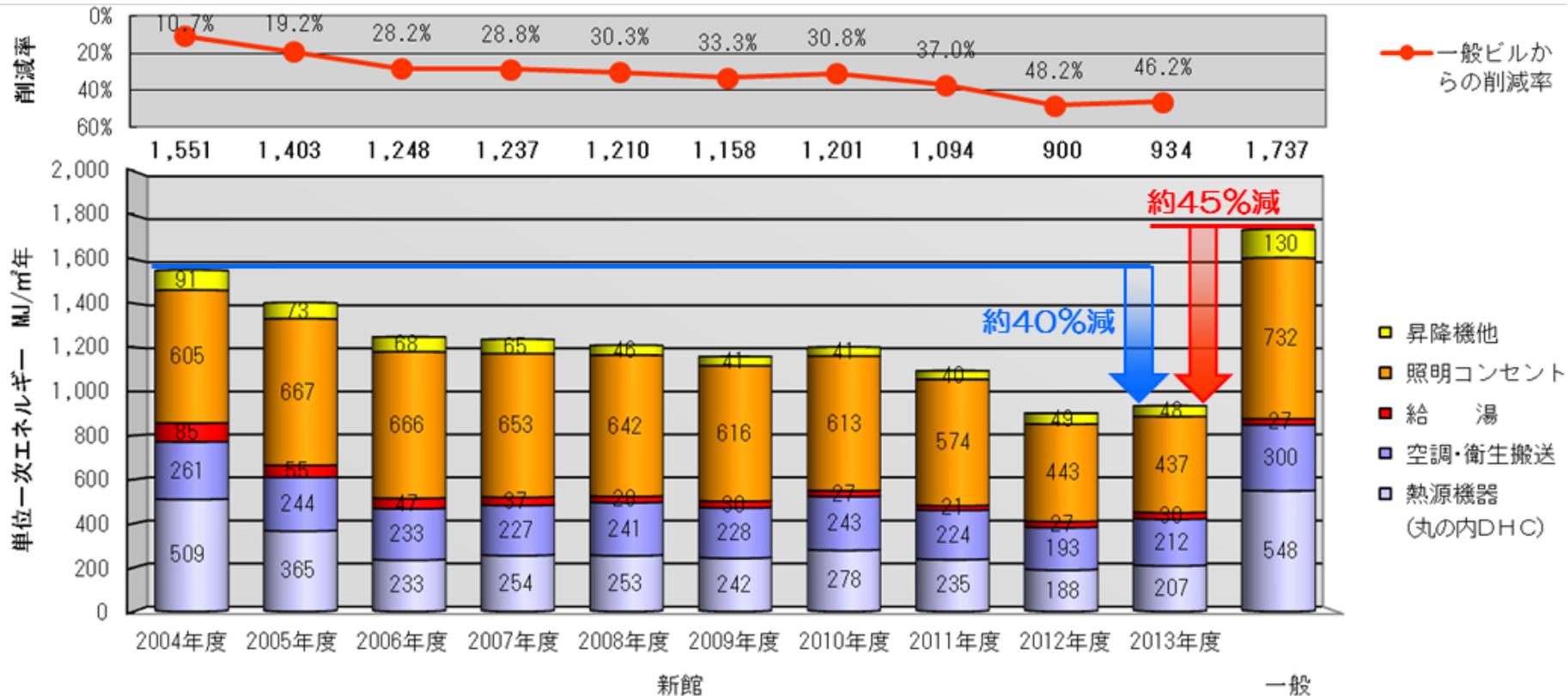
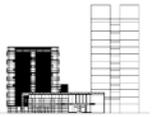


図-6 10年間の使用エネルギー量の推移



1. プロジェクトの概要

BSCA CxPE 安岡稔弘 (四電技術コンサルタント)

2. ヨンデビル新館の設計コンセプト・設備概要

BSCA CxTE 小林陽一 (安井建築設計事務所)

3. 10年間に亘るコミッションングの取り組みと検証結果

BSCA CxTE 天野雄一郎 (四国電力)

2. 設計コンセプト・設備概要 -基本コンセプト-



【4つの基本コンセプト】

- ・「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」

「環境共生型の省エネオフィスビル」を目標



写真-2 ヨンデンビル新館 竣工写真



【再掲】

図-2 建物の基本コンセプト

2. 設計コンセプト・設備概要 -建築概要-



○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

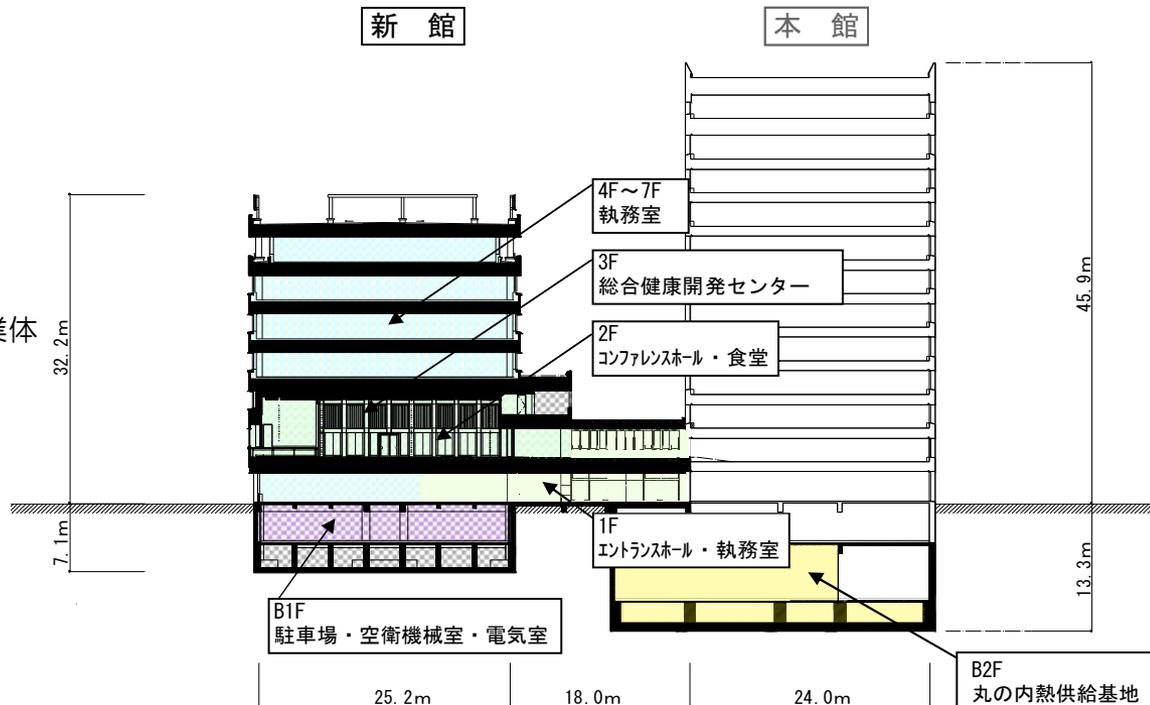
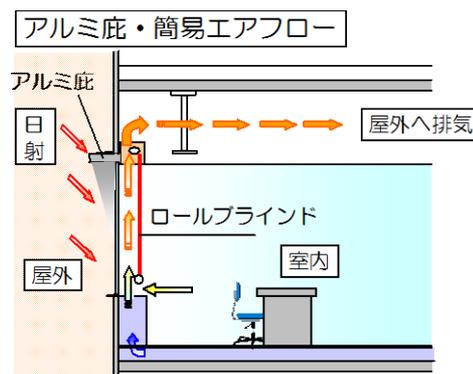


図-7 建物断面



窓面の日射負荷対策

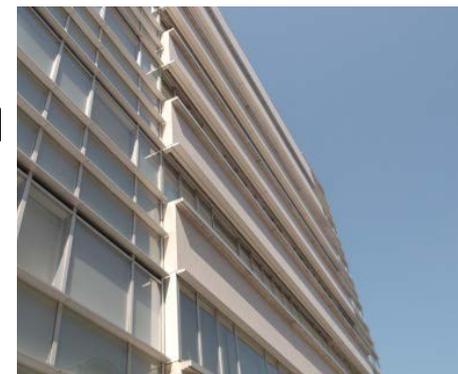


写真-5 建物ファサード

写真-3 コンファレンスホール

写真-4 執務室



YONDEN

2. 設計コンセプト・設備概要 -設備概要-



○設備概要

ヨンデビル新館では、四国電力の経営課題である電力負荷平準化および省エネルギー・環境負荷軽減を実現するため、従来取り組んできた「水蓄熱空調システム」に加え「土壌蓄熱空調システム」「太陽光発電」等の自然エネルギーを利用した省エネルギー施策を実践

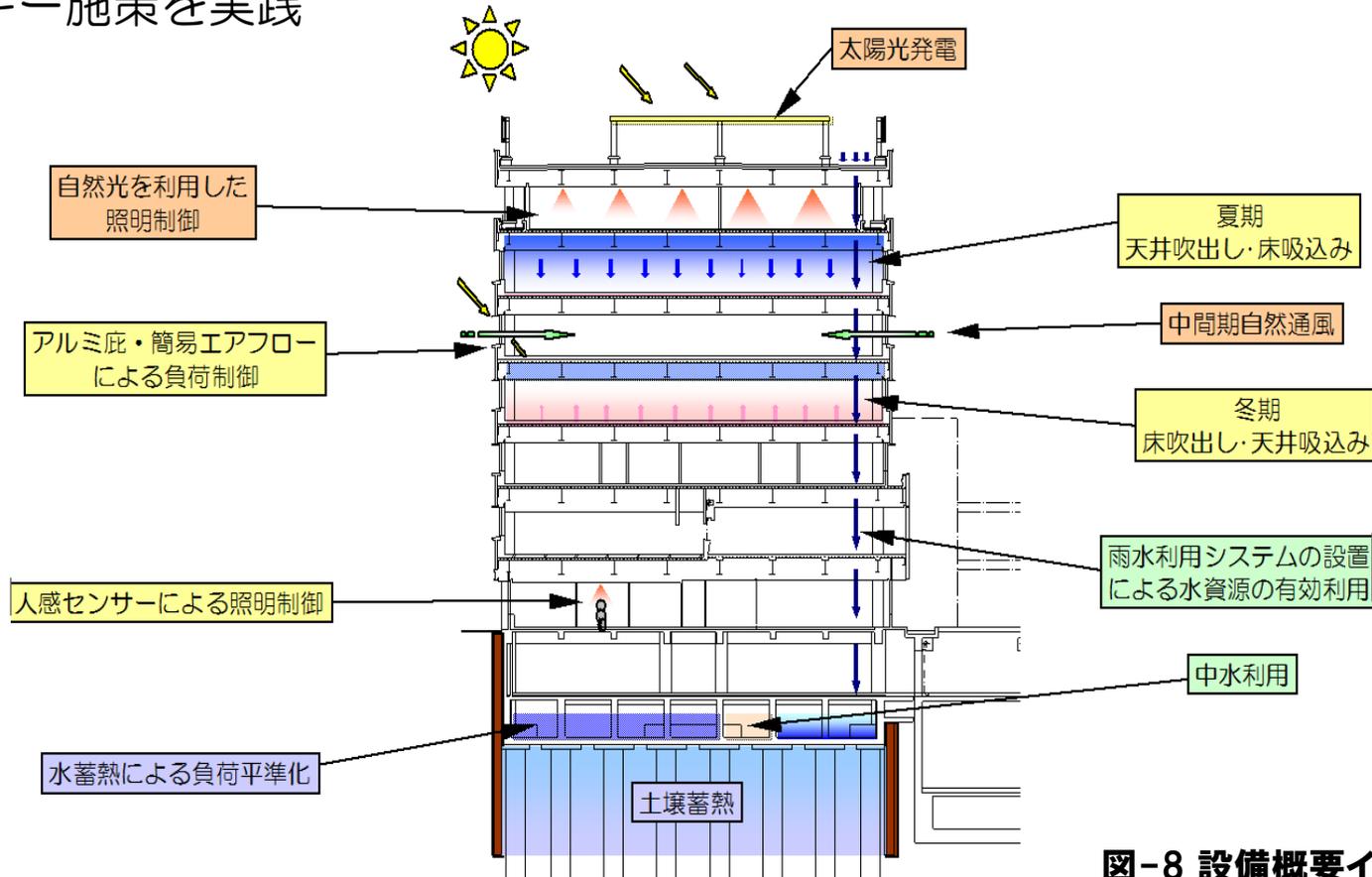


図-8 設備概要イメージ図

2. 設計コンセプト・設備概要



空調調和設備

- 熱源設備
丸の内地域熱供給基地
供給力(冷熱/温熱) : 32/9 [GJ/h]
供給温度(冷熱/温熱) : 5/48°C
蓄熱槽容量 2,340 m³
- 空調設備
空調方式 : 各階空調機方式 (冷温水+冷水 (土壌蓄熱) の四管式)
空調吹出方式 : 床/天井吹出切替

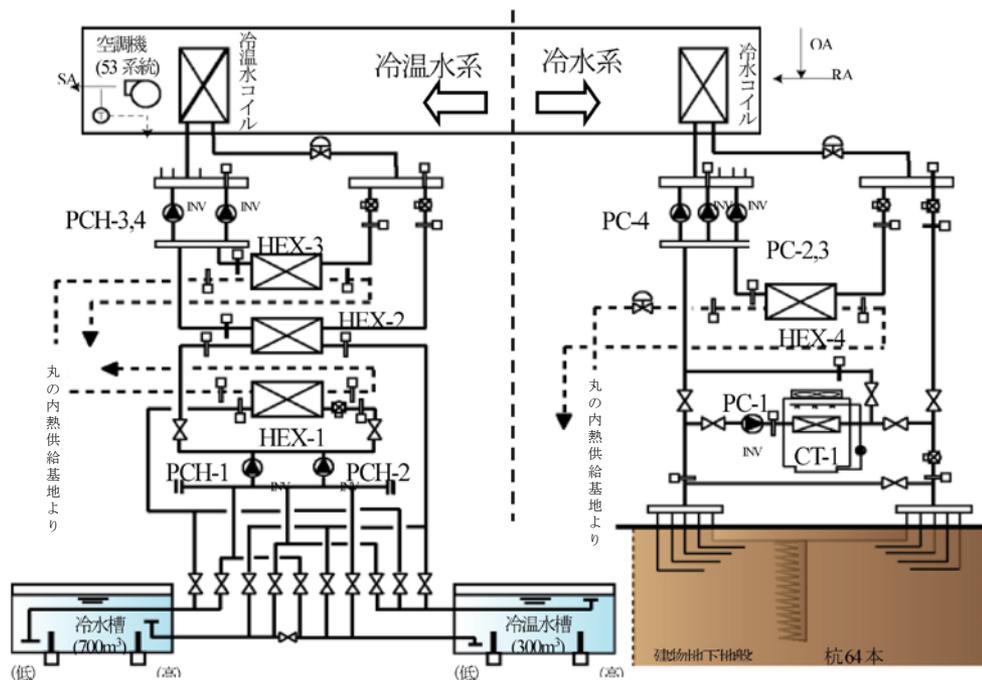


図-9 空調システム系統図

建物構造体を利用した3つの蓄熱技術

【電力負荷平準化】

- 水蓄熱空調システム
- 躯体蓄熱空調システム

【省エネルギー・環境負荷軽減】

- 土壌蓄熱空調システム

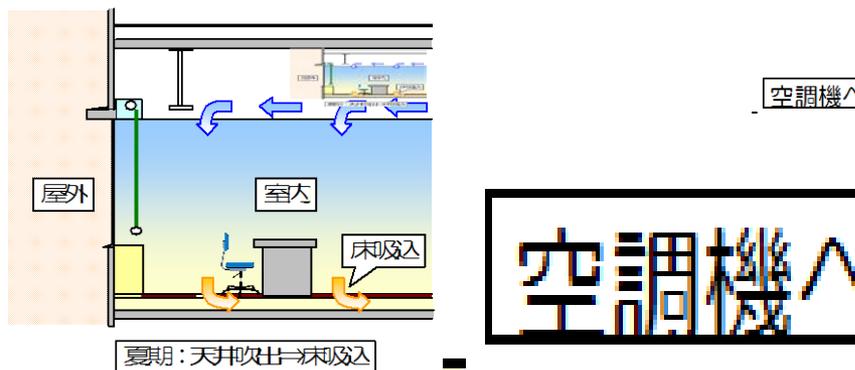


図-10 床/天井吹出切替方式

2. 設計コンセプト・設備概要



・ 土壌蓄熱空調システム

冬期の夜間の冷熱を土壌に蓄冷し、夏期に冷熱として利用する蓄熱システムである。

64本ある基礎杭の内部にらせん状に総長14,000mの架橋ポリエチレン配管を配置し、循環水と土壌との熱交換する。

冬期夜間に、冷却塔CT-1と冷水ポンプPC-1を運転して外気と熱交換を行い、土壌に冷熱を貯める。

貯めた冷熱は夏期の昼間に冷水ポンプPC-2~4を運転して取り出し、空調機の冷水コイル（土壌蓄熱用）でプレクールの冷熱として使用される。

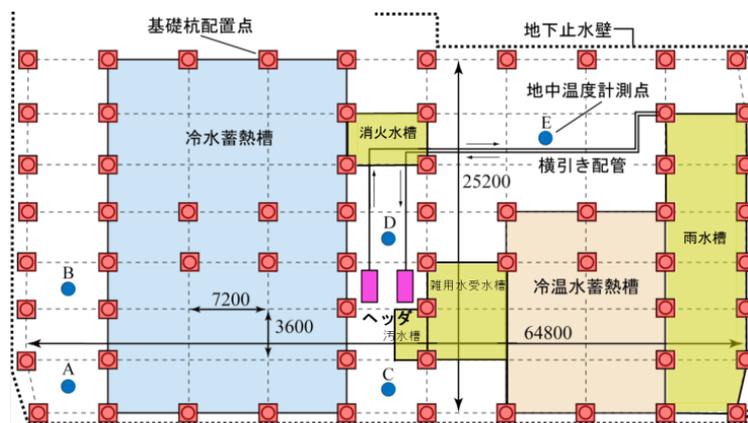


図-11 基礎杭の配置図
■ 基礎杭
● 地下温度計測点

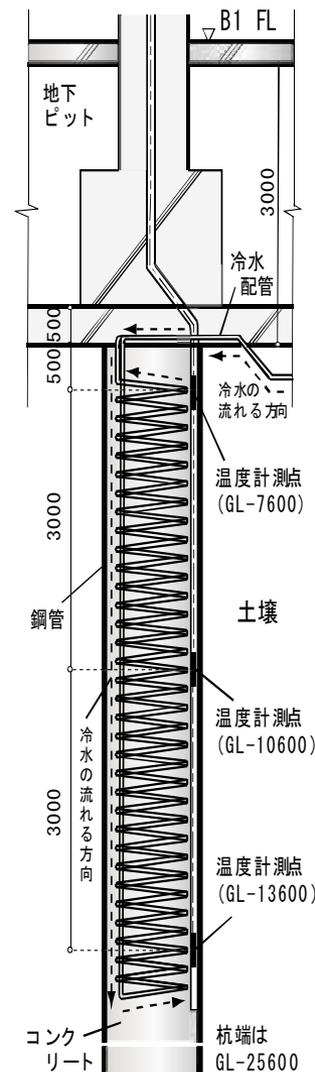


写真-6 熱交換器配管

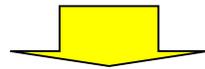
図-12 杭の断面図

2. 設計コンセプト・設備概要 -新技術の導入背景-



- 新技術「土壌蓄熱空調システム」の導入背景

自然エネルギーを利用した夏季ピーク負荷を低減できる
安価なシステムはないか？

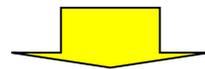


「土壌蓄熱空調システム」の特徴

負荷平準化に貢献できる
自然エネルギーを利用した新しい蓄熱システム

日本特有の四季を利用した季節間蓄熱
冬季の冷熱を土壌に蓄え、夏季の冷水として利用する
自然エネルギーを利用した蓄熱技術

杭基礎を利用した安価なシステム
建物杭基礎内に熱交換用配管を布設するので比較的安価



先行事例が無い新しい蓄熱技術の開発が目的
(前例がないが故に効率的な運転手法も検討が必要)

2. 設計コンセプト・設備概要 -新技術の導入背景-

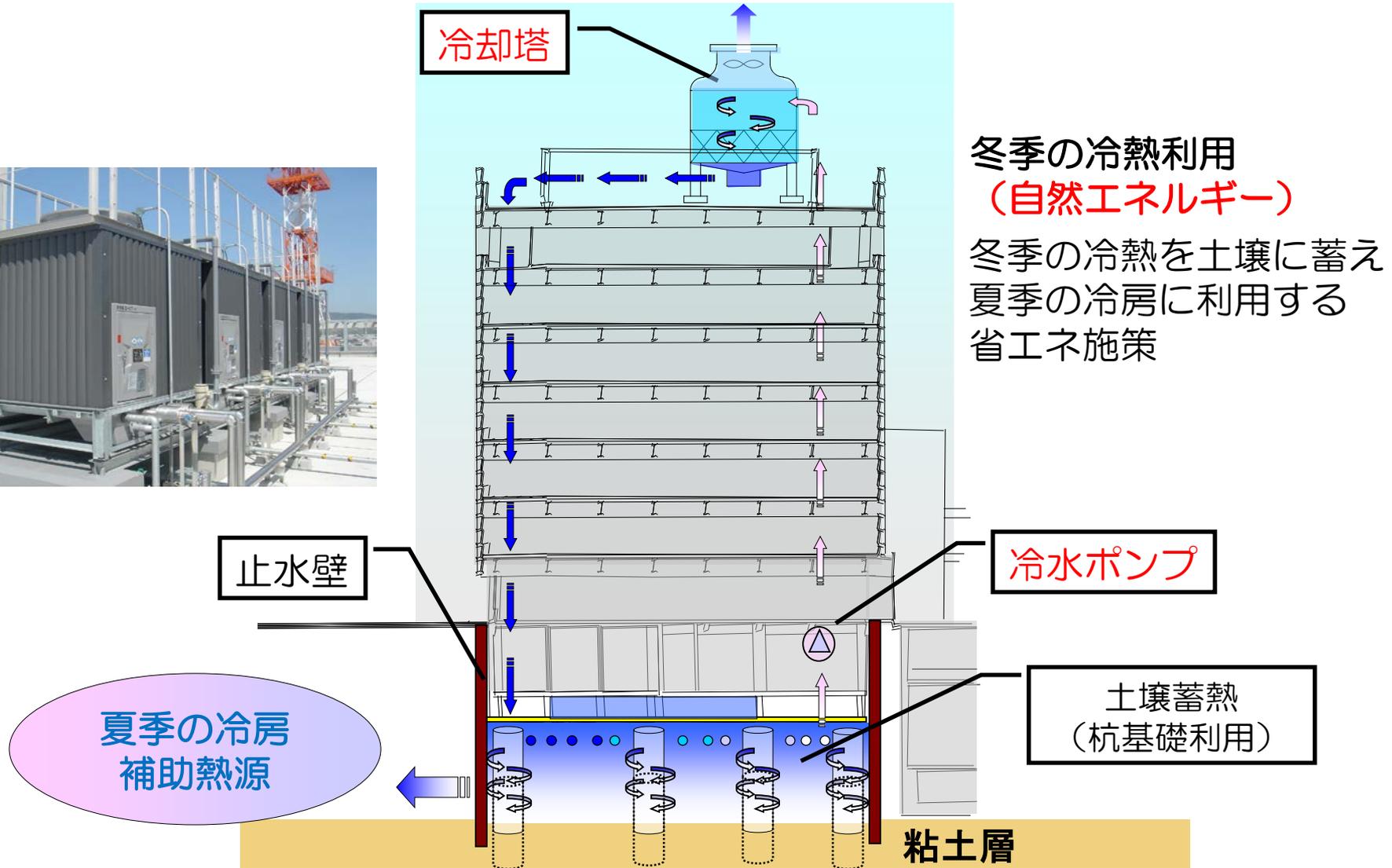


図-13 土壤蓄熱空調システム概念図

2. 設計コンセプト・設備概要



・水蓄熱空調システム

丸の内DHCの供給熱量のデマンド低減が目的

【水蓄熱槽容量】

冷水槽700m³、冷温水槽300m³

【蓄熱槽方式】

L字型連通管を採用した
「温度成層型多槽連結方式」

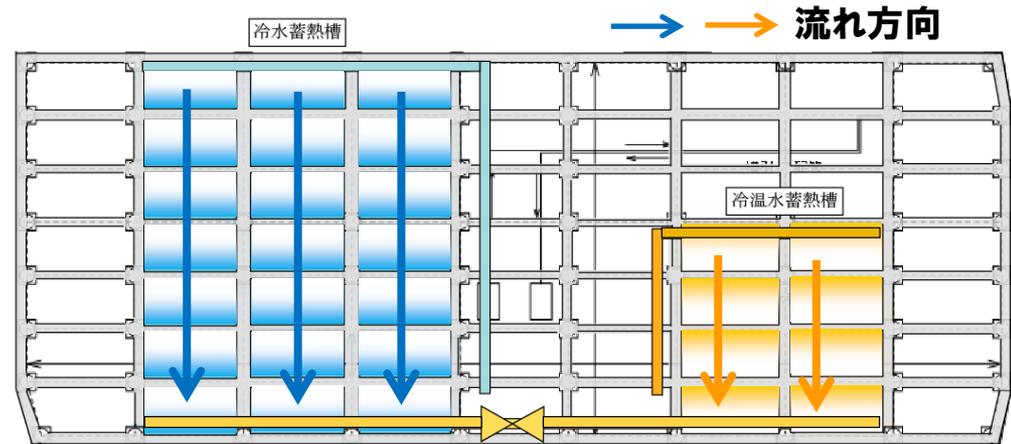


図-14 水蓄熱槽配置図

・躯体蓄熱空調システム

既往の研究結果を参考に、床／天井吹出切替方式を採用した。

基準階の床スラブ上面および下面の両面に冷気を吹き付ける方法とした。

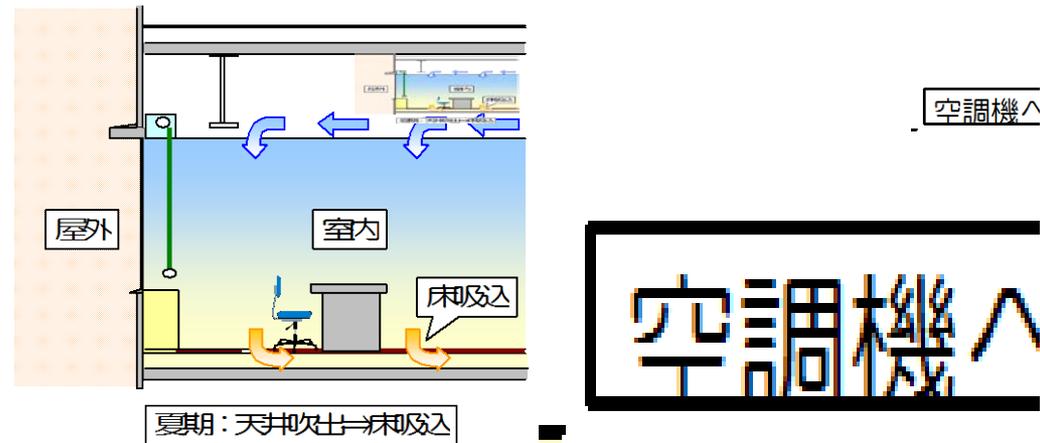


図-15 床／天井吹出切替方式

2. 設計コンセプト・設備概要



- 換気設備
執務室：全熱交換器＋CO₂濃度風量制御
地下駐車場：CO濃度風量制御
- 自動制御
OPビルコン自律分散制御による自動制御
BEMSによる建物の最適運用を実施。



写真-7
空調機械室スペース

給排水衛生設備

- 給水設備
上水・雑用水の2系統供給
高松市の中水道を雑用水利用
- 雨水利用設備
濾過・滅菌後雑用水に利用



写真-8
BEMS画面

電気設備

- 電灯設備
自動調光やセンサーによる点滅制御
- 太陽光発電設備
屋上に設置した6kVAの太陽光発電設備

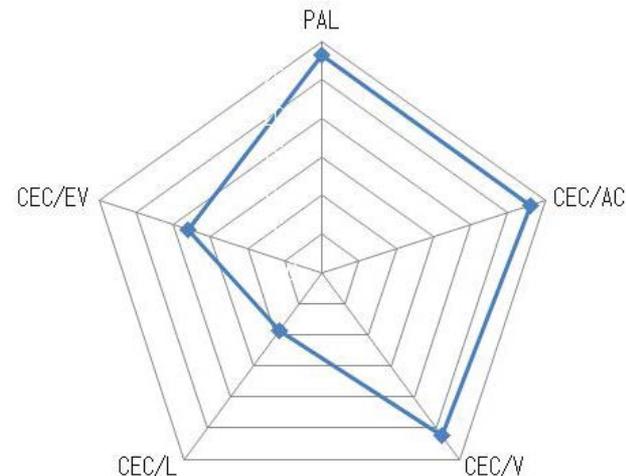
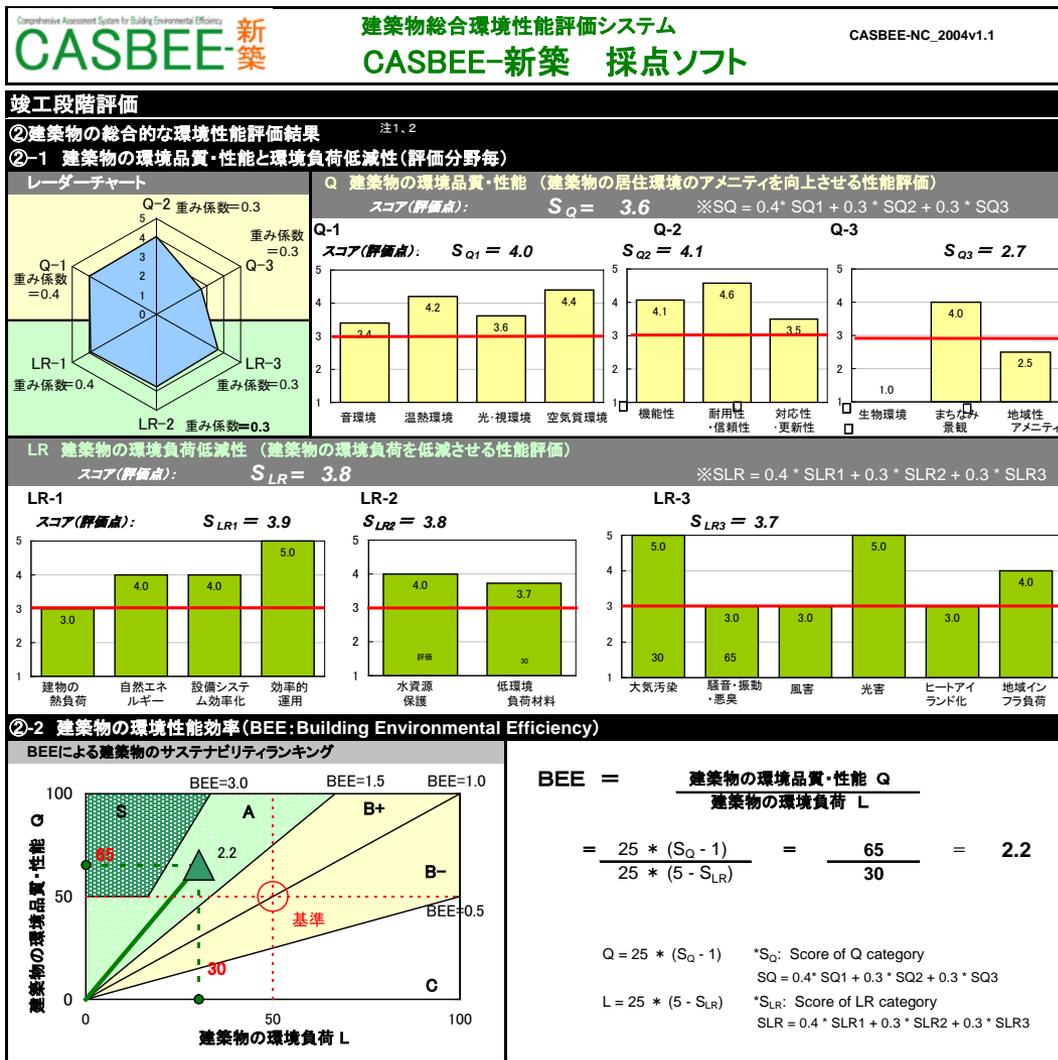


写真-9
執務室電灯設備

2. 設計コンセプト・設備概要



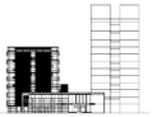
建築物の総合環境性能評価



	判断基準	計算結果
PAL	300	282
CEC/AC	1.5	1.40
CEC/V	1.0	0.87
CEC/L	1.0	0.31
CEC/EV	1.0	0.60

省エネルギー計算結果





1. プロジェクトの概要

BSCA CxPE 安岡稔弘 (四電技術コンサルタント)

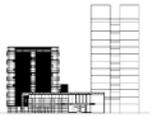
2. ヨンデビル新館の設計コンセプト・設備概要

BSCA CxTE 小林陽一 (安井建築設計事務所)

3. 10年間に亘るコミッションングの取り組みと検証結果

BSCA CxTE 天野雄一郎 (四国電力)

3. コミッショニングの取り組みと成果



○土壌蓄熱空調システムの成果

- ・当初・最適化コミッショニングの運転実績

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**。実運用段階における試行錯誤の運用でチューニングでは短期間での最適化を図ることは難しいと予想されたため、シミュレーションを用いたコミッショニングを実施した。

2004～2007年度における新技術の最適化コミッ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、外気温湿度、冷水温度、流量等をパラメータとして解析を行った。

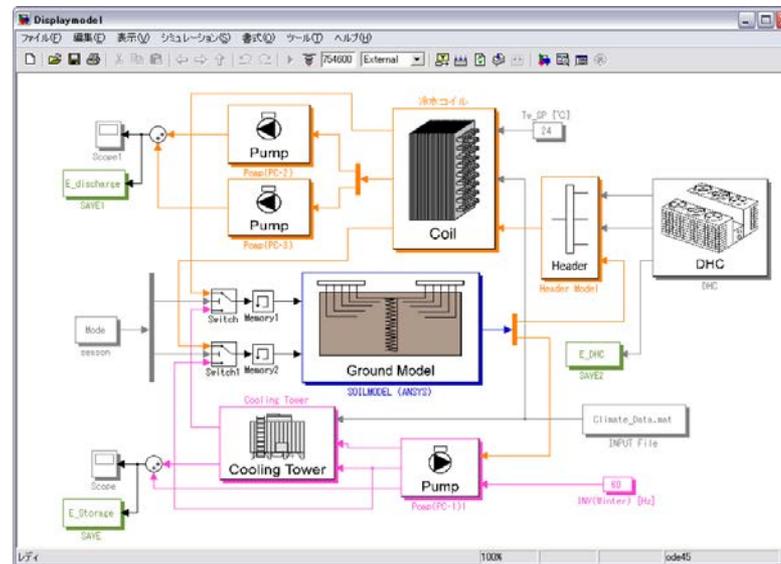


図-16 詳細シミュレーション

3. コミッショニングの取り組みと成果



• 土壌蓄熱運転データの計測と分析

ビルコンシステムは、弊社開発の「Open Planet」技術を利用したOPビルコンとBEMSを採用した。

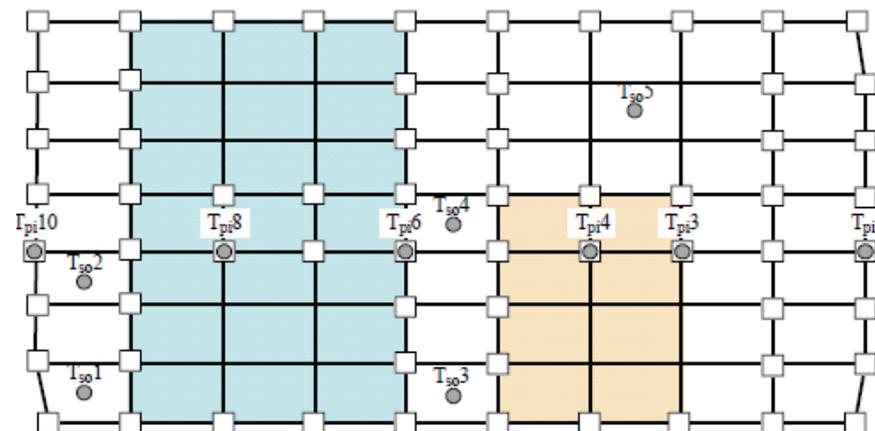
【監視点数】

- 制御点数：約4,000点
(機械設備、電気設備含む)
- BEMS計測点数
：約1,000点 (1時間データ)
約300点 (5分データ)

常時計測していない項目 (土壌温度や各AHUの冷温水流量、処理熱量等) は個別のロガー等による、別途計測を実施した。



写真-10 OPビルコン



別途計測例

土壌温度計測点

(土壌温度は建物下部5ヶ所、屋外2ヶ所測定)

T_{so6}

T_{so7}

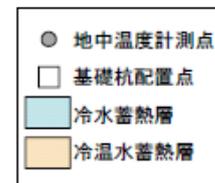


図-17 土壌温度測定点

3. コミッショニングの取り組みと成果



- 数理機器モデルをつなぎ合わせてシステム全体をモデル化

入力変数

- 外気温湿度
- 運転設定値
- 蓄採熱時の冷水流量
- 冷却塔ファン回転数
- コイル還り冷水温度

出力変数

- 蓄熱量、採熱量
- 消費電力（蓄熱用ポンプ、採熱用ポンプ、冷却塔ファン）
- システム効率 = 採熱量 / (蓄採熱に要した電力消費量)

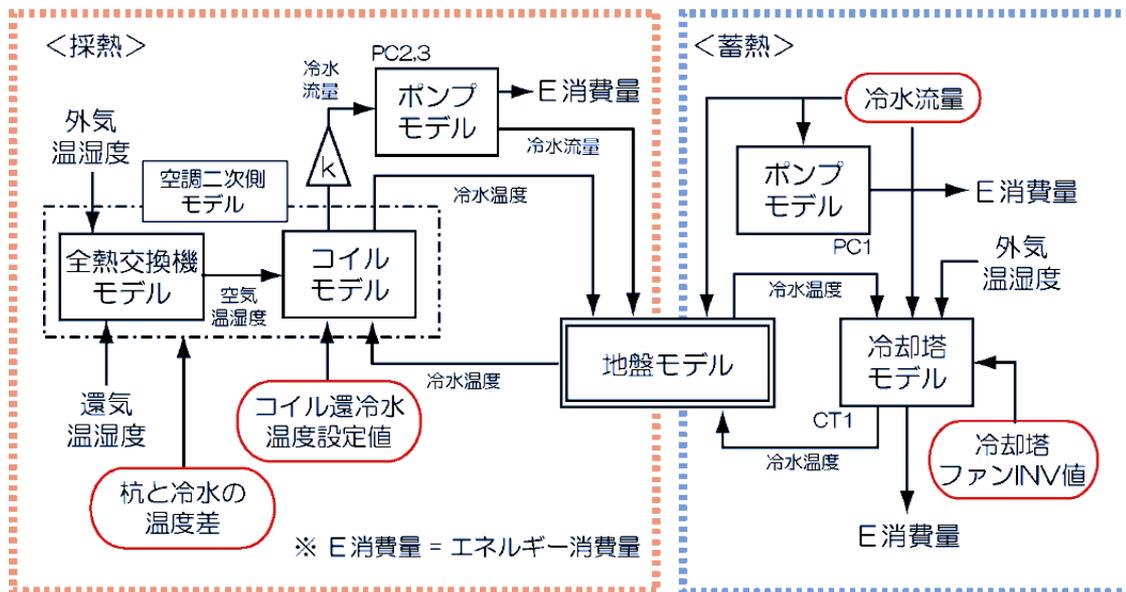


図-18 解析モデル

3. コミッショニングの取り組みと成果



・当初・最適化コミッショニングの運転実績

シミュレーション結果より、蓄熱時においては**冷却塔ファンインバータ設定値は50%、冷水流量は30[m³/h]で一定運転**、採熱時においては、冷水系統（土壤蓄熱系統）に**15[m³/h]**での一定運転とした場合が、最もシステム効率が高くなった。

この設定値を2007年度の運転に反映した結果、蓄熱量293.2GJ、採熱量199.3GJ及び**システム効率7.14**となり、2007年度以降の運転は、これらのパラメータによる運転を継続した。

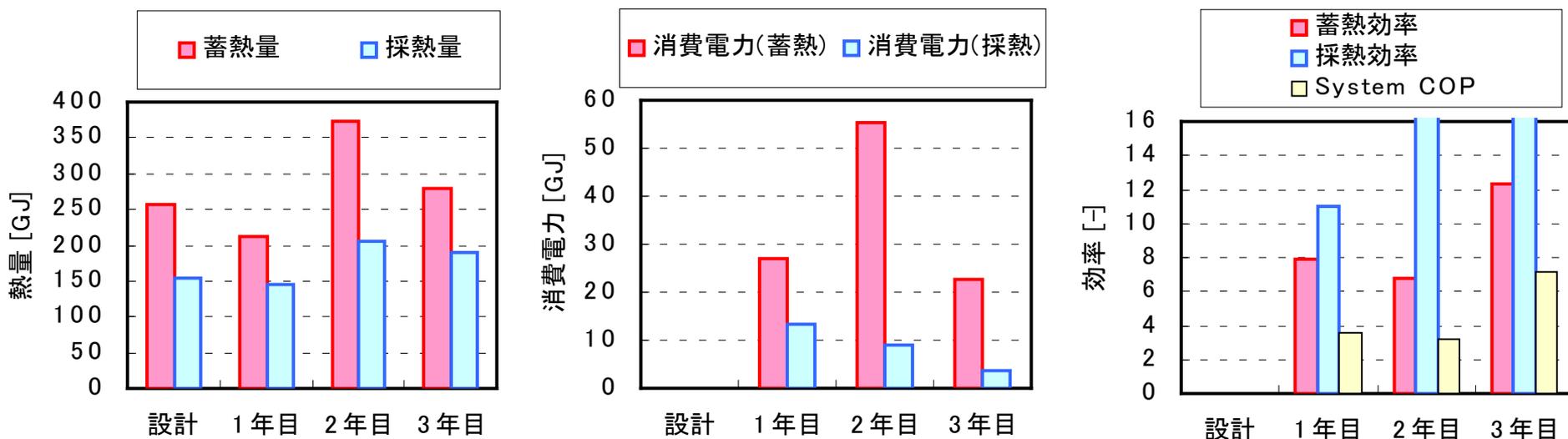


図-19 最適化コミッショニングの成果

3. コミッショニングの取り組みと成果



・継続・運用コミッショニングの改善検討と運転実績(2008～2013年度)

最適化コミッショニングを経て、2008年度からは、継続コミッショニングとして、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。

表-2 10年間の運転実績

	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COP	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	コミッショニングフロー
				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%	最適化コミッショニング(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%	最適化コミッショニング(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%	最適化コミッショニング(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%	継続コミッショニング(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%	継続コミッショニング(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%	継続コミッショニング(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%	継続コミッショニング(4年目) ・東日本大震災による節電施策を実施 ・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%	継続コミッショニング(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%	継続コミッショニング(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%	-	再コミッショニング(1年目) ・再性能検証による蓄熱時の効率上昇 ・システムCOP10を達成
11年目	採熱			206.7	4.0	52.3				

3. コミッショニングの取り組みと成果



○2012年度の運転実績

- 2011年11月 冷水ポンプPC-1更新
- 流量は変更無(28m³/h)
- 設定温度28℃

- ⇒
- 空調運転時間709時間(過去最短)
 - 採熱量：186GJ(過去最低)
 - システム効率：6.05(過去最低)

○2013年度の運転実績

- 節電施策緩和
- 設定温度緩和
- 流量は変更無(28m³/h)

- ⇒
- 空調運転時間増加(709→761時間)
 - 採熱量：208GJ(平年値まで増)
 - システム効率：7.61

⇒運転条件が変化してきているため、再コミッショニングによる設定検討が必要と判断



図-20 土壌蓄採熱量の推移

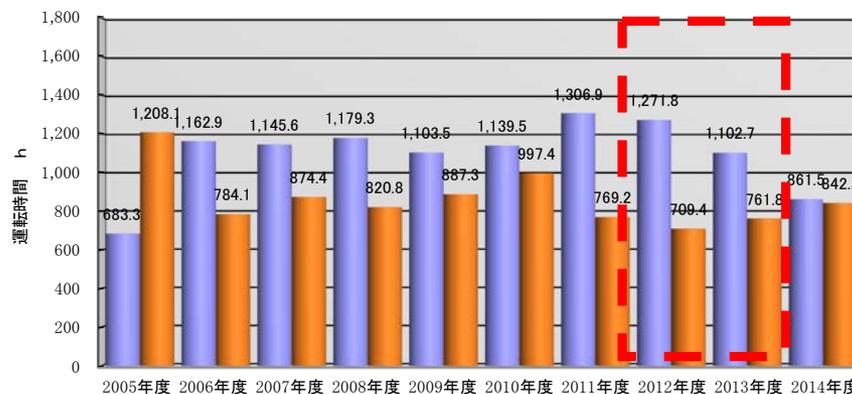


図-21 土壌蓄採熱運転時間の推移



写真-11 冷水ポンプの更新(左:更新前 右:更新後)

3. コミッショニングの取り組みと成果



- 再コミッショニングと運転実績
ポンプ特性に合わせた再シミュレーション
ポンプ流量・ファンINV値・起動条件等

【検討ケース】

- 運転流量：15、28[m³/h]
- 起動条件(土壤出入口水温の差)
： $\Delta t=2、4、6^{\circ}\text{C}$
- 停止条件(外気温度と土壤平均温度の差)
： $\Delta t=0.5^{\circ}\text{C}$ (実績より今回は一定)
- ファンINV設定：50、75、100%

の18ケースに加え、現在の条件で

- 運転流量：5、10、15、28[m³/h]
- の4ケース検討を行った。

⇒システム効率が最大となる条件

- 運転流量：**15[m³/h]**
- 起動条件： **$\Delta t=6^{\circ}\text{C}$**
- 冷却塔ファンINV値：**50%** を採用
(実績では、流量18[m³/h]とした)。

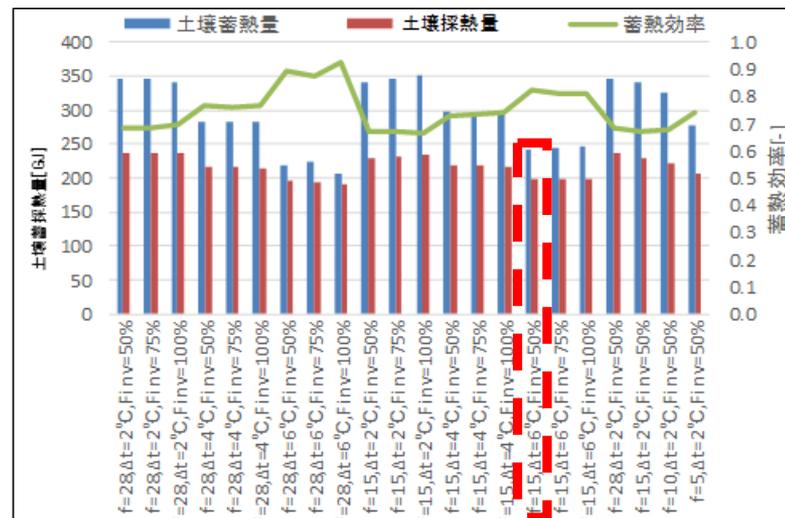


図-22 土壤蓄熱シミュレーション結果

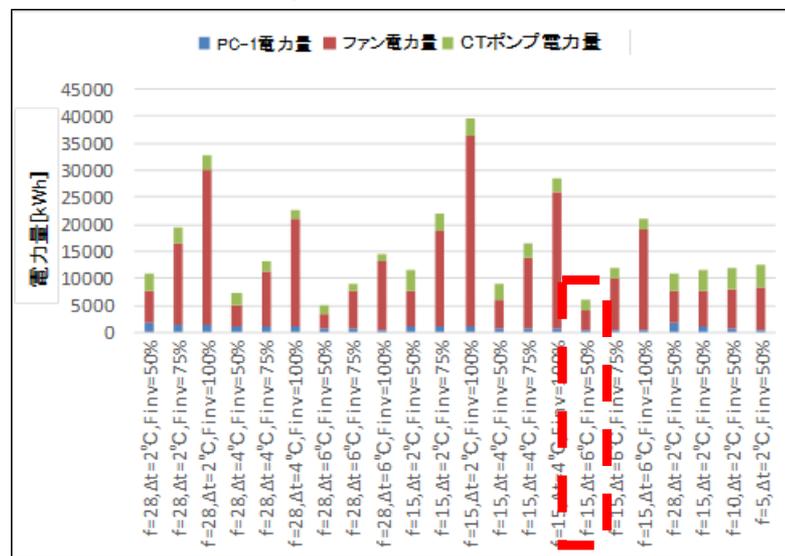


図-23 設備毎電力量シミュレーション結果

3. コミッショニングの取り組みと成果



○2014年度の運転実績

- 蓄熱時の流量変更：**28→18[m³/h]**
- 蓄熱運転：**開始日変更(12/20→1/1)**
- 採熱運転：**開始日変更(6/3→5/21)**
(土壌からの放熱ロス低減を目的)
- 設定温度緩和(震災前と同レベル)
- 採熱量200GJ**を目標
- 冬期・夏期共に平均温度は例年より若干低い傾向

- ⇒
- 空調運転時間増加(**761→842時間**)
 - 蓄熱効率：12.6(効率向上)
 - 採熱量：206GJ(目標熱量確保)
 - システム効率：**10.13**(過去最高)

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、再コミッショニングによる効果を確認できた。

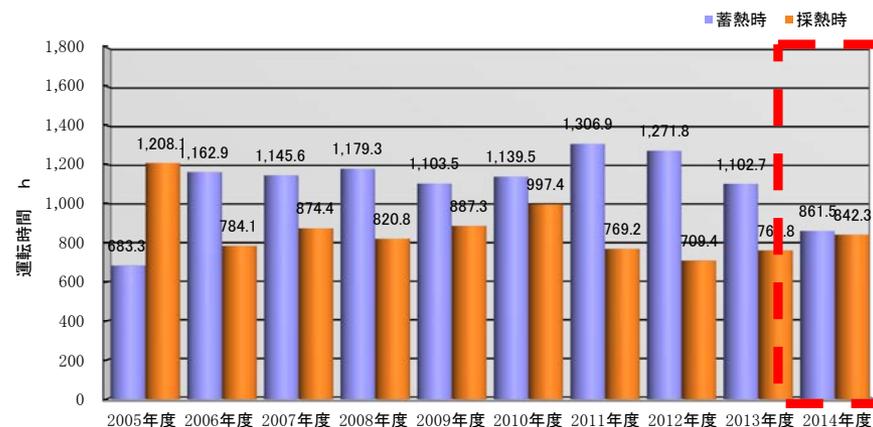


図-24 土壌蓄採熱運転時間の推移

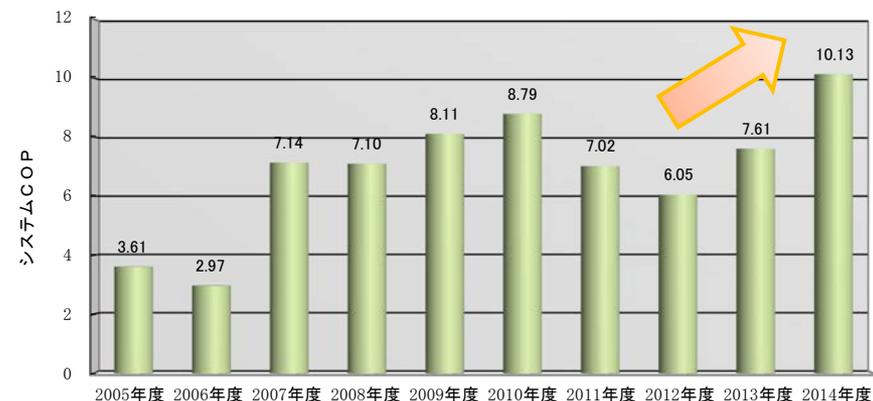


図-25 土壌蓄熱空調システム効率の推移

3. コミッショニングの取り組みと成果



○水蓄熱空調システムの成果

- 水蓄熱空調システムの分析
水蓄熱槽は700m³の冷水槽と300 m³の冷温水槽があり、いずれも地下ピットを利用して設けている。

- 制御ロジック
HEX-2：蓄熱槽からの放熱用
HEX-3：DHCの冷温水との熱交換用
HEX-3の稼働がベース。DHCからの受入熱量の上限を超える場合にHEX-2が運転
熱交換器出口温度制御にて温度制御

- 2008年度までの運転実績
平均蓄熱効率：夏期58.0% 冬期50.4%

蓄熱槽方式は、L字型連通管を採用した「温度成層型多槽連結方式」を採用しているが、効率の良い運転ができていないため、2010年度よりデータ分析・再コミッショニングを行い、運用改善を開始した。

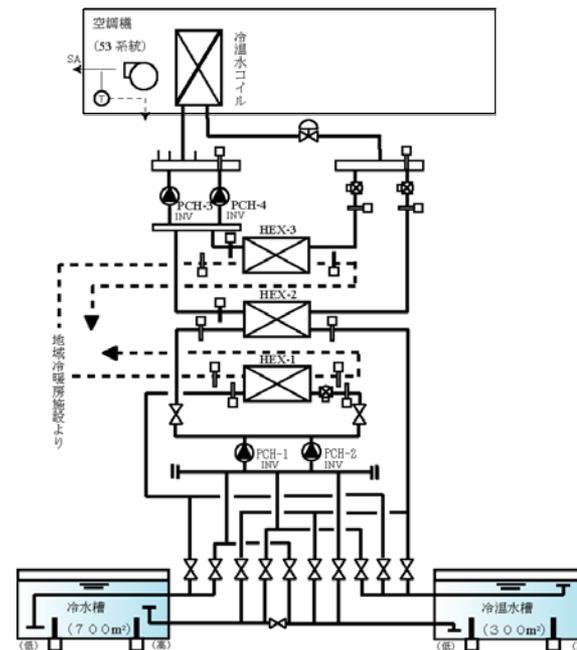


図-26 水蓄熱空調システム系統図

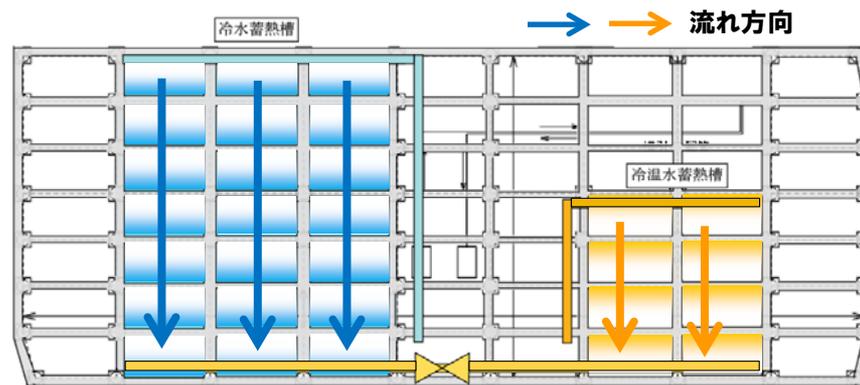


図-27 水蓄熱槽配置図

3. コミッショニングの取り組みと成果



2009年10月～2010年9月の月ごとの水蓄熱槽の蓄熱量・放熱量と蓄熱効率の推移を分析した。この期間における

- ・ 冷蔵平均蓄熱効率：65.3%
- ・ 温蓄平均蓄熱効率：59.6%
- ・ 年間平均蓄熱効率：65.4%

⇒蓄熱した熱を使い切らないまま一日の運転を終えることが多い。

運転順序や蓄熱目標、熱量デマンド値を見直すことで、蓄熱効率を改善が可能

・ 水蓄熱空調システムの蓄熱効率の検証
更に詳しく蓄熱効率が低下している原因を分析するため、まず蓄熱槽の槽内温度から算出した蓄放熱量と熱交換器の熱交換熱量を比較した。

蓄熱時に、熱交換器HEX-1で熱交換した熱量のうち**14.6%は蓄熱量に反映されていない**ことが分かり、熱交換器前後で熱損失があることが推察された。

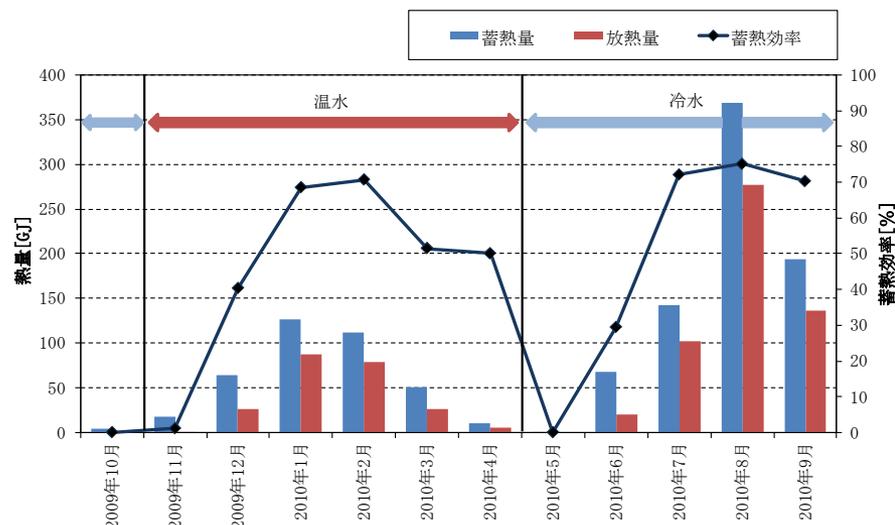


図-28 月別蓄熱量・放熱量と蓄熱効率の推移

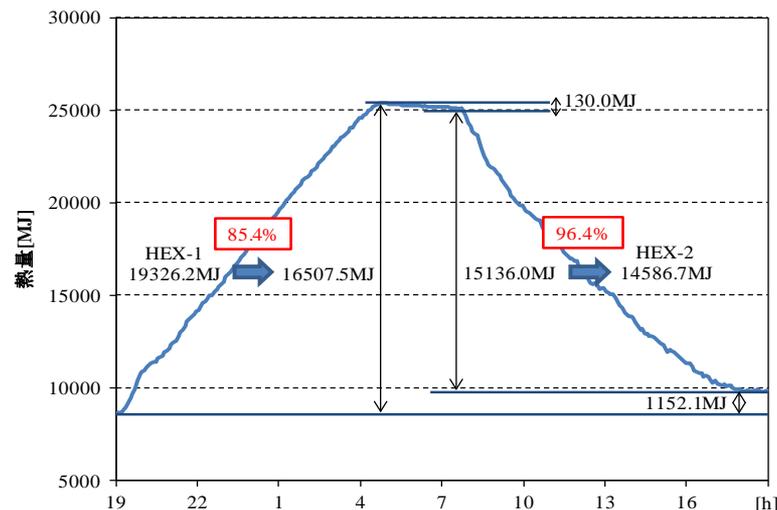


図-29 冷水蓄熱量の推移



3. コミッショニングの取り組みと成果



熱流計を蓄熱槽の上部及び下部計4か所に設置し、熱損失を分析した。

熱流計から推定された熱ロスは蓄熱量の29%に当たることが分かり、槽の断熱性能が低いことが確認できた。また、蓄熱量に対して約15%が不明分の熱損失として失われており、その他にも課題がある可能性が示唆された。

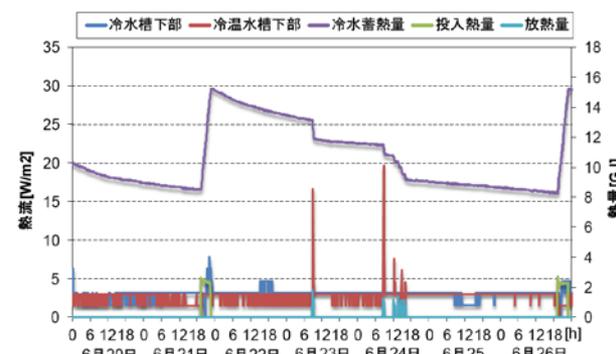
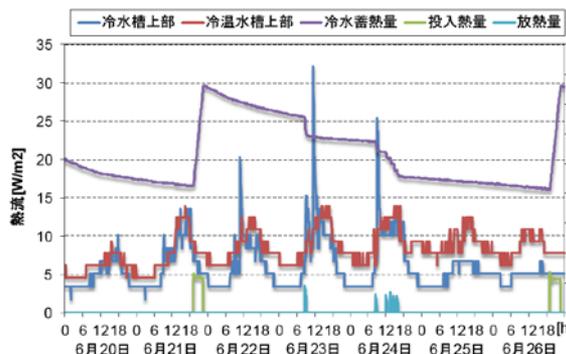


図-30 熱流計計測結果(左:上部 右:下部)

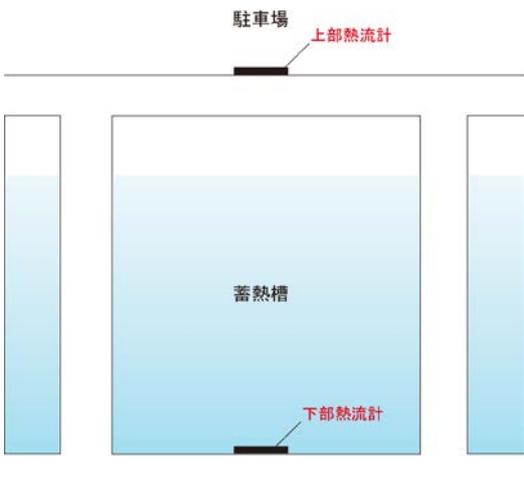


図-31 熱流計設置位置

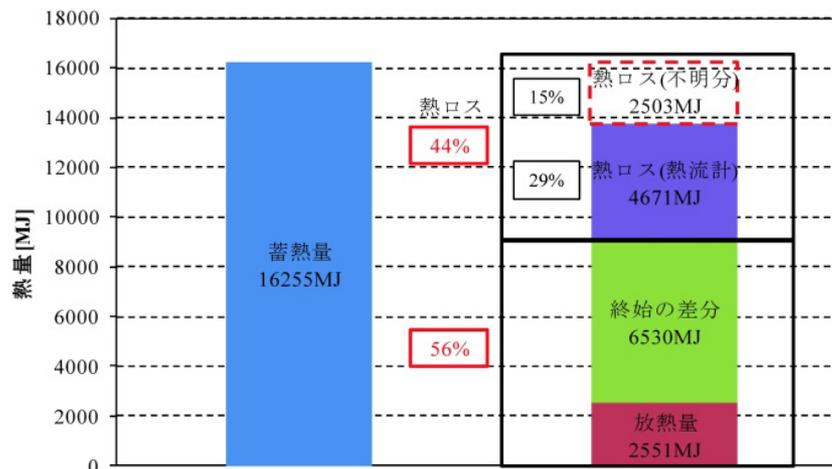


図-32 代表日における蓄熱槽の熱損失

3. コミッショニングの取り組みと成果



・シミュレーションによる運用改善検討

シミュレーションモデルを構築し、水蓄熱空調システムの運用改善方法についての検討を行った。

水蓄熱槽の熱損失量は、実測値と同等となるようにしている。水蓄熱槽の目標蓄熱量と熱量デマンド値を変更する影響について**9つのケース**に分けてシミュレーションを行った。

ただし、CASE B・G・Hは、蓄熱不足となっており、適正な蓄熱目標を設定することが重要である。

蓄熱効率に関しては、熱量デマンド値が小さいケースほど高い。熱量デマンド値が小さいことで水蓄熱槽の利用頻度が高くなることが要因である。

シミュレーションより熱量デマンド値を小さくし放熱を増やすことで蓄熱効率を向上できることが示唆された。

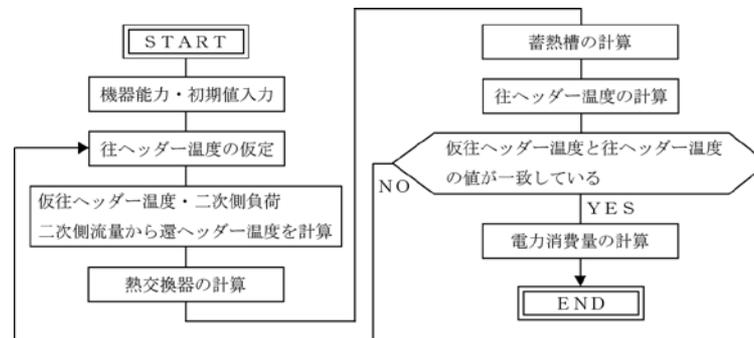


図-33 シミュレーションフロー

表-3 検討ケース

	内容	
	熱量デマンド値	目標蓄熱量
CASE 0	7.2GJ/h (従来運転)	実測データ×100%
CASE A		× 80%
CASE B		× 60%
CASE C	9.0GJ/h (+25%)	実測データ×100%
CASE D		× 80%
CASE E		× 60%
CASE F	5.4GJ/h (-25%)	実測データ×100%
CASE G		× 80%
CASE H		× 60%

表-4 夏期1カ月間の計算結果

	蓄熱量 [GJ]	採熱量 [GJ]	熱損失 [GJ]	不足蓄熱量 [GJ]	蓄熱不足運転時間 [h]	蓄熱効率 [%]
CASE 0	201.9	113.4	88.4	0.0	0.0	56.2
CASE A	187.1	111.4	75.6	0.0	0.0	59.6
CASE B	138.8	80.3	58.5	9.3	16.6	57.9
CASE C	111.8	44.0	67.8	0.0	0.0	39.3
CASE D	94.6	44.0	50.6	0.0	0.0	46.5
CASE E	90.2	44.0	46.3	0.0	0.0	48.7
CASE F	314.5	211.3	103.2	0.0	0.0	67.2
CASE G	240.5	166.2	74.3	39.0	25.0	69.1
CASE H	164.3	111.1	53.2	88.8	52.6	67.6

3. コミッショニングの取り組みと成果



• 運用改善の実施

(1) 熱交換器の断熱化

2013年夏期にHEX-1～4の簡易断熱を行い、内外の温度差計測を実施した。

保温材：**両面アルミ反射シート**
シート状で**施工性が良い**
冷房期・暖房期共に使用が可能
結露水等に対しても**耐久性有**



写真-12 両面アルミ反射シート



写真-13 熱交換器の施工状況

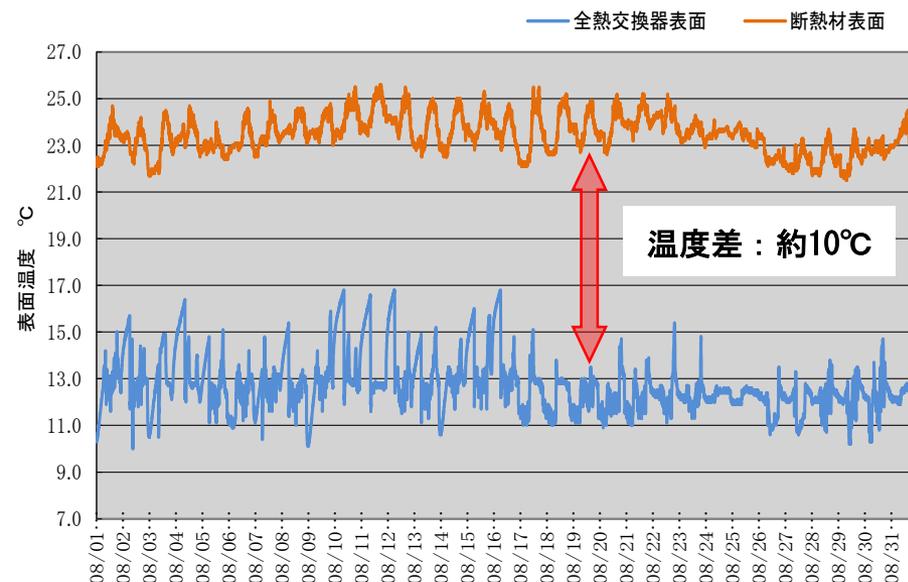


図-34 熱交換器の改善結果

3. コミッショニングの取り組みと成果



(2) 水蓄熱槽の運用改善

2013年夏期より、放熱運転を開始の目標熱量デマンド値を**契約値の約7割**（冷水：6[GJ/h]、温水：3[GJ/h]）に設定変更し、極力残蓄が少なくなる運用を行った。蓄熱目標値については運転管理員によって状況を見ながら期間中段階的に変更を行った。

【改善結果】

冷蔵熱の平均蓄熱効率

2004～2008年度：58.0%

↓ **約10%向上**

2013年度：68.7%

温蓄熱の平均蓄熱効率

2004～2008年度：50.4%

↓ **約15%向上**

2013年度：67.1%

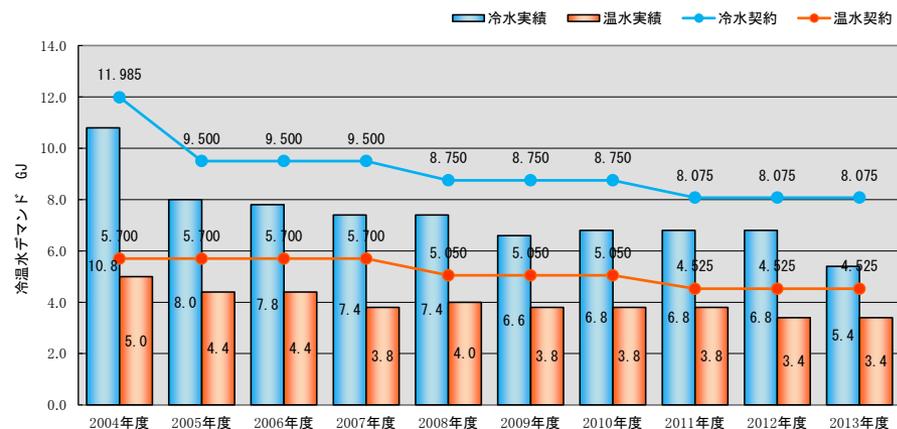


図-35 丸の内DHC熱量デマンドの推移

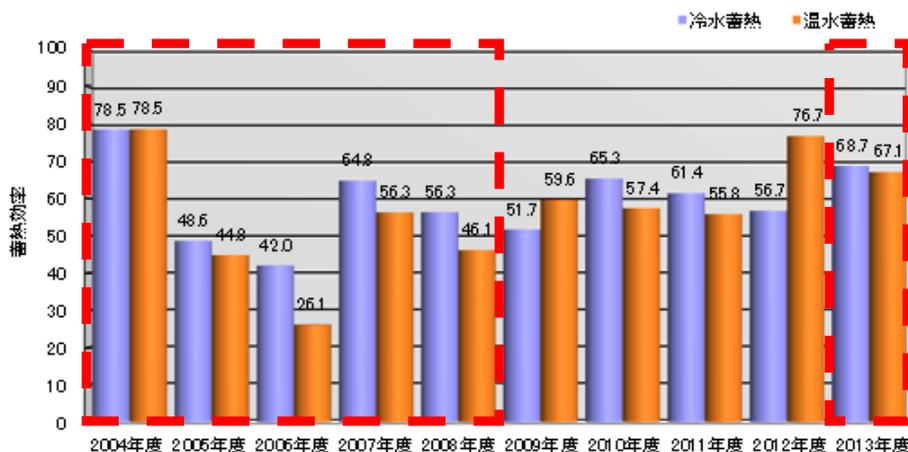


図-36 蓄熱効率の推移

3. コミッショニングの取り組みと成果



○省エネルギーへの取り組み

- 1次エネルギー消費量推移

2004年度：1,551 [MJ/m²・年]

↓ ▲37.0%※1

2011年度：1,094 [MJ/m²・年]

↓ ▲46.2%※1

2013年度：934 [MJ/m²・年]

- 既存建物の省エネ性能2軸評価の変遷
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く、運用改善への取り組みにより運用性能は30%改善し※2省エネ性能ランクはAからS(ゴールド)に向上。

- 電力デマンド低減への取り組みと実績
電力デマンドは、年々徐々に低減されており、2005年度の431kWと比べ、2013年度では347kWと約20%低減している。
特に東日本大震災以降、節電対策を強化したことにより大幅に低減されている。

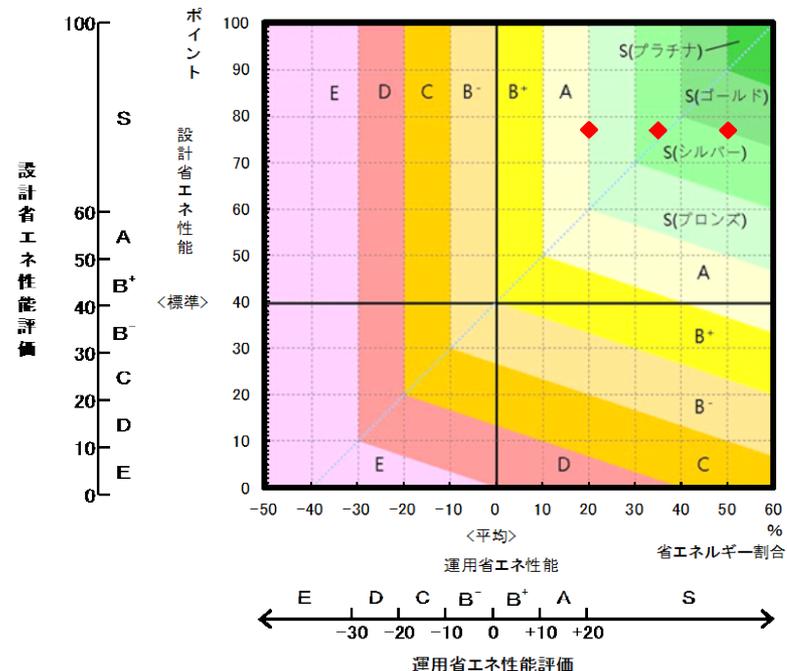


図-37 既存建物の省エネルギー性能2軸評価

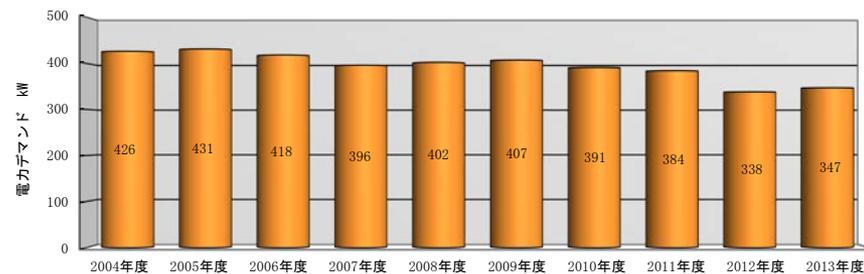


図-38 電力デマンドの推移

※1 ECCJ:一般的なオフィスビル単位数1,737 [MJ/m²・年]
 ※2 空衛学会近畿支部(2013): 既存建物環境性能評価ツール

3. コミッショニングの取り組みと成果



- 熱量デマンド低減への取り組みと実績
 2004年度：
 (契約) 冷水11.9、温水5.7[GJ/h]
(実績) 冷水10.8、温水5.0[GJ/h]
 ↓冷水▲約50%、温水▲約30%
 2013年度：
 (契約) 冷水 8.0、温水4.5[GJ/h]
(実績) 冷水 5.4、温水3.4[GJ/h]

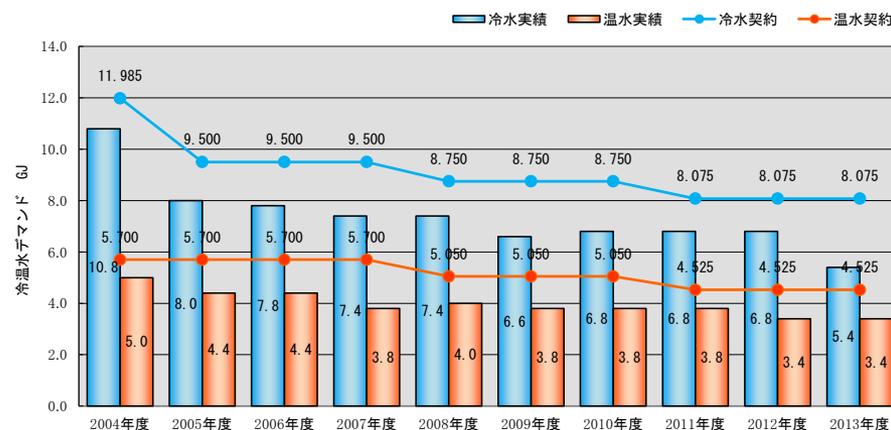


図-39 丸の内DHC熱量デマンドの推移

- 継続的な運用改善 (抜粋)
 - 運用管理
 - 執務室照度設定値の見直し
 - 昇降時のエレベータ使用の自粛
 - (3) コミッショニング全般
 - 土壌蓄熱空調システムの最適化
 - 換気設備CO₂制御設定値の変更
 - 電化厨房(食堂)の換気量の最適化
 - 電気室の冬季冷房を外気冷房に変更
 - プレート式熱交換器の簡易断熱の実施
 - DHC熱量デマンド値の変更



写真-14 電化厨房(食堂)における換気量の最適化



写真-15 電気室の外気冷房

3. コミッショニングの取り組みと成果



ヨンデビル新館は、「よんでんグループ環境方針のもと」

- ・「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」

をコンセプトとした、「環境共生型の省エネオフィスビル」を具現化した。

自然エネルギーを利用した新蓄熱技術の醸成に邁進し、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・再コミッ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。

その結果、2014年度にはシステム効率10を達成した。

コミッショニングによる継続的な省エネルギーと負荷平準化を推進するため

- 「①新築時における当初コミッショニング」
- 「②新技術の最適化コミッショニング」
- 「③通常の運用管理における継続（運用）コミッショニング」
- 「④一定期間ごとに重点的に行う再コミッショニング」

の4フェーズを10年間で実施し、継続的に性能の維持・改善を図り、1次エネルギー消費量については、2013年度には934[MJ/m²・年]を達成した。

今後も継続的にコミッショニングを実施し、他の建物でも活かせる技術や知見を醸成することで、更なる省資源・省エネルギーに寄与していきたい。



ご清聴、ありがとうございました。

