

事例

京都駅ビル熱源・空調改修工事 コミッショニングプロジェクト

オーナー : 高浦敬之 (京都駅ビル開発(株)・常務取締役)
CxFとして : 吉田治典 (BSCA理事長 京都大学名誉教授)

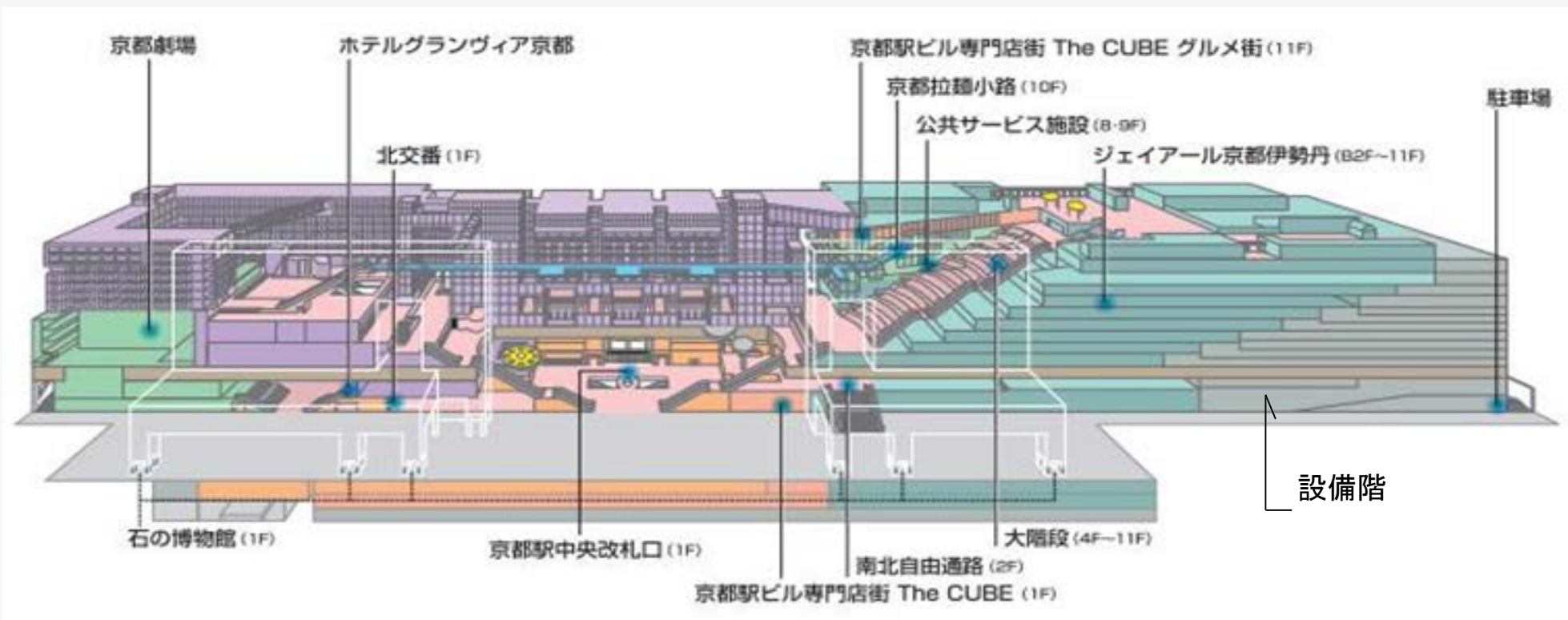
背景

本プロジェクトにおけるコミッショニングの位置付け

オーナー：京都駅ビル開発(株)・高浦敬之

京都駅ビル

- 平安建都1200年の記念事業として計画
- 景観について協議を重ね、長く使い続けることを期待される建物
- 京都駅を含む複合用途； 駅、百貨店、ホテル、劇場、専門店
延床面積235,942m² 階数 地上16階 地下3階 高さ60m



平成 2年度(1990年) 京都駅ビル設計に関して国際コンペ実施
→ 原広司案当選

9年度(1997年) 京都駅ビル完成

20年度(2009年1月) 京都市 環境モデル都市 に選定

→ 単体建物では京都駅ビルが、
京都市で最もエネルギー消費が多い (?)

→ 環境モデル都市を代表するビルに改修を決断

22年度(2010年) ~ コミッショニングプロセスを導入

26年 (2014年) 設計

27年 (2015年) 改修工事開始



2010年頃の問題認識

京都市の目標

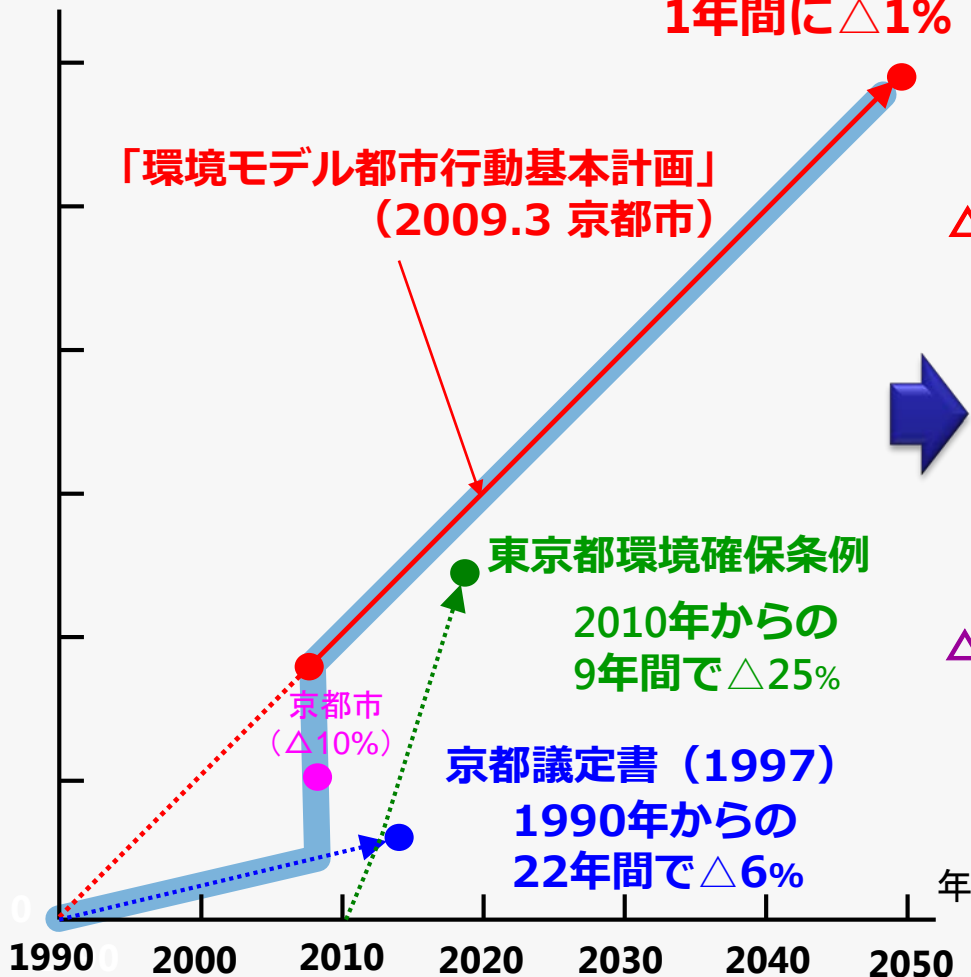
1990年からの
60年間で $\Delta 60\%$

||
1年間に $\Delta 1\%$

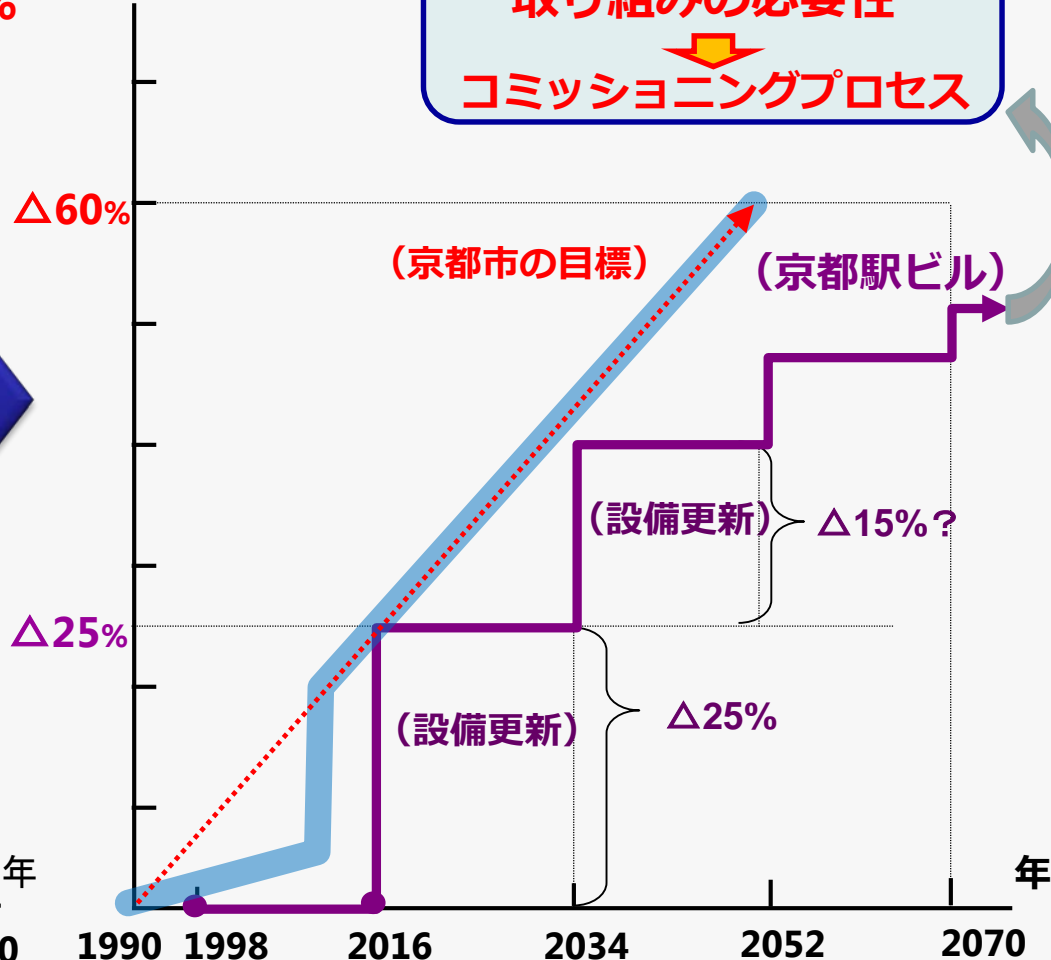
京都駅ビルの場合

今までにない
取り組みの必要性
↓
コミッショニングプロセス

削減率

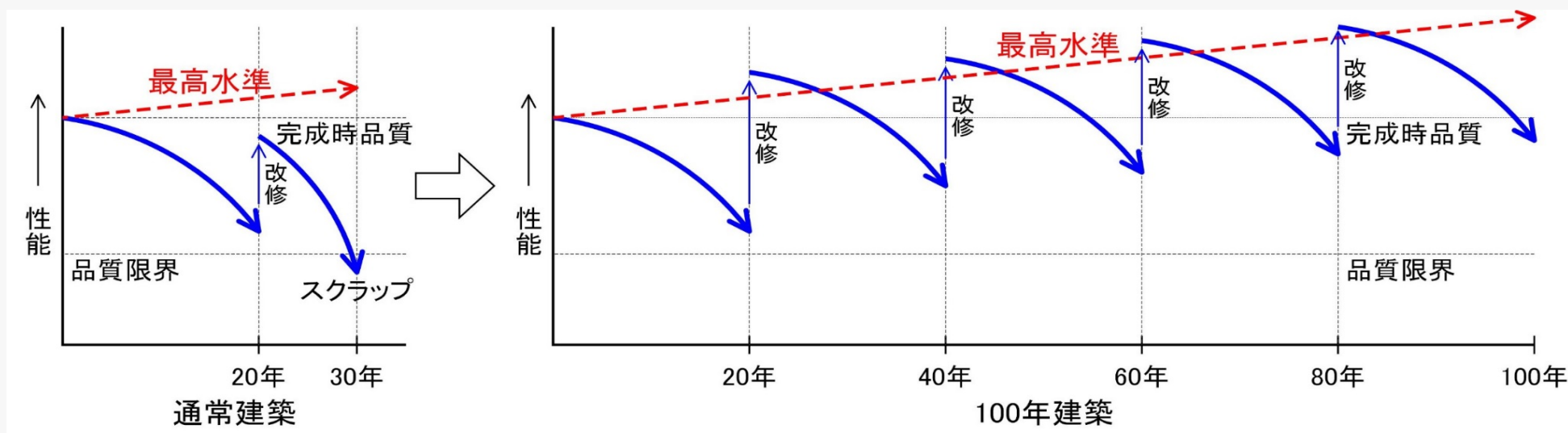


削減率



100年建築を実現するための設備要件

既存改修でありがちな、
老朽取替ではなく、
現時点での**最高水準設備に改修し**
高い建物**性能を維持する**

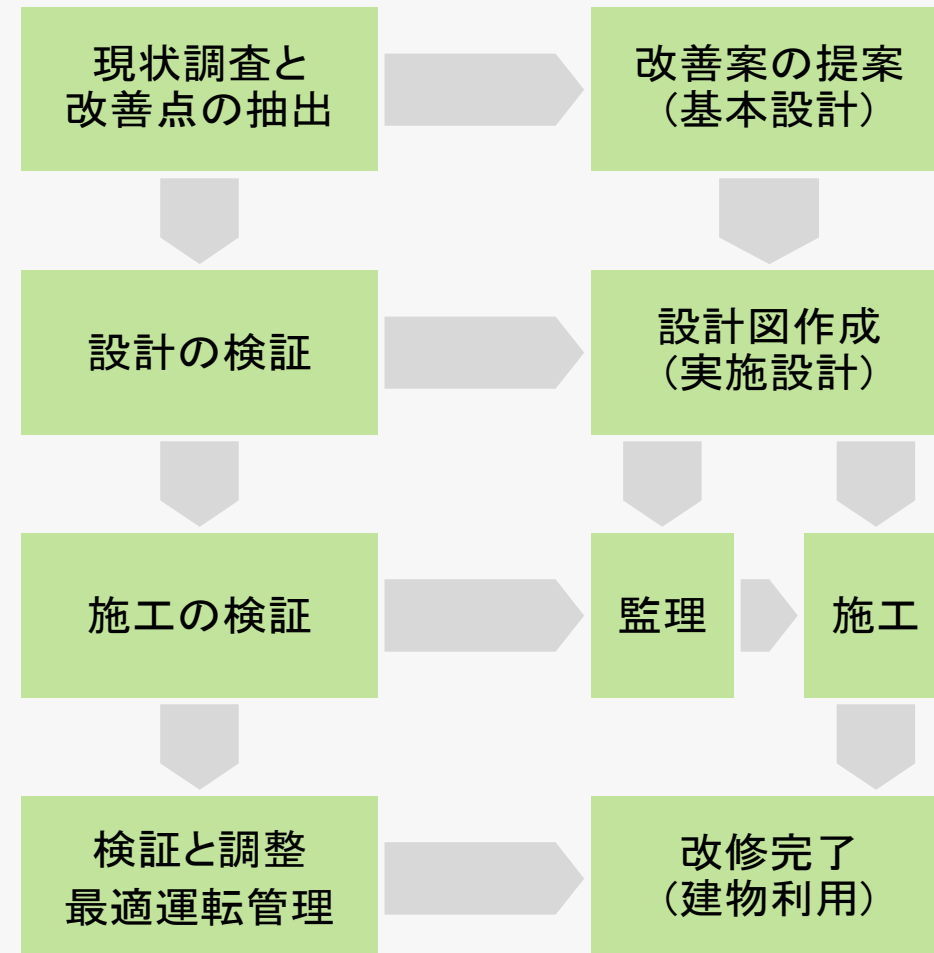


コミッショニングプロセスの導入

省CO₂を確実に実行するため、設計者とは独立した、**コミッショニング委員会**を立ち上げ

- ・ 現状調査
 - ・ 企画
 - ・ 設計
 - ・ 施工
 - ・ 運用
- 既に実施
- これから実施

の各段階でコミッショニングプロセスを導入

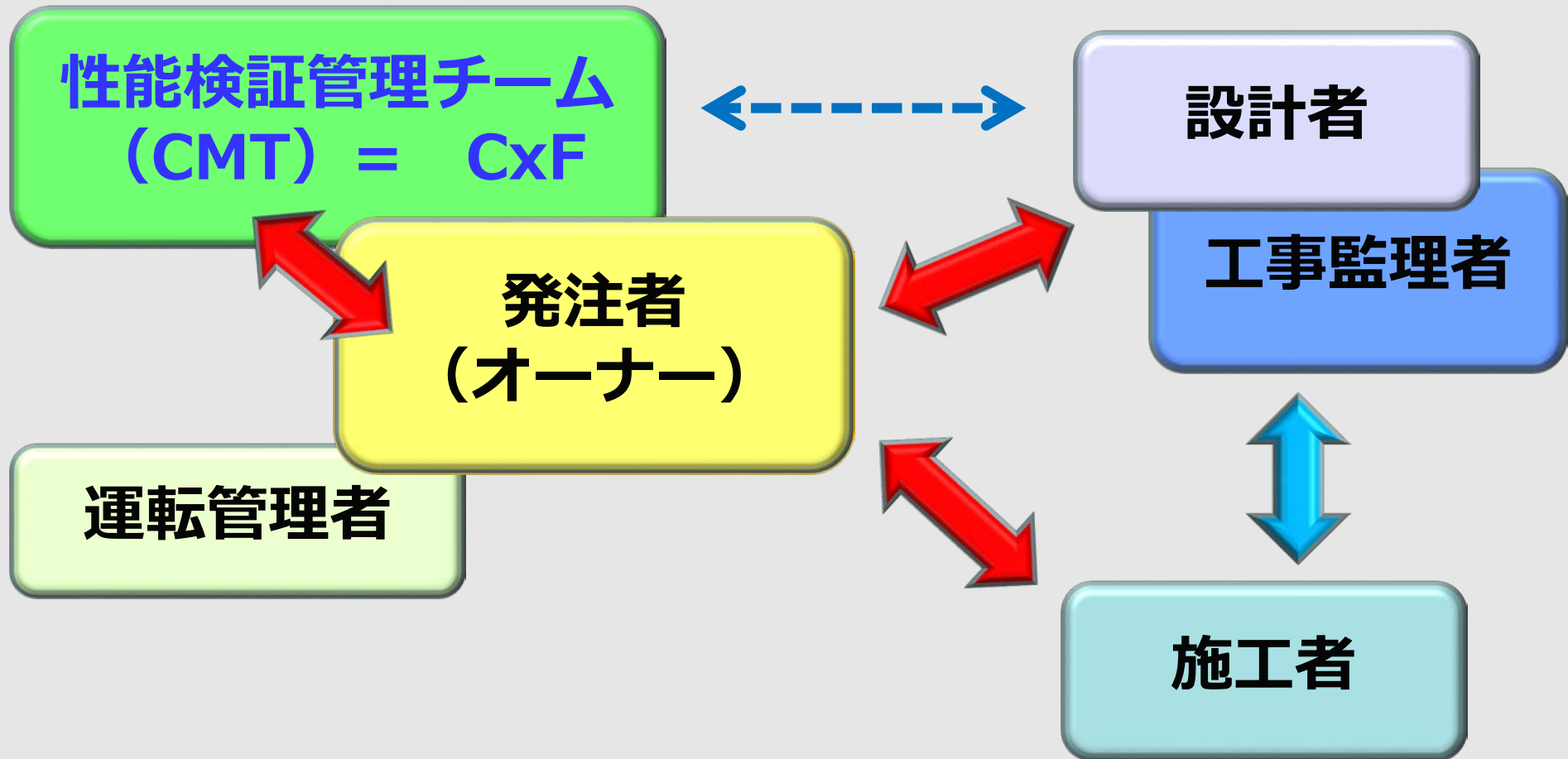


実践

コミッショニングの進め方と実施概要

CxF : 吉田治典 (京都大学名誉教授)

性能検証チーム (性能検証会議)



性能検証管理チーム (CMT)

Cx管理チーム (CMT) = CxF

BSCAの会員で構成し、BSCAが先導的Cx事業として受託

吉田治典	(京都大学名誉教授)	CxPE	CA (統括)
松下直幹	(アレフネット)	CxTE	設計/BEMSシステム
柳原隆司	(東京電機大学教授)	CxPE	設計/最適化
赤司泰義	(東京大学教授)		研究/Cxツール
下田吉之	(大阪大学教授)		研究/エネルギーマネジメント
杉浦修史	(武庫川女子大学教授)		設計/システム全般
岡 敦郎	(森村設計)	CxPE	設計/システム全般
山本雄二	(JR東日本ビルテック)		設計/エネルギーマネジメント
中森 彰	(東京電気管理技術者協会)		電力/エネルギーマネジメント
矢部克明	(関電エネルギーソリューション)		施工/熱源システム
青山博昌	(ニュージェック)	CxPE	設計/熱源システム

設計者・工事監理者 日建設計

施工者 高砂熱学・テクシア共同企業体

コミッショニングプロセスの実践



CxF : BSCA

1. 調査フェーズ

1.1 現状調査・分析

1.2 シミュレーション検証

調査フェーズ
(2010年度)



基本設計(企画)フェーズ
(2011年度)



実施設計フェーズ
(2014年4-10月)



施工設計フェーズ
(2015年1月-2017年6月)



適正化フェーズ
(2017年7月-2019年6月)

調査フェーズ実施概要

● 京都駅ビル設備改修企画設計プロジェクト検討委員会 立上げ

【実施業務】 現状分析・課題の整理、改修案提示

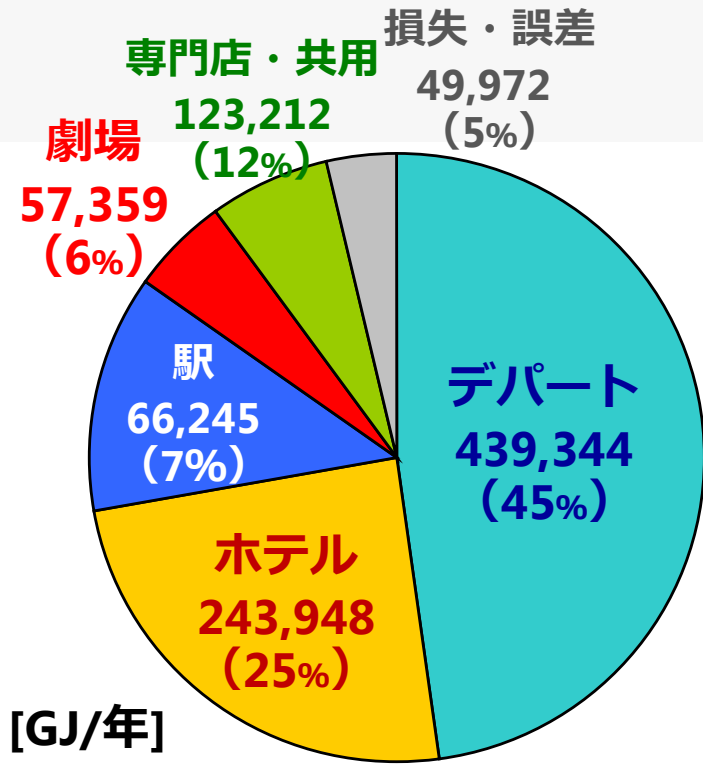
- ・ BEMSデータ分析
 - 自動制御メーカーにも協力要請
(メーカー遠隔保守管理で収集された1分データも活用)
- ・ 現地調査、現場補完計測
 - エネルギー消費用途仕分けのため
 - 抽出された課題の詳細調査のため
- ・ 改善・改修提案とシミュレーションによる効果推定



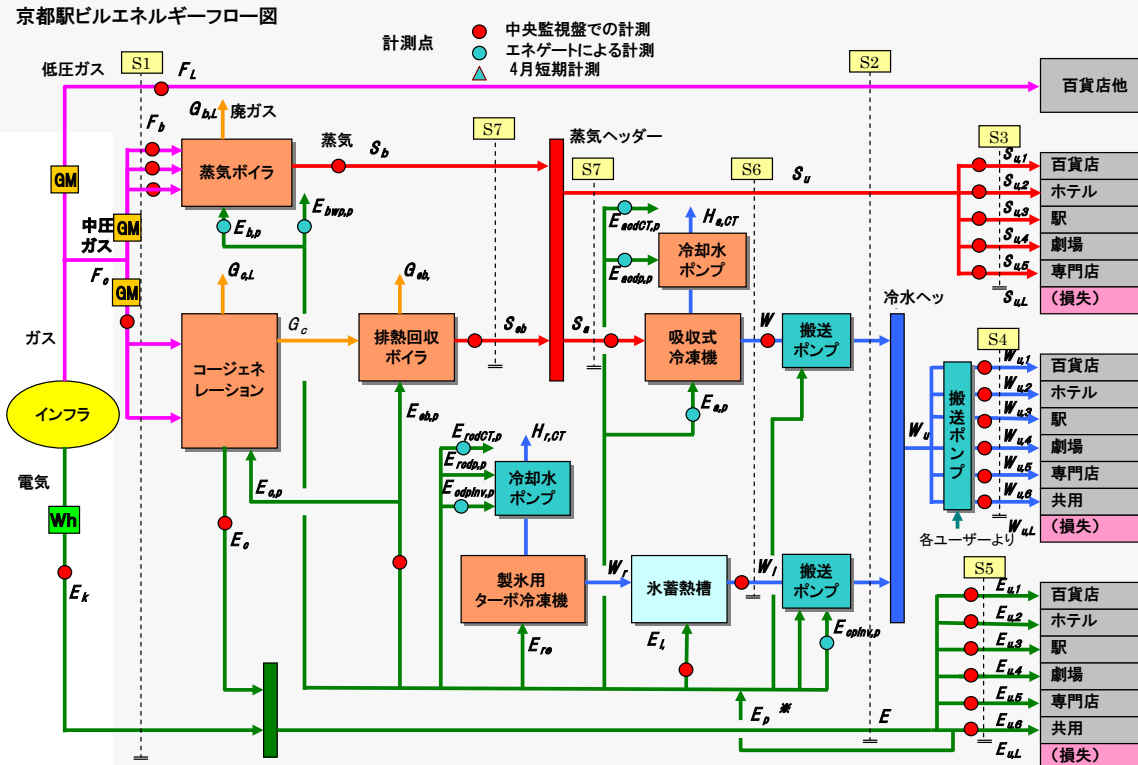
定期的に性能検証会議を実施し、データ解析の結果にもとに議論し
問題点の整理、解決方法の検討・改修提案を報告書にまとめた

データ分析例(1) エネルギー消費量分析①

- 駅ビル全体一次エネルギー使用量
 - ・ 年間合計：980TJ
 - ・ デパート・ホテルで70%の消費



【エネルギーフローの調査】

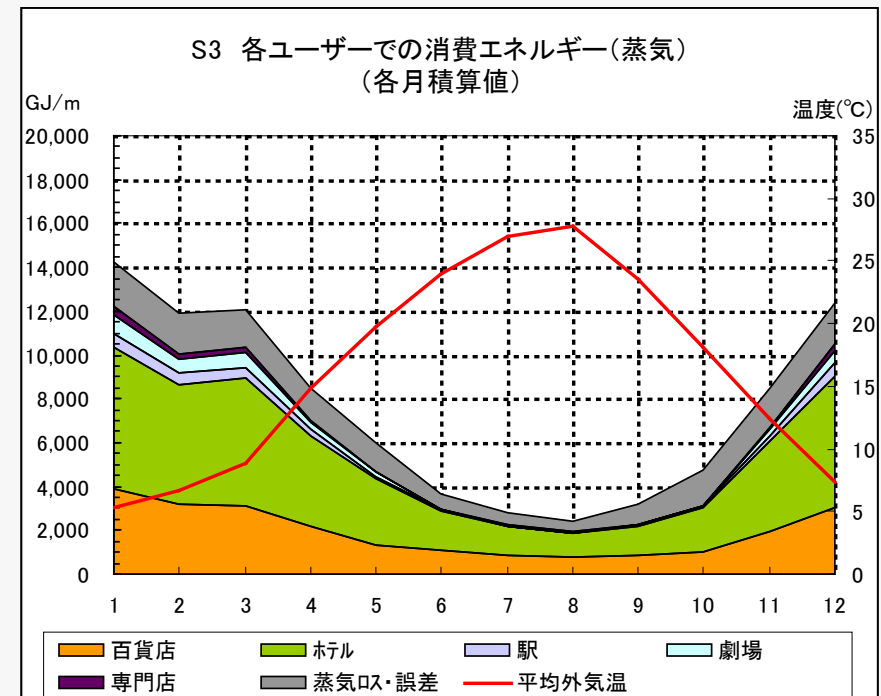
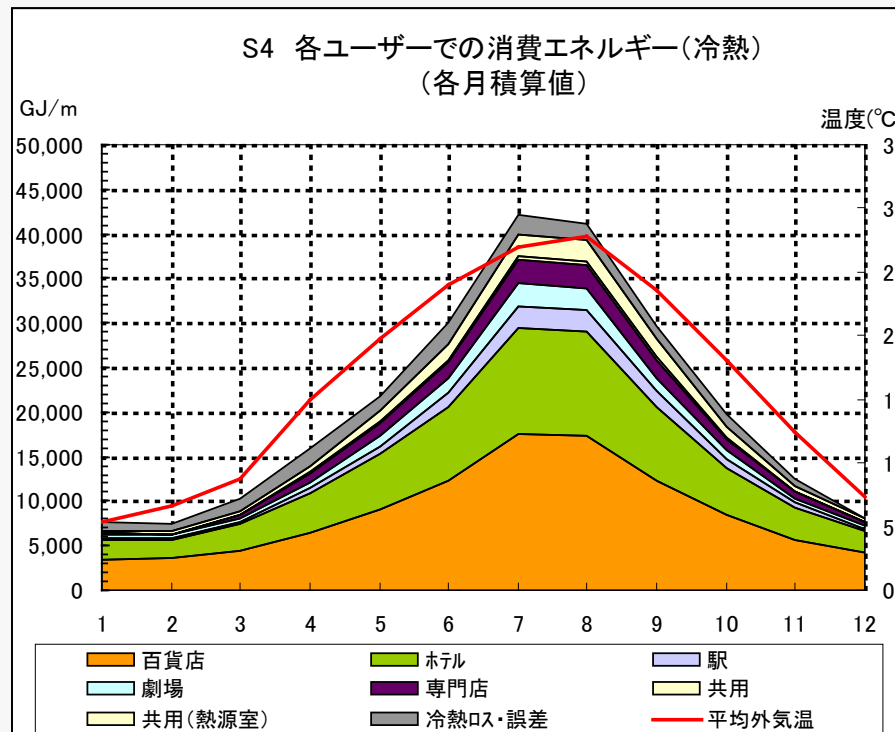


※ E_p は実際は共用から供給されるが、S2断面で多重にエネルギーがカウントされるためこの絵のように便宜上描いた。

データ分析例(2) エネルギー消費量分析②

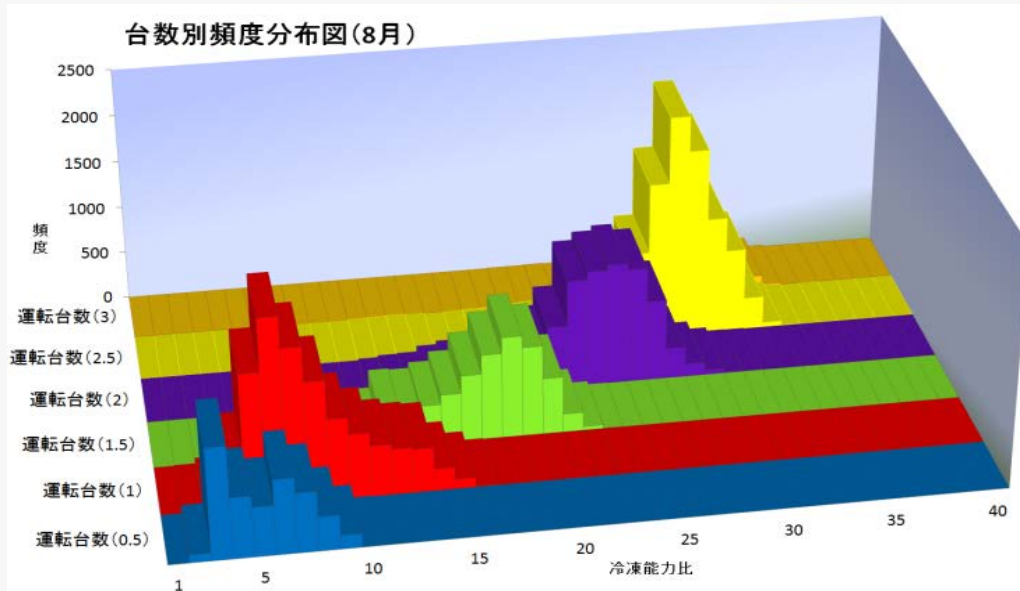
【エネルギー消費分析所見】

- 温熱需要より**冷熱需要が圧倒的に多い**
- デパートとホテルが冷温熱エネルギー**消費の大半を占める**
- 冬期の冷熱消費、**夏期の温熱消費が多すぎる?**
- **特にデパートの夏季温熱消費は何か?**

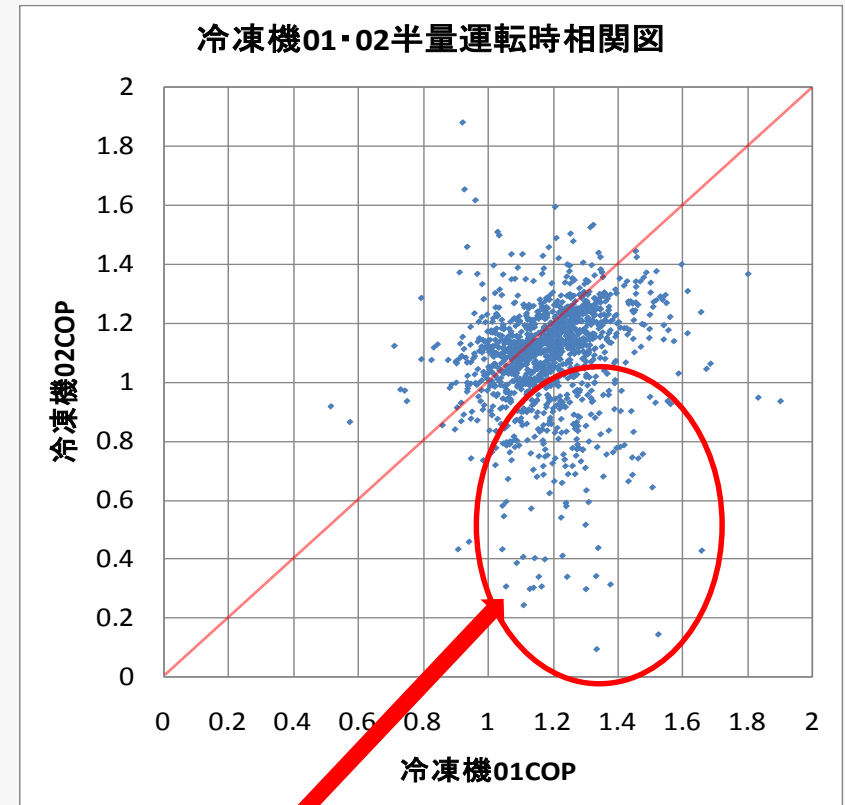


データ分析例(3) 冷凍機の実績運転頻度分析

2台とも半量運転の場合	頻度
冷凍機01・02の時	1303
冷凍機01・03の時	27
冷凍機01・04の時	5
冷凍機02・03の時	1
冷凍機02・04の時	10
冷凍機03・04の時	314
全体	1687



冷凍機運転台数の頻度分布

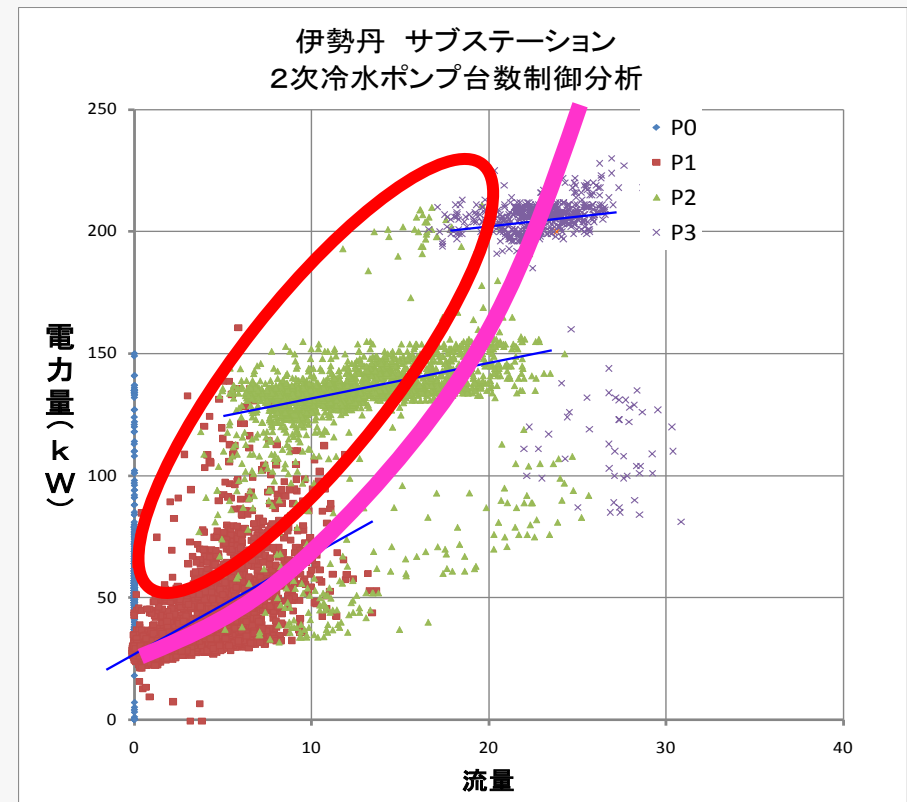
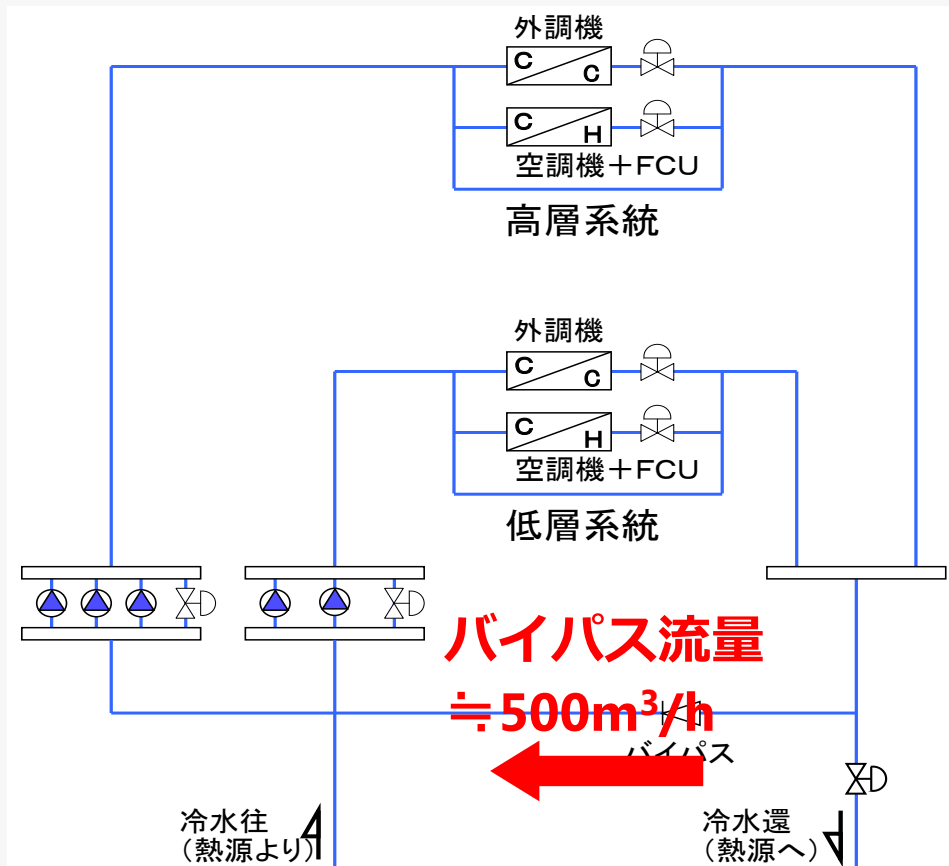


冷凍機NO.2の効率が低い

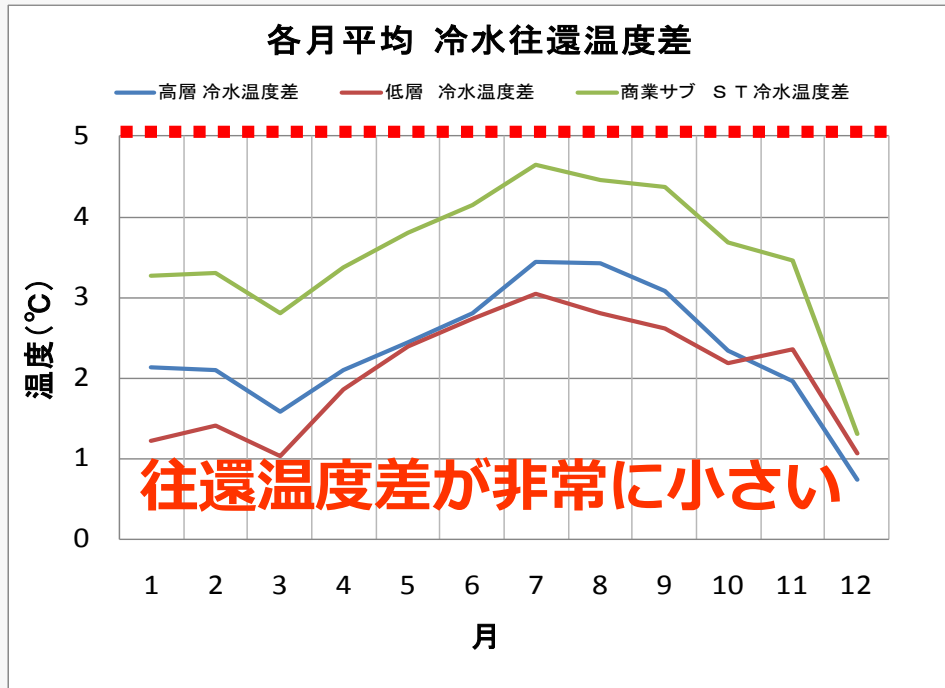
熱源の台数制御にも、コージェネとの連携運転にも不具合があり、総合熱効率が低い

データ分析例(4) サブステーション運転分析

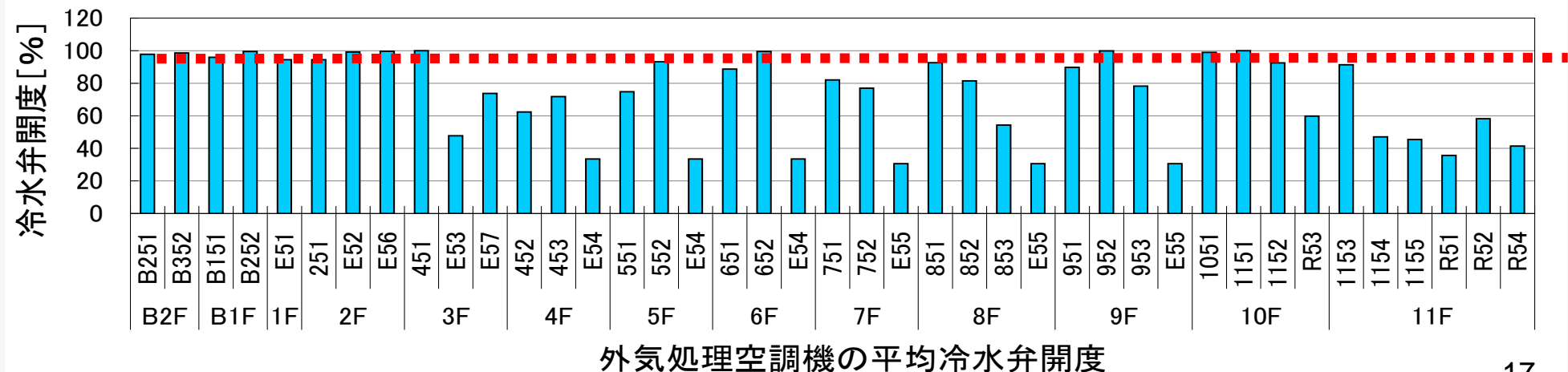
- 過去の改修で省エネルギー目的でポンプ一台にインバータが導入されたが、現状の**ポンプ台数制御**は適切な電力削減ができていない。
- これはポンプ一台による吐出圧力一定制御に特有の課題



データ分析例(5) デパート空調機の冷水往還温度差



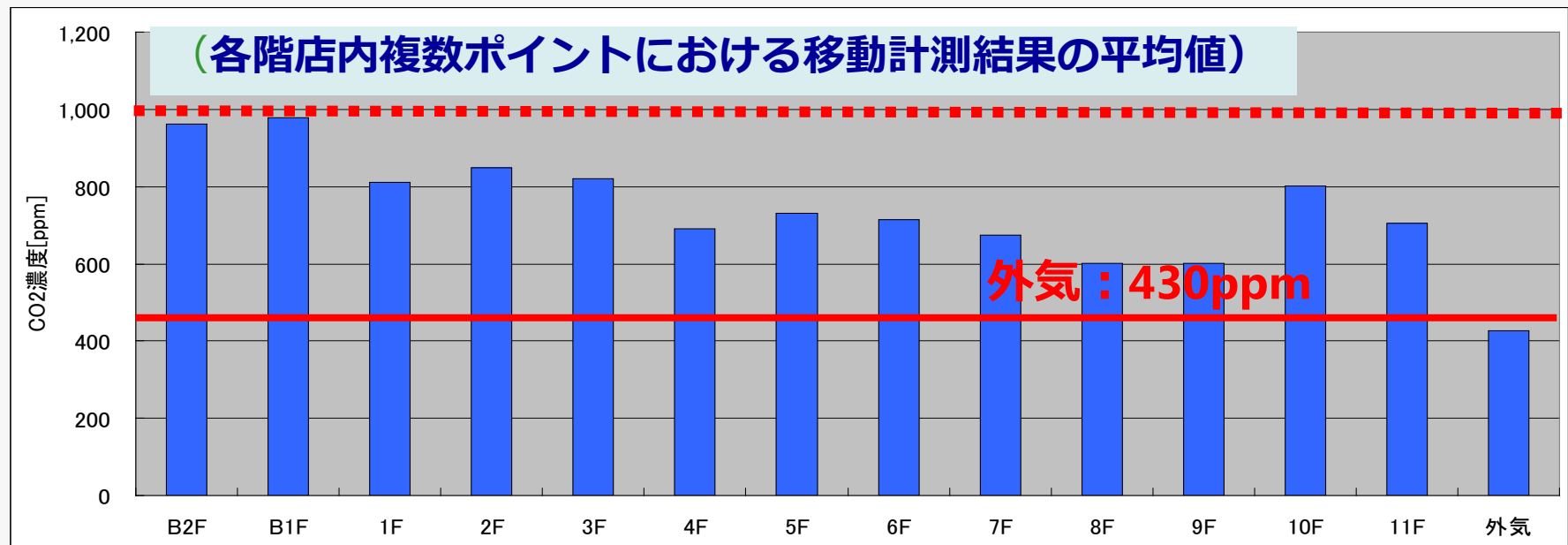
- 冷房能力不足となるゾーンがある
- ↓
- 異常に低い室温設定がなされている
- ↓
- 多くの制御弁が全開となる
- ↓
- 冷水往還温度差が設計値 5°C に比して、1.5~3.5°C とかなり小さい
- ↓
- 無駄な搬送動力



現場計測の実施(1) デパート店内CO₂濃度の測定

- 風量を減じているが、それでもCO₂の濃度基準値である1000ppmと比べて、
 - ・ B2～B1階のCO₂濃度は高めであるが、
 - ・ 4～9階のCO₂濃度はかなり低めである。
- ⇒ 外気取入量の削減による省エネルギー余地がある

測定結果からCO₂濃度制御の採用による省エネルギー量の試算が可能



空調機ファンの汚れ

- **往還温度差が小さい**理由の一つは、**室内熱負荷処理用**空調機の**能力低下**
- **空調機内にホコリの堆積**
 - ・ 風量の低下
 - ・ コイルの目詰まりもあり、コイル能力が低下
 - ・ エアークリスタルを取り外していた ← 能力不足のためか？



既存BEMSの課題

● 既存建物のCx実施のための建物情報・計測データの収集の難しさ

- ・ 製品カタログ、設計図、BEMSなどデジタル化されていない情報などもあり、Cxのためのデータフローが合理化されていない。

→ **調査・分析作業が非効率であった**

- ・ 更新時には、**充実した機能・性能を持つBEMS(広義)導入の重要性**を指摘

現在

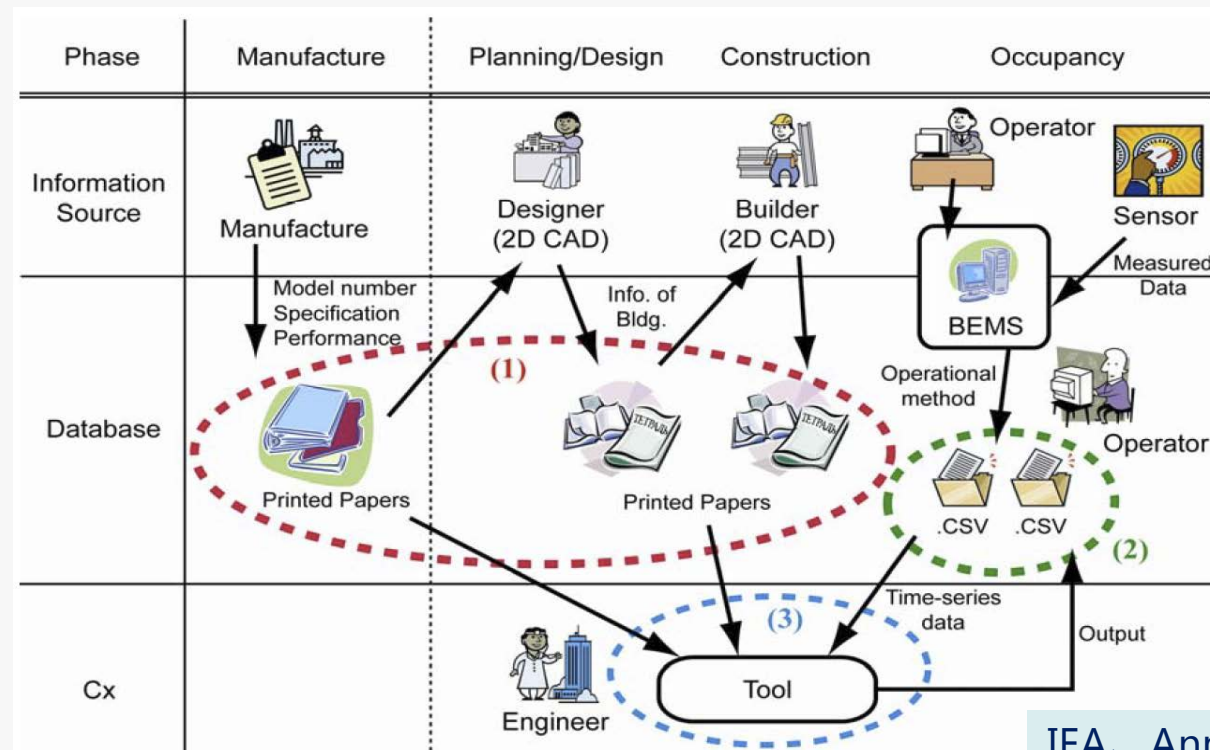


Figure 5.1.1 Present information flow

1. 調査フェーズ

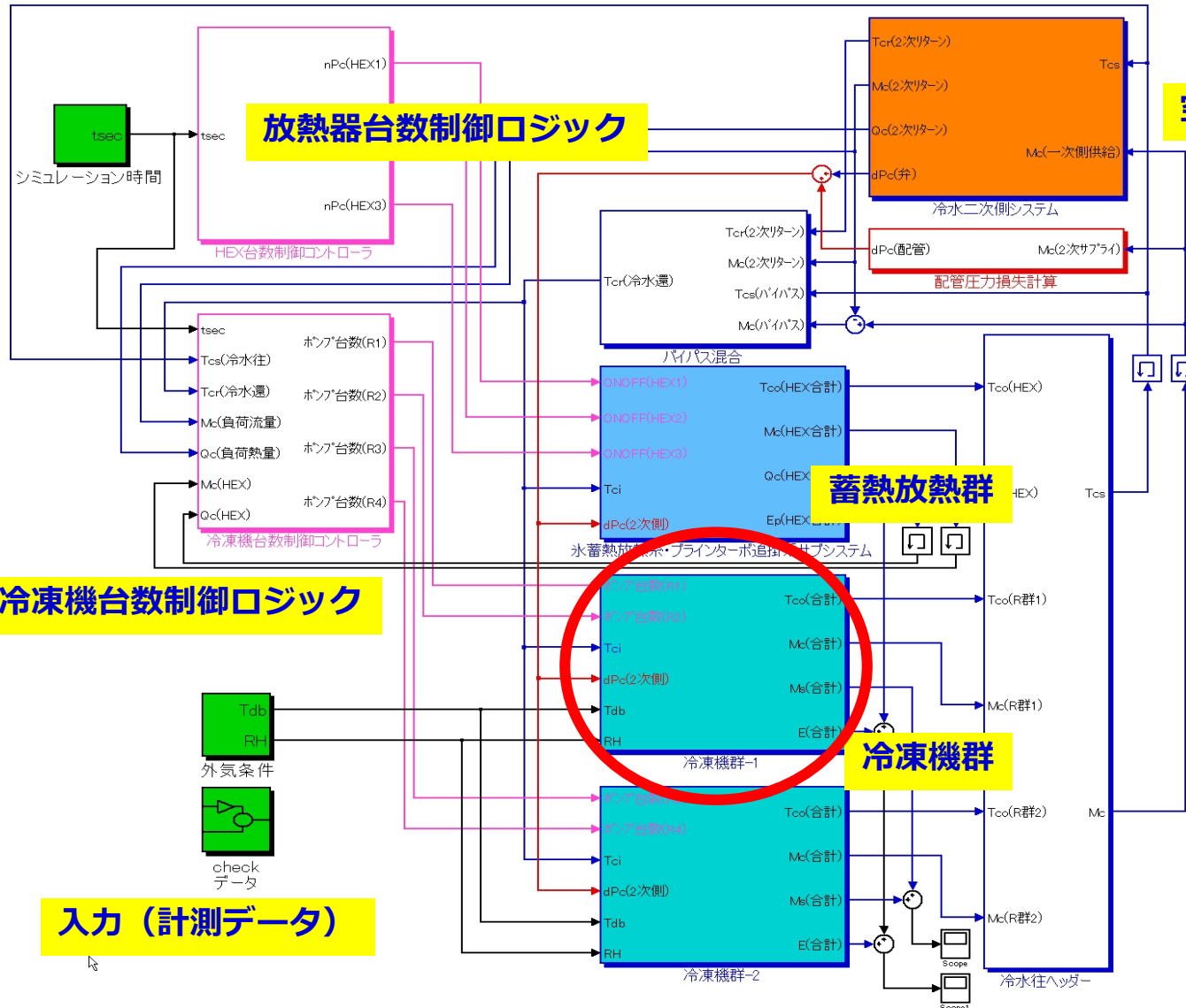
1.1 現状調査・分析

1.2 シミュレーションによる検証



既存設備のシミュレーションモデル構築(2)

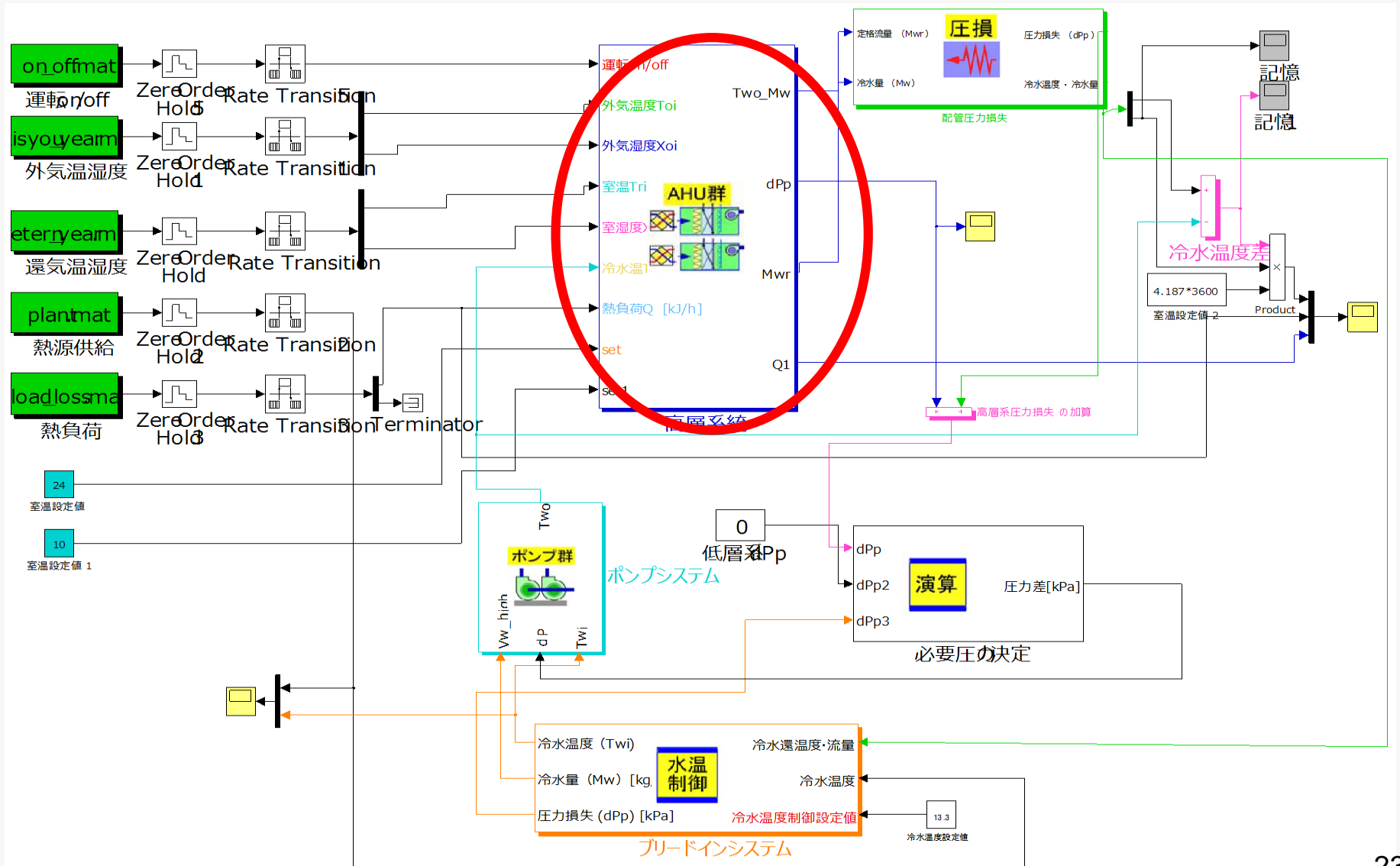
● 熱源システムシミュレーションモデルを構築(既存システムを模擬)



ACSES/Cx

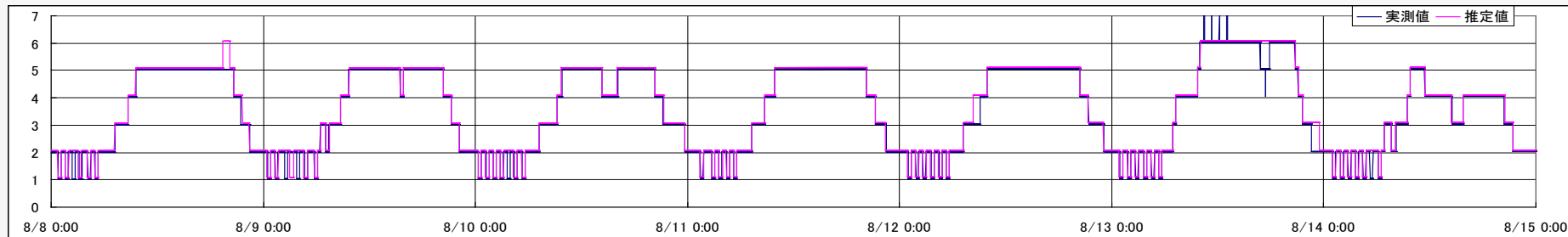
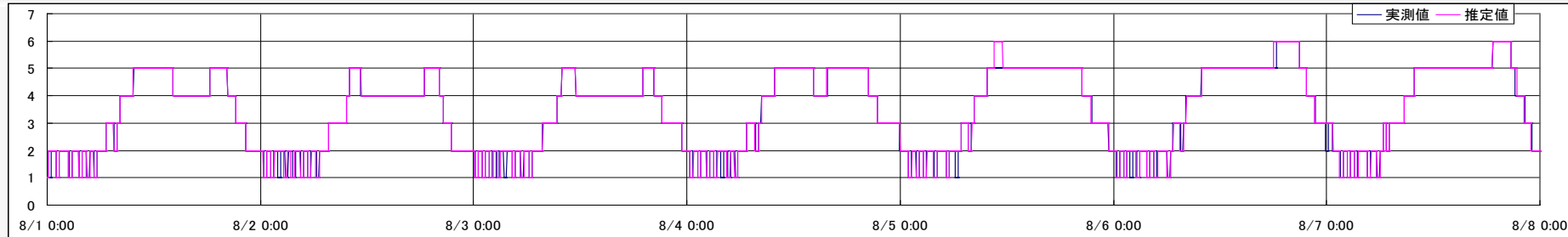
既存設備のシミュレーションモデル構築(3)

● デパート2次側システムのシミュレーションモデル(既存システムを模擬)

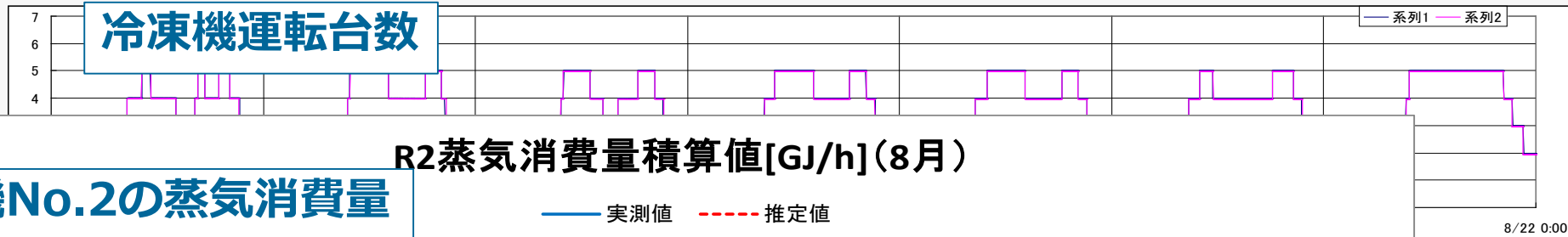


吸収式冷凍機の運転台数と蒸気消費量の推定精度検証

例

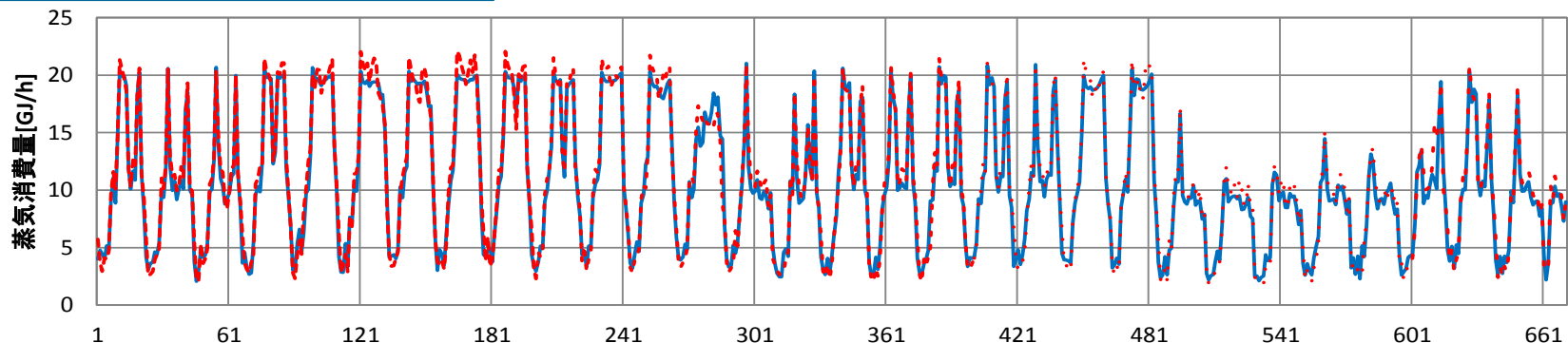


冷凍機運転台数



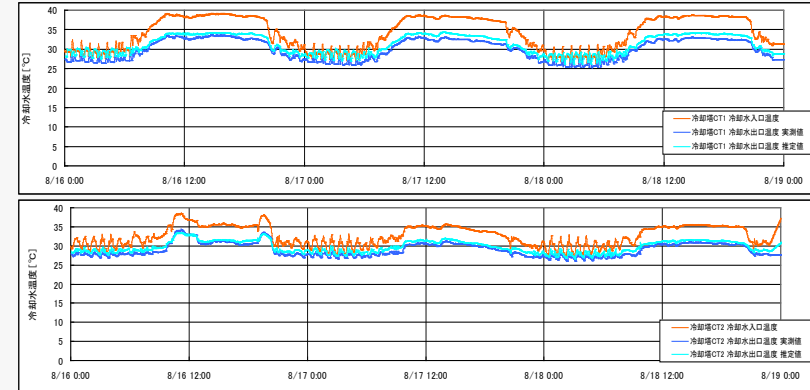
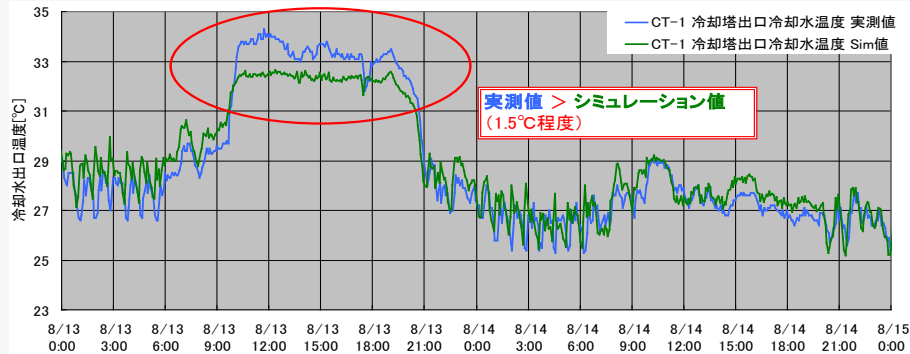
R2蒸気消費量積算値[GJ/h](8月)

冷凍機No.2の蒸気消費量



改善検討事例1：冷却塔モデルの冷却水出口温度推定精度検証

例



← 充填材の目詰まり

【シミュレーション分析所見】

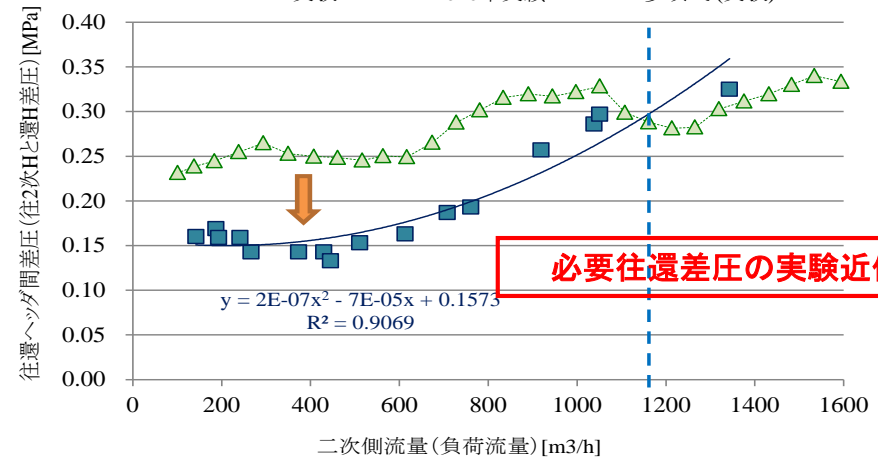
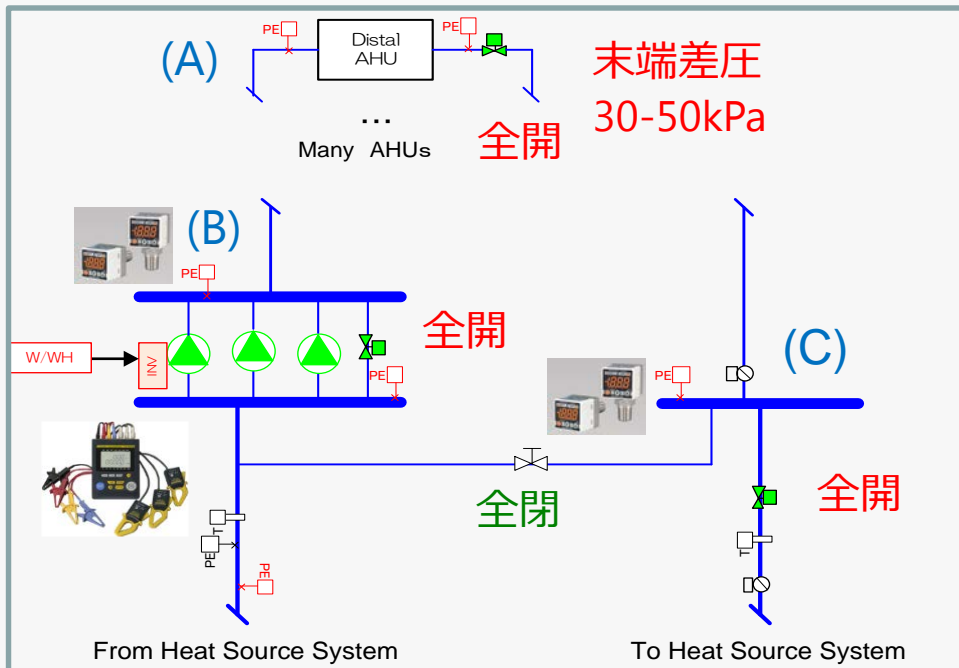
- 冷却水出口水温はシミュレーションより2℃ほど高い
 - 不具合発見： 充填材がかなり目詰まりしている
- 定格より25%の風量減少とすると実測と合致
 - 目詰まり解消による省エネルギー量が試算できる

運用による省エネ対策の提案・実施

● デパートの負荷流量帯別の二次側往還差圧の適正值調査

- ・ デパートの空調運用を停止している夜間に実験
- ・ 空調機の運転台数を変えながら、末端空調機の差圧が適正值となる流量と二次側往還差圧の関係を同定

ブリードイン制御の精査



【往還ヘッド間差圧=流量帯別必要ポンプ揚程】

● 中間期にインバータポンプ1台のみの運転時に、

- ・ INV最小出力を80%から25%に下げ、実験で求めた適正圧力設定値で運用
- 搬送動力の大幅削減、新たな課題も → **改修工事に得られた知見を活かす**

調査フェーズのCx成果（抜粋）

- 熱源システムのシミュレーションによる分析と改善提案
- タービン式コジェネの課題抽出と改修方針の提示
- 蒸気配管から温水配管への切り替えの提案
- サブステーション二次ポンプシステムの制御改善手法の提示
- 熱源のみでなく、二次側空調システム改修による負荷削減の重要性
- 空調システムの実態把握から変風量・外気負荷削減の可能性を指摘
- テナントの熱負荷削減（LED化）による省エネポテンシャルの提示
- 再生可能エネルギーの導入（太陽熱・地下水）の提案
- BEMS機能の充実の必要性を指摘

等々

多くの課題・改善提案を行った

2. 基本設計（企画）フェーズ

調査フェーズ
(2010年度)



基本設計(企画)フェーズ
(2011年度)



実施設計フェーズ
(2014年4-10月)



施工設計フェーズ
(2015年1月-2017年6月)



適正化フェーズ
(2017年7月-2019年6月)

基本設計フェーズの実施概要

● 京都駅ビル設備改修プロジェクト・設計性能検討委員会立上げ

【実施業務】 基本設計の性能検証 + 設計者の選定支援

設計者を加えた熱源・空調システムの検討を実施

1) 発注者の設計要件（OPR）のまとめ

- ・ 省エネルギー・省CO₂性能目標の設定
- ・ 設備設計上、設計者が検討すべき不可欠な項目の提示

2) 設計者の提案する熱源・空調設備の改修案の検証とレビュー

- ・ 基本設計要件書に基づいて、設計者が作成した熱源空調システム改修案について、省エネ性能・実施コスト等に関する検証とレビューを重ね、設計を進める。



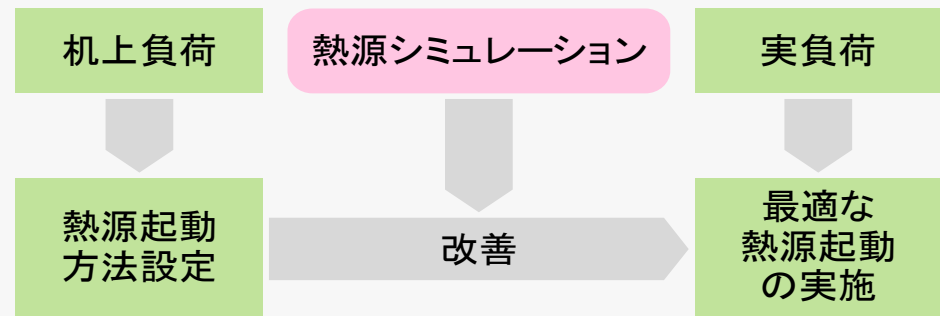
基本設計案をまとめる

基本設計の性能検証過程

- 性能検証委員会で、発注者、設計者、性能検証管理者（CMT）が、共に協議して設計を進めた

【主な検討項目】

- ・ 熱源シミュレーションを援用した設計と運転手法

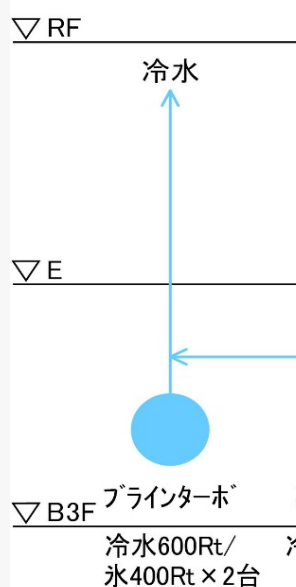


- ・ 二次側システムの改修
- ・ 給湯分散熱源：搬送エネルギーを減らすためホテルの給湯熱源を分散配置
- ・ 給湯空調機改修：脱蒸気化、変風量化、取入外気量の適正化、ナイトパーズ
- ・ エネルギーマネージメントの深度化に役立つBEMSの仕様を精査
- ・ テナントのLED化など省エネルギーへの誘導
- ・ 再生可能エネルギー：太陽熱給湯

熱源システムの更新方針の決定

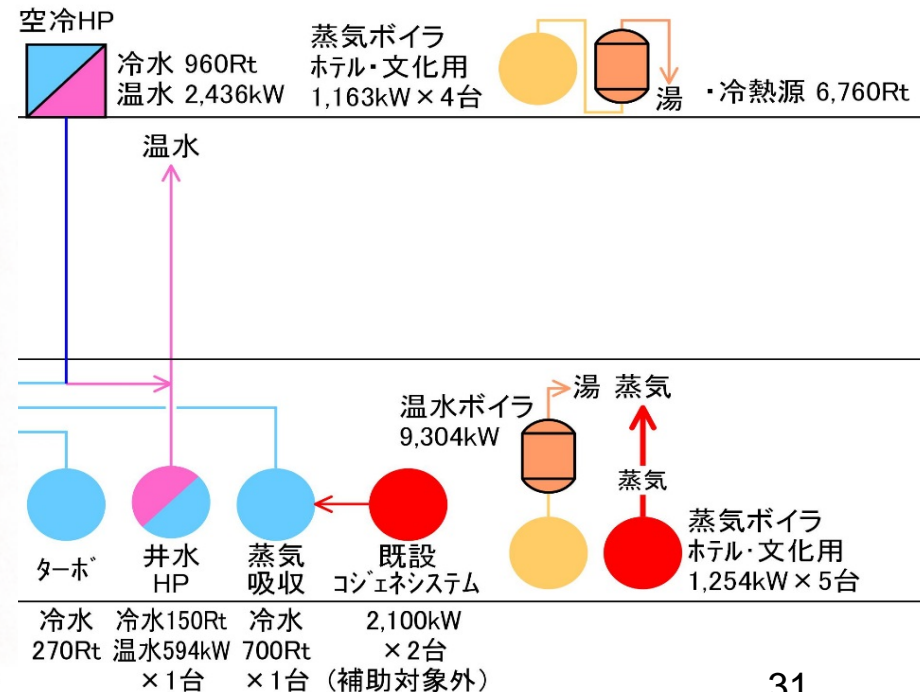
- 自立電源を備えた最高効率熱源（CO₂排出量約60%減）に改修
- 冷水コイルを冷温水コイルとして利用
 - 空調機更新を無くし、**温水化工事費用の軽減**を図る
- 先行き不透明なエネルギー事情を踏まえ、ガスエンジンコージェネを採用
- **熱回収ターボを設置し、低負荷時の効率向上**

現状 蒸気システム



・冷熱源 8,660Rt

改修後 コージェネを備えたインバーターターボを主体とした熱源



説明:

L案(改)からの修正ポイント

1. 一次エネルギー消費量のさらなる削減 (144.5TJ/年)
2. 冷水コイルを冷温水コイルとして利用することで、空調機更新を無くし、温水化工事を削減(4200-860=3340 百万)
3. 電力デマンドピークカット目的として、ガス冷温水機とブライントーボの代わりに、コージェネを採用 (夏1カ月のみ運転)
4. コージェネの運転次第でガス/電気使用量を変えることができ、ガス/電気の供給事情や単価変動に対応しやすい
5. 配管熱損失の低減のため蒸気ボイラー、温水ボイラーをサブステーション廻りに分散配置
6. ターボ冷凍機に熱回収機能を追加

×6台

3.

実施設計フェーズ

- 3.1 発注者要件書（OPR）の作成
- 3.2 性能検証（設計図書）レビュー
- 3.3 設計主旨文書作成依頼・レビュー
- 3.4 機能性能試験仕様書の作成

調査フェーズ
(2010年度)



基本設計(企画)フェーズ
(2011年度)



**実施設計フェーズ
(2014年4-10月)**



施工設計フェーズ
(2015年1月-2017年6月)



適正化フェーズ
(2017年7月-2019年6月)

実施設計フェーズの性能検証 平成26年

● 京都駅ビル熱源改修設計性能検証委員会 発足

【実施業務】

1) 発注者要件書（OPR）の作成

- ・ 発注者の要求事項を具体的な内容に整理
- ・ 省エネ・CO₂目標設定など、**発注者の要件**を定量化
- ・ 設計者と共に、予算も含めた諸条件を勘案し取捨選択・修正

2) 設計レビュー

- ・ 設計内容がOPRを満足するかをレビューし、設計者にアドバイスや修正提案を実施
- ・ 施工フェーズへの問題先送り避け事前に性能を検証

3) 設計主旨文書作成指示・レビュー

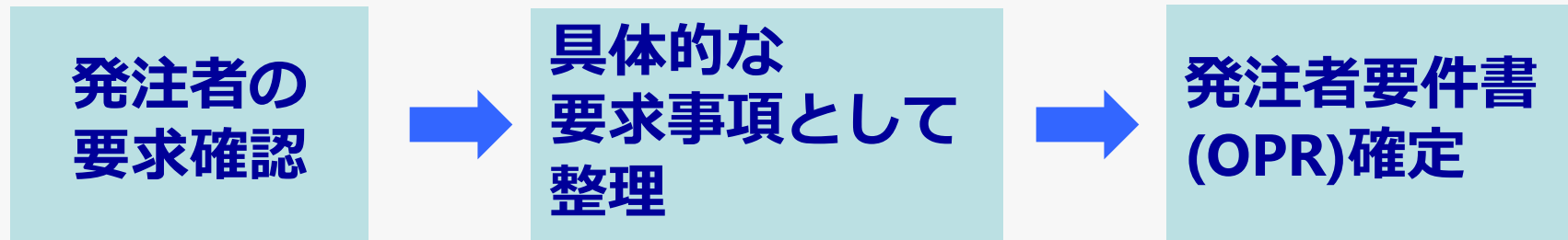
- ・ 施工者や運転管理者に設計意図を適確に伝える主旨文書の作成指示・レビュー

4) 性能検証仕様書の作成

- ・ 機能や性能を担保するための施工段階の性能検証方法・合否判定基準を具体的かつ定量的に提示

発注者要件書（OPR）の作成(1) 要求事項の具体化

● 発注者要件書(OPR : Owner's Project Requirement)作成のプロセス



Cx会議



【Step-1】

発注者の要求事項に対して、**委員会**の**専門技術者がアドバイス・議論**し設計者に求めるべき事項を整理

Cx会議



【Step-2】

この要求事項を**設計者と共に**、性能達成可能性(主に省エネ性能)・施工の実現可能性・予算などを勘案して、各要求事項を取捨選択・修正



最終的なOPRにまとめ、それに基づいて実施設計業務を開始

発注者要件書（OPR）の作成(1) 要求事項

● オーナーの要求事項（大きく6項目）

1) 一次エネルギー消費量・CO2排出量の大幅な削減

→ 全体の削減目標: **40%(981TJ/年)**, 本改修工事範囲では: **30% (686TJ/年)削減**

2) 環境性能の社会アppeール性のある設備の導入

→ 京都市地球温暖化対策条例対応・再生可能エネルギーの利用

3) 緊急時対応

→ 緊急事態（災害・故障）に対する設計上の供給対応計画

4) 保守性能・運転管理の合理化

→ 故障時のバックアップ・運用維持、復旧対策の容易性、点検時対応等の要求

→ 運用管理業務の合理化（**最新で適正なBEMS導入**）

5) 既存設備の問題点の解消

→ 冷房が効かないエリア等の解消など

6) 更新時の工事計画

→ テナント営業の継続性に影響を与えない

発注者要件書（OPR）の作成(2) 議論例

確認欄



● OPR検討過程の要求項目の管理書式

要求

- 誰が、いつ要求したかを記録

回答

- だれがいつ回答したかを記録

3.1 環境性能ならびに省エネルギー・省CO2性		日付	確認欄
3101	1次エネルギー削減量		
CxT	本プロジェクトでは、駅ビル全体の一次エネルギー削減量の目標を、現状(2009年基準)から40%削減することを目指す。基本計画で、40%の内訳は、熱源システムの高効率化で▲15%、二次側の空調設備改善で▲14%、二次側の照明効率の改善で▲11%とされている。そこで、これらの削減目標を達成するための具体的な設計手段(シミュレーションの必要性など)と必要なアクション(LED化の現況と将来見込みなどの調査)について記述し、その実行手順を示すこと。なお、本プロジェクトの検討では、一次エネルギー換算値を、電力9.76MJ/kWh、ガス45.00MJ/Nm3とする。	4月10日	
D	別紙にて提出する設計スケジュールにより、OPRIに対する回答をさせていただきます。現在、熱源システムの機器構成、容量、運転パターンの検証のため、シミュレーションを行っています。一次エネルギー削減率の最大化を含めた評価軸でシステムを確定させます。2次側システムに関しては、現状の外気導入量を実測しており、必要供給量との差を検証し、定風量の設定変更やCO2制御の効果を試算し、省エネルギー対策導入後の必要負荷を算定し、一次側システムにフィードバックする考えです。		
3102	再生可能エネルギー		
CxT	基本計画書の段階では、現状では湧水からの熱回収のみがコストメリットのある再生可能エネルギーであるとして、太陽光発電、太陽熱利用による温水供給、木質チップの活用などは、実施設計で再考するとしている。そこで、これらを再考した結果の提案と、湧水熱回収の利用先など、再生可能エネルギーの具体的な方式と活用方法について、エネルギー量、コスト、ピークカット対策など多角的に捉えて、試算による提案を示すこと。	4月10日	
D	再考結果について改めてご報告します。		
D	太陽光発電は投資対効果が悪いので、採用を見送ります。 太陽熱集熱器はホテルの屋上に設置します。 湧水量が少ないことが判明したため、湧水利用ヒートポンプの代わりに井水利用ヒートポンプの導入する計画とします。 (第2回及び第3回CX会議で報告)	7月31日	

発注者要件書 (OPR) の作成(1) 要求事項の具体化

● 完成したOPR

[成果物-2 発注者要件書 (OPR)]

京都駅ビル熱源・空調設備更新工事
実施設計に関する発注者要件書
(OPR: Owner's Project Requirement)

2014年10月30日
＜実施設計段階の最終版＞

NPO法人建築設備コミッションング協会



2. 熱源・空調設備改修の発注者要件書

1. 概要と適用範囲

本文書は、京都駅ビル熱源改修工事の実施設計プロジェクトにおいて適用される、設計者に対する発注者（オーナー）の設計要件（発注者要件）をとりまとめた文書である。ただし本要件は、主として更新される熱源システムの省エネルギー・省CO2性能に特化しての要件であり、補助金申請のような設計性能の達成に関与しない。発注者の要件は、発注者とCMT (Comm) とい、CxPE、CxTE、有識者からなる管理者が協議しながら様々な要件を出し、除して作成した。

なお、本 version は 2014 年 10 月 30 日現在

1.1 概要および定義

本発注者要件書（以後 OPR: Owner's Project Requirement）について、本プロジェクトに関して建築主が記の内容を含んでいる。

1. 本プロジェクトのコンセプト、方針
2. これらを達成するためにオーナー
3. 本プロジェクトが1を満たすための要件（ただし、通常の設計に含まれる）
4. 竣工後に実施する機能性能試験に
5. 室内環境性能やエネルギー性能な
6. 竣工後の運転に必要な機器類の性

ただし、法律や関連基準などで要求さ

1.2 適用範囲

本 OPR が適用される対象は、本プロジェクト改修が主たる工事であるが、省エネルギー一部含んでいる。そのため、工事範囲を OPR を適用することが肝要である。

2. 共通事項

2.1 本プロジェクトの全体目標
本プロジェクトは、竣工後 16 年を経たを代表する京都駅ビルに相応しく、時代設計と、それによる施工事業である。

2.2 本プロジェクトの進め方



③二次側既存設備の改修範囲
・どの部分を改修するか明確にする

これら以外も、工事の具体的な範囲や性能については、詳述した工事範囲確定追記・修正を行い作成すること。



3.1 基本設計時点から引き継がれた OPR

3.0 概要

基本設計時には、OPR を基にして Cx 会議が開催され、その協議を経て設計の後も原案に対する検討が継続され、基本設計時点での最終熱源システム案が基本設計の提案の中から費用と省エネルギー・省CO2を勘案し、ベストな原案案)に到達した。

基本設計時の最終報告書では、原案の OPR や、Cx ティームの意見と疑問にの項目と、実施設計で再検討すると答え、結論が出ていない項目がある。を段階解決しなければならぬ要求事項である。そこで、まず、以下に述べる、 OPR を再検討・再確認して要件としてまとめること。

3.1 環境性能ならびに省エネルギー・省CO2性

3.1.1 一次エネルギー削減量

本プロジェクトでは、駅ビル全体の一次エネルギー削減量の目標を、現状40%削減することを目指すこととする。基本計画で、40%の内訳は、熱源シフト▲15%、二次側の空調設備改善で▲14%、二次側の照明効率の改善で▲11%と。そこで、これらの削減目標を達成するための具体的な設計手段（シミュレーションなど）と必要なアクション（LED 化の現況と将来見込みなどの調査）に実行手順を示すこと。なお、本プロジェクトの検討では、一次エネルギー 9.76MJ/kWh、ガス 45.00MJ/Nm³ とする。

3.1.2 再生可能エネルギー利用

基本計画書の段階では、湧水からの熱回収のみがコストメリットのある再ありととして、太陽光発電、太陽熱利用による温水供給、木質チップの活用で再考するとしている。そこで、これらを再考した結果の提案と、湧水熱回収可能エネルギーの具体的な方式と活用方法について、エネルギー量、コスト策など多角的に捉えて、試算による提案を示すこと。

3.1.3 環境性能の社会アッパー性

基本設計書に、「京都市地球温暖化対策条例への対応や再生可能エネルギーCO2 効果による容積緩和など行政との連携に基づいた設計を行います。」とどのようなアクションを取ることができるのか、社会へ向けたアッパー性も考案を示すこと。ここでは、僅かといは地下鉄駅舎への熱供給という「熱の」へのアッパー性も含まれる。



3.1.4 建築的省エネルギー対策

建築的省エネルギーの提案として、基本計画書に記述していたデパートのドラフト対策として、過去に提案された処置だけではなく、換気ガラリ等、外部に通じる開口部の気密化も実施設計時に検討すること。加えて、ガラスの断熱対策については、効果のある部位に限定して検討すること。

3.1.5 テナント側の省エネルギー対策

テナント側の省エネルギー推進は熱源の容量設計に大きなインパクトを持つことから、テナント側の省エネルギー改善に対し、どのようなことをどの程度（例えば照明負荷やコンセント負荷のレベル）期待して設計するのかを定量的に示すこと。

3.2 熱源方式と機器容量・機器特性

3.2.1 熱源方式

1'案の特質を設計者として再整理し、必要であれば今後必要となる検討、修正、改善点を列記して文書でその最適性、妥当性を示すこと。特に、CMT からは、システム構成と機器容量の妥当性、LCC 試算による判断、現状とは異なる将来負荷への対応、既存熱源機器の残置、蓄熱、コージェネレーションの存続可否検討、など基本設計の案ではまだ詳細提案されていなかった点について煮詰めること。

3.2.2 熱源容量

基本設計では、冷熱源能力が約 6,000Rt、温熱源能力が約 6,000kW と設定している。まず、これらの数値を熱負荷計算や既往のデータ分析に基づいて再確認し、改修途中の熱源切替時に問題が発生しないか、テナントの負荷削減の進捗状況を予測した上で将来の容量設定に問題がないか、ピーク時に熱源が故障した場合のリスク対応が可能か、などを吟味し、熱源容量の決定に対する設計者のポリシーと量的根拠を記した文書で示し Cx 会議で協議すること。

3.2.3 熱回収方式

熱回収システムについては、同時発生する冷房負荷と暖房負荷の値をよく確認し機器選定する必要がある。負荷想定を明確にし、熱回収の可能性と必要能力、省エネルギー性について検討した資料を提出して Cx 会議で協議すること。

3.2.4 サブステーションへの熱源配置

基本設計では、搬送動力を削減する目的で、サブステーションに温水系の熱源を配置することは、容積率、煙突ルート、荷重制限、振動などから困難であるとしている。しかし、再調査の上、この可能性を検討し報告すること。加えて、サブステーションには、冷温熱源の同時使用が多いことから、煙突の不要な熱回収ヒートポンプを設置することの可能性も指摘していた。これも合わせて検討すること。更に、給湯用に超高効率ヒートバランスというヒートポンプ（神戸製鋼）等の機器導入も視野に入れて検討のこと。

3.2.5 熱源機器特性

実施設計時にインバーターボ冷凍機の採用でシステム効率の向上を目指すことや、個々の熱

BEMS-OPRの作成(1) BEMS-OPR作成WGの設置

● BEMS-OPR作成WGの設置背景

- ・ 省エネ性能達成にはBEMSの機能と性能が重要、かつ検討すべき事項が多い

➡ **BEMSに特化した要求仕様設定WG**を発足

● WGの実施事項

1) BEMSの定義(検討範囲)の共有化・現状のBEMSの課題抽出

→ 発注者・CMT・設計者でBEMSの定義を共有

2) 最新BEMS調査会の実施

→ BEMSがどのような機能と性能を持つべきかを見定めるため、我が国の
最新のBEMSを発注者・CMT・設計者で視察・調査し、レポートを作成

3) BEMSに関する発注者要件書(BEMS-OPR)作成

→ 調査結果を活用し、BEMSの機能・性能に関する要求事項をとりまとめた。

4) BEMS-OPR説明会・ヒアリングの実施

→ 設計図作成途中に、BEMS受注候補メーカーを集め、BEMS-OPRの説明会を実施
(OPRの内容が、各メーカーの実情に合致しているか確認するため)

BEMS-OPRの作成(2) プロジェクトでのBEMSの定義

区分	機能概要
中央監視設備システム (記号 : BAS) (Building Automation System)	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム監視、操作・設定他 遠隔操作、タイムスケジュール、 グラフィック画面と現在状況の表示
自動制御システム (記号 : AC) (Automatic Control System)	<ul style="list-style-type: none"> ローカル制御 台数制御、圧力・温度調節制御等の諸制御ループ 計装機器類 (センサ・アクチュエータ・コントローラ)
最適化・不具合検知システム (記号 : OPT) (Optimization & Malfunction Detective System)	<ul style="list-style-type: none"> 制御設定値管理・最適運転制御 不具合検知
エネルギー・運転データ管理 (記号 : EM) (EM : Energy Management System) → 狭義のBEMS	<ul style="list-style-type: none"> データ蓄積 計測・計量・運転時間・設定値 (制御パラメータ含む) データ抽出機能、データファイル出力 分析処理 新設設備の分析手法の定型化 新設設備の評価指標と実運転状況の比較
ファシリティ管理 (記号 : FM) (Facility Management System)	<ul style="list-style-type: none"> 設備資産台帳 (設備台帳) 保守管理台帳 図面管理 (+ BIM)
課金管理システム (記号 : AM) (Accounting Management System)	<ul style="list-style-type: none"> テナント検針・課金計算 熱単価計算

BEMS-OPRの作成(3) 最新BEMS調査会の実施

● 東京・大阪の2箇所で開催

- ・ 東京実施テーマ：オープン・マルチベンダシステム(汎用SCADA + PLC・Lon)
- ・ 大阪実施テーマ：大手メーカーシステム

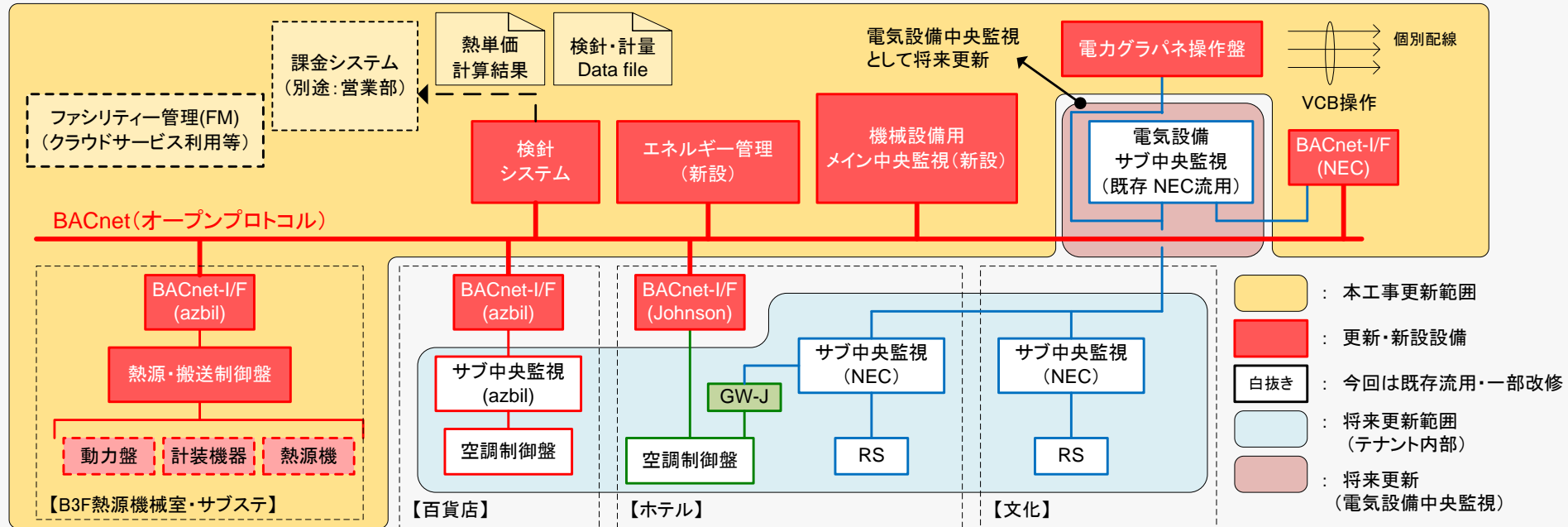
東京見学先	見学のポイント（システムの特徴）
アークヒルズ 仙石山森タワー	<ul style="list-style-type: none"> ・ オープン・マルチベンダシステム事例（汎用SCADA + Lonworks） ・ 大量管理点数の大規模システム ・ 不具合判定機能を持ったエネマネとその運用事例
上野駅	<ul style="list-style-type: none"> ・ オープン・マルチベンダシステム事例（汎用SCADA + Lonworks） ・ ビル管理者支援としてのエネマネとその運用事例
東京電機大学	<ul style="list-style-type: none"> ・ オープン・マルチベンダシステム事例（汎用SCADA + PLC + Lonworks） ・ 大量管理点数のEMシステムを大学全体で活用
大阪見学先	見学のポイント（システムの特徴）
大阪駅ノースゲート ビルディング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上位：パナソニック製、自動制御：アズビル ・ 電気・空調・衛生の各サブシステムは、BACnet接続 ・ クラウド型ファシリティ管理システムアズビルのクラウドFMサービスの活用
アズビルショールーム	<ul style="list-style-type: none"> ・ アズビルのBEMS関連商品のショールーム → 最新アズビルのシステムを見て、最新動向を確認する
中之島 フェスティバルタワー	<ul style="list-style-type: none"> ・ ジョンソンコントロールズの大規模システム + 大型熱源システムの監視・制御 ・ BEMSを活用したコミッショニング実施事例を見る

BEMS-OPRの作成(4) BEMS-OPRの基本方針の決定

- 調査会レポートを踏まえ、京都駅ビルの運用体制を考慮し、要求事項をまとめる(以下、オーナー基本方針)
 - **(システム運用に関する方針)**
 - ・ 日常的なオペレーションと高度なビル設備運用（エネマネ・運用最適化等）を分離し、後者をアウトソーシングすることも視野に入れたシステム構築
 - **(採用メーカーに関する方針)**
 - ・ マルチベンダシステムではなく、大手メーカーのシステムを主体として構築
 - ・ 熱源・空調制御，エネルギー管理の知識が豊富な技術者がシステム構築管理
 - **(ハード構成に関する方針)**
 - ・ 保守対応ができるように、出来るだけ汎用品を使用
 - ・ テナントシステムとの相互接続性が容易になるように基幹ネットワークは、オープンプロトコル（BACnet）を採用
 - ・ オーナー・ビル管理者(JR-BS)と協力して、解決までトラブルの対応を行う保守体制が取れることを採用条件にする

BEMS-OPRの作成(5) BEMSの更新範囲・要求事項例

● 更新範囲・更新後のシステム概要図作成



● 主な要求事項

- 学会(SHASE)指針に基づく熱源側の計測ポイントの取得
- キーテナント側の空調設備の管理ポイントも全て取り込む。
- データ分析機能に関しては、機能の盛り込みすぎに注意(アウトソーシング視野)
- 熱源システム運用最適化の実現のため、自由度の高い制御設定を可能にする
- 課金管理システムは、異常値の早期検知機能、熱単価の自動計算を盛り込む
- ファシリティ管理システムは、クラウド型FMサービスを採用する。

BEMS-OPRの作成(6) BEMS-OPR説明会・意見交換会の実施

具体的な設計図面の作成・見積などの実務が開始される前に、BEMS更新工事を受注される可能性のあるBEMSメーカーを招集し、**説明会・意見交換会**を開催

●開催の目的

- ・ BEMSメーカーにより、その内容を過大もしくは過小解釈されてレベルが揃わず、**概算や予算見積に偏りがでないようにすること。**
- ・ BEMSメーカー独自のシステムや技術があり、いかにすれば**経済的に設計要件を満たすことができるかについての意見交換**を行うこと。

●招待メーカー

- ・ オーナーと設計者が推薦した4社
(アズビル、ジョンソン、パナソニック、NEC)

3. 実施設計フェーズ

3.1 発注者要件書（OPR）の作成

3.2 **性能検証（設計図書）レビュー**

3.3 **設計主旨文書作成依頼・レビュー**

3.4 機能性能試験仕様書の作成

調査フェーズ
(2010年度)



基本設計(企画)フェーズ
(2011年度)



実施設計フェーズ
(2014年4-10月)



施工設計フェーズ
(2015年1月-2017年6月)



適正化フェーズ
(2017年7月-2019年6月)

性能検証レビュー 業務概要

【実施業務概要】

- 設計者が提案する設計内容が発注者要件書を満足しているかを**性能検証の観点からレビュー**
- 各委員の専門的立場から意見を（文書で伝えて）述べながら、設計内容が要求を満たすように設計者にアドバイスや修正提案を行う

【実施時期】

- レビュー2回実施 + 1回確認
 - 1) 設計図書作成の直前段階で実施
 - 2) 設計図書完成後に実施
 - 3) 現場説明会実施前に確認
- レビュー内容は、性能検証レビュー書としてまとめた。
- 性能検証レビューは、設計チームが内部で行う設計レビューとは異なる

設計主旨文書作成依頼・レビュー 業務内容

【設計主旨文書作成依頼】

- 設計者の設計意図を全て設計図書から読み取るのは困難。
それが起因して工事請負者、運転管理者に設計意図が伝わらず、
意図しない工事や運転がなされたりすることは多い。
- **設計者が考える設計意図を設計主旨文書としてとりまとめるよう指示**

【設計主旨文書作成レビュー】

- 設計主旨文書作成作業に関して、委員会としてレビューしコメントした

3. 実施設計フェーズ

- 3.1 発注者要件書（OPR）の作成
- 3.2 性能検証（設計図書）レビュー
- 3.3 設計主旨文書作成依頼・レビュー
- 3.4 **機能性能試験仕様書の作成**

調査フェーズ
(2010年度)



基本設計(企画)フェーズ
(2011年度)



実施設計フェーズ
(2014年4-10月)



施工設計フェーズ
(2015年1月-2017年6月)



適正化フェーズ
(2017年7月-2019年6月)

機能性能試験仕様書作成(1) 概要

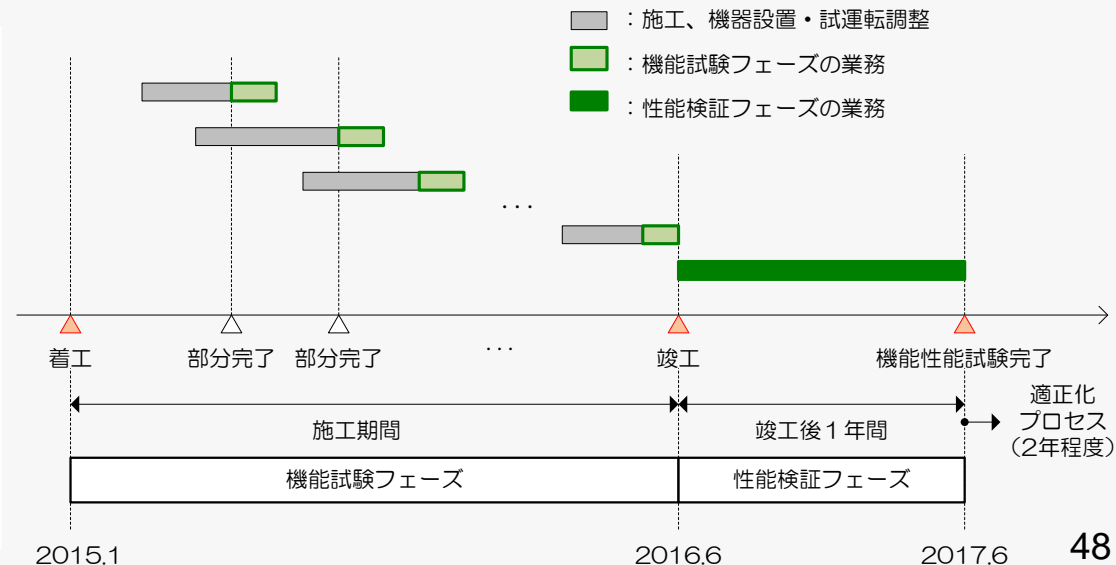
● 機能性能試験仕様書の概要

- 性能試験仕様書は、発注者性能要求書(OPR)・設計図書・設計主旨文書に示されたシステム性能を発揮しているかを判定するための試験方法を規定した書類である
- 性能試験仕様書は設計図書の一部として扱われ、工事請負者への要求となる
- 全82ページ (A4) の書類
 - 性能試験内容を詳細に記載することで、施工者は適正な見積ができる。

● 機能性能試験の実施期間

- 性能試験は、**施工期間中 + 竣工後1年間に亘って実施**

試験区分	実施対象
機能試験フェーズ (施工期間中 1.5年間)	<ul style="list-style-type: none"> 機器群の性能試験 各制御システムの試験
性能検証フェーズ (竣工後1年間)	<ul style="list-style-type: none"> 機器群の性能検証 サブシステムの機能と性能検証 トータルシステムの機能と性能検証 エネルギー消費性能の検証



機能性能試験仕様書作成(2) 仕様書の構成

● 試運転調整に関する要求事項

- ・ 機能性能試験の前提となる、「試運転調整」に関する要求事項を記載

● 機器群の性能試験

- ・ 機器単体の性能試験

【対象】：空調用・給湯用熱源機、ポンプ、冷却塔、空調機ファン・コイルなど

● サブシステムの制御性能試験

- ・ 各サブシステムの制御が、設計主旨通りに制御されていることを試験
- ・ 運転中に、更なる制御性能向上のための課題に対する改善実施方法について

【対象】：熱源台数制御、ポンプ台数制御、ブリードイン制御、建物気密化など

● トータルシステムの制御性能検証

- ・ 熱源全体あるいは建物用途別の省エネルギー性能をトータル性能として検証
- ・ この全体指標は、運転適正化調整や運用Cxでも使い続ける。

【対象】：熱源システム全体、建物用途別の空調システム全体など

● システム特性値による性能検証

- ・ 各熱源機の稼働率、部分負荷率分析、月別エネルギー消費量、過去のエネルギー消費量からの削減量等、運転データの特性から性能を分析してシステム性能を検証

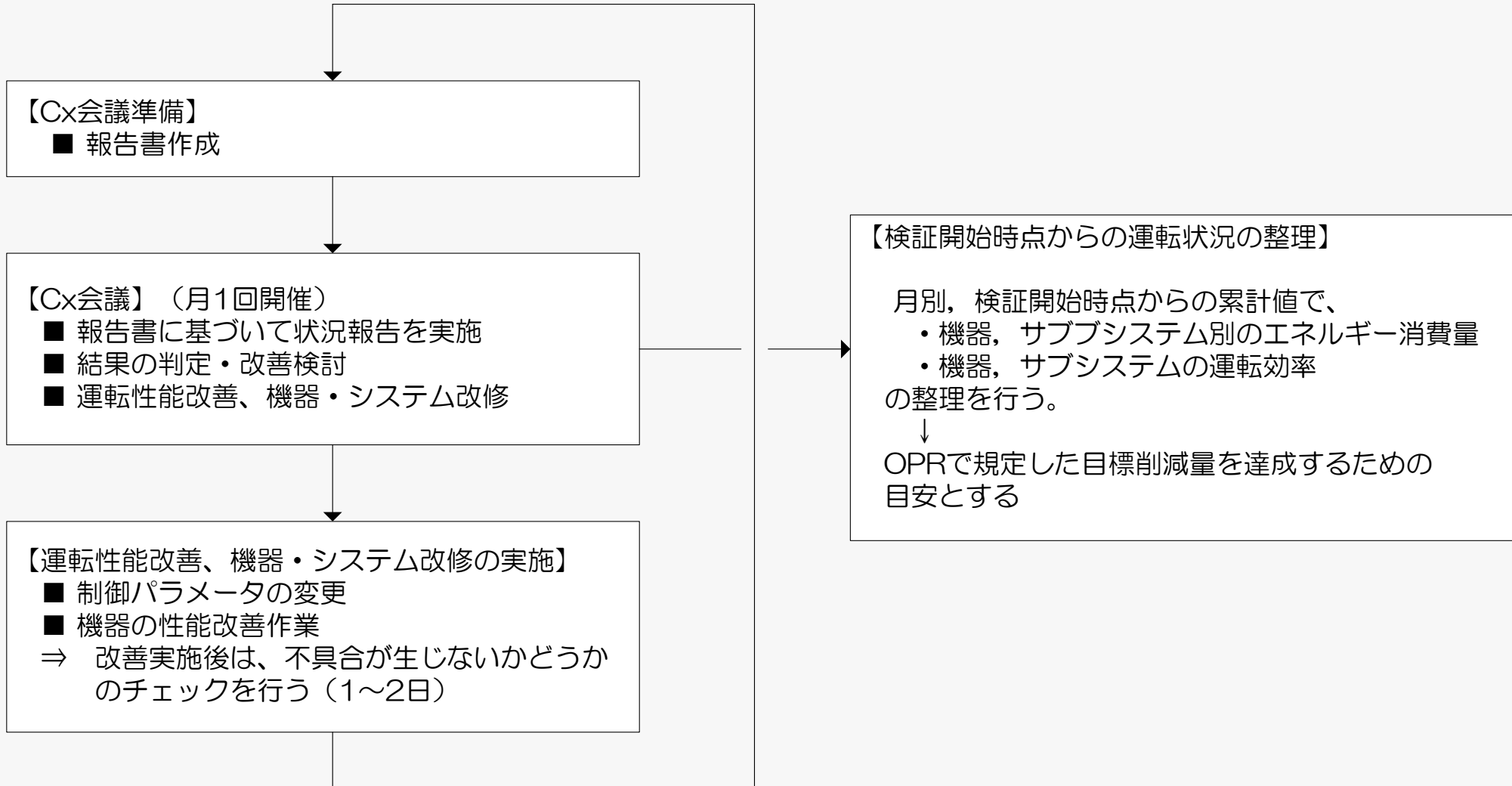
機能性能試験仕様書作成(3) 役割分担表の規定

表-1.4.1 機能性能試験役割分担表（機能試験フェーズ、性能検証フェーズともに共通）

作業項目	CMT	発注者	運転 管理者	設計・監理者		工事請負者
				設計者	監理者	
Cx 会議（月 1 回）	◎	○	○	○	○	○ ^{注1)}
機能試験に関する施工・計装図のレビュー	◎□	☆	☆	☆	△	○
データの取得と整理	◎	☆	☆	☆	△	○
テンポラリー現場測定 ^{注2)}	◎	☆	△	△	△	○
性能・分析処理作業 ^{注3)} （Cx 会議用レポート作成）	◎□	☆	☆	△	☆	○
結果の判定・改善検討	◎□	☆	△	○	○	○
運転性能改善、機器・システム改修 ^{注4)}	◎□	☆	△	△	△	○
報告書作成 ^{注5)}	◎	☆	△	△	△	○

凡例：◎：統括・指示、○：担当、□：レビュー（検収・判定）、△：アドバイス、☆：要望

機能性能試験仕様書作成(4) 性能試験業務サイクルの規定



機能的性能試験仕様書作成(5) 仕様書記載 機器群項目

機器		
分類	機器群	機器単体
空調用・給湯用熱源	インバータターボ冷凍機	本体 / 冷水一次ポンプ / 冷却水ポンプ
	熱回収ターボ冷凍機	本体 / 冷水一次ポンプ / 温水一次ポンプ / 冷却水ポンプ 温水蓄熱槽系統
	井水ヒートポンプ	本体 / 冷温水一次ポンプ / 熱源水ポンプ / 冷却水ポンプ
	蒸気吸収冷凍機	本体 / 冷水一次ポンプ / 冷却水ポンプ
	温水吸収冷凍機	本体 / 冷水一次ポンプ / 冷却水ポンプ
	空冷ヒートポンプ (モジュール)	本体 / 冷温水一次ポンプ
	蒸気ボイラー (ホテル・文化)	給水ポンプ
	空冷ヒートポンプ (冷温水同時取出)	本体 / 温水ポンプ / 冷水ポンプ
	冷却塔	
自然エネルギー利用機器	太陽集熱器	集熱パネル 温水循環ポンプ
冷・温水二次側搬送システム (サブステーション)	冷水二次ポンプ	共用サブステ 駅施設サブステ 専門店サブステ 百貨店サブステ ホテルサブステ 文化サブステ
	温水二次ポンプ	駅施設サブステ 専門店サブステ 百貨店サブステ ホテルサブステ 文化サブステ
空調システム	空調機 (還気ファン含む)	
	給気・排気ファン	
コージェネレーション設備	コージェネレーション発電機	

機能性能試験仕様書作成(7) 試験仕様記載書式 機器群

● 機器群の試験仕様書（書式）

項目	記載内容
試験対象	対象機器の記号・名称を列記
試験の目的	どういった性能を確認するかを列記（複数）
分析方法・ 結果表示方法	試験の目的に記載した確認項目の分析と判定方法を記載 [分析方法] どういうデータ処理・可視化をするかを提示 [判定方法] グラフの見方と判定基準を示す * 分析・判定方法が、複数ある場合は、分析1～n、判定1～nとして記載
測定ポイント	性能確認分析に用いる ・ BEMS測定ポイント（= BEMS取得要求ポイントでもある） ・ 試験時に一時的に測定するポイント を列記（SHASE計測マニュアルに準拠）

機能的性能試験仕様書作成(9) 試験仕様記載書式 サブシステム

● サブシステムの試験仕様書

サブシステムの構成制御モジュール毎に試験仕様を記載

項目	記載内容
対象サブシステムの制御モジュール	対象サブシステムの制御モジュール名称を記載
サブシステム系統図と制御方針	<ul style="list-style-type: none"> ・ サブシステム系統図を図示（測定ポイントも表記） ・ 制御方針の解説 * サブシステムの性能試験のみ記載
試験の目的	機器群の記載内容と同じ
分析方法・結果表示方法	機器群の記載内容と同じ
測定ポイント	機器群の記載内容と同じ

4. 施工フェーズ

調査フェーズ
(2010年度)



基本設計(企画)フェーズ
(2011年度)



実施設計フェーズ
(2014年4-10月)



施工設計フェーズ
(2015年1月-2017年6月)



適正化フェーズ
(2017年7月-2019年6月)

施工フェーズ開始直後

2015年1月23日からスタート（今年度3月までの実施課題）

1) 性能検証計画書(初期)

- ・ 施工工程の確認と性能検証会議での審議プロセスを整備

2) 設計図リファインを実施

- ・ 施工者のVE案の検討

→ 目標性能を維持するための工夫について、
設計者・施工者とともに検討を行う。

特に根幹となる熱源設備の再レビューをしながら議論

- ・ BEMS・自動制御の設計内容を施工前に再レビュー

まとめ

京都駅ビル熱源・空調設備省エネルギー改修工事
～ コミッショニングで100年建築を実現する ～

国土交通省
平成26年度
第2回住宅・建築物省CO2先導事業に採択

コミッショニングの意義が認知され、CxFの必要性が高まることを期待