

大学施設へのコミッショニングの適用

名古屋大学でのコミッショニングの導入の経緯と期待
名古屋大学におけるトータルビルコミッショニング

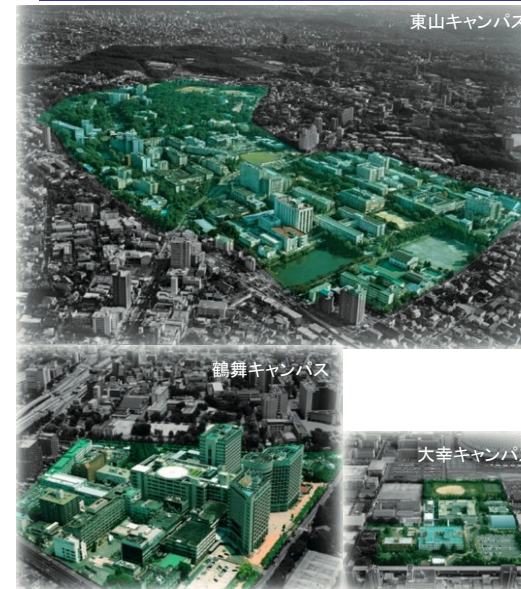
2013年12月13日

名古屋大学 理事・副総長
藤井良一



名古屋大学大学院環境学研究科
都市環境学専攻・建築系
奥宮正哉

名古屋大学キャンパスの概要



構成員数 約21500人

・名古屋市人口の1%

年間予算 1,000億円弱

・15~20万人都市と
同規模の予算額

CO₂排出量: 約7万トン/年

・名古屋市の業務系で
最大の排出者

“ひとつの都市”
としてのキャンパス

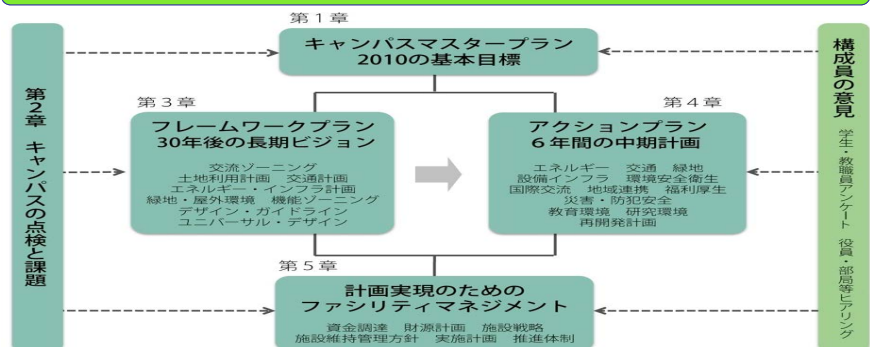
キャンパスマスタープラン2010のコンセプト・構成

自由闊達な教育研究風土の基盤となるキャンパス

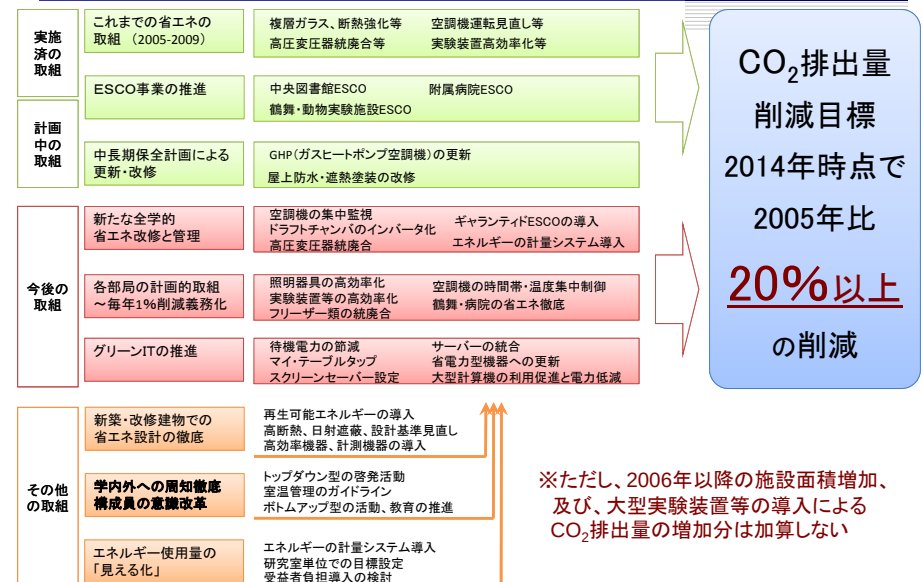
地球環境に配慮した低炭素エコキャンパス

グローバル&ローカルに多様な連携を支援するキャンパス

キャンパスの持続的な発展を支え、大学経営に貢献するファシリティマネジメント



省エネ・環境負荷低減 アクションプラン



エネルギーマネジメントのために

1) 大学全体でのターゲットの特定

2) 個々の施設におけるエネルギー消費特性の詳細な把握

- ・ 個々の施設ごとの共通要求機能要件、個別要求機能要件の把握
- ・ 各用途の使い勝手とエネルギー消費量の把握
- ・ 設計や運転状況の無理や無駄の把握

3) 建築設備(空調や照明)設計・運転の指針の見直し

- ・ 設計時の負荷設定の見直し
- ・ 無理なく無駄ない運転方法の設定

これらを背景に

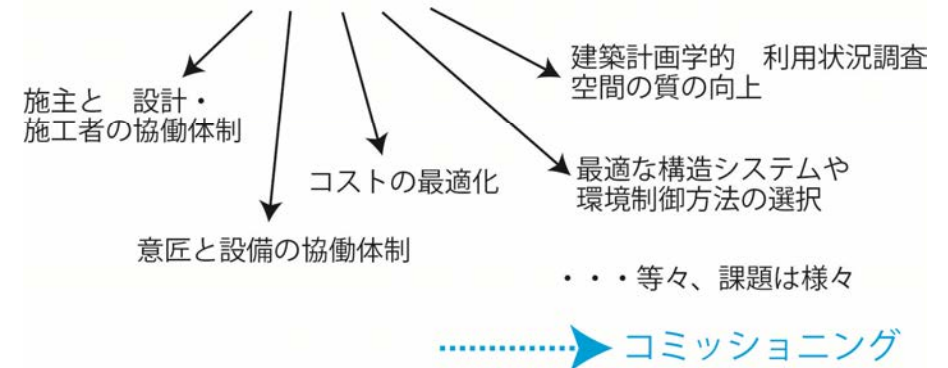
施設計画・設計、施工、運用における性能検証の実施

- ・ 科学的な手法
- ・ PDCAサイクルの実現

4

何故、コミッショニングが必要か？

単に省エネ化だけでなく
いかに大学の活動の質を上げていくか。
そのための建築を如何につくるか。



何故、コミッショニングが必要か？

→ 建築の総合的コミッショニング

施主として建築に求めるもの

- ・ 用途や人数に応じた基本性能
 - ・ 省エネ性能 (何%削減するか)
 - ・ デザイン (調和や主張)
 - ・ 空間性能 (印象や行動の質)
 - ・ 安全性能 (構造や防犯)・・・等
- 建物に応じて重み付けは異なる。

施主(発注者)としての判断

検証結果(費用対効果)に基づき、
大学としてのアイデンティティまで
考慮し、プライオリティを決定。
予算内での最適化をはかる。

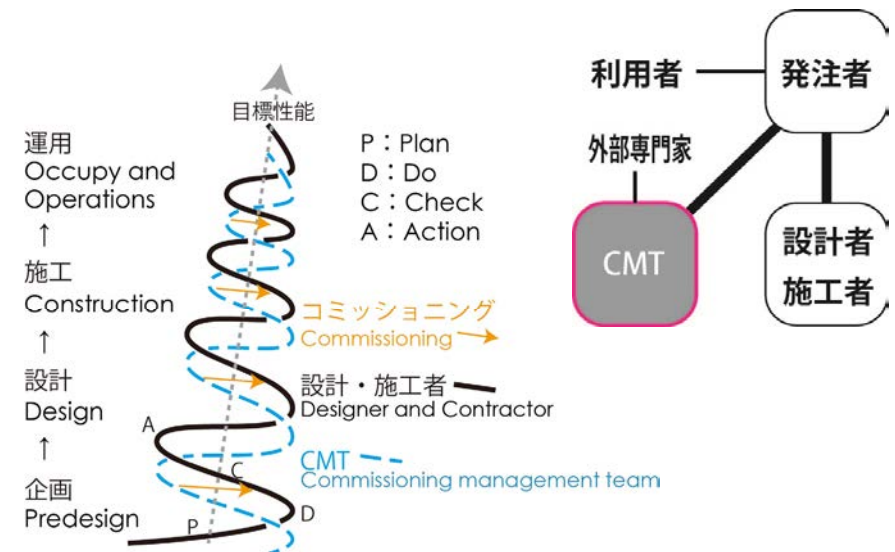
設計要件(OPR)での

建築性能の目標に基づき
運用時にそれが満たされるために、
企画・設計・施工・運用の
各段階で検証を繰り返す。

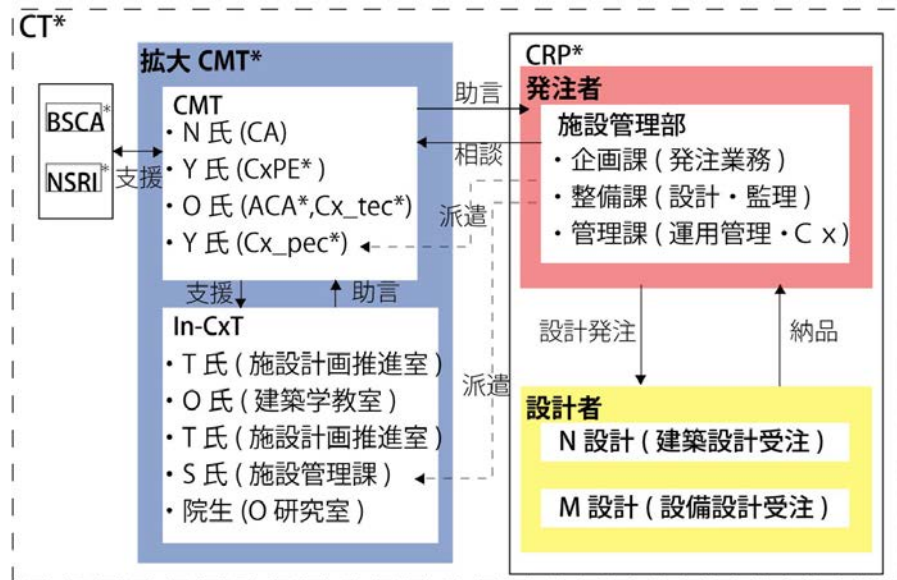
コミッショニングチームの役割

コミッショニング・オーソリティ(CA)
コミッショニング・マネジメントチーム
(CMT)が、設計者・施工者と利害を
別にする第三者として協力する。

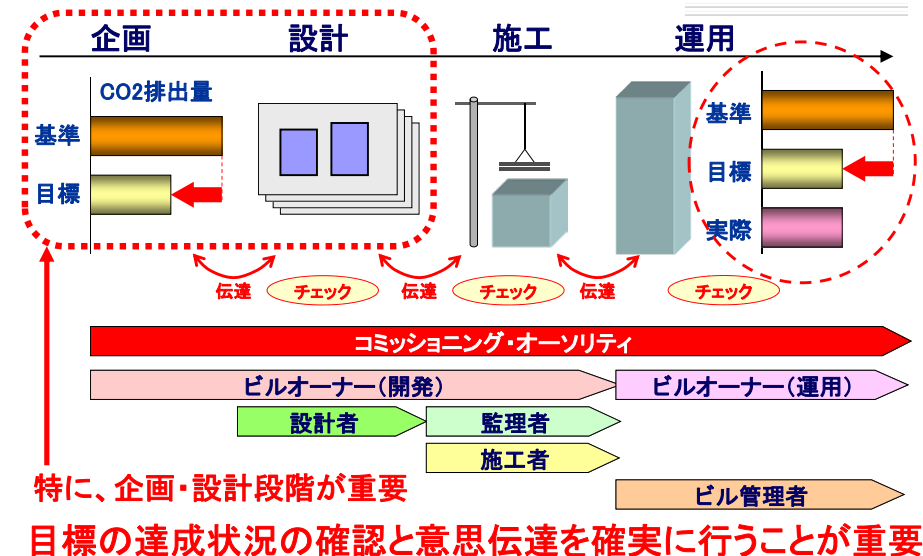
何故、コミッショニングが必要か？



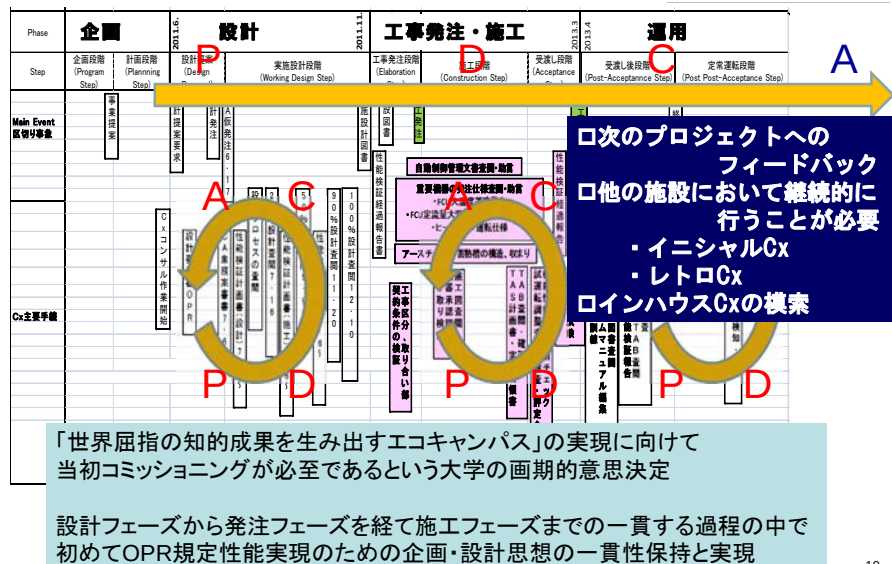
コミッションチームの構成(設計フェーズ)



コミッションプロセスの適用の効果



コミッションプロセス主要業務の流れ



総合的コミッションの効果

通常的设计	コミッションを導入するとさらに確実になる	効果例
施主からの要件をまとめて、プロポーザルにて設計者選定	施主からの要件を専門家が妥当性のある定量的目標として提示	CO ₂ 排出 20%削減
各利用者の要望を積み上げて設計条件を整理	各利用者の要望を総合的に判断し建物全体で最適化した条件に変換	負荷の抑制 機器軽量化
プロポーザルでの提案事項が実現されないことも多い	提案内容の費用対効果を検証し有効なものを実現	エコシャフト ア-スチューブ
設計内容が要望に即しているか実証することができない	各ステップで検証し、文書として残すことで目標を確実に実現する	次期計画への活用
設計図の不備や施工上の変更に対応できない	設計図通りの施工を確認する以上のOPRに基づく適切な施工監理	設計意図を 反省した施工 の最適化

[illegible]地上8階建 延面積7,000m²

2010年度～企画開始
2011年度～設計
2012年度～施工
2013年3月竣工



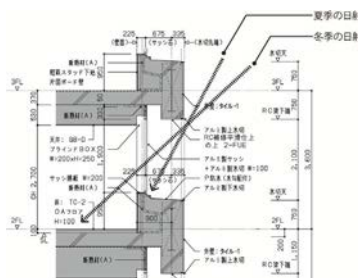
○科学的・論理的な立証を伴う取り組み

- ・最先端の研究成果を根拠にした実験や検証
- ・目標設定とその効果の立証によるシステマティックなPDCAサイクルの構築
- ・地域社会の縮図としての大学キャンパスをフィールドに

○地域や企業との連携による社会への波及

- ・大規模エネルギー消費者としての社会的責任
- ・社会に開かれた大学としてステークホルダーへの責任
- ・低炭素化社会へ向けての大学発チャレンジへ
- ・インハウスCxを含めた簡便かつ科学的な手法の確立と展開

- ・ [設計主旨]
- ・ 1.「研究」を育む環境 2.「交流」を促す環境 3.「自然」を育む環境

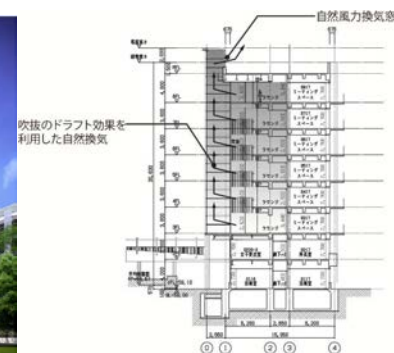


影の深いファサード
明確なゾーニング
1階・3階・8階を「実験ゾーン」、2階を「管理ゾーン」、4～7階を「研究ゾーン」とした、明確な階層別のゾーニング
エコシャフトを利用した自然換気
アースチューブ（外気負荷低減）

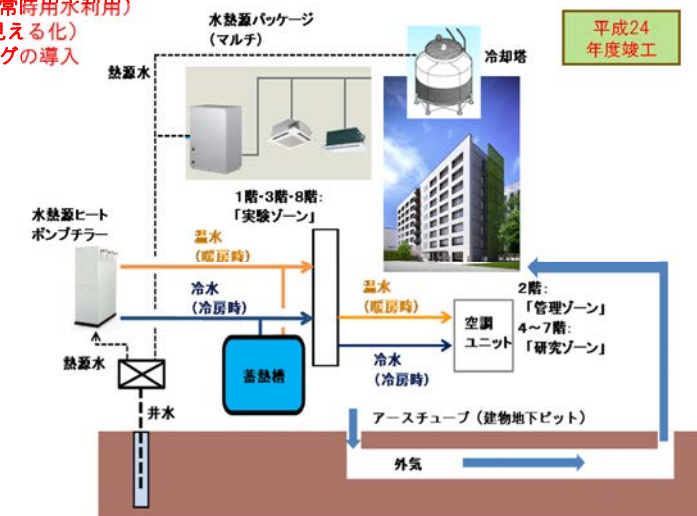
旧核研跡地再開発計画の第1期

地上 8 階建 延面積 7,000m²

2010年度～企画開始
2011年度～設計
2012年度～施工



省エネルギー/電力ピークカット
地下水利用
蓄熱式空調（非常時用水利用）
BEMSの導入（見える化）
コミミッションの導入



企画フェーズ OPR

- 3つの目標と7つのコンセプトで構成

世界屈指の知的成果を生み出す研究環境の創造

コンセプト1

多様性と可変性をもつ先進的ワークスペース

コンセプト2

低炭素化を推進する技術と建築デザインの合理的統合

徹底した低炭素化研究施設の創造

20%省エネ化

コンセプト3

省エネルギー・環境負荷低減

コンセプト4

再生可能エネルギーの利用

コンセプト5

ライフサイクルエネルギー・環境管理の重視

キャンパスの持続的発展を支える建築

コンセプト6

安全性・信頼性・保水性

コンセプト7

発展的整備に対する合理的な対応

設計フェーズ コミッショニングの検証項目

性能検証関連図書の作成

設計条件の確認

情報連絡シート・案件処理記録表・性能検証仕様書など

各室人数、人体・照明・コンセントの標準原単位、

照明稼働率・時間、空調運転スケジュール、

冬季の冷房負荷への対応、加湿の有無・方法

建築的省エネ手法の効果検証

アースチューブ/エコシャフトでの熱損失・熱取得・

圧力損失検証、外皮性能検証 (PAL 値、日射遮蔽)

建築分野の性能検証

ゾーニングの検討確認、構造システムの費用対効果確認、

出会いを促す空間構成および設え、

CMP に即した外装デザイン、自然素材の活用

検証手法の確認

負荷計算方法、アースチューブ/エコシャフトの

熱的性能検証、年間一次エネルギー消費量計算方法

その他の確認

井水有効活用方法、FCU 二方弁の制御方法、熱媒温度・

温度差の確認、蓄熱システムの運転・活用に関する最適化

装置仕様などの確認

各機種の能力などの仕様の確認

設計図書のレビュー

仕上り 20%、50%、90%、100%時でのレビュー

CASBEE 採点の確認

採点状況・改善方法の確認

年間エネルギー性能の検証

ゾーンごと、建物全体でのエネルギー消費原単位の確認

設計フェーズ 外皮性能の検証 (PAL値)

名古屋大学 (東山) 総合研究棟 (地域連携棟) 外皮性能の検証

※本図・設計条件書 (OPR) の内容確認

7 設計条件

1. 外壁及び屋根面の断熱材は現場発泡ウレタン厚50mm相当とする

2. 断熱材に面する建築材について、ガラスは複層ガラスを基本とする

※年間熱負荷係数 (PAL) の試算

建物用途	ホテル等	病院等	物販店舗等	事務所等	学校等	飲食店等	商業所等
年間熱負荷係数	420	340	380	300	320	550	550
断熱基準値	380	310	360	270	290	500	500

当建築物 PAL 値 (2011.06 試算) = 198.34

198.34 < 200 十分な外皮性能を有するものと判断できる。

(※: 断熱材の厚さを50mmとした場合のPAL値→224.18)

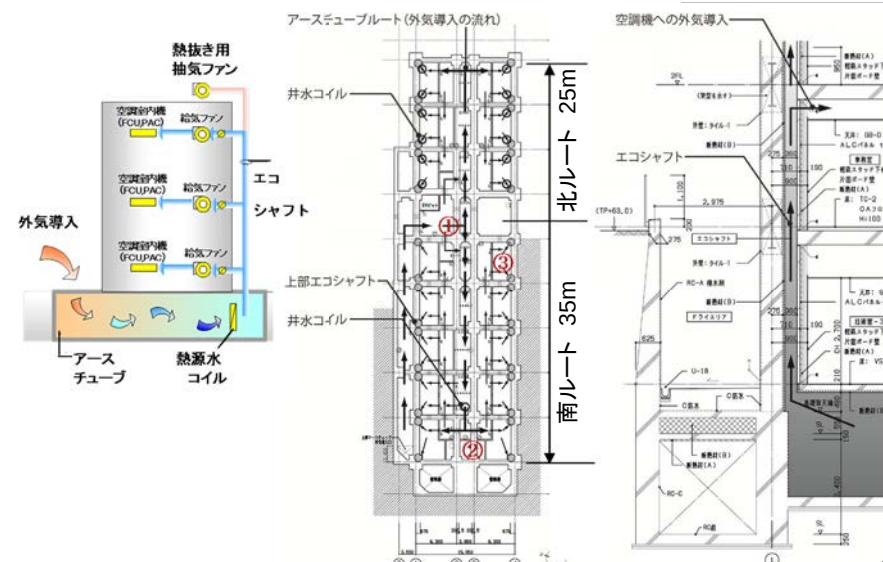
※断熱材の厚さによる自動断熱入庫・PAL値の比較

下記の表により、断熱材の厚さを自動断熱入庫・PAL値の比較

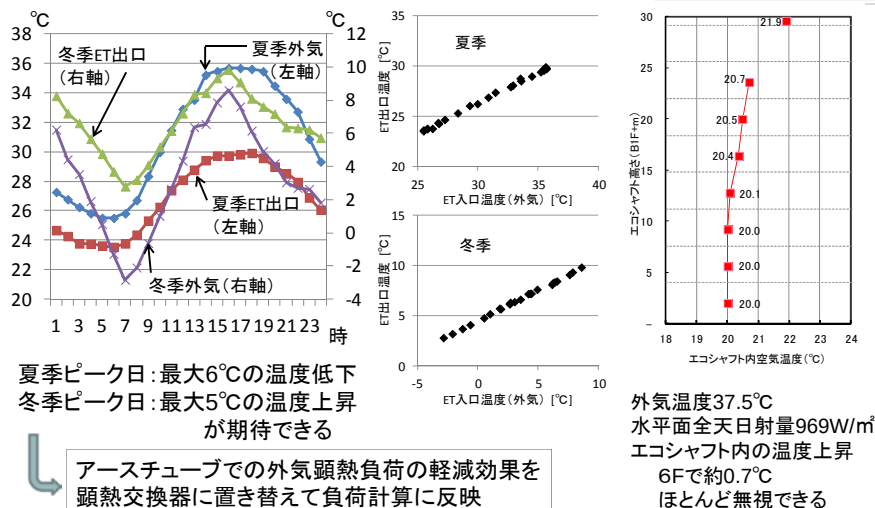
	A	B (今回建築)	C-1	C-2	D
(断面)	外壁とサッシがほぼ同面	外壁からサッシまでの約1mのダキ有	Bをベースにライトシェルフを追加	Bをベースに最上層ルーバーを追加	ダブルスキン (エア20cm+エア15cm)
(平面)	外壁とサッシがほぼ同面	外壁からサッシまでの約1mのダキ有	Bをベースに最上層ルーバーを追加	Bをベースに最上層ルーバーを追加	Aと同じ
窓開口率	0.46 (表) 0.46 (裏)	0.21 (表) 0.13 (裏)	0.21 (表) 0.07 (裏)	0.18 (表) 0.09 (裏)	0.46 (表) 0.11 (裏)
試算PAL値	243.25	198.34	198.34	198.34	198.34
コスト差 (建築工事費)	基準	約675万円増	約1,800万円増	約1,200万円増	約2,700万円増
総合評価	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

※断熱材の厚さによる比較を行っているため、詳細検討により変更の可能性がります。

アースチューブとエコシャフト

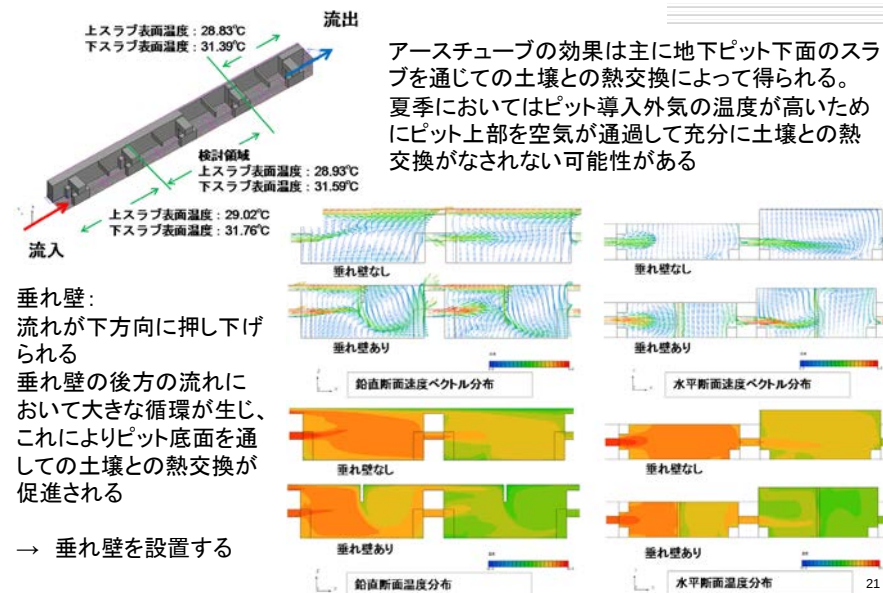


アースチューブの冷却・加熱効果とエコシャフトでの温度上昇

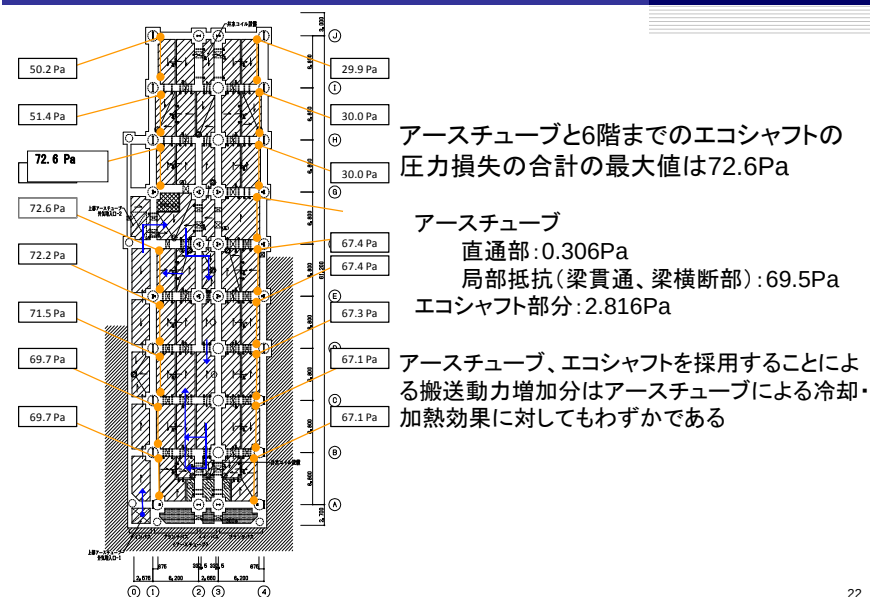


20

アースチューブ内の流れの検討(構造の検討)



アースチューブとエコシャフトの圧力損失



22

コミッショニングとシミュレーション

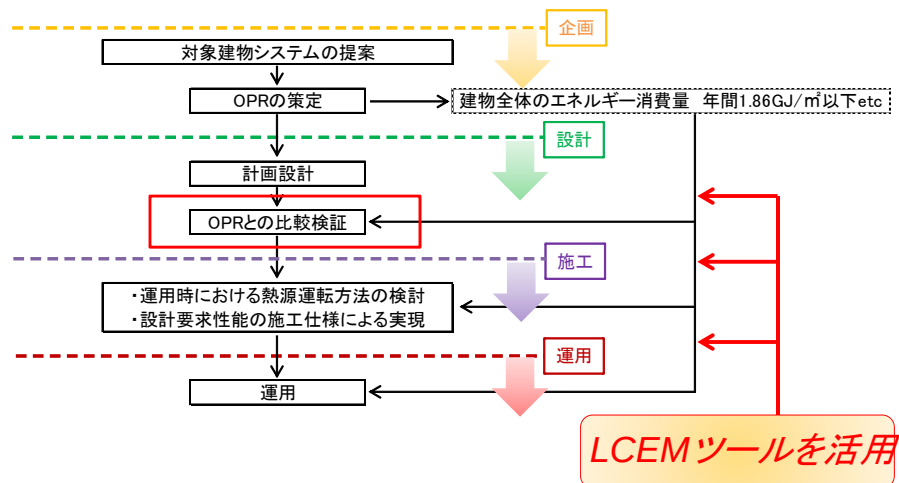
コミッショニング

シミュレーション

- ①OPRの目標値のチェック
基本・実施設計の終了時に評価
- ②施工時における機器選定に用いる
- ③実際に建物が運用されるときエネルギー
消費量などの目標値、もしくは目安の設定

シミュレーションツールとして
LCEM, HVACSIM+ など

LCEMツール活用のフロー図



対象熱源システムの概要

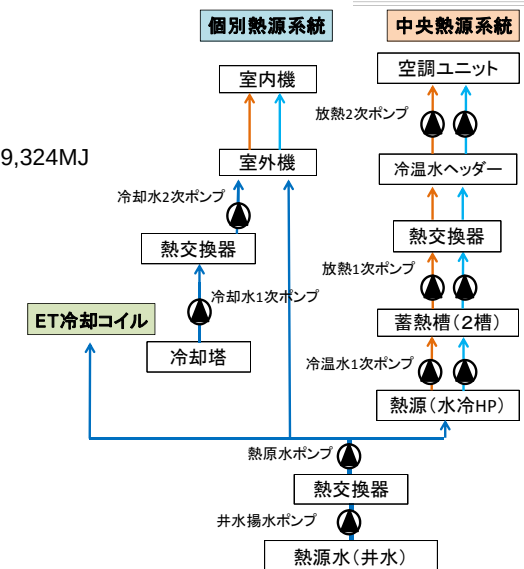
中央熱源系統

水熱源ヒートポンプチャラー
 冷却能力 348.5kW
 加熱能力 403.1kW
 温度成層型蓄熱槽
 124m³ × 2基 蓄熱容量9,324MJ

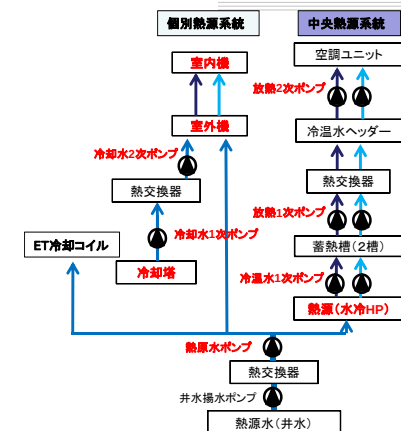
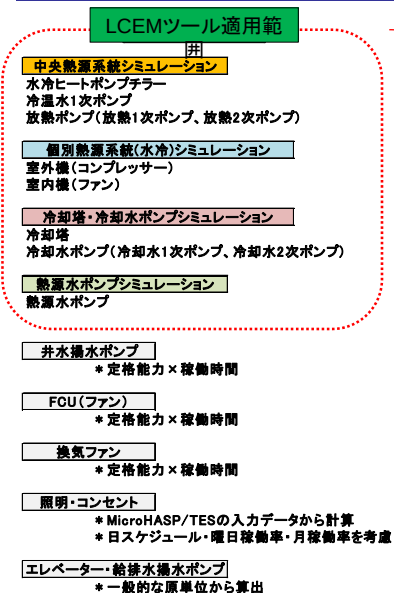
個別熱源系統

水熱源マルチ
 冷却能力 916.2kW
 加熱能力 204.8kW

熱源水利用可能量
 500ℓ/分



対象建物のエネルギー消費量算出方法



エネルギー消費量を定量化

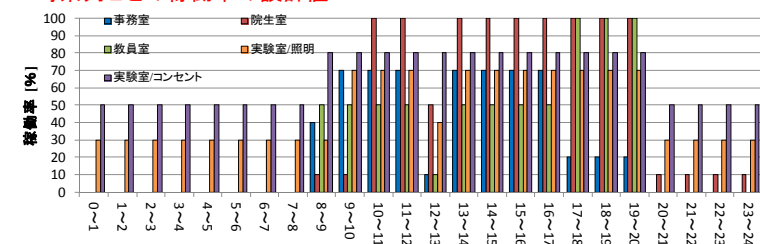
OPRの目標値...

年間 1.86GJ/m² 以下

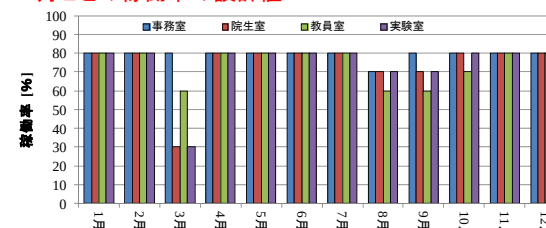
MicroHASP/TESの稼働率

MicroHASP/TES: 熱負荷計算ソフト

時系列ごとの稼働率の設計値



月ごとの稼働率の設計値



エネルギー消費量算出のためのMicroHASP/TESの活用

学内での使用実態調査をもとに・・・

➤ 中央熱源系統 (事務室、院生室、教員室中心)

- ・対象室の平均在室時間は設計値約13時間に対して約75%
- ・対象室の平均在室人数は設計値約0.2人/m²に対して約70%

➡ 月稼働率の設計値を0.5倍

➤ 個別熱源系統 (実験室中心)

- ・対象室の平均在室時間は設計値約24時間に対して約30%
- ・在室人数と機器の稼働時間が正確には対応しない

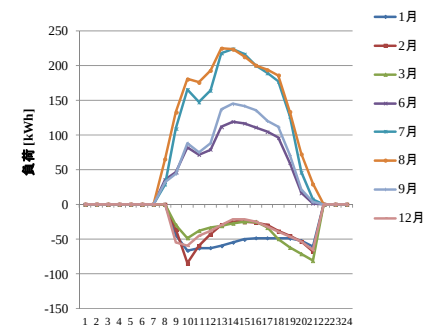
➡ 月稼働率の設計値を0.35倍

↓

コミショニングの中でより現実に近い稼働率を設定し、LCEMツールによるエネルギー消費量算出のための負荷計算を実施

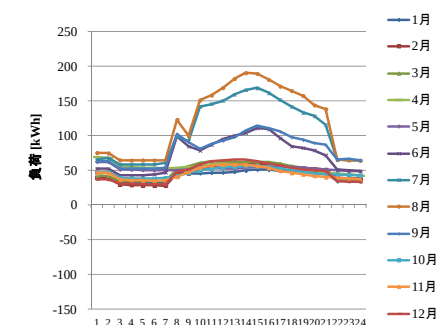
MicroHASP/TESの負荷計算結果

中央熱源系統



冷房負荷 MAX : 225kW (8月13時)
暖房負荷 MAX : 85kW (2月10時)

個別熱源系統



冷房負荷 MAX : 190kW (8月14時)

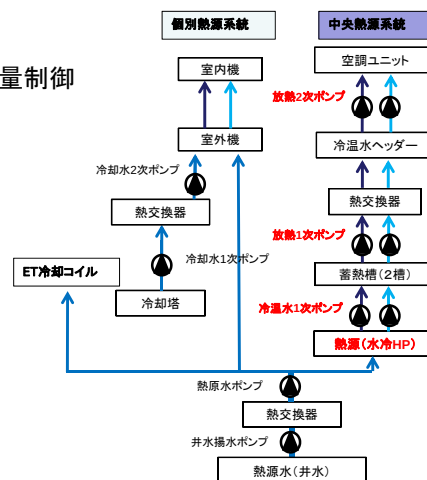
➡ LCEMツールによるエネルギーシミュレーションに活用

LCEMツールによるエネルギーシミュレーション

(1) 中央熱源系統

【シミュレーションの設定】

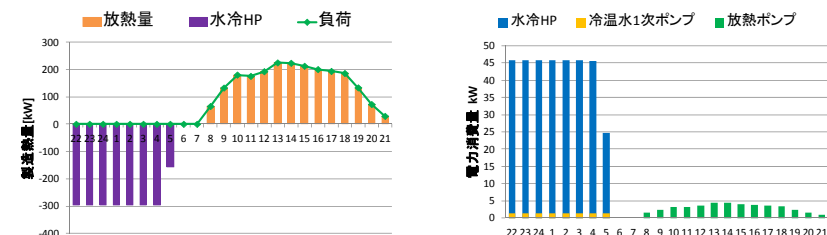
- 放熱ポンプ、冷温水1次ポンプは変流量制御
- 夏期蓄熱時熱源負荷率85%
- 熱源水温度21℃
- 冬期は蓄熱槽1槽のみを使用



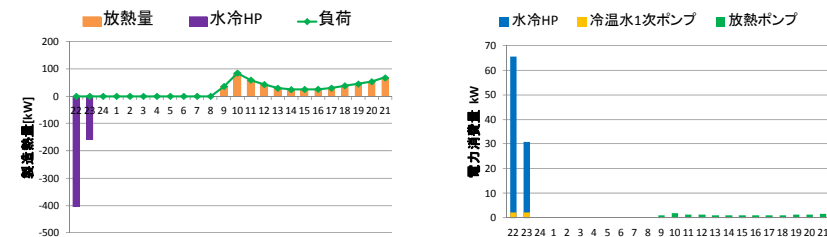
LCEMツールによるエネルギーシミュレーション

(1) 中央熱源系統

8月の時系列ごとの蓄・放熱量(左)と電力消費量(右)



2月の時系列ごとの蓄・放熱量(左)と電力消費量(右)

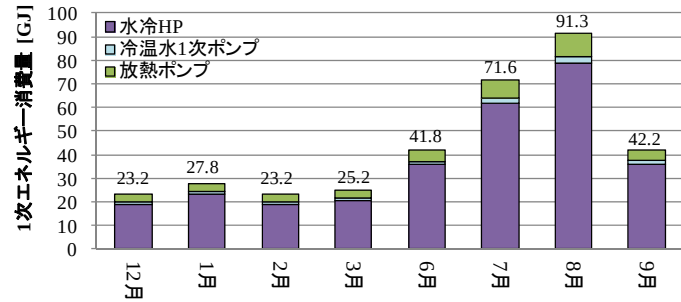


LCEMツールによるエネルギーシミュレーション

(1)中央熱源系統

各月積算の1次エネルギー消費量

中央熱源系統シミュレーション



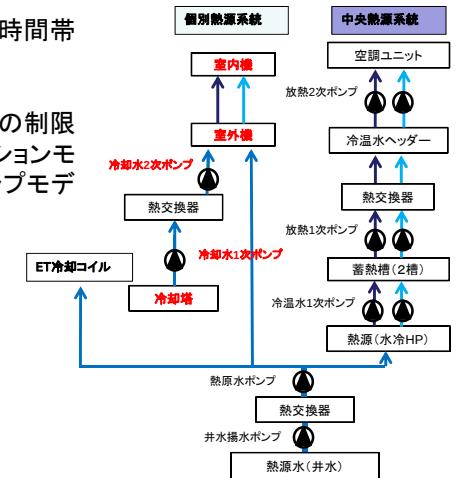
* 1次エネルギー換算係数9.97MJ/kWh

LCEMツールによるエネルギーシミュレーション

(2)個別熱源系統

【シミュレーションの設定】

- 中央熱源系統に井水が利用されない時間帯に井水を使用
- 井水利用不可時には冷却塔を使用
- 室外機の数がシミュレーションモデルの制限を超えるため室外機・室内機シミュレーションモデルを3つ作成し、冷却塔と冷却水ポンプモデルは別途作成

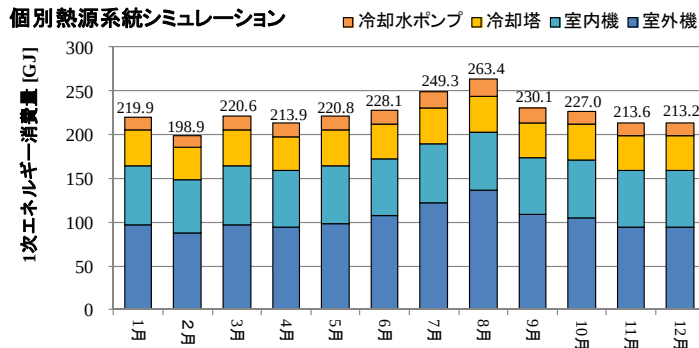


LCEMツールによるエネルギーシミュレーション

(2)個別熱源系統

各月積算の1次エネルギー消費量

個別熱源系統シミュレーション



* 1次エネルギー換算係数9.97MJ/kWh

LCEMツールによるエネルギーシミュレーション

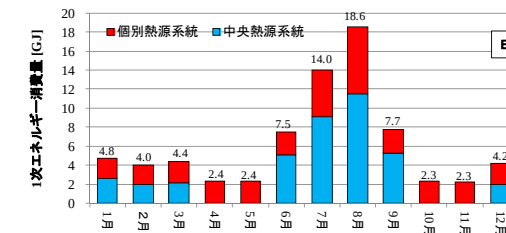
(3)熱源水ポンプ

【シミュレーションの設定】

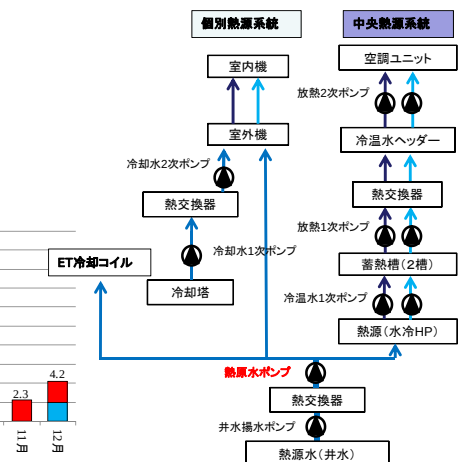
- 利用される熱源水(井水)を境界条件
- 熱源水ポンプは変流量制御

各月積算の1次エネルギー消費量

熱源水ポンプシミュレーション

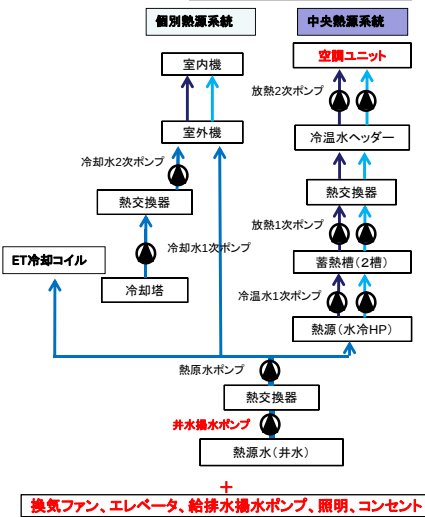


* 1次エネルギー換算係数9.97MJ/kWh



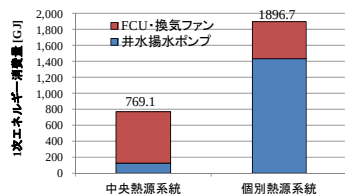
その他のエネルギー消費量の算出

- 【算出方法】
- FCU・換気ファン
定格電力消費量×稼働時間
 - エレベータ・給排水揚水ポンプ
原単位×延床面積
 - 照明・コンセント
MicroHASP/TESの入力データを利用



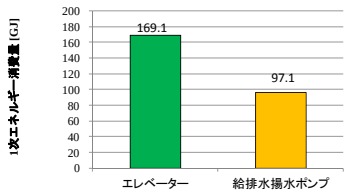
その他のエネルギー消費量の算出

FCU・井水揚水ポンプ



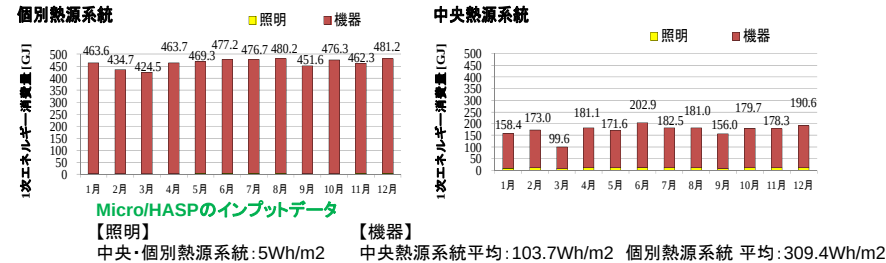
定格能力×稼働時間
FCU・換気ファンの定格能力の合計49.1kWh
井水揚水ポンプ18.5kWh

エレベータ・給排水揚水ポンプ



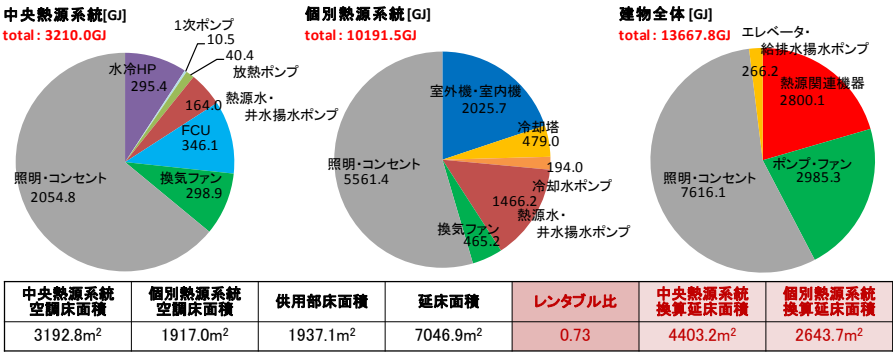
原単位×延床面積
エレベータ:0.02GJ/m2年
給排水揚水ポンプ:0.01GJ/m2年

照明・コンセント(機器)



年間エネルギー消費量

設計段階における建物全体のエネルギー消費量の定量化



➢中央熱源系統 3210GJ ⇒ 729MJ/m2年(中央熱源系統換算延床面積あたり)
➢個別熱源系統 10192GJ ⇒ 3855MJ/m2年(個別熱源系統換算延床面積あたり)
➢建物全体 13667GJ ⇒ 1.94GJ/m2年(延床面積あたり)

OPRの目標値...
年間 1.86GJ/m2以下

➡ OPRの目標値をほぼ達成しているが、今後さらなる運転改善が望まれる

施工フェーズ コミッショニングの検証項目

(建築)

- ・アースチューブ、エコシャフトの躯体断面形状
- ・外皮性能 (熱貫流率の確認など、実測)
- ・界壁、界床遮音性能 (実測)
- ・サーバー室の遮音性能 (実測)
- ・調達資材の環境性能 (地場産素材、化学物質など)
- ・緑化、舗装計画 (CASBEE外構緑被指数など参照)

(電気設備)

- ・照明システム (照度、センサー位置、時間など)
- ・計量システム (BEMSとの整合確認など)
- ・BCPのためのシステム (非常用電源・照明など)

(共通)

- ・ユーザー向けマニュアル

施工時の検証項目

建築的省エネルギー手法の検証

□アースチューブ冷却コイルの収まりとコイル仕様、省エネ効果の再確認

設備設計要因の検証

- サーバー室外気冷房方式とその収まり(ガラリ面積の拡大を含む)
- 外気冷房効果の推定について
- 個別熱源系統冷却水切り替え制御の可能性と対策について再検討
- 蓄熱槽設計図・施工図においてスラブ断熱位置と厚さが不明確であり、外部に面する上部天井スラブには上下面に断熱防水が必要
- FCU大温度差確保弁の制御ロジックの確認(設計性能への適合性)と保守性について
- FCUやPACのコントローラ、人感センサー、BCP対応の照明・コンセントの位置や各種詳細検討

装置仕様の確認

- 冷凍機設計仕様と最適運転仕様の区分と井水使用可能流量を考慮したポンプ仕様の条件整理
- 冷凍機において吸込み三方弁制御と容量制御の協調設定の可能性の確認
- 1次ポンプの水量決定についての確認

設計図書のリビュー

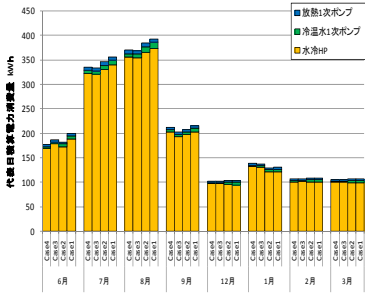
- 自動制御管理文書の作成とフォローアップ

施工フェーズ コミッショニングの検証項目 (例)

- ・調達資材の環境性能 (地場産素材、化学物質など)
- ・緑化、舗装計画 (CASBEE外構緑被指数など参照)

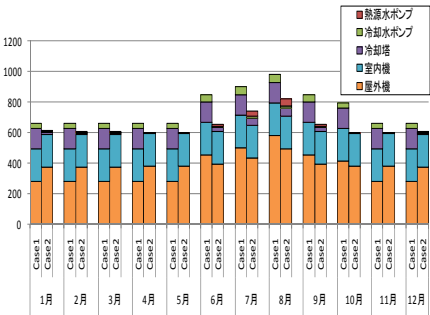
部位	内装材料	取得認定			メーカー名	商品名
		環境	リサイクル	指定		
床	1F技術室・3F実験室		○		タジマ	セイトンフローア
	5F計算機室・8F光学実験室					
	8F実験室		○		タジマ	タイタックフローア
	8F実験室				タジマ	移動荷重用
	1F売店・7F計算機室	○	○		タジマ	マティル
	6F解析室・7F計算機室他		○		タジマ	レイフラット
	各階各室		○		タジマ	ハーモリウムマ
	各階バントリー		○		タジマ	マティル
	各階WC		○		タジマ	タアゾーン
	各階各室	○			タジマ	タスセレクト
	2F事務室・4F東側	○			タジマ	タスセレクトO
	2F所長室	○			タジマ	タスレフイーナ
	各階廊下・ミーティング	○			タジマ	タスステッセン
	階段	○			タジマ	タスステッセン
	1F工作室	○			ABC商会	タスクリートEPカ
塗床	3F開発室	○			ABC商会	タスクリートEPカ
	各階EPS・1F機械室	○			ABC商会	カラトップA
	1F電気室	○			ABC商会	カラトップA
	各室・各所 EP塗	○			関西ヘイト	ビニテラックス
壁	階段・吹抜	○			菊水化学	グラナダ

施工時のシミュレーション活用例



蓄熱時熱源負荷率の検討結果

Case1~4
蓄熱時熱源負荷率
100、90、75、70%



冬期における井水利用有効性の検討結果

Case1
個別熱源系統では年間冷却塔を利用

Case2
中央熱源に井水が用いられていない時間帯には個別熱源系統に井水を用い、その他の時間帯には冷却塔を用いる

運用フェーズ 行動観察等による検証

(目標) 世界屈指の知的成果を生み出す研究環境の創造
>>> (設計主旨) インフォーマルな出会いを促す空間



運用フェーズ インタビューや行動観察による検証

■行動観察調査



エネルギー実測値による検証

入居後の4月～8月の実績値として基準建物の16.9%減となっており、BEMS等による最適な運転管理を通じて、20%の省エネ化を目指す。

先駆性・独創性

- 1、 トータル・ビルコミッションの国内における最先進事例。
- 2、 大学発の最先端研究を根拠にした実験や検証。
- 3、 知的成果、低炭素化、持続的発展という統合的視点からの省エネ。
- 4、 科学的根拠で発注者の価値判断を可能にする建築プロセス。

環境負荷低減効果

- 1、 実績値として16.9%省エネ化。運転管理を通じて20%減へ。
- 2、 エコマーク、グリーン購入法、愛知県産の森林認証木材利用。
- 3、 地下水活用や緑化など、CASBEE名古屋—Sランク。

実績・将来性

- 1、 社会に開かれた大学として、科学的に目標立案と実践、検証。
- 2、 大学キャンパスを都市の縮図と捉え、今後社会に展開。
- 3、 関与・体験した建築業者による間接的な波及効果。

まとめ

発注者（および使用者）が求める建築の性能を入居後の運用時点で確保する、という課題は、「建築全体」として問うべき事項。

・・・発注者の要求は分野横断的。

（国立大、設計／施工の分離発注、建築／設備の分離発注の状況）

①つなぐ役割・・・各立場・各分野・各段階

②皆が「建築」に参加するために

③成果を活用・発信するプラットフォームとして

BSCA 10周年記念シンポジウム in 中部

大学施設へのコミッションの適用

名古屋大学でのコミッションの導入の経緯と期待

名古屋大学におけるトータルビルコミッション



ありがとうございました