

エキスパート手法による  
エネルギー設備の最適運転支援システム

*Optimal Operation Guide*  
**Enepro21**  
*Expert*



(株) E.I.エンジニアリング



# システムの概要

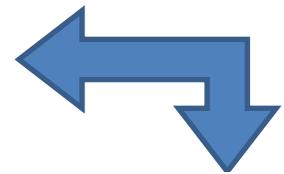
高機能なEnepro21・EPS21と  
 「最適運転データベース」で構成された  
 AI (Expert System)手法

DHC監視システム



CSV

最適運転支援システム **Enepro21**  
 Expert



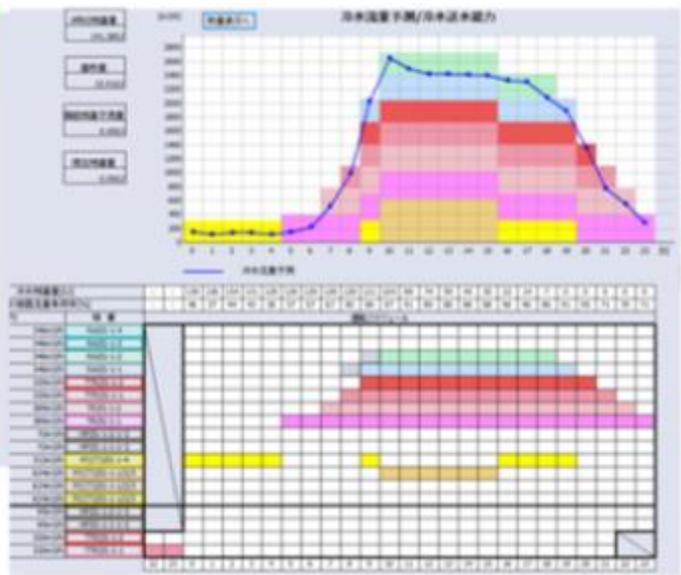
エネルギー  
 設備

- ・蒸気系
- ・冷水系
- ・温水系
- ・コージェネ
- ・蓄熱設備
- ・再生可能エネルギー

運転評価指標

【翌日子測】		2014/07/15
運転指針システムCOP最大		
システム実行日時		翌日子測 01:09 16:23
製造冷水	GJ	734
製造温水	GJ	0
製造蒸気	ton	40
システムCOP		1.55
電力消費量	kWh	33293
ピーク電力	kW	2645
ピーク電力発生時刻		10時台
ガス消費量	Nm3	2701
CO2排出量	ton	22.5
CO2排出量(補給水排水含む)	ton	22.7
運転コスト	万円	81.1

機器運転スケジュール



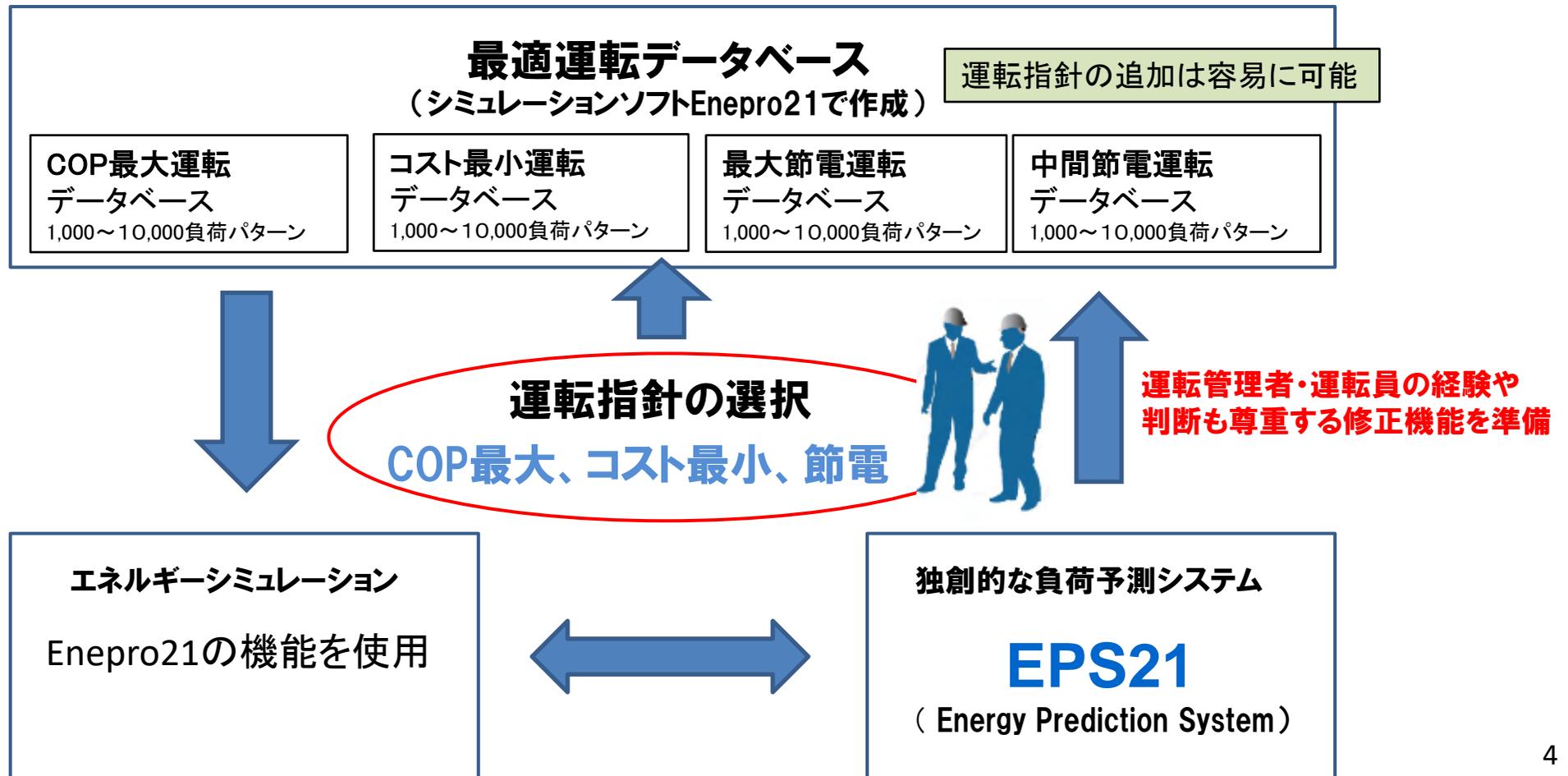
最適運転  
 データベース

- COP最大運転
- コスト最小運転
- 最大節電運転
- 中間節電運転

【機能】

# 最適運転支援システムの構成

精度の高い「シミュレーション機能**Enepro21**」と「当日負荷予測ソフト**EPS21**」と「最適運転データベース」で構成され、AI(Expert System)手法による最適運転支援システム



# 開発に当たってのコンセプト

---

- AI手法の一つであるExpert手法を採用
- 1日単位でエネルギーを評価するので10分刻みのデータで処理
- 当日の負荷予測を8時から終日負荷予測できる手法を独自に開発する。
- 負荷予測の精度を高めるため、熱負荷予測及び往還温度差予測を個別建物ごとに行い合成する。
- 運転員が予測された負荷および機器の運転スケジュールを修正し、運転評価指標で定量的に評価できる機能を持たせる。
- 機器の運転時間の平準化と年間メンテナンススケジュールを考慮した運転支援とする。

# 最適運転支援システムの特徴

---

- AI (エキスパートシステム) 手法による最適運転支援システム  
運転指針ごとに予測負荷に対応する最適運転パターンをデータベース化  
運転指針とデータベースは自由に追加できる。
- 電力、冷熱、温熱、蒸気の負荷予測は、各ビルごとに予測し合成
- 機器の運転スケジュールは、「能力分担」と「運転時間」でビジュアル的に表示  
「熱量負荷表示」と「流量負荷表示」を切り替え表示
- 1日の運転パターンを「運転評価数値」で定量的に評価できる。
- 運転員による柔軟な修正機能  
「負荷の修正」「運転スケジュール」を運転員が任意に変更でき「運転評価指数」  
で変更結果を瞬時に確認できる。
- 運転の分析機能  
任意の過去日呼び出し、最適運転の学習を運転員自らできる機能を装備

# 当日負荷予測の特徴

---

## ● 当日負荷予測

人間の“活動状況”“活動パターン”および“外部環境”は実績負荷データに全て含まれるので、過去の負荷データをクラスター分析及びK近傍法の機械学習手法を用いることで、精度の高い当日負荷予測手法を実現

- ・電力負荷予測精度:EEP3%、熱負荷予測精度:EEP5%を目標
- ・EEP(Expected Error Percentage)

## ● 当日負荷予測は、実測データを活用することで 終日負荷予測を実現

- ・気象データ ・その他の計測データは一切不要

## ● 当日負荷パターンは、実測データ(10分)を入手する度に自動修正することで予測精度を向上させる。

## ● 5日間程度の実測データの蓄積で予測を開始できる。

## ● 建物のごとに予測して合成するので、個別建物の特徴を反映できる。

- 計算速度が極めて速い、「**運転評価指標**」を2～3秒で表示
- エネルギー設備・機器性能に関する多様なパラメーターを容易に設定
- シミュレーション結果をグラフ・帳票で分かり易く表示(Excel形式で出力)
- 正確な計算ロジックでブラックボックスがない(Help機能で計算式を表示)
- Enepro21活用データベースを完備

## 面倒な入力操作を簡略化、シミュレーションに専念できる

### ● 機器性能データ：7000基以上を整備

- ・入手が難しい機器の性能データをメーカー様の協力を得て整備
- ・機器別・メーカー別・型番別・能力別に詳細な機器特性を各社統一した基準で整備 (順次追加更新)

### ● 環境負荷データ

- ・電力、ガス、重油、灯油の環境負荷データ、一次エネルギー換算値、CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の排出原単位、原油換算値

### ● 電力料金データ

- ・電力会社10社の公開電力料金を整備 (注) 実際の電力料金は個別の相対契約です

### ● ガス料金データ

- ・主要ガス会社の公開ガス料金を整備 (注) 実際のガス料金は個別の相対契約です

### ● 気象条件データ

- ・主要都市28地点の気象条件
- ・海水・河川水データを整備

(Enepro21 活用データ集は、Enepro21 ユーザー様に弊社のWEBサイトからご提供しています)

# 負荷予測から運転パターン表示へ①

## エネルギー負荷の予測

### 基本メニュー

• 翌日予測の運転支援

• 当日予測の運転支援

### ★翌日予測は天気予報データの入手

気象情報

2014/05/15 の熱負荷予測用 平均予測気温[°C]  ← 平均気温

熱源エネルギーシミュレーション用気象条件  
 下表の気温・湿度を使う  月毎のマスター気温・湿度を使う

	0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時
気温[°C]	21.5	21.5	21	19.8	19.2	18.7	19.2	20.3	20.5	18.6	18.8	19.3	19.1	19.9	20.6	21	21.2	20.3	19.8	20.1	19.9	19.7	19	19
相対湿度[%]	56	56	57	66	77	85	83	61	59	77	74	67	71	71	68	65	65	73	76	76	78	74	68	60

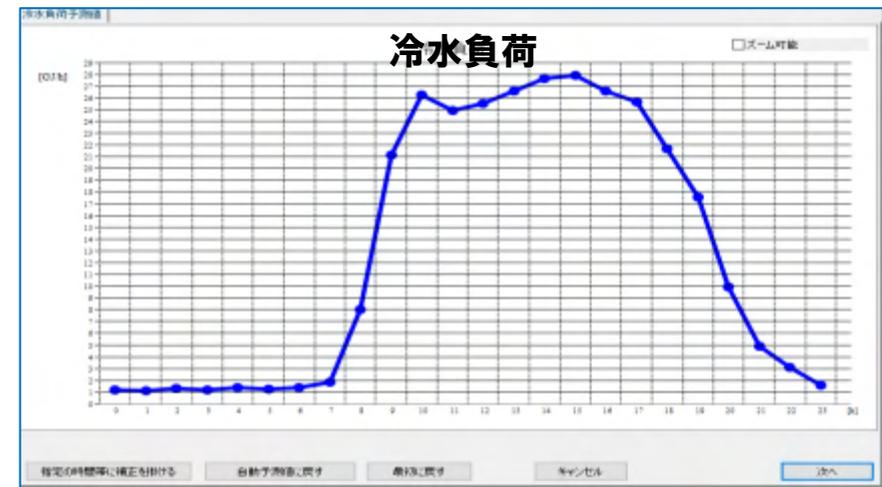
キャンセル 次へ

時間ごとの気温°Cと相対湿度%

### ★当日予測では実績データのみで負荷予測を行う

## 負荷パターンの作成

- 冷水負荷パターン
- 温水負荷パターン
- 蒸気負荷パターン
- **合成負荷の作成!**



温水負荷

蒸気負荷

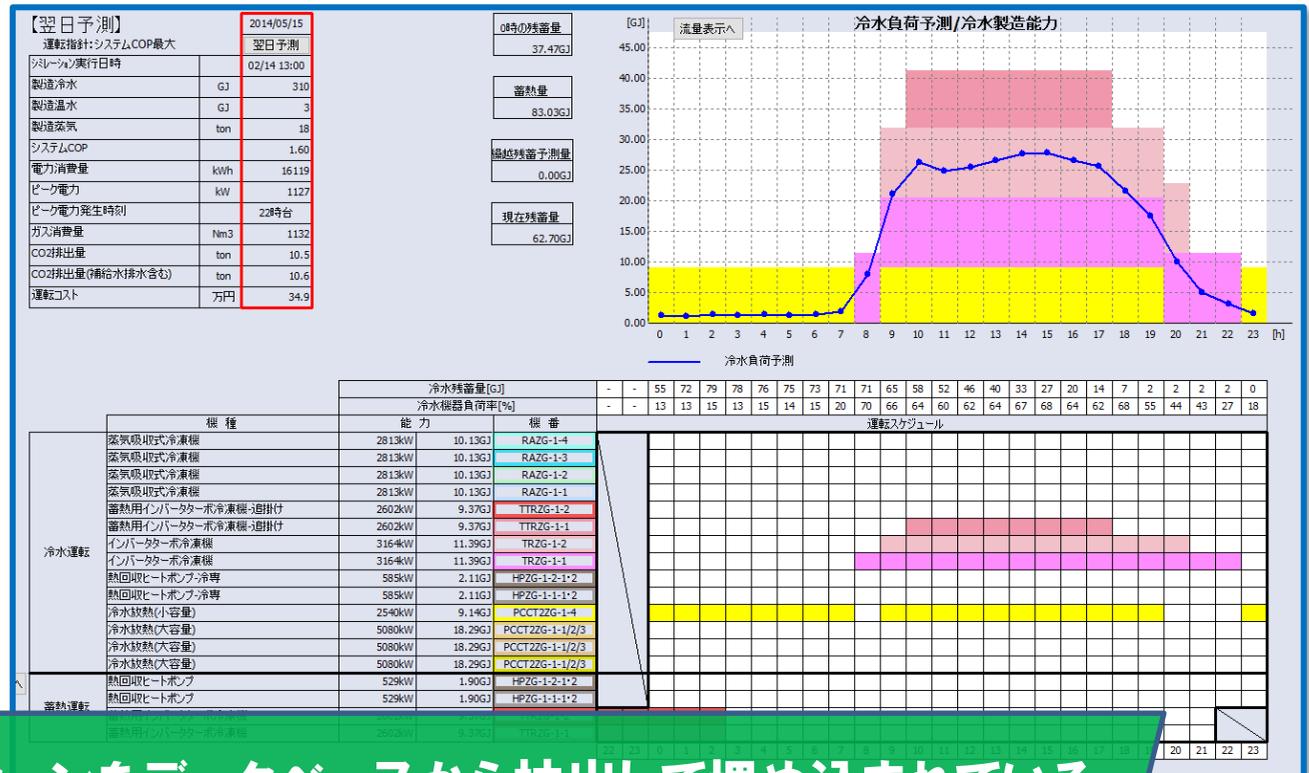
# 負荷予測から運転パターン表示へ②

運転指針の選択

最適運転のパターンとスケジュールを表示

- 運転コスト最小
- システムCOP最大CO2最小)
- 最大省電力
- 中間節電運転

運転指針を選択  
 (運転指針は自由に追加できる)



予測負荷に最も類似の負荷パターンをデータベースから抽出して埋め込まれている最適運転パターンで予測負荷をシミュレーションして運転評価指標を瞬時に表示。

# 運転指針の変更

デマンドコントロールに対応する技術

## 運転指針の変更

## 運転パターンの再表示・比較

「最大COP運転」から運転指針選択にもどり「最大節電運転」に変更(時間を区切ったの対応も可能)  
**ピーク電力の比較も容易にできる**

【翌日予測】  
運転指針: 運転コスト最少

2019/06/21		翌日予測
シレーション実行日時		08/22 16:26
製造冷水	GJ	364
製造温水	GJ	0
製造蒸気	ton	0
システムCOP		2.76
電力消費量	kWh	13480
ピーク電力	kW	1108
ピーク電力発生時刻		18時台
ガス消費量	Nm3	0
CO2排出量	ton	6.7
CO2排出量(補給水排水含む)	ton	6.7
運転コスト	万円	26.3

【翌日予測】  
運転指針: 最大省電力

2019/06/21		翌日予測
シレーション実行日時		08/27 12:59
製造冷水	GJ	364
製造温水	GJ	0
製造蒸気	ton	55
システムCOP		1.67
電力消費量	kWh	6386
ピーク電力	kW	691
ピーク電力発生時刻		00時台
ガス消費量	Nm3	3462
CO2排出量	ton	10.9
CO2排出量(補給水排水含む)	ton	11.0
運転コスト	万円	50.4

0時の残蓄量: 156.04GJ  
 蓄熱量: 48.21GJ  
 繰越残蓄予測量: 0.00GJ  
 現在残蓄量: 95.76GJ

		2019/06/21	2019/06/21
		翌日予測	翌日予測
シレーション実行日時		08/27 13:00	08/27 13:02
製造冷水	GJ	364	364
製造温水	GJ	0	0
製造蒸気	ton	0	55
システムCOP		2.98	1.67
電力消費量	kWh	12522	6386
<b>ピーク電力</b>	<b>kW</b>	<b>1055</b>	<b>691</b>
<b>ピーク電力発生時刻</b>		<b>18時台</b>	<b>00時台</b>
ガス消費量	Nm3	0	3462
CO2排出量	ton	6.2	10.9
CO2排出量(補給水排水含む)	ton	6.3	11.0
運転コスト	万円	24.9	50.4

**ピーク電力364kW削減**

冷水運転		能力	機番
蒸気吸収式冷凍機	2813kW		
蓄熱用インバーター-ボ冷凍機-組掛け	2602kW		
蓄熱用インバーター-ボ冷凍機-組掛け	2602kW		
インバーター-ボ冷凍機	3164kW		
インバーター-ボ冷凍機	3164kW		
熱回収ヒートポンプ-冷専	585kW		
熱回収ヒートポンプ-冷専	585kW		
冷水放熱(小容量)	2159kW		
冷水放熱(大容量)	4318kW		
冷水放熱(大容量)	4318kW		
冷水放熱(大容量)	4318kW		

蓄熱運転		能力	機番
熱回収ヒートポンプ-熱回収蓄熱	529kW		
熱回収ヒートポンプ-熱回収蓄熱	529kW		
熱回収ヒートポンプ-冷蓄	585kW		
熱回収ヒートポンプ-冷蓄	585kW		
蓄熱用インバーター-ボ冷凍機	2602kW		
蓄熱用インバーター-ボ冷凍機	2602kW		

# 運転員による機器の手動変更に対応

**機器の停止や変更**

**運転計画の再表示**

- ①蓄熱インバーターボの9時から12時の運転を停止
- ②大型蓄熱取出し熱交を小型容量に10時から12時まで変更
- ③吸収式冷凍機を10時から18時に運転

【翌日予測】 翌日予測

手動割付け開始時の予想残量 0時の残蓄量[GJ] 108.44

編越残蓄計画量[GJ] 現在の残蓄量[GJ] 95.76

【翌日予測】 翌日予測

手動割付け開始時の予想残蓄量[GJ] 95.76

0時の残蓄量[GJ] 108.44

編越残蓄計画量[GJ] 現在の残蓄量[GJ] 95.76

流量表示へ

変更前の状態を表示する

2019/07/25 運転入力

機器負荷率[%]	2019/07/25
製造冷水	GJ 444
製造温水	GJ 0
製造蒸気	ton 20
システムCOP	1.97
電力消費量	kWh 17206
ピーク電力	kw 1341
ピーク電力発生時刻	15時台
ガス消費量	Nm3 1284
CO2排出量	ton 11.4
CO2排出量の割合(排水含む)	ton 11.5
運転コスト	万円 48.8

【翌日予測】 2019/07/25

運転割付け手動割付け 翌日予測

実行日時 08/26 17:49

冷水運転

機種	能力	備考
蒸気吸収式冷凍機	2813kW	10.13GJ RAZG-1-4
蒸気吸収式冷凍機	2813kW	10.13GJ RAZG-1-3
蒸気吸収式冷凍機	2813kW	10.13GJ RAZG-1-2
蒸気吸収式冷凍機	2813kW	10.13GJ RAZG-1-1
蓄熱用インバーター系冷凍機-直排付	2602kW	9.37GJ TTRZG-1-2
蓄熱用インバーター系冷凍機-直排付	2602kW	9.37GJ TTRZG-1-1
インバーター系冷凍機	3164kW	11.39GJ TRZG-1-2
インバーター系冷凍機	3164kW	11.39GJ TRZG-1-1
熱回収ヒートポンプ-浄専	585kW	2.11GJ HPZG-1-2-1-2
熱回収ヒートポンプ-浄専	585kW	2.11GJ HPZG-1-1-1-2
冷水貯熱(小容量)	2159kW	7.77GJ PCCTZG-1-4
冷水貯熱(大容量)	4318kW	15.54GJ PCCTZG-1-1/2/3
冷水貯熱(大容量)	4318kW	15.54GJ PCCTZG-1-1/2/3
冷水貯熱(大容量)	4318kW	15.54GJ PCCTZG-1-1/2/3

蓄熱運転

機種	能力	備考
熱回収ヒートポンプ-熱回収蓄熱	529kW	1.90GJ HPZG-1-2-1-2
熱回収ヒートポンプ-熱回収蓄熱	529kW	1.90GJ HPZG-1-1-1-2
熱回収ヒートポンプ-浄専	585kW	2.11GJ HPZG-1-2-1-2
熱回収ヒートポンプ-浄専	585kW	2.11GJ HPZG-1-1-1-2
蓄熱用インバーター系冷凍機	2602kW	9.37GJ TTRZG-1-2
蓄熱用インバーター系冷凍機	2602kW	9.37GJ TTRZG-1-1

0時の残蓄量 108.44GJ

蓄熱量 12.68GJ

編越残蓄予測値 0.00GJ

現在残蓄量 95.76GJ

冷水負荷予測/冷水製造能力

冷水運転

機種	能力	備考
蒸気吸収式冷凍機	2813kW	10.13GJ RAZG-1-4
蒸気吸収式冷凍機	2813kW	10.13GJ RAZG-1-3
蒸気吸収式冷凍機	2813kW	10.13GJ RAZG-1-2
蒸気吸収式冷凍機	2813kW	10.13GJ RAZG-1-1
蓄熱用インバーター系冷凍機-直排付	2602kW	9.37GJ TTRZG-1-2
蓄熱用インバーター系冷凍機-直排付	2602kW	9.37GJ TTRZG-1-1
インバーター系冷凍機	3164kW	11.39GJ TRZG-1-2
インバーター系冷凍機	3164kW	11.39GJ TRZG-1-1
熱回収ヒートポンプ-浄専	585kW	2.11GJ HPZG-1-2-1-2
熱回収ヒートポンプ-浄専	585kW	2.11GJ HPZG-1-1-1-2
冷水貯熱(小容量)	2159kW	7.77GJ PCCTZG-1-4
冷水貯熱(大容量)	4318kW	15.54GJ PCCTZG-1-1/2/3
冷水貯熱(大容量)	4318kW	15.54GJ PCCTZG-1-1/2/3
冷水貯熱(大容量)	4318kW	15.54GJ PCCTZG-1-1/2/3

蓄熱運転

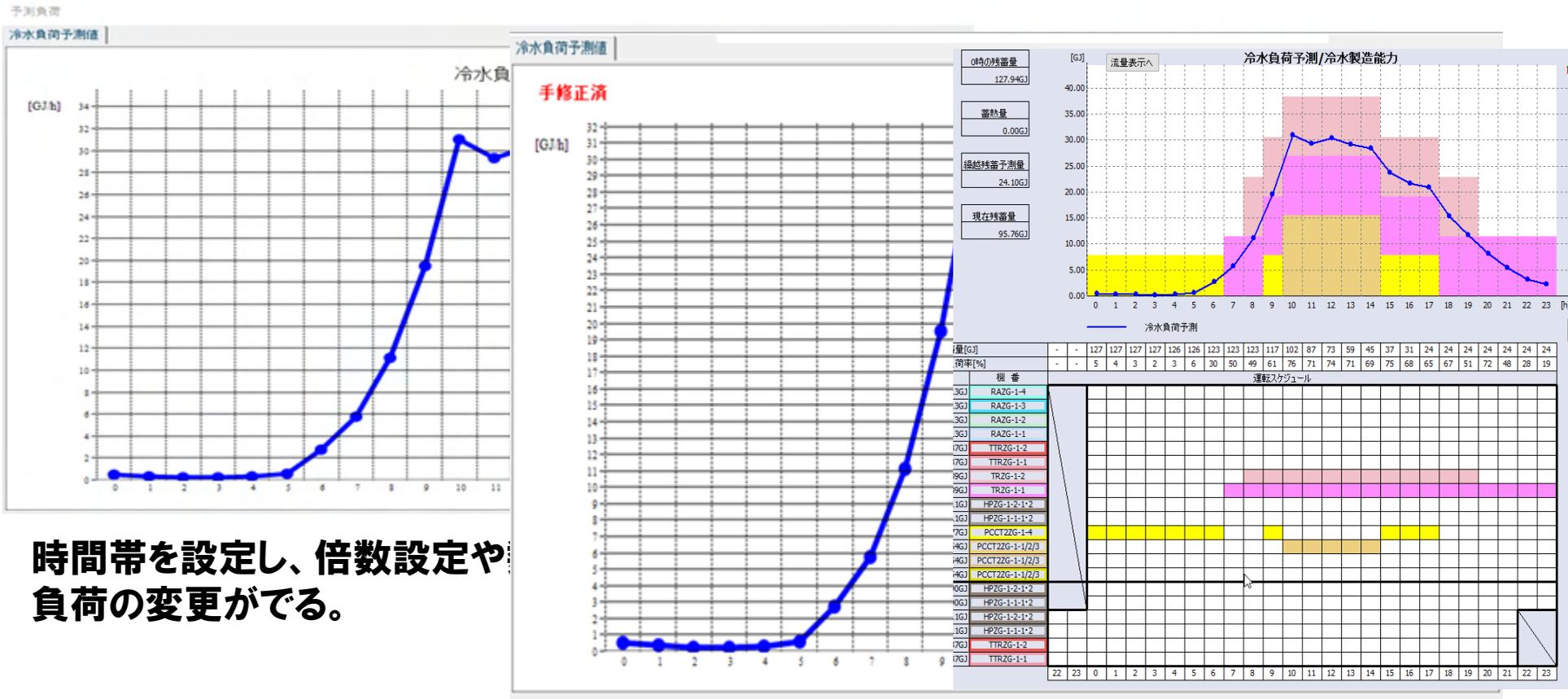
機種	能力	備考
熱回収ヒートポンプ-熱回収蓄熱	529kW	1.90GJ HPZG-1-2-1-2
熱回収ヒートポンプ-熱回収蓄熱	529kW	1.90GJ HPZG-1-1-1-2
熱回収ヒートポンプ-浄専	585kW	2.11GJ HPZG-1-2-1-2
熱回収ヒートポンプ-浄専	585kW	2.11GJ HPZG-1-1-1-2
蓄熱用インバーター系冷凍機	2602kW	9.37GJ TTRZG-1-2
蓄熱用インバーター系冷凍機	2602kW	9.37GJ TTRZG-1-1

# 負荷の手修正も容易

急な台風襲来 豪雨による交通の運休等

負荷パターンの修正

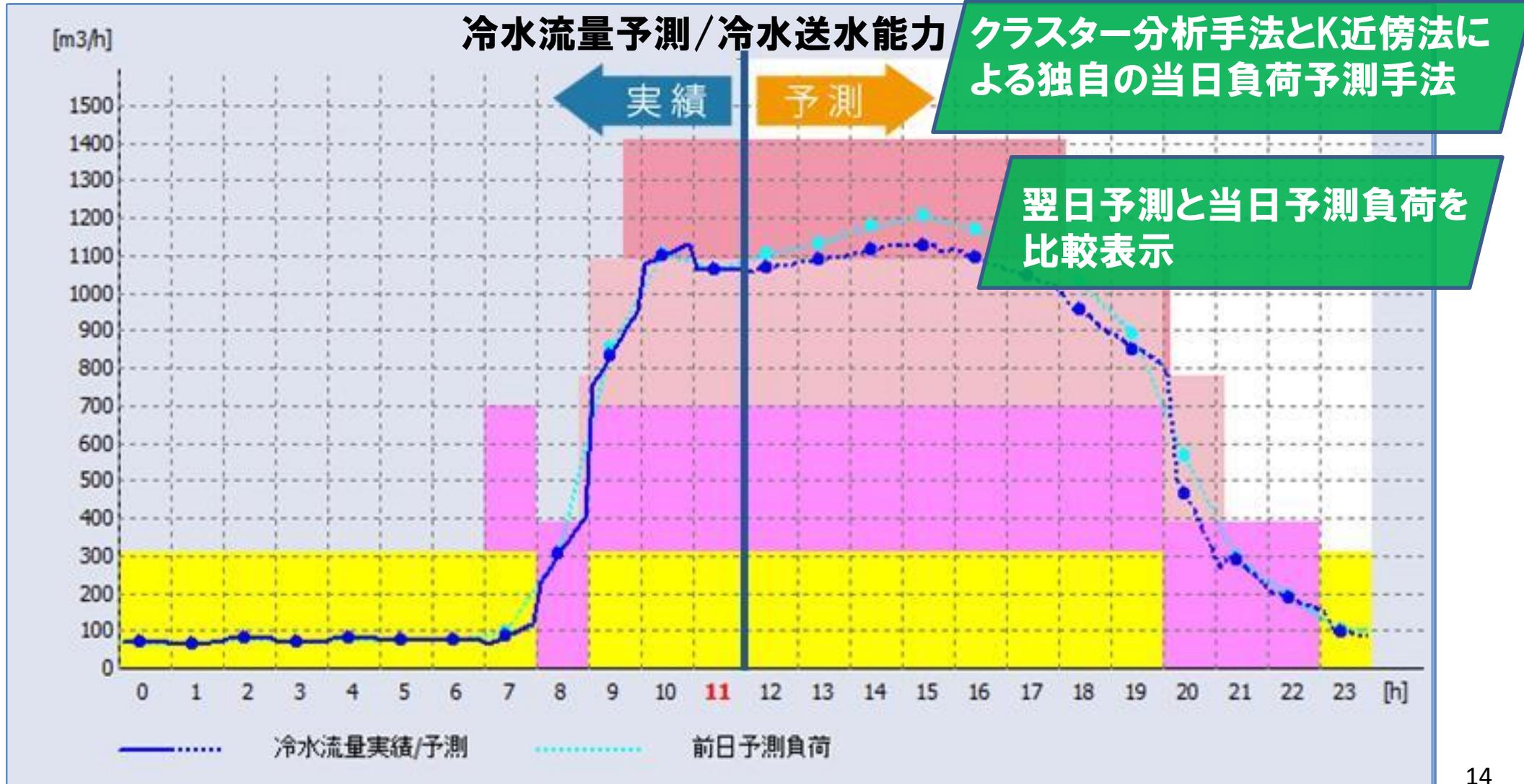
最適運転パターンの再表示



時間帯を設定し、倍数設定や負荷の変更ができる。

# 当日の負荷も正確に予測

当日午前6時から終日負荷予測を表示する。(6時までは実データ)  
 実データを入手する度に予測を繰り返して終日予測の精度を向上させる。



# 実績分析：運転評価や能力向上に

【運転実績分析】  
 運転指針：運転コスト最少

	2017/06/20	2017/06/20	2017/06/20
	前日子測	実績	検計
シミュレーション実行日時	08/22 16:24	SMハースハ	08/27 14:17
製造冷水	GJ	335	332
製造温水			
製造蒸気			
システムCOP			
電力消費量			
ピーク電力			
ピーク電力発生時刻			
ガス消費量			
CO2排出量			
CO2排出量(補給水排水含む)			
運転コスト			

【運転実績分析】  
 運転指針：手動割り付け

	2017/06/20	2017/06/20	2017/06/20
	前日子測	実績	検計
シミュレーション実行日時	08/22 16:24	SMハースハ	
製造冷水	GJ	335	332
製造温水	GJ	0	4
製造蒸気	ton	0	45
システムCOP		3.41	1.44
電力消費量	kWh	10063	11315
ピーク電力	kW	1013	1052
ピーク電力発生時刻		11時台	16時台
ガス消費量	Nm3	0	2964
CO2排出量	ton	5.0	12.3
CO2排出量(補給水排水含む)	ton	5.0	12.3
運転コスト	万円	20.1	53.0

【運転実績分析】  
 運転指針：手動割り付け

	2017/06/20	2017/06/20	2019/06/20
	前日子測	実績	検計
シミュレーション実行日時	08/22 16:24	SMハースハ	08/27 14:17
製造冷水	GJ	335	332
製造温水	GJ	0	4
製造蒸気	ton	0	45
システムCOP		3.41	1.44
電力消費量	kWh	10063	11315
ピーク電力	kW	1013	1052
ピーク電力発生時刻		11時台	16時台
ガス消費量	Nm3	0	2964
CO2排出量	ton	5.0	12.3
CO2排出量(補給水排水含む)	ton	5.0	12.3
運転コスト	万円	20.1	53.0

実績のCOPと検計運転COPを比較すると28%好転する  
 運転コストは検計運転が26%好転する

日々の運転について、最適な運転ができていたかを再評価する。  
 運転員の運転能力向上や緊急時の対応教育