

# 国際標準のエネルギー管理手法

～EnPI導入ガイド～

## 実践編

[ISO 準拠版]

**EnPI : Energy Performance Indicator**  
**エネルギーパフォーマンス指標**

本書はISO 50001の優れたエネルギー管理手法の根幹をなす「エネルギーパフォーマンス指標 (EnPI)」を導入するための実践的なガイドブックです。国内の製造業でエネルギー管理に携わっている方々に、このEnPIsの先行導入を推奨すべく、JEITAでは入門書「EnPI導入ガイド」を公開すると共に、実際の導入における詳細な手順と事例を含む実践ガイド「EnPI導入ガイド(実践編)【ISO引用版】」を刊行しました。本書はより多くの方々に読んで頂けるように、この【ISO引用版】のISO 50006原文からの引用部をできるだけ同等内容になるように書き直したものです。本書をご覧くださいISO 50006の本格導入を進める際には、ISO 50006と共に副読本として【ISO引用版】をご利用頂くことをお勧めします。

# JEITA

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

一般社団法人電子情報技術産業協会



# 国際標準のエネルギー管理手法

～EnPI 導入ガイド～

## 実践編

[ISO 50006 準拠版]

EnPI : Energy Performance Indicator  
エネルギー パフォーマンス 指標

本書は ISO 50001 の優れたエネルギー管理手法の根幹をなす「エネルギーパフォーマンス指標(EnPI)」を導入するための実践的なガイドブックです。国内の製造業でエネルギー管理に携わっている方々に、この EnPIs の先行導入を推奨すべく、JEITA では入門書「EnPI 導入ガイド」を公開すると共に、実際の導入における詳細な手順と事例を含む実践ガイド「EnPI 導入ガイド(実践編)【ISO 引用版】」を刊行しました。本書はより多くの方々に読んで頂けるように、この【ISO 引用版】の ISO 50006 原文からの引用部をできるだけ同等内容になるように書き直したものです。本書をご覧いただき ISO 50006 の本格導入を進める際には、ISO 50006 と共に副読本として【ISO 引用版】をご利用頂くことをお勧めします。

(空白ページ)

## 本書の表記方法と注意点について

- ※ 本書は、ISO 50006 の内容を JEITA で独自に解釈し執筆したものです。可能な限り ISO 50006 の規格内容に沿って執筆していますが、その表現は原文とは全く異なったものになっています。そのため、本書を読む場合には、ISO 50006 の規格原文を入手し、本書と ISO 規格原文と一緒に読むことを推奨します。万一、本書の記載内容と ISO 規格原文が異なる場合には、ISO 規格原文を基準としてください。なお、本書の内容によって生じた不都合な事態に関しては、JEITA は一切の責任を負うものではありません。
- ※ ISO 50006 の規格原文には、EnPIs、EnBs など複数形で表記されている部分が多くあります。これは複数の EnPI や EnB を用いることを明確に示すものです。本書に於いても、複数形で表記したほうが判りやすいと判断した箇所は、複数形で表記していますが、基本的には「複数の EnPI」「複数の EnB」と表現しています。
- ※ ISO 50001, ISO 50006 に登場するキーワードについて、本書では JIS Q 50001 と同様の日本語表記をしています。その中でも下記に挙げたものは一般には判りにくいと思われるので、強調文字で表記しました。
  - **エネルギーの使用** Energy Use
  - **著しいエネルギーの使用** Significant Energy Use (SEU)
  - **EnPI の境界** EnPI Boundaries

The texts, figures and tables from ISO 50006:2014 are reproduced with the permission of the International Organization for Standardization, ISO. The ISO standards and the related documents can be obtained from ISO member (Japanese Standards Association: <http://www.jsa.or.jp> <<http://www.jsa.or.jp>> ) and from the Web site of the ISO Central Secretariat at the following address: <http://www.iso.org> <<http://www.iso.org>> . Copyright remains with ISO.

## 目次

1	はじめに	6
2	概要	8
2-1	ISO 50006 の適用範囲、引用規格	10
2-2	用語および定義	11
3	エネルギーパフォーマンスの測定	12
3-1	エネルギー使用量	13
3-2	<b>エネルギーの使用</b>	14
3-3	エネルギー効率	14
3-4	エネルギーパフォーマンス指標(EnPIs)	15
3-5	エネルギーベースライン(EnBs)	15
3-6	エネルギーパフォーマンスの定量化	15
4	エネルギーレビューからエネルギーパフォーマンス情報を得る	16
4-1	<b>EnPI の境界</b> の定義	17
4-2	エネルギーフローの明示と定量化	18
4-3	関連変数の定義と定量化	20
4-4	静的要因の定義と定量化	22
4-5	データ収集	22
4-5-1	データの取得	22
4-5-2	測定	23
4-5-3	データ収集周期	24
4-5-4	データ品質の確保	25
5	EnPI の特定	26
5-1	EnPIs のユーザを特定	26
5-2	EnPIs の決定	27
5-2-1	EnPI のタイプ	27
5-2-2	ベースロードとは	30
5-3	製造業における EnPI の選定の例	31
5-3-1	ビジネスユニット(BU)長向けの EnPI	32
5-3-2	工場長向けの EnPI	34
5-3-3	動力・保全部門向けの EnPI	35
5-3-4	運転部門(製造部)向けの EnPI	36
5-3-5	経理部門向けの EnPI	37
5-3-6	エネルギー管理者や省エネチーム向けの EnPI	38
5-3-7	工場における EnPI、 <b>EnPI の境界</b> の設定	40
6	EnBs の確立	42
6-1	適切なベースライン期間の決定	42
6-2	EnB の決定とテスト	43
7	EnPIs と EnBs の活用	44
7-1	正規化の必要性	44

7-2 エネルギーパフォーマンス向上の計算 .....	45
7-3 エネルギーパフォーマンスの変化の伝達 .....	45
<b>8 EnPIと EnB の維持と調整 .....</b>	<b>46</b>
<b>9 ケーススタディ .....</b>	<b>48</b>
9-1 バッチプロセスへの EnPI の導入の例 .....	49
9-1-1 製造施設の概要 .....	49
9-1-2 SEU の特定 .....	49
9-1-3 エネルギーの使われ方の解析 .....	50
9-1-4 エネルギーパフォーマンス向上対策の検討 .....	55
9-1-5 EnPI の特定 .....	57
9-1-6 施策の実施状況の確認 .....	58
9-1-7 対策効果の測定 .....	58
9-2 動力部門への EnPI 導入の例 .....	60
9-2-1 対象施設の概要 .....	60
9-2-2 エネルギーレビュー（エネルギー需要バランスの把握） .....	61
9-2-3 エネルギーパフォーマンス向上対策の検討 .....	66
9-2-4 エネルギーパフォーマンス向上や対策その 1 の結果 .....	68
9-2-5 エネルギーパフォーマンス向上対策の再検討（連携制御の導入） .....	74
<b>10 おわりに .....</b>	<b>82</b>
参考文献 .....	84

## 1 はじめに

新興国のエネルギー使用の増大を背景に世界のエネルギー需要は増加し、エネルギーコストは短期的な高騰や暴落など不安定な動きをしながらも長期的には上昇し続けると予想されています。そのため企業活動の継続には、今まで以上にエネルギーマネジメントが重要となってきます。

このような世界的状況に対応するため、エネルギーマネジメントシステムの国際規格 ISO 50001 が発行され、ドイツ、米国、中国をはじめとする海外企業が積極的に導入し、急速にエネルギー効率を改善してきています。省エネ先進国である日本では長年にわたり多くの省エネ対策が行われ、一般的には「乾いたぞうきんを絞るような状況」と考えられていますが、多くの専門家がさらなる省エネの可能性の大きさを指摘しているのも事実です。この可能性の実現手段の一つとして、国際規格 ISO 50001 の積極導入や、その重要な要素である「エネルギーパフォーマンス指標の計測」の部分導入が位置づけられます。日本の先進事例を含め世界各国のベストプラクティスを踏まえて開発された国際規格のエネルギー管理手法を早期に導入し、我が国の企業の省エネ優位性を確固たるものにすることが重要と考えられます。

JEITA では、ISO 50001 エネルギーマネジメントシステムの重要な要素である「エネルギーパフォーマンスの計測」と「エネルギーパフォーマンス指標 EnPI(Energy Performance Indicator)」の先行導入を提唱し、その普及活動をしてきました。

- 「エネルギー性能指標(EnPI)導入ガイド」(略称：EnPI 導入ガイド)
  - 2014 年 3 月発行
  - 16 ページの入門書。JEITA の HP で無償配布中。
- 「国際標準のエネルギー管理手法～EnPI 導入ガイド～ 実践編[ISO 引用版]」
  - 2015 年 10 月発行
  - 138 ページの詳細解説書。JEITA のストアで販売。ISO 50006(エネルギーパフォーマンスの計測)を 100%引用し、エネルギーパフォーマンス指標の実際の導入を前提に、エネルギーパフォーマンスの計測の詳細な手順を事例と共に紹介。

本書は、上記「実践編[ISO 引用版]」の普及版として位置づけられます。「実践編[ISO 引用版]」のなかの ISO 50006 を引用していた部分を、別の表現、別の説明方法に書き換えることによって、無償での公開を実現しました。本書で EnPI の導入の詳細をご理解いただき、本格導入を進める際には ISO 50006 原文及び「実践編[ISO 引用版]」をご利用頂くことをお勧めします。

本書は、2 章から 8 章までが ISO 50006 の章構成に沿った「エネルギーパフォーマンスの測定」の解説部となっており、9 章には実用的な事例を 2 件紹介しています。まずは国際規格の内容を豊富な解説を参考に確認して頂き、次に事例を基にしてご自身の組織への展開を具体的に計画頂く形で利用頂けるようになっています。



本文は、2章でエネルギーパフォーマンスの計測の位置付けを示し、3章でエネルギーパフォーマンス指標(EnPI)およびエネルギーベースライン(EnB)を用いたエネルギーパフォーマンス計測の概要を示します。さらに4章ではエネルギーパフォーマンスの実態の調査、エネルギーパフォーマンスに関わる各種の要因の解説、それらを含むデータの収集を示します。5章では組織内の様々な立場のユーザにあったエネルギーパフォーマンス指標EnPIの選定方法を、6章ではそのEnPIに対するEnBの設定方法を示します。7章ではさらに効果的な活用をしていくために、EnPIの計測値の使い方、効果的なEnPIの設定に必要な「正規化」の概念、EnPIの各種の可視化手法および報告方法などを説明します。8章では工場などのオペレーションの変更、設備の更新、新設などの際に必要なEnBの調整およびEnPIの変更について説明します。9章には2つの工場における事例を紹介しています。

本書は、ISO 50006(エネルギーパフォーマンスの計測)の記述内容をベースに、実践的な説明と事例を加えました。省エネルギー法(「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」)に則してエネルギー管理を行っている国内製造業向けとして、「EnPI 導入ガイド」と同様に、「ベースライン」や「調整」など国内ではあまり普及していない概念や用語については丁寧に解説を加えました。

## 2 概要

本章では規格の目的や利用方法、文書の構成などの他に、規格で扱われる主要な概念が解説します。以下にこれらを紹介していきます。

ISO 50006 は、ISO 50001 のガイダンス規格です。ISO 50001 ではエネルギーパフォーマンスという概念が導入されました。この概念は、エネルギーの使用における、「測定できる性能」を表すもので、エネルギー使用量やエネルギー効率、目的別エネルギー使用量など、エネルギーに関連する広い概念です。このエネルギーパフォーマンスの向上が ISO 50001 の最大の目的のひとつであり、「その変化」の計測が重要な意味を持っています。エネルギーパフォーマンスは、向上する場合だけでなく、悪化する場合もあるため、「変化」という言葉が使われており、その変化を調べる際の基準のことをエネルギーベースラインと呼んでいます。ISO 50006 は、エネルギーパフォーマンスの指標（EnPIs）とエネルギーベースライン（EnBs）を用いてエネルギーマネジメントをするための基本的な手法（設定／利用／維持）を記述しています。

組織は、エネルギーマネジメントの対象（設備や、システム、プロセスや装置、あるいは組織の活動）のエネルギーパフォーマンスを効率的に管理する必要があります。そのためには、エネルギーが時間軸上で、どこで、どのように、どれだけ使われているかを知らねばなりません。EnPI は、前述のマネジメント対象それぞれのエネルギーパフォーマンス（エネルギー効率、**エネルギーの使用**およびエネルギー使用量と関係する測定できる性能）を定量化する指標（値あるいは尺度）です。従って組織は複数の EnPIs を用います。（ひとつでも良いのですが、複数の EnPIs を用いることが推奨されています。）

ISO 50001 では、エネルギーのマネジメントを、組織全体というひとつのくりだけでなく、設備、エネルギー利用のシステムやプロセス、装置のレベルまで分解して行うことが推奨されており、それらのエネルギーが時間軸でどのような目的で、どれだけ使われているか知るべきであると書かれています。さらに、これらのくりで、エネルギー効率、用途、およびエネルギー使用量などのエネルギーパフォーマンスを計測するために、EnPI という尺度が使われることが示されています。ISO 50006 では、EnPIs や EnBs のように複数形が用いられ複数の EnPI, EnB が用いられることが明示されています。

EnB は、特定の期間における組織のエネルギーパフォーマンスを、定量化するための基準です。EnB は選択した期間同士で、そのエネルギーパフォーマンスの変化を測定できるようにするものです。EnB はエネルギーパフォーマンス改善活動の導入前の基準値として、エネルギー削減量の計算にも用いられます。（注：導入後を基準とする場合もある）

EnB すなわちエネルギーベースラインという言葉は、日本人にはあまりなじみがありません。エネルギーパフォーマンスの変化を計測するためには、「いままでのままだったら、こうなっていたはず」という基準とすべきエネルギーパフォーマンスと、現状のエネルギーパフォーマンスの差分を調べる必要がありますが、その基準となるのが EnB ということです。この EnB は特定の期間のエネルギーパフォーマンスを計測して作られますが、本文ではこの期間に「ベースライン期間」という名称をつけています。省エネ対策などのエネルギーパフォーマンス改善活動では、対策の前後で省エネ効果(エネルギー削減量など)を特定する場合がありますが、対策前の基準となる状態を表すためにも、EnB という概念が用いられます。

組織はエネルギーマネジメントシステム(EnMS)における「エネルギー計画」の策定プロセスの一部として、エネルギーパフォーマンスの目標（ターゲット）を明確にします。組織は、EnPIs や EnBs を特定し設定する際に、明確なエネルギーパフォーマンス目標を設定すべきです。エネルギーパフォーマンスと EnPIs、EnBs とエネルギー目標の3要素の関係は図 1 で説明されています。数あるエネルギーパフォーマンスのなかで、特定のエネルギーパフォーマンスを測るために、ある EnPI という物差しが作られます。例えば○△株式会社の◇○工場の第一製造部用の物差しです。この物差しで測った基準となる状態（期間）の EnPI の値をエネルギーベースラインと呼び、現在の EnPI の値と比較するイメージが描かれています。ISO 50001 では現在のエネルギーパフォーマンスをエネルギーレビューで把握し、これを改善すべくエネルギー計画が立案されますが、そのなかでエネルギー目標が設定されます。このエネルギー目標には、エネルギーパフォーマンスに関する目標が含まれ、EnPI の尺度で表した値が目標値として設定されます。図 1 に示されているエネルギー目標、EnPI、EnB の3要素の関係は、この規格の骨格となっていますが、EnB が「基準となる EnPI の値」となっていること、すなわち、EnPI の初期値が EnB だということ、EnPI という物差しで示された目標値が「エネルギー(パフォーマンス)目標」であることに注目してください。

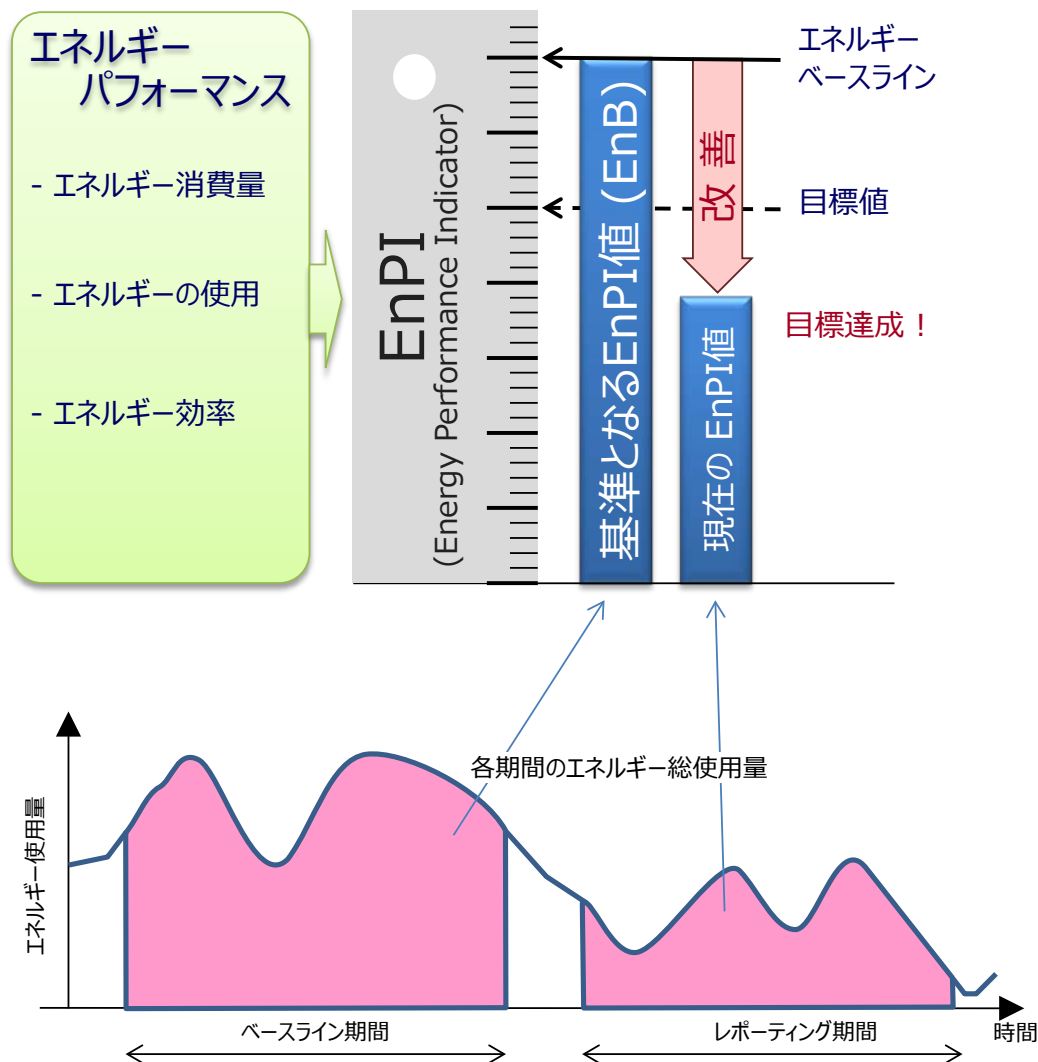


図 1 エネルギーパフォーマンス指標 EnPIs、EnBs、エネルギー目標の関係と、評価期間

図 1 は、エネルギーパフォーマンスの3要素、すなわちエネルギー使用量、エネルギーの使用、エネルギー効率が、EnPI という尺度(物差し)にあらわされ、この物差し上で、基準となる EnPI の値、すなわち EnB、現在の

EnPI の値、エネルギー目標すなわち目標となる EnPI の値が示されることを、表した図です。以下に、3 要素それぞれの例を示します。

- エネルギー使用量
  - エネルギー使用量：GJ (ギガジュール), kWh (キロワットアワー)、ピーク電力：kW
- エネルギーの使用(用途)
  - 照明用エネルギー使用率：%、冷暖房用エネルギー使用量：kWh
- エネルギー効率
  - エネルギー消費原単位：kWh/unit, GJ/¥, GJ/t, GJ/m<sup>2</sup>、エネルギー変換効率：%

ISO 50006 には、四角い枠で囲った 10 行程度の実用ヘルプボックス(Practical Help Box)が文中に置かれ、本文の内容に関連した実用的な解説が述べられているほか、本文に関連するトピックを解説した付録(Annex)が、規格本文とは別に 5 つ用意されています。是非とも、ISO 50006 の規格原文を入手し、目を通されることをお勧めします。

ISO 50006 の概念や方法は、ISO 50001 を導入していない組織でも使用できます。例えば EnPI と EnB は、固定的なエネルギーの管理対象（設備、システム、プロセスあるいは装置レベル）のマネジメントだけでなく、動的な活動である個別のエネルギーパフォーマンス向上アクション（設備のリプレイスや不要照明の消灯活動など）の評価でも利用できます。このため本書が推奨する、エネルギーパフォーマンス指標の「部分的な導入」においても、その効果が得られると言えます。

## 2 - 1 ISO 50006 の適用範囲、引用規格

ISO 50006 の適用範囲は ISO 50001 の適用範囲と同等です。（ISO 50001 の適用範囲は規模、種類、地域にかかわらず全ての組織が対象です。組織のエネルギーマネジメントの成熟レベルも問いませんので、はじめてエネルギーマネジメントに取り組む途上国の中小企業から、最先端のエネルギーマネジメントを実施している先進企業までが対象だと考えることができます。）

ISO 50006 では、ISO 50001:2011 が引用規格として明記されています。

## 2-2 用語および定義

---

国際規格における用語定義は大変重要な意味を持っています。ISO 50006 は、下記に示す ISO 50001 の用語と ISO 50006 で独自に定義された用語を用いて記述されています。

- ISO 50001 で定義された用語
  - 境界、エネルギー、エネルギーベースライン、エネルギー使用量、エネルギー効率、エネルギーパフォーマンス、エネルギーパフォーマンス指標、エネルギー目標、**エネルギーの使用、著しいエネルギーの使用、**
- ISO 50006 で定義された用語
  - 調整(アジャストメント)、ベースライン期間、正規化、関連変数、レポート期間、静的要因
- その他の用語
  - 施設

これらの用語定義は以下で確認することができます。

- JEITA ホームページから、産業システム事業委員会→エネルギーマネジメント標準化委員会と辿る。
- 検索サイトで、「JEITA エネルギーマネジメント標準化専門委員会」で検索する。

### 3 エネルギーパフォーマンスの測定

この章では、エネルギーパフォーマンスの測定の概要を、重要な概念の解説や測定のプロセスの説明図と共に説明します。

- EnPIs と EnBs の目的と位置づけ

EnPI とは、「組織が定めたエネルギーパフォーマンスの定量的な値または尺度」です。これはエネルギーパフォーマンスをはかる物差しと考えることができます。この物差しを用いて測定した結果を用いてエネルギーパフォーマンスの向上度合いを評価すると共に、EnPI の値の変化を調べ、エネルギーパフォーマンスを維持するために適切なアクションを講じていきます。また、EnPI は組織全体で一つというわけではなく、目的に応じたものを組織の判断でいくつでも使うことが出来ますので、部署単位や施設単位など組織の様々な部分に EnPIs を設定することが推奨されています。EnB はエネルギーパフォーマンスの変化を測定する際の基準と考えることができ、一般的に初期状態の「EnPI の値」と解釈できます。このため、ひとつの EnPI に対してひとつずつ設定されるのが原則です。

- エネルギーパフォーマンスの結果とその表現

エネルギーパフォーマンスの結果は様々な形で表現されます。例えば、エネルギー消費原単位 (SEC<sup>1</sup>) (例：kWh/ユニット)、使用量(例：kWh、GJ)、ピーク電力(例：kW)、無次元の比あるいは効率を示すパーセントなどの単位が使われます。エネルギーパフォーマンスは様々な単位で表現され得ることから、広い概念であることが理解できます。2章の図 1 は、エネルギーパフォーマンスと EnPIs、EnBs、エネルギー目標の一般的な関係を示しています。

- エネルギーパフォーマンスの変化

エネルギーパフォーマンスは、関連変数（外気温度、生産量などの定常的な変動要因）と静的要因（非定常的な変動要因）によって影響を受け変化します。市場規模や組織の売上、収益性などのビジネス環境の変化は、エネルギーパフォーマンスの変化に結びつく場合があります。例えば、一般的に生産量が増加するとエネルギー使用量も増加します。これらの条件を同等にそろえると正確な比較が出来ます。具体的には、単位生産量あたりのエネルギー使用量を EnPI として比較するなどです。また、比較のためには、測定期間も同等にそろえることが必要です。

※ 関連変数とは、エネルギーパフォーマンスに影響を与える「日常的に変化する計測可能な要因」を指します。例えば、エネルギー使用量に影響を与える要因には、生産量や製品の銘柄、原料、生産時間、気温、湿度等の「変化」など多くの要因があり、これらの変化する量を「関連変数」と呼びます。

※ 静的要因とは、エネルギーパフォーマンスに影響を与える「日常的に変化しない要因」を指します。工場のシフト数や、ビルのテナント数のように、エネルギー使用量などのエネルギーパフォーマンスに影響するものの、日常的に変化しない要因を「静的要因」と呼びます。

<sup>1</sup> SEC : Specific Energy Consumption

図 2 は、EnPI と EnB を開発し、使用し、更新し継続改善するという、エネルギーパフォーマンスの測定のプロセスの概要を示します。これらの詳細は以降の章で解説します。ISO 50006 では、この図に (ISO 50006:2014 の)4.2 節以降(本書の、4-2 節以降に相当)の章・節のタイトルが並べられており、注目する章・節が、プロセスの全体像のなかでどの位置づけになるかを確認できるようになっています。エネルギーレビューと EnPIs の特定、EnBs の設定という 3 つの関連するプロセスは、点線の枠で囲われています。この枠内の矢印(太い矢印)が双方向になっているのは、計画段階(ISO 50001 ではエネルギー計画と呼ばれています)に於いて、トライアンドエラーによる見直しが発生することを表しています。

なお、本書の章・節のタイトルは、ISO 50006 のタイトルを意識した結果、規格とは異なる名称になっているため、本書の章番号を図 2 に括弧で付記しました。

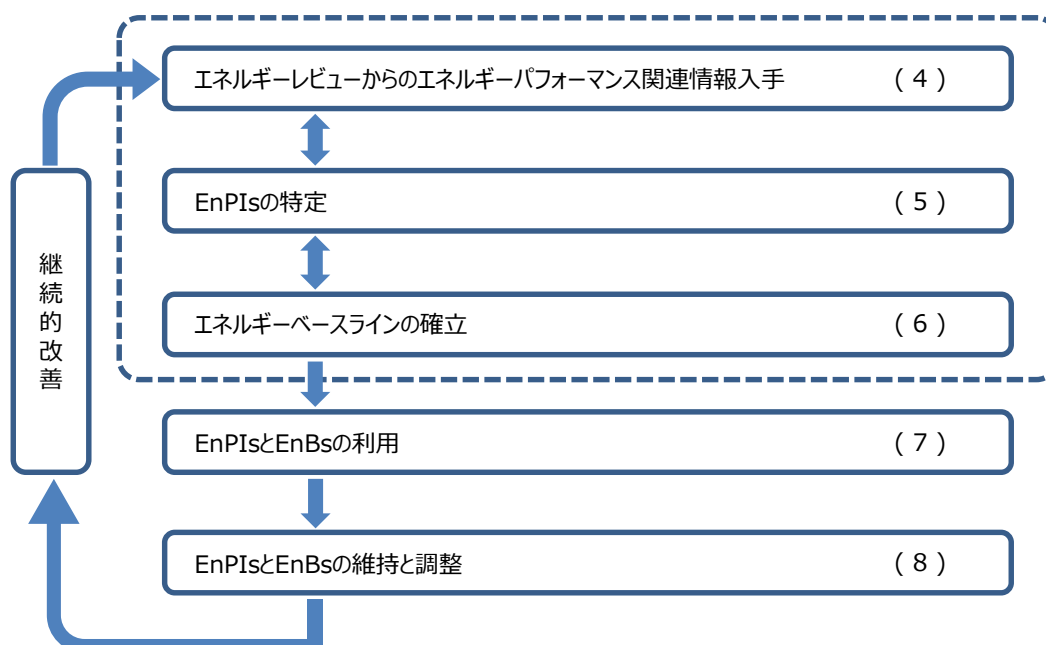


図 2 エネルギーパフォーマンス計測の概要

### 3-1 エネルギー使用量

エネルギー使用量は、どのようなエネルギーパフォーマンスの測定においても必ず必要になります。例えば製品の熱処理用エネルギー比率など**エネルギーの使用**を測定する場合でも、製品の生産量 1 トンあたりのエネルギー使用量 (エネルギー原単位) などエネルギー効率を測定する場合でも、エネルギー使用量の測定が必要となります。

エネルギー使用量の値を GJ や kWh などの共通単位に揃えることは、様々な形態のエネルギーが使われる場合にとっても有用です。組織全体のエネルギー使用量は、各種のエネルギーが組織の境界を越えて到着したポイントで計測し合計します。組織の内部にある再生可能エネルギーの発電所 (太陽光発電など) でエネルギーを生成して使用する場合も、境界を超えて到着したエネルギーと捉えます。組織内部でガスや石炭などの燃料をボイラ等で燃焼して蒸気や温水、冷水などを生成する場合、蒸気や温水に変換され工場内の需要設備に送り出

す時点でエネルギー使用量を計測すると、ボイラ等のエネルギー効率を管理することができ、経年変化による伝熱ロスの増加等の対策に有効です。さらに需要設備側でもエネルギー使用量を計測すると、エネルギーの搬送時のロスの低減に役立ちます。組織内で貯蔵して使用する液体燃料や固体燃料の場合、貯蔵量の変化にも着目し、「使用した量」を計測します。また、エネルギーを外販する場合には、外販した量を差し引く必要があります。

## 3-2 エネルギーの使用

**エネルギーの使用**とは、「エネルギーの利用の方法または種類」と定義されます。これはエネルギーの用途と意識できます。用途には設備やプロセスなどの物理的なものと、冷却水や圧縮空気などの媒体を示す場合とがあるため、利用の方法または種類となっています。このようなエネルギーの用途ごとに分類して、リストアップする作業は、全体の中から**著しいエネルギーの使用**(SEU : Significant Energy Use)を選別／特定すること、つまり重点的にマネジメントしていく部分の決定に役立ちます。

## 3-3 エネルギー効率

エネルギー効率の定義を意識すると、ある境界に供給されるエネルギーの量と、この境界内で変換され出力される物やサービス、エネルギーなどの量との「比」です。ここで、「比」となっていることに注目してください。つまりインプットとアウトプットの順番が規定されておらず、分母と分子が逆転する場合があります。その理由は、エネルギー効率という概念の歴史が古く、世界中で様々な目的ごとに色々なものが定義され使われていたためです。例えば、「エネルギー使用量／生産量」は日本ではエネルギー原単位として、また海外でも「エネルギー強度 (energy intensity) としてポピュラーですが、「生産量／エネルギー使用量」と分母と分子を逆転させた指標も広く使われています。また発電機やモーターなどエネルギー変換の機能を持つ設備では「出力されたエネルギー／入力されたエネルギー」、すなわちエネルギー変換効率が使われています。この場合、「出力されたエネルギー」が先ほどの「生産量」に相当します。また理論モデルなどで導かれた「必要なエネルギー／使用したエネルギー」という指標も使われています。このように大変広く使われているエネルギー効率は、エネルギーパフォーマンスとして分類されていますが、最も有名な EnPI という位置づけでもあります。

上記のエネルギー強度という指標は省エネルギー法のエネルギー消費原単位(定義：「エネルギー使用量／エネルギー使用量と密接な関係を持つ量」)の概念に含まれますが、エネルギー消費原単位はアウトプットに限定されておらず、より広い意味を持っていることに注意する必要があります。エネルギー消費原単位の英訳として SEC(Specific energy consumption)あるいは EI(Energy intensity)が使われますが、これらより広い意味を持っているため正確な英訳とは言えないかもしれません。EI(エネルギー強度)はエネルギー経済効率(エネルギー使用量／GDP : MJ/US\$)という経済指標としても使われます。尚、分母と分子の逆転はしばしば発生します。例えば、エネルギー強度は US\$ / MJ(エネルギー1 単位でどれだけ生産できるか)で表される場合があります。また、日本では自動車の燃費を km/リットルであらわしますが、欧州では、100 km走るのに何リットルかかるのかという尺度も広く用いられています。ISO 50001 では、目的によって分母と分子を逆転する場合も多いため、「比」という表現を用い、汎用性を持たせています。



### 3-4 エネルギーパフォーマンス指標(EnPIs)

EnPIはエネルギーパフォーマンス向上活動において目標達成の評価のために用いられる物差しです。向上しているのか悪化しているのかを評価するには基準が必要になるため、EnPIごとにエネルギーベースライン（EnB）という基準、つまりEnPIの初期値を設定します。さらにその目標値もそれぞれ設定します。このEnPIという物差しで測った値をEnPIの値と呼びます。（**図 1** 参照）

組織全体のエネルギーパフォーマンス向上のためには、組織を部署単位で分割したり、施設単位に分割したりして、それぞれにEnPIを設定すると共に、そのEnPIの利用方法やユーザを特定することが推奨されています。このように組織内の複数のユーザが、それぞれの目的にふさわしい EnPIs を用いて改善活動をしていくというのがISO 50006の主旨であり、EnPIsという複数形が使用されている理由でもあります。

### 3-5 エネルギーベースライン(EnBs)

現在のEnPIの値とEnBを比較して、あるいは目標値と比較してエネルギーパフォーマンスを評価します。評価の最も簡単な方法はEnBから現状のEnPIの値を引き算することです。**図 1**はベースライン期間のエネルギー総使用量（左側のピンクの面積）とレポート期間のエネルギー総使用量（右側のピンクの面積）をバーグラフで比較したもので、バーグラフの高さの差は改善量（変化の量）を示します。

### 3-6 エネルギーパフォーマンスの定量化

EnPIsとEnBsは施設、プロセス、システム、または装置などに設定されますが、そのEnPIとEnBを使ってエネルギーパフォーマンスの変化が計算できます。ここでは、「変化」という言葉に注目してください。変化を測定するためには基準が必要で、そのため、各EnPIに対応するEnBがあるということです。

**図 1**はエネルギー使用量をEnPIとして用い、ベースライン期間とレポート期間の間でエネルギーパフォーマンスを比較するという最も単純なケースです。横軸に時間軸、縦軸にエネルギー使用量(例：毎日の使用量)を取った、エネルギー使用量のトレンドグラフが示されています。ベースライン期間とレポート期間のそれぞれのエネルギー使用量の総計(エネルギー総使用量：ピンク色の着色部の面積)が、上側の棒グラフの左右に対応しています。この図のように、エネルギーパフォーマンスを比較する最も簡単な方法とは、両期間におけるEnPIの値の差を計算することです。

エネルギー使用量などのエネルギーパフォーマンスは、「関連変数」（すなわち生産工場の場合は生産量や操業時間、ビルの場合は営業時間や入場者数、これらに共通する要素として天候や温度、湿度など）が変化すると、それに伴って変化してしまいます。このような場合、先ほどのような差分計算でエネルギーパフォーマンスを比較すると、変化を正しく評価できません。これを避けるためには、同等な条件のもとでEnPIとそれに対応するEnBを比較する必要があります。このように、同等の条件にするために、エネルギーデータを修正するプロセスを「正規化」と呼びます。（**7-1**を参照）

## 4 エネルギーレビューからエネルギーパフォーマンス情報を得る

エネルギーレビューとは、「データおよびその他の情報に基づいて、組織のエネルギーパフォーマンスを決定し、改善の機会の特定を導くもの」です。まず、**エネルギーの使用**および使用量を、測定値や各種のデータ、帳票などを用いて分析します。この分析にはエネルギー源の特定や、過去から現在までの**エネルギーの使用**と使用量の評価が含まれます。次に、この分析結果を用いて**著しいエネルギーの使用**（SEU）の領域を特定します。SEUは単にエネルギー使用量が多いものという意味ではなく、改善の可能性が高いものも含まれますので注意が必要です。このSEUの領域の特定には、以下の4つのプロセスが含まれます。まず**エネルギーの使用**および使用量に著しく影響を及ぼす施設、設備、システム、プロセスなどの対象物と、それらに関連して働く人を特定します。さらにSEUに影響を及ぼす関連変数を特定します。この特定のためにはデータ分析や各種の情報処理が必要になります。そして、先の対象物における現在のエネルギーパフォーマンスを決定（定量化）します。さらにこれら対象物の将来の**エネルギーの使用**と使用量を予測します。最後に大変重要な位置づけの、エネルギーパフォーマンス向上の機会の特定（対策の効果見積もりを含む）が行い、実施の優先度を決めて記録します。

このように、エネルギーレビューでは現在のエネルギーパフォーマンスを決定し、改善の機会を特定するわけですが、これを日常的なマネジメントに取り込むためには、エネルギーレビューによって得られた情報を活用し、適切なEnPIsを選定し、その運用方法も決定する必要があります。また、エネルギーレビューで特定されたエネルギーパフォーマンス向上の機会（対策）を実施することが決定されれば、その対策の効果を評価するためにEnPIsが必要になります。これらの理由により、エネルギーレビューとEnPIs、対応するEnBs、エネルギー目標の特定は、行きつ戻りつの工程となります。**図 2**は、EnPI やEnB の設定の工程の流れを表した図です。エネルギーレビューと、EnPI の特定、EnB の設定の間で、両側矢印が書かれています。この両側矢印は、必要があれば、前の項目に戻って各項目を決めていくことを示しています。

手順に従い、組織のエネルギー使用の状況を把握しEnPIの設定を行います。EnPIの特定、EnBの設定を終えたら、改善対策を立案・実行し、目標の達成のため、EnPIをモニタリングしていきます。さらに定期的にEnPIやEnBの有効性を維持し改良します。

エネルギーレビューでは「関連変数の特定」が行われますが、3章で簡単に説明した「関連変数」と「静的要因」について、これらの関連性を含め少し詳しく説明します。

前述したように、エネルギー使用量やエネルギー効率などのエネルギーパフォーマンスは、外気温や生産量などの様々な要因で変動します。このような変動は、エネルギーパフォーマンスの向上(の努力の成果)を評価する際に障害になります。このため、どのような要因がどれだけエネルギーパフォーマンスに影響するかを把握しておくことが重要です。これらの要因の中で、日常的に変化するものを「関連変数」と言い、日常的に変化しないものを「静的変数」と言います。

関連変数と静的要因の基本的な違いは、その要因が日常的に変化するか、または、変化しないかです。日常的に変化しないとは、ベースライン期間およびレポーティング期間の間、すなわち典型的には1年プラス1年で、少なくとも2年程度の間に変化しないと解釈できます。

次に、計測と記録について考えてみます。関連変数は EnPI の計算に用いられますので、EnPI の使用頻度、すなわち監視のインターバルに合わせて、エネルギー使用量などと一緒に計測し記録します。一方、静的要因の方は、エネルギーベースラインを設定する際に記録しておき、以降は変化が起きていないかを確認する程度でかまいません。詳しくは **8** 章を参照してください。

次に、関連変数と静的要因が変化した場合について考えてみます。関連変数は、日常的に変化しエネルギーパフォーマンスに影響する変数ですので、その変化による影響を打ち消すようにした EnPI を作ると、目的としたエネルギーパフォーマンスの変化を適切にとらえることができます。このように影響を打ち消すようにエネルギーの値を修正することを「正規化する」と表現し、このような EnPI は、「生産量で正規化したエネルギー使用量」や「温度で正規化したエネルギー使用量」などと呼ばれます。エネルギー消費原単位はその最も簡単な正規化の例です。正規化の詳細は **7** 章を参照してください。

静的要因が変化した場合、そのままでは EnBs と EnPIs の値を比べることができません。EnPI の値は静的要因の変化により大きな影響を受けているからです。この変化の影響を打ち消すために EnBs を「調整」します。調整とは EnB の値に、静的要因の変化による変動分を加算または減算することです。これは手間がかかりますので、年に 1 度なら良いですが、EnB の調整頻度が高い場合は困ります。このような場合は、EnB をリセット(再設定)したり、新しい EnPI を作成して置き換えたりします。詳しくは **8** 章を参照してください。

## 4-1 EnPI の境界の定義

EnPI の特定では、その **EnPI の境界**も定義します。**EnPI の境界**とは、エネルギーパフォーマンスを計測する範囲のことです。例えば、照明用のエネルギー使用量を EnPI に特定した場合、具体的には各フロアの照明設備（照明器具、スイッチ、分電盤、これらを接続する電源ケーブル、照明用電力量センサなど）を **EnPI の境界**に設定します。また、ある製造ラインのエネルギー使用量を EnPI に特定した場合、製造ライン全体と、この製造ラインに供給されているエネルギーの供給路とエネルギー使用量の測定ポイントまでを **EnPI の境界**に設定します。この製造ラインのエネルギー原単位を EnPI にした場合には、さらにこのラインから出力される製品（または半製品）の量も計測するため、その計測ポイントが EnPI の領域に追加されます。このように、EnPI ごとに **EnPI の境界**を設定します。組織は目的別に様々な EnPI を特定しますが、その数だけ **EnPI の境界**が設定されるため、**EnPI の境界**同士が重なる場合もあります。例えば、組織全体の **EnPI の境界**と、それに含まれる設備の **EnPI の境界**はオーバーラップします。また、工場全体に広がる蒸気システム（蒸気発生用ボイラから蒸気配管、蒸気を用いる生産設備で構成される）の **EnPI の境界**は、蒸気を用いる生産設備のところで、製造ラインの **EnPI の境界**とオーバーラップします。

注：ISO 50006 と同様に、最初に **EnPI の境界**の設定を説明しましたが、ISO 50006 にも注記されているように、最初に EnPI のユーザ(使用者)とそのニーズを特定し、そのニーズに合わせて EnPI を特定し、それに対応した **EnPI の境界**を設定するという手順が推奨されます。EnPI のユーザ及びニーズについては、5 章で詳しく述べます。

組織では、エネルギー管理の目的や対象は、管理者に合わせて設定され、それぞれ異なります。例えば、組織の経営層は、組織全体のエネルギー使用量やコストなどの改善を指示します。また、運転員は、担当の設備のエネルギー効率を適正に維持します。このように、エネルギー管理の目標や対象が異なるため、それらの目標や管理に対応した **EnPI の境界**が必要になります。**EnPI の境界**の対象は、組織全体だったり、特定のフロアや生産設備や部署だったり様々です。**EnPI の境界**は組織(例：工場全体、製造 1 課など)や物理的な施設や設備(例：ユーティリティ棟、コージェネレーション設備、1 号ラインなど)などが対象となります。また、設備や装置などを組み合わせたシステム（例：空調システム、照明システム、蒸気供給システムなど）も対象となります。このシステムの場合、例えば空調システムでは温水や冷水の配管も含まれるので施設全体に及ぶのが普通です。

**図 3** に工場における **EnPI の境界**の例を示します。ここでは、以下の 5 つの **EnPI の境界**が設定されています。工場全体を対象とする **EnPI の境界**、製品ごとに関連する設備を分けた **EnPI の境界**、ビルや原動力など個別の施設に応じた **EnPI の境界**などがあります。

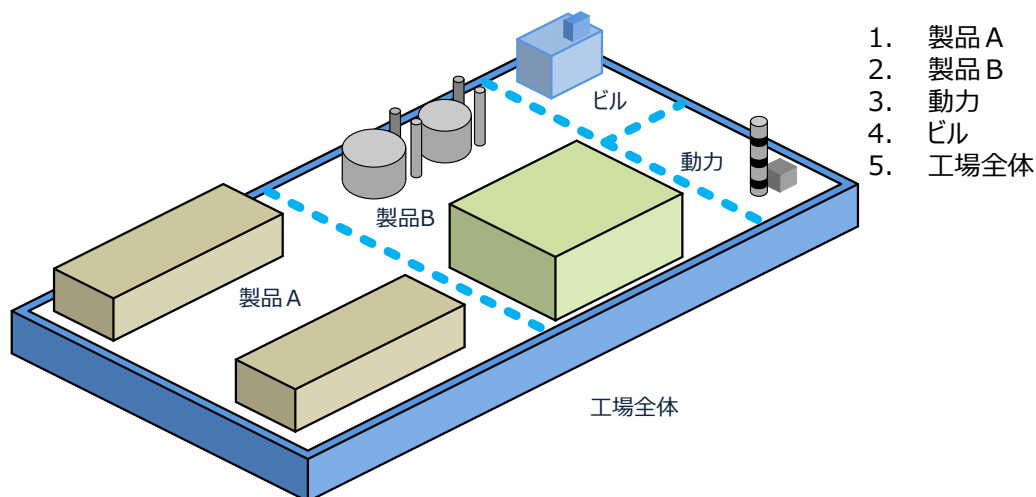


図 3 EnPI の境界の例

また、生産プロセスにおける **EnPI の境界**に関する補足説明が、**ISO 50006 規格原文の Annex B** に示されています。

## 4-2 エネルギーフローの明示と定量化

組織では、電力、蒸気、冷水など様々なエネルギーを使用しています。これらのエネルギーの流れを組織が把握することが重要です。エネルギーの流れを表現する方法にはいろいろありますが、**図 4** のようなフェンス図を活用すると良いでしょう。フェンス図には、エネルギーの流れ以外の、**EnPI の境界**や原料の流れなど、エネルギーに関連する情報情報も書き込むことができます。これらの情報をフェンス図に表すことで、新たな EnPI を特定することも出来るでしょう。また、必要な情報を得るために、どこにどのような計測ポイントを設けるべきかの検討にフェンス図を使用することも出来ます。

フェンス図は、境界外から供給されるエネルギー、すなわちエネルギー源の特定に役立ち、どこに計測ポイントがあり、何を測れるのかを知るのにも役立ちます。図 4 では天然ガス、電力などの組織の境界外からの供給量やビル 2 で発生させた蒸気の量が計測されています。また、電力は全ての棟および工場ごとに計測されています。製品フローとは、生産工場において、原料が境界外から供給され、加工され、次の工程に送り出されるという一連の流れを指します。生産工場では、この流れが、エネルギーパフォーマンスに影響するため、原料の供給量や、製品(半製品)の生産量をエネルギーフローと共に計測します。図 4 では原材料や出荷される製品の量などが計測されていることがわかります。

さて、このようにフェンス図を作成した結果、ボイラでつくられた蒸気の総量は計測されているのですが、製造工場 1 と製造工場 2 という主要需要先で計測されていないことがわかりました。この組織は、蒸気の 70%を使用している製造工場 2 の入り口に計測器を設けることにしました。

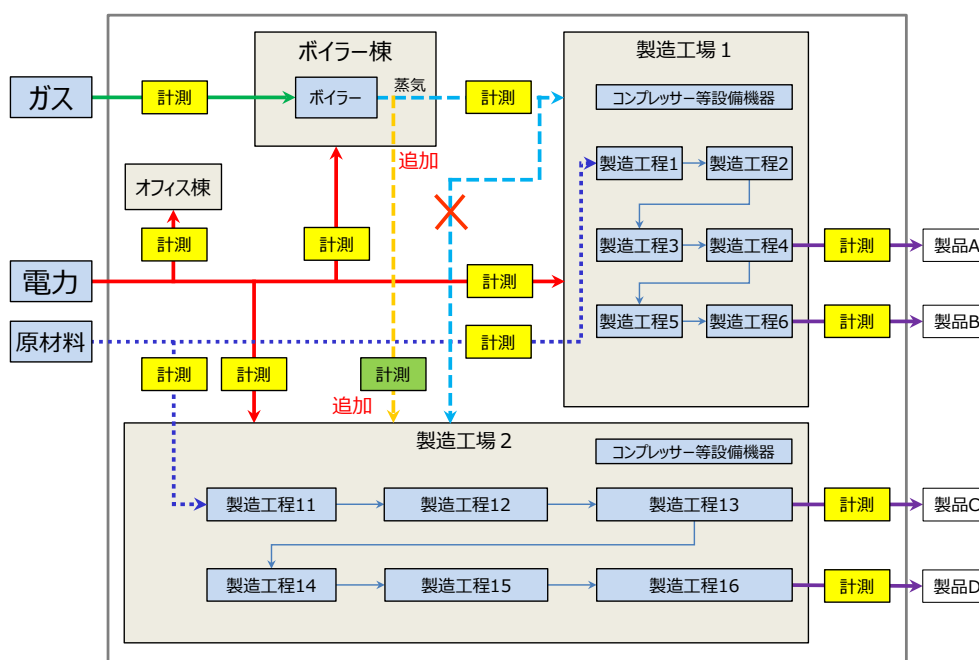


図 4 フェンス図の例

エネルギーが境界の内部で貯蔵される場合や外販などの目的で外部に出ていく場合には注意が必要です。境界内で使用したエネルギー、すなわち「エネルギーの使用量」を測定するからです。燃料(石炭や重油)の在庫レベルの変化、さらに任意の蓄積されたエネルギー(蓄熱層や電池などに蓄えられたエネルギー)の量を計測し記録する必要があります。

組織のエネルギーパフォーマンスを左右するような、SEU 用の EnPIs と EnBs を決定するためには、十分に検討された **EnPI の境界**を定める必要があります。SEU の EnPIs は大変重要な意味を持ちますので、本当にその EnPI を計測できるのかを考慮して、**EnPI の境界**を設定すべきです。図 4 では製造工場 2 の蒸気のエネルギー使用量が計測できないと、SEU の改善が難しいでしょう。製造工場 1 が SEU だとした場合、製造工場 1 への蒸気が計測出来ていないと、SEU の改善がうまくできないかも知れません。

各 SEU の計測に関して重要なのは、それに関連する関連変数のデータが「適切に計測されているかどうか」と、境界を横切るエネルギー使用量が「適切に計測されているかどうか」です。「適切に計測されているかどうか」とは、収集周期や精度などが EnPIs の計測や計算の目的に合致しているかどうかということです。

### 4-3 関連変数の定義と定量化

日常的に変化し、エネルギーパフォーマンスに影響を及ぼす要因を関連変数と言います。**EnPI の境界**で測定すべきなのはエネルギー使用量だけではありません。この関連変数も EnPIs の目的に沿って選択し、定義し測定し定量化する必要があります。例えば、生産設備のエネルギー使用量は、生産パラメータ(生産量など)の影響を受けます。また、空調のエネルギー使用量は気象条件(外気温度)の影響を受けます。よって、これらの生産パラメータや気象条件は関連変数にあたります。それぞれの **EnPI の境界**によって関連変数が異なるため、例えば、製品 A を製造している製造ライン A では、製品 A の生産量が関連変数に該当し、製品 B を製造している製造ライン B では、製品 B の生産量が関連変数に該当します。このように、**EnPI の境界**ごとに関連変数を特定していきます。

エネルギーパフォーマンスの変化を測定するためには、この **EnPI の境界**内での関連変数を特定することが必要になりますが、そのときには、エネルギーパフォーマンスに強く影響する関連変数と、ほとんど影響の少ない関連変数に分けることが必要です。例えば、生産量、温度、湿度が関連変数の候補としてリストアップされたとします。このうち、生産量に比べ、温度や湿度がエネルギーパフォーマンスへの影響が非常に少ないということが判明すれば、生産量のみを関連変数とします。このように複数の関連変数が存在する場合には、どれを関連変数にして、どれを除外するかについて、分析して判断することが必要になります。

また、製品数に対するエネルギー使用量を計算したエネルギー消費原単位を EnPI に設定する場合に注意しなければならないのは、中間製品の存在です。製造ラインで製造したものがすべて出荷されるのであれば計算は単純ですが、そのまま出荷される製品と、追加工が必要な中間製品が同じ製造ラインで混在している場合には、エネルギーパフォーマンスの計算は複雑になるでしょう。

以下に、ある関連変数がエネルギー使用量に影響するかどうかを評価する方法について述べます。

まず、エネルギー使用量とそれに対応する関連変数になると思われる要因の傾向(トレンド)を理解する必要があります。そのためには、トレンドグラフにプロットして確認する方法があります。例えば、冷房と暖房のエネルギーについて分析を行った場合、季節(月)によって、エネルギー使用量が顕著に変化します。**図 5** のトレンドグラフは、冷房と暖房に使用したエネルギー使用量を月ごとにプロットした図です。この図の場合、暖房のエネルギー使用量が冬の季節で増加し、冷房のエネルギー使用量が、夏の季節で増加していることがわかります。そのため、冷房と暖房のエネルギー使用量が季節によって、影響を受けることがわかります。このような方法で、エネルギー使用量と関連変数と思われる要因の傾向を評価します。

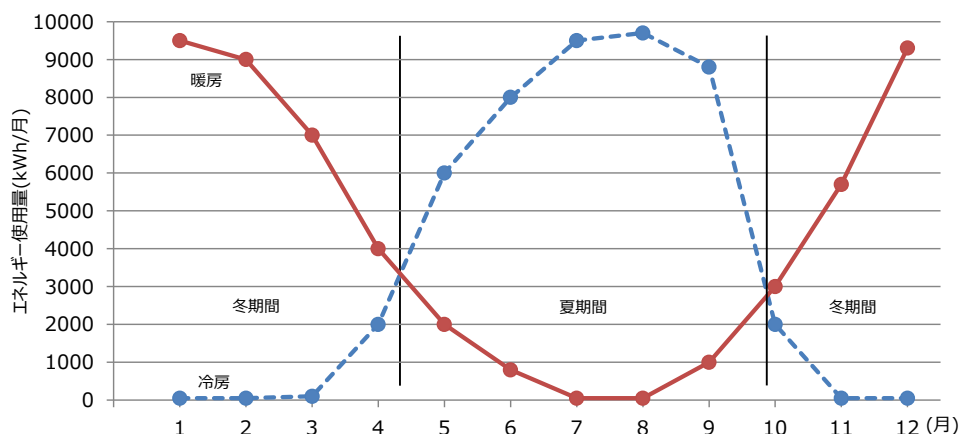


図 5 冷暖房のエネルギー使用量を示したトレンドチャート

次に、エネルギー使用量と関連変数の候補との関係の有意性を確認していきます。図 6 は、エネルギー使用量と関連変数の候補をプロットした X-Y ダイアグラムです。それぞれ、「関連性が強い例」「関連性が疑われる例」「関連性が無い例」となっています。このようにプロットの具合を見て関連性を判断することになります。この例では、近似直線を使って関連性の有無を判断していますが、場合によっては、非線形になることもありますので近似曲線を示す式を作成して数式モデルを作り、そのモデルを使って関連性を判断することもあります。このように、関連変数とエネルギー使用量との関係を正確に理解していきます。以降の説明で「モデル化」や「モデリング」という言葉が出てきますが、これらは 1 つ以上の関連変数とエネルギー使用量との関係を示す数式モデルを意味します。モデル化の詳細については ISO 50006 規格原文の Annex C.1.3 に示されています。

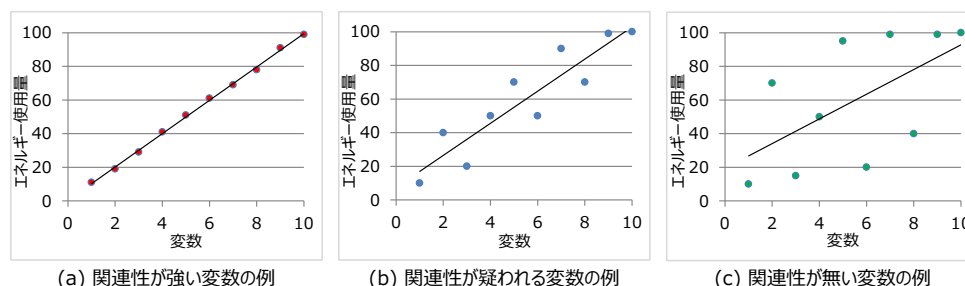


図 6 関連性の異なるレベルを持つ変数の例

関連変数がふたつ以上あると判断した場合には、下記の対応を行うのが良いでしょう。

- ふたつ以上の関連変数を持つモデルを作成し、そのモデルに基づいた EnPI を用いる
- 関連変数がひとつになるように **EnPI の境界**（すなわちモデル）を分割し、分割された複数のモデルで構成された EnPI を用いる

さらに、関連変数がふたつ以上あった場合の対処方法として、エネルギー使用量に大きく影響する変数のみを関連変数として扱い、影響が小さい変数を定数として扱うという方法もあります。

各関連変数の影響を正確に観察するためには、エネルギー使用量と関連変数が適切な頻度で計測されている必要があります。例えば、製造設備などで、その運転パターンが 10 分程度の間隔で大きく変動する場合には、1 時間ごとの計測では運転パターンの変化が十分に観察できません。このため、運転パターンに適した頻度でエネルギー使用量と関連変数を同時に計測する必要があります。

## 4-4 静的要因の定義と定量化

エネルギーパフォーマンスに影響する要因の中で日常的には変化しない要因を静的要因と呼びます。**EnPI の境界内**には一般的に複数の静的要因があるでしょう。その例としていくつか挙げます。

組み立て系の製造工場の場合、生産の繁忙程度によってシフト数が変わる場合がありますが、例えばシフト数 2 と 3 ではエネルギー使用量が 1.5 倍程度異なる場合が発生しうることになります。シフト数の変更が数年以上行われていない工場にとっては、シフト数は静的要因と考えられます。逆にシフト数がシーズンごとに変わる工場においては、シフト数は関連変数と考える必要があります。

また、例えばある製造工場の場合、日常的に変化する「生産量」は関連変数に分類され、日常的には変化しない「プロダクトミックス」は静的要因に分類されます。プロダクトミックスとは、製品構成や品種構成のことで、新製品の導入や製品の製造中止などが頻繁に発生しない工場であれば「日常的に変化しない要因」と言えます。

静的要因は将来的に変化する場合もありますので、EnPIs や EnBs を確立するときには、静的要因の現状（の数値）を、対応する EnPI ごとにしっかり記録しておくことが重要です。さらに静的要因が変化していないかを確認するために、継続的に再調査する必要があります。この再調査で静的要因の大きな変化を知った場合、EnPIs と EnBs が適切であることを保証するため、様々な対応をする必要があるでしょう。なお、レポート期間とベースライン期間で、静的要因が大幅には変わらなくても、他の諸条件が変れば大きく変化してしまう可能性がありますので注意が必要です。

エネルギーに影響する要因を分析する際には、静的要因は、なかなか変化しないため、空気のような存在となり、見落とししやすいものです。静的要因の変化により EnPI や EnB の保守（見直し）が必要になる例について、**ISO 50006 規格原文の Practical Help Box 2** に示されています。この事例や用語集の「静的要因」の事例を参考に、静的要因をリストアップすると良いでしょう。

## 4-5 データ収集

この節では、EnPIs および、EnBs、関連変数、静的要因などのデータの収集について説明します。

### 4-5-1 データの取得

エネルギー使用量や関連変数など、エネルギーパフォーマンスの計測のためのデータは以下の観点でリストを作るなどして明確にしなければなりません。収集するデータは、エネルギー使用量、関連変数、静的要因などに分類され、各 EnPI の計算に必要なになります。例えば、組織全体の EnPI としてエネルギー消費原単位が 1 年に 1 回計算される場合、エネルギー使用量と生産量のデータは 1 年に 1 回取得するだけで済みます。しかし、SEU の運転員が用いるエネルギー効率の EnPI を、常時監視したい場合には、リアルタイムにデータを収集しなければなりません。このように、いつ、何を、どうやって収集するかを明確にする必要があります。データ収集するときには、エネルギー使用量だけでなく関連変数に該当するデータも同時に収集することが重要です。もちろん、静



的要因に含まれるデータの収集も必要です。

データの取得、収集においては、**ISO 50006 規格原文の Practical Help Box 3** に示されるようなデータ取得に関連した問題が起きるかもしれません(取得したデータが不足している場合や互換性の無いデータを取得した場合について)。このような問題への解決案を下記に示します。

測定頻度が異なる場合とは、例えば電力会社からの毎月の請求書に記載されたエネルギー使用量の締日が、生産量の集計の締日と異なる場合などが該当します。これらを月ごと、すなわちカレンダー通りに集計する場合には、電力会社から提供されたエネルギー消費量データを元に、当月と次月と案分(分解)して使用します。

SEU に関連するエネルギーデータが不足している場合など、新しいメータの設置が必要になるかもしれません。その場合、追加するメータや、センサの追加の投資費用がエネルギーパフォーマンス向上の効果に見合うかどうかの判断が必要となります。

また、推定値を使用して、EnPIs やそれに対応する EnBs を計算することもあります。推定値とは、収集したデータから直接得られない値のことで、エネルギー使用量の、ある組織別の案分値(例：サブメータがない場合)などを含みます。推定値を決めた過程や方法を文書化する必要があります。例えば、ある建物のエネルギー使用量を組織 A と組織 B で案分する場合、「サブメータが無いいため組織の人数比で案分した。組織 A と組織 B は同等の業務内容であり人数比での案分が適切である」などと記録します。

もし、重要度が高いと識別していた EnPI のなかで、様々な理由により、現状で測定が不可能な場合には、組織は対策を検討しなければなりません。例えば、「EnPI を改良または変更する」「メータの追加や新しい測定方法を導入する」などが挙げられます。

## 4-5-2 測定

エネルギー使用量の測定は、組織が設定した頻度で継続して行われるべきです。エネルギー使用量の測定の最も簡単な方法は、エネルギー供給会社からの請求書を利用することです。しかし、一般的にこれではガスや電気の全体のエネルギー使用量を決められた頻度で測定した結果しかわかりません。このため、建物別などに分岐するところに設置した積算メータを定期的に取りに行き行って記録するというのが次の選択肢になるでしょう。しかし、この方法では手間もかかりますし、ばらつきもできます。さらに「目的別」のエネルギー使用量という重要な測定値を得ることもできません。従って、エネルギーパフォーマンスを向上させるには、EnPI の特定の際に、その EnPI を目的通りに測定できるかを検討し、必要な投資をするべきでしょう。色々な測定方法がありますが、可搬型電力計のように簡単に投資が少なく済む一時的な測定方法から、常設で連続かつ高頻度に計測できるシステムまでありますので、目的に応じた投資を判断します。なお、ここではガスや電気などの簡単な計測方法を紹介しましたが、測定結果を温度や圧力、あるいは成分の比率などによって補正しなければならない場合もありますので、注意が必要です。

EnPIs や対応する EnBs には、エネルギー使用量、デマンド値などのエネルギー値や関連変数が必要になります。必要なエネルギー値や関連変数が既存機器で確実に計測可能かどうかの見極めが重要です。

エネルギー使用量を直接測定できるケースは少ないかもしれません。この場合、間接的に測定することになるでしょう。例えば、都市ガスの場合、ガスの使用量[m<sup>3</sup>]にガス供給業者から出された換算係数[J/m<sup>3</sup>]をかけることで、エネルギー値[J]に換算します。また、燃料の組成が、時間変化する場合もあります。このような場合は、燃料の体積（流量）や質量の測定が必要になることがあるでしょう。しかし、一般的には、ガスや燃料の流量を測定し、計算する方法が採用されています。流量の測定結果に、単位体積当たりのエネルギー量の乗数や係数を掛けて、エネルギー量を算出します。省エネルギー法では計算方法が詳細に規定されており、これを参照すると良いでしょう。

エネルギー使用量は関連変数によって日常的に変化するため、エネルギー使用量と関連変数を同じ頻度で測定し、EnPI を計算する必要があります。このように測定されたデータを並べて表示する事でこれらの関係をより直感的に把握することもできます。初期段階においては、不要な設備投資を抑えることが一般的であり、一時的な測定で代用する場合があります。このような場合には、測定抜けや測定ミスが発生しやすいため、注意が必要です。代表的なオペレーションが含まれていることが保証されれば、一時的な測定でもかまいません。

一般的に測定には、正確さと再現性が必要であり、測定に使用する測定器は測定器メーカーが推奨する校正が行われているものを使用し、測定値の有効性を保証します。

### 4-5-3 データ収集周期

データ収集の時間的な要素として、データ収集期間とデータ収集周期があります。データ収集期間は、測定したデータに異常値が入る可能性や、実用的な EnPI を作成するため試行錯誤しながらデータを収集する場合があるため、データ収集期間は、ベースライン期間やレポート期間よりも一般的に長い期間が必要になります。異常値とは、例えば数年に 1 度のプラントや設備のシャットダウン中及びその前後のデータが該当します。組織はこれらの期間を踏まえて、データ収集期間を計画します。異常値を除外する方法は、4-5-4 項で述べます。

一方、データ収集周期とは、測定の定期的な時間間隔のことを言い、例えば、毎時／毎日／毎週などです。EnPI とそれに対する EnB を含む、それぞれのエネルギー使用量と関連変数に対して、適切なデータ収集周期を選択する必要があります。データ収集期間と周期は、動作条件に対して適切であると同時に、分析のために適切なデータポイント数を確保する必要があります。「動作条件に対して適切である」というのは、施設や活動の動作条件(運用条件)を示します。例えばある施設は平日 8:00～17:00 まで運転され、土日祝日は停止するというような条件です。

エネルギーパフォーマンスへの関連変数への影響を、計測し理解するためには、これらの変化を把握する必要があります。このためレポート期間（通常 1 年程度）に比べ、データ収集周期をより頻繁（例えば、設備の運用管理などのレベルでは毎時間、毎日、毎週のような周期、サブ組織のレベルでは毎月などの単位）に設定したほうが良いでしょう。特に、数時間程度で大きく変動する製造ラインのエネルギー使用量の削減に取り組む場合、その変化に合った周期で測定したデータが必要になります。この場合、10 分ごとや 1 時間ごとなどの高頻度のデータが必要になります。一方、組織全体のエネルギー消費原単位の動向を概観的に把握したい場合は、毎月のエネルギー使用量と、関連変数(例：生産量)を収集すれば十分でしょう。

もし、新しい計測システムを導入する場合には、どのようにそのシステムの計測結果を活用するかを考慮した方が良いでしょう。例えば、どのようなエネルギーパフォーマンスの計測のニーズがあるか、そのニーズと計測システムのデータ周期が適しているかなどがあります。

#### 4-5-4 データ品質の確保

EnPIs と対応する EnB のための測定データ（エネルギー値と関連変数）が正しい値であるか、事前に確認したほうが良いでしょう。測定の不備やデータ収集の不足がある場合、あるいは運転条件が変則的な場合、異常のある EnPI や EnB が計算される可能性が高くなるためです。この確認作業では、エネルギー値と関連変数などのデータが、目的に合った周期、精度で得られているかを確認します。また、異常値がないことも確認する必要があります。これらのチェックを定期的に行うと良いでしょう。

得られたデータの中に、異常値が含まれる場合があります。異常値を見つけることは大変重要ですが、それはとても難しいことです。一般的には、データを散布図にプロットして識別することが出来ます。異常値の抽出には様々な方法があります。例えば、得られたデータの平均値、標準偏差と比較することや、事前に定義した許容される標準偏差値から外れた値を見つけることや、趨勢直線（すうせいちよくせん：Trend Line）と比較することや、モデルの算出値と比較するなどの手法があります。例えば、通常運転状態のプラントでは、基本的には運転パターンやデータパターンは決まっていますが、年に 1 回実施される定期点検に伴うシャットダウンが行われると、通常と全く異なるデータパターンが現れます。このときデータだけを見て単なる異常値として除外するのではなく、これに関する調査を実施して、正当な理由がある異常値であるということを文書化し記録すべきです。異常値の発見方法は、QC 手法が役立ちます。より詳しくは統計の参考書を参照してください。プラントのシャットダウンはプラントの性質や使われ方によってその頻度が異なります。例えば毎日のようにシャットダウンされるなら、異常値とはせず、関連変数と考えるべきです。具体的には、オペレーション中とシャットダウン中の 2 つの状態それぞれに EnB を設定し、条件(シャットダウン中)によって切り替えるなどの手法があります。この詳細については、**ISO 50006 規格原文の Annex B** に示されています。

このような分析によって、計測データを除外する場合、偏ったデータにならないように注意する必要があります。バランスのとれていない偏ったデータでは、例えば、特定の運転状態など、一部の状態のみのデータの割合が多くなると、このデータを基に推定した結果が、すべての運転状態で本来得られるべき値と異なった結果になってしまうためです。データの除外を行う場合には、バランスのとれた計測データになるように注意すべきです。

計測に使用する計測器には、測定精度と測定誤差があります。測定対象に適した計測器を選択する必要があります。また、計測器が適切に校正されていないときや、故障しているときに取得した計測結果は、収集したデータの正当性を悪化させます。これを防ぐために、計測器メーカーの推奨に従って、定期的な校正を行うべきです。測定器の特性によっては、使用前点検も必要になります。

ある期間の EnPI を算出するためには、それに対応するエネルギーデータや関連変数が必要になります。その測定に使用した計測器の情報(測定精度や測定誤差などの性能および校正などの履歴)を記録しておくべきです。

## 5 EnPI の特定

適切なエネルギー管理を行うためには、EnPI が重要な指標となります。このため、組織のエネルギー特性にあった適切な EnPIs を定める必要があります。

EnPIs の特定には、エネルギー使用量の特性の理解が不可欠です。エネルギー使用量の特性とは、関連変数(生産量、設備の利用状況、天候など)の変化によってエネルギー使用量がどのように変化するかという相互関係を示すものです。固定的なエネルギー使用量(ベースロード：関連変数が増減してもエネルギー使用量が変化しない)も、この特性に含まれます。エネルギー使用量には、年間を通じて一定のベースロードのようなものもありますが、多くの工場の例では生産量や設備稼働率が変わるとエネルギー使用量が大きく変動します。また、オフィスの空調のエネルギー使用量は気温や天候によって変動します。このようなエネルギー使用量の特性を理解する目的のひとつは、エネルギーの変動状態から、常に変動する分(予測できる分)を取り除き、エネルギーパフォーマンスの向上努力の成果を可視化することにあります。

ISO 50001 ではエネルギー計画の中でエネルギーパフォーマンスの目標を設定することが求められますが、この目標は EnPI の値として示されるべきです。

EnPIs を継続的に比較すると、エネルギーパフォーマンスの変化があるか、ターゲットに適合するかどうかを組織が判断することが出来ます。EnPI のユーザとそのユーザのニーズが合っている EnPI を選択することが重要です。主な EnPIs のタイプを表 1 に示します。

この 4 つのタイプの詳細は 5-2-1 項で説明されます。「計測したエネルギーの値」はエネルギー消費量やデマンド値を示します。「計測値の比率」はエネルギー効率を示します。モデルには「統計モデル」と「エンジニアリングモデル」の 2 つがありますが、両方ともモデルで計算した値が EnPI の値となります。比率も数式の 1 つでモデルと呼んでも良いのですが、エネルギー効率は一般的な概念になっているため、独立させたと考えても良いでしょう。

### 5-1 EnPIs のユーザを特定

エネルギー管理に携わるユーザにとって、EnPIs は理解しやすいものでなければなりません。ユーザの立場によってニーズは様々に異なるため、それぞれのユーザのニーズに合わせ、理解しやすい複数の EnPI を選定する必要があります。

EnPI のユーザは、組織内のユーザと、組織外のユーザに分けられます。組織内のユーザとは、実際にエネルギー管理を行い、エネルギーパフォーマンス向上を目的とするユーザです。また、組織外のユーザには、関係規制機関や外部の専門家、業界団体、EnMS 監査員などが該当し、法制度や他の要件に由来する要求に対するために利用します。以下に、代表的な EnPI ユーザの種類を示します。

- トップマネジメント
- 管理責任者
- プラントマネージャ、工場長または施設マネージャ
- 運転員・保守要員
- プロセスエンジニア
- 外部組織ユーザ

組織や施設のあらゆるレベルで EnPIs を設定することができます。それぞれのユーザのレベルや立場で EnPI およびターゲットを設定し、維持・改善していくことで組織全体のエネルギーパフォーマンスを向上することができます。

**EnPI の境界**の節で述べたように、組織、システム、設備などのくくりで任意に設定し、誰がその EnPI とエネルギー目標を達成する責任を持つのかを明確にするのがポイントです。

図 8 に、製造業における EnPI ユーザについて具体的に示しています。

## 5-2 EnPIs の決定

EnPIs を決定するためには、エネルギー使用の特性、ユーザの立場やニーズ、管理目的、適用対象の複雑さなどを考慮して、EnPI タイプを選択する必要があります。

この節では EnPI のタイプと、EnPI を決定する際に考慮すべきベースロードについて解説します。

### 5-2-1 EnPI のタイプ

表 1 に様々な EnPI タイプを示します。4 種類の EnPI タイプについて目的、例、長所／短所を示しました。

「計測したエネルギーの値」はエネルギー使用量やデマンド値を表します。良く使われる EnPI ですが、同等の条件での比較が難しいことに十分注意して使用します。「計測値の比率」はエネルギー効率を表します。これも良く使われる EnPI ですが、関連変数が 1 つしか考慮されないため、例えばベースロードがある場合には十分注意して使用します。モデルには「統計モデル」と「エンジニアリングモデル」の 2 つがありますが、両方ともモデルで計算した値が EnPI の値となります。一般的に関連変数を入力するとエネルギー使用量の推定値が計算されます。エネルギー値と関連変数の関係を統計的手法で解析してモデル化したものが「統計モデル」です。同様にエンジニアリング手法を用いて理論式や条件式などを併用してモデル化したものが「エンジニアリングモデル」で、構成や動作が複雑なシステムをモデル化するのに向いています。

表 1 EnPI のタイプと特徴

EnPI のタイプ	目的	例	長所／短所
計測したエネルギーの値 ➤ エネルギー使用量を測定したもの	<ul style="list-style-type: none"> <li>● エネルギー使用量トレンドを理解したい</li> <li>● エネルギーの削減量を絶対値で示したい</li> <li>● エネルギー貯蔵とそのコストのモニタリングと管理をしたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● エネルギー使用量[kWh]</li> <li>● 電力デマンド値[kW]</li> <li>● ボイラの燃料使用量[GJ]</li> <li>● 照明用電力[kWh]</li> <li>● エネルギー削減値[GJ]</li> </ul> <p>注：EnB を調整して差分を取る方法が一般的</p>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 導入が簡単(請求書の値やメータ直読値を記録するだけ)</li> </ul> <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 関連変数の影響を大きく受ける場合、EnB との比較が困難</li> </ul>
計測値の比率 ➤ エネルギー使用量と関連変数を測定し、その関係を比として数値化したもの	<ul style="list-style-type: none"> <li>● エネルギー効率(エネルギー消費原単位を含む)をモニタリングしたい</li> <li>● 複数の施設や組織に渡っての標準化された比較(ベンチマーキング)したい</li> <li>● 設備群やシステムの一部のエネルギー効率を求めたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● kWh／トン</li> <li>● GJ／生産個数</li> <li>● kWh／延床面積 m<sup>2</sup></li> <li>● GJ／人日</li> <li>● 燃料リットル／km</li> <li>● ボイラの変換効率[%]</li> <li>● アウトプット／インプット</li> <li>● kWh／売上金額</li> </ul>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 関連変数がひとつだけのときに、計算が簡単で、正確な値を得られる</li> </ul> <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ベースロードが大きいと結果を誤解しやすい</li> </ul>
統計モデル ➤ エネルギー値と複数の関連変数の実測値を用い、統計手法で作成した数式モデルで、関連変数の値からエネルギー値を推算する機能を持つ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数の関連変数を持つシステムで EnPI を管理したい</li> <li>● エネルギー使用量と複数の関連変数の関係を分析したい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数製品を担当する生産施設のエネルギーパフォーマンス</li> <li>● 大きなベースロードを持つ施設のエネルギーパフォーマンス</li> <li>● ポンプ／ファンのエネルギー使用量と流量の関係</li> <li>● 占有率の変化と外気温の変化を伴うホテルのエネルギーパフォーマンス</li> </ul>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 関連変数が複数の場合やベースロードが大きい場合でも対応可能</li> </ul> <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 複雑な系や不定期に運転・停止する系には不向き(エンジニアリングモデルが適している)</li> <li>● 定期的な統計的テストなどモデル保守が必要</li> </ul>
エンジニアリングモデル ➤ エネルギー値と複数の関連変数の複雑な関係を示す理論などに基づく数式(群)モデルで関連変数の値からエネルギー値を推算する機能を持つ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 関連変数が多数ある場合に運用変更に対するエネルギーパフォーマンスの評価を行いたい</li> <li>● 独立した関連変数を持つシステムについて評価したい(例えば、温度と圧力)</li> <li>● 設計時点でのエネルギーパフォーマンスの推定をしたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 関連変数やその相互作用の変化をエンジニアリング計算またはシミュレーションで説明可能な産業用/発電用システム</li> <li>● 冷凍機のデマンド、外気温(凝縮温度)と内部温度(蒸発温度)を用いた冷凍機の電力使用量のモデル</li> <li>● 外気温や生産量の影響を受ける冷凍機、あるいは冷水供給システムの電力使用量モデル</li> </ul>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 統計モデルでは表現できない複雑なエネルギー使用パターンに対応できる</li> </ul> <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● モデルの作成・維持のコストが大きい</li> </ul>

**表 1** の注記

- EnPIs とそれに対応する EnBs のタイプは同じになります。
- 一般的にビルの EnPI としては、EnPI に延床面積あたりのエネルギー使用量[kWh/m<sup>2</sup>]が用いられます。この場合、延床面積がエネルギー使用量の関連変数に選ばれたことになります。しかし、延べ床面積は、変化することが稀なため、定数と同じになり、エネルギー使用量と関連がみられることは少ないでしょう。エネルギー使用量と関連がある係数、例えば、占有時間を関連変数とした方がよいでしょう。この場合、EnPI は占有時間あたりのエネルギー使用量[kWh/占有時間]になります。
- 組織のマネジメントでは、法律やその他の要求などにより、一つの EnPI への統合が求められることがあります。例えば、事業所や企業として、一つの EnPI で表現するなどがあります。組織は、すべての運用に於いて期待される使用量と、実績の使用量の関係を示したエネルギーパフォーマンス(EnPI)を、パーセンテージで表すことがあります。この EnPI は、統計モデルのアウトプットを理解しやすい数値として表したことになります。
- 統計モデルやエンジニアリングモデルは、エネルギーパフォーマンスの同等条件での比較を可能にします。これらのモデルは、ベースライン期間のエネルギー使用量と関連変数の関係をモデル化しているため、関連変数の変化があっても、同等条件で比較できます。
- ベースロードについての詳細： **5-2-2**を参照。
- EnPIs 選択に関する補足情報： **ISO 50006 規格原文の Annex C.1** に示されています。
- EnPIs とそれに対応する EnBs の正規化についての情報： **7-1** 参照。

## 5-2-2 ベースロードとは

生産施設のエネルギー使用量には、生産設備など生産量によって変動するものと、工場照明など生産量に影響なく固定のものがああります。この固定分をベースロードと呼びます。

省エネルギー法で報告を求められているエネルギー消費原単位は、「エネルギー使用量／エネルギー使用量と密接な関係を持つ量」であり、生産工場ではエネルギー使用量を生産物の重さや個数などの生産量や生産額で割った指標が多く用いられます。

ベースロードを考慮する場合、生産工場の実際のエネルギー消費特性はベースロードの分だけ上方向にオフセットした直線となります。このため、生産量が減少するとエネルギー原単位は悪化したように見えます。

**図 7 (a)**は、ベースロードが大きい場合の生産量に対するエネルギー使用量を示しており、原点を通る直線の傾きがエネルギー消費原単位を示しています。これは、生産量を関連変数にして、エネルギー消費原単位を求める場合に、ベースロードの大きさが大きく影響していることを示します。また、**図 7 (b)**はベースロードの違いによるエネルギー消費原単位を示すグラフです。これを見るとベースロードを低く抑えることの重要性が判ります。

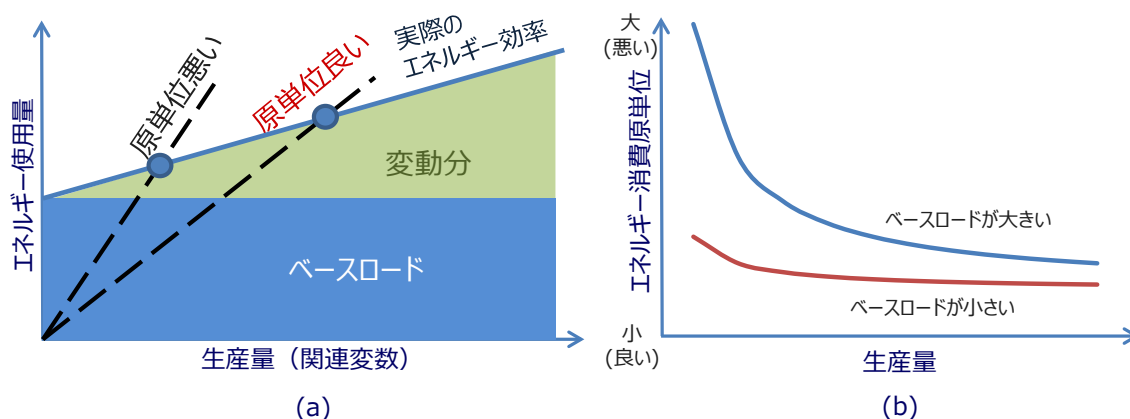


図 7 大きなベースロードを含む例と、ベースロードの違いによる消費原単位



### 5-3 製造業における EnPI の選定の例

5-1, 5-2 では、各 EnPI の特定方法について説明しました。ここでは、**図 8** のような一般的な製造業の各組織を想定して、それぞれの組織におけるユーザの立場での EnPI について、具体的に説明します。

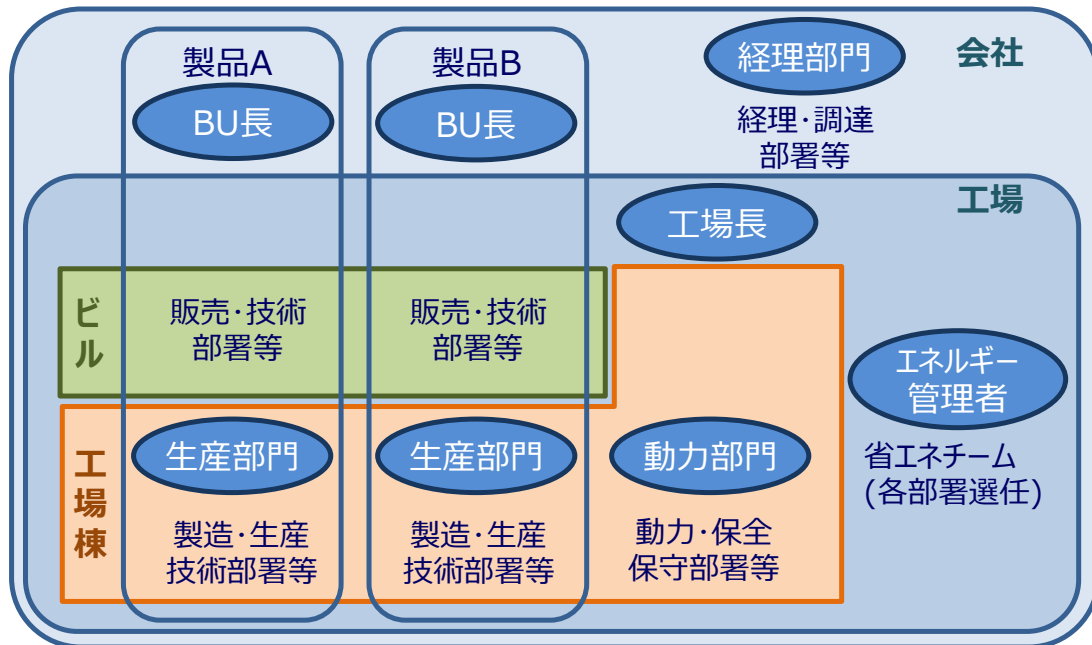


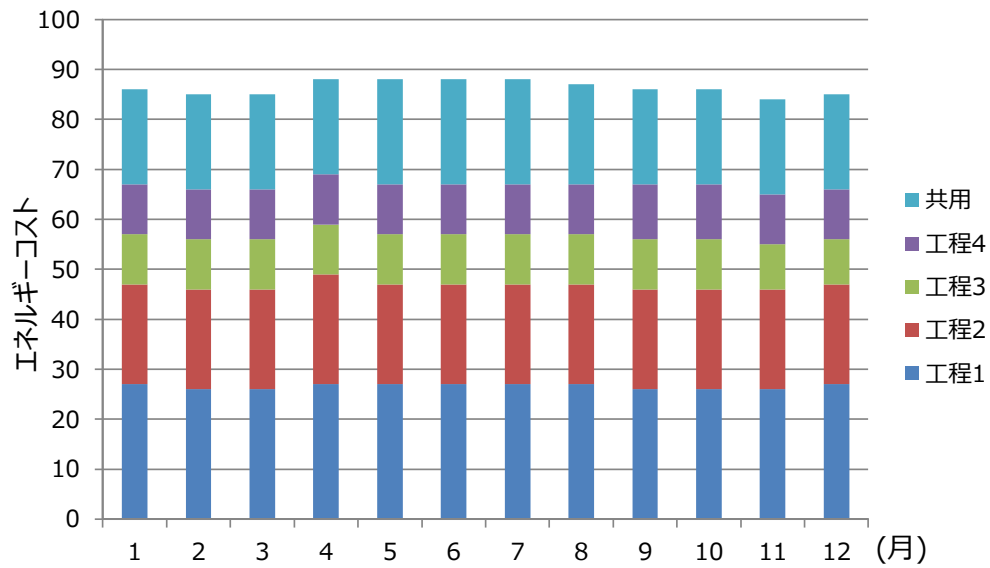
図 8 想定した製造業企業の組織

### 5-3-1 ビジネスユニット(BU)長向けの EnPI

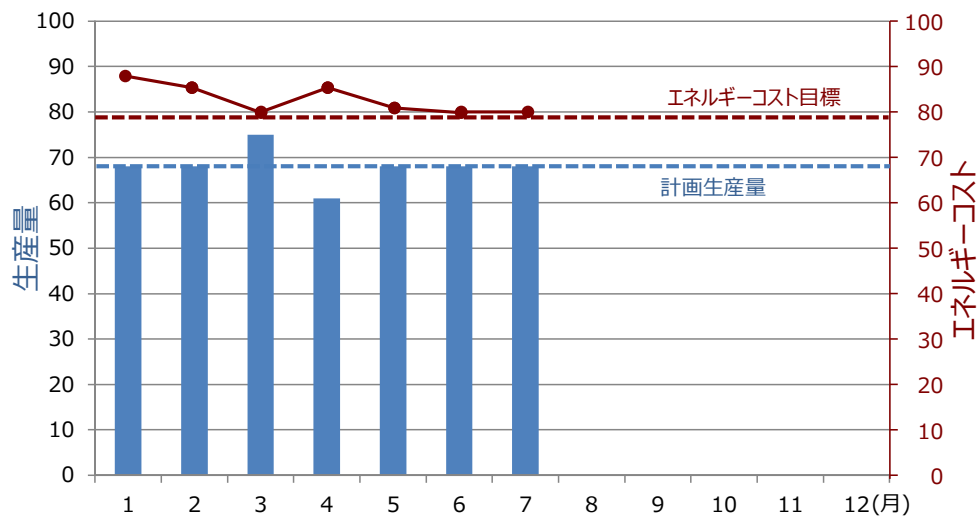
BU 長は、特定の製品群(BU)の売上・利益・投資・コスト管理の責任者です。そのため、担当の BU の製品の生産コストや、組織で用いられるコストに含まれるエネルギーコストの低減や、エネルギーパフォーマンス向上を管理します。具体的には、各指標に対し目標を定め、施策を実行し、その結果として、指標が目標を達成しているかを確認します。目標を達成できていない場合は、さらに追加の施策を検討します。

このような目的のため、BU 長向けの EnPI の種類は、エネルギー使用量、エネルギー消費原単位、省エネ効果(量、金額)になります。図 9 に、BU 長向けの EnPI の例を示します。(1)は、製品 A を生産するために必要な工程ごとのエネルギーコストを見る管理グラフの例です。(2)は、製品 A の生産量とエネルギー消費原単位目標とのかい離を把握するためのグラフの例です。

BU 長向けの EnPI は、コストや、エネルギー消費原単位、省エネ効果など、コストに関わるものが多くなり、月、年単位の管理になります。コストに関連した指標を選ぶ場合、エネルギー価格変動などの関連変数に注意する必要があります。例えば、エネルギーパフォーマンス向上施策を行う前のエネルギー価格に対して、エネルギー効率施策を行った後のエネルギー価格が高騰した場合、エネルギーコストは大きく変わらないという結果になります。施策の効果を算出する場合は、エネルギー効率施策前のエネルギー価格で換算するなど、正規化を行うと良いでしょう。



(1) 製品 A のエネルギーコスト

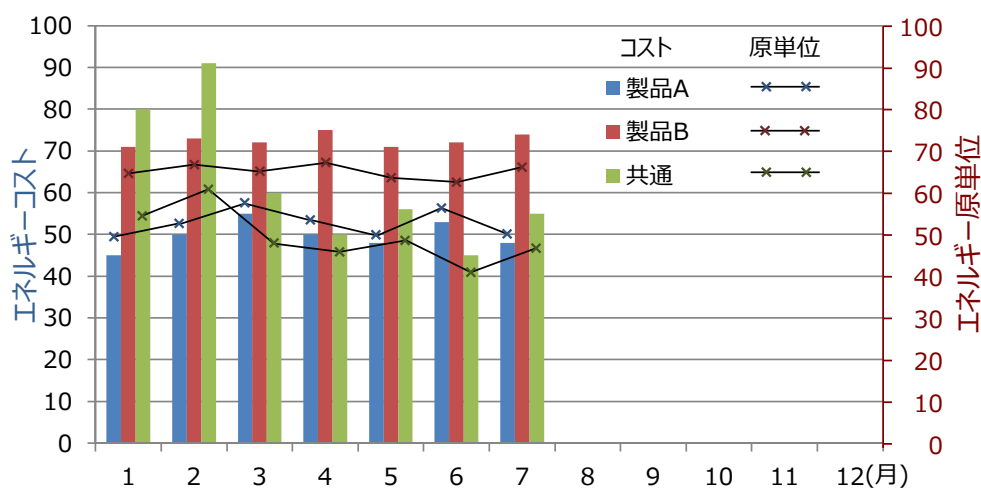


(2) 製品 A 生産量とエネルギーコスト

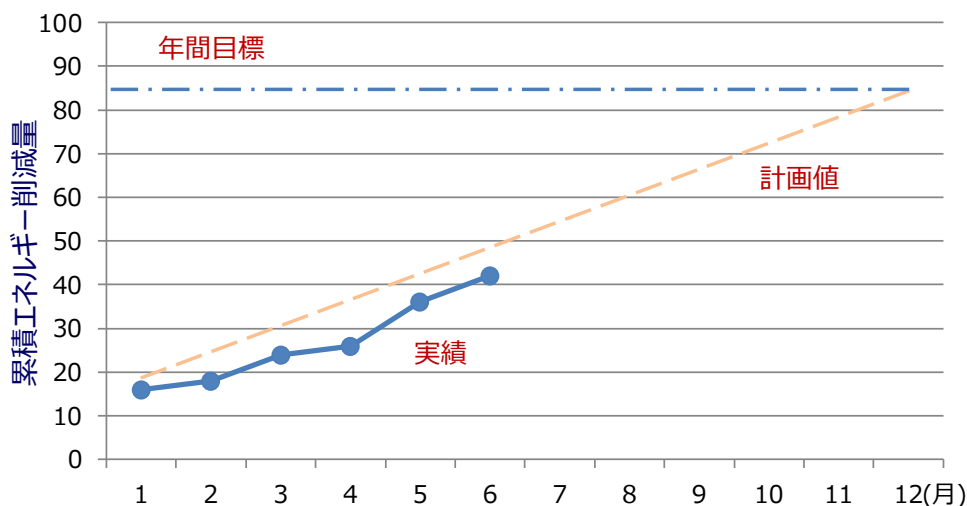
図 9 ビジネスユニット(BU)長向けの EnPI の例

### 5-3-2 工場長向けの EnPI

工場長は、工場の生産に伴う、売上・利益・投資・品質・納期・コスト管理の責任者です。生産に伴うエネルギーコスト低減やエネルギーパフォーマンス向上について、目標を定めて管理します。製造部署、動力・保全部署などにおけるエネルギーパフォーマンス向上の投資や調達部署によるエネルギー購買を管理します。このため、工場長向けの EnPI は、エネルギー使用量、エネルギー消費原単位、省エネ効果(金額)になり、量的な要素が加わります。これらの指標も、月、年単位の管理になります。図 10 に、工場長向けの EnPI の例を示します。(1)は、製品別のエネルギーコストとエネルギー消費原単位の管理のグラフの例です。(2)は、工場のエネルギー削減量の管理のグラフの例です。



(1)製品別のエネルギーコストと原単位の管理



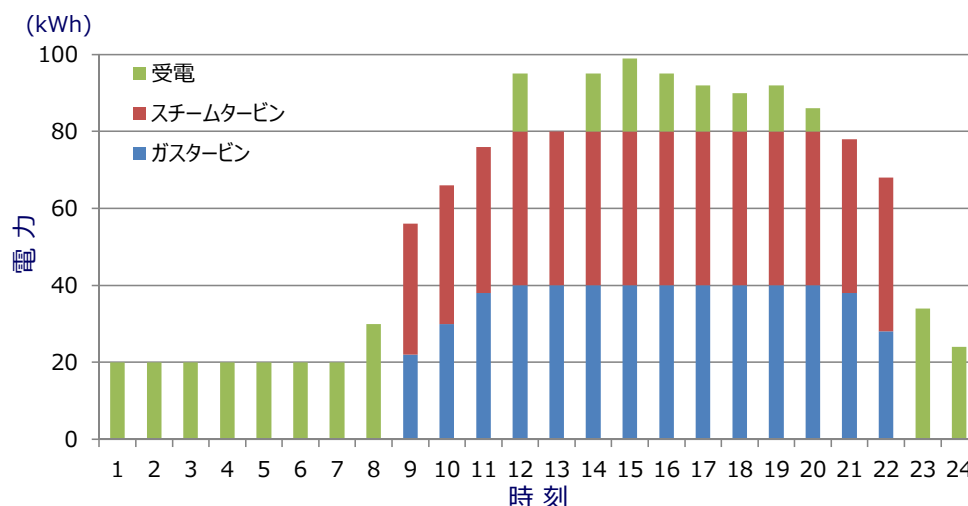
(2)工場の省エネ量の管理

図 10 工場長向けの EnPI の例

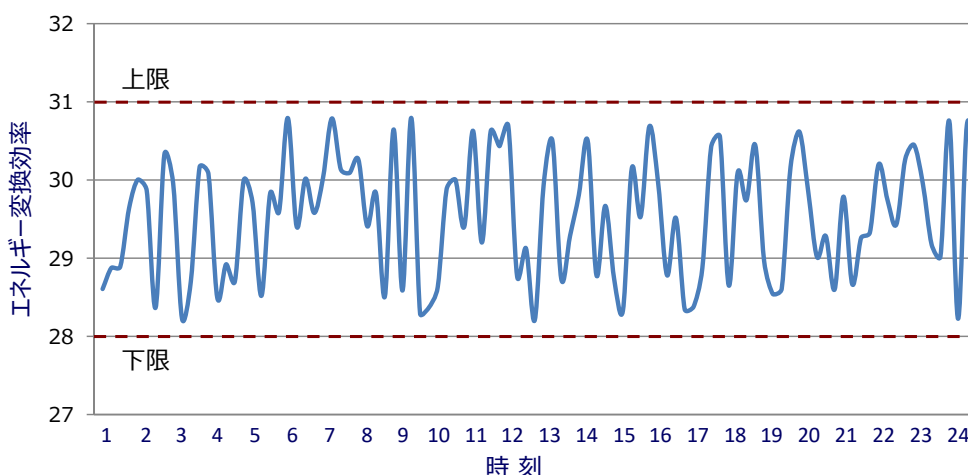
### 5-3-3 動力・保全部門向けの EnPI

動力部門は、ガスや重油、電気などのエネルギーを購入し、これらを用いて蒸気や冷却水、エアなどを生産し、電気等の購入エネルギーに加えて工場内の施設や設備に分配します。このため、エネルギーコストの管理、エネルギー変換設備の効率管理、エネルギーパフォーマンス向上対策を行うため、リアルタイムの EnPI が選ばれます。保全部門は、設備の劣化を管理(保全)する目的で、長期的なエネルギー消費原単位やエネルギー変換効率のトレンドを管理します。

図 11 に、動力・保全部門向けの EnPI の例を示します。(1)は、1 時間ごとの工場の電力供給管理の例です。(2)は、24 時間稼働している発電設備のエネルギー変換効率を、管理幅を設けて、リアルタイムで確認するグラフの例です。1 分毎に、入力燃料使用量と出力の電力量から、エネルギー変換効率(出力の電力量/入力燃料使用量)をリアルタイムに管理しています。



(1)電力供給管理

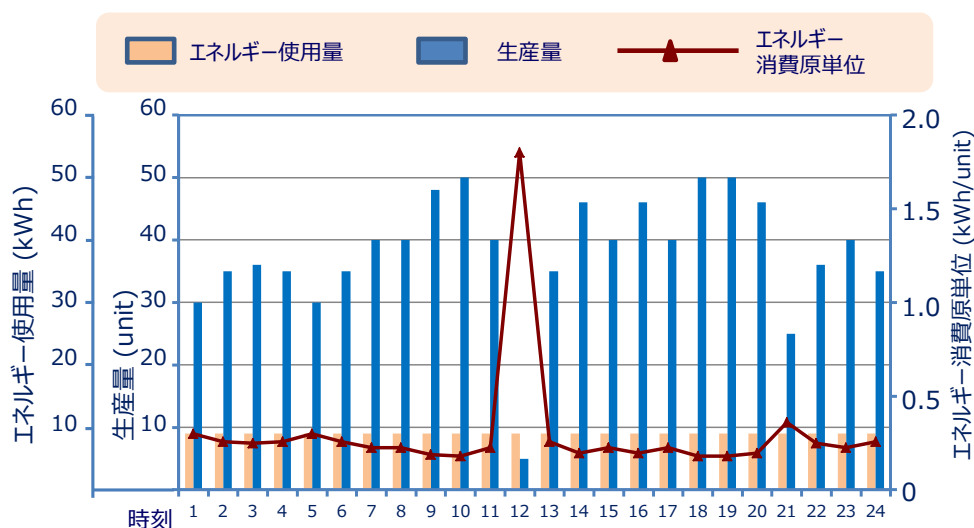


(2)エネルギー変換効率

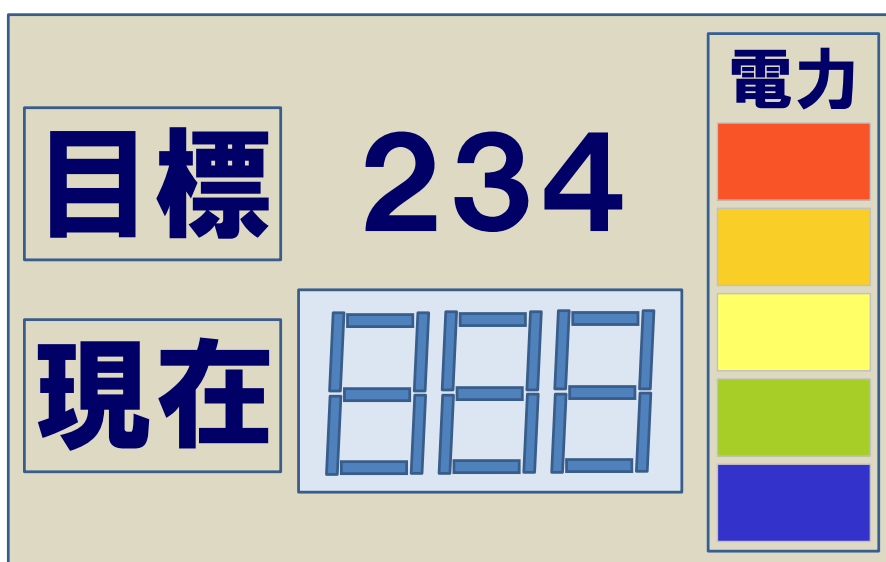
図 11 動力・保全部門向けの EnPI

### 5-3-4 運転部門(製造部)向けの EnPI

運転部門は、製品の製造担当として、品質・納期・コストおよびエネルギー効率に配慮してエネルギー利用設備を運転しています。このため、エネルギー使用量のトレンド(過去との比較)や、エネルギー消費原単位などの EnPI が選ばれます。品質を維持するための各種の制約に加え、これらの EnPI の制約も考慮した運転を行うため、視認性の良い表現方法が必要になります。EnPI の異常を発見した場合、保守部門等に連絡します。図 12 に、運転(製造)部門向けの EnPI の例を示します。(1)は、エネルギー使用量、生産量およびエネルギー消費原単位の複合グラフの例です。エネルギー消費原単位の変化を調べると、省エネの機会を発見することができます。(2)は、組み立て工場における情報表示パネルの例です。運転員や作業員が、作業をしながら、目標、現在値、電力使用量を確認することができます。



(1)エネルギー消費原単位の管理



(2)現在の EnPI 値を表示するパネル

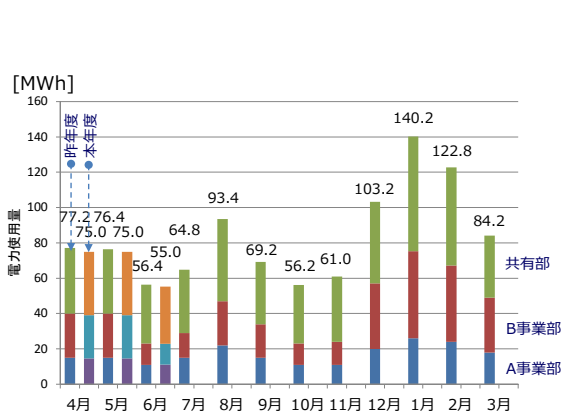
図 12 運転(製造)部門向けの EnPI

### 5-3-5 経理部門向けの EnPI

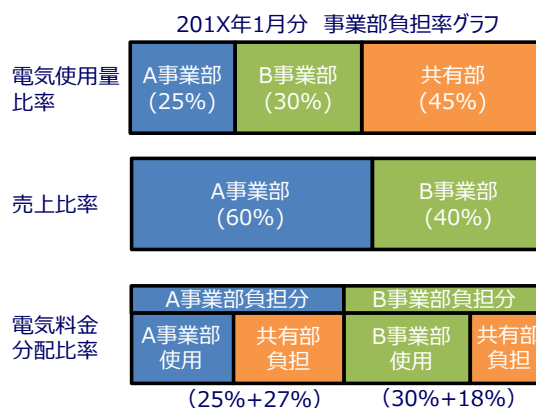
経理部門は、購入エネルギーのコストを管理し、エネルギーを利用する BU や工場にコストを分配します。分配の根拠に計測値を用いると、エネルギーパフォーマンスの改善効果が高いと言われています。この場合、支払いコストや計測値のほかに、組織別計測値や用途別計測値などの EnPI を用います。図 13 に、経理部向けの EnPI を示します。(1)のように経理部門は、帳票を使った管理が一般的です。この帳票から、(2)のようなグラフを作成し、他部門との管理・情報の共有を図ることも重要です。また、(3)のように、組織別の計測や用途別の計測の管理を行うと良いでしょう。

	A 事業部			B 事業部		
	電灯	空調	ユーティリティ	電灯	空調	ユーティリティ
4月	246	588	249	260	963	245
5月	309	544	196	203	594	225
6月	280	819	182	374	404	202
7月	279	957	183	343	641	189
8月	351	551	236	371	869	234
9月	342	416	224	324	677	230
10月	313	400	241	323	419	218
11月	259	734	194	335	509	195
12月	320	611	182	256	612	234
1月	323	757	216	261	615	229
2月	318	649	180	261	611	204
3月	327	436	210	387	413	249

(1) 帳票を使った管理



(2) 月ごとの電力使用量の比較



(3) 組織別計測や用途別計測の管理

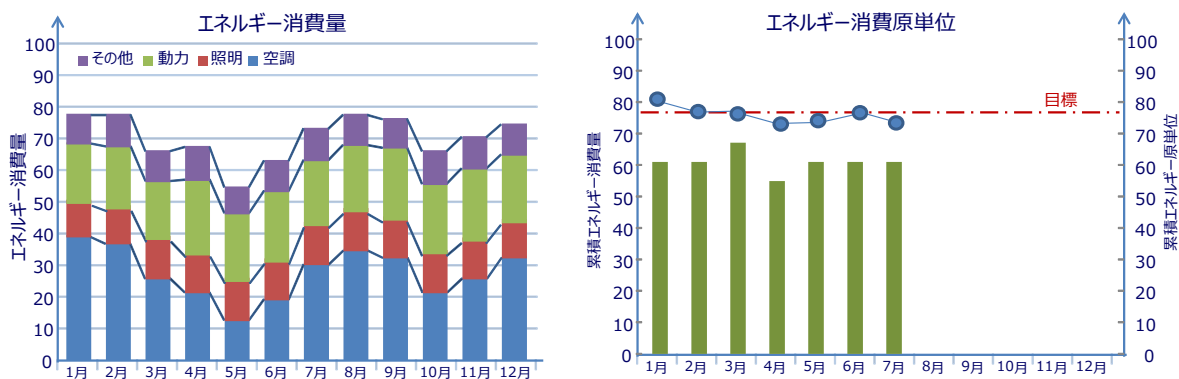
図 13 経理部門向けの EnPI

### 5-3-6 エネルギー管理者や省エネチーム向けの EnPI

エネルギー管理者(エネルギー管理者、エネルギー管理員等)は、省エネルギー法の対応責任の他、エネルギーパフォーマンスの改善(省エネ対策)の責任を持ち、全社目標だけではなく、さまざまな関連組織の目標の達成の支援と進捗管理をします。(ISO 50001 では、全体の責任をトップマネジメント(経営層)が担い、執行の責任を管理責任者が担います。エネルギー管理統括者、エネルギー管理者と ISO 50001 のトップマネジメント、管理責任者は同等とみなせます。省エネチーム(ISO 50001 ではエネルギーマネジメントチームと呼びます)は、組織横断的な組織で、エネルギー管理者のもとで省エネ対策の計画と実行を担当します。このため、すべての EnPI の把握し、その変化の原因を究明し適切な対応を取ります。

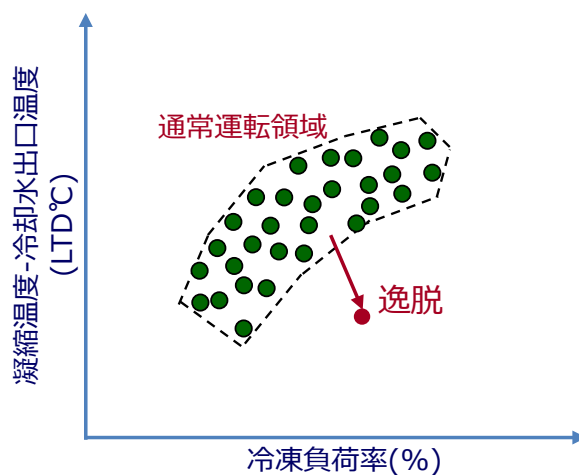
**図 14** に、エネルギー管理者や省エネチーム向けの EnPI を示します。(1)は、組織全体のエネルギー使用量・コストの把握から、エネルギーパフォーマンスの解析や分析、傾向把握を行うためのグラフです。また、(2)は生産量を分母としたエネルギー消費原単位の推移を示す図で、目標達成度合いを判断できます。省エネチームは、(3)のように装置の運転解析を行うこともあります。これは、冷却水の出口温度と冷凍負荷率を比較したグラフに通常運転領域を設定し、通常運転領域の逸脱を発見するためのグラフです。逸脱の原因調査や対策につなげることができます。(4)は、内側の円が EnB の用途別エネルギー使用量を示し、外側の円が現在のエネルギー使用量を示します。さらに省エネ削減量が左上に表示されます。このグラフは、月毎や日毎に更新され、ミーティングや掲示板などで伝達されます。



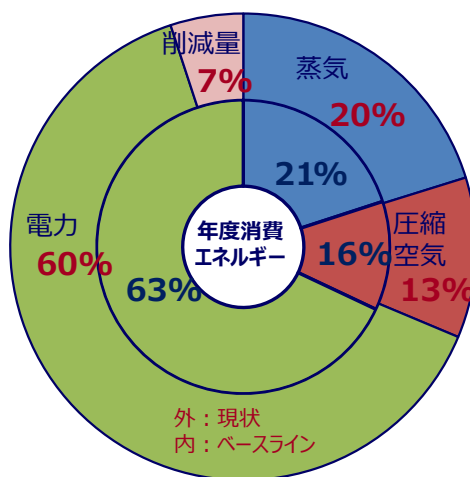


(1) 組織全体のエネルギー使用量・コストの把握

(2) エネルギー消費原単位の管理



(3) 通常運転領域を設定した管理



(4) 組織全体の EnB との比較

図 14 エネルギー管理者や省エネチーム向けの EnPI

### 5-3-7 工場における EnPI、EnPI の境界の設定

製造工場では、様々な立場の人がおり、それぞれ立場に応じた責務があります。例えば、表 2 に示すような立場のユーザが考えられます。ユーザごとに EnPI と対応する **EnPI の境界**を設定した例を図 15 に示します。

表 2 製造工場の EnPI と EnPI の境界および EnPI の目的

ユーザ	EnPI の例	EnPI の境界の例	EnPI の目的
工場長	工場のエネルギー使用量など	工場全体など	省エネ効果の把握など
製品 A,B の BU 長	エネルギー消費原単位の目標達成率、エネルギーコスト など	担当製品の製造ラインおよびサブライン など	製品を製造するエネルギーコストの把握、削減 など
製造部門	エネルギー消費原単位のトレンドチャート	工場内の製造施設・設備・装置群 など	エネルギー効率向上施策の立案、および、実行、エネルギー目標の達成など
動力部門	エネルギー使用量など	熱および動力設備、動力等の配送設備など	蒸気や電力発生 of 効率向上施策の立案、実行など
エネルギー管理者	エネルギー効率のトレンドチャートなど省エネルギー法に従い報告 ISO 50001 に基づいたマネジメントを兼任	エネルギー効率向上施策に応じた様々な単位	エネルギー効率向上施策の管理、立案、実行など
省エネチーム (各部署より選任)	エネルギー効率のトレンドチャートなど	エネルギー効率向上施策に応じた様々な単位	エネルギー効率向上施策の管理、立案、実行など

このように、EnPI ユーザや EnPI ユーザの目的に合わせて、**EnPI の境界**を設定し、EnPI,EnB を設定していくと良いでしょう。

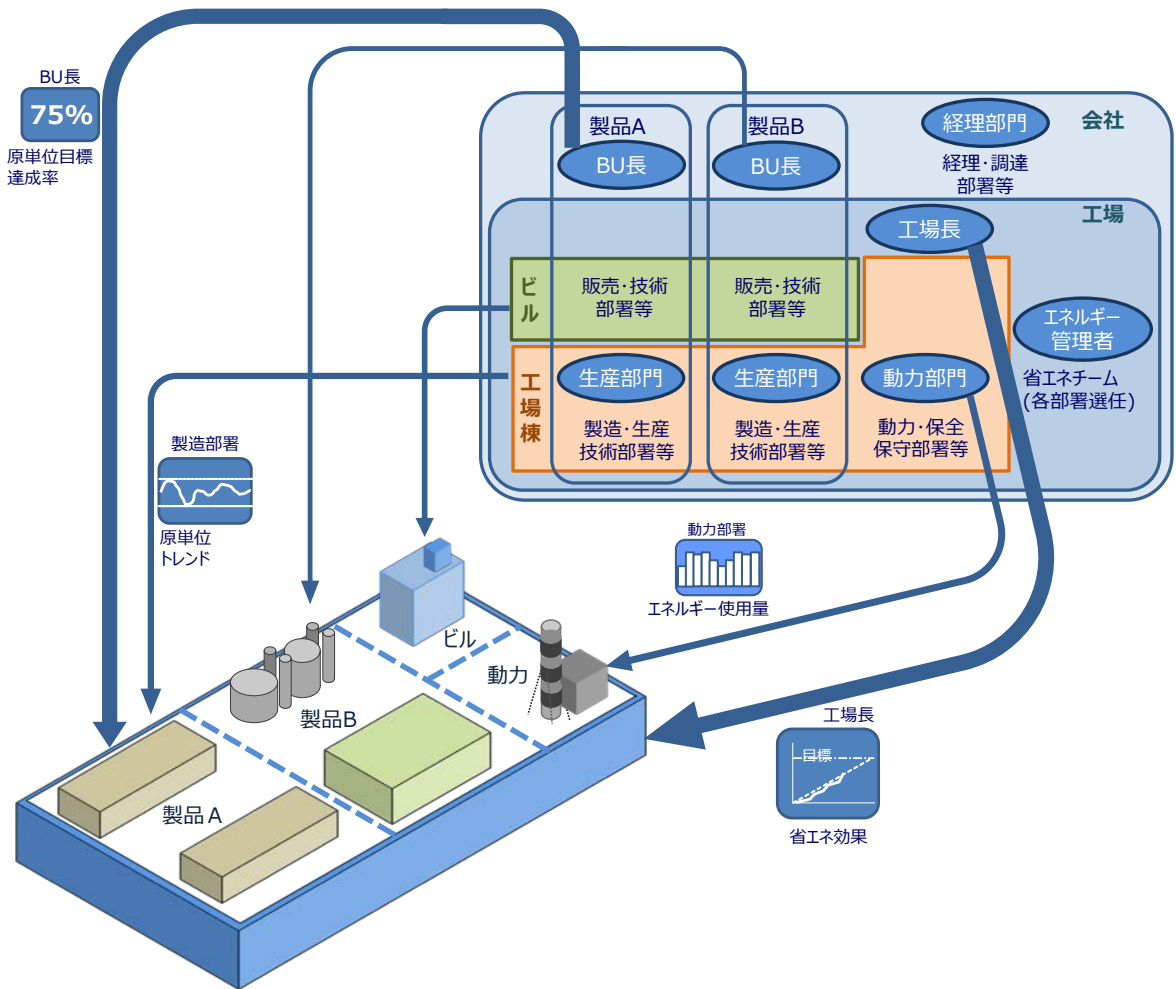


図 15 工場の EnPI、EnPI の境界の設定例

## 6 EnBs の確立

エネルギーベースライン(EnB)は、対応する EnPI の基準値であり、ベースライン期間の EnPI の値と考えることができます。実際の運用では、EnB とレポート期間中の EnPI を比較します。この比較した結果が、エネルギー目標を達成するための施策の進行状況の確認、エネルギーパフォーマンスの改善の立証に役立ちます。つまり現状の EnPI と、EnB を比較することにより、エネルギーパフォーマンス向上対策の効果を確認できるということです。

次の①～④の手順に従って、EnB を確立します。

- ① EnB を使用する具体的な目的の決定  
これは対応する EnPI の目的と同じですので簡単に決定できます。
- ② 適切なデータ収集期間およびベースライン期間の決定  
最も重要な手順です。6-1 の説明を参照してください。
- ③ データ収集の実施
- ④ EnB の決定とテスト  
モデルベースの EnPI の場合重要な手順になります。6-2 の説明を参照してください。

EnB は、ベースライン期間中の EnPI です。選択した EnPI のタイプや特徴がそのまま当てはまります。

### 6-1 適切なベースライン期間の決定

EnBs を確立する場合、**EnPI の境界**の運用の性質（例えば季節に依存した運用パターンの変化）を考慮した上で、適したデータ収集期間を決定するべきです。運用パターンにおける変動性を考慮せず、ある短い期間のデータだけを用いて EnB を設定すると、運用パターンが変化したとき、基準値からのズレが必要以上に大きくなってしまいます。このため、十分な長さのベースライン期間とレポート期間を設定しなければなりません。運用の性質や運用パターンとは、エネルギーの用途や使用量が時間的に変化するような運用や運用パターンのことを指しており、例えば需要ピークの冬季に合わせた灯油や防寒具の生産などが想像しやすいでしょう。これらの工場では、夏から秋にかけて冬物の製品を生産し、冬から春にかけて夏物の製品を生産するなど、運用パターンが1年を通して移り変わっていきます。ベースライン期間は、エネルギー使用量と関連変数の季節性を説明するのに十分な期間にした方が良いでしょう。上記の灯油や防寒具の生産の工場の例では、12か月を選択することが一般的です。

このように生産の季節性や、天候のパターンなど、関連変数の変化をとらえるのに十分なデータ周期、ベースライン期間の長さをとる必要があります。

**表 3** は代表的なベースライン期間 1 年 / 1 年未満 / 1 年以上の 3 通りの例を示します。

表 3 ベースライン期間の例

期間	説明
1年間	最も一般的に選択されます。エネルギーマネジメントとビジネス目標の期間に合わせて設定することができます。例えば、エネルギー使用量の削減目標を前年比で設定する場合です。1年間には、すべての季節が含まれます。そのため、エネルギー使用量と関連変数である季節性（温度、天候など）の影響、市場の需要パターンの変化の影響（生産品種など）を捕捉できます。
1年未満	エネルギー使用量に季節性がない場合、運転パターンのすべてを1年未満の短い期間で把握できる場合に選択されます。また、信頼性のあるデータや過去データが十分でない場合にも適用されます。例えば、組織の方針やプロセスの変更があり、1年未満の間のデータしか入手ができない場合です。
1年以上	ビジネスに季節性がある場合、複数年のベースライン期間の EnB を選択する方が良い場合もあります。ビジネスに季節性があるとは、一年のうち、数か月製品を製造し、残りの期間は休眠しているような、年間の生産サイクルが短い場合のことです。例えば、ワイナリーなどが該当します。工程ごと（ワイナリーの場合、ブドウを絞る工程と、発行工程など）のエネルギーパフォーマンスを把握するために、複数年のベースライン期間を設定することが有効です。

※ 1年未満の例：地下工場の場合には、天候や季節の影響を考慮する必要がないため、生産状態が通年で変動しないなら、1年未満を選択できる可能性があります。

エネルギーベースラインのデータとは、データ集合(データセット)と考えることができます。ベースライン期間を1年とした場合、その期間のエネルギー使用量の総計値と生産量の総計値(例：900GJ、3000台/2016年)という1組のデータだけでは日常的なPDCAを回すことが困難です。例えば1日ごとのエネルギー使用量データと生産量データ(例：3.5GJ、11台/2016年4月10日)の1年分の集合と考えられます。このようなデータがあれば、1日単位でエネルギーパフォーマンスを同日と比較できます。

天候は暖冬や冷夏など毎年変化しますので、平均的な1年を特定しにくいと言えます。このため、典型的な動作条件すなわち標準運転条件を複数年(例：40年)の気象データを用いて定めベースラインとする場合があります。これは米国の商用ビルにおける手法です。

※ 施設の新設の場合など、過去のデータが無い状態で EnB を設立する場合、エネルギー使用量や関連変数を推測するか、シミュレートするか、計算することが必要になります。このような場面は比較的多くあります。同等な業務の施設のデータを用いて推測する方法が多く用いられています。商用ビルの場合、シミュレーション手法を使える場合もあります。

## 6-2 EnB の決定とテスト

EnB の決定には、対応する EnPI を測定する方法(EnPI のタイプが「計測したエネルギーの値」の場合)と、計算して求める方法があります。EnPI のタイプが「計測値の比率」、「統計モデル」、「エンジニアリングモデル」の場合には、ベースライン期間のエネルギー使用量と関連変数のデータを使用して EnB を計算します。この場合は、計算された EnB が妥当かどうかを判断する必要があります。

モデルの妥当性は統計的手法を用いて確認をすると良いでしょう。統計的手法には、F 検定(F-Test)、有意確率(P-Value)または決定係数(coefficient of determination)などがあります。もし、モデルが妥当ではないと判断された場合は、EnB を調整して比較するか、あるいは、EnPI および対応する EnB の新しいモデルを作るなどの対応があります。これらの対応はテストの結果によって判断すると良いでしょう。また、この時に行ったテストの結果は記録されるべきです。

## 7 EnPIs と EnBs の活用

EnPI は、エネルギーパフォーマンスの見える化ツールとして利用することも可能ですが、EnB と比較することによって、実行したエネルギーパフォーマンス改善活動の効果を評価することができます。この評価は、エネルギーパフォーマンス向上の PDCA サイクルのチェック(C)にあたります。この結果により、次に何をするかを判断することができます。エネルギーパフォーマンス改善活動の効果が狙い通りに出ている場合、実行した施策を他設備に展開できるかもしれません。エネルギーパフォーマンス改善活動の効果が狙い通りに出ている場合は、施策がきちんと行われているか確認し、効果ができるように是正策を講じる必要があるでしょう。

### 7-1 正規化の必要性

エネルギーパフォーマンスの改善量は、ベースライン期間とレポート期間の EnPI の値の差分を計算して求めます。この計算をするためには、レポート期間とベースライン期間の EnPI が同等の条件で得られたものである必要があります。この同等の条件にするためにエネルギーデータを修正するプロセスを正規化と呼びます。

一方、正規化を行わなくても良い場合があります。ベースライン期間とレポート期間で関連変数の著しい変化がない場合です。この場合、この2つの期間のエネルギー使用量を直接比較（非正規化手法）することができます。例えば、ビルの地下で常時点灯している照明の場合、関連変数は無いと言えます。一般的には関連変数があるため、正規化をする必要があり、「比」や「統計モデル」、「エンジニアリングモデル」など、関連変数を考慮できる EnPI のタイプが使われます。正規化の方法は、関連変数の数や、エネルギー使用量の特性によって変わります。

正規化は、2つの期間のエネルギーパフォーマンスを等価な条件で比較するために行われます。関連変数は、EnPI および、対応する EnB を正規化するために使われます。

関連変数が1つで、ベースロードが小さい場合は、単純な比を用いて正規化することになるでしょう。この比には、エネルギー使用量を関連変数で割った値などがあります。例えば、工場の生産ラインでは、エネルギー使用量は生産ラインの生産量によって変化します。このような工場では、エネルギー使用量を生産量で割った「比率」（エネルギー消費原単位）を使用することができます。ベースライン期間とレポート期間で生産量が変動しても、それぞれの期間の EnPI として、生産量で正規化された値を用いることで、同等の条件（単位生産量あたりのエネルギー使用量）で比較ができるためです。しかし、ベースロードが大きい場合、生産量が減少すると、**5-2-2の図7**のようにエネルギー消費原単位が悪化するため注意が必要です。

関連変数が複数個ある場合や、ベースロードが大きい場合は、モデルを用いて正規化することになるでしょう。この場合、ベースライン期間のエネルギー使用量と関連変数の関係をモデルで表します。このモデルにレポート期間の関連変数の値を代入し、EnB の推定値を計算します。すなわち、レポート期間の条件（生産量や気温などの関連変数）における EnB の値になります。レポート期間の条件に合わせているため、レポート期間の EnPI の値と比較を行うことができます。このような EnBs の正規化の例については、**ISO 50006 規格原文の Annex D** に示されています。

また、正規化の要否を決める際には、次のような事例を参考にするとよいでしょう。

ある工場では、2013年から2015年にかけて、年間30万kWhの電力を削減しました。この工場では、エネルギー効率向上の施策として、2013年にエネルギー効率の良い設備に更新しました。また、同時期に、製造工程のエネルギー使用量が少ない新製品の製造を開始し、その製品の出荷量が増加しました。このように工場の電力量の削減量だけでは、どの変化がどの程度電力量を下げたのかわかりません。そのため、設備更新による効果を計算するためには、関連変数を用いた正規化をする必要があるでしょう。

## 7-2 エネルギーパフォーマンス向上の計算

組織は、エネルギーパフォーマンス向上の施策の効果が出ているかを確認するために、エネルギーパフォーマンスの変化を定期的に評価します。レポート期間に測定したEnPIsの値と、これらに対応するEnBsの値とを比較することで、組織はエネルギーパフォーマンスの変化を評価し、さらにEnPIの値とエネルギー目標と比較し、逸脱の恐れがあれば、是正処置を講ずる必要があります。

多くの種類のエネルギーパフォーマンスの変化（向上）の測定、表現方法から、EnPIsの個々の目的に合った表現方法を選択すると良いでしょう。一般的な表現方法には、下記のようなものがあります。

表 4 EnPIの種類と例

	EnPIの種類	数式	例
1	EnPIの差分	差分 $\Delta E = E_R - E_B$	エネルギー削減量、デマンド削減量
2	パーセントの変化	パーセント変化[%] $= [(E_R - E_B) / E_B] \times 100$	エネルギー削減率、エネルギー変換効率向上率、原単位低減率など
3	比率	比率 $= E_R / E_B$	エネルギー使用量の増減率など

※表中の $E_R$ は、レポート期間のEnPIを表し、 $E_B$ は、ベースライン期間のEnPI(EnB)を表します。

これらの表現方法は、EnPIや対応するEnBの種類を問わずに使用できます。

## 7-3 エネルギーパフォーマンスの変化の伝達

エネルギー使用量の削減や、エネルギー効率は、エネルギーパフォーマンス向上施策を実施するユーザにとって体感しづらいものです。もし、効果が実感できれば、エネルギーパフォーマンス向上に対する士気が高まるでしょう。そのため、エネルギーパフォーマンスの変化を数値化して、ユーザに伝達する必要があります。

エネルギーパフォーマンスの表現方法は、ユーザのニーズに基づいたものを選択する必要があります。EnPIsやEnBをユーザに報告するだけでなく、目標値と共に提示されるのが一般的です。目標値と比較することにより、エネルギーパフォーマンスの向上がどれくらい進んでいるか、エネルギー目標を達成できたかをユーザに示すことができるためです。もし、エネルギーパフォーマンスの向上を目標値以上に達成できていれば、ユーザは達成感を感じることができるでしょう。

## 8 EnPI と EnB の維持と調整

レポート期間中に、組織の中の設備や機器、システム、プロセスなどを改修する場合があります。このとき、エネルギーの種類やその使用量、組織全体あるいは一部のエネルギー効率や関連変数などに影響が出てしまい、EnPIs の測定結果が信頼できなくなる場合があります。このため、組織は、エネルギーパフォーマンスの測定が有効に行われることを保証しなければなりません。具体的には、現在の EnPI、対応する **EnPI の境界**、EnB が適切であることを常に維持することです。もし、これらが有効ではないとわかった場合、組織は対応を行う必要があります。対応には、新たに EnPIs（および、対応する EnB）を設定するか、EnB の調整を行うかの選択があります。EnPIs が常に有効であることは、エネルギーマネジメントの基本であり、それを保証することは、ISO 50001 の要求事項です。例えばエネルギー使用量の大きな熱源設備や加熱設備をリプレースしたり、製法が大きく異なる新製品のプロセスを導入したりする場合、EnPIs 及び EnB の見直しや新規設定が必要になるでしょう。

以下は EnPIs と EnBs の適切性と有効性を判断するための確認方法の例です。

- 関連変数に関する事項
  - ベースライン期間とレポート期間の関連変数の条件（例えばバラつきの範囲）を比較し、この条件が統計的に妥当な範囲内であるかどうかを確認する。
- 静的要因に関する事項
  - 同等条件でのエネルギーパフォーマンスの計測（計算）ができなくなるような場合、すなわち主要な製造工程の追加や削除、生産シフト数の変更のように、静的要因の大きな変化の有無を確認する。

前述のような確認で、現在の EnPI に対して対応する EnB が有効でないと判断した場合には、EnB の調整を行う必要があります。EnB の調整は、ベースライン期間の変更（異なる期間への変更など）の他に、ベースライン期間を変更せずに、以下のような方法で EnB を調整することが出来ます。

- バックキャストिंग
  - レポート期間のエネルギーデータを使用して統計モデルを作ります。この統計モデルにベースライン期間の関連変数のデータを入力して、ベースライン期間のエネルギーパフォーマンスを推定します。例えば EnPI がエネルギー使用量であれば、実際のレポート期間のエネルギー使用量と、推定したベースライン期間のエネルギー使用量の差分を計算します。
- 標準統計モデル
  - 標準条件でのエネルギー使用量の統計モデルを作成します。この統計モデルに、ベースライン期間とレポート期間の実際のエネルギー使用量と関連変数を入力してエネルギーパフォーマンスを計算します。

これらを組み合わせて使うことも可能であり、これらの方法は、ベースライン期間を頻繁に調整する必要が無いので、比較的簡便で大変有用です。

次に、一般的に予測される EnPI と EnB の変化要因とその内容について示します。



表 5 EnPIとEnBの変化要因とその内容

変化要因	内容
静的要因の変化	静的要因が変わると、エネルギー使用量の特性が変わっているかもしれません。そのため、関係するEnBの調整が必要になります。エネルギーの使用が大きく変わると、これまでのEnPIやEnBが有効ではなくなり、新たに開発する必要がある場合もあります。EnBの調整や、EnPI、EnBの新規開発をするかの判断には、EnPIに統計的手法でテストすると良いでしょう。
エネルギーの使用の変化	ガスヒーターから電気ヒーターへの変更などのようにエネルギーの形態が変わるなど、エネルギーの使用が変化した場合、その変化がEnPIやEnBにどの程度影響するかを把握した方が良いでしょう。具体的には、何をEnPIに設定すべきか、このEnPIの変更により、EnBにどの程度影響があるかです。もし、EnBに大きく影響する場合は、EnBを修正する必要があるでしょう。
データ可用性	データ収集システムやセンサの更新をした場合、取得できるデータが変わっていないかの確認が必要です。データの品質の向上や、新たな関連変数の取得が可能になる場合があります。その場合、新しいデータ収集システムやセンサに合わせ、EnPIsやEnBsの変更が望ましい場合があります。
データの周期	データ収集システムやセンサの更新をした場合、取得可能なデータの周期が変わっていないかの確認が必要です。データの収集周期が向上している場合があります。その場合、新しい機器のデータ周期で新しい、EnPIsやEnBsの変更ができる場合があります。変更により、マネジメントがより効率的に行える場合は、変更した方が良いでしょう。
目標の変更	元々のEnBに対する現在のEnPIが目標を大きく達成している場合、EnBを直近のEnPI(例えば昨年)に置き換える場合があります。
あらかじめ定められた手法の利用	あらかじめ、EnPIsの変更やEnBsの調整を行う条件を定めている場合、決められた対処方法を実施します。この条件には、静的要因が変化した場合、関連変数がある値以上変化した場合のように、具体的に決めておく良いでしょう。
マネジメントレビュー	マネジメントレビューのインプットのひとつにEnPIsのレビューがあり、マネジメントレビューのアウトプットのひとつにEnPIsの変更もあります。

このように様々な要因で、EnPIとEnBは変更されることがあります。組織は、EnPIsとそれに対応するEnBsに関して、決定と更新の手法を記録し、定期的にレビューすることが必要です。

## 9 ケーススタディ

---

ここでは、ふたつのケーススタディを掲載しました。

- バッチプロセスへの EnPI の導入の例
  - 製造工程におけるエネルギーの効率を上げるための分析と対策について、詳細に説明します。
  
- 動力部門への EnPI 導入の例
  - 製造工場の動力部門での二次エネルギー生成のコストダウンを目指して、分析や対策について、詳細に説明します。

## 9-1 バッチプロセスへの EnPI の導入の例

バッチプロセスは、同一の設備や装置を使用して、様々な種類の製品を製造するプロセスです。本節では、加熱炉を用い複数の製品を作る製造施設について、設備および製品ごとのエネルギー消費原単位などを EnPIs として導入したエネルギー管理の事例を説明します。

### 9-1-1 製造施設の概要

Z 工場は、第 1 種エネルギー管理指定工場であり、省エネルギー法に基づき、分母を製品の生産額にした、工場全体のエネルギー消費原単位を設定して、エネルギー管理を行っていました。さらなるエネルギー効率の改善のため、EnPI と EnB を用いたエネルギー管理を導入することになりました。そのため、製造部署、動力・保全部門、生産技術部、各製品の BU の選抜メンバーからなるエネルギー管理チーム(EnM チーム)を結成しました。

Z 工場は、A 社の中核工場の一つと位置づけられ、製品 A、製品 B を製造するラインと、工場を運営するその他の部署からなります。製品 A、B の素材は、それぞれのラインで製造しますが、途中で熱処理ラインの加熱炉で熱処理を行い、それぞれのラインに戻ります。この熱処理は、1 台の加熱炉で行っており、この加熱炉には、製品ごとに決まった数のロットが投入されます。

### 9-1-2 SEU の特定

EnM チームの主導でエネルギーレビューが実施され、工場内の**エネルギーの使用**と使用量の分析がなされ、**著しいエネルギーの使用(SEU)**が特定されました。工場全体のエネルギー使用量のうち、約 80%のエネルギーを製造部署で使用していることがわかりました。また、製造部署のラインごとのエネルギー使用量を調査すると、約 50%のエネルギーを熱処理ラインで使用していることがわかりました。さらに、熱処理ラインでは、約 70%のエネルギーを加熱炉で使用していることがわかりました。そこで、EnM チームは加熱炉を SEU に決めました。

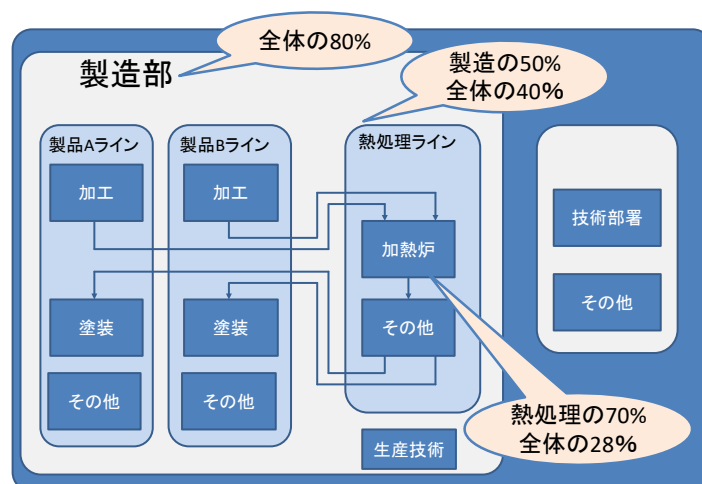


図 16 エネルギー使用の割合による SEU の選定

### 9-1-3 エネルギーの使われ方の解析

#### ① SEU の特定時のデータ分析

EnM チームは、加熱炉の日常的なエネルギー管理のための EnPI を作るため、また同時にエネルギーパフォーマンス向上対策を立案するために、加熱炉のエネルギーの使われ方を解析することにしました。まず、SEU の特定時に集めた 10 週分のエネルギー使用量を週ごとにプロットしてみました(図 17)。このグラフは設備単位の EnPI として、コスト管理などに使用できます。EnM チームはこれを第 1 の EnPI とすることにしました。

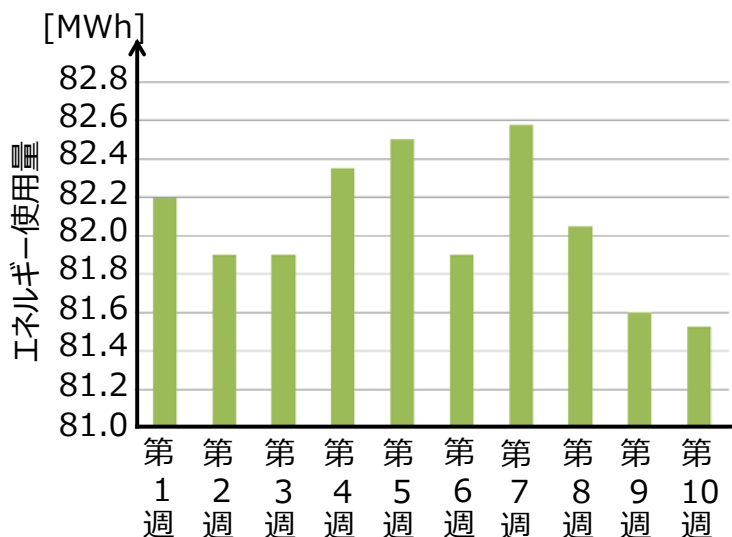


図 17 週ごとの加熱炉のエネルギー使用量

#### ② 生産量とエネルギー使用量

次に、製品の生産量(ロット数)と加熱炉のエネルギー使用量の関係を、X-Y ダイアグラムにプロットしました(図 18)。

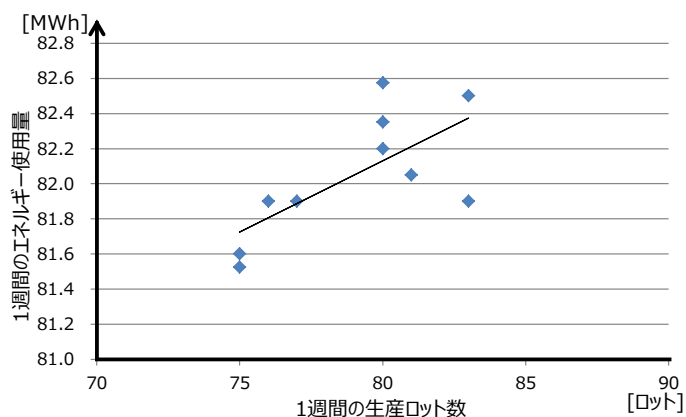


図 18 製品 A、B の生産ロット数とエネルギー使用量の X-Y ダイアグラム

10 週分のデータをプロットした結果、生産ロット数とエネルギー使用量の関連性(相関)が弱いことが判りました。さらに、EnM チームは、本書の 4 - 3 節と 4 - 4 節を詳しく読み、製品 A と製品 B をまとめて解析するのではなく、製品 A、製品 B に分けて分析した方が良いと判断しました。このため、製品 A、製品 B の生産ロット数の変化を確認してみました。(図 19)

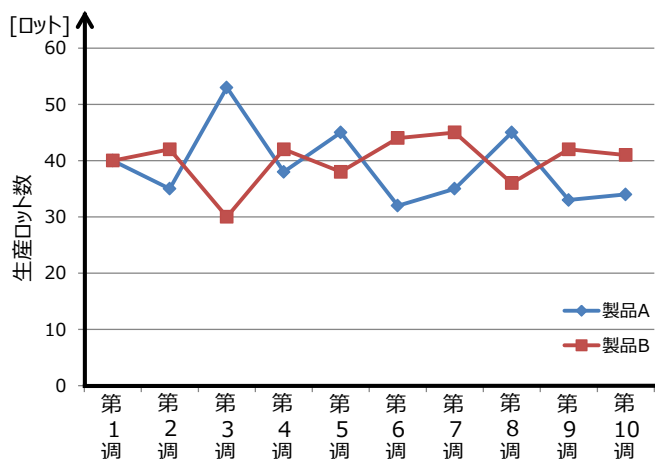


図 19 週ごとの製品 A、製品 B の生産ロット数

③ 案分したエネルギー使用量と各製品のロット数

さらに、エネルギー使用量を製品 A、製品 B の生産ロット数で案分し、製品ごとに、エネルギー使用量と生産ロット数の関連性をみることにしました。エネルギー使用量の案分値は以下の式を用いて計算し、各製品の生産ロット数との関連を、X-Y ダイアグラムにプロットしました(図 20)。

$$\text{製品 A のエネルギー使用量 (案分値)} = \text{エネルギー使用量} \times \frac{\text{製品 A の生産ロット数}}{\text{生産ロット数}}$$

$$\text{製品 B のエネルギー使用量 (案分値)} = \text{エネルギー使用量} \times \frac{\text{製品 B の生産ロット数}}{\text{生産ロット数}}$$

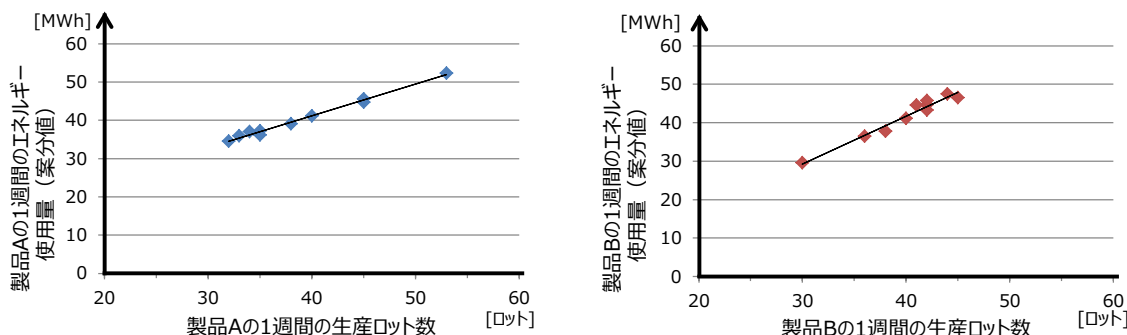


図 20 製品 A 及び製品 B の生産ロット数とエネルギー使用量(案分値)の関係

製品 A、製品 B の生産ロット数と、製品それぞれに案分したエネルギー使用量の間には強い相関があることが判りました。そのため、EnM チームは、製品 A の生産ロット数、製品 B の生産ロット数は、加熱炉の関連変数であると判断しました。

④ 統計モデルによるエネルギー使用量の予測式

さらに、EnM チームはエネルギー使用量と製品 A、製品 B の生産量の関係を統計分析してみました。その結果、以下の数式でエネルギー使用量を表せることがわかりました。

$$\begin{aligned} \text{エネルギー使用量 } E &= KA \times \text{製品 A ロット数 } PA \\ &+ KB \times \text{製品 B ロット数 } PB \\ &+ C \quad \text{----- EnPI ①} \end{aligned}$$

但し KA = 350 (MWh / lot )

KB = 425 (MWh / lot)

C = 400 MWh

この数式は、5章で説明された「統計モデル」というタイプの EnPI にあたります。この数式に 1 週間の製品 A、B の生産ロット数を入れると、エネルギー使用量が算出されますので、毎週、生産計画を入れて、予測値と実測値の差分をトレンドグラフで管理していくことができるようになりました。これにより設備の効率変動や、運転の方法や設備の改良の効果も定量化できます。

EnM チームは、第 2 の EnPI として、このモデルの予測値と実測値の差を管理することにしました。

⑤ 関連変数の分離

EnM チームは本書の 4-3 項を詳しく読んでみました。加熱炉には関連変数が 2 つ以上あることがわかっていますので、関連変数が 1 個になるように **EnPI の境界**を分割してみることにしました。EnM チームは、加熱炉の担当者からヒアリングし、製品 A、製品 B の熱処理、スタンバイ中と、3 種類の状態に合わせて設定温度が変わっていることがわかりました。そこでこれらの動作ステータスとエネルギー使用量の関係を調べてみることにしました。

EnM チームは、加熱炉のエネルギー使用量、加熱炉のステータスの連続的な計測に、熱処理ラインの生産技術者の協力を得て取り組みました。この測定は以下のように行われました。図 21 のように、1 台のレコーダーに、加熱炉のエネルギー使用量(電力量)と、製品 A の処理中を示す信号、製品 B の処理中を示す信号の、3 つの信号を記録しました。

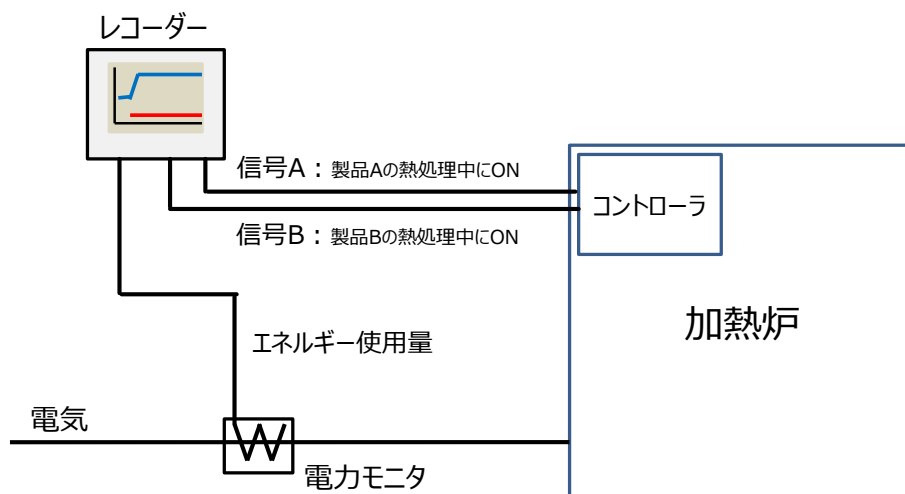


図 21 加熱炉のエネルギー使用量と加熱炉の動作ステータスの記録方法の例

製品 A の処理中を示す信号と製品 B の処理中を示す信号は、加熱炉のコントローラから取り出しました。この信号は、ON の時に“1”、OFF の時に“0”となります。この信号が“0”から“1”に切り替わったとき、加熱処理する材料の搬入が終わり、加熱処理が始まります。さらに“1”から“0”に切り替わったとき、加熱処理が終了し、材料が搬出され始めます。加熱炉は、搬出が終わるとスタンバイ状態となり、次の搬入を待ち受けます。

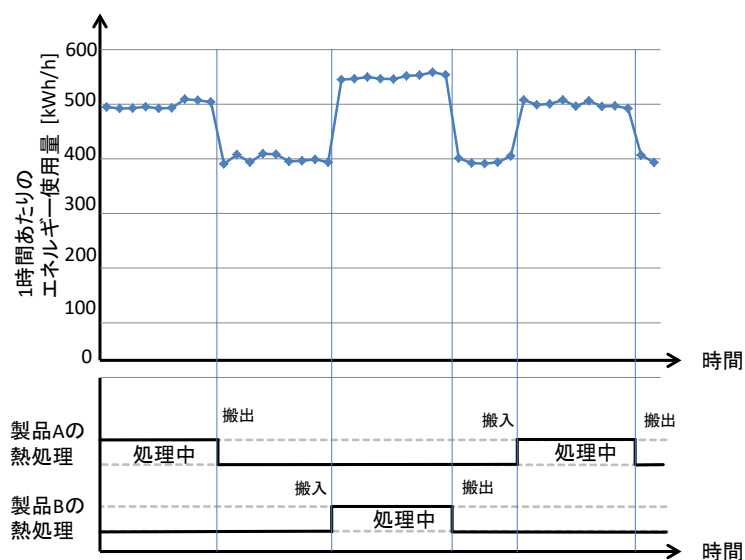


図 22 加熱炉のエネルギー使用量の測定結果

図 22 に示すように、エネルギー使用量は大きく変動しており、加熱炉への材料搬入、搬出のタイミングで変化すること、製品の品種によって変わる様子がわかりました。

熱処理した製品の品種と待機時間で、エネルギー使用量トレンドを整理すると、図 23 のようになりました。加熱炉のステータスとは、加熱炉の動作状態のことです。製品 A の熱処理をしている場合は“製品 A”、製品 B の熱処理をしている場合は“製品 B”、熱処理をせずにスタンバイ(待機)している場合は“待機”となります。

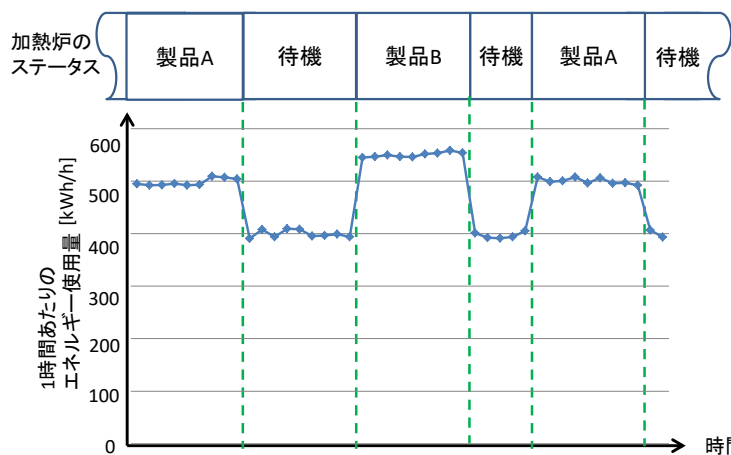


図 23 加熱炉のステータスごとに分類したエネルギー使用量の測定結果

EnM チームは、測定したデータから、“製品 A”、“製品 B”、“待機”の各ステータスのエネルギー使用量の平均値、最大値、最小値を算出しました。(図 24)。

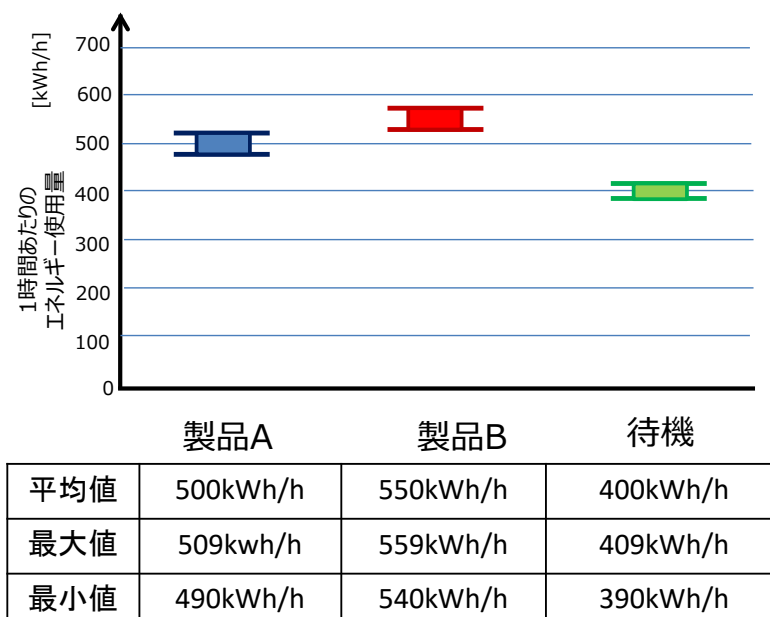


図 24 加熱炉の各ステータスのエネルギー使用量の分布範囲

EnM チームは、加熱炉の各ステータスのエネルギー使用量から、加熱炉のエネルギーの使用状況を以下のように結論付けました。

- 加熱炉の時間軸方向のバウンダリは、以下のステータスに分けられる。
  - “製品 A”：製品 A 製造中
  - “製品 B”：製品 B 製造中
  - “待機”：待機中
- 各ステータスでエネルギー使用量が異なる。
- “製品 A”の 1 時間あたりエネルギー使用量は、1 ロットあたり約 500kWh/h であり、製造には常に 1.5 時間かかるので、エネルギー使用量は 1 ロットあたり約 750kWh となる。
- “製品 B”の 1 時間あたりエネルギー使用量は、1 ロットあたり約 550kWh/h であり、製造には常に 1.5 時間かかるので、エネルギー使用量は 1 ロットあたり約 825kWh となる。
- “待機”の 1 時間あたりのエネルギー使用量は、ほぼ一定で約 400kWh である。生産量の増減により待機時間が変わるため、1 回の“待機”のエネルギー使用量は変動する。

EnM チームは、把握した、これらの加熱炉のエネルギー使用状況から、エネルギーパフォーマンス向上対策の検討をはじめました。



## 9-1-4 エネルギーパフォーマンス向上対策の検討

EnM チームは、加熱炉のエネルギーの使われ方を解析できたことから、エネルギーパフォーマンス向上対策の検討を行うことにしました。加熱炉の動作ステータスに応じて、エネルギー使用量を削減できないか、生産技術者を交えて、検討を行いました。

### ① “製品 A”、“製品 B” エネルギー使用量

まず、“製品 A”、“製品 B”のステータスにおけるエネルギー使用量の適切性と改善可能性について検討を行いました。生産技術者によると、“製品 A”、“製品 B”共に、それぞれの設定温度が適切であること、エネルギー使用量が適切であることを、定期的に測定しているとのことでした。また、2 年後に改修を予定しており、それまでは大きな変更はできないとのことでした。このため、EnM チームは、“製品 A”、“製品 B”のステータスに対しては、エネルギーパフォーマンス向上対策を行わず、運転管理用の EnPI を定めるだけになりました。

運転管理用の EnPI は、以下のように定めました。まず、“製品 A”のエネルギー消費原単位(1 ロット、1 時間あたりのエネルギー使用量)を EnPI として採用し、次に EnPI の変動の管理範囲(許容範囲)を設定しました。許容範囲は、ロット間の EnPI の値のばらつきの実績を確認して決めました。(図 25 参照)

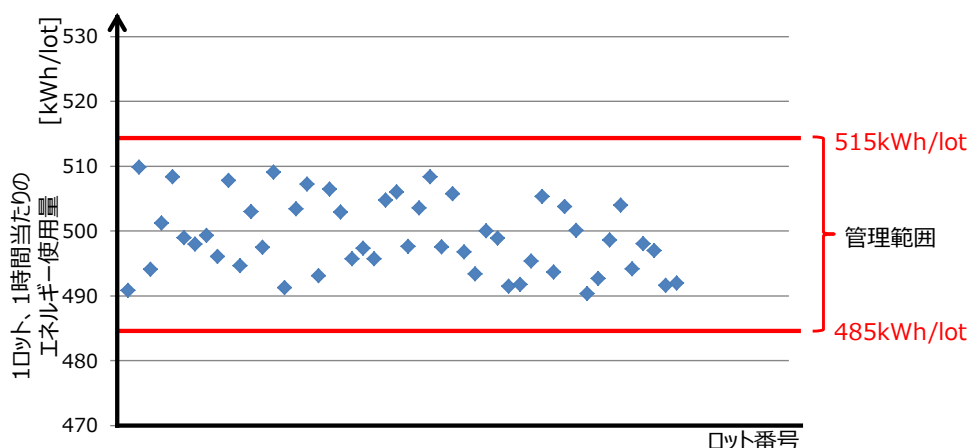


図 25 製品 A 製造時のエネルギー使用量

EnM チームは、“製品 A”の 1 時間あたりのエネルギー使用量の管理範囲を  $500\text{kWh} \pm 3\%$  に設定しました。製造には常に 1.5 時間掛かるので、エネルギー使用量は 1 ロットあたり  $750\text{kWh} \pm 3\%$  となります。もし、“製品 A”のエネルギー使用量が、この範囲を超過したときは、原因を調査し、対策を検討することを決めました。また、製品 B も同様に分析を行い、1 ロットあたり  $825\text{kWh} \pm 3\%$  の管理範囲を設定しました。

② “待機”のエネルギーパフォーマンス向上対策

次に、“待機”の検討を行いました。生産技術者によると、加熱炉の“待機”は、次に投入される材料の予熱のために温度設定されていることが判りました。そこで、この設定温度を下げることはできないか、その効果はどうかの検討をはじめることになりました。

生産技術部は、技術部の支援のもと、設定温度の変更値、その実現方法、製品の品質や生産速度への影響などの分析やエネルギーコストの削減量の検討<sup>2</sup>などを行い、品質や納期には影響がほとんどなく、簡単に効果の大きい対策になりえることが判りました。

設定温度の変更は、品質への影響が無いように、実験装置を使って慎重に検討されました。さらに消費電力の削減見積もり(約 100kW)が作られました。通常、1 週間におよそ 50 時間の待機時間があることがわかっており、電力単価を 10 円/kWh とすると、その効果は 5 万円/週と推定されました。

EnMチームは、工場長や製造部長に、これまでのデータ分析の結果と、これを基にしたエネルギーパフォーマンス向上対策を提案(改良方法とその推定効果)しました。工場長及び製造部長は、この提案の採用を決定し、まずは短期間の試験運用を行うことになりました。

試験運用は無事成功し、実機での測定では、“待機”の 1 時間あたりのエネルギー使用量を 100kWh 削減できることが確認されました(図 26)。

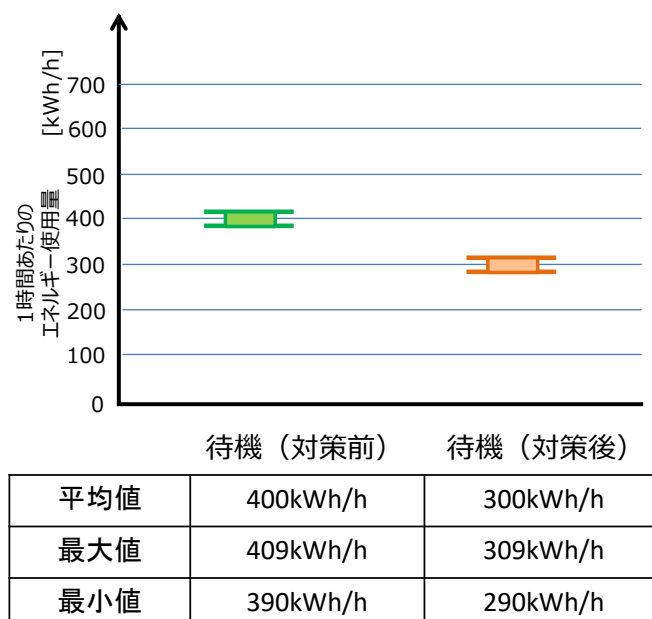


図 26 “待機”の対策効果の分布範囲

加えて、製品の品質や、納期に影響が出ないことが確認できたため、このエネルギーパフォーマンス向上対策の採用が承認されました。

<sup>2</sup> 待機温度を下げた場合、厳密には、“製品 A”、“製品 B”におけるエネルギー使用量を増やす必要がありましたが、この事例では加熱性能が高いため、その量は無視することが出来ました。

## 9-1-5 EnPI の特定

これに先立ち、EnM チームは、今回の対策の効果確認と日々のエネルギーマネジメントのために、関連部署と運用方法や責任者などを調整して、表 6 に示す EnPI、EnB、エネルギー目標を設定しました。

表 6 加熱炉に設定した EnPI

No	EnPI (単位)	EnPI の タイプ	計算式	目的	EnB  注： 単位は EnPIと 同一	エネルギー 目標  注： 単位は EnPIと 同一	EnPI の ユーザ
1	週次エネルギー 使用量 [kWh/week]	測定値	—	コスト管理	81,800	なし	工場長 動力課
2	加熱炉の エネルギー使用量 の予実差分( $\Delta E_f$ ) [kWh]	統計 モデル	$\Delta E_f = EE_f - AE_f$ $EE_f$ (EnB モデルの予測値) $= 350 Q_A + 425 Q_B + 400$ $Q_A$ : 製品 A のロット数 $Q_B$ : 製品 B のロット数 $AE_f$ : エネルギー使用量実測値	設備の 効率変動 と省エネ対策 の可視化	$EE_f$ $= 350 Q_A$ $+ 425 Q_B$ $+ 400$	$\Delta E_f < 5\%$	生産技術者 運転員
3	製品 A の エネルギー 消費原単位 ( $SEC_A$ ) [kWh/ロット]	測定値 の比率	$SEC_A = E_A / Q_A$ $E_A$ : “製品 A”エネルギー使用量 $Q_A$ : 製品 A のロット数	製品 A の エネルギー 消費原単位 維持	750	$750 \pm 3\%$	製品 A の BU 長 生産技術者 運転員
4	製品 B の エネルギー 消費原単位 ( $SEC_B$ ) [kWh/ロット]	測定値 の比率	$SEC_B = E_B / Q_B$ $E_B$ : “製品 B”エネルギー使用量 $Q_B$ : 製品 B のロット数	製品 B の エネルギー 消費原単位 維持	825	$825 \pm 3\%$	製品 B の BU 長 生産技術者 運転員
5	“待機”の 1 時間あたりの エネルギー使用量 ( $E_{wn}$ ) [kWh/h]	統計 モデル	$E_{wn} = E_w / T_w$ $E_w$ : “待機”エネルギー使用量 $T_w$ : 待機時間(h)	“待機”の エネルギー 使用量の 削減管理	400	300	生産技術者 運転員
6	対策による 削減コスト ( $CD_w$ ) [円/週]	エンジ アリン グ モデ ル	$CD_w = (400 T_{ww} - E_{ww}) \times 10$ $T_{ww}$ : 1 週間の待機時間(h) $E_{ww}$ : 1 週間の“待機”エネルギー 使用量	“待機”の エネルギー 使用量の 削減管理 と効果把握	0	50,000	工場長 生産技術者 運転員

## 9-1-6 施策の実施状況の確認

EnMチームは、“待機”に対する対策を行った後、加熱炉のエネルギー使用量の分析を行いました。この結果、**図 27** に示すように、待機時のエネルギー使用量が計画通り削減されていることが確認されました。

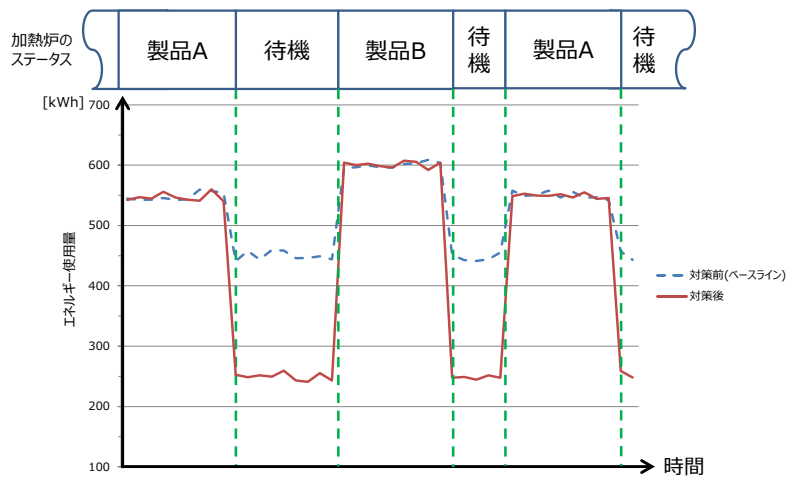


図 27 施策実施後の加熱炉のエネルギー使用量

## 9-1-7 対策効果の測定

対策効果は、**表 6** の No.5 の EnPI 「“待機”の 1 時間あたりのエネルギー使用量」と、**表 6** の No.6 の EnPI 「対策によるコスト削減効果」のふたつの EnPI で測定します。

**表 6** の No.5 の EnPI、「“待機”の 1 時間あたりのエネルギー使用量」は、以下のように測定します。生産の状況によって、加熱炉の待機時間が変わりますが、対策前と対策後で同等の条件で比較するため、待機の時間で正規化したエネルギー使用量、すなわち“待機”1 時間当たりのエネルギー使用量で表します。EnM チームは、この EnPI を算出し、**図 28** のグラフを用いて、エネルギー目標と比較し、削減量を毎日確認することになりました。

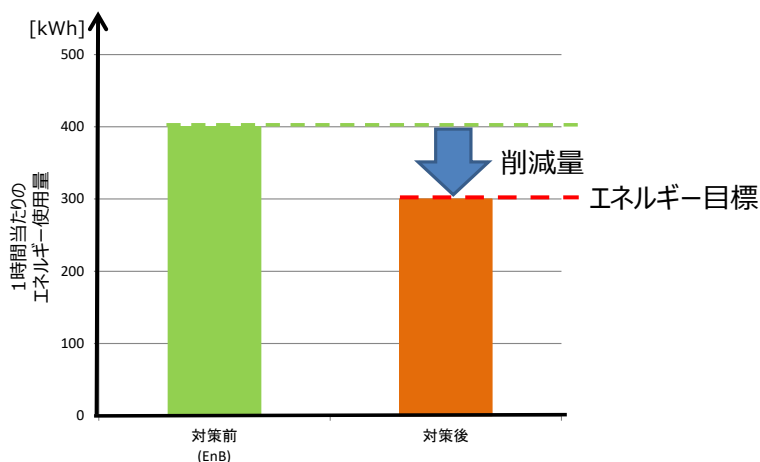


図 28 “待機”の 1 時間あたりのエネルギー使用量の比較

また、工場長向けの指標として、対策による削減コストの EnPI(表 6 の No.6)を設定しました。これは、対策によるエネルギー削減量をコストに換算したものです。“製品 A”、“製品 B”のエネルギー使用量は変わりませんので、“待機”の対策効果だけで加熱炉全体のエネルギー削減コストが算出できます。この EnPI を用い、「15 週間で 75 万円(1 週当たり 5 万円)のコスト削減」がエネルギー目標に設定されました。目標達成の進捗を可視化するため、エネルギー目標に対する進捗を、図 29 のような累積グラフで表すことにしました。この結果を EnM チームは、毎週工場長に報告し、さらに社員にも広報しています。

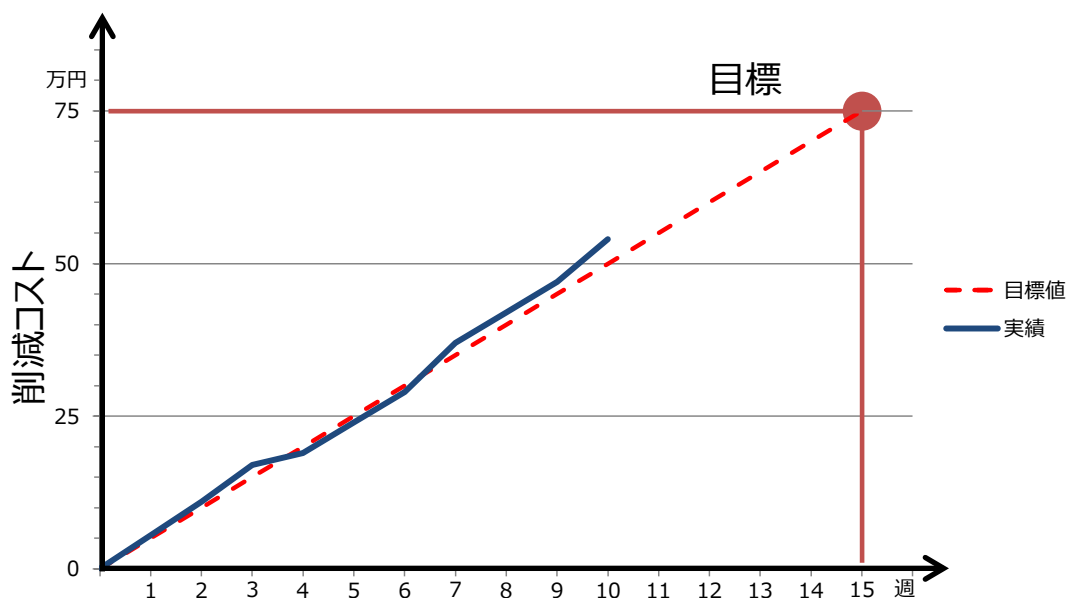


図 29 対策による削減コストの指標

第 10 週を迎え、削減コストが目標値よりも超過達成したため、その原因が検討されました。目標よりも効果が出た原因は、計画した生産量よりも、実際の生産量が若干減少し、加熱炉の待機の時間が長かったため、対策が正しく行われていることが確認されました。

コスト削減の効果が計画通り出ていることから、工場長は経営層に対し、投資効果が高いコストダウン施策として、この対策を他工場へ展開する提案をしました。EnM チームは、複数の EnPIs によるエネルギー管理の有効性を確認することができ、大きな自信を持ちました。現在は、投資額は大きいですが、さらに費用対効果が大い対策の検討を行っています。

## 9-2 動力部門への EnPI 導入の例

動力部門は、ガスや重油、電気などのエネルギーを購入し、これらを用いて蒸気や冷却水、エアなどを生産し、電気等の購入エネルギーに加えて工場内のプラントや設備に供給します。これらのエネルギーを供給する設備のことを用役設備（ユーティリティ設備）と言い、様々な種類の発電機、冷凍機、熱交換器、ボイラ、蓄熱槽、コンプレッサ等の設備があります。

本節では、組立加工工場のユーティリティ設備を管理する動力・保全部門を例に取り上げ、EnPIs を活用してエネルギーの使われ方の分析とその改善事例を説明します。

### 9-2-1 対象施設の概要

A 工場は自動車関連の変速機製造工場であり、年間のエネルギー使用量も原油換算で約 3、200kl/年となっており、第 1 種エネルギー管理指定工場となっています。このため、省エネルギー法に基づき、分母を製品の生産額にした工場全体のエネルギー消費原単位を設定してエネルギー管理を行っていました。

さらなるエネルギー効率の改善のため、EnPIs と EnBs を用いたエネルギーマネジメントを導入することになりました。そのため、製造部署、動力・保全部門、生産技術部、各製品の BU の選抜メンバーからなるエネルギーマネジメントチーム(EnM チーム)が結成されました。本節では、EnM チームの活動の中で、ユーティリティ設備を対象とする動力・保全部門のエネルギーマネジメント活動を紹介します。

A 工場は、B 社の中核工場の一つと位置づけられ、プレス工程、樹脂成型工程、溶接工程、塗装工程、組立工程、検査工程などの各種ラインが設置されています。これらの製造工程に電気エネルギー、熱エネルギー、蒸気エネルギーを供給するために、**図 30** のようなユーティリティ設備があります。

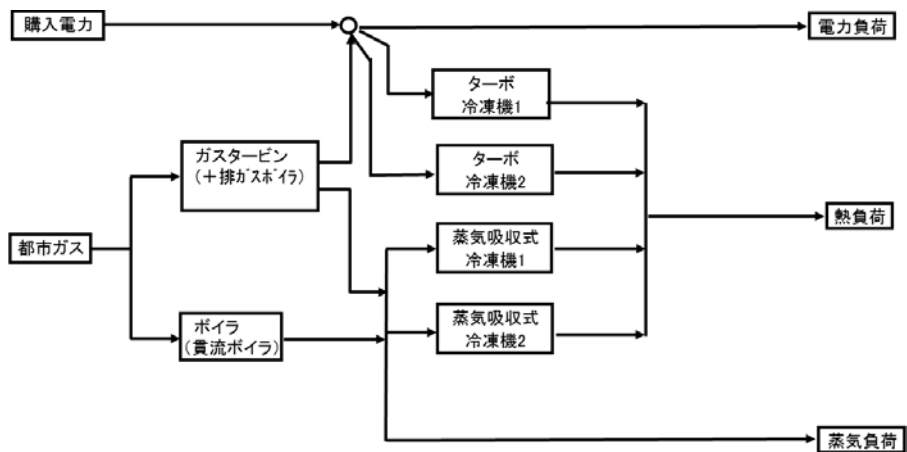


図 30 対象工場のユーティリティ設備

## 9-2-2 エネルギーレビュー（エネルギー需要バランスの把握）

動力保全部門では、これまでもユーティリティ設備の運用として様々な工夫を行ってきています。例えば、電力の購入は電力会社と「高圧季時別時間帯別電力契約」を契約し、ガスの購入は「業務用・工業用選択約款－コージェネレーションシステムパッケージ契約－1種(コジェネ 25kW 以上)」を契約しています。その上で、電力単価が安い時間帯にはできるだけ購入電力を多く受電し、電力単価が高い時間帯には受電を少なくし、できるだけガスタービンで発電することを考えて運転する、いわゆる電主熱従運転を行っています。この運転は、電力需要の一日の推移状況に合わせて動力・保全部門が独自にまとめ上げた運転ルールで行っています。

また、2台のターボ冷凍機に関しては負荷に応じた台数制御の採用により、無駄な運転を減らす工夫を行っています。このように、動力保全部門として様々な工夫を行うことでエネルギー供給の効率化を進めてきており、十分に最適なユーティリティ供給を実現できていると考えていました。

### (1) EnPIs の設定

エネルギーマネジメント活動として、まずは各部門のエネルギーの使用実態を把握するためのエネルギーレビューを実行することになりました。動力・保全部門は、これまでも前述のようにエネルギーの効率的な供給に取り組んできていましたが、この機会にエネルギーの使用実態として工場のユーティリティ設備で供給している電力負荷、蒸気負荷、熱負荷の需給バランスの実態を把握することとしました。

そこで、エネルギー種別ごとに工場全体と各ユーティリティ設備についての1時間ごとの需要量と供給量を、基本的な EnPIs として設定しました（表 7、表 8）。動力・保全部門としては複数種類のエネルギーを管理する必要があるため、全て熱量（kWh）に換算した指標としました。

表 7 EnPIs 一覧（需要）

エネルギー種別	EnPIs	測定 単位	備考
電力	工場電力需要量	kWh	
	ターボ冷凍機 1 電力需要量	kWh	
	ターボ冷凍機 2 電力需要量	kWh	
熱	工場熱需要量	MJ	MJ を kWh に換算
蒸気	工場蒸気需要量	t	t を kWh に換算
	蒸気吸収式冷凍機 1 蒸気使用量	t	t を kWh に換算
	蒸気吸収式冷凍機 2 蒸気使用量	t	t を kWh に換算
	余剰蒸気量	t	t を kWh に換算

表 8 EnPIs 一覧 (供給)

エネルギー種別	EnPIs	測定単位	備考
電力	ガスタービン発電量	kWh	
	購入電力量	kWh	
熱	ターボ冷凍機 1 供給熱量	MJ	MJ を kWh に換算
	ターボ冷凍機 2 供給熱量	MJ	MJ を kWh に換算
	蒸気吸収式冷凍機 1 供給熱量	MJ	MJ を kWh に換算
	蒸気吸収式冷凍機 2 供給熱量	MJ	MJ を kWh に換算
蒸気	ガスタービン蒸気量	t	t を kWh に換算
	ボイラ蒸気量	t	t を kWh に換算

(2) エネルギーの使われ方の解析

表 7、表 8 に示した EnPIs を設定した後、1 か月間にわたってデータを測定してエネルギーの需給バランスを確認してみました。代表的なある一日の EnPIs の推移を図 31～図 36 に示します。

※グラフの横軸は、例えば 0:00 の棒グラフは 0:00～1:00 までの積算値を表示しています。

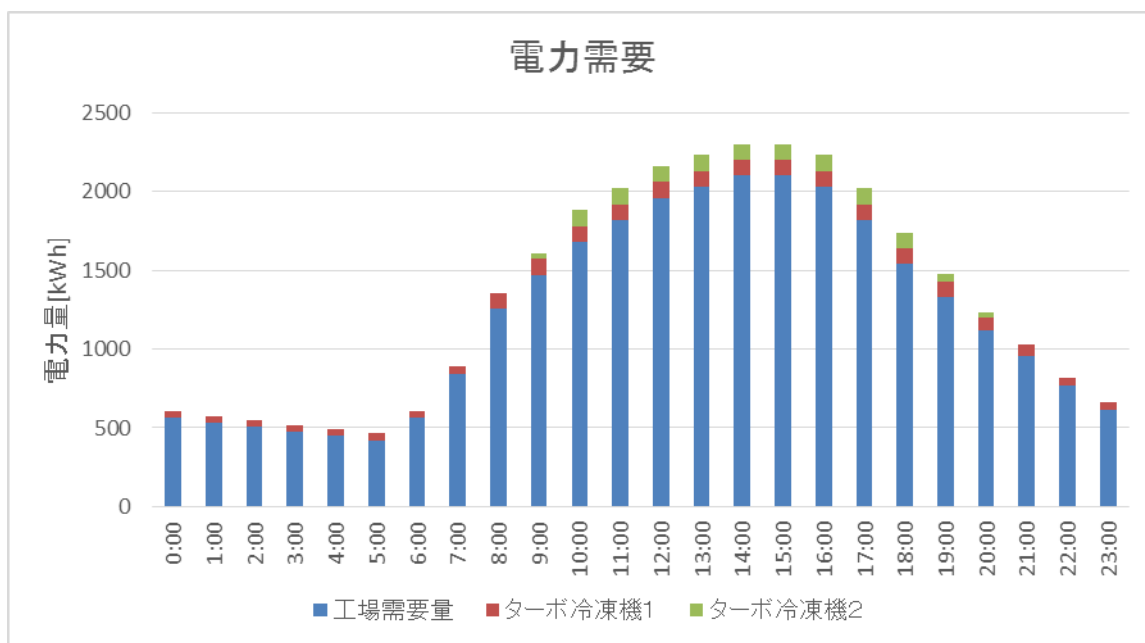


図 31 EnPI (電力需要関連)



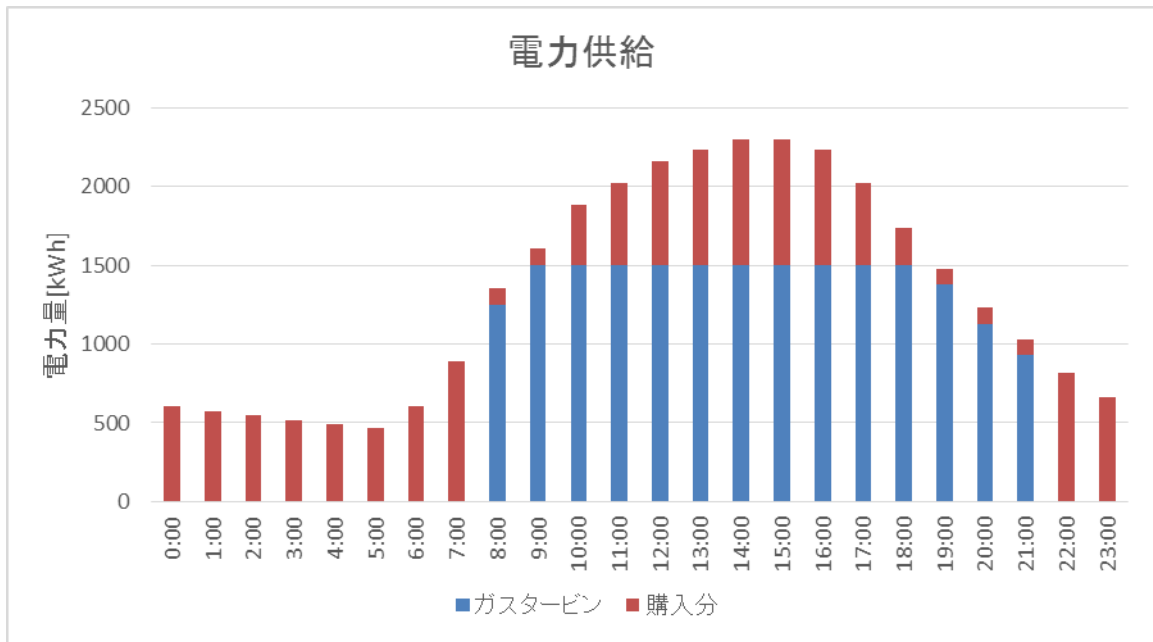


図 32 EnPI (電力供給関連)

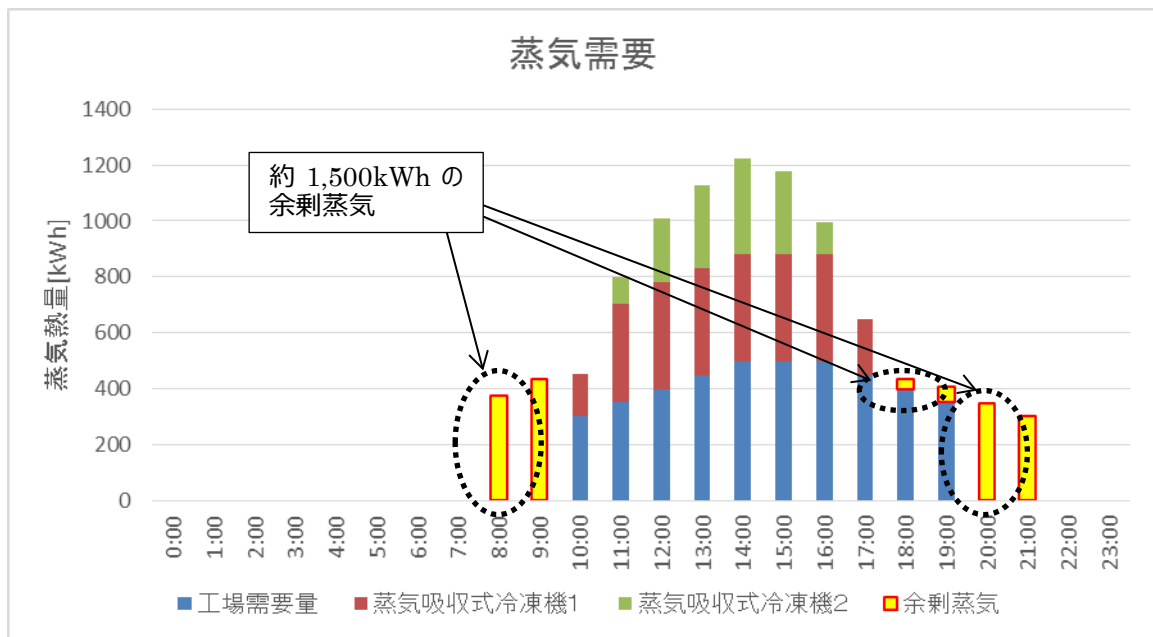


図 33 EnPI (蒸気需要関連)

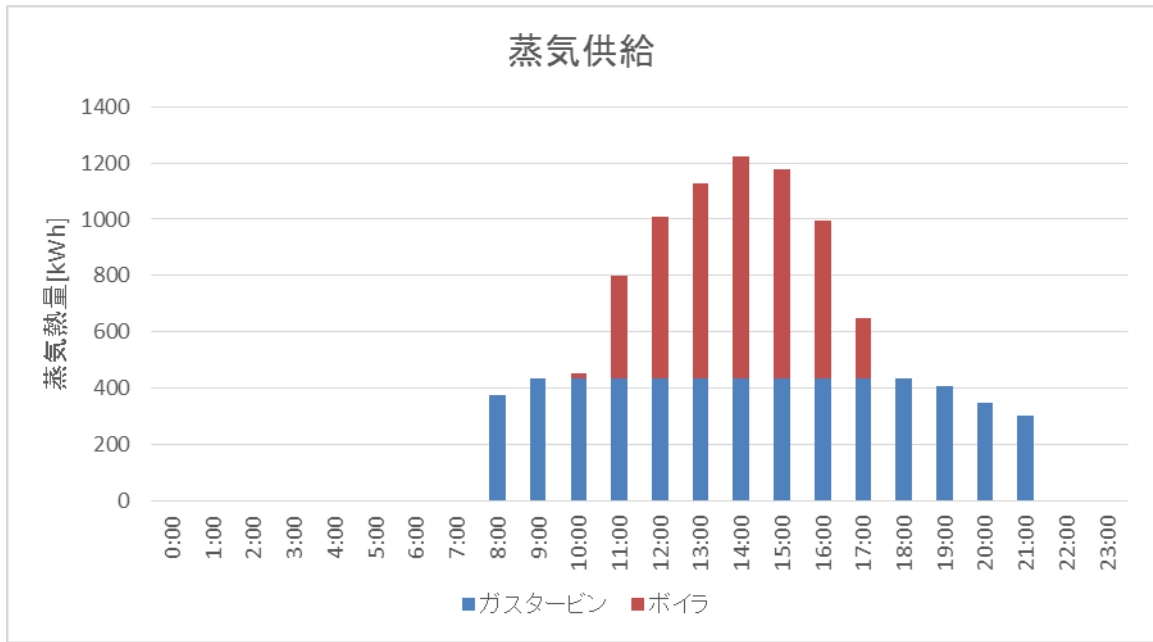


図 34 EnPI (蒸気供給関連)

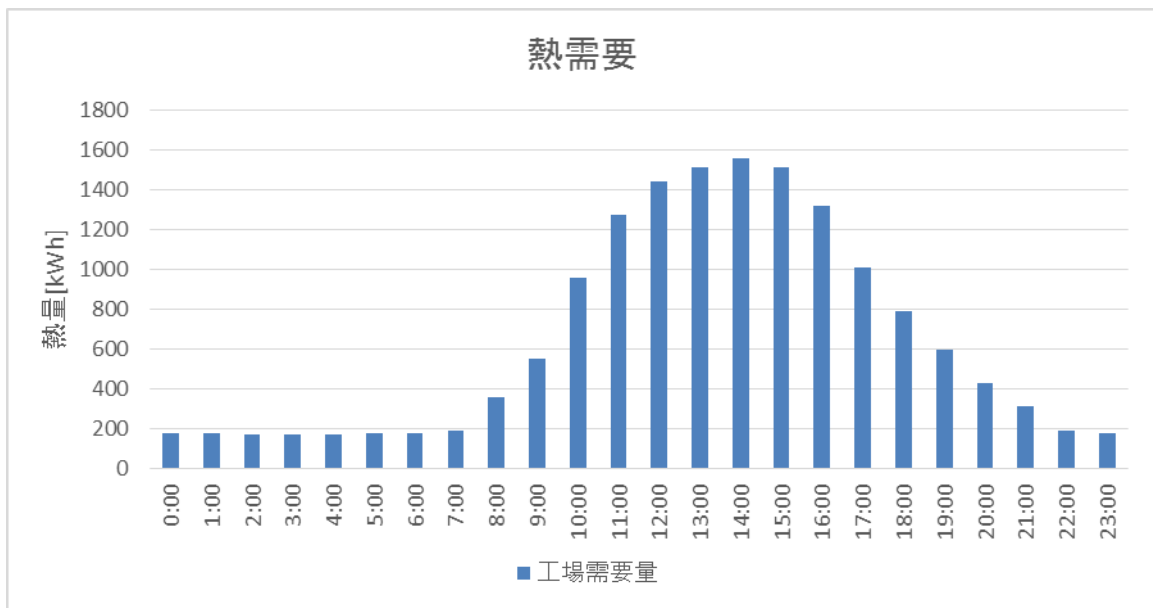


図 35 EnPI (熱需要関連)

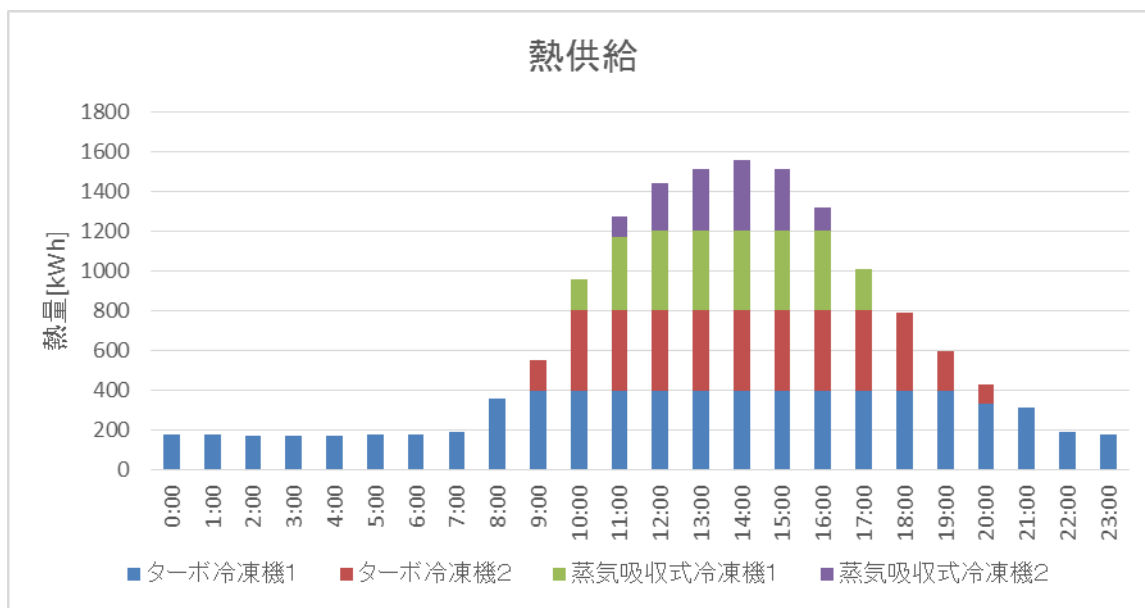


図 36 EnPI (熱供給関連)

(a) 電力需給関連

まず、図 31、図 32 に示した電力需要と電力供給について見てみます。工場の製造設備や建屋で消費される工場の電力需要と、ユーティリティ設備の一つである二台のターボ冷凍機の電力需要に対して、料金単価が高くなる8時～22時までの時間帯でガスタービンによって発電しつつ不足分は電力会社からの購入電力で賄えていることが分かります。それ以外の電力単価が安い時間帯は、ガスタービンを運転せずに全て購入電力で賄っています。

なお、8時～9時、19時～21時はガスタービンの最大出力（1,500kW）まで余裕があるにもかかわらず電力も一定量購入しているのは、ガスタービン発電によって系統側に逆流しないように、100kWの受電電力一定制御を行っているためです。

(b) 蒸気供給関連

次に、図 33、図 34 に示した蒸気需要と蒸気供給について見てみます。工場の製造設備で使われる工場の蒸気需要と、ユーティリティ設備の一つである二台の蒸気吸収式冷凍機の蒸気需要に対して、ガスタービンを運転している8時～21時の時間帯では、ガスタービンの排ガスボイラから得られる蒸気で供給し、不足分はボイラを焚くことで供給していることが分かります。

しかし、排ガスボイラから蒸気供給がされている時間帯の中で、8時～9時と20時～21時は蒸気需要が無いことが分かりました。18時、19時も実際の蒸気需要以上に供給されているので、つまり、これらの時間では蒸気が余っていることになり、その量は約1,500kWh相当であることも判明しました。

(c) 熱需要関連

最後に図 35、図 36 に熱需要と熱供給について示します。図から分かるように過不足なく熱需要に対して供給がなされています。このA工場には熱需要を発生するユーティリティ設備として、蒸気をもとにする蒸気吸収

式冷凍機と電気をもとにするターボ冷凍機があります。一般的にターボ冷凍機の COP は蒸気吸収式冷凍機の約 5 倍と言われており、実際の運転も効率が良いターボ冷凍機を優先して運転されていることが改めて確認できました。

以上の分析結果を EnM チームの定例会で報告した結果、電力単価の安い時間帯にガスタービンによる自家発電を行っていることや、効率の良いターボ冷凍機を優先的に使用し、さらに台数制御も採用するなど、これまでの取組みが理にかなったものであることが改めて評価されました。しかし、その一方で 1 日あたり約 1,500kWh 相当の余剰蒸気があることも注目に値する分析結果となりました。そこで、今後の動力・保全部門としては、この余剰蒸気を削減していくことを今後の活動目標として EnM チームに提案し、全会一致で承認されました。

### 9-2-3 エネルギーパフォーマンス向上対策の検討

エネルギーレビューの結果を受けて、EnM チームの各部門ではそれぞれ活動目標を立てることになりました。動力・保全部門としては、「余剰蒸気を削減しコストを下げる」を活動目標に設定しました。

動力・保全 EnM チームは、早速、余剰蒸気を減らすための対策検討に着手しました。

#### (1) エネルギーパフォーマンス向上対策の検討

エネルギーレビューの結果で、電力需要に合わせた、いわゆる電主熱従の運転ルールを採用していたために、蒸気需要が無い時間帯にも蒸気が供給され、結果的に余剰蒸気となっていたことが分かっています。そこで、EnM チームは蒸気需要の実態に合わせた運転ルールを策定することとしました。

とは言っても、電力単価の高い 8 時～22 時までの時間帯にガスタービン発電を優先して行う方針は変更したくはありません。そうすると、時間をかけて議論するまでもなく、「蒸気需要に合わせて 10 時～19 時にガスタービン発電を行い、それ以外の時間帯は購入電力で電力需要を賄う」という対策しか選択肢はありません。この対策を行った場合の運用ルールと、対策前の運用ルールの比較を表 9 に示します。

表 9 対策前後の運用ルールの比較

項目	対策前	対策後
ガスタービン発電	8 時～21 時で発電	10 時～19 時で発電
購入電力	ガスタービン発電で不足する分を受電	ガスタービン発電で不足する分を受電
発電に伴う蒸気	8 時～21 時で発生	10 時～19 時で発生
余剰蒸気	8 時、9 時、18 時、19 時、20 時、21 時で余剰発生	余剰発生なし

(2) 新たな EnPIs の設定

次に、先ほどのエネルギーパフォーマンス向上対策の効果を確認するために、表 10 に示す新たな EnPIs を追加設定しました。

表 10 新たな EnPIs 一覧（エネルギーコスト原単位）

EnPIs	単位	備考
購入電力コスト原単位	円/千台・日	生産量 1 日千台あたり
都市ガス購入コスト原単位	円/千台・日	生産量 1 日千台あたり
総エネルギーコスト原単位	円/千台・日	生産量 1 日千台あたり ※購入電力コスト+都市ガスエネルギーコスト

※エネルギーコスト原単位は、エネルギー単位量当たりのコストを指します。

## 9-2-4 エネルギーパフォーマンス向上や対策その1の結果

次に、1か月間にわたってエネルギーパフォーマンス向上対策に基づいた運用を実際に実施しました。その後、1か月間の運用結果に対して、当初の EnPIs と新たに追加した EnPIs を計算し、評価を行ってみました。その結果を図 37～図 42 と表 11 に示します。対策前のグラフと同様に代表日の一日分を示しています。

### (1) 対策後の EnPIs

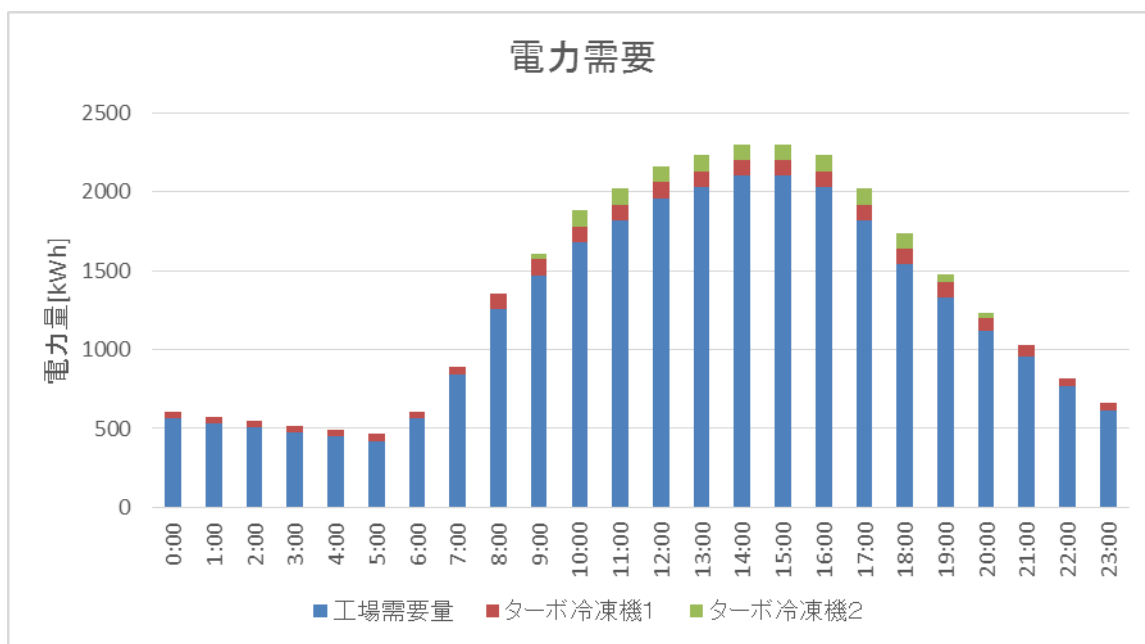


図 37 対策後 EnPI (電力需要関連)

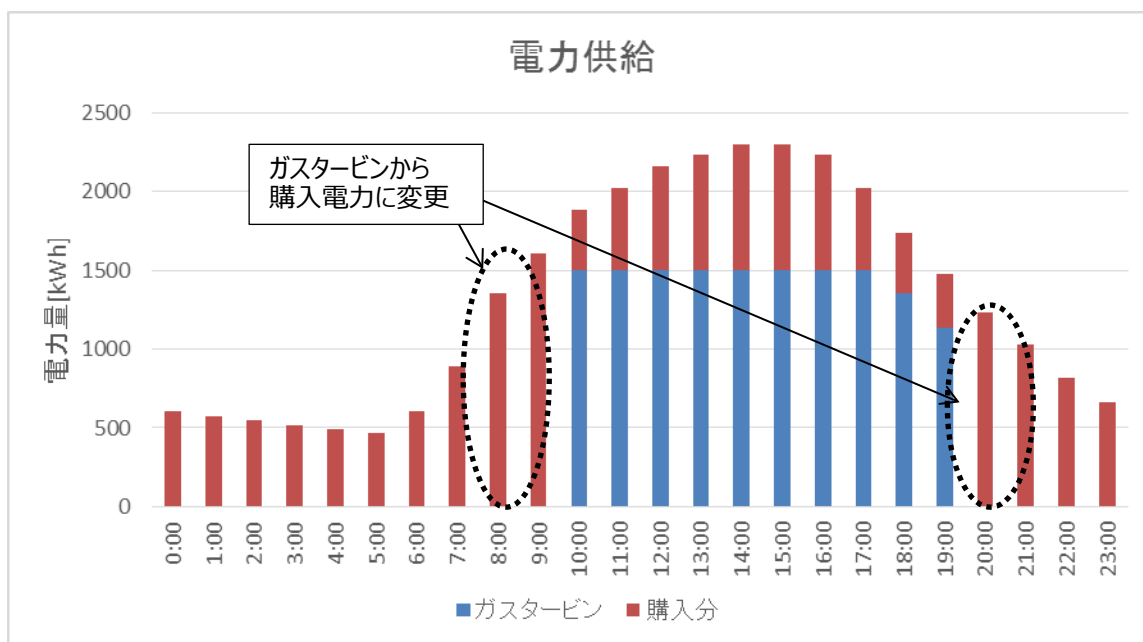


図 38 対策後 EnPI (電力供給関連)

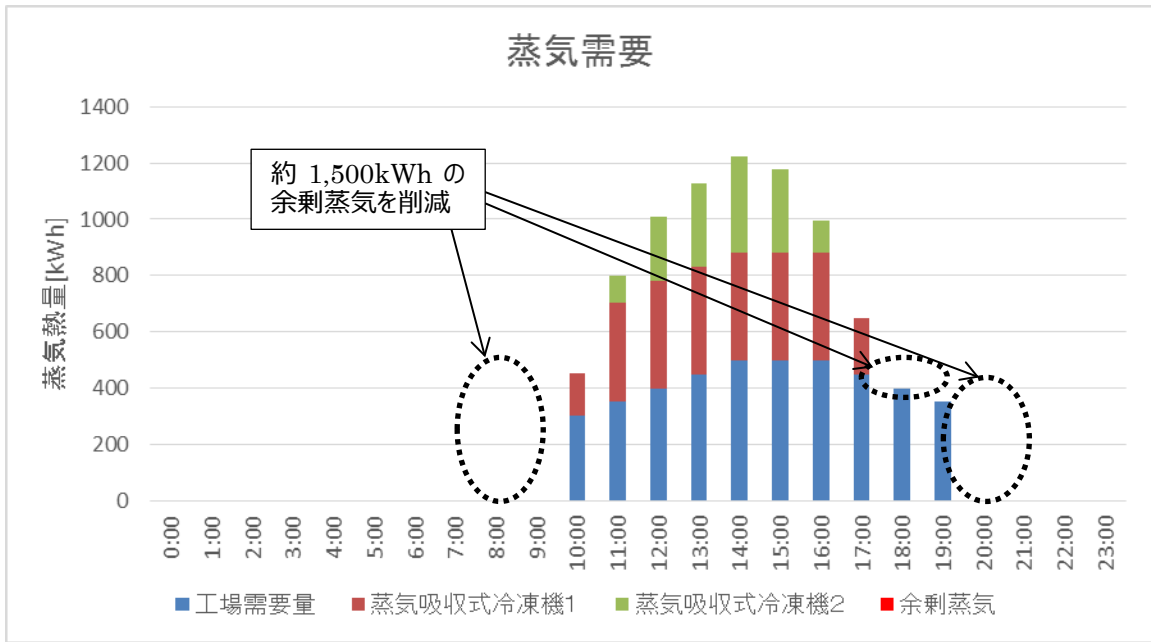


図 39 対策後 EnPI (蒸気需要関連)

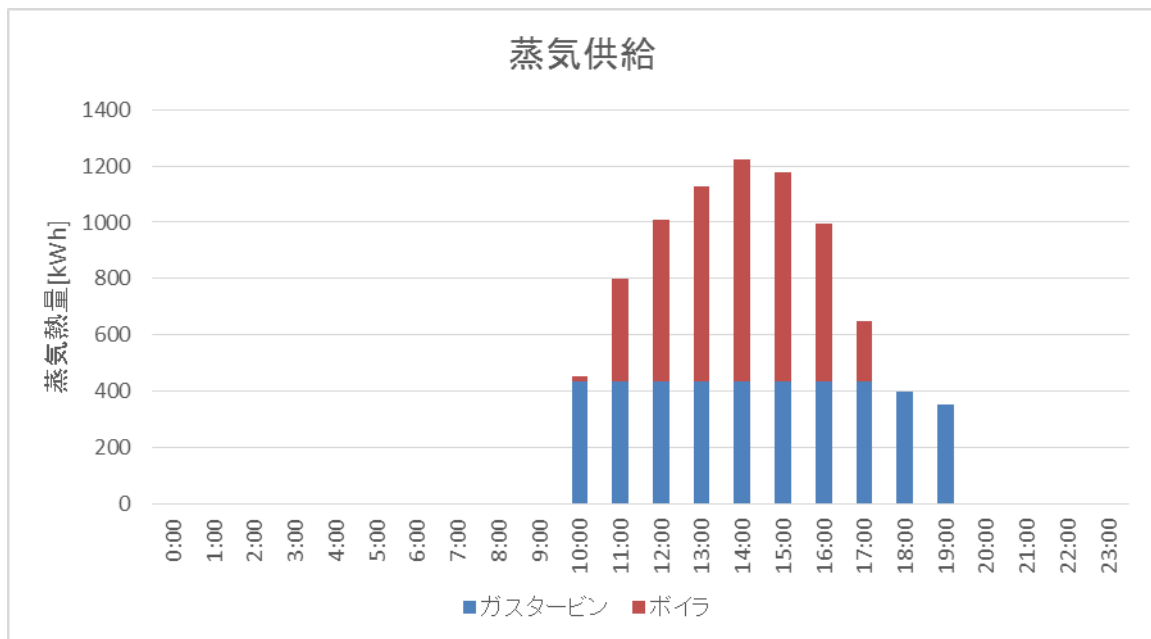


図 40 対策後 EnPI (蒸気供給関連)

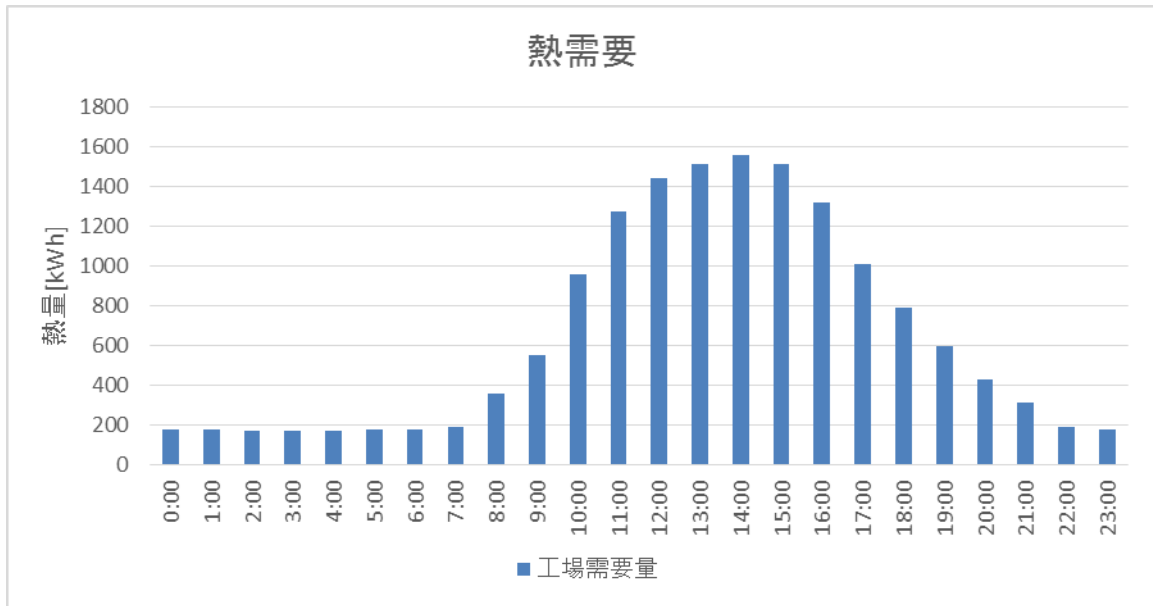


図 41 対策後 EnPI (熱需要関連)

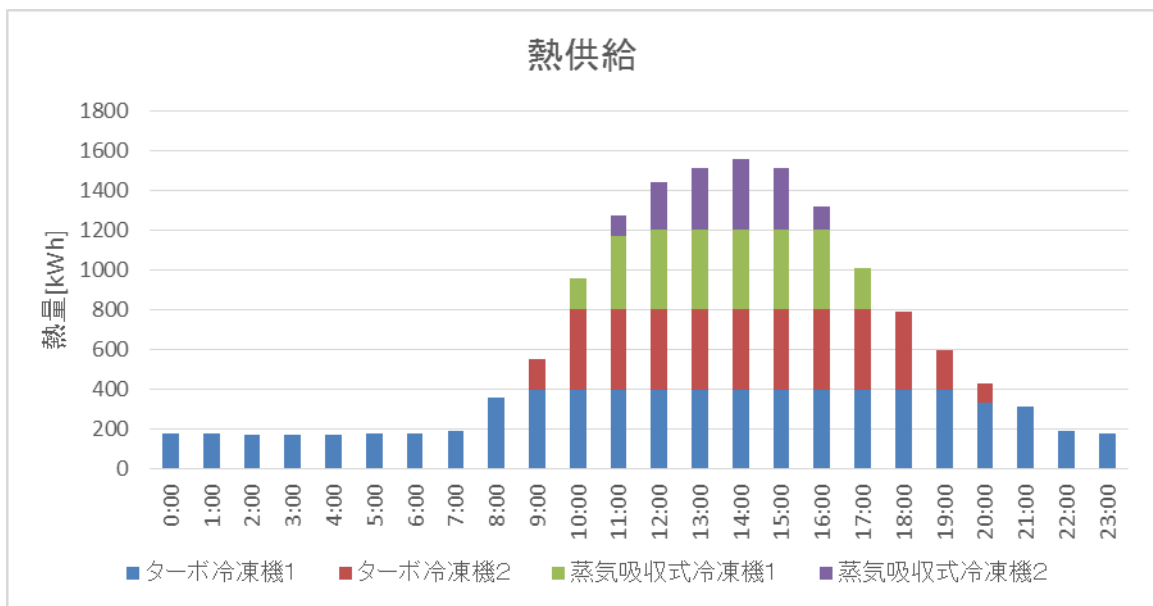


図 42 対策後 EnPI (熱供給関連)



表 11 対策後 EnPIs (エネルギーコスト原単位)

EnPIs (円/日)	①対策前	②対策後	改善率
購入電力コスト原単位	203,452	307,045	-50.92%
都市ガス購入コスト原単位	368,875	292,377	20.74%
総エネルギーコスト原単位	572,327	599,422	-4.73%

※ 改善率 (%) = (1 - ②対策後/①対策前) × 100

改善率 ≥ 0 : 改善を意味する。

改善率 < 0 : 悪化を意味する。

## (2) 効果の確認

「**図 38 対策後 EnPI (電力供給関連)**」と対策前の**図 32**とを比較してみると、8時、9時、20時、21時のガスタービン発電が購入電力に置き換わっており、対策通りの運用が行われていることが分かります。それに伴って、「**図 39 対策後 EnPI (蒸気需要関連)**」と対策前の**図 33**とを比較してみると、ここも目論見通りに余剰蒸気が削減されており、無駄を無くせていることが確認できました。

そこで、今回の対策用に新たに追加したエネルギーコスト原単位を計算してみました(**表 11**)。ガスタービンの発電時間帯が短くなったことで、逆に購入電力は増加しますので、購入電力原単位は50%増加、都市ガス購入コスト原単位は20%減少しました。

しかし、購入電力コストと都市ガス購入コストを合計した総エネルギーコストでは、対策前に比べて、4.73%の増加となってしまうことが分かりました。これは、金額で約 27,000 円/千台・日で、365日稼働で年間に換算すると約 1,000 万円のコスト増に相当します。

当初、測定ミスや計算ミスではないかと考えて、何度も数値のチェックを行いました。数値に誤りは見つからず、総エネルギーコスト原単位が対策後に悪化したことは間違いがないことが確認されました。

## (3) 原単位悪化の原因分析

EnM チームが緊急招集され、原単位悪化となった原因究明を行うことにしました。

まず、改めて、エネルギーパフォーマンス改善対策通りの運用がなされているかをチーム全員で確認しました。オペレーターにもヒアリングし、さらにデータの確認も行った結果、やはり間違いなく正しく運用がされていることは確認できました。さらに対策後の運転を行った1か月分全てのデータを確認してみましたが、ほぼ全ての日で総エネルギーコスト原単位が悪化していました。

次に、原因の分析ですが、今回の対策ではガスタービンの発電時間帯を蒸気需要の発生時間に合わせて短くすることで蒸気の余剰を抑えられた反面(**図 43**)、その分の時間帯の購入電力が増えてしまったためであることは間違いがないと思われました(**図 44**)。

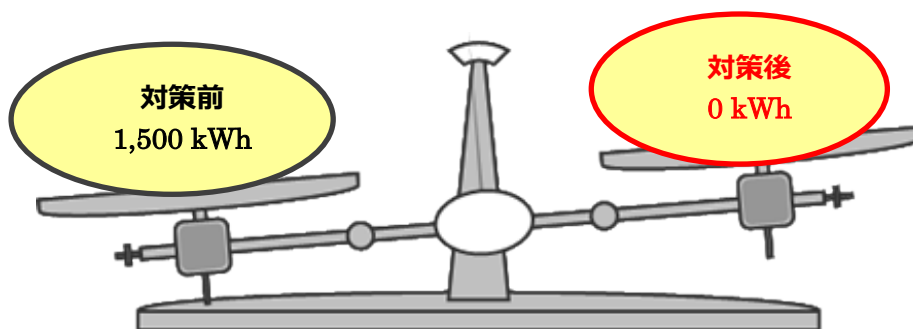


図 43 蒸気の余剰量 (1 日分)

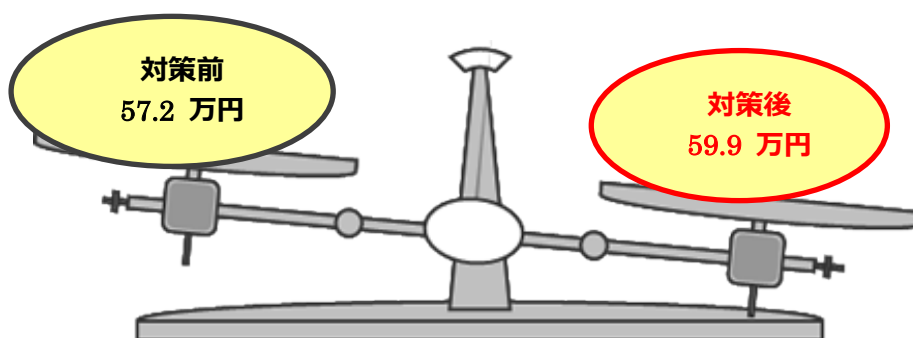


図 44 エネルギーコスト原単位 (1 日分)

この結果は、ガスタービンによる蒸気が余ってしまって捨てることになったとしても、ガスタービンによる発電を重視した方が良い場合があることを示しています。

となると、当初のように電主熱従でのガスタービン運用を基本にして、蒸気を捨てないような運用ができれば良いような気がします。電気を使って熱エネルギーを得るターボ冷凍機は、COP が蒸気吸収式冷凍機の約 5 倍と言われていることもあり、これまでターボ冷凍機優先の運転をしていましたが、ターボ冷凍機の運転を少なくし、余剰蒸気を活用して蒸気吸収式冷凍機の運転を増やすことも考える必要がありそうでした。

そこで、EnM チーム全員で改めて、電力、蒸気、熱の 3 種類のエネルギーの間関係を整理してみました。整理した結果を図 45 に示します。

図 45 に整理した相関関係をチーム全員で見ながら議論していると、やはり、当初の運用である電力単価が安い夜間は電力購入優先、電力単価が高い昼間は発電優先、効率の良いターボ冷凍機の優先運転、さらに加えて排ガスボイラの蒸気を捨てない運用が重要であることが分かります。

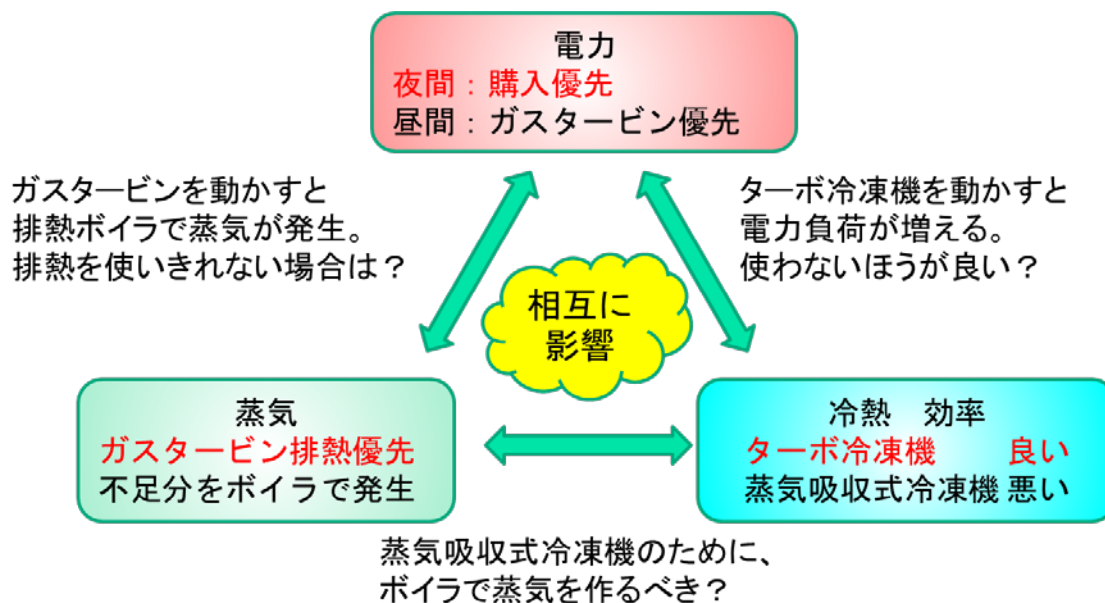


図 45 電力、蒸気、熱の相関関係

しかし、時々刻々変化する需要状況に合わせて、また都市ガス単価も時期によって大きく変動することも考慮に入れながら、さらに製造している物量や製品種別の変動、ユーティリティ設備の経年劣化による効率低下など、様々な要因を考慮しながら、適切な運用をオペレータが人手で決めながら手動運転することは、非常に難しいと思われました。事実、オペレータもここまで要求されるのは、とても無理だとの意見でした。

## 9-2-5 エネルギーパフォーマンス向上対策の再検討（連携制御の導入）

総エネルギーコスト原単位の削減を目標にして、EnPI を設定し、エネルギーレビューを行い、改善対策を検討し、さらに改善したつもりで改悪になっていた原因追究を、ここまで分析したことはこれまでもありませんでした。折角ここまで苦労してきたので、なんとかもう一息工夫して、目標達成したいという意識はこれまで以上に EnM チームに広がっていました。

そこで、自分たちの問題解決につながる技術は何か無いかと探していると、一般社団法人 電子情報技術産業協会（JEITA）で普及活動をしている、ユーティリティプラント全体での最適運転を可能とする連携制御という技術があることが分かりました。調べてみると、「連携制御ガイドブック<sup>3</sup>」や様々な事例が公開されており、取り寄せて読んでみると、まさに自分たちの問題を解決するポテンシャルを秘めた技術だとわかりました。

### (1) 連携制御の概要

連携制御とは、動力・熱源設備等の供給側をダイナミックに変動する需要にあわせて全体最適を実現する技術です（図 46）。

連携制御の普及活動をしている JEITA のメンバー企業に問い合わせてみると、省エネルギー製品やサービスをビジネス展開している部門がいろいろな連携制御製品を提供していることも分かりました。

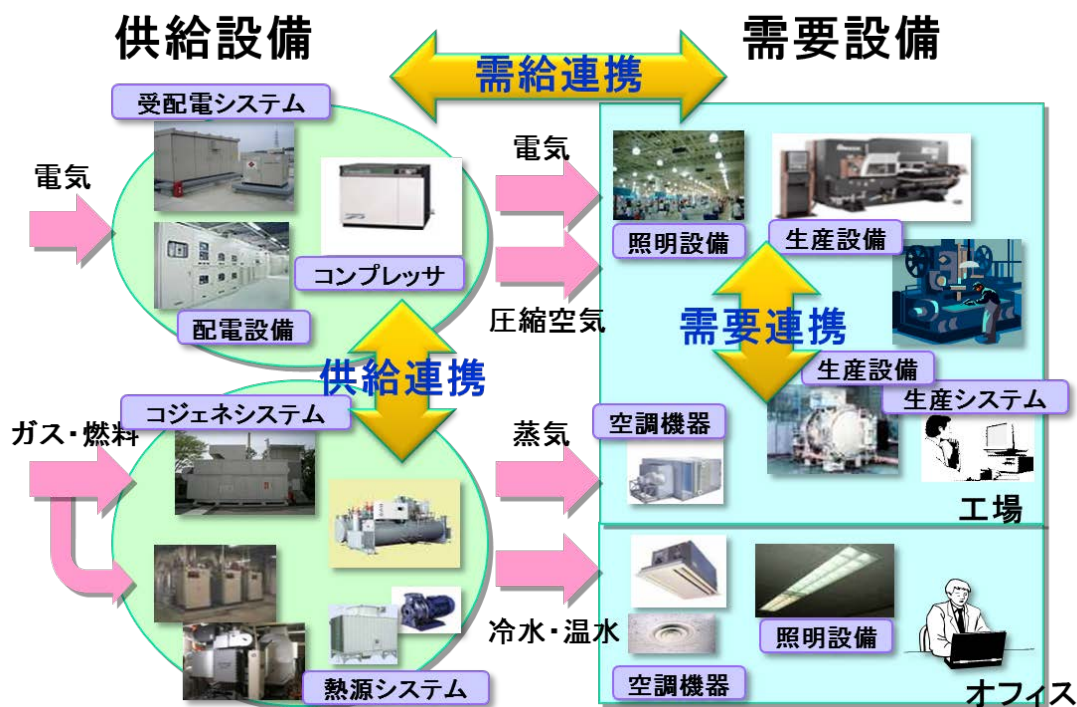


図 46 連携制御の概要

<sup>3</sup> <http://home.jeita.or.jp/cgi-bin/page/detail.cgi?n=724&ca=1>

連携制御ベンダーにも話を聞いてみると、最適化という技術がポイントとなっていて、時々刻々と変化する工場のエネルギー効率の全体最適化を図れる点が非常に魅力的で、技術的な裏付けもしっかりしている制御方法であると確信できました。

また、A 工場の現状の課題にマッチした連携制御は、図 46 の中の需給連携に相当していて、多くの工場で導入実績がある点も評価できます。以上のことから、EnM チームは是非この連携制御を導入したいと考えました。

## (2) 連携制御の導入

そこで、今回の一連の EnM 活動の結果をサマリーにまとめ、社内の大型設備投資案件として上申しました。EnM 活動で駆使した EnPI の考え方によって課題や解決策を定量的にまとめることができたため、社内審議会でも説得力あるプレゼンができ、見事決裁を得ることができました。

早速、連携制御ベンダーと共同プロジェクトを立ち上げ、連携制御の導入を進めることになりました。連携制御導入にあたっては、図 47 に示すステップに沿って進めていきました。図中のステップ 2（調査）は、今回の EnM 活動で既に完了していたため、スムーズにプロジェクトをスタートすることが可能となりました。

そして、プロジェクト立ち上げから約 6 か月後に連携制御システムが完成し、無事に運用開始に漕ぎつきました。

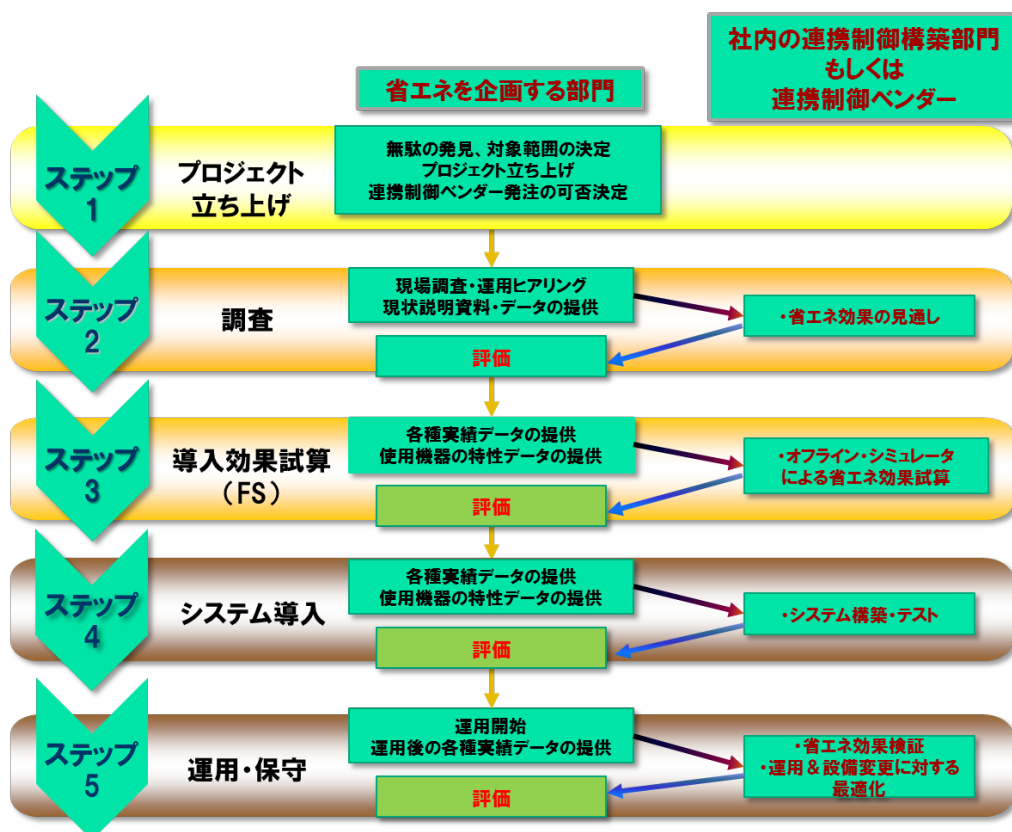


図 47 連携制御の導入手順

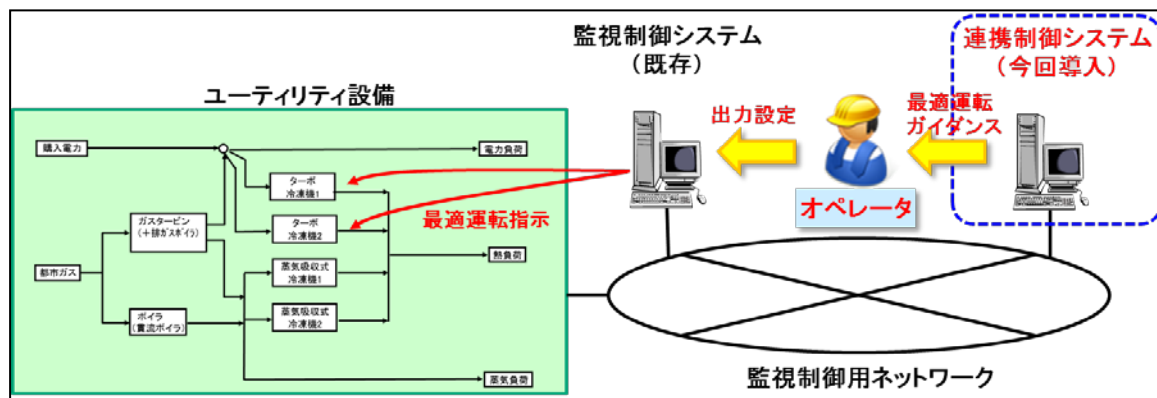


図 48 導入した連携制御システムの概要

今回導入した連携制御システムの概要を図 48 に示します。連携制御システムは、ユーティリティプラントを監視制御している専用ネットワークに繋がったコンピュータサーバー上に構築されており、監視制御系から取得したデータをもとに電力、蒸気、熱の各需要予測を行い、予測された需要を過不足なく供給し、かつ設備の出力上下限などの運転制約を満たす運転計画を最適化技術に基づいて自動計算します。計算された最適な運転計画は、連携制御システムの画面に分かりやすくガイダンス表示される仕組みになっています。

ユーティリティプラントのオペレータは、画面に表示されたガイダンスを確認しながらユーティリティ設備の出力設定を変更していくことになります。予測は 1 時間ごとに自動更新されるため、常に最新の需要予測状況を反映しながらユーティリティ設備の運転を最適化することが可能となっています。

### (3) 連携制御導入後の評価

連携制御が運開した後、1 か月間にわたって試験運用を行い、EnPIs による評価を行ってみました。その結果を図 49～図 54 と表 12 に示します。

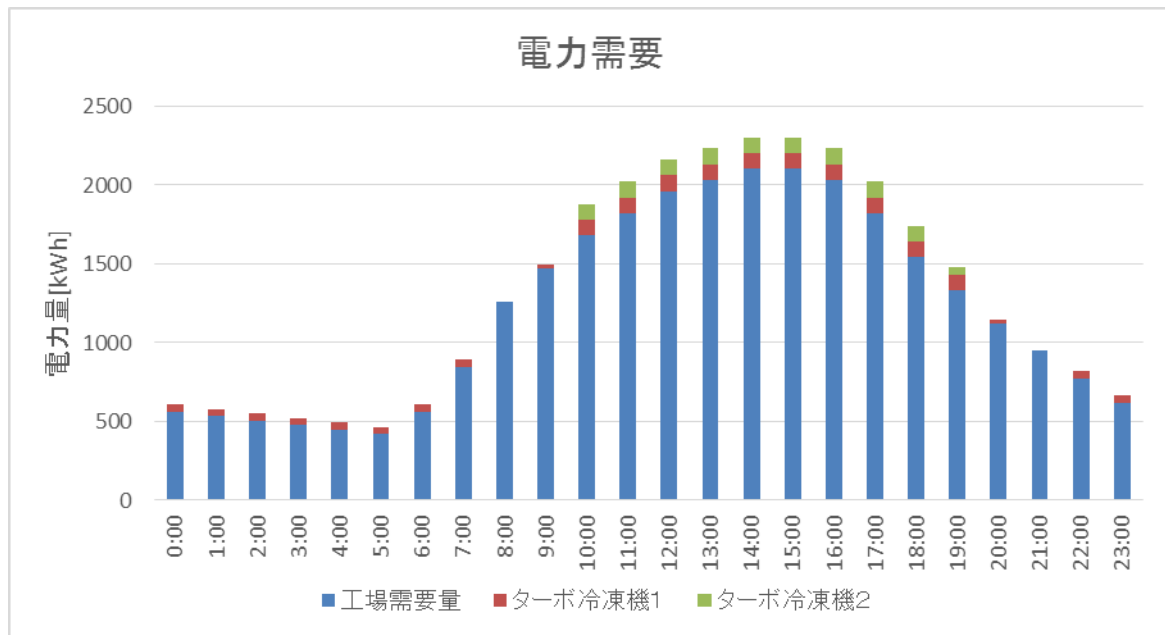


図 49 連携制御導入後の EnPI (電力需要関連)

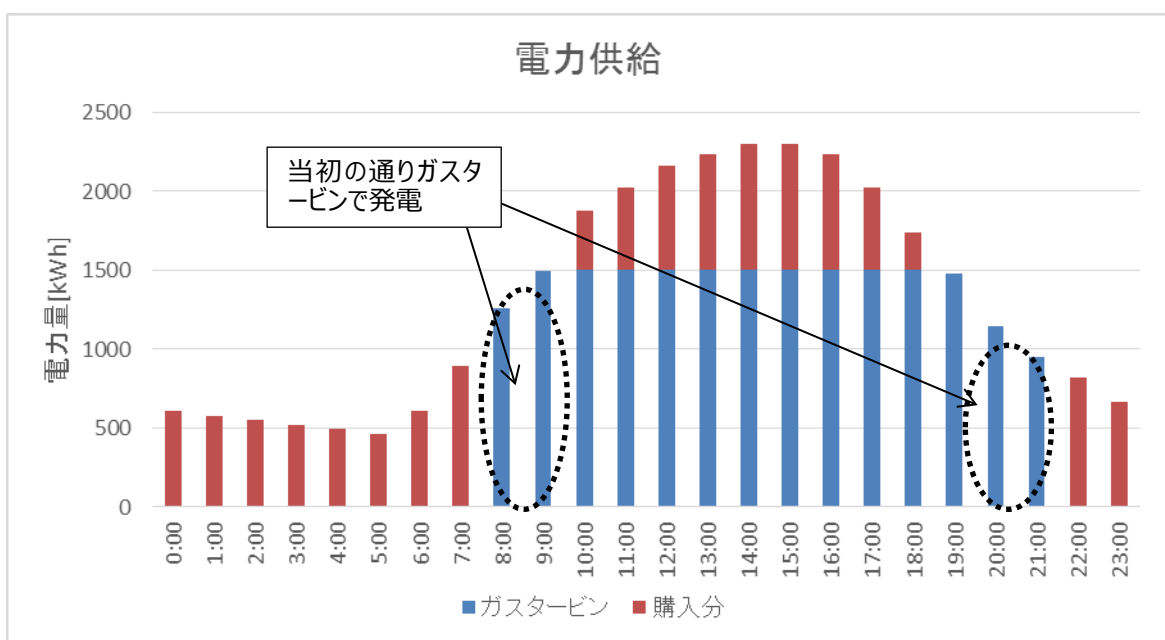


図 50 連携制御導入後 EnPI (電力供給関連)

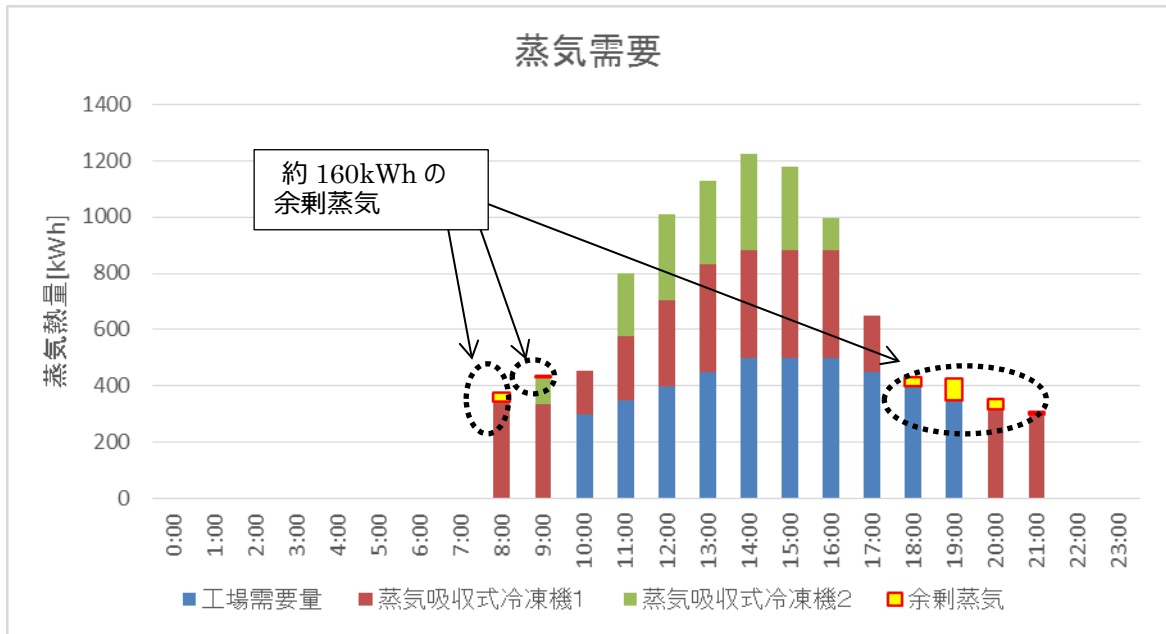


図 51 連携制御導入後 EnPI (蒸気需要関連)

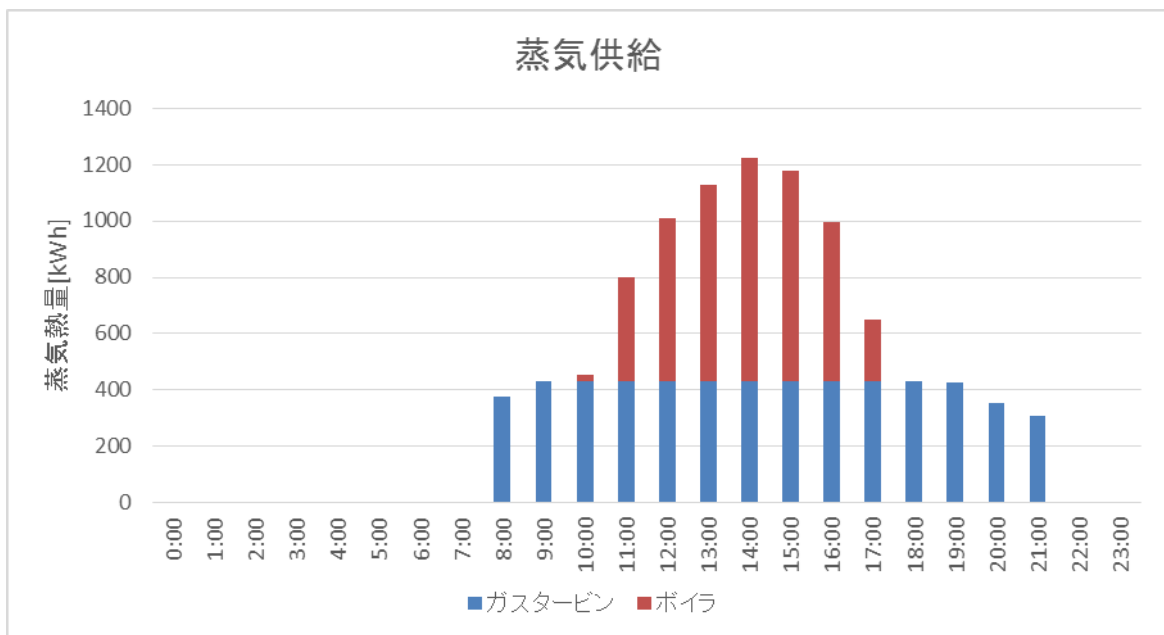


図 52 連携制御導入後 EnPI (蒸気供給関連)



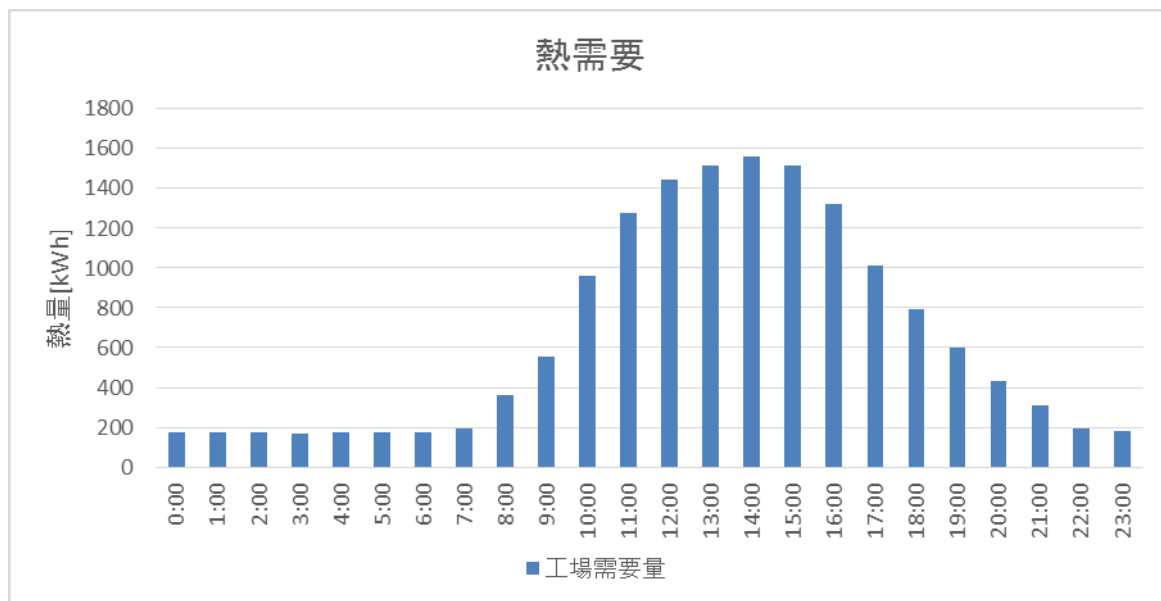


図 53 連携制御導入後 EnPI (熱需要関連)

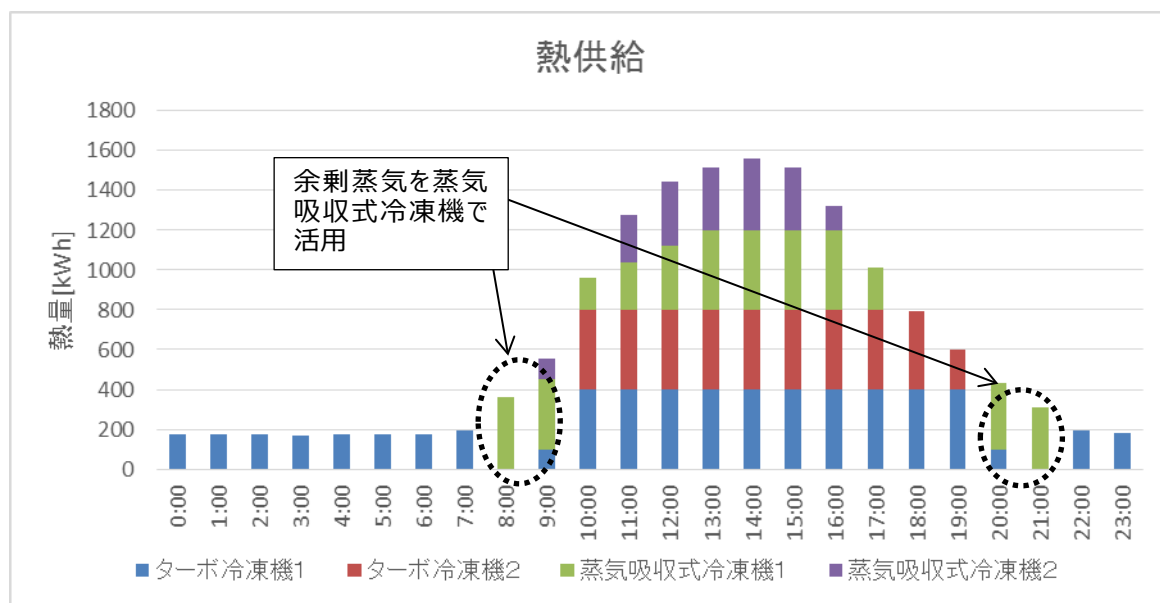


図 54 連携制御導入後 EnPI (熱供給関連)

表 12 連携制御導入後 EnPI (エネルギーコスト原単位)

EnPIs	①対策前	②対策後	③連携制御導入後	改善率
購入電力コスト原単位 (円/日)	203,452	307,045	193,332	4.97%
都市ガス購入コスト原単位 (円/日)	368,875	292,377	370,775	-0.52%
総エネルギーコスト原単位 (円/日)	572,327	599,422	564,107	1.44%

※ 改善率 (%) = (1 - ②対策後/①対策前) × 100

※ 改善率 ≥ 0 : 改善を意味する。

※ 改善率 < 0 : 悪化を意味する。

#### (4) 効果の確認

まず、「**図 50 連携制御導入後 EnPI (電力供給関連)**」を確認すると、以前の対策で問題となっていた 8 時、9 時、20 時、21 時の電力供給にはガスタービン発電となっています。これらの時間帯は蒸気需要が無い時間帯なのですが、「**図 54 連携制御導入後 EnPI (熱供給関連)**」で分かるように、ガスタービン発電に伴って発生する蒸気を蒸気吸収式冷凍機で活用されており、結果として、「**図 51 連携制御導入後 EnPI (蒸気需要関連)**」で若干の余剰蒸気は出ていますが、当初の 1,500kWh から約 160kWh まで大きく削減されました。

**表 12** に示したエネルギーコスト原単位では、購入電力コストと都市ガス購入コストを合計した総エネルギーコストで当初の対策前に比べて 1.44%の削減に成功しました。原単位にして約 8,000 円/日で、365 日稼働で換算すると年間約 300 万円の削減効果になります。

今回の連携制御の導入にあたって、約 1,500 万円の費用が掛かっていますので、約 5 年間で投資回収できることとなります。連携制御ベンダーの話しでは、これまでの様々なユーザに導入した実績からすると、1%～5%程度の省エネ効果が得られているということでした。それからすると、この A 工場の事例では省エネ効果は少な目に見えますが、これはももとの運用が理にかなったしっかりしたものだったためです。

言い換えると、今回のプロジェクトは、それだけ省エネが進んでいたところに更に完璧な省エネを追及したユーティリティ運転を可能とした先進的な取り組みであったと言えます。今回の連携制御は、最適運用結果を計算機の画面で確認してオペレータの運用を支援する、いわゆるガイダンスシステムですが、さらに次の拡張として最適運用結果をもとに自動制御するシステムや、ユーティリティ設備だけでなく需要設備の最適運用も含めた全体最適へ発展していく可能性も秘めています。

今回の連携制御導入の結果は、EnM チームの定例会で報告され、大好評を得ることができました。今後一年間は継続して運用し、改めて EnPIs の評価を行い、一年後の EnM チームの定例会で報告することとなりました。また、その運用評価の結果を見て、自動制御や需要設備も含めた「需給双方向連携制御」と呼ばれる全体最適運用への発展可能性についても検討していくことに決めました。

今回の一連の取り組み成果を「EnPI の活用と連携制御による高度エネルギーマネジメント」と題してまとめあげ、

EnMチームを代表して年度末の社内TQC大会で発表しました。エネルギーマネジメントや製造の歩留まり改善、ヒヤリハット撲滅、調達効率化など多岐に亘る10チームがそれぞれに素晴らしい成果を披露した中で、動力・保全チームの発表は、大きなコスト効果を出せた点、先進的な取り組みであった点、さらに横展開の可能性の点で高い評価点を得て、見事社長賞を獲得しました。

#### (5) エピローグ

そして二年後。

EnMチームに生産管理部門も加わって、ユーティリティ設備の運用だけでなく、生産計画の調整も加味した「需給双方向連携制御システム」が稼働しました。需給双方向連携では、生産計画を調整することから部品調達先の関係工場も含めて一体となって取り組んだことで、非常に大きな効果を得ることができました。この結果、一般財団法人 省エネルギーセンターが主催するその年の省エネ大賞において B 社で初めての経済産業大臣賞を受賞しました。

この工場の成果は、海外を含む他の工場にも展開されました。さらに、これらの一連の活動で社内にISO 50001 シリーズの有効性が知れ渡ることとなり、ISO 50001 の全社認証取得に至りました。

## 10 おわりに

---

日本企業は、1970年代の石油危機を発端に作られた省エネルギー法の下で、省エネ技術を磨いてきました。この省エネルギー法の判断基準に ISO 50001 の導入を推奨する記述が加わりました。このように、省エネルギー法と ISO 50001 は非常に親和性が高いのですが、省エネルギー法によるエネルギー管理をさらに進化させるツールとして ISO 50001 の活用が期待されていると解釈できます。本書は、国が推奨する ISO 50001 本体の導入には現在のところ処々の事情で踏み切れないが、ISO 50001 の優れた部分だけは先行導入したいというニーズにこたえるべく作成したものです。

エネルギーパフォーマンスの計測の最大のポイントは、組織のいろいろな単位(施設単位、部署単位、責任者単位)で、それぞれのマネジメントのニーズに合わせた形でエネルギーパフォーマンス(指標 EnPI)を測定することです。この測定値をベースに、それぞれの単位で PDCA を回して改善し、これを通じて組織全体のエネルギーパフォーマンスを大きく向上させるわけですが、最初に考えることは、どこにどのようなエネルギーパフォーマンス改善の余地があり、その改善度合いの測定のために、どのような EnPI を設定するべきかということです。EnPI 導入ガイド実践編では、このプロセスを、事例を含めて解説しました。本書に加え、これまで蓄積した省エネ対策技術や QC 手法を併用することで、さらに大きな効果を得られます。

ISO 50001 は、海外での導入が活発化しています。このため、海外顧客からの認証取得要請が舞い込むことも考えられます。また、自社の海外工場と日本の工場で、同じ言葉や概念でエネルギー管理ができることを重視して導入を決めた企業もあります。ISO 50001 の優れたマネジメント手法の最大の要素である EnPI によるエネルギー管理を、本書を参考に先行導入して頂くことを願っております。

(空白ページ)

## 参考文献

1	ISO 50001:2011	
	標 題	Energy management systems -- Requirements with guidance for use
	標 題 仮 訳	エネルギーマネジメントシステム－要求事項及び利用の手引
	発 行 年 月 日	2011-06-09
2	JIS Q 50001:2011	
	標 題	エネルギーマネジメントシステム－要求事項及び利用の手引
	英 訳 標 題	Energy management systems -- Requirements with guidance for use
	発 行 年 月 日	2011-10-20
3	ISO 50006:2014	
	標 題	Energy management systems -- Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) -- General principles and guidance
	標 題 仮 訳	エネルギーマネジメントシステム－エネルギーベースライン(EnB)及びエネルギーパフォーマンス指標(EnPI)を使用するエネルギーパフォーマンスの測定－一般原則及び手引
	発 行 年 月 日	2014-12-15
4	連携制御ガイドブック	
	概 説	本書は連携制御の導入検討から効果の検証方法までを網羅した総合的なガイドブックです。連携制御の適用によってどのような効果が得られるかを紹介するとともに、導入対象の選定における着眼点、導入のための準備やその手順、得られた効果の検証方法などを詳しく紹介しています。
	発 行 者	一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA)
	発 行 年 月 日	2013年10月発行

改版履歴

初版（第1版）	発行
---------	----

JEITA エネルギーマネジメント標準化専門委員会 メンバー

委員長	井上 賢一	横河電機株式会社
副委員長	松井 哲郎	富士電機株式会社
委員	片田 裕	アズビル株式会社
委員	余座 孝也	中央電子株式会社
委員	高橋 一敏	中央電子株式会社
委員	河合 岳児	千代田システムテクノロジーズ株式会社
委員	大上 宝朗	千代田システムテクノロジーズ株式会社
委員	池山 智之	横河電機株式会社
オブザーバー	駒井 啓一	省エネ・テクノリサーチ神戸

国際標準のエネルギー管理手法～EnPI 導入ガイド～実践編[ISO 50006 準拠版]

2016年10月1日 初版発行(第1.0版)

発行：一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA)  
<http://www.jeita.or.jp/>

情報産業システム部会 産業システム事業委員会  
エネルギーマネジメント標準化専門委員会

〒101-0004 東京都千代田区大手町 1-1-3 大手センタービル

本書の内容の一部または全部を無断で複写・複製・転載することは、法律で認められた場合を除き、著作権の侵害となります。





# JEITA

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

一般社団法人 電子情報技術産業協会

情報・産業社会システム部会  
産業システム事業委員会

エネルギーマネジメント標準化専門委員会