

無断転載禁止

2016年BSCA Cx事例紹介シンポジウム
in 東京

事例1) 虎ノ門ヒルズ森タワー

2016年3月11日

森ビル株式会社
設計統括部 設備設計部

大森 一郎



目次



1. 虎ノ門ヒルズ建物概要
2. 空調設備 設計コンセプト
 - ・LOBAS熱源概要
 - ・LOBAS空調概要
3. Cx外部委託について
 - ・外部委託した要因
 - ・外部委託で目指すもの
4. Cxの範囲と内容
5. Cxの実施体制
6. Cxの工程
7. Cx結果
8. 熱源最適運転計画のCx
9. BEMSによる性能検証の紹介

1.虎ノ門ヒルズ建物概要



- 敷地面積 : 17,069m²
- 延床面積 : 244,360m²
- 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

Copyright© 2016 Mori Building Co., Ltd. All Rights Reserved.

1.虎ノ門ヒルズ建物概要 (環境配慮技術)



- 計画1: エリアカーボンーフへの展開
 ・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℃/13℃/37℃
 ・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
 ・F M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 6000m²
 ・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+W E B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“ライト”, 簡易IPAD-3)
 ・I P Mモーター
 ・大規模蓄熱槽, 大温度差送水, 可変揚程V W V制御
 ・外気冷房, CO₂制御
 ・セキユリテ運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



■ 事務室の空調にLOBAS (Low-carbon Building and Area Sustainability) システムを採用

- ヒートポンプ特性を活かした高効率な中温冷水・低温温水システムを具現化し
- 中温冷水・低温温水が有効に活用される潜顕分離空調を採用して
- 「国内最高水準のカーボンマイナス性能」の実現を目指した

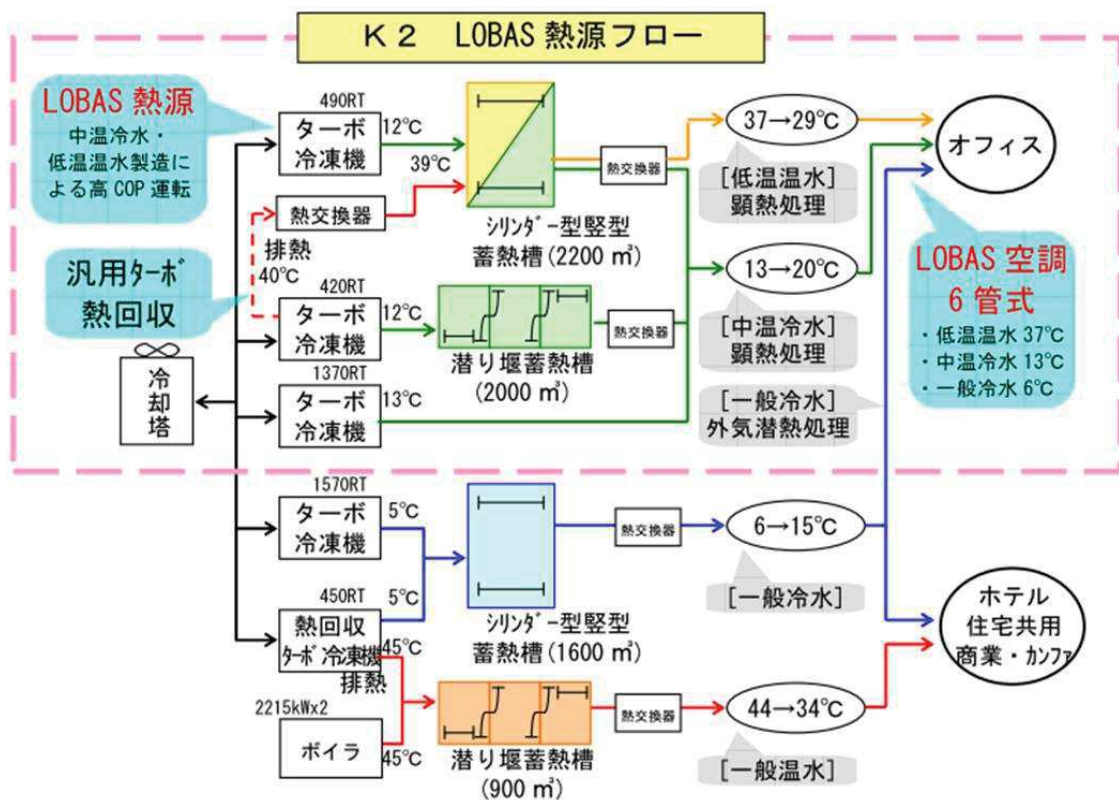
■ LOBASシステム

- 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

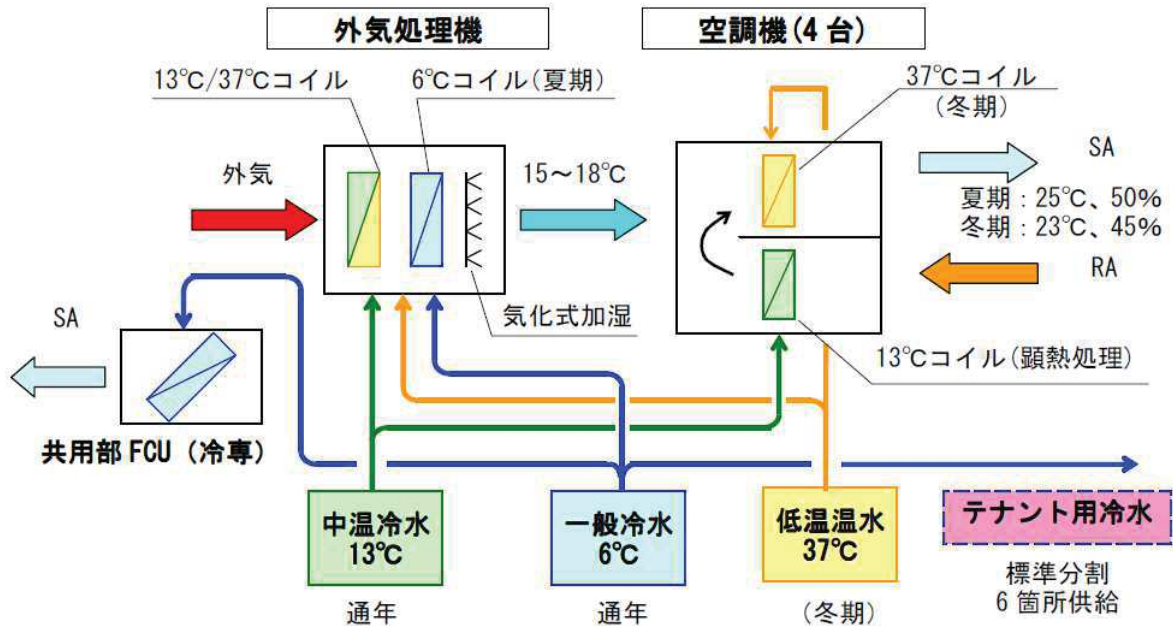
- LOBAS熱源
- ① 12℃中温冷水製造でターボ冷凍機の高効率運転を目指す。
 - ② ターボ冷凍機37℃冷却水を温水利用する
 - ③ 大規模蓄熱槽 (約 6,700 t) による熱源最適化運転

- LOBAS空調
- ① 13℃中温冷水で顕熱除去、6℃で潜熱除去
 - ② 37℃低温温水の2段階加温 + 水加湿

2.空調設備 設計コンセプト LOBAS熱源概要



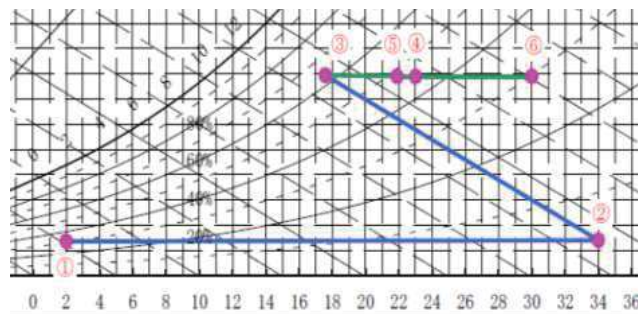
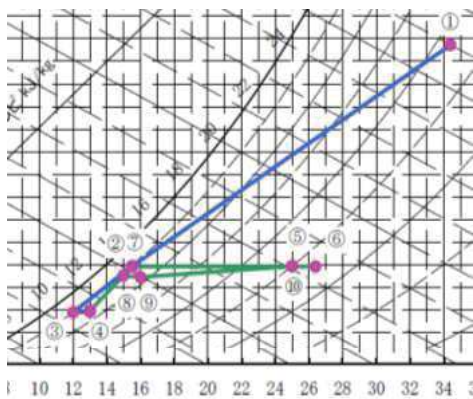
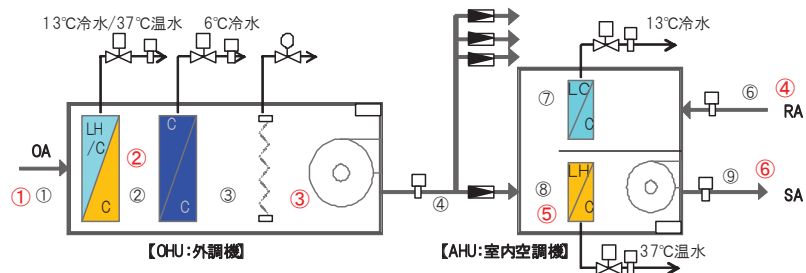
2.空調設備 設計コンセプト LOBAS空調概要



Copyright© 2016 Mori Building Co., Ltd. All Rights Reserved.

7

2.空調設備 設計コンセプト LOBAS空調概要

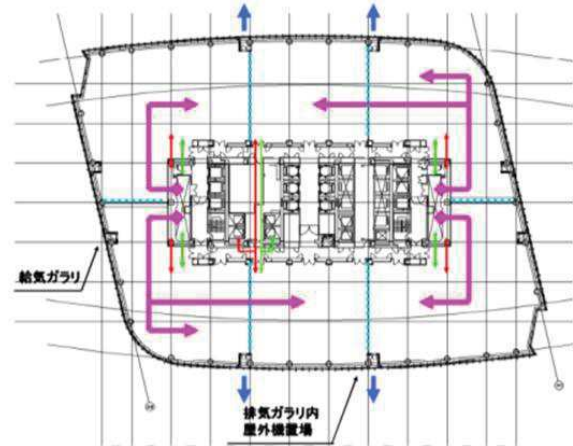
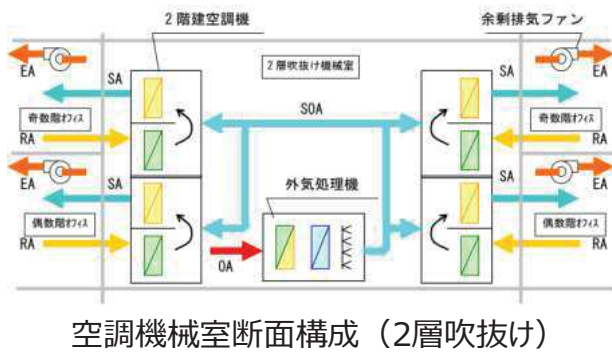
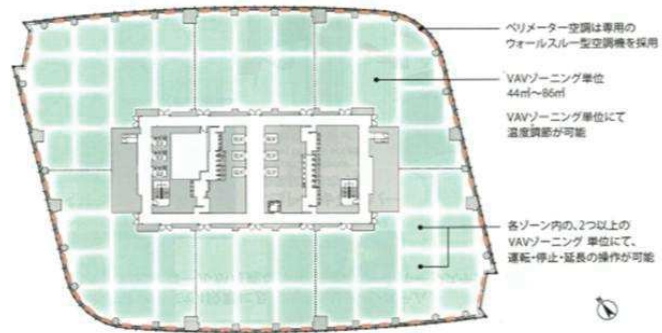


Copyright© 2016 Mori Building Co., Ltd. All Rights Reserved.

8

空調システム

- ・ペリメータ：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



3.Cx外部委託について 外部委託した要因

1. 繊細かつ複雑さを含んだシステムであるため、省エネルギー実現には運転段階のCxが不可欠であると判断した。
2. 新システムの優位性評価のためには従来システムのエネルギー・シミュレーション値が必要。
3. 設計時点でシステム比較に用いたシミュレーション・プログラムを活用すべく設計者にCxを業務委託した。
4. 実運用の性能分析とチューニングを行い、その効果検証も行うため、実施期間を3年とした。

- 1.LOBASシステム運転段階の性能評価
- 2.国交省への省CO2技術導入成果報告への活用
- 3.東京都トップレベル事業所（優良特定地球温暖化対策事業所）への活用
- 4.運転管理者のスキル向上
- 5.CxFへの業務委託により、CxF登録制度の普及促進

4.Cxの範囲と内容

■ 熱源システムの性能検証

[単体性能]

- 13℃冷水による熱源機の性能確認
- 37℃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℃/44℃）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）に比した削減効果算出
- シミュレーションソフトとの実測値検証

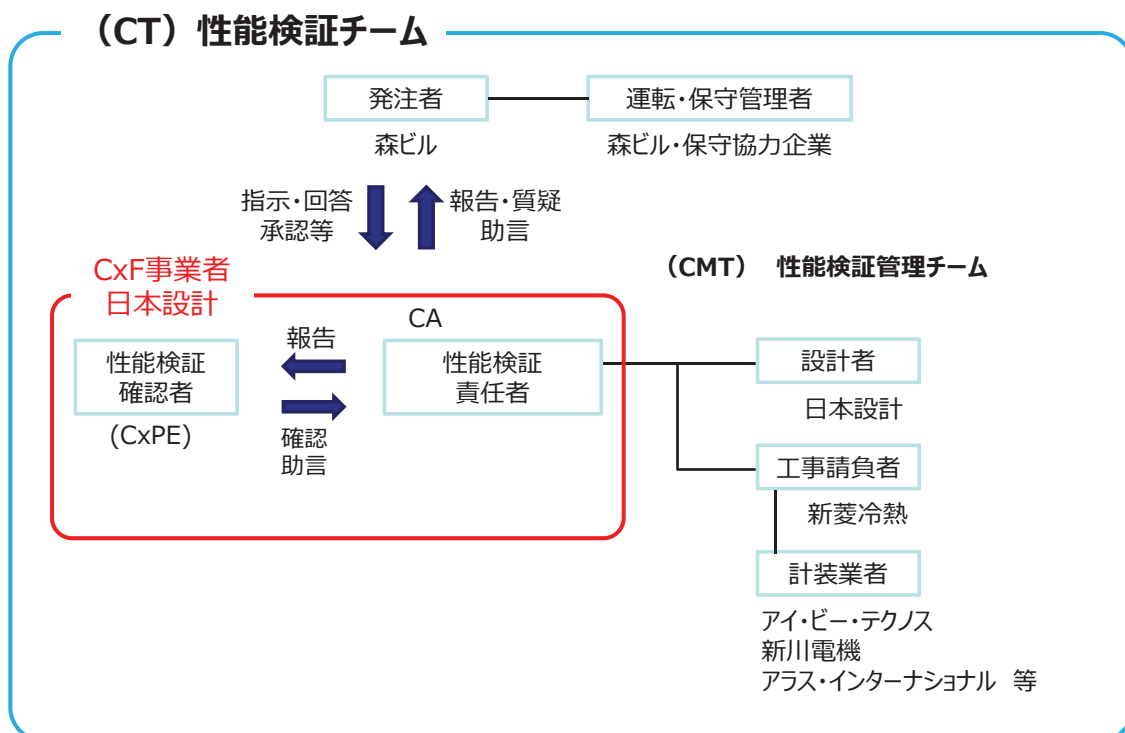
など

■ 事務所系統 空調システムの性能検証

- 13℃冷水利用率の検証
- 6℃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℃低温水による暖房性能検証
- 13℃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

5.Cxの実施体制



■ 3カ年計画

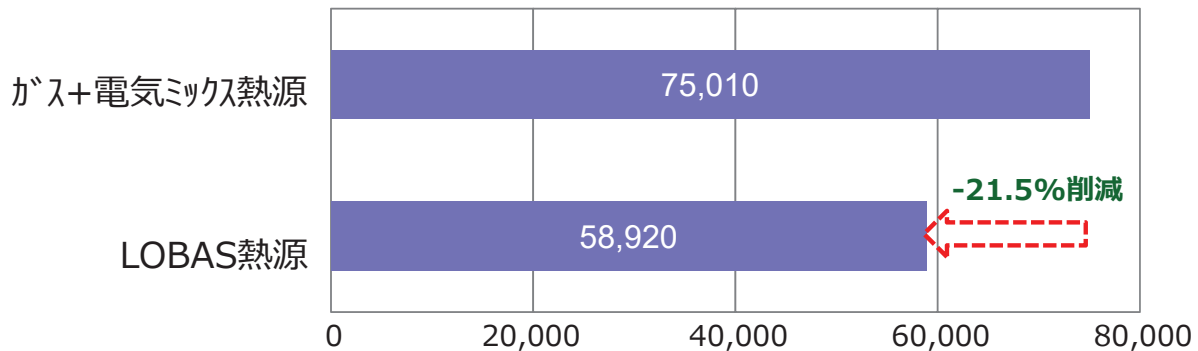
初年度：現状把握、BEMSデータ確認
 2年度：実運用にあわせた性能分析、チューニングポイントの抽出
 最適化項目の抽出
 3年目：チューニング効果の検証、最適運用の検証、性能検証報告書の作成

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	-	-	-	-	-						○	○				
					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
稼働状況	→	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	○	○	○	○	○	○	○
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	◇ 抽出 中間期	○ 調整 中間期	◇ 抽出 夏季	○ 調整 夏季	○ 調整 夏季	● 確認 夏季			● 確認 中間期			
					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			○	○	○
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。															

Copyright© 2016 Mori Building Co., Ltd. All Rights Reserved. 15

7.Cx結果 2015年運転実績

一次エネルギー量比較 [GJ/年]

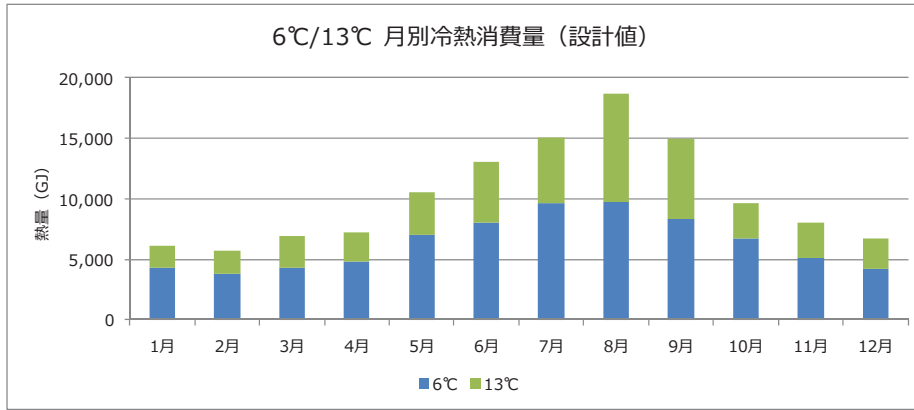


	LOBAS熱源	ガス+電気ミックス熱源
一次エネルギー量 (GJ/年)	58,920	75,010
増減 (GJ/年)	-16,090	-

※ガス+電気ミックス熱源の機器は下記と想定し（冷水は6℃のみ）、2015年実績熱負荷より一次エネルギー量を算出した。
 ・インバーターボ冷凍機：600RT×1台
 ・ターボ冷凍機：600RT×1台、530RT×1台
 ・蓄熱槽（縦型）1,900ton
 ・ガス焚温水発生機：630RT×4台
 ・真空温水機：1,853W×2台

Copyright© 2016 Mori Building Co., Ltd. All Rights Reserved. 16

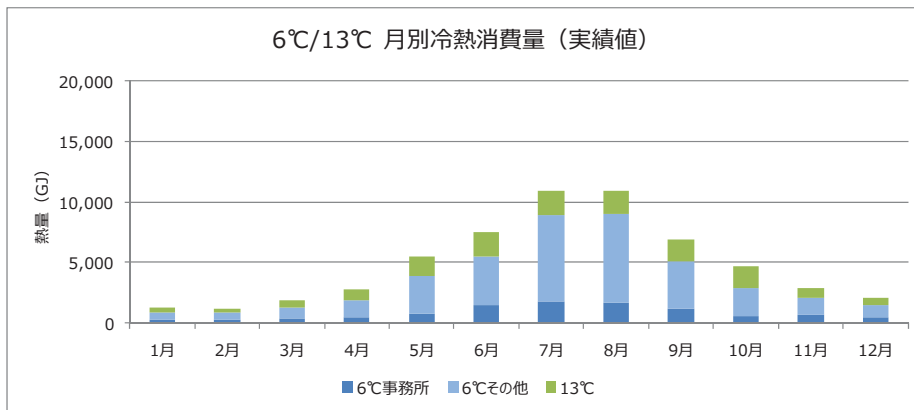
7.Cx結果 2015年運転実績



13°C中温冷水
46,788 GJ/年 (38.1%)

6°C低温冷水
75,877 GJ/年 (61.9%)

合計 122,665 GJ/年

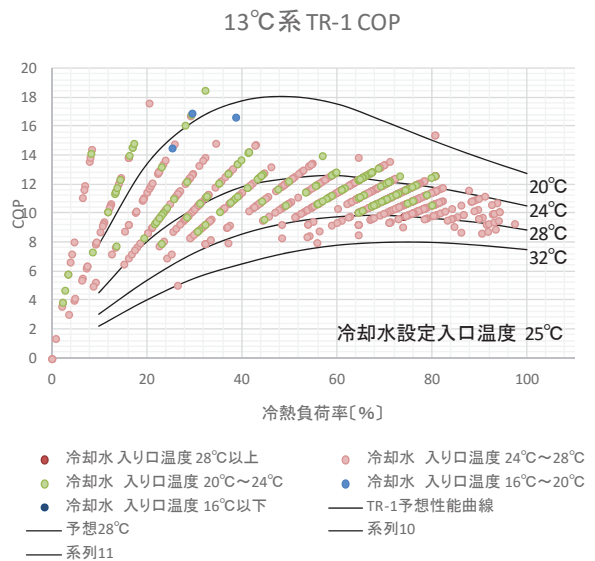
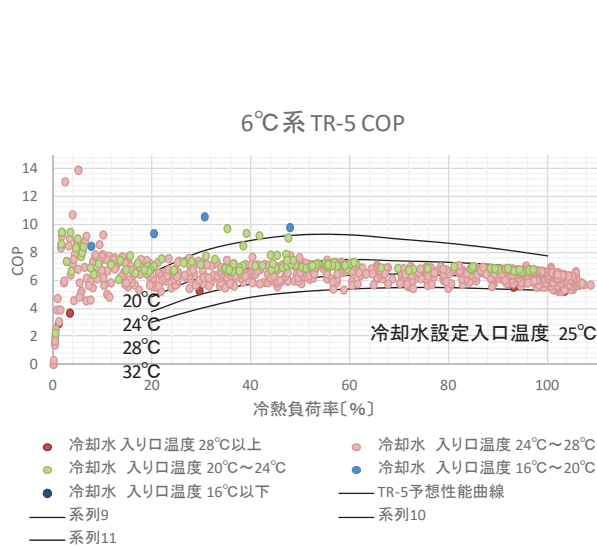


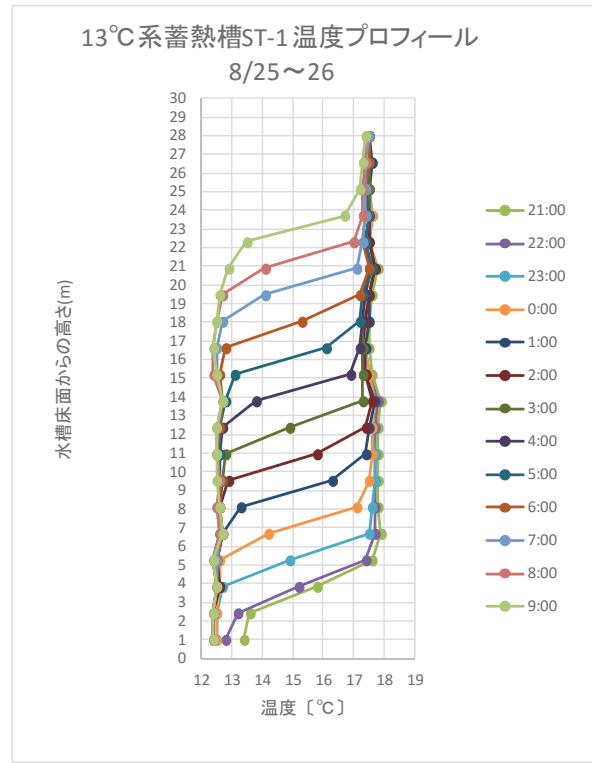
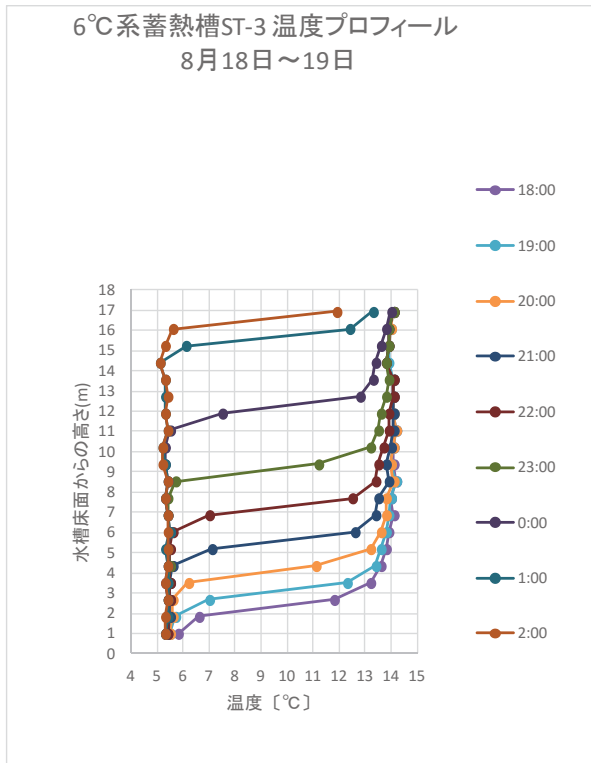
13°C中温冷水
15,083 GJ/年 (25.7%)

6°C低温冷水
43,541 GJ/年 (74.3%)

合計 58,624 GJ/年

7.Cx結果 性能検証事例 熱源機器単体効率

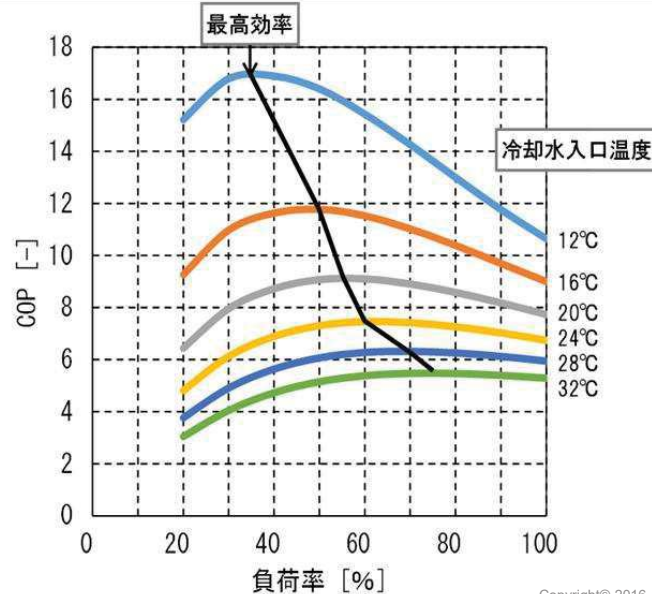




8.熱源最適運転計画のCx

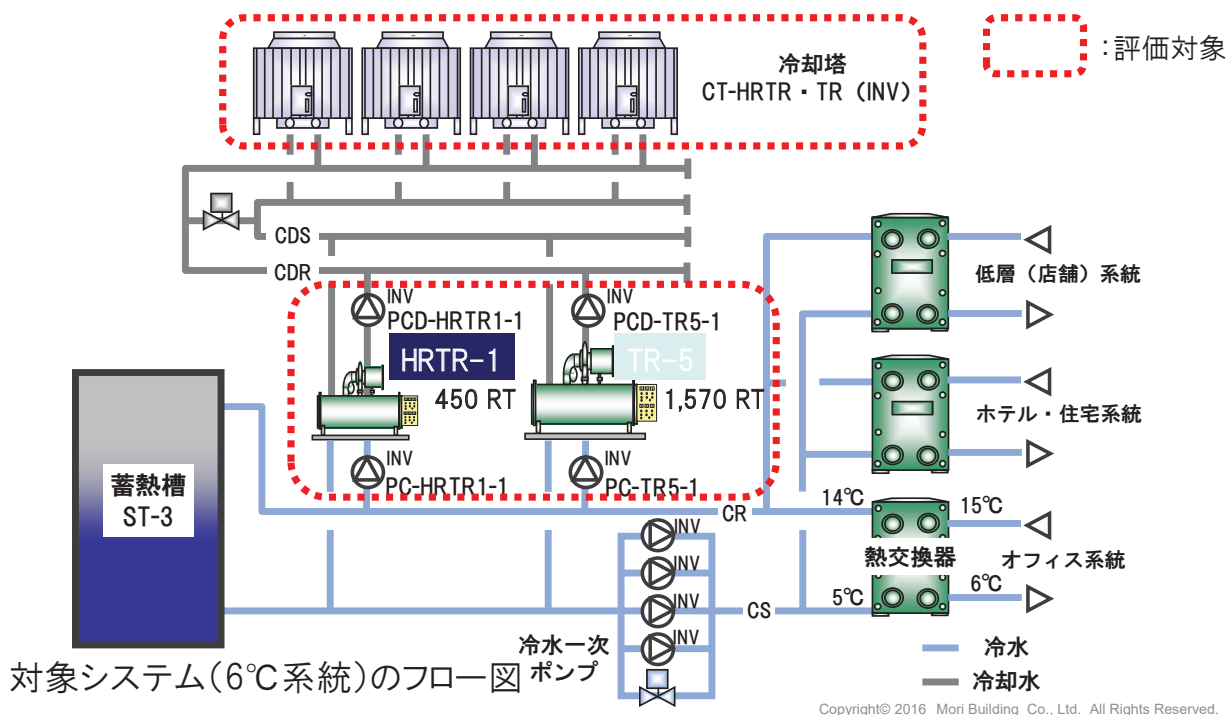
熱源最適運転計画とは

インバーターボ冷凍機の特性を最大限に活用するため、**熱源システムCOPが高い負荷率で一定の出力で運転したい。**



熱源最適運転計画の対象範囲

- 冷凍機本体、冷却塔、冷却水ポンプ、冷水ポンプが、エネルギー消費量の評価対象。



熱源最適運転パターンの算出

最適運転パターンは、エネルギー消費量のシミュレーションにて24時間の積算エネルギー消費量を算出・比較して決定する。

- 与条件

24時間の冷房要求熱量 (ピーク日に対する比率) と 外気湿球温度 の2項目

24時間の冷房要求熱量 (ピーク日に対する比率)	%	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	10通り
外気湿球温度	°CWB	6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30	13通り

これらの組合せに対して、最適運転パターンを導く。

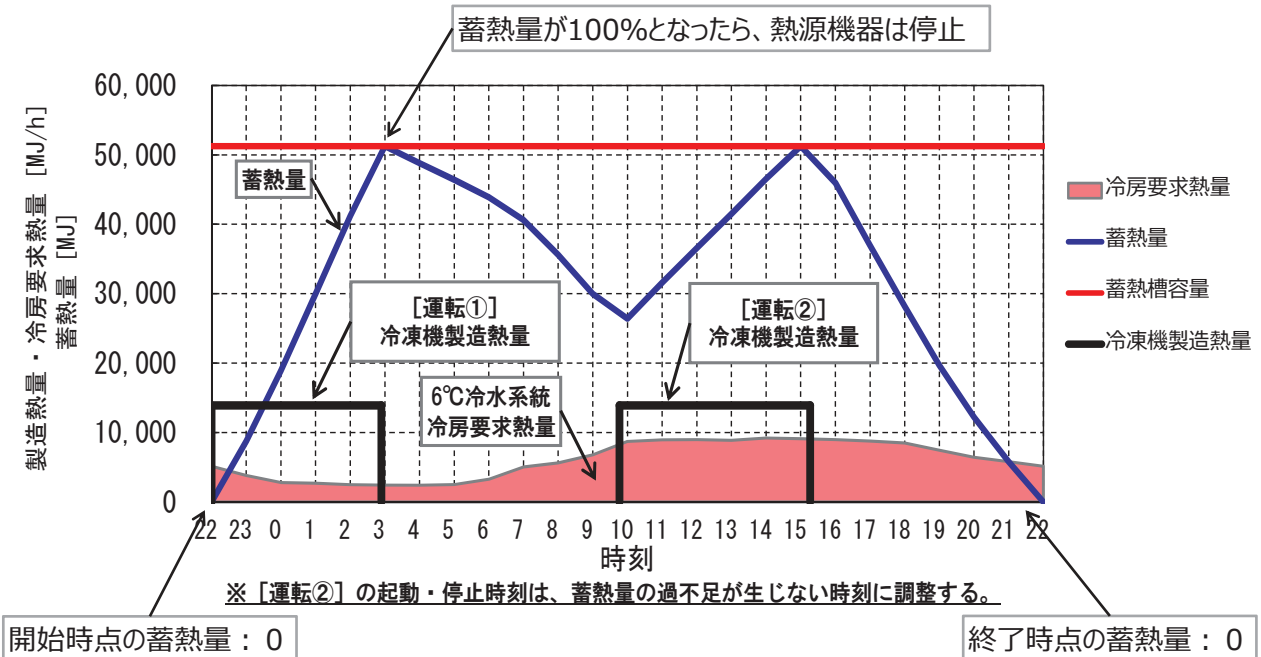
- パラメータ

熱源機器の負荷率をパラメータとして、ケーススタディを行う。

HRTR-1	負荷率	%	0(停止) 50 60 70 80 90 100	7通り
TR-5	負荷率	%	0(停止) 50 60 70 80 90 100	7通り

熱源最適運転パターンの算出

■ 24時間の運転トレンドの例

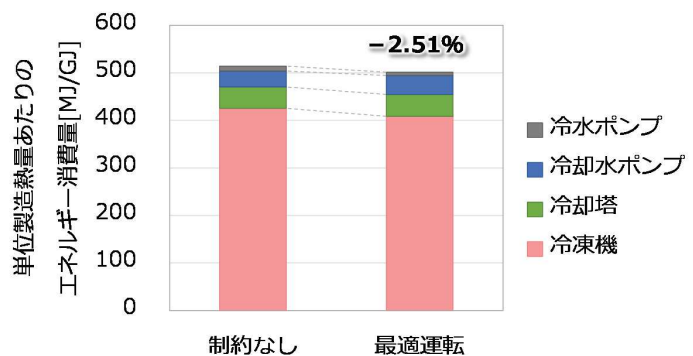


エネルギー削減の効果

エネルギー消費量の実績

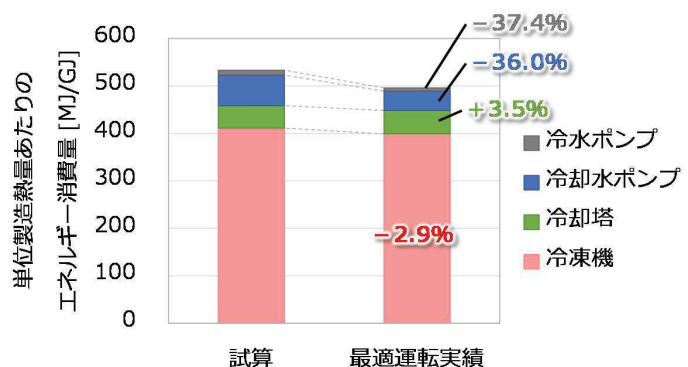
制約なし：2015年8月10日（月）
～8月16日（日）

最適運転：2015年8月17日（月）
～8月23日（日）



試算との比較

2015年8月20日（木）実績を抜粋



9. BEMSによる性能検証の紹介



15 エネルギー性能評価 (冷熱源)

表示期間 ● 月報 (日データ) 2014年 9月 1日(月) ~ 2014年 9月 30日(火)
 ○ 年報 (月データ) 2015年 12月 ~ 2015年 12月

判定 OK NG -

表示 リセット

No.	種別	システム	項目	評価値	判定条件	実測値	判定	参考値	備考	グラフ
01	評価指標	冷凍機	C-TR-1単体COP	12.1 ***	評価値 $\geq -20\%$	13.8 ***	OK	56.4 %	参考値: 冷凍機の負荷率	C-TR-1ターボ冷凍機単体COP-負荷率相関
02	評価指標	冷凍機	C-TR-2単体COP	11.9 ***	評価値 $\geq -20\%$	14.0 ***	OK	59.8 %	参考値: 冷凍機の負荷率	C-TR-2ターボ冷凍機単体COP-負荷率相関
03	評価指標	冷凍機	C-TR-3単体COP	8.6 ***	評価値 $\geq -20\%$	11.8 ***	OK	49.5 %	参考値: 冷凍機の負荷率	C-TR-3ターボ冷凍機単体COP-負荷率相関
04	評価指標	冷凍機	C-TR-5単体COP	7.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	9.0 ***	OK	93.3 %	参考値: 冷凍機の負荷率	C-TR-5ターボ冷凍機単体COP-負荷率相関
05	評価指標	冷凍機	C-HRTR-1 ターボ冷凍機_冷専時 単体COP	***	評価値 $\geq -20\%$	***	-	%	参考値: 冷凍機の負荷率	HRTR-1熱回収型ターボ冷凍機単体COP-負荷率相関_冷専時
06	評価指標	冷凍機	C-HRTR-1 ターボ冷凍機_熱回収時 単体COP	6.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	7.2 ***	OK	142.0 %	参考値: 冷凍機の負荷率	HRTR-1熱回収型ターボ冷凍機単体COP-負荷率相関_熱回収時
07	評価指標	冷凍機	C-TR-1システムCOP	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	6.3 ***	OK			C-TR-1~3・5、HRTR-1冷凍機システムCOP負荷率相関
08	評価指標	冷凍機	C-TR-2システムCOP	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	6.8 ***	OK			C-TR-1~3・5、HRTR-1冷凍機システムCOP負荷率相関
09	評価指標	冷凍機	C-TR-3システムCOP	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	13.3 ***	OK			C-TR-1~3・5、HRTR-1冷凍機システムCOP負荷率相関
10	評価指標	冷凍機	C-TR-5システムCOP	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	7.5 ***	OK			C-TR-1~3・5、HRTR-1冷凍機システムCOP負荷率相関
11	評価指標	冷凍機	C-HRTR-1システムCOP_冷専時	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	***	-			C-TR-1~3・5、HRTR-1冷凍機システムCOP負荷率相関
12	評価指標	冷凍機	C-HRTR-1システムCOP_熱回収時	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	4.7 ***	OK			HRTR-1熱回収型ターボ冷凍機単体COP-負荷率相関_熱回収時
13	評価指標	冷凍機	LOBAS熱源全体システムCOP	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	7.5 ***	OK			熱源全体システムCOP (一次エネルギー換算) 負荷率相関
14	評価指標	冷凍機	LOBASオフィスシステムCOP	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	7.7 ***	OK			熱源全体システムCOP (一次エネルギー換算) 負荷率相関
15	評価指標	冷凍機	LOBASオフィス以外システムCOP	4.0 ***	評価値 $\geq -20\%$	7.4 ***	OK			熱源全体システムCOP (一次エネルギー換算) 負荷率相関
21	評価指標	冷凍機	C-TR-1 ターボ冷凍機出入口温度差	7.0 °C	評価値 $\geq -20\%$	3.9 °C	NG	89.4 m3/h	参考値: 冷凍機の冷水流量	C-TR-1ターボ冷凍機出入口流量-温度差相関
22	評価指標	冷凍機	C-TR-2 ターボ冷凍機出入口温度差	7.0 °C	評価値 $\geq -20\%$	4.2 °C	NG	82.1 m3/h	参考値: 冷凍機の冷水流量	C-TR-2ターボ冷凍機出入口流量-温度差相関
23	評価指標	冷凍機	C-TR-3 ターボ冷凍機出入口温度差	7.0 °C	評価値 $\geq -20\%$	4.5 °C	NG	1.1 m3/h	参考値: 冷凍機の冷水流量	C-TR-3ターボ冷凍機出入口流量-温度差相関
24	評価指標	冷凍機	C-TR-5 ターボ冷凍機出入口温度差	9.0 °C	評価値 $\geq -20\%$	8.3 °C	OK	184.7 m3/h	参考値: 冷凍機の冷水流量	C-TR-5ターボ冷凍機出入口流量-温度差相関

9. BEMSによる性能検証の紹介



マテリアルバランスによる異常値の発見

⇒数値の異常 ⇒原因の特定 ⇒是正案の検討 ⇒是正確認

