

# 多拠点一括エネルギーサービス「JFE-METS<sup>®</sup>」

## "JFE-METS<sup>™</sup>", Total Energy Services for Multiple Sites

太田 涼 OOTA Ryo JFE エンジニアリング 電力ビジネス事業部 エネルギーサービス事業推進部  
計画グループマネージャー  
坂本 賢美 SAKAMOTO Yasumi JFE エンジニアリング 電力ビジネス事業部 エネルギーサービス事業推進部長  
園田 克樹 SONODA Katsuki JFE エンジニアリング 電力ビジネス事業部 システム開発部長

### 要旨

JFE エンジニアリングでは、全社単位や地域単位といったグループ単位の全体最適を実現する新たなエネルギーサービス「JFE-METS<sup>®</sup>」を開発した。JFE-METS は、大型コージェネレーション設備を核とした多拠点電力融通を行うことにより、エネルギー消費量や CO<sub>2</sub> 排出量を大幅に削減できる。本稿では、JFE-METS の概要と技術的特徴、導入事例を紹介する。

### Abstract:

JFE Engineering has developed JFE-METS<sup>™</sup>, new energy services business that realizes overall optimization in a particular group unit such as a company-wide unit or a regional unit rather than in each individual site. JFE-METS is capable of significantly reducing energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions by sharing electricity generated by a large-scale CHP (Combined Heat and Power) plant that is the core of its services between multiple sites in the group. This paper presents an overview, technical features, and an example of the introduction of JFE-METS.

## 1. はじめに

ESG への取組みが経営の主要テーマとして掲げられるようになった昨今、企業に対する省エネルギー・脱炭素の要求は以前にも増して高まっている。また、エネルギーを取り巻く状況は、電力・ガスの自由化以降目まぐるしく変化している。各企業は地道な努力を続けているが、急激に変化する外部環境の中で最適な選択肢が見えづらくなっており、過去の延長線上の対策は有効性を失いつつある。特に産業部門では、継続的に省エネルギーの努力を重ねてきた結果、これ以上の大幅なエネルギー削減は困難なケースも多く、新たな省エネルギー手法が求められている。

そのような状況がある一方、各企業では、本業に専念するため、エネルギーなどのユーティリティ供給業務を社外にアウトソーシングするニーズが年々高まっている。

これらの社会的要求に同時に応えるサービスとして、「多拠点一括エネルギーサービス (JFE-METS<sup>®</sup>)」を開発した。本稿では、JFE-METS の概要および技術的特徴、導入事例について報告する。

## 2. JFE-METS<sup>®</sup>

### 2.1 JFE-METS<sup>®</sup>の基本思想

JFE-METS のコンセプトを **図 1** に示す。JFE-METS は、

拠点単位の省エネルギー・脱炭素を追求するのではなく、全社単位や地域単位といったグループ単位の全体最適を目指すことを基本思想としている。各拠点の特性やエネルギー需給動向、社会情勢等を俯瞰することで、最適なエネルギー供給体制を構築する。

このような基本思想に基づき、燃料調達から、設備の計画、建設、運用、改善までを顧客に代わり多拠点一括で行うエネルギーサービスが JFE-METS である。

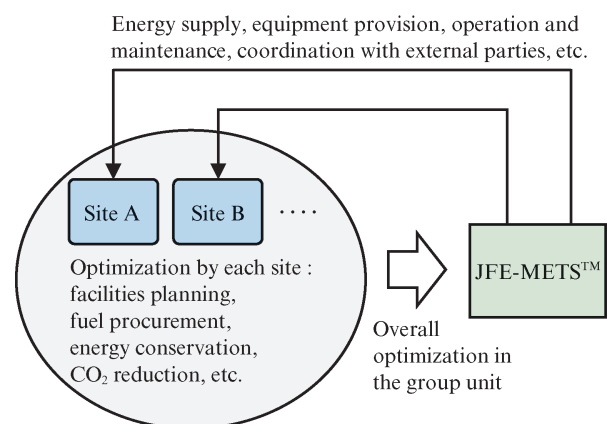


図 1 JFE-METS<sup>®</sup>のコンセプト  
Fig. 1 Concept of JFE-METS<sup>™</sup>

## 2.2 サービス概要

JFE-METS のサービスフローを図2に示す。サービスフローは、大きく以下の5段階に分けられる。

- (1) エネルギー使用実態調査
  - 全対象拠点に対し以下の調査を行う。
    - ・エネルギー調達状況（量，価格，調達先等）
    - ・エネルギー需要量および消費カーブ（電気，蒸気，温水，冷水等）
    - ・既存エネルギー設備（構成，仕様，導入時期，運転状況等）
- (2) 課題解析および可能性調査
  - エネルギー使用実態調査結果に基づき以下の検討を行う。
    - ・拠点間の電力および熱融通の可能性，融通方式
    - ・既存設備の劣化状況，稼働率，更新要否
    - ・インフラおよび立地条件確認（電力系統空き容量，ガス導管敷設状況，環境規制，周辺の状況など立地に關する情報等）
    - ・天然ガス等クリーン燃料への転換可能性
    - ・燃料調達先
    - ・未利用エネルギーや再生可能エネルギーの活用可否
    - ・比較検討ケースの設定
    - ・概略システム検討および省エネルギー，脱炭素効果シミュレーション
    - ・カーボンオフセット手法の活用
    - ・導入効果比較
- (3) 全体最適案の策定
  - 課題解析および可能性調査の結果に基づき，エネルギー供給の全体最適案を策定する。具体的には，顧客の要望等も取り入れながら以下の内容について取りまとめる。
    - ・エネルギー供給設備を設置する拠点（以下，融通元）と融通元からエネルギーを融通される拠点（以下，融通先）の選定
    - ・エネルギー供給設備基本仕様
    - ・エネルギー調達先
    - ・導入効果
    - ・運営体制
    - ・導入ステップ
- (4) エネルギー供給設備設置
  - 全体最適案に従いエネルギー供給設備を設置する。当該設備は，可能な限り，お客様の初期投資がないよう当社資産として設置することを基本とする。設計施工に当たっては，プラント建設で十分に経験を積んだ当社技師が設備所有者の立場で監理を行い，当社標準の品質を確保する。
- (5) 運用開始

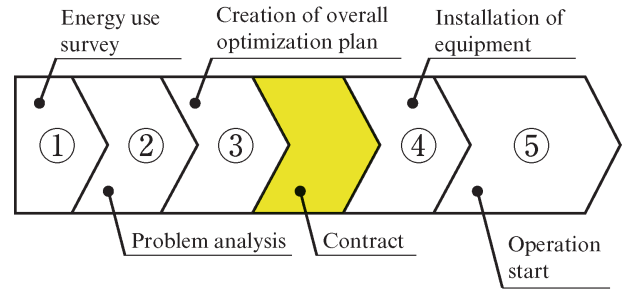


図2 JFE-METS®のサービスフロー  
Fig. 2 Service flow of JFE-METS™

エネルギー供給設備設置完了後，エネルギー供給が開始される。設備運用開始に先立ち，燃料調達や電力系統利用に関する手続きは当社で行っておく。

運用開始後は，自社設備として定期点検や運用改善を継続的に行う。運転データは，当社横浜本社のグローバルリモートセンター（以下，GRC）経由で後述のJFE-METS基幹システム（以下，ESPシステム）にも取り込み，最適発電計画を策定する。また，当社グループの小売電気事業者であるアーバンエナジーの電力需給管理システム（以下，PPSシステム）とも連携させ，グループ全体での最適運用を実現する。

## 2.3 多拠点電力融通

全体最適を実現するための核となるのが，多拠点電力融通である。JFE-METSでは，エネルギー供給設備として高効率ガスコージェネレーション設備（以下，CGS）を活用することを基本としているが，従来の個別最適によるCGSの容量選定，運用方式とは異なっている。従来方式では，図3に示すとおり，CGSを設置する拠点の電力需要と熱需要のバランスのみから容量が選定されていた。一般に電力需要と熱需要は季節や時刻により大きく変動するため，需要変動を加味せずに最大需要に対するCGSを選定すると需要が小さい時期はCGSの稼働率が低下し，費用対効果が著しく悪化する事態を招く。結果として，事業性を確保するために最大需要に対して小規模な容量を選定することとなり，導入効果が限定的となる場合が多かった。

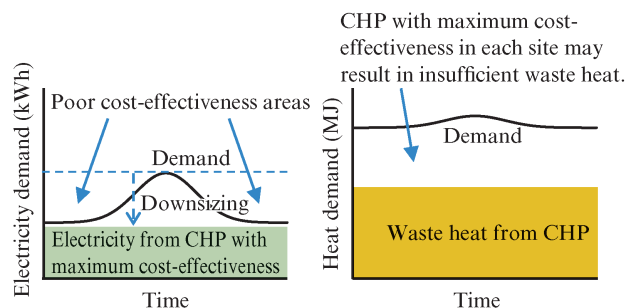


図3 従来のCGS最適化

Fig. 3 Optimization of CHP in conventional method

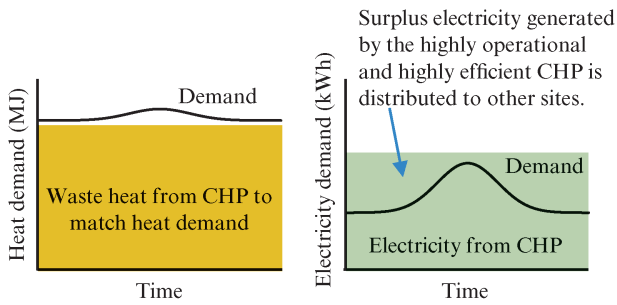


図4 JFE-METS®におけるCGS最適化

Fig. 4 Overall optimization of CHP in JFE-METS™

一方で、多拠点電力融通に基づく容量選定では、需要を拠点単位からグループ単位で捉え、図4に示すとおり拠点単位の最大需要規模あるいはそれ以上の規模のCGSを選定する。需要が小さい時期は拠点単独では余剰電力が発生するが、余剰電力は電力系統を経由して他拠点へ融通することで無駄なくエネルギーを使用できる。余剰電力を融通された拠点は、CGSで発電された低コスト・低CO<sub>2</sub>の電力の供給を受けられる。なお、融通先は電力系統エリアの制約を受けず発電可能量に応じ複数（多拠点）選定できる。

多拠点電力融通を実現するうえで不可欠となるのは、アーバンエナジーの存在である。融通元のCGSが定期点検等で停止中の場合やグループ総需要が最大発電出力を超える場合は、アーバンエナジーが不足電力を補給する。逆に、グループ総需要が小さくグループ単位でも余剰電力が発生する場合は、アーバンエナジーが余剰電力を買い取り、卸電力取引所（以下、JEPX）やアーバンエナジーの契約需要家へ売電することで有効活用する。このように、多拠点電力融通の仕組みは、アーバンエナジーの需給調整機能に支えられている。アーバンエナジーによる需給調整を含めた多拠点一括融通の全体像を図5に示す。

多拠点電力融通を適用すると、従来手法により選定したCGSより大型のCGSが選定されることとなる。これにより、以下の2つの副次効果が得られる。

#### (1) CGS大型化による高効率化

CGSは大型機種ほど効率が向上し設備費も割安となるため、従来手法より高効率かつコスト競争力のある機種が選定可能となる。

#### (2) ガス購入量の増加による調達条件向上

一般に、ガス価格は購入量が多く季節変動が小さいほど安価になる傾向がある。CGSの大型化と年間を通しての高出力運転により、これらの条件に合致しやすくなる。

## 2.4 最適運用システム

前述のとおり、多拠点電力融通を実現するためにはアーバンエナジーとの連携が不可欠であるが、連携のためには、

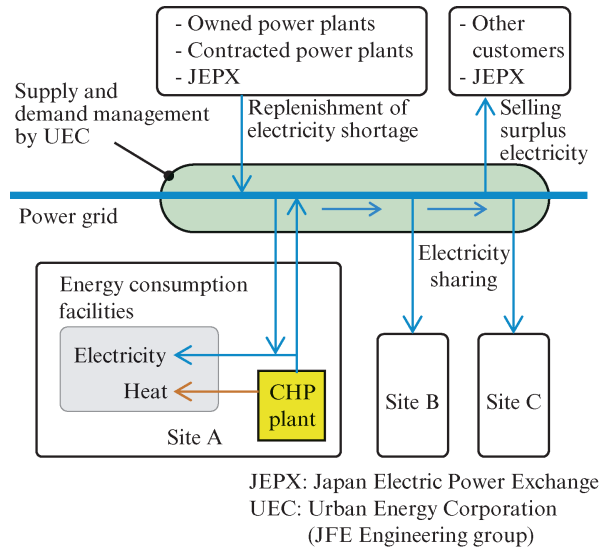


図5 多拠点一括融通の全体像

Fig. 5 Overview of sharing electricity between multiple sites

多拠点電力融通対象拠点の需要計画と発電計画を毎日アーバンエナジーに提出する必要がある。これは、現行の電気事業法に基づき、計画値同時同量制度（事前に計画した需要量や発電量と当日の実績値を30分単位で一致させることを義務付ける制度。実績値が計画値から逸脱した場合、インバランス料金が課せられる）が適用されており、アーバンエナジーは、電力広域的運営推進機関（以下、OCCTO）に毎日翌日の30分ごと24時間分（計48コマ）の需要量と発電量の計画値を提出する必要があるためである。アーバンエナジーは、JFE-METS側から提出された計画と自身の計画を統合し、OCCTOに提出する。JFE-METS側から提出された計画値は、アーバンエナジーがJEPXで取引する際にも利用される。

なお、ここでの発電計画とは、発電端出力ではなく電力系統に逆潮流される電力を意味し、JFE-METS側の発電計画は、融通元の需要量や発電量を予測し、その差分から逆潮流量を予測して作成する必要がある。最適な発電量は、電力・熱の需要状況やJEPX相場等により日々変動するため、状況に応じた最適な計画を策定する必要がある。これらを毎日マニュアル作業で行うことは困難なため、最適発電計画を策定するための最適運用システムを構築した。

### 2.4.1 全体システム構成

需要量データの収集からPPSシステムに連携するまでの全体システム構成を図6に示す。JFE-SCADA、GRC、ESPシステム、PPSシステムの大きく4つのシステムにより構成される。

### 2.4.2 JFE-SCADA

最適発電計画を策定するための第一歩は、電力・熱需要等のプラントデータの収集である。プラントデータは、SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) や

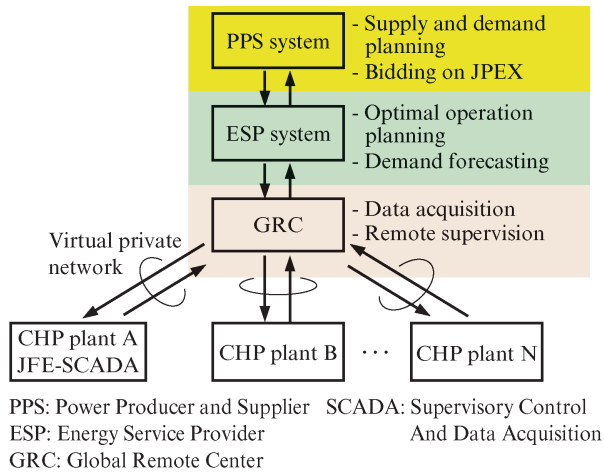


図6 最適運用システムの全体システム構成  
Fig. 6 Overall structure of optimal operation system

PLC (Programmable Logic Controller) により収集する。SCADA には、当社で開発した JFE-SCADA を用いる。JFE-SCADA には、一般的な監視制御機能やエネルギー管理機能に加え、30分単位の電力デマンド監視機能(計画値と実績値の乖離の監視)や30分ごと24時間分の発電計画設定機能等が搭載されている。

上位システムである GRC とはファイアウォールを介し VPN (Virtual Private Network) 回線で接続し、暗号化されたセキュアなデータ通信を行う。

### 2.4.3 GRC

GRC は、当社が 2018 年 3 月に開設した、プラントの操業・運転データを大容量かつセキュアな高速光回線を用いたネットワーク経由で収集し、遠隔監視および遠隔操業を行うための施設である。GRC は、セキュリティ対策を高いレベルで実現しており、ISMS (Industrial Security Management System) 認証を取得している。

JFE-SCADA 等で収集されたプラントデータは、GRC に集約され GRC のシステムで積算データの差分演算や欠測値処理等が施された後、ESP システムに送信される。

### 2.4.4 ESP システム

GRC から送信されたデータは、ESP システムのクラウドサーバに蓄積される。ESP システムでは、最適発電計画策定のため、需要予測および発電計画の最適化演算を行う。需要予測は、顧客の操業情報を基に過去の同一操業状態のデータを参照して行うことを基本とする。データが蓄積されれば、AI (artificial intelligence) 活用等の機能拡張が可能である。発電計画の最適化演算については次章で述べる。前述のとおり、PPS システムへ送信される発電計画は逆潮流量の計画とする必要があるため、最適化演算した実際の発電計画値(発電目標値)と需要予測値が差分演算される。

なお、ESP システムは、最適発電計画を策定し PPS システムと連携することが主目的であるが、収集データの帳票

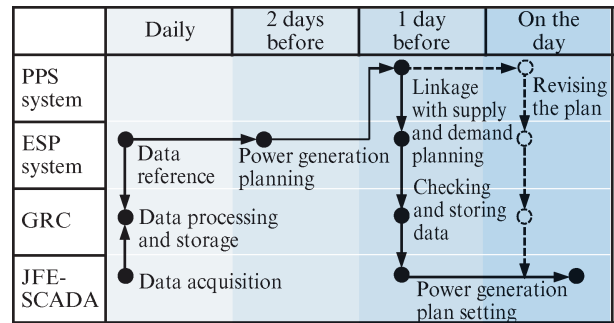


図7 各システム間の処理フロー  
Fig. 7 Processing flow between each system

出力データと RPA (Robotic Process Automation) を活用し、サービス料金の請求書作成にも利用される。

### 2.4.5 PPS システム

PPS システムは、アーバンエナジーが自社開発した需給管理システムで、昨今の度重なる制度変更にも柔軟に対応できることを強みとしている。

ESP システムから送信された発電計画は、PPS システム内でアーバンエナジーの需給計画と連結される。各システム間の処理フローを図7に示す。実運用においては、ESP システムの発電計画は2日前に策定し、前日に PPS システムで発電計画が確定される。発電計画が確定すると、各システムを介しプラント(融通元)へ発電計画が送信され実運転に至る。当日に発電計画の修正が必要となった場合は、いつでも発電計画を上書き修正できる仕様としており、柔軟な運用が可能である。通信トラブル等でプラントへ発電計画が送信されない場合は、自動的に異常を検知し初期設定値での運転に切り替わるようにしており、システム全体の頑健性を高めている。なお、初期設定値は JFE-SCADA 上で常時設定変更可能である。

## 3. 発電計画の最適化演算処理

一般に、エネルギー需給最適化のように、特定の集合上で定義された関数(以下、目的関数)の値が最大もしくは最小となる変数の組み合わせを、与えられた制約(以下、制約条件)のもとで解く問題を最適化問題という。ESP システムは、エネルギー需給最適化に基づくコスト最小化を狙っている。設備構成としては、図8に示すように CGS とボイラの組み合わせを前提としており、台数は可変である。

ESP システムでは、エネルギー需給最適化問題を次節のようにモデル化した。ただし、添え字  $i$  は CGS の番号 ( $i=1, 2, \dots, N$ )、 $j$  はボイラの番号 ( $j=1, 2, \dots, M$ ) を表す。

### 3.1 目的関数

CGS およびボイラで消費する燃料コストと電力系統からの受電コストを最小化するために目的関数を次式で定義し



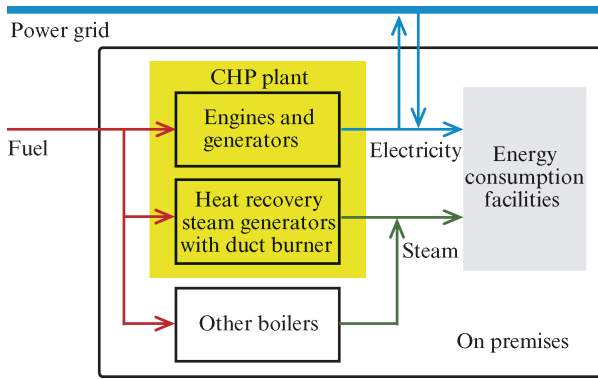


図8 設備構成モデル  
Fig. 8 Equipment configuration model

- $S_{hi}$  : CGS  $i$  号機の熱出力
- $S_{minhi}$  : CGS  $i$  号機の最小熱出力
- $S_{maxhi}$  : CGS  $i$  号機の最大熱出力
- $S_{oj}$  : ボイラ  $j$  号機の熱出力
- $S_{maxoj}$  : ボイラ  $j$  号機の最大熱出力
- $D_s$  : 熱需要予測値

#### 4. 導入事例

ここでは、JFE-METSの初導入案件である日清オイリオグループ株式会社への導入事例を紹介する。

##### 4.1 導入経緯

日清オイリオグループ株式会社は、国内に4つの製造拠点を有する国内最大手の食用油脂メーカーである。早くから大型CGS設備を運用し、高効率機器を積極的に導入するなど環境意識の高い企業であるが、更なる省エネルギー・省CO<sub>2</sub>のためエネルギー供給体制の改革を検討していた。そのような中、2015年に当社にも検討依頼があった。各地に点在する拠点のエネルギー供給を全社レベルで最適化することをテーマに両社で検討を重ね、JFE-METS導入に至った。

##### 4.2 導入設備

横浜磯子事業場、名古屋工場の2拠点に対し8MWクラスのガスタービンCGSを各1台導入した。導入したガスタービンCGSの基本仕様を表1に示す。

横浜磯子事業場については、既存設備として同クラスのガスタービンCGSが1台存在するが、JFE-METS導入後も引き続き運転を継続することとし、新設CGSと合わせて当社で運用する体制となった。なお、本設備導入により逆潮流

表1 導入したガスタービンCGSの基本仕様  
Table 1 Basic specifications of installed gas turbine

	Yokohama Isogo plant	Nagoya plant
Manufacturer	KHI <sup>*1</sup>	KHI
Type	PUC80D	PUC80D
Fuel	City gas (13A)	Natural gas with no calorific value adjustment
Electric output (kW) <sup>*2</sup>	7 570	7 620
HRSG steam output (t/h) <sup>*3</sup>	17.1 (35.0) <sup>*4</sup>	16.8 (34.1) <sup>*4</sup>
Total thermal efficiency (%)	85.8 (92.5) <sup>*4</sup>	86.7 (91.9) <sup>*4</sup>

<sup>\*1</sup> Kawasaki Heavy Industries, Ltd. <sup>\*2</sup> Inlet air temperature: 15°C  
<sup>\*3</sup> Blowdown from HRSG: Yokohama Isogo 5%, Nagoya 3.3%  
<sup>\*4</sup> Duct burner in operation

た。なお、 $C_g$ ,  $C_b$ ,  $C_s$ をそれぞれのエネルギー換算係数に置き換えれば、消費エネルギー量が最小化される。

$$\min (\sum_i C_g f_i + \sum_j C_g f_{oj} + C_b e_b - C_s e_s) \dots\dots\dots (1)$$

- $f_i$  : CGS  $i$  号機の燃料使用量
- $f_{oj}$  : ボイラ  $j$  号機の燃料使用量
- $e_b$  : 買電量
- $e_s$  : 売電量
- $C_g$  : 燃料ガス単価
- $C_b$  : 買電単価
- $C_s$  : 売電単価

#### 3.2 制約条件

式(2)によりCGSの発電量が許容範囲内に、式(3)および式(4)によりCGSおよびボイラの熱出力が許容範囲内にそれぞれ制限される。また、式(5)によって熱需要を充足する熱出力となるように制約条件を与えている。したがって、式(1)の目的関数を式(2)~(5)の制約条件の下で解くことにより、エネルギー需要を充足しコストを最小とするCGSの運転計画が得られる。なお、電力需要は買電により全量賄えることを前提とし、制約条件を設けていない。

$$E_{min_i} \leq e_i \leq E_{max_i} \quad (i=1, 2, \dots, N) \dots\dots\dots (2)$$

$$S_{minhi} \leq S_{hi} \leq S_{maxhi} \quad (i=1, 2, \dots, N) \dots\dots\dots (3)$$

$$0 \leq S_{oj} \leq S_{maxoj} \quad (j=1, 2, \dots, M) \dots\dots\dots (4)$$

$$D_s \leq \sum_i S_{hi} + \sum_j S_{oj} \dots\dots\dots (5)$$

- $e_i$  : CGS  $i$  号機の発電出力
- $E_{min_i}$  : CGS  $i$  号機の最小発電出力
- $E_{max_i}$  : CGS  $i$  号機の最大発電出力

が最大時で1万kWを超える規模となることから、電力系統の対策工事が行われた。

名古屋工場については、既存設備として重油焼きボイラータービン発電設備（背圧タービン）があったが、老朽化していたためガスタービンCGSに更新され、天然ガスに燃料転換された。ガスタービンCGSだけでは蒸気発生量が不足するため、追い掛け用、バックアップ用の小型貫流ボイラも併せて導入した。燃料ガスには、株式会社JERAの新名古屋火力発電所から約2kmの導管を引き込み、未熟調ガスの供給を受けている。なお、導管建設においては、短工期に適した当社技術のJFE-RAPID工法が採用された。

### 4.3 専用CO<sub>2</sub>排出係数の作成

地球温暖化対策の推進に関する法律（以下、温対法）における温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度では、電力系統から受電し他人から購入した電気の排出係数には、環境大臣および経済産業大臣が毎年度公表する電気事業者別の係数を用いる必要がある。多拠点電力融通（自己託送制度を活用する場合を除く）においては、融通先に供給される電力は温対法上、小売電気事業者であるアーバンエナジーが供給した通常の電力とみなされる。そのため、融通元CGSで発電した電力の低CO<sub>2</sub>排出係数は融通先のCO<sub>2</sub>排出量の算定に直接使用できない。そこで、融通元CGSの排出係数を加味した日清オイリオグループ株式会社専用の排出係数（メニュー別排出係数）を作成した。これにより、日清オイリオグループ株式会社の各拠点で、融通元CGSの効果を加味した低CO<sub>2</sub>排出係数を一律で使用しCO<sub>2</sub>排出量を算定できるようにした。

### 4.4 設備運用実績

図9に横浜磯子事業場、名古屋工場で導入したガスタービンCGSの2020年度の総合効率実績値を示す。どちらもほぼ定格効率点での高効率運転を実現しており、多拠点電力融通による効果が予定通り得られている。また、年間運転時間もそれぞれ7706時間、7737時間であり、定期メンテナンスや工場休業期間を除き安定的な連続運転が達成できている。

### 4.5 導入効果

JFE-METSの導入により、2015年度比で約17%のCO<sub>2</sub>排出量削減効果が得られた。

また、ビジネスモデルの新規性と本導入実績が評価され、JFE-METSは省エネ大賞経済産業大臣賞（ビジネスモデル部門）を受賞した。

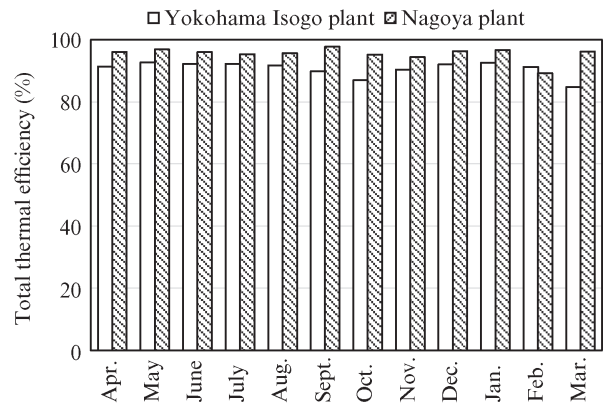


図9 2020年度のCGS総合効率実績値

Fig. 9 Actual total thermal efficiencies of CHP plants in FY 2020

## 5. おわりに

本稿では、全体最適により大幅な省エネルギー・省CO<sub>2</sub>を実現する新たなエネルギーサービスであるJFE-METS®の概要および技術的特徴、導入事例を報告した。

今後は、ESPシステムを機能拡張し、過去の運転データや操業情報といった蓄積されたビッグデータを最大限活用することにより、AIを用いたより高精度な需要予測や最適化演算を可能としたいと考えている。また、自己託送や容量市場といった新たな制度にも積極的に対応していきたい。

JFE-METSは、高効率CGSを核として展開するサービスであるが、蓄電池や再生可能エネルギーとの組合せや、エネルギー以外のユーティリティも組み合わせた複合ユーティリティサービスに進化させるべく鋭意事業開発していく所存である。

### 参考文献

- 1) 坂本賢美. 多拠点一括エネルギーネットワークサービス『JFE-METS』. 省エネルギー. 2021, vol. 73, no. 4, p. 40-43.
- 2) 小林義孝, 妹尾光敏. JFEエンジニアリングにおけるAI・ビッグデータの活用. JFE技報. 2020, no. 45, p. 59-64.
- 3) 松下泰史, 後藤満之. 遠隔監視システムJFE-SCADAの現状と展望. JFE技報. 2015, no. 35, p. 48-53.



太田 涼



坂本 賢美



園田 克樹