

ビジネスとしてのコミッショニング普及に向けて ～オーナーが語るCxの有用性と課題～

沖縄科学技術大学院大学（OIST）既存Cxプロジェクト
Cxの有効性と課題
～ 研究施設における省エネコミッショニング ～

當間 佳代子（沖縄科学技術大学院大学）

Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University

コミッショニング概要説明：松下 直幹（アレフネット）

コミッショニングの概要

松下直幹（アレフネット）

Cx対象施設概要：沖縄科学技術大学院大学（OIST）とは

➤ Cx対象施設：沖縄科学技術大学院大学（OIST）

【施設概要】

- ・ 建物用途 研究施設
- ・ 所在地 沖縄県国頭郡恩納村字谷茶
- ・ 敷地面積 約70ヘクタール
- ・ 延床面積 約52,000m² (センター棟、第1～3研究棟)
* 2010年3月～2015年3月順次竣工



➤ 教育・研究概要

- ・ 5年一貫制の博士課程を置く大学院大学
- ・ 教員と学生の半数ほどを外国人とし、教育・研究は全て英語
- ・ 主な研究分野は、生物、物理、化学、数学・計算科学など。学際的な研究を目指す。



建物概要



既存Cx業務実施経過・予定

➤ 既存建物のコミッショニング（既存Cx）フローと実施経過・予定

企画フェーズ

2015.3実施

(ウォークスルー調査・ヒアリング実施)



調査フェーズ(初期)

2016.9～2017.3 熱源システム+LAB2空調設備

(データ分析→Cx会議→一部改善試行)



調査フェーズ(詳細)

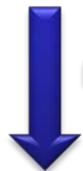
2018年度予定 LAB2・LAB3の空調設備

2018年度予定 熱源システム・LAB2の空調設備



対策実施フェーズ

2018年度予定 熱源システム・LAB2の空調設備
(Low Cost 対策のみ)



最終確認フェーズ

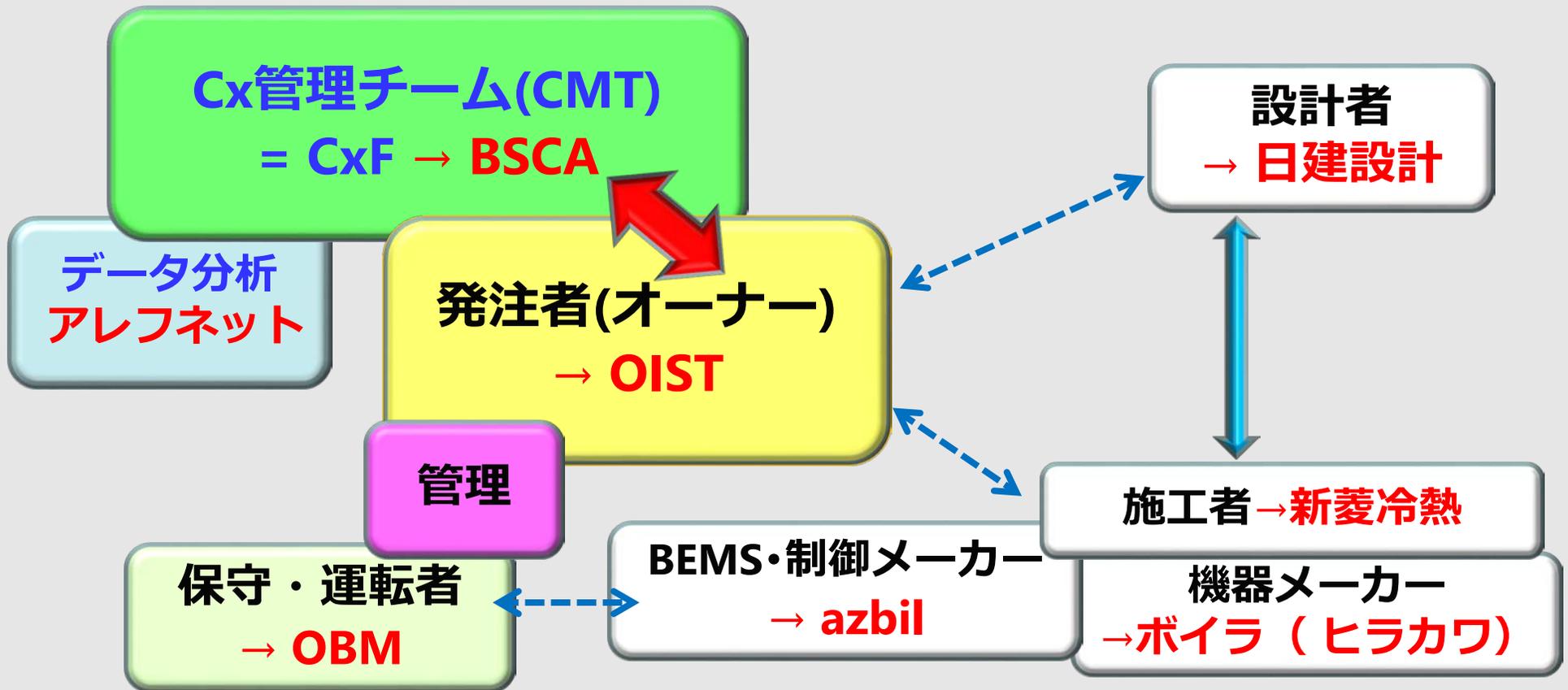


新築Cx

将来：熱源・空調システム更新計画
CxをバインドしたESCOを検討

Cxチーム構成 (CT)

Cxチーム(CT)



CMTの構成

- CMT：Cx管理チーム、BSCAが受託
- メンバー：

| メンバー | Cx資格等 | 所属等 | 主担当 |
|-----------|-------|------------------|-----------|
| 吉田治典 (CA) | CxPE | 京都大学名誉教授(BSCA) | 全般 |
| 松下直幹 (幹事) | CxTE | アレフネット(BSCA) | BEMS・自動制御 |
| 柳原隆司 | CxPE | 東京電機大学特任教授(BSCA) | 委員・設計/最適化 |
| 岡 敦郎 | CxPE | 森村設計(BSCA) | 委員・機械設備設計 |
| 西山 満 | CxPE | BSCA | 委員・機械設備施工 |

- + BSCAからデータ処理・分析業務委託
 (株) アレフネットに業務委託発注
 担当：西 勇樹 (アレフネット, CxTE)

実施事項

- 熱負荷・エネルギー消費実態の把握
- 冷・温熱源システムの課題と対策検討
- **研究施設特有の課題と対策検討**
 - ・ 厳格な室内温湿度制御
 - 冷却過多及び再熱過多、室内ミキシングロスの有無
 - 空調機の給気温度・湿度設定及び再熱量の適正化
 - ・ ヒュームフード（ドラフトチャンバ）
 - 空調機の給気静圧設定値の適正化及び制御手法改善検討
 - ヒュームフードの稼動状況と圧力設定値
 - ・ オールフレッシュ
 - 換気回数を検討

既存Cx調査フェーズ(初期) 業務実施項目

1. Cx業務計画書の作成

2. データ整理・分析

- ・ BEMS生データの受領（14000点、1分サンプリング、1年間）
- ・ 調査フェーズ(初期)のメイン業務
- ・ 既存設備の状況把握、制御性能の確認試験、課題抽出、要因分析

3. Cx会議の実施と主宰

- ・ 京都で2回開催（11月11日、12月23日）

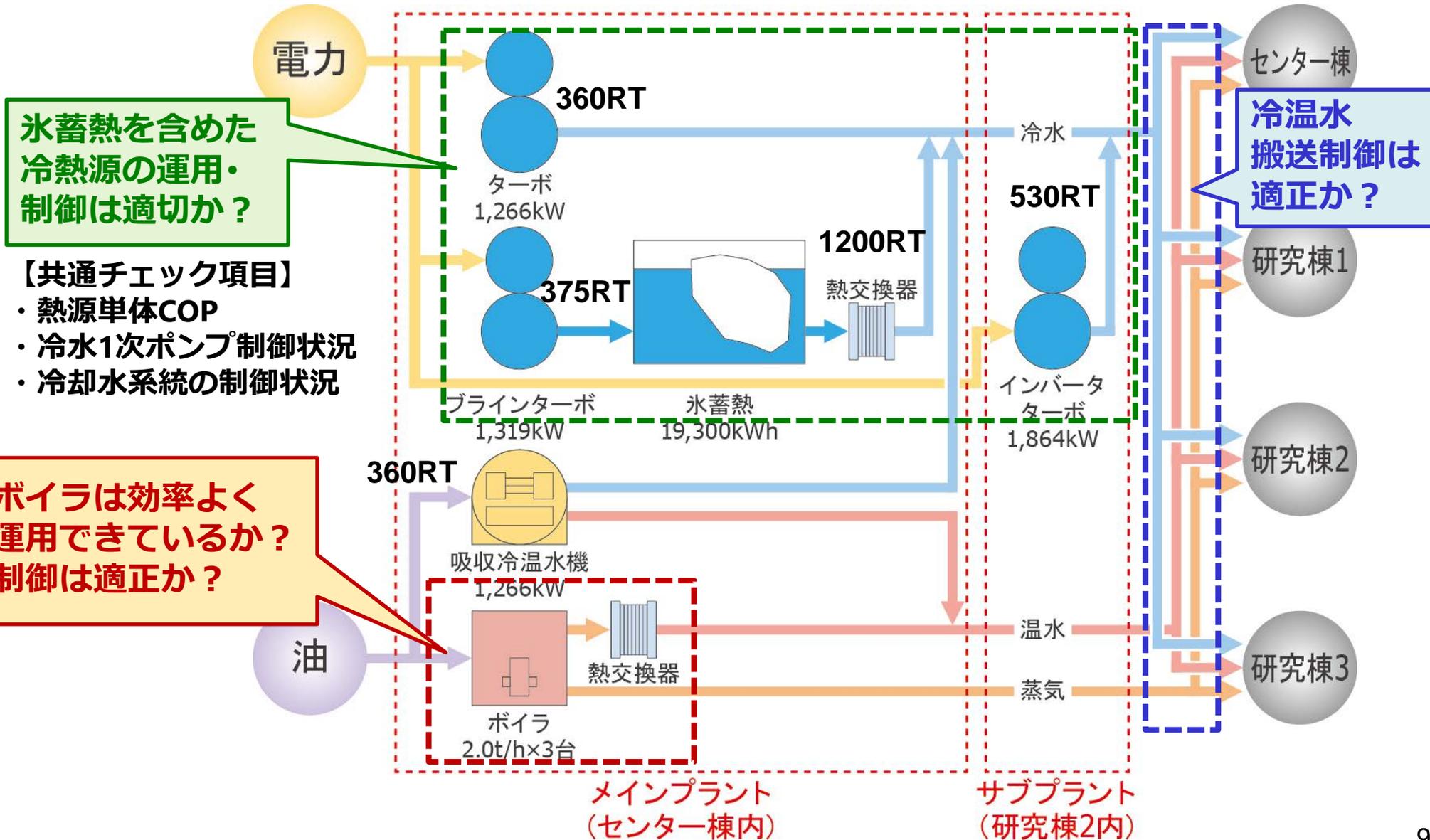
3. 不具合・改善策一覧表の作成

- ・ 不具合事項を定性的・定量的両面でまとめ、その対策案を提示したものの

4. Cx報告書の作成

- ・ 調査フェーズ(初期) の報告書を作成

熱源システムのデータ分析のチェックポイント



改善対策と削減ポテンシャルのまとめ

2015年実績一次エネルギー換算量

- ・ 建物全体： 282 TJ/年
- ・ **熱源システム**
+LAB2空調(OAC電力)：87 TJ/年

| システム区分 | 改善対策 | 削減ポテンシャル | |
|-----------|--------------------|----------------|-------------|
| | | 1次エネ換算量 [TJ/年] | コスト [M円] |
| 熱源 | 中間期・冬期の氷蓄熱システム運用休止 | 3.17 | 1.8 |
| 熱源 | 蒸気ボイラの制御チューニング | 10.81 | 12.5 |
| 熱源 | 温水搬送ポンプの制御チューニング | 0.31 | 0.42 |
| LAB2空調 | 除湿再熱時の冷熱・温熱負荷軽減 | 3.02 | 5.07 |
| 合計 | | 17.3 | 19.8 |

⇒ コストは、蓄熱割引を考慮

⇒ ボイラ効率常時を90%以上想定

⇒ 推定末端差圧制御

⇒ 室内温湿度設定の一般化
(特殊設定の負荷検討)

↓
約20%減

*ただし、削減が重複する部分もある

本プロジェクトのCx業務における作成文書

➤ 文書一覧・頁数

| 作成文書詳細 | 頁数 | 作成者 | 備考 |
|--------------------|----------|------------|------------------------|
| 既存Cx調査フェーズ提案書 | 17 | CMT | |
| Cx業務発注仕様書 | 1 | 発注者 | CMTは発注者の作成支援 |
| Cx計画書(調査F初期) | 10 | CMT | |
| Cx会議記録書 | 16 | CMT | 京都で2回実施 (11/11, 12/23) |
| データ分析仕様書 (基本分析編) | 21 | CMT | CxTEへの分析方法を具体的に示す書類 |
| データ分析仕様書 (効果試算編) | 9 | | |
| データ分析仕様書 (追加分析編) | 8 | | |
| データ分析報告書 (基本分析編) | 93 | CMT | CxTEの分析結果レポートを元に作成 |
| データ分析報告書 (効果試算編) | 34 | | |
| データ分析報告書 (追加分析編) | 41 | | |
| 不具合・改善策一覧表 | 7 | CMT | CMTが作成・発注者が追記 |
| Cx報告書 (調査フェーズ初期) | 261 | CMT | |
| Cx業務提案書 (対策実施フェーズ) | | CMT | 現在作成作業中、10頁程度 |

→ Cxは、文書化が重要な業務である

Cxの有効性と課題

～ 研究施設のコミッショニング ～

當間佳代子（沖縄科学技術大学院大学）

1. コミッショニングの発注の背景・目的

OISTの研究施設のコンセプト(1)

➤ OISTの設計思想

世界各国から優秀な研究者をリクルートするために、

1) 世界最高水準の研究をサポートする最先端装備・室内環境

- ・ 居住性重視型ラボ空間+ゆったりしたサポート空間
- ・ **世界水準の安全性を保つオールフレッシュ空調**
- ・ 高度な研究を支える信頼性・安定性の高い電源供給システム

2) 研究の最先端を走り続けるためのフレキシビリティ

- ・ **ラボの固定化を避けるGeneric Labコンセプト (標準型ラボ空間を設置)**
 - 研究室の研究分野 (物理系・化学系・生物系・・・) を変更可能
 - ISS (天井内設備スペース)による実験室設備更新性

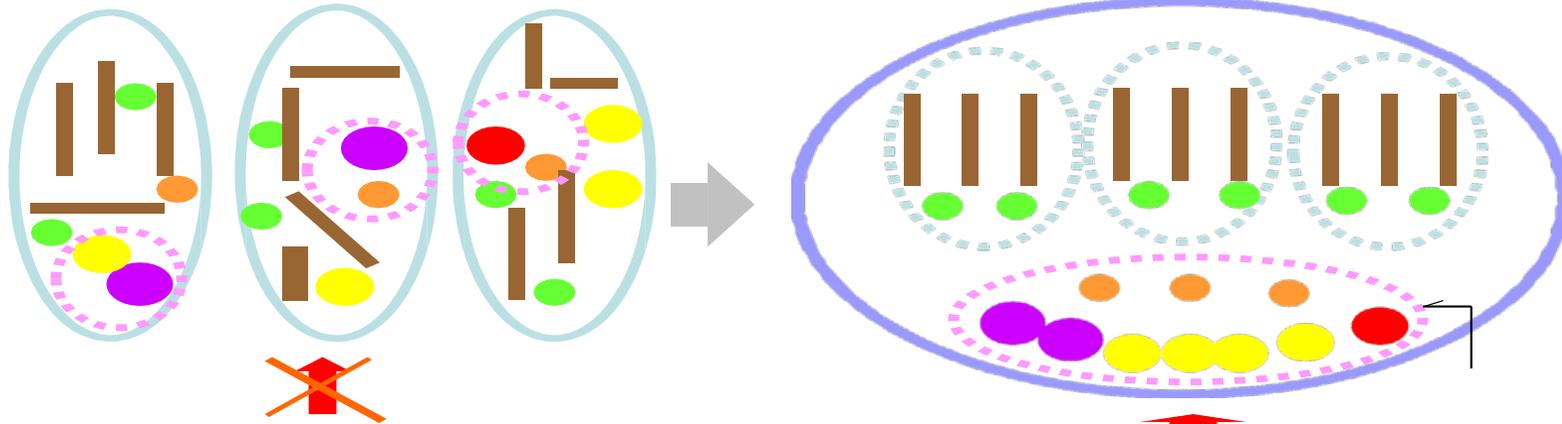


**ハイレベルな研究環境と様々な研究分野の研究者を受入れられる
フレキシビリティを設計に求める**

OISTの研究施設のコンセプト(2)

従来型：独立型のラボに占有機器を分散配置

OIST型：ラボオープン化、共用機器スペースで共有化



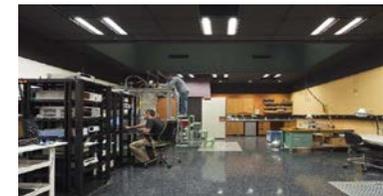
機器は個別に使用、管理・運営も個別

機器は共有、管理・運営は中央集中化

従来型：大学研究室

オープンラボ：標準ウェットラボ

物理ラボ



ヒュームフード



Cx業務発注の背景・目的(1)

➤ 増加し続けるエネルギーコストの低減要求圧力への対応

- ・ 新たなラボ建設が続く中、エネルギーコストの増加（総量）
- ・ 他の研究施設よりも突出したエネルギー消費原単位
- ・ 省エネルギー・省CO₂の年間目標未達成（省エネ法対応の未達）
 - 定期報告書・中長期計画案の改善に対する具体的な解決策策定が急務



➤ 既存設備の具体的な省エネ対策

- ・ 研究施設であるため、原則24時間365日、厳格な室内温湿度環境の維持、ヒュームフードの利用を想定した連続空調が必要。
 - 一般オフィスビルに適用する空調調整などの省エネ提案は受け入れ難い（例：消灯時間やエアコン稼働時間9時～17時調整など）
- ・ 研究に影響が無いよう削減するには何をどう始めればいいのか模索

➤ 既存の問題点を踏まえた今後の新棟ラボ建設の新たな提案

- ・ 既存設備で発見した問題点の解決手法を新棟建設に提案
- ・ 世界最高水準の研究施設を作るという目標を崩さずに基本設計思想を緩和

Cx業務発注の背景・目的(2)

➤ オーナーサイドに設計者・施工者・メーカーと技術的に対峙できるレベルの専門技術者がいない

- ・ 設計者、施工者を否定しているわけではないが、・・・
- ・ 設計者・施工者に依存せざるを得ない状況を変えたい
- ・ オーナーサイドの指示に問題がないか、意見・提案が欲しい



- ・ 第三者の視点でのセカンドオピニオンを求めたい
- ・ OISTの設計者・施工者らと協調した改善を行いたい
= オーナーの代理人的立場で動いてもらいたい



コミッショニングというプロセスがあることを知り導入

既存Cx 調査フェーズの委託業務概要

➤ Cx業務内容（発注仕様書）

既存熱源・空調設備システム等の省エネ分析と課題抽出

OISTから提供した膨大な運転データにより、以下の業務を

Cx発注仕様書として示す

- 1) エネルギー消費実態の把握と熱源・空調設備の運転分析
- 2) 省エネ上の課題抽出・原因追及
 - ・ 制御レベルの課題まで抽出（1分間隔のデータを提供）
- 3) 対策実施案とその概算費用・削減効果量の算出
- 4) 1)～3)を一覧表にまとめた「不具合・改善策一覧表」を作成
- 5) Cxプロセスでの実施内容をまとめたCx報告書の作成

2. コミッショニングの有用性

Cxの有用性のキーワード

- 1. オーナーの代理人**
- 2. 設備課題の定性的・定量的評価**
- 3. 研究者への論理的な説明・継続対応**

1. オーナーの代理人

オーナーの代理人であることの重要性(1)

Cxプロセスは、
オーナーの要求（OPR：Owner's Project Requirement）を
満足するにはどうしたらよいかを考えながら進めていくプロセス

-
- ・ 建物利用・対策コストなどの制約条件を理解し、
 - ・ どこにどういう問題があるのか、データでの的確に示し、
 - ・ 具体的な省エネ対策を、期待される削減量とともに
を定性的・定量的に示し、
 - ・ 実施した対策は、実データで検証する、

これを**オーナーの立場（代理人として）**で行う

オーナーの代理人であることの重要性(2)

➤ オーナーの代理人としての動きの例

1. **運転・管理者、設計者、施工者、機器 / 自動制御メーカーに問合わせ**
 - ・ 設計者への設計思想に関する質疑応答
 - ・ 自動制御設定パラメータ・制御方法に関する質疑応答
2. さらに、課題解決のため、必要に応じて、必要な分野のメンバー（上記）を集めて**検討会議を実施**
 - ・ オーナー要求と設計内容のすり合わせ、オーナー要求を譲歩できる点はないかも含めて、今後どうしたら改善できるか検討
3. **省エネ対策に関する外国人研究者への説明資料の整備**
4. **対策実施で得られた内容の適正な運用・運転方法を継続的に行ってもらうためのビル運転・管理者への教育・周知**
 - ・ 教育・継続的な運転を示してもらえる
 - ・ 対策し確認して終わりではない

オーナーの代理人であることの重要性(3)

コミッショニング (Cx) は、単なるセカンドオピニオンとは違う
ということが後からわかってきた

- ・ 省エネ対策業者
- ・ 他の設計事務所、施工者
- ・ ESCO

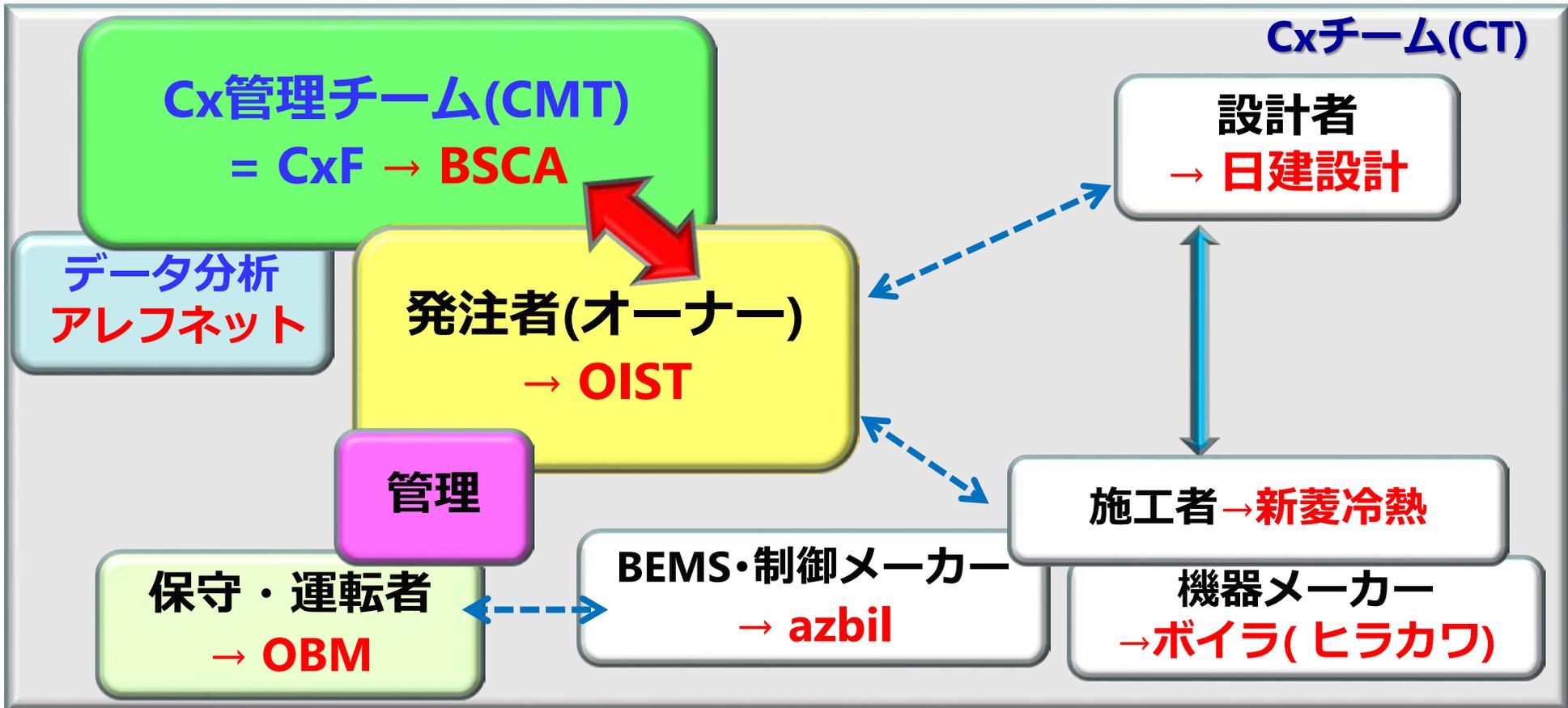
これらに頼んでもセカンドオピニオンである



以下の点がCxでの特徴は、

- ・ **オーナーの立場で企画する**ということ
- ・ 運転・管理者、既存の設計者、施工者とも**連携して解決方法を探ること**
 - 既存業者の不在は、オーナーは困る
 - オーナー側にも問題がないかも含めて議論
- ・ 実際のデータで検証を行うこと → 改善活動を**継続**

代理人として関係者をまとめ進めることでのメリット



- **Cxは関係者をまとめ意見や知恵を整理して改善するプロセス**
 - ・ 運転・管理者（ビル管理）、設計者、メーカーなどこれまで経緯を踏まえた議論を行い、分析結果を元に**意見交換しながら改善**を目指す

2. 設備課題の定性的・定量的評価

データ処理・分析がCx業務の基本(1)

➤ データ処理・分析がCx業務の基本

➤ 提供した膨大なデータを合理的に処理

→ 無料の省エネ診断とは別次元の内容

【渡したデータ】

- 12,430 ポイント
- サンプルング時間：1分
- 1時間1ファイル → 8,760 ファイル / 年 (2015.1.1～12.31)
→ 22GB / 年 (膨大なデータ量)
- オーナーサイドでポイントを取捨選択することは難しい。
→ BEMSから何をどれくらい取出してよいかわからない
- 全ポイントデータを渡して、あとはプロに任せたい

データ提供段階で現場設置のBEMSの課題を明確化

▶ データ提供段階で現場設置のBEMSの課題を明確化

1) データの取り出しに煩雑な設定作業が必要

- ・ 運転員・メーカー保守員にポイント登録をしてもらう必要がある
- ・ 全点一括取り出しができない

2) サンプルング時間が長いデータしか長期保存されていない

- ・ 1時間が基本なので、制御の不具合を見つけ出すには粗すぎる

3) ポイント名称から測定ポイントが判別できない

- ・ 名称がルール化されていない、文字数制限で中途半端な名称も。



Cxにおけるデータ分析には、不向きなデータ



計装メーカーの保守用のクラウドデータを活用



データ蓄積・利用面での改善を提案（将来、BEMSのCxを実施）

課題の抽出と具体的な対策案の提示(1)

- **詳細分析による課題の発見・省エネポテンシャルの定量的評価**
 - ・ エネルギーロスによる課題
 - **無駄を省くことなので、研究活動には影響のない対策**
- **問題点に関して、設計者、施工者、メーカーに意見を求める**
 - 既存の設計・施工の背景、メーカーの**意見を聞きながら、**対策案をまとめる
 - フィードバックして次の設計・施工にも活かせる
 - オーナー側にも対応できることはないか
- **改善策の試行運転実施**
 - ・ 計算を裏付ける**短期の試行実験・検証**でより推定精度を高める
 - **実現性の高い改善策**

課題の抽出と具体的な対策案の提示(2)

1) 氷蓄熱システム冬期・中間期休止

- ・ CMTの分析に基づく試算により年間約300万削減
→ **設計者に意見を求め、ダブルチェック** → **同じ結論**
- ・ 低負荷日数日で実際に試行的に休止運用を実施
→ 電力消費量の削減を確認。この結果により、**次シーズンより実施決定。**

2) 蒸気ボイラ-チューニング変更

- ・ メーカー仕様効率よりも大幅に低いため、放熱ロスなどの効率低下原因の分析。
 - ・ **チューニング調整にて改善出来るか設計者・メーカーを交えてCx会議で協議。**
- 台数制御の**チューニングを試行的に実施**し、効率向上することを確認、
継続して、**制御パラメータチューニング（季節別）を実施することを決定**

課題の抽出と具体的な対策案の提示(3)

3) 冷熱負荷・除湿再熱用の温水負荷の低減

- ・ 要求室内温湿度条件が最も厳しい研究室に合わせて外調機（全外気）の給気・湿度（露点温度）が設定値がもたらす除湿再熱量負荷の増大を知る。
- ・ 研究棟別に研究分野を統一する、特殊室は個別空調にするという提案
→ **オーナーが決める設計思想に関わる、オーナー内部課題として協議**

4) 排気ジェットファン停止

- ・ 大容量のジェットファンは、運転しても意味がないことを指摘される。
- ・ 休止するという提案 → **施工者の意見を聞く**
- ・ **施工者と協議後、試行的に1週間停止し問題ないことを確認**

3. 研究者への論理的な説明・継続対応

建物利用者(研究者)への省エネ対策に関する説明と協力要請(1)

➤ 分析を基に研究者に使用方法の改善提案

- 研究者(利用者側)から自らの行動改善が少しでも負担を減らせるのであれば協力するとの意見。

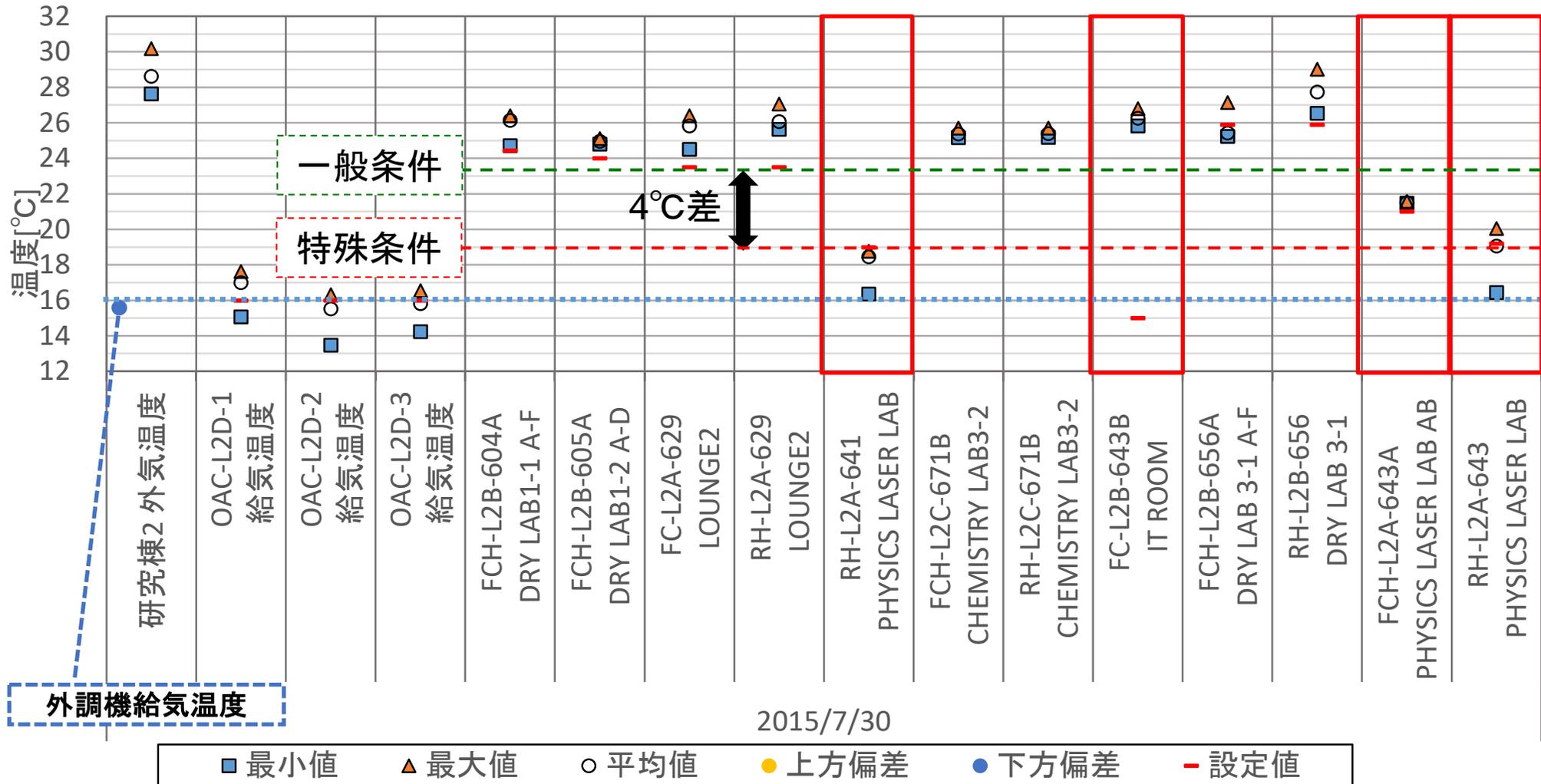
別の意見では..

- ✕ 研究に影響する可能性がある、研究に没頭できる快適な環境を失うのであればNG。そもそも、なぜ研究室からのエネルギー過多と言えるのか？などの意見。



Cxの分析結果から、**問題点を可視化**して、論理的に説明ができるようにしなければならない

問題点・ロスの可視化と定性的・定量的評価の例1 - ①



室内温湿度条件が最も厳しい部屋に合わせてOACの給気温度が設定されている、湿度（露点温度）も同様。

問題点・ロスの可視化と定性的・定量的評価の例1 -②

- ・ 物理系と化学系が混在すると、より厳しい部屋に合わせて外調機の給気温湿度設定値にしなければならない
- ・ 研究室の種類が混在だと、室内温湿度の目標値が異なる
→ **除湿再熱量の増大**



- ・ **OIST開学当初は、いかなる分野の研究者が入るかわからなかった**
しかし、これからは研究分野別に研究棟を分けられないか？
(設計思想の転換)



データ分析では、その研究棟で**少数の厳しい目標室内温湿度条件の部屋を除いた場合**のエネルギー削減量・コストを試算して提示

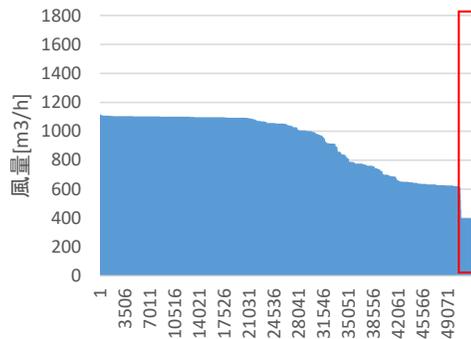


OIST内部議論の結果、**次の研究棟では研究分野を揃える重要性を認識**

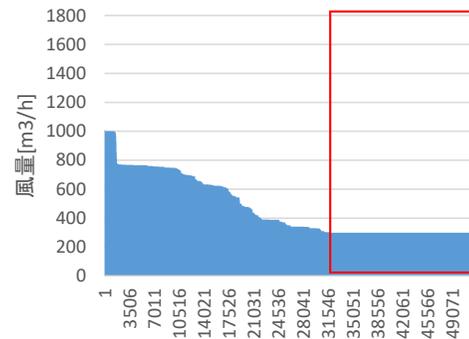
問題点・ロスの可視化と定性的・定量的評価の例2 -①

- 全系統のヒュームフードの風量の年間降順分布図を作成
- 風量降順分布の最小風量（平らになる部分）から稼働率がわかる。

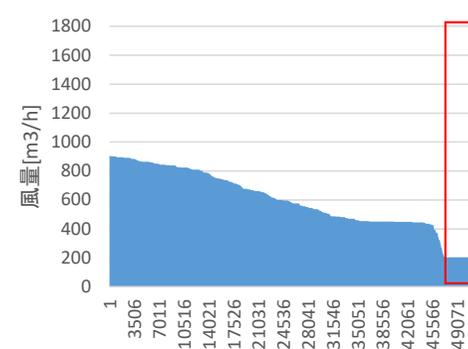
A647 HEV-L2A-647A 風量



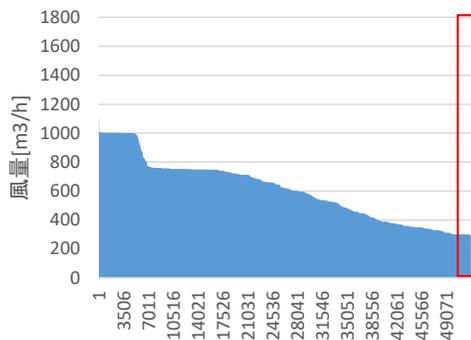
A647 HEV-L2A-647B 風量



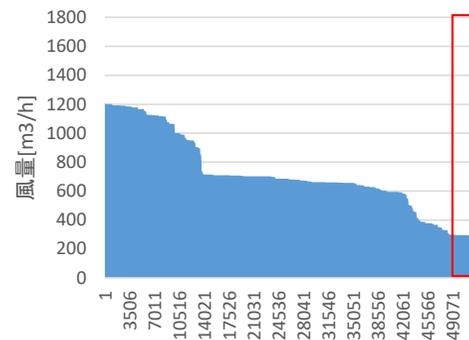
A648 HEV-L2A-648A 風量



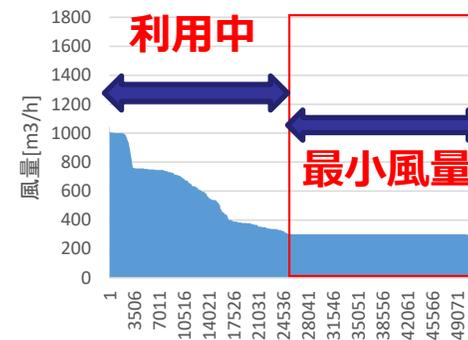
A648 HEV-L2A-648B 風量



A645 HEV-L2A-645B 風量

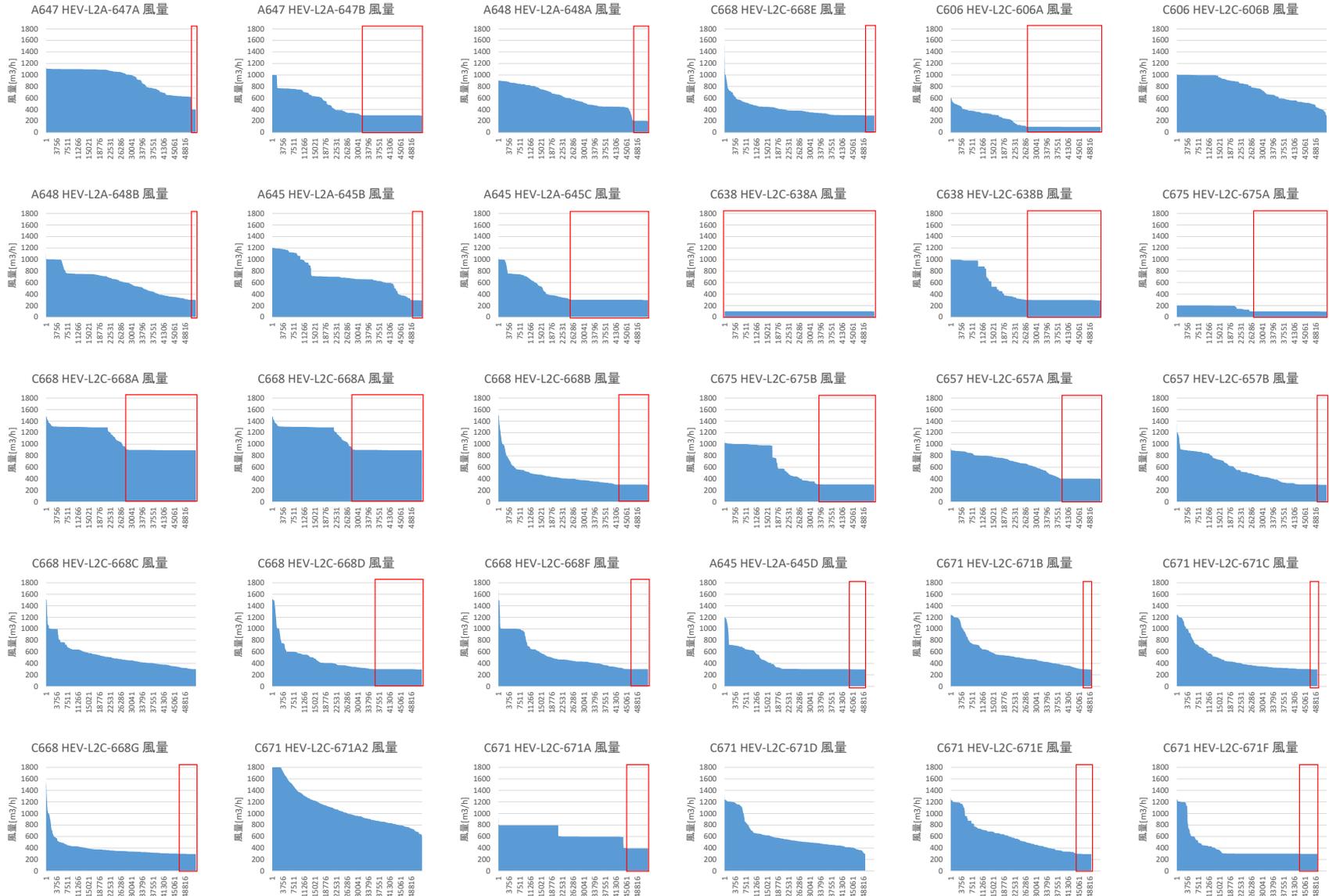


A645 HEV-L2A-645C 風量



問題点・ロスの可視化と定性的・定量的評価の例2 - ②

➤ 全系統の風量の年間降順分布図一覧



問題点・ロスの可視化と定性的・定量的評価の例2 -③

- ・ 各研究室の研究者にデータを見せながら、ヒュームフードの運用に無駄がないかヒアリングを実施
- ・ 不要時、こまめにヒュームフードを全閉すると、どれだけエネルギー消費量が減るか数値・グラフで説明



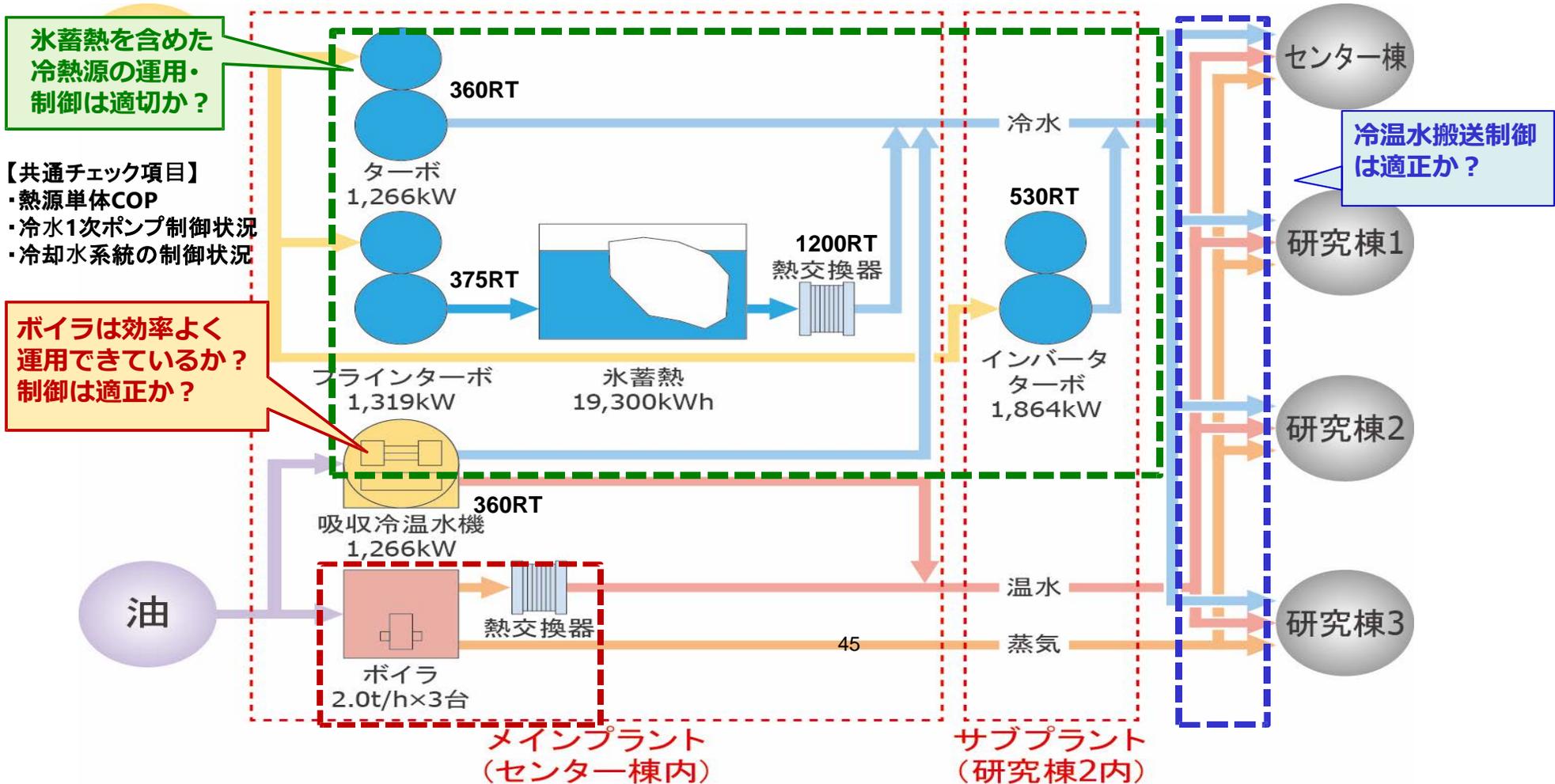
- 外国人は、**理論的かつ定量的に説明**し、納得してもらえれば対応してもらえる → 日本人との違い



Cxの理論的に説明できるデータ分析結果は非常に役に立った

建物利用者(研究者)への省エネ対策に関する説明と協力要請(2)

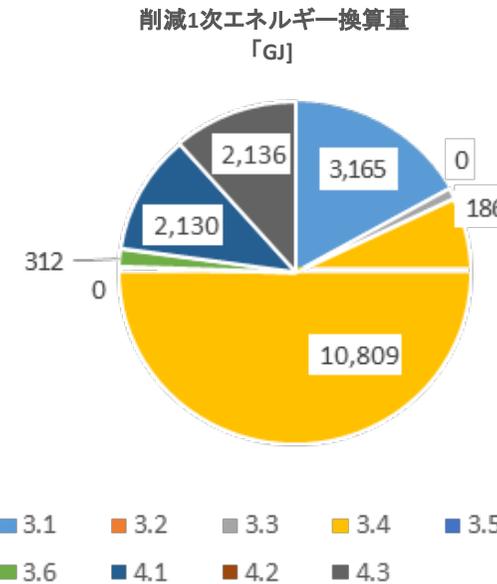
➤ 課題を視覚化：非常に分かりやすいレポート、説明会議でよく使用したフロー図



自分達の設備図を図面以外で見ることで、**技術者以外でも分かる概要は効果的**

Cx報告書の定量化されたデータの活用

| 課題項目 | 削減1次エネルギー換算量「GJ」 | 削減金額「円」 |
|----------------------|------------------|------------|
| 3.1 氷蓄熱運用変更 | 3,165 | 5,726,979 |
| 3.2 盛夏期の吸収冷温水機利用 | - | |
| 3.3 中間・冬期の熱源冷水温度設定変更 | 186 | 349,996 |
| 3.4 蒸気ボイラの運転効率向上対策検討 | 10,809 | 12,503,790 |
| 3.5 空調用温水運用温度60→45℃ | 未済 | |
| 3.6 温水搬送ポンプ制御改善 | 312 | 420,182 |
| 4.1 外調機給気温度・露点温度設定改善 | 2,130 | 3,573,798 |
| 4.2 給排気ファン圧力設定の低減検討 | | |
| 4.3 排気ジェットファン休止 | 2,136 | 3,942,104 |
| 計 | 18,738 | 26,516,848 |



| 効果試算計[TJ] | 効果試算計[千円] |
|-----------|-----------|
| 18.7 | 26,517 |

省エネ実現目標を以下のように設定（原油換算）



定期報告書・中長期計画への対応に役立つ

Cxの継続性と長期的な省エネ対応

- ・ ESCOのように削減保証はしないが、**オーナーの代理人的立場で、改善をプロモートする。**
- ・ 継続的に効果がでるように、**運転・管理者向けの引継ぎ文書**を作成し、**運用方法の周知を図る。**
 - **Cx会議に運転・管理者の参加は必須！**



もしインハウスに技術者を揃えているなら、Cxの調査フェーズだけ行い、そこで現状分析・課題提示・対策立案をしてもらう。その後は自分達で実施・検証実施していくというCxの活用も有りうる。

3. コミッショニングの課題

Cx普及の課題

1) ESCOのように削減を保証するものと比較される

- ・ ESCOとCxは同じカテゴリーで比較するものではない、関係性のわかりやすい説明が必要
- ・ **Cxの最終的な省エネを保証しないという点が説明しづらい**

2) なぜオーナーの代理人が必要かと問われる

- ・ 自分たち（施設管理セクション）が、設計者や施工者に直接相談すればよいのでは？ なぜ別途Cxを発注しなければならないか？と問われる
→インハウスに**分析まで出来る、対峙できる技術者がいない**

3) Cxの成果物が何かを予め説明しづらい

- ・ **設計者・施工者が必ずしも完璧ではないという現実**があり、調査・検証の必要性を上層部に理解してもらう必要がある。
- ・ 既存Cxの調査フェーズの成果物はデータ分析・改善提案などをまとめた文書であるが、**発注段階でレベル感**を示したらよい。
マニュアル等でレベルを規定して欲しい、と聞くが
→ 省エネセンター等の**無償の調査報告レベル**と勘違いされる

4. まとめ

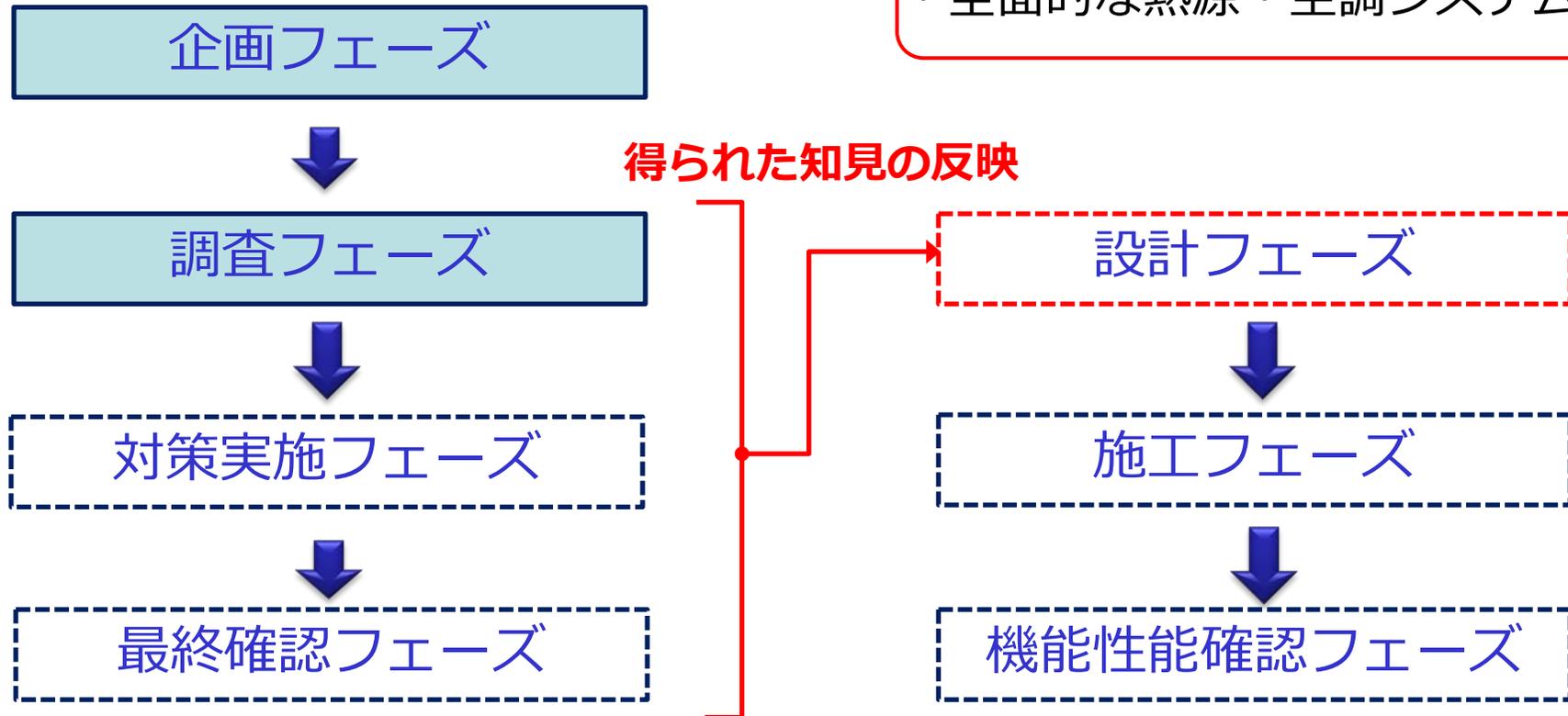
今後の展開

【既存建物のCx】 センター・LAB1~3

- ・ 対策は主として運用・制御改善レベル
- ・ リプレースは将来案

【新築建物のCx】

- ・ コージェネ導入
- ・ 全面的な熱源・空調システム更新



まとめ

- **必要な研究環境は担保しながら、省エネをすることが重要**
 - ・ **CMTが主導し、オーナー、建物利用者、運転者、設計者、施工者とCx会議で議論しながら進めること、できたものを実データで検証するというCxプロセスの可能性は大きい**
 - ・ 今後、
 - 企画・設計段階
 - 施工段階
 - 機能性能確認・検証段階（竣工後1-2年）
 - 運用段階それぞれにCxを適用を検討
 - ・ ESCO、ESP導入時にもCxを**バインド**する
- **Cxの必要性の認知が進む社会になることを望む**

まとめ

結果とCxに対する課題について

Cx.を受けた結果は一言で言うと“**もっと早く知っていれば**”である。
初期投資を上回るリターンとなり来年度は残りの建物Cxを発注予定である。

様々なスタイルの省エネ分析（エスコなど）がある中、Cx.分析の細分手法に驚いた。**何をもって成果と判断するか、エスコとCx.の分岐点**だと感じた。

- ◎ **グラフ報告書での数値判断、上がった・下がったで十分な省エネをしていると誰が判断できるのか？**
- ◎ **算出方法の良しあしを判断できるのか？**

また学内発注する際、目に見えた成果品として確立していない為リターンがどれだけあるのか交渉努力や資金調達、発注方法なども難しい点だった。

結論としては非常に満足である。素人目にも分かりやすく診断して頂き**問題・効果案が明確**であった。もし**省エネ対策が思うような効果を得られない**のであれば一度相談してみるのも**一歩踏み出せ、Cx.は有効な資金運営スキーム**である。

END