

熱源システムエンジニアリングツール「Ene-Move※」の開発

栗原康成* 有馬賢*

Development of a Heat Source System Engineering Tool, Ene-Move

by Yasunari KURIHARA, & Ken ARIMA

The newly developed Ene-Move is an engineering tool for a heat source system. The Ene-Move's practical type heat source management simulation enables making estimations on environmental impact and running costs by reproducing field heat source management data on desktop. It includes a field data retrieval/collection wireless device, a heat source system estimate software program for automatic calculation of initial costs, and a software program for making optimal heat source system proposals. Comprehensive proposals for heat source systems which match particular situations can thus be worked out.

Keywords: Engineering, Simulation, Heat source, System, Running cost, Initial cost, Negative environmental impact, Operation, Wireless, Field data

1. はじめに

近年、環境負荷低減への対策が急務となっている。建物の約1/5のエネルギーを消費している熱源システムの対策が、この成果を大きく左右する。熱源機器は、これに対応すべく性能を大幅に向上させ、最先端の機械を市場に投入している。しかしながら、同時に機械の特性が複雑となり、その特性を熟知していないと、期待している高効率運転が実現できない。そこで重要になってくるのが、熱源システムのエンジニアリングである。

熱源システムのエンジニアリングには、二つの側面がある。一つ目は、熱源システムを導入するもしくはリニューアルをする前に、機器が高効率で運転できる熱源システムを検討し、費用対効果を考慮しながら提供することである。二つ目は、既に運転している熱源システムを把握し、更なる高効率運転を検討し提案することである。

そこで、熱源システムのエンジニアリングをトータル的に支援するツールとして、実践型熱源運用シミュレーションを核とした熱源システムエンジニアリングツール「Ene-Move (エネムーブ)※」の開発に着手した。

2. 熱源システムについて

一般のビルを想定した場合、空調システムに関わる機器の消費エネルギーは、ビル全体の消費エネルギーの約50%、その中で熱源システムは約20%である。代表的な事務所ビルの消費エネルギーを図1に示す。空調システムとは、空調に関わるファンを含めた機器全般を指し、熱源システムとは一般的に、熱源機及び冷却塔、搬送機器を含めた熱源補機類が該当する。

熱源システムのエンジニアリングとは、熱源設備の機器を選定し、それを最適に運転させるための設備と、機器を制御するための頭脳となる制御盤を含めたシステムを構築することである。

3. Ene-Move概要

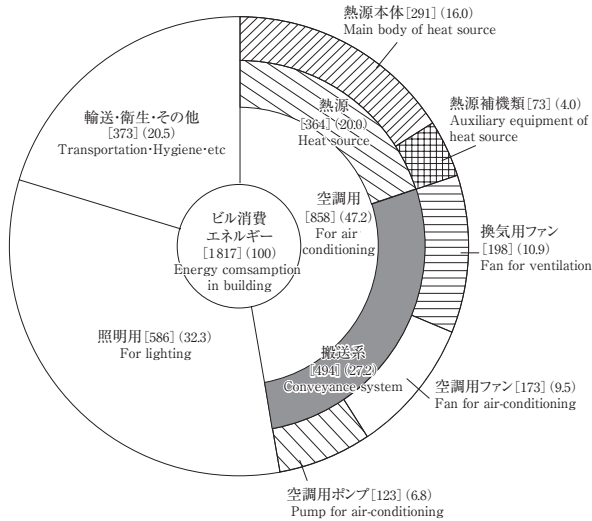
熱源システムのエンジニアリングの業務は、

- (1) 熱源システムの設計条件もしくは運転状態の把握
- (2) 環境負荷の算出
- (3) ランニングコストの算出
- (4) イニシャルコストの算出
- (5) 提案書の作成

である。受注活動に大きく貢献するための提案書を作ることが、本業務の最終的な目標であるが、提案書に至る

* 荏原冷熱システム(株)

まで、多種多様な熱源システムを検討する必要がある、多くの知識・経験と高い技術力、その上、検討項目を処理するスピードが必要である。そこで、知識や経験をデータとして共通化し、これに検討項目を処理するスピードを最大限考慮した、熱源システムのトータルエンジニアリングツールEne-Moveを構築した。Ene-Moveの各ツール



[]内の数値は、年間1m²当たりのエネルギー消費量 [MJ/(m²・年)]
 The numerical value in [] is energy consumed for each 1 m² during 1 year
 ()内の消費エネルギーは全体に対し、各用途が占める割合 (%)
 The consumption energy in () is the proportion of each usage in the whole
 出典: (財)省エネルギーセンター「第30回エネルギー管理研修テキスト(平成19年度)」

図1 事務所ビル用途別一次エネルギー消費比率
 Fig. 1 Primary energy consumption ratio according to office building usage

の役割と、システム構成を図2に示す。環境負荷とランニングコストの算出を受け持つ、実践型熱源運用シミュレーションが、熱源システムを検討する上で最も重要なツールであり、Ene-Moveの核となっている。

4. 実践型熱源運用シミュレーション機能

4-1 概要

今までは、様々な条件で変化する機器の運転状態を含めた熱源システムの正確な運用評価は、実際の現場で運転を行った上で、その結果を評価するのが一般的であり、その期間が必要であった。本シミュレーションは、仮想で熱源システムを運転させることにより、環境負荷とランニングコストを算出し、机上で評価できることが最大の特長である。

4-2 システム構成

実践型熱源運用シミュレーションのシステム構成を図3に示す。

4-3 従来のシミュレーションとの違い

従来、扱っていたシミュレーションは、1時間ごとに、ある1点の熱源システム運用状態をエクセルにより算出する「定点方式」であった。この方式の問題点は、算出したものに時間的要素がない。実際の現場は、配管内の流体が搬送され、目的の機器に到達するまで時間がかかる。これは、例えば冷凍機から製造された冷水が空調機に到達するまで時間がかかるということである。また、外気条件や供給負荷は刻々と変化している。これらの変

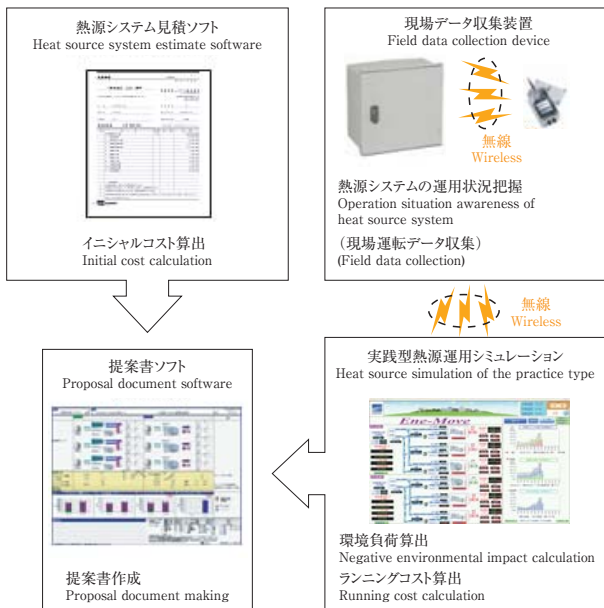


図2 Ene-Moveシステム概要
 Fig. 2 Ene-Move system configuration

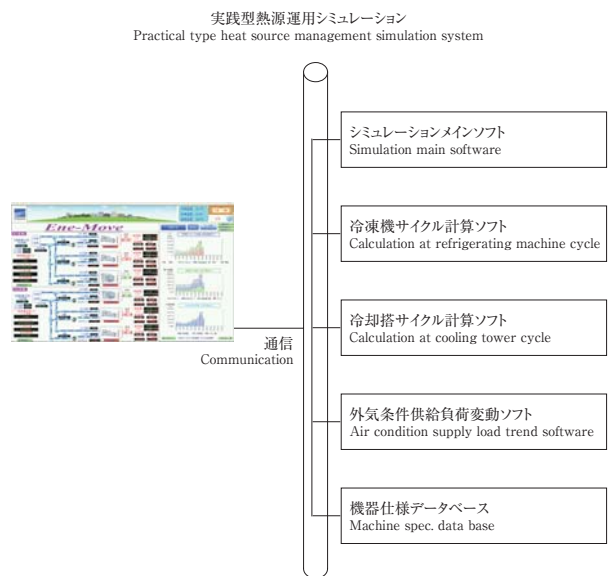


図3 実践型熱源運用シミュレーションシステム構成
 Fig. 3 Configuration of the practical type heat source management simulation system

化に対し、機器を追従させたい場合は、1時間ごとではなく、更に細分化し検討する必要がある。これらを加味し、定点方式ではなく、時間的要素を加え検討回数を細分化した「連続方式」を採用した。

また、機器の運転状態も現場に近づけるため、機器単体設計が扱っているような機器内部サイクル計算から求められた算出結果を、細分化された検討回数に対し実施できるようにした。

算出されたシミュレーション結果は、従来はエクセルの表上の数値でしか現れず視覚的に結果を把握しづらかったが、本シミュレーションは、中央監視装置並のグラフィック画像を使用することで算出された数値を視覚的に把握できるよう配慮した。

4-4 主要な機能

(1) 2システムの比較検討

本シミュレーションは、2システムまで比較検討可能である。例えば、1システム目（R1系統）は熱源機の熱源を電気とし、2システム目（R2系統）は熱源機の熱源をガスとして運用した場合の違いを比較できる。更に1システムのなかで、熱源機の熱源を電気とガスの組合せにした場合や、熱源電気でも違う特性をもった機種や能力の違う機種を組み合わせることも可能である。2システム画面を図4に示す。なお、2システムは、外気条件、供給負荷を共有した上で、シミュレーションを行う。

(2) シミュレーション時間

シミュレーションは、細分化を考慮し1分ごとに行う。1日に換算すると、1440回の熱源運用をシミュレーションすることになる。シミュレーション速度は、運用状態を監視できるノーマルスピードと、短時間で多くのシミュレーションを実施できるハイスピードを用意した。

(3) シミュレーションの連続性

一般的な熱源システムの連続性を図5で、温度を「T」として示す。シミュレーションの連続性とは、熱源の運用をシミュレーションした結果により、算出された熱源機出口温度「T11」をそのまま保持し、仮想時間が進むごとに目標機器である空調機に向かって、配管内を「T11→T12→T13」と移動することをいう。空調機や冷却塔にも同様の連続性をもたせる。その間、制御機器であるミキシング用制御弁 MCVがある場合は、目標温度になるよう途中の仮想配管で「T33」と「T41」の温度がミキシングされ「T42」となる。

(4) 外気条件と熱源負荷の変動

熱源システム内の機器の運転が、外部要因により追従する大きな要素として、外気条件と供給負荷が挙げられ

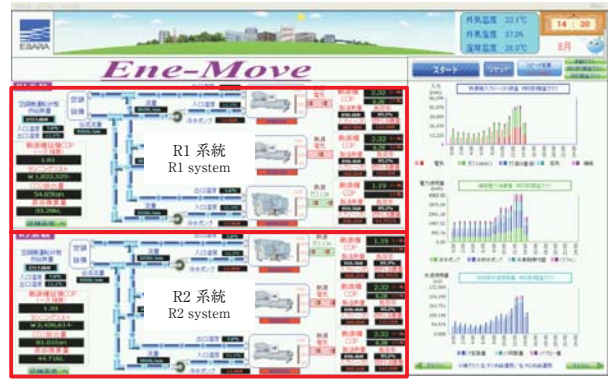


図4 2システム画面
Fig. 4 Screen showing 2 systems

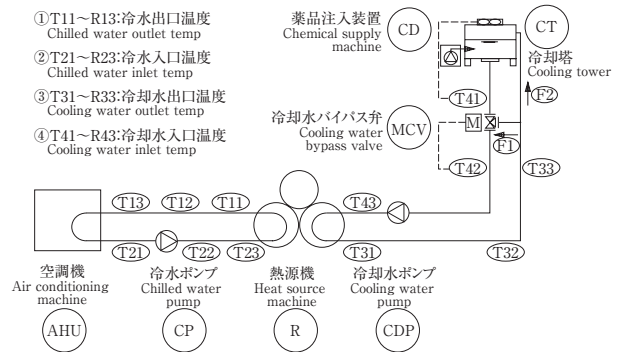


図5 一般的な熱源システムの連続性
Fig. 5 Continuously of general heat source system

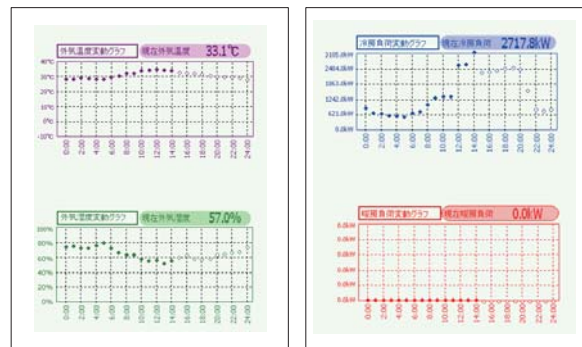


図6 変動グラフ
Fig. 6 Trend graphs

る。外気条件とは、外気温度と外気湿度のことで、この数値が変動すると外気湿球温度が変動し、熱源システム内の機器である冷却塔の運転特性が、この外気湿球温度の変化により追従する。また、供給負荷が変動することにより、熱源機の運転特性が、これに追従する。変動間隔は、先に述べたように仮想時間1分に1回である。変動数値である外気条件と供給負荷は、図6で示すように、

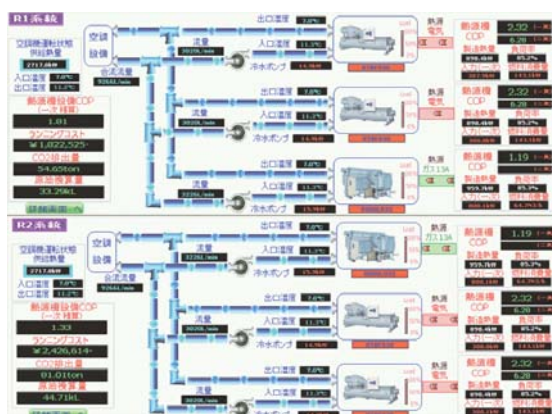


図7 熱源システムグラフィック画面全体表示

Fig. 7 Display of the entire heat source system graphic screen



図8 熱源システムグラフィック画面詳細表示

Fig. 8 Heat source system graphic screen detailed display

シミュレーション画面上でも確認できる。

また、この外気条件や供給負荷は一般的なモデルは、あらかじめ登録されており、すぐに呼び出しシミュレーションを実施することが可能である。

(5) 機器の運転特性

冷凍機や冷却塔は、外部条件だけでなく各機器流体入口温度や各流体の流量等により運転特性が変わってくる。この運転特性は、機器内部サイクルを考慮したサイクル計算を用い算出し、シミュレーションに反映させる。

サイクル計算の役割は、例えばターボ冷凍機の運転特性であれば、「冷水製造熱量、冷水出口温度、冷却水入口温度、冷水流量、冷却水流量」をプログラムにインプットし、冷凍機内部サイクル計算を行った上で「電力消費量、冷却水出口温度」をアウトプットすることである。同様に、冷却塔の運転特性であれば、「外気湿球温度、冷却水入口温度、冷却水流量、冷却塔ファン風量」をインプットし、「冷却水出口温度」をアウトプットすること

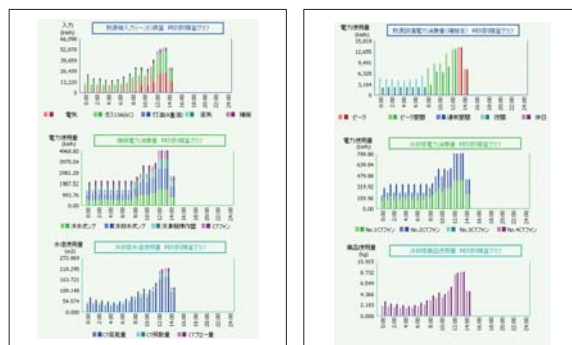


図9 積算グラフ

Fig. 9 Multiplication graphs

である。

(6) 制御性の確認

各機器は、機器の発停だけでなく様々な設定値により運転を行っている。この設定値が機器の運転状態に大きく影響する。つまり、熱源システムを構築した後の運用は、制御設定値に依存している。本シミュレーションは、現場での運用を想定し、100点以上もの設定値があり、1点でも設定値を変えると熱源システムの運用が変わることが机上で確認できる。

(7) グラフィック画面の活用

熱源システムの運用を評価するには、多くのデータに目を通す必要がある。これをシミュレーション後にデータの羅列や解析グラフだけで判断するのは難しい。なぜなら、熱源システム全体を把握するには、時間軸を共通にして、このシステム上の適切な場所に配置してあるデータを、全体的な視点で見えていく必要があるからだ。個々のデータからでは解明できなかった事象が、全体的なデータをグラフィック上に描くことで、判明してくる。熱源システム監視に必要なデータが配置された、熱源システムグラフィック画面全体表示と、熱源システムグラフィック画面詳細表示を図7, 8に示す。

(8) 積算グラフの活用

シミュレーション実施中は積算データとして、消費エネルギーに加え、冷却塔廻りの給水量、排水量、薬品投入量が表示される。このデータを棒グラフで積み上げ、1システム目と2システム目の熱源システム運用の違いによる差を、シミュレーション画面上で視覚的に、リアルタイムで確認できる。シミュレーション画面上の積算グラフを図9に示す。

(9) 過去のデータの再現機能

シミュレーションは机上のものであるが、やはり最終的に必要なことは、現場で運用された実データとの比較

である。そこで、過去のデータをCSV形式でダウンロードすることで、1システム目を過去のデータの再現、2システム目をシミュレーションとして比較検討できる。過去のデータの再現とは、ビデオのようにグラフィック上に過去のデータを表示していくことである。過去データ再現画面とシミュレーション画面を図10に示す。

(10) シミュレーションデータのロギング

シミュレーションにより算出されたデータはすべてCSV形式でロギングされ、提案書ソフトにデータ転送される。また、後にデータ分析する時にも活用する。

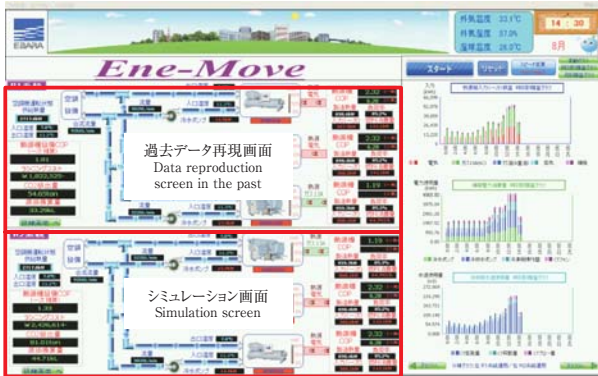


図10 過去データ再現画面とシミュレーション画面
Fig. 10 Data reproduction screen for past data and simulation screen

5. 現場データ収集装置機能

5-1 概要

既存の熱源システムのエンジニアリングは、まず既存の熱源システム消費エネルギーを把握し、それをもとに、新たな熱源システムを提案していくことが必要である。このなかで、既存の熱源システムの消費エネルギーを把握することが最重要課題であることは、容易に想像できる。この消費エネルギーは、ある程度一般的な数値があり、これを用いることは可能だ。しかしながら、これからの熱源システムの検討は、実情に近いことが強く要求されるであろう。そこで既存の消費エネルギーは、運転データを測定すれば把握できるという原点に立ち返り、現場データ収集装置を製作した。この装置は、主要なデータを測定するための測定器の設置方法を、容易な形にしたものである。

5-2 システム構成

現場データ収集装置のシステム構成を図11に示す。

5-3 主要な機能

(1) Zigbee2.4 GHzの無線ノードの活用

現場で要求される最も重要なことは、計測器端末の設置が容易であるということだ。その上で障害となるのは、計測端末から現場データ収集盤までのデータ転送用配線である。これを克服するために、計測器端末を無線化し、計測端末により計測したデータを、無線技術を応用し現場データ収集盤内ゲートウェイまで無線で転送する。主要機器の無線は、Zigbee2.4 GHzを採用した。ゲートウェイとノードの接続形態の例を図12に示す。

(2) 自社冷凍機マイコン盤の活用

自社冷凍機には、マイコン盤が搭載されており、このマイコン盤は、主要な温度をすでに計測している。それを現場データ収集盤に向け、通信ケーブルでデータ転送する。

(3) 計測データ保存

現場データ収集盤は、収集した計測データを保存するた

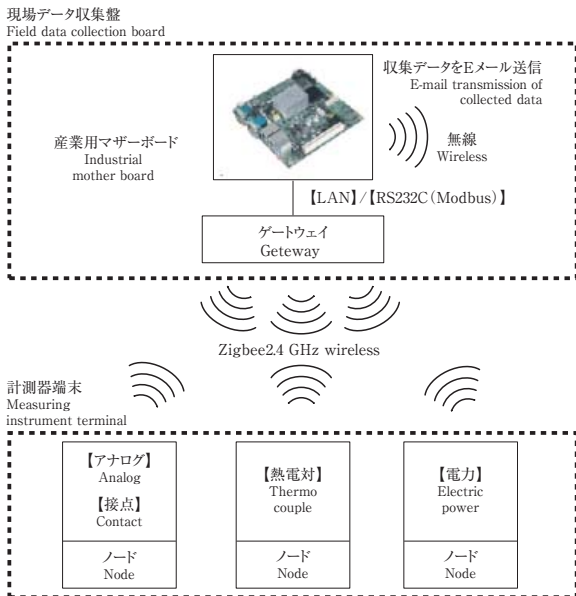


図11 現場データ収集装置システム構成
Fig. 11 Field data collection device system configuration

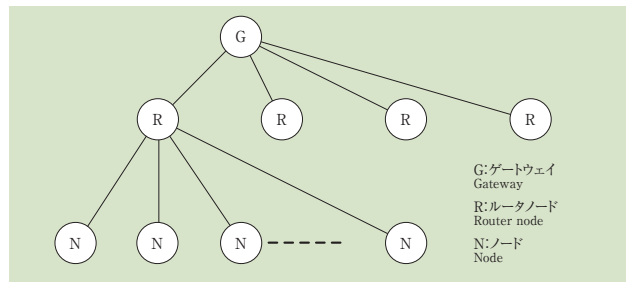


図12 Zigbee無線ネットワークトポロジ (接続形態)
Fig. 12 Zigbee wireless network topology

めに産業用マザーボードを搭載し、1分に1回、計測データを保存することとした。

(4) 計測データ遠隔送信

現場で計測された計測データは、1日に1回、現場収集装置を設置している現場から、データ解析部門がある事務所まで自動でEメール送信される。

(5) 計測データの解析

計測データは、実践型熱源運用シミュレーションの「過去のデータの再現機能」を活用し解析する。また、熱源システムの運用を変更した場合のシミュレーションを、データ解析と同時にすることも可能である。

6. 熱源システム見積ソフト

6-1 概要

熱源システムの見積とは、代表的なものを挙げると熱源設備工事の、機器価格、配管設備、電気設備、機器撤去、機器搬出、機器据付、機器搬入の価格と工賃を算出することである。実際の価格算出は、細かく部材の数量を拾い部材単価により部材価格を算出し、それに対する工賃を加算する。これに機器価格と経費を加算すると、最終的なインシャルコストが算出される。従来この価格算出には、工事の経験が多分に必要となるため、基本的に価格の積み上げは工事経験がある担当者が行っていた。そこで、一般的な工事を想定した価格であれば即座に算出し、そこから担当者が工事経験を活かし、現場特有の価格として調整していくシステムを構築した。最終的に、実践型熱源運用シミュレーションで決定された、熱源システムのインシャルコストを算出する。

6-2 主要な機能

(1) 価格のデータベース化

見積に必要な機器価格、機器仕様及び部材価格、歩掛をデータベース化し、データベース検索機能により該当する価格を絞り込み、価格に反映させる。

(2) 地域による価格差を考慮

部材価格や工賃は、地域により差がある。そこで、地域に合わせた価格係数を登録しており、選択された地域の価格に更新できる。

(3) 一般的な熱源システム見積価格の算出

どの現場も、標準的に必要な工事がある。そこで、標準的な工事の部材数量等のデータをあらかじめ登録しておくことで、データベース化している価格データを活用し即座に熱源システムの価格が算出できる。

7. 提案書ソフト

実践型熱源運用シミュレーションにより算出された環境負荷、ランニングコスト及び、熱源システム見積ソフトにより算出されたインシャルコストのデータを自動で吸上げ、提案書の書式に反映させる。

2システムのランニングコストとインシャルコストを比較し、費用対効果を算出する。更に、近年重要視されている環境負荷を考慮し、最も優れている熱源システムを見極め、最終的な提案書とする。

8. 今後の予定

今回、開発した熱源システムエンジニアリングツールEne-Moveは、あくまでツールであり最終的に最適な熱源システムを導き出すのは技術者である。しかし、その検討を手助けするツールを充実させることで、検討の質とスピードを、飛躍的に向上させることができる。

まずは、今までの熱源システムのエンジニアリングで検証することが困難であった項目について、徹底的に検証し、最適な熱源システムを、技術者自身が再度認識する作業を行う。そして、この検討作業により新たに得た技術や経験を、再び本ツールに反映させ技術の継承を行っていく。

また、今回開発したものは、主に熱源システムの基本形を対象としているが、今後は要求に合わせ、複雑な熱源システムにも対応していくことを検討していく。

9. おわりに

高効率な冷凍機・冷却塔の熱源機器と共に、今回、開発したEne-Moveを活用することで、高効率な熱源システムを構築し、省エネルギー熱源システムを実現することで、社会に貢献していく所存である。

終わりに本開発に関して御協力頂いた各部門関係者に謝意を表す。

※「Ene-Move」は荏原冷熱システム㈱の登録商標である。