
建築・地域におけるエネルギーシステムの 省エネ運用管理技術

社会連携・産学協創推進室ワークショップ

2018年3月30日（金）

赤司泰義（建築学専攻）

建築設備システムの役割

■ 建築設備は人体の循環・神経系

- 建築計画・意匠： 顔、かたち
- 建築構造・材料： 骨格、筋肉、皮膚

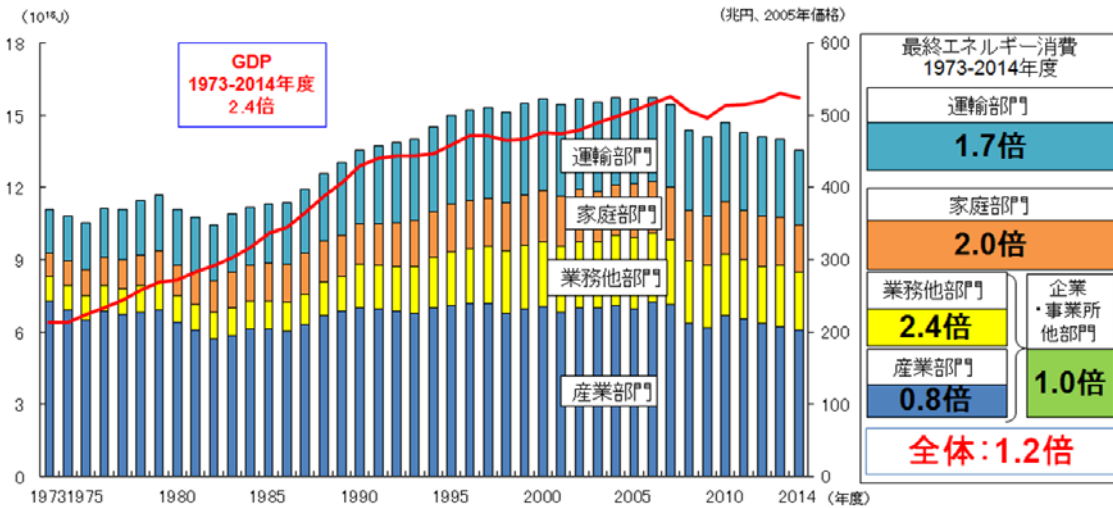
■ 建築設備システムの役割（= エネルギーシステム）

- 空調設備／冷温水、冷温風を作り、運ぶ（電力、ガス、油）
- 照明設備／明るくする（電力）
- 給湯設備／お湯を作る（電力、ガス、油）
- 給排水設備／水を運ぶ（電力）
- 搬送設備／人・物を運ぶ（電力）
- 制御設備／機器・システムを制御し、管理する（電力）
- 電気設備／電気製品を使用可能にする（電力）

背景（1）

■ パリ協定（2016.11発効）

- 日本：温室効果ガスを2013年比で2030年までに**26%削減**
- 民生業務・家庭部門で**4割**を担う
- 低炭素（CO2を出すことが前提）から**脱炭素**（初めから出さない）へ



資源エネルギー庁：平成27年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2016）HTML版

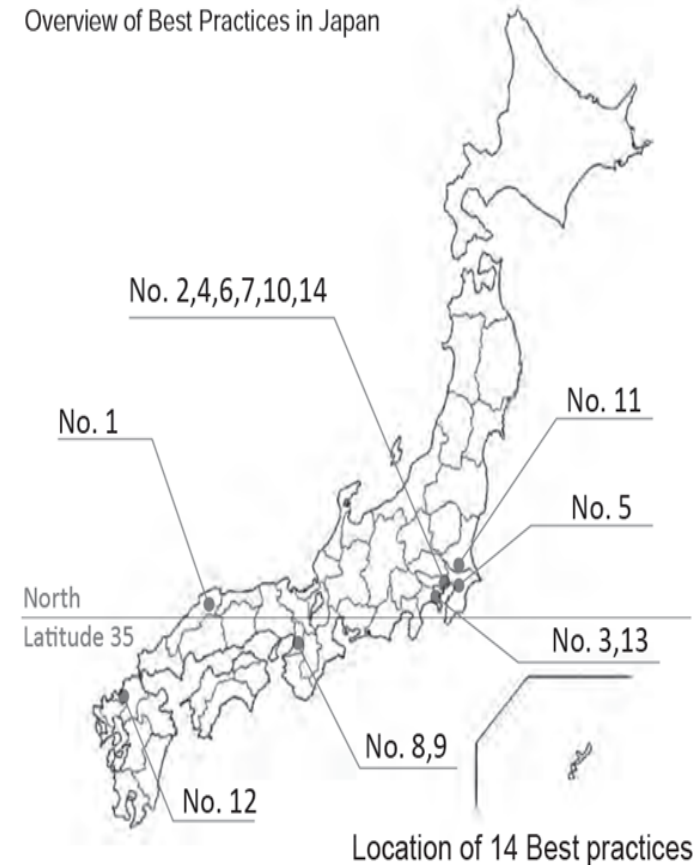
部門	2013年	2030年	削減量	削減率
	A	B	C=A-B	D=100×C/A
産業	429	401	28	6.5
民生業務	279	168	111	39.8
民生家庭	201	122	79	39.3
運輸	225	163	62	27.6
エネルギー転換	101	73	28	27.7
小計	1235	927	308	24.9
合計（他含）	1408	1042	366	26.0

単位：CO2排出量（百万t-CO2）、削減率（%）／A：2013年実績値、B：2030年目標値、C：2013年比削減量

背景（2）

- 建築ストック面積に占める**新築の割合は約2%**
 - 非住宅：18億3600万m²（このうち2.8%が新築）
 - 住宅：55億3000万m²（このうち1.4%が新築）
- 既存**ストック**（デマンドサイド）の**脱炭素化**への道筋を提示することが必要
- しかし、これまでの建築分野では、設計・施工はあっても、**運用管理のビジネスはほとんど成立していない**
 - 世界潮流のZEB（フラッグシップ）
 - 基準比50%以上省エネ（ZEB ready）を満たした上で、太陽光発電等によりエネルギーを創ることで、正味でゼロ・エネルギーを目指す
 - しかし、運用段階でZEBの設計性能を実現しているかどうか、どうしたらその性能を維持・向上できるか、などの課題は残されている

国内のZEB先進事例の概要
Overview of Best Practices in Japan



エネルギーシステムの運用管理とは？

■ “計測する”

- エネルギー消費や室内環境を計測する

■ “検証する”

- エネルギー消費やCO2排出が増加していないか？
- 室内環境が悪化していないか？

■ “検知して診断する”

- 設計主旨に合致しない制御システムになっていないか？
- 機器やセンサーなどが想定以上に劣化していないか？
- それはシステムの中のどの機器やセンサー・制御か？

■ “最適化する”

- 日々の外乱に応じて制御パラメータ値を最適値に変更する

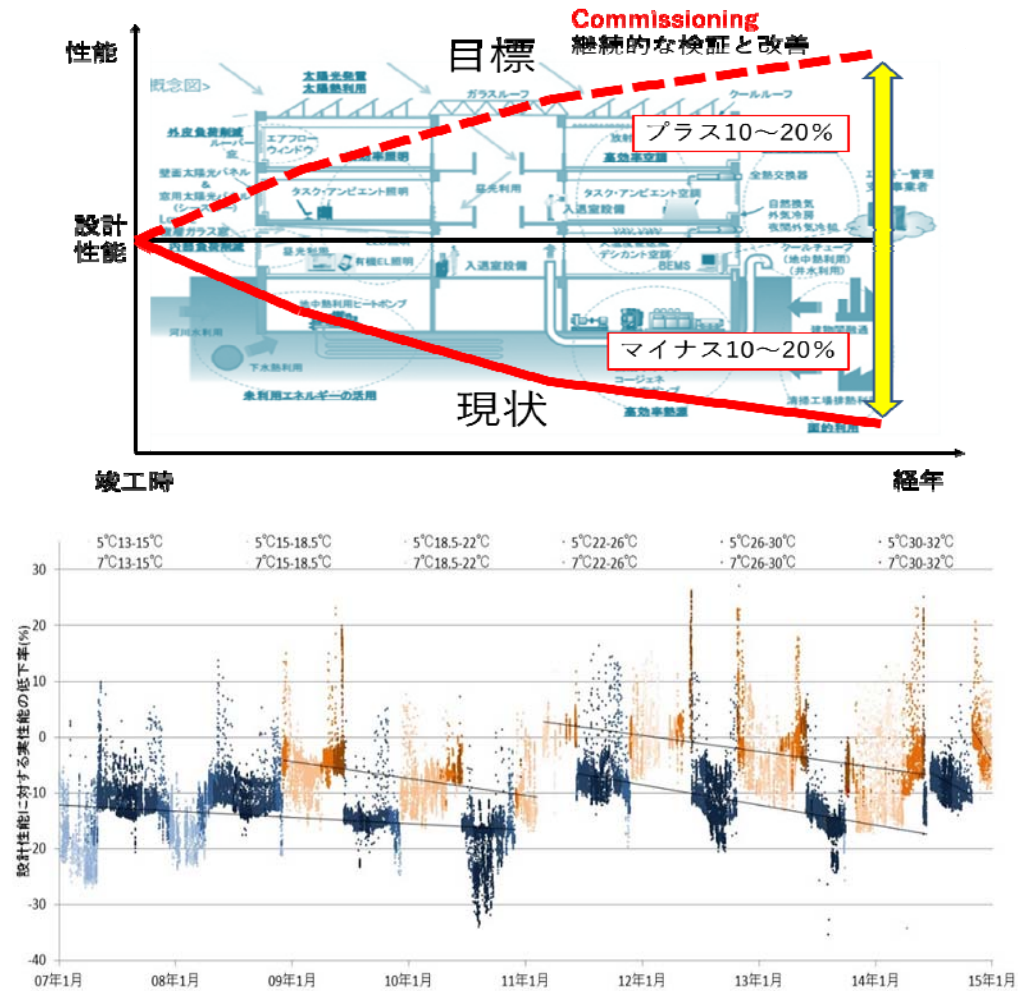
■ “計画する”

- 長期保全計画を立案する

運用管理の省エネにおける現状

■ 建築のエネルギー性能は、**継続的な検証と改善**によって向上させることが可能だが、ほとんど実施されていない

- エネルギー性能は設計段階で一旦決定されるが、その後の施工・運用で必ずしもその性能が維持されるとは限らない
- 竣工後に何もしなければ、その性能が自然劣化以上に低下してしまうことが多い



Commissioning (Cx) (1)

■ Cxの定義と位置づけ

- ビルシステムの実性能の持つべき要求性能を規定し、新築ビル導入や既築ビル運用においてその実性能が要求性能や基準に合致しているかを検証して記録し、合致していなければ改善するといった**品質志向のプロセス**
- 建築の**実質的な省エネ・省CO2**につなげ、設計・施工・運用においてバインドすべきプロセス。これにより現在の職域を拡大し、**新ビジネス**を創出できる可能性

■ Cxの課題

- システムの**一品生産性**と**高度化・複雑化**によって、そのマネジメントのための高度で専門的な知識・技術・経験が必要
- 単体ビルにおいて**数分単位で数千点から数万点**に及ぶデータが取得されるが、現在**手作業に近いデータハンドリング**になっており効率が非常に悪い

Commissioning (Cx) (2)

■ Cxにおいて**継続的な検証と改善**を支援する技術

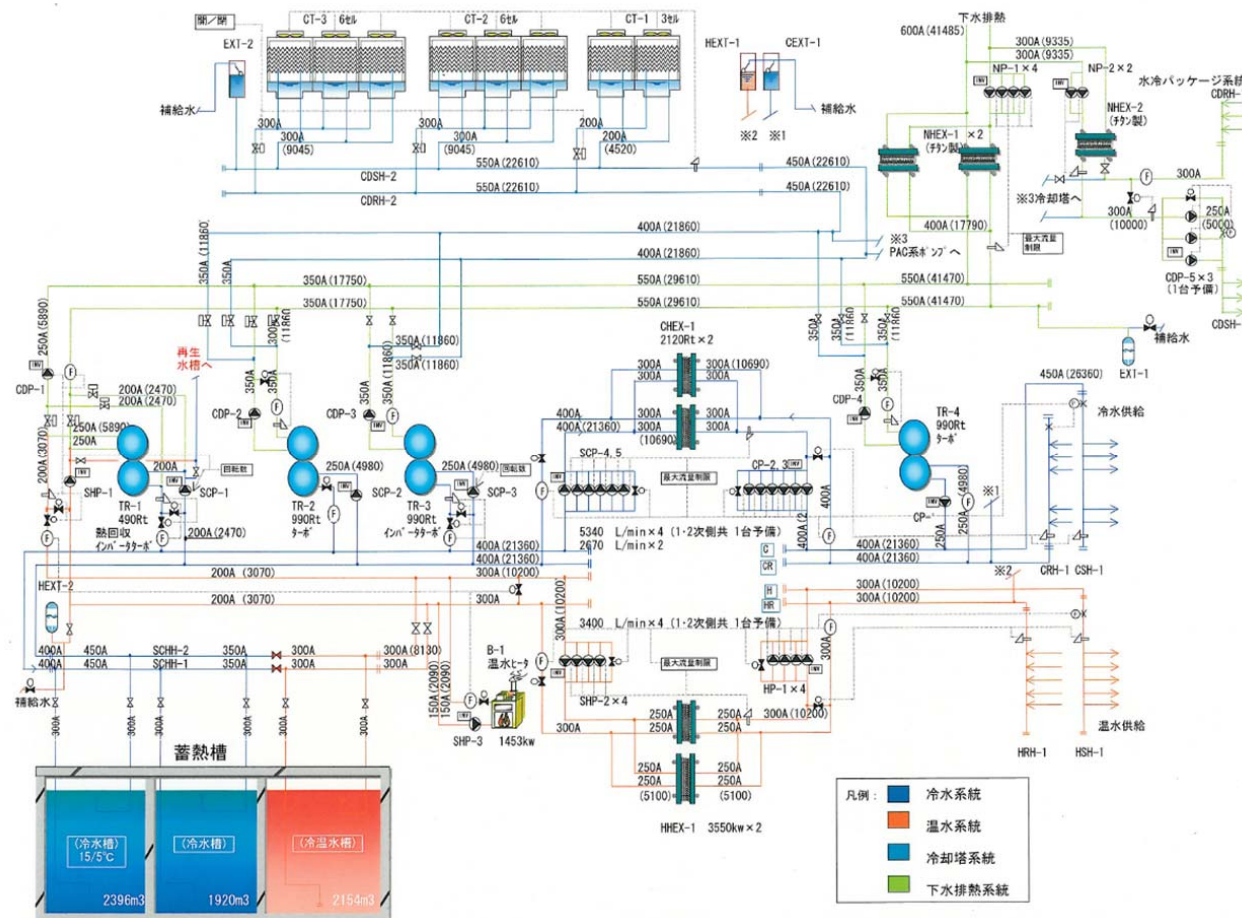
- 監視・データ保存しか使われていないBEMSに頭脳を与える

■ 例えば、

- システムシミュレーション
- システムの性能評価
- 制御ロジックの適正化
- 制御設定値の最適化
- 不具合検知・診断 など

不具合検知・診断（1）

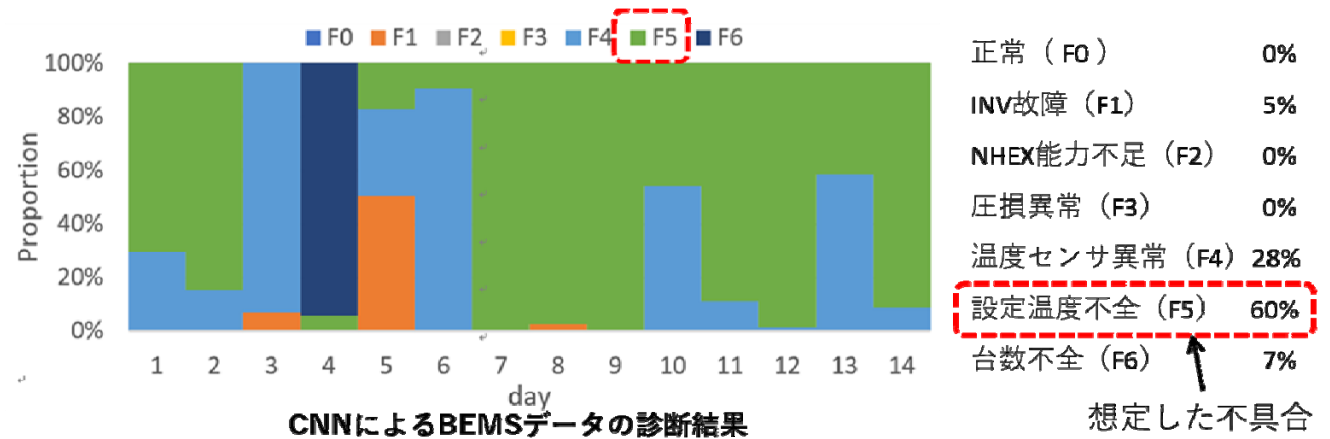
- システム能力には自然劣化に備えて**必要な余裕**が含まれている
- 多様な機器・システム・制御が連動する一品生産の**非線形システム**
- 非効率な運用をしてもどこかがカバーして**室の温湿度**に大きな影響がでない
- エネルギー効率低下につながる**不具合**が含まれることが多く、それを**検知し診断**することが非常に難しい



オフィスビルの熱源システム

不具合検知・診断（2）

- 不具合検知・診断に対して**深層学習**を応用する
 - BEMSデータの状態が**正常か否かは不明**
 - 様々な不具合状態と正常状態をシミュレーションで**教師データを生成**する
- CNNを使って60%程度の正解率で**不具合を絞り込むことができる**



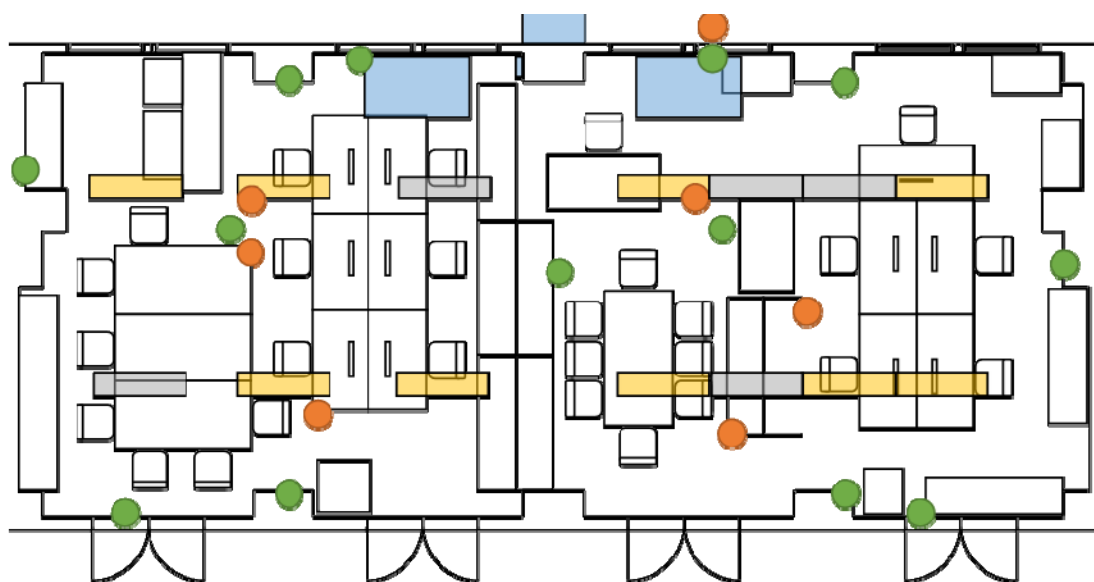
既存ビルの計測（1）

- “計測しなければ管理できない。管理しなければ省エネできない”
- 既存ビルの問題
 - 計測項目がもともと少ない
 - 計測項目を増やすには工事コストが非常にかかる
 - 工事によって建物内の活動が制限される
 - そもそも分電盤につながる配線を把握することが難しい
 - 分電盤での配線が用途や室で一緒になっている（分離されていない）
- しかし、古い既存ビルが建築ストックで圧倒的に多く、省エネを進める上でバリアになっている

既存ビルの計測（２）

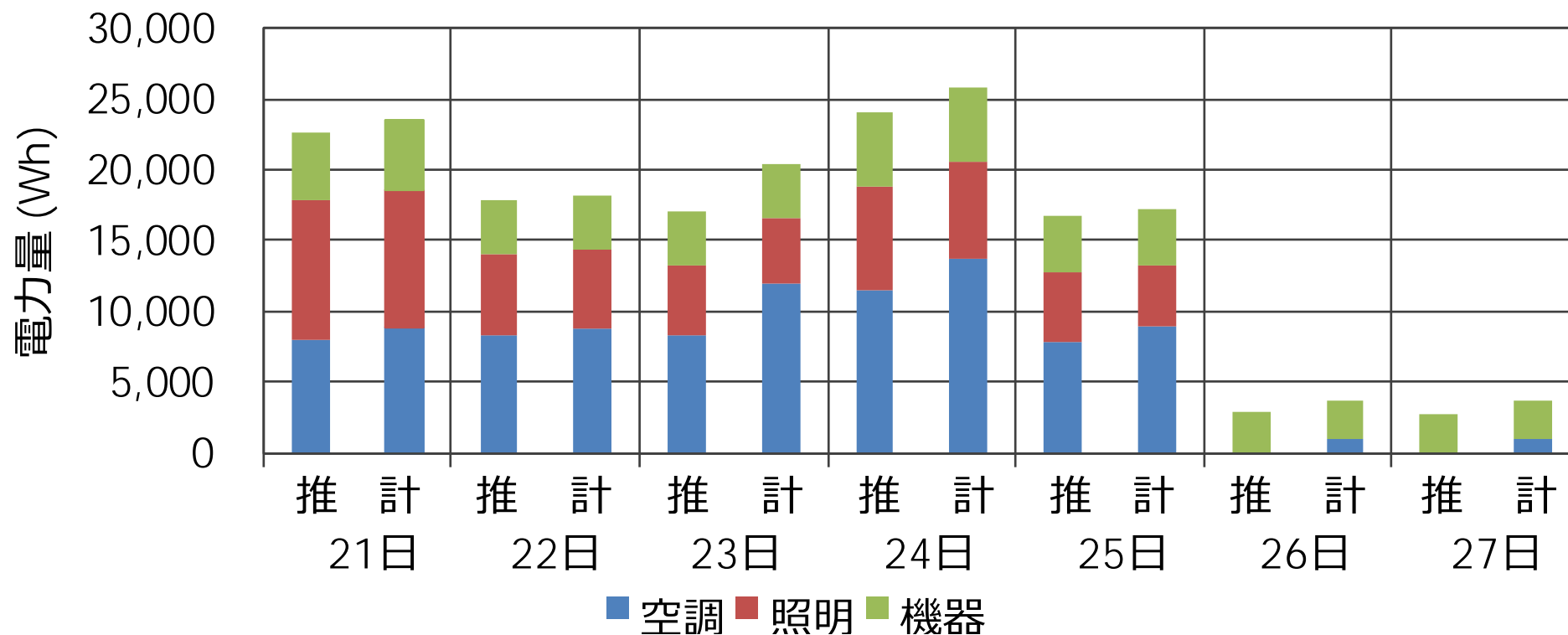
■ 無線でのセンシングや通信

- 大掛かりな工事なしで、**室ごと、空間ごとに計測が可能**
- 空調を室ごと、空間ごとに分離することが難しい
- 組織単位の把握：**個別課金**、個人単位の把握：**省エネ行動誘発**など



センサ種類	測定項目	目的
計測用電源プラグ	電力量	コンセント用電力測定
ボタン型温度センサ	表面温度	躯体負荷算出
環境測定センサ	温度/湿度/照度/音	照明On時間推定
		室内環境測定
		屋外環境測定
iBeacon端末	-	在室人数の把握

既存ビルの計測（3）

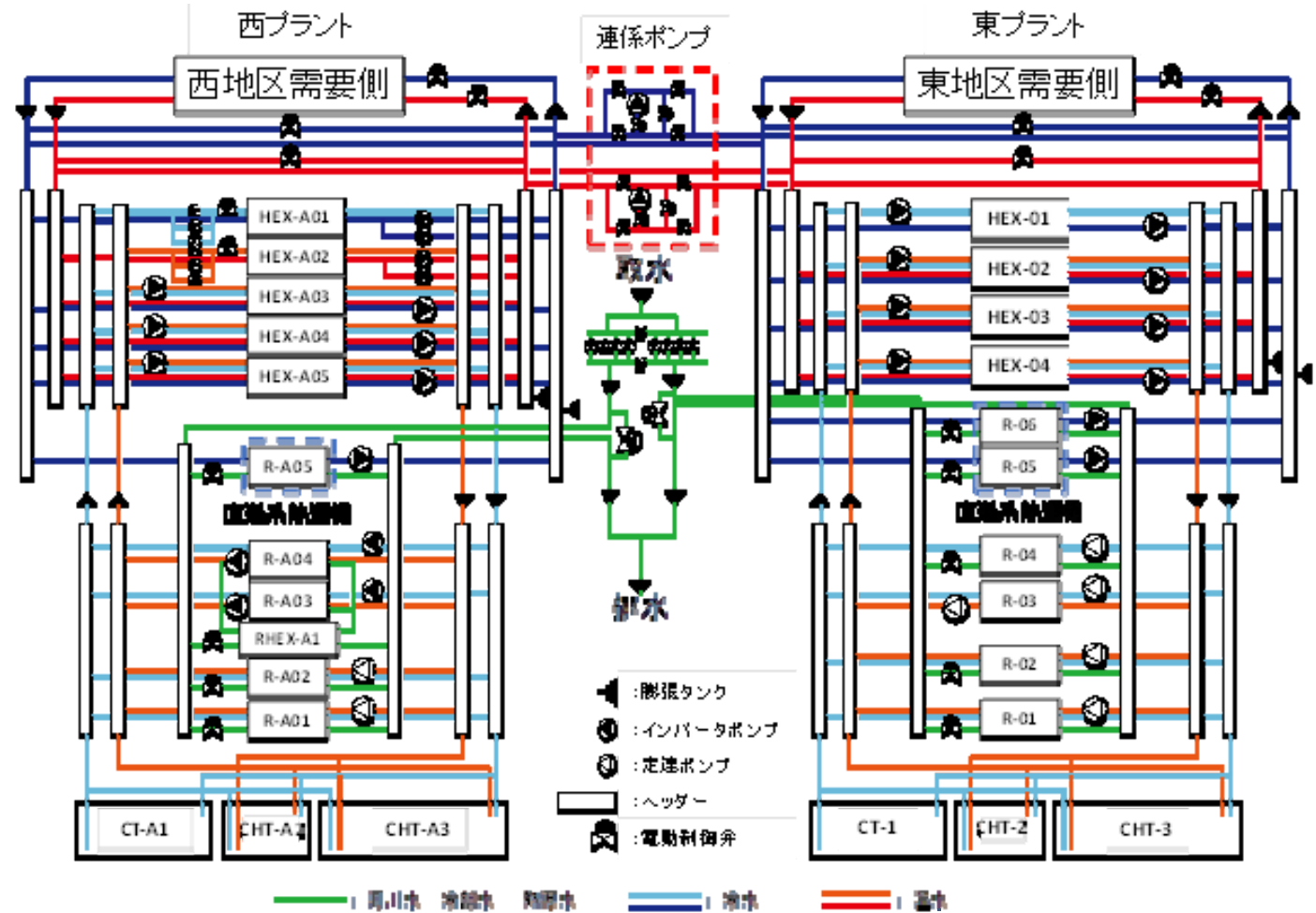


用途別電力の日積算値（左：推定値、右：計測値）

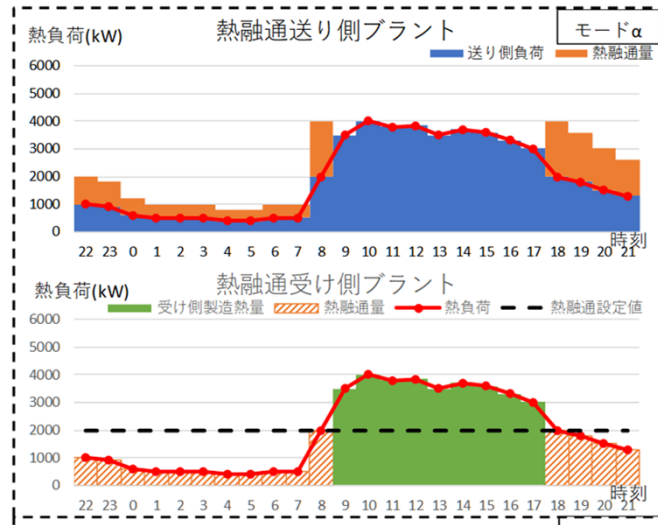
地域熱供給プラントの相互熱融通（1）

■ エリア開発に伴い プラント増設

- 複数のプラント間の相互熱融通でエリア全体の高効率化が図れる
- しかし、プラント間の負荷特性の違い、熱融通の双方向性、搬送距離の変化などによって運用が難しい



地域熱供給プラントの相互熱融通（2）



8月 制御マトリクス

平日

熱融通対象：冷熱（100%設定値 3887 kW）

熱融通方向 a：西→東 b：東→西

西地区 平均平日負荷積算値 [GJ]	532.37 130%	75% b	75% b	75% b	50% b	37.5% b	25% b	0% -	
	495.72 120%	75% b	62.5% b	50% b	50% b	50% b	50% b	0% -	
	459.07 110%	75% b	50% b	50% b	50% b	50% b	0% -	0% -	
	422.42 100%	62.5% b	50% b	50% b	50% b	50% b	0% -	0% -	
	385.77 90%	50% b	50% b	50% b	37.5% b	37.5% b	0% -	0% -	
	349.12 80%	62.5% b	50% b	37.5% b	25% b	0% -	0% -	0% -	
	312.47 70%	50% b	50% b	50% b	0% -	0% -	0% -	0% -	
	276.06 70%	308.96 80%	341.86 90%	374.77 100%	407.67 110%	440.57 120%	473.47 130%		
	東地区 平均平日負荷積算値 [GJ]								

熱融通モード (3パターン)	熱融通方向 (2パターン)	熱融通設定値 (8パターン)		
		設定値 [%]	冷熱融通量 [kW]	温熱融通量 [kW]
モードαのみで 熱融通制御を行う	西プラント→東プラント (方向a)	12.5	485.9	348.9
		25	971.8	697.8
モードβのみで 熱融通制御を行う	東プラント→西プラント (方向b)	37.5	1457.6	1046.6
		50	1943.5	1395.5
モードα+βで 熱融通制御を行う		62.5	2429.4	1744.4
		75	2915.3	2093.3
		87.5	3401.1	2442.1
		100	3887.0	2791.0

※5～10月：冷熱融通制御 4月, 11～翌3月：温熱融通制御

ご清聴ありがとうございました