

建築設備コミショニング協会 2015年 公開シンポジウム

虎ノ門ヒルズ森タワーの コミショニングプロジェクト

森ビル株式会社
設計統括部 設備設計部

大森 一郎



1.建物概要

2.虎ノ門ヒルズ森タワー Cxに関する特徴

3.コミッショニングを実施するオーナーの思い

4.オーナーが感じる課題

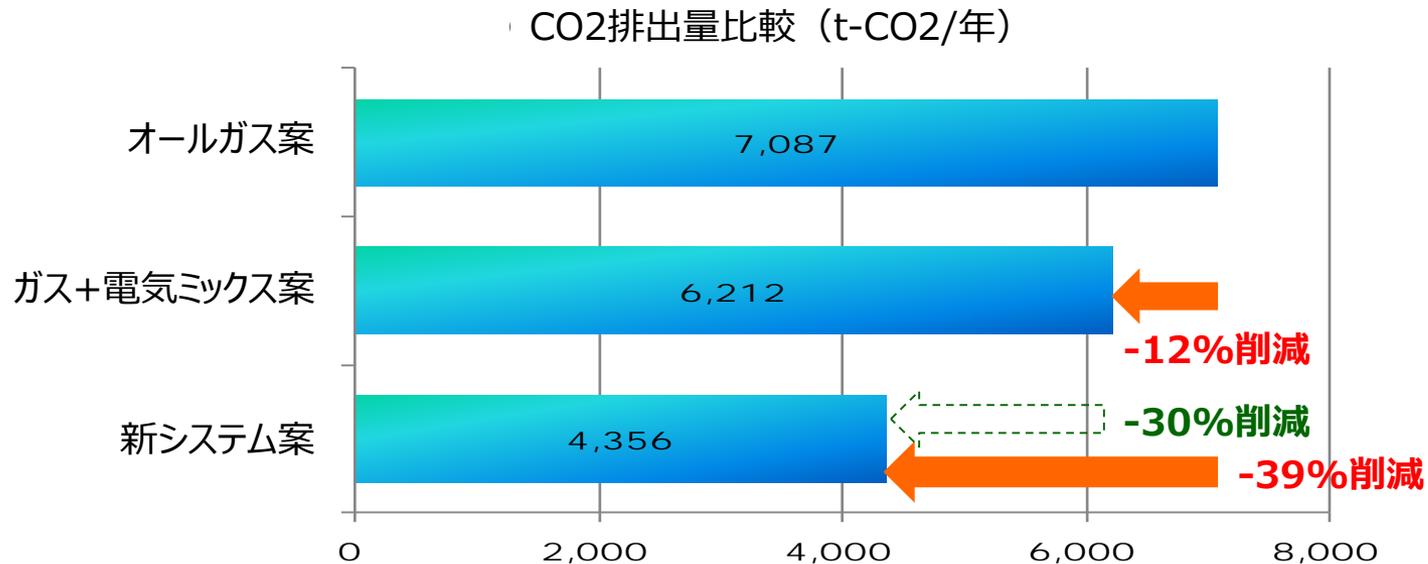
1. 建物概要



敷地面積	:	17,069m ²
延床面積	:	244,360m ²
規模	:	地下5階・地上52階建
高さ	:	247m（工作物込み255m）
主要用途	:	事務所、店舗、住宅、ホテル、 カンファレンス、駐車場
着工時期	:	2011年4月
上棟	:	2013年3月1日
竣工	:	2014年6月
特定建築者	:	森ビル株式会社
設計者	:	株式会社日本設計
施工者	:	（建築）株式会社大林組 （空調）新菱・九電工空調設備工事 共同企業体 （衛生）三建設備工業株式会社 （電気）きんでん・関電工・トーエネック 電気設備工事共同企業体

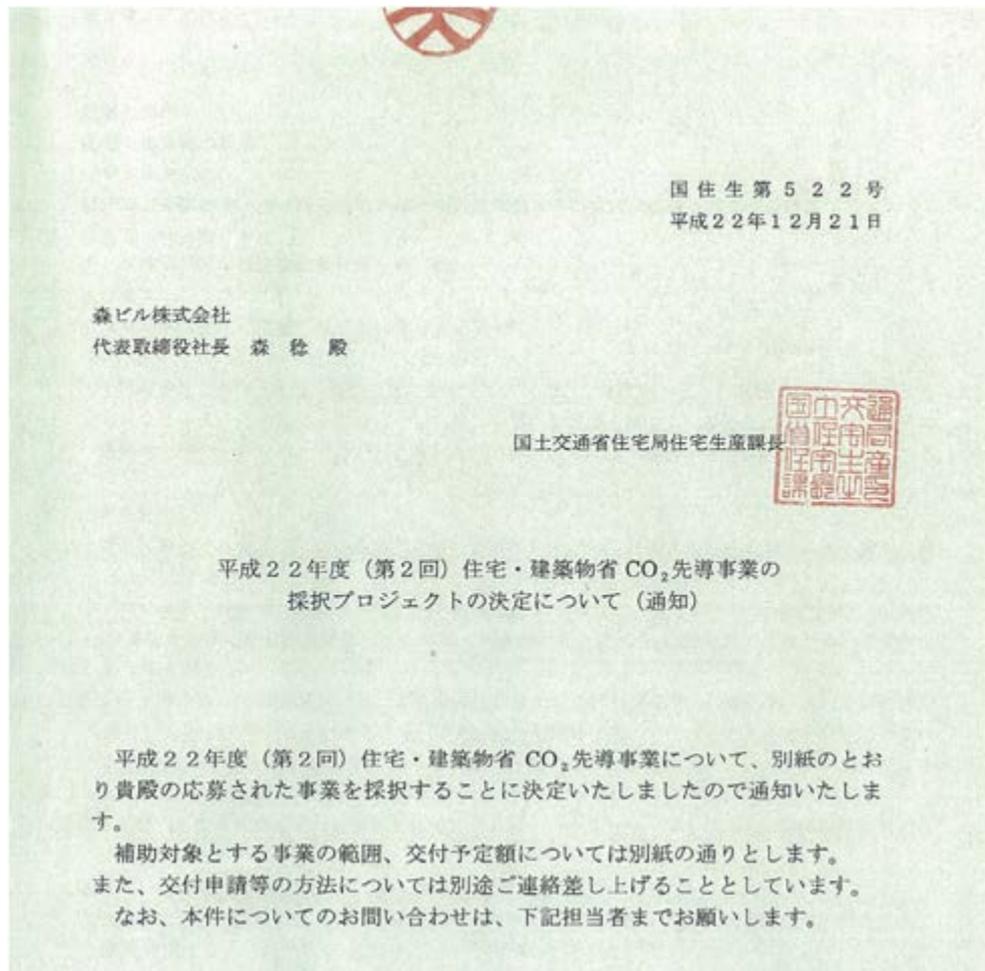
その① 新機軸の空調システムを採用

- ・大規模オフィスビルに潜顕分離空調を導入
- ・ヒートポンプの高効率運転を目的に中温冷水・低温温水を採用
- ・その省エネ効果の試算表



その② 国交省の住宅・建築物省CO2先導事業採択PJ

<採択通知書>



<採択項目>

- 建設工事費
 - ①超高効率熱源LOBASシステムと徹底計量BEMS
 - ・超高効率熱源LOBASシステム（熱源設備のみ）
 - ・徹底計量BEMS
 - ②エコライフを促す仕組み
 - ・太陽光発電システム
 - ・見える化システム（住宅、共用部）
- マネジメントシステム
 - ①エリアカーボンハーフへの展開
 - ・クラウド型テナントエネルギーWEBシステム開発費（設備費、工事費）
 - （アプリケーション開発費、ハードウェア（サーバー等）、データセンター開設費、BEMS接続ゲートウェイ開発費のみ）

その③ 熱源・空調設備を二度設計したPJ

○設計工期



○二回の実実施設計が意味するもの

- ・実施設計に基づいた（＝機器仕様が決定した）、しっかりしたエネルギーシミュレーションが二種ある。
- ・従来設計と新機軸設計の比較が同じ土俵で出来る。

1. 新システムについて運転段階の性能評価

- ・自動制御の実負荷に合わせたチューニング
- ・消費エネルギーの新システム（実績値）と従来システム（シミュレーション値）の比較

2. 国交省への省CO2技術導入成果報告への活用

- ・消費エネルギーの見える化を図り、導入成果報告書を作成

3. CxFへの業務委託により、CxF登録制度の普及を促進

- ・注目度の高い建物のCxをCxFに依頼することで、CxF登録制度を多くの人に印象付け、Cxの普及を図る。

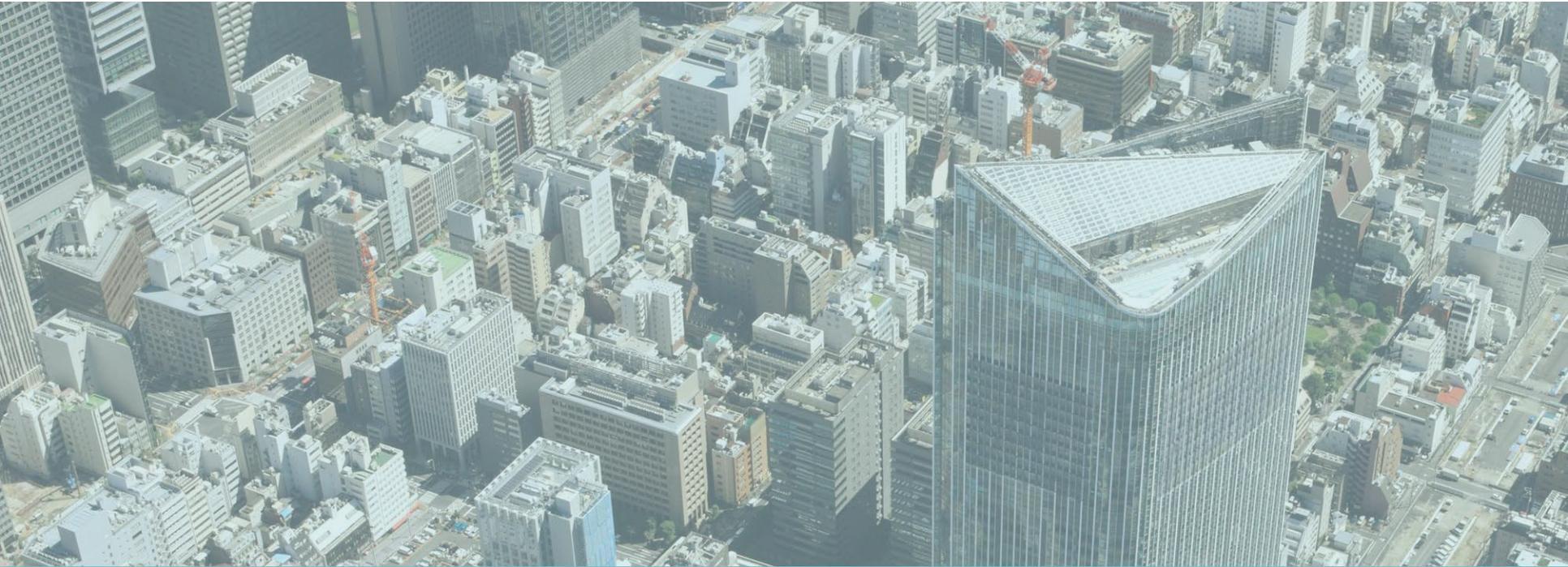
※森ビルはCxの普及が目的ではない。Cxが普及してスパイラルアップしたCxを活用して自社の建物価値向上を目指すことが目的である、という考え

○コミッショニング対象機器と費用

- ・対象機器：オーナーが決定するのが基本
→ コミッショニングを実施する目的による
- ・費用：オーナーの予算による
→ 実施者の人件費が基本。内容は実施者と協議

○虎ノ門ヒルズの場合

- ・対象機器：新システムの部位
→ 熱源設備の全て&選択階2フロアの空調設備
- ・費用：実施者の人件費
→年間 約100人工。月1回のCx会議開催とBEMSデータ分析
- ・実施機関：3年間



御清聴ありがとうございました。

建築設備コミッショニング協会 2015年 公開シンポジウム

虎ノ門ヒルズのCxプロジェクト

LOBASシステム性能検証業務の概要

株式会社 日本設計
環境・設計群

大串 辰雄



検証建物の環境配慮技術(国交省 省CO2先導事業)

■計画1: エリアカーボンハーフへの展開

- ・クラウド型テナントエネルギーWEBシステム

■計画2: 超高効率熱源LOBAS+徹底計量BEMS

- ・潜熱/顕熱分離空調システム
- ・大型大深度蓄熱槽の設置
- ・熱媒3ソース化 6°C/13°C/37°C
- ・空調機廻り、テナント専用部を詳細徹底計量

■計画3: テナント志向型スマートオフィス空間の提供

- ・調光可能型LED照明システム
- ・FM向けテナントエネルギーWEBシステム

■計画4: 積極的な緑化 6000㎡

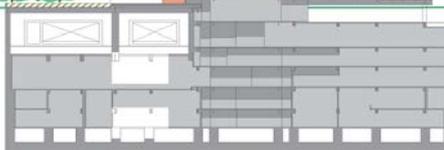
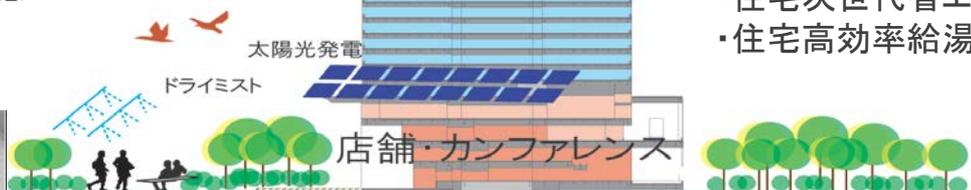
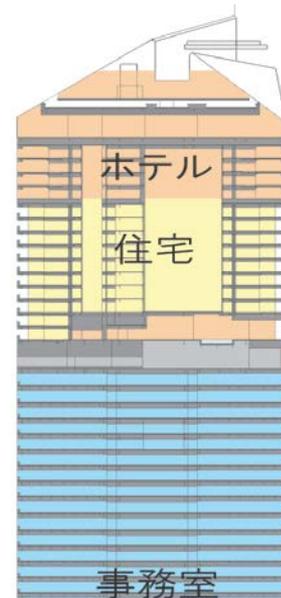
- ・緑の“量”の確保 緑化率44%
- ・緑の“質”の確保 生物多様性配慮

■計画5: エコライフを促す仕組み

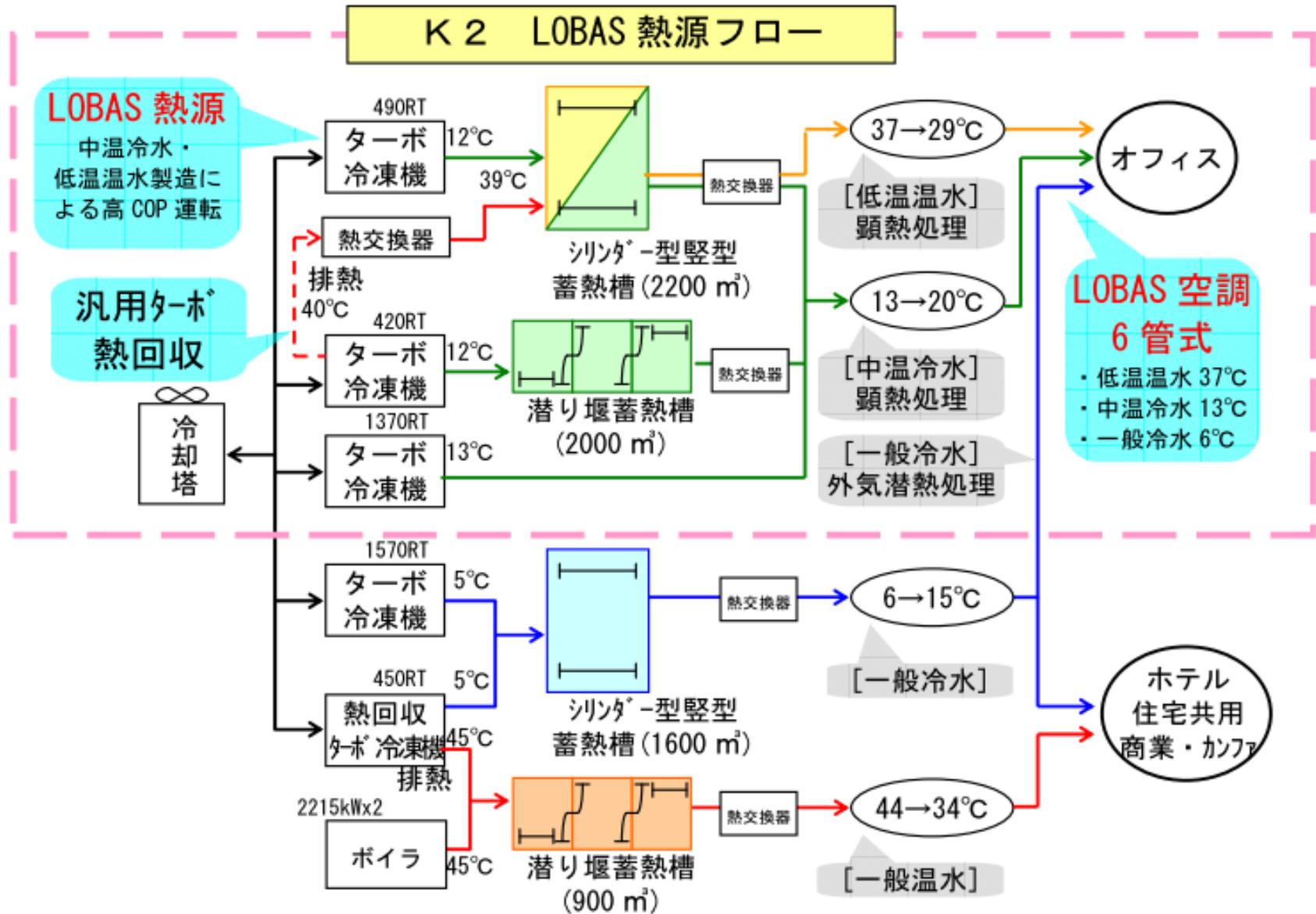
- ・いつでもどこでも見える化 (館内映像システム+WEBシステム)
- ・住宅見える化システム
- ・ドライミスト
- ・憩える緑地空間の提供

■その他ベースとなる省エネ・省CO2技術

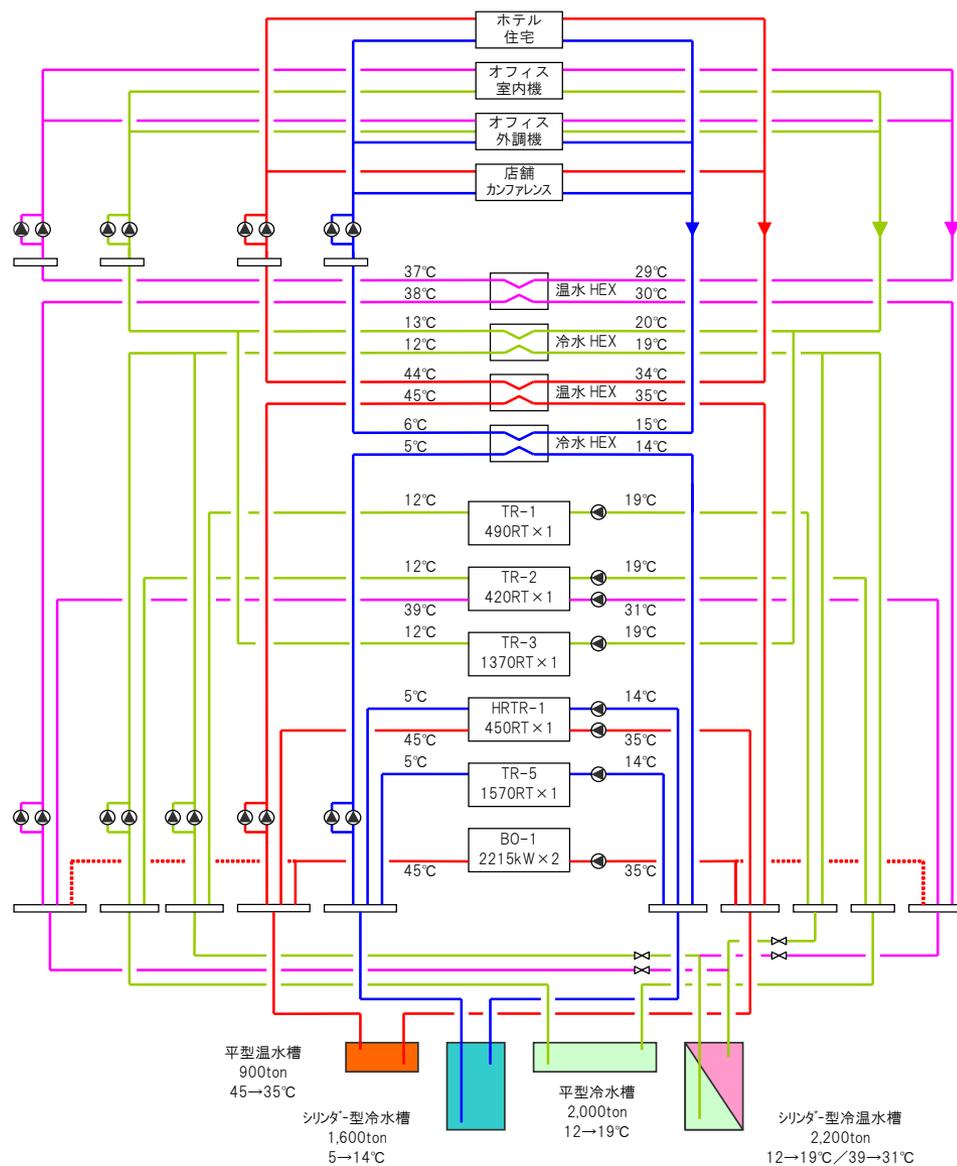
- ・太陽光発電約50kW
- ・熱負荷低減ペリスシステム (Low-Eガラス, 日射追尾制御ブラインド, 簡易エアフロー)
- ・IPMモーター
- ・大規模蓄熱槽, 大温度差送水, 可変揚程VWV制御
- ・外気冷房, CO2制御
- ・セキュリティ連動照明空調停止制御
- ・中水, 雨水再利用
- ・共用部LED、人感センサー制御
- ・住宅次世代省エネ基準断熱
- ・住宅高効率給湯, 全熱交換機



LOBAS熱源の概要



熱源フロー図



蓄熱槽配置 地下

ST-3 : 冷水槽 (5°C)
シリンダー型 水深:26.5m
1,600t

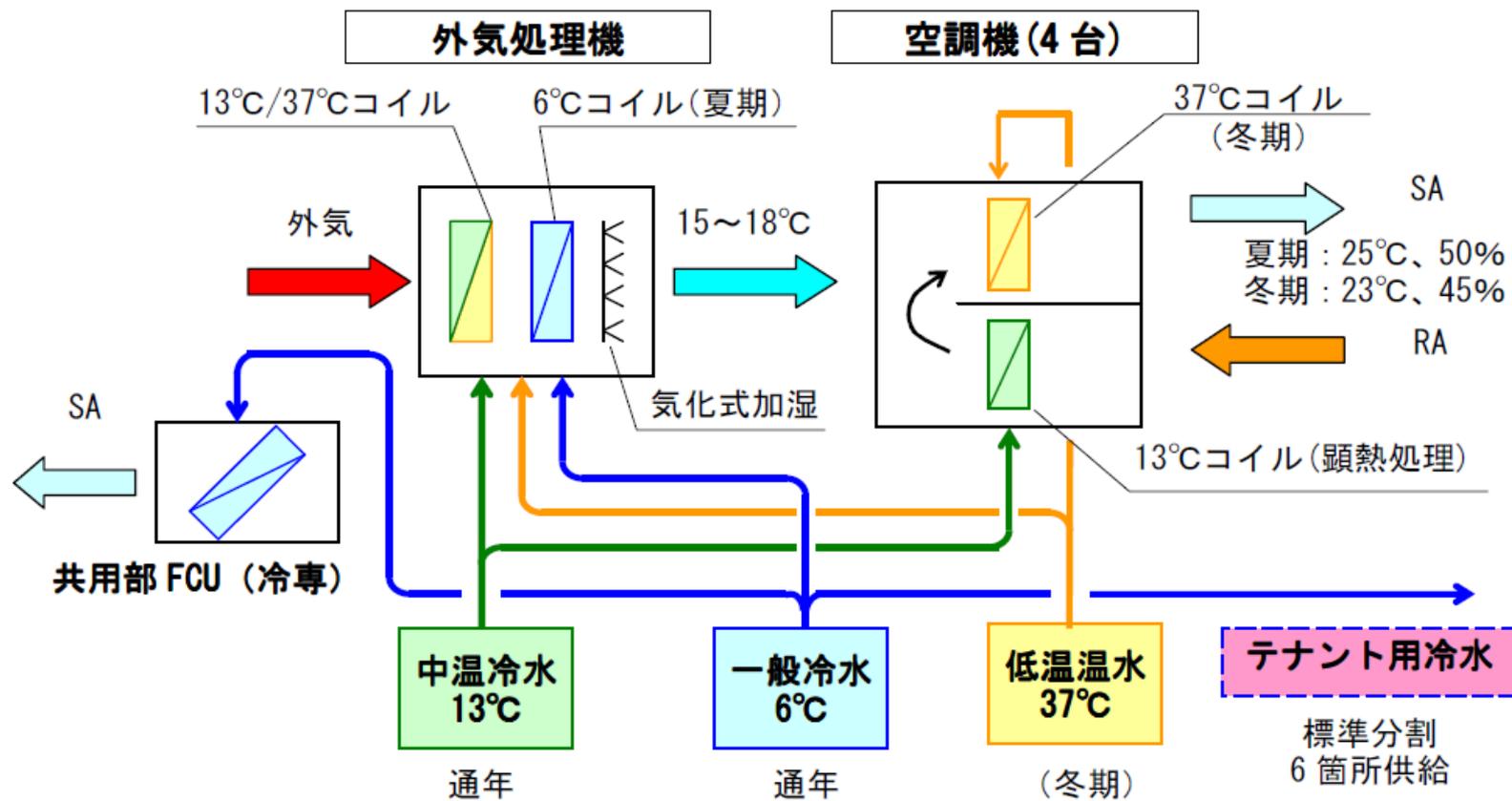
ST-1 : 冷温水槽(12°C/39°C)
シリンダー型 水深:32.5m
2,200t

ST-2 : 冷水槽 (12°C)
平型連結多層型
2,000t

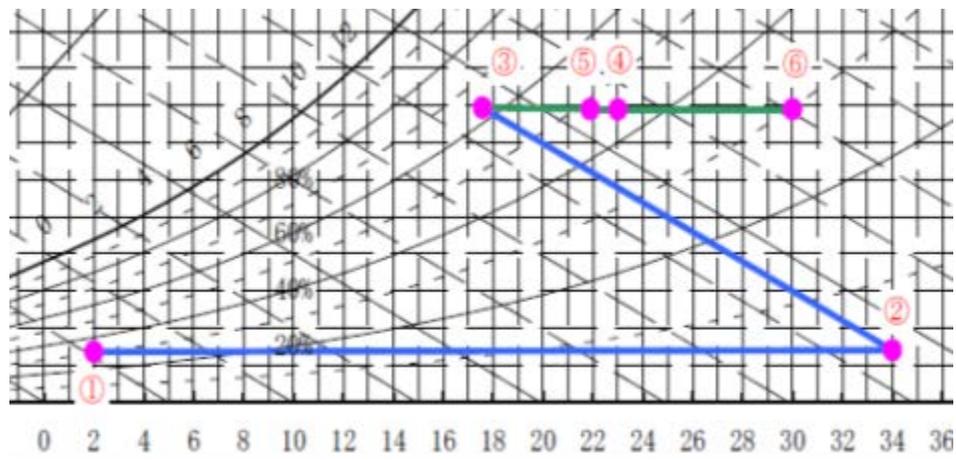
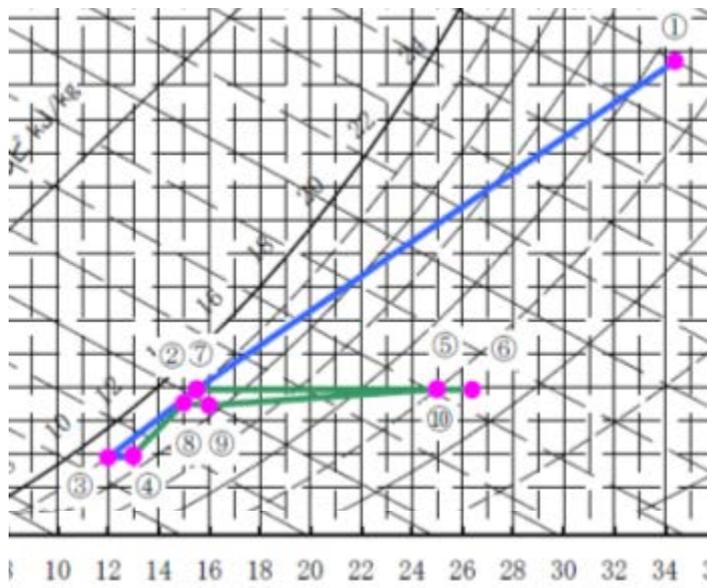
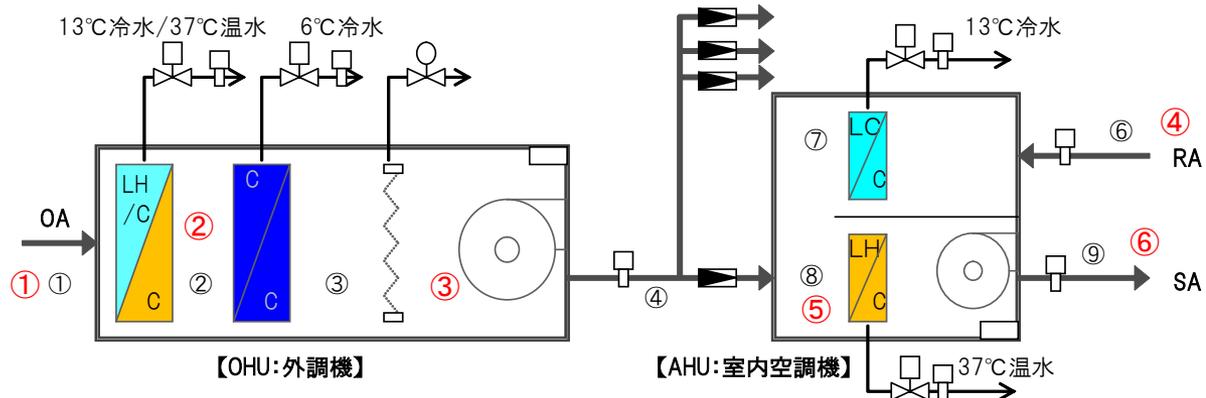
ST-4 : 温水槽 (45°C)
平型連結多層型
900t



LOBAS空調の概要



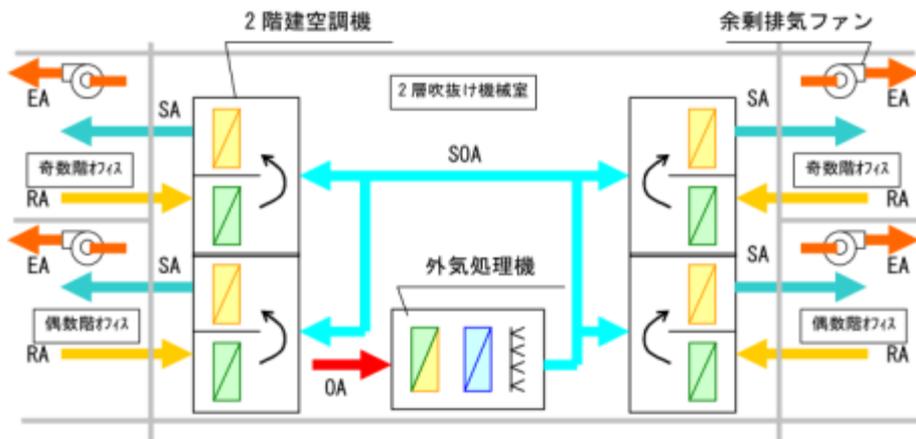
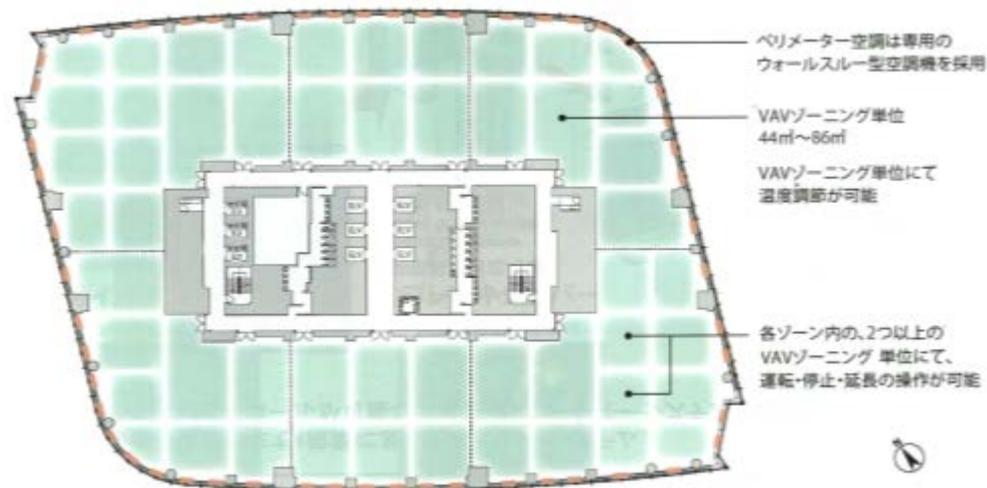
空調フロー図



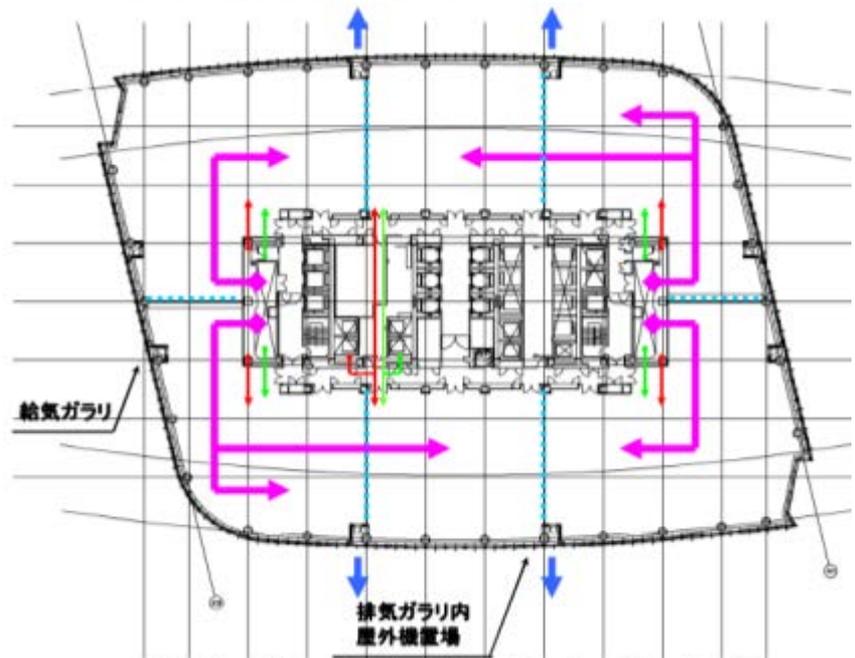
オフィス空調概要

空調システム

- ・ペリメーター: ウォールスルーユニット
- ・インテリア: LOBAS空調
外気処理機 + 空調機 (VAV)
(2台/F) (8台/F)
- ・外気各階給排気



空調機械室断面構成(2層吹抜け)



Cx 性能検証の目的

■空調設備のコンセプト

- 最新技術の積極的な採用と複合建築物にマッチした省エネルギーシステムの採用
- 「国内最高水準のカーボンマイナス性能」の実現
- 事務室の空調にLOBAS(Low-carbon Building and Area Sustainability) システムを採用

■LOBASシステム

- 中間温度熱源＋潜顕分離空調を用いた、高効率空調システム

- LOBAS熱源
- ① 12°C中温冷水製造でターボ冷凍機の高効率運転を目指す。
 - ② ターボ冷凍機37°C冷却水を温水利用する
 - ③ 大規模蓄熱槽(約6,700t)による熱源最適化運転
- LOBAS空調
- ① 13°C中温冷水で顕熱除去、6°Cで潜熱除去
 - ② 37°C低温温水の2段階加温＋水加湿

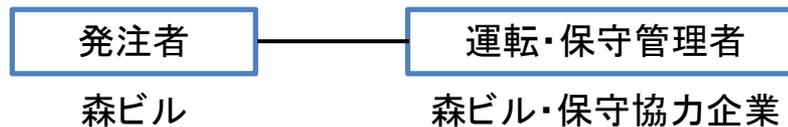


繊細かつ複雑さを含んだ空調システムであるため、運用段階での省エネルギー性実現には、細部にわたる検証が不可欠。

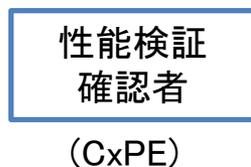
本業務では、運用開始から3カ年を対象に、CxF事業者及び関係者による性能検証を行なう。

運転フェーズにおける性能検証組織図

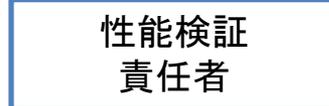
(CT) 性能検証チーム



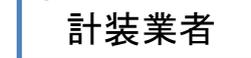
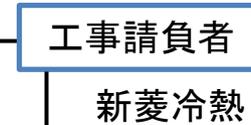
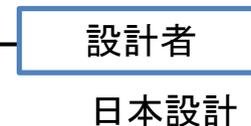
CxF事業者 日本設計



CA



(CMT) 性能検証管理チーム



アイ・ビー・テクノス
新川電機
アラス・インターナショナル 等

性能検証の範囲(熱源)

■ 熱源システムの性能検証

[単体性能]

- 13°C冷水による熱源機の性能確認
- 37°C冷却水の温熱回収システムの性能確認
- ダブルバンドル型熱回収ターボ冷凍機(6°C/44°C)の総合システム性能
- 大深度蓄熱槽を含めた蓄熱槽の性能評価

[システム性能]

- 熱源最適化運転を実現する蓄熱バッファシステムの性能検証
- 最適蓄熱利用を図るため、負荷予測も考慮した蓄熱運転モード(開始、禁止、満蓄制御等)の検証
- VWV-VMによる超高層オフィスビルでの搬送動力最小化評価
- 標準的なシステム(電気+ガスのベストミックス)に比べた削減効果算出
- シミュレーションソフトとの実測値検証

など

性能検証の範囲(空調)

■事務所系統 空調システムの性能検証

- 13°C冷水利用率の検証
- 6°C冷水による過冷却除湿と室内環境の検証
- 外調機加湿冷却と37°C低温水による暖房性能検証
- 13°C冷水の流量比例制御による返り温度特性と熱源システムへの影響評価
- 外気冷房運転と冷水利用による熱源での熱回収運転の効率比較検証

など

性能検証の項目リスト(機器単体性能)

章	項目	内容	備考
1.熱源システム			
1.1 機器単体性能			
	1.1.1	13℃冷水熱源機器	
		(1) 冷却水温度、部分負荷を考慮した機器性能妥当性	メーカー特性線図との比較(冷却水温度、負荷率による分布)
		(2) 13℃冷水による熱源効率向上を示す	6℃冷水機器とCOPを比較。(平均COP/最多出現負荷時のCOP/IPLV)
	1.1.2	39℃冷却水の温水回収機器	
		(1) 39℃固定冷却水の運転状況	熱源運転時の熱回収用運転(要求)頻度の確認
		(2) 39℃冷却水の熱回収量把握	39℃低温水量の把握。(39℃以下の場合をどう扱うか?)
		(3) 冷却水温度条件なし時の冷水COPの把握	
		(4) 39℃冷却水出口固定による冷水製造COPの把握	
	1.1.3	熱回収(ダブルバンドル型)ターボ冷凍機	
		(1) 冷水専用運転時の機器性能	
		(2) 熱回収運転時の冷却水特性	冷却水系統へのハイパス状況の把握(冷却水温度との関係?)
		(3) 熱回収運転時の総合効率	
	1.1.4	大深度蓄熱槽	
		(1) 蓄熱槽効率の評価	槽入口流速の影響/自然温度成層効果(停止時特性)/返り温度影響
		(2) 蓄熱/放熱の運転状況検証	部分蓄熱頻度の確認/追掛け蓄熱時の影響
	1.1.5	連結多層型蓄熱槽	
		(1) 満蓄/放熱完了判断の妥当性検証	槽出口温度による放熱完了判断、満蓄判断と蓄熱量・投入熱量との関係
		(2) 蓄熱槽効率の評価	返り温度影響/もぐり堰効果/予測検証との比較
		(3) 残蓄熱、部分負荷蓄熱時の影響	

性能検証の項目リスト(熱源システム)

1.2	システム性能		
1.2.1	13℃冷水系統のシステム性能		
		(1) システムCOPの把握	6℃系統との比較
		(2) 供給比率の確認(年間/ピーク時…)	季節ごと、負荷特性ごとの寄与率把握⇔空調機制御と関連
1.2.2	熱回収システム		
		(1) 冷却水機器出口39℃制御の妥当性確認	39℃取出しするための変流量、熱交制御の確認
		(2) 熱回収運転判断の妥当性確認	温熱蓄熱判断、冷水専用運転との切替…
1.2.3	蓄熱槽を活用した熱源機器高効率運転		
		(1) システムCOPにおける蓄熱関連搬送動力影響把握	落水防止弁や熱交廻りのポンプ動力影響
		(2) 蓄熱時の熱源運転負荷率の確認	蓄熱運転時の負荷率出現頻度の確認(最適部分負荷での蓄熱)
		(3) 蓄熱時の熱源効率向上の把握	最適負荷率、低冷却水による熱源機器効率向上の確認
1.2.4	熱負荷予測による蓄熱槽最適運転制御システム		
		(1) 負荷予測による最適運転計画活用方法	
		(2) 最適運転計画によるシステム効率向上の検証	LCEMIによる計画結果との比較
1.2.5	VWV-VM搬送動力制御システム		
		(1) VM制御による圧力設定変更状況の確認	
		(2) 系統毎の検証	用途別、温度別の傾向把握
		(3) 空調機バルブ制御特性との関係	外調機、内調機による制御特性の分析とFB

性能検証の項目リスト(空調システム・他)

2. 空調システム			
2.1	2次側13℃冷水利用率	(1) 空調機廻りの13℃冷水寄与率把握	
		(2) 13℃寄与率分布の因子分析	「給気温度設定」、「外気温度」、「負荷状況」などによる寄与率特性分析
2.2	6℃冷水による過冷却除湿と室内環境	(1) 給気温度と室内温度の関係分析	
		(2) 外調機出口温度と内調機給気温度の関係性分析	外調機12℃の過冷却効果の検証
		(3) 外調機給気温度設定・制御の妥当性検証	内調機給気LDR、除湿目的などでの設定妥当性検証
2.3	2次側空調機の給気温度ロードリセット(LDR)制御の確認	(1) 給気温度ロードリセット状況の確認	L字分布であることの確認
		(2) 給気LRDと室内温度の影響分析	温度設定NGエリアの出現状況分析
2.4	外調機加温冷却と37℃低温水による暖房性能検証	(1) 低温温水による気化式加温特性の性能	外調機での気化冷却を内調機低温水で再加熱の状態確認。
		(2) 37℃温水制御と加温器飽和効率制御の性能確認	飽和効率特性の確認
2.5	13℃冷水バルブ制御による熱源システムへの影響把握	(1) 空調機制御による行／返温度への影響分析	
		(2) 外調機における外気温度とバルブ制御の性能確認	外気20℃あたりからの制御影響
2.6	外気冷房利用による熱回収熱源システムへの影響把握	(1) 外気冷房利用による冷水負荷への影響分析	13℃を減らす要因→37℃への影響
2.7	エアバラとの負荷分担比率	(1) エアバラによる熱負荷処理量の把握。	
		(2) エアバラ運転状況の把握	ON/OFF特性、運転モード状況の特性把握

性能検証の項目リスト(他)

3. その他			
3.1	総合エネルギー	(1) トータルエネルギー量分析	電力／都市ガスの総量把握
		(2) 用途別、系統別エネルギー特性の分析	
		(3) デマンド特性の分析	
3.2	給排水関係	(1) 水利用の把握	
		(2) 水バランス、用途別消費特性の把握	
3.3	ホテル厨房換気システム	(1) ……	

性能検証スケジュール

- 2. 5カ年計画
 - 初年度：現状把握、BEMSデータ確認
 - 2年度：実運用にあわせた性能分析、チューニングポイントの抽出
最適化項目の抽出、
 - 3年目：チューニング効果の検証、最適運用の検証、性能検証報告書の作成

2015 年性能検証						2014 6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
イベント・入居率	—	—	—	—	—	開業					約 50%	→
BEMS データ・システムの確認	—	—	—	—	—						○ 確認開始	○
2015 年性能検証	2015 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
稼動状況	→	約 70%	約 80%	ほぼ 100%	→	→	→	→	→	→	→	→
①設計仕様・目標値の整理				● 年間 再設定		● 中間期 再設定			● 夏季 補正		● 中間期 補正	
②BEMS データ・システムの確認	○	○	○	○ *1	○	● 中間期	○	● 夏ピーク	○	○	● 中間期	○
③運用にあわせた性能分析 チューニングポイントの抽出					◇ 抽出 中間期	○ 調整 中間期	◇ 抽出 夏季	○ 調整 夏季	● 確認 夏季		● 確認 中間期	
2016 年性能検証	2016 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
①設計仕様・目標値の整理		● 冬季 補正						● 夏季 再確認				
②BEMS データの確認	○	● 冬ピーク	○	○	● 中間期	● 除湿	○	● 夏ピーク	○	○	● 中間期	○
③運用にあわせた性能分析 チューニングポイントの抽出	○*2 温熱運転	● 冬季 ピーク			● 外冷	●	○	●		○	●	
④最適化運用調整		● 温熱供給 熱回収 最小冷熱		● 切替時期 外冷 熱回収		○ 除湿		● 夏ピーク 蓄熱			●*3 蓄熱最適 部分負荷 運転	
備考	*1: 竣工後、順次テナント入居となるためピーク検証は、2015 年 4 月からの開始。 *2: 熱回収運転の検証も冷房負荷安定期から性能検証開始とする。 *3: 最適運転モードは、2015 年度実績値を 2016 年度運用にて反映させる。											

今後の予定・課題等

■ 性能検証業務として

- ・性能検証業務の有効性の確認(コストメリット・ベネフィット)
- ・検証建物BEMSとCxF事業者とのデータオンライン連携(業務効率化)
- ・学会、シンポジウム等での情報発信
- ・省CO2先導事業報告
- ・設計へのフィードバック、技術者の育成

■ 性能検証事業者(CxF)として

- ・社内のCx確認体制の構築、ルール化
- ・専門技術者の育成(CxPE、CxTE)、技術者リソースの確保
- ・性能検証業務の収益性の確認
- ・Cx業務実績の蓄積、業務の拡大、営業戦略の検討