

# 国際標準のエネルギー管理手法

## ～エネルギー性能指標(EnPI)導入ガイド～

EnPI : Energy Performance Indicator

エネルギーマネジメントシステムの国際規格 ISO 50001が2011年に発行されました。日本の製造業は、長年にわたり省エネルギー対策を進めてきましたが、この国際標準のエネルギー管理手法を取り入れることで、さらに大きな省エネルギー効果を得られる可能性があります。本書は、この管理手法のキーポイントであるエネルギー性能指標(EnPI)について紹介します。

# はじめに

新興国のエネルギー消費増大を背景に、世界のエネルギー需要は増加し、エネルギーコストは高騰し続けています。そのため企業活動の継続には、今まで以上にエネルギー管理が重要となっています。一方、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います。省エネ先進国である日本では、エネルギー管理の優位性を確固たるものにするための新たな視点が求められています。

本書は、ISO 50001の重要な位置付である「エネルギー性能の計測」と「エネルギー性能指標 EnPI: Energy Performance Indicator」について、発行間近のISO/DIS 50006 (エネルギーパフォーマンス計測 DIS:国際規格案\*1)の内容を元に解説しています。

ISO 50001は、ISO 9001, ISO 14001 や省エネルギー法と同様な手法、PDCA(Plan-Do-Check-Act)を用いてエネルギー管理を行いますが、ISO 50001の特徴として以下の2つのポイントがあります。

## 1) エネルギーレビューとエネルギー性能指標(EnPI)

エネルギー性能を多面的に評価するエネルギーレビューで、エネルギー性能指標EnPIを決定します。組織は、このエネルギー性能指標EnPIを日常的にモニタリングし継続的改善を行います。数値による管理を志向しているためルールを定めて順守する旧来の管理システム規格より効果が高いといわれています。

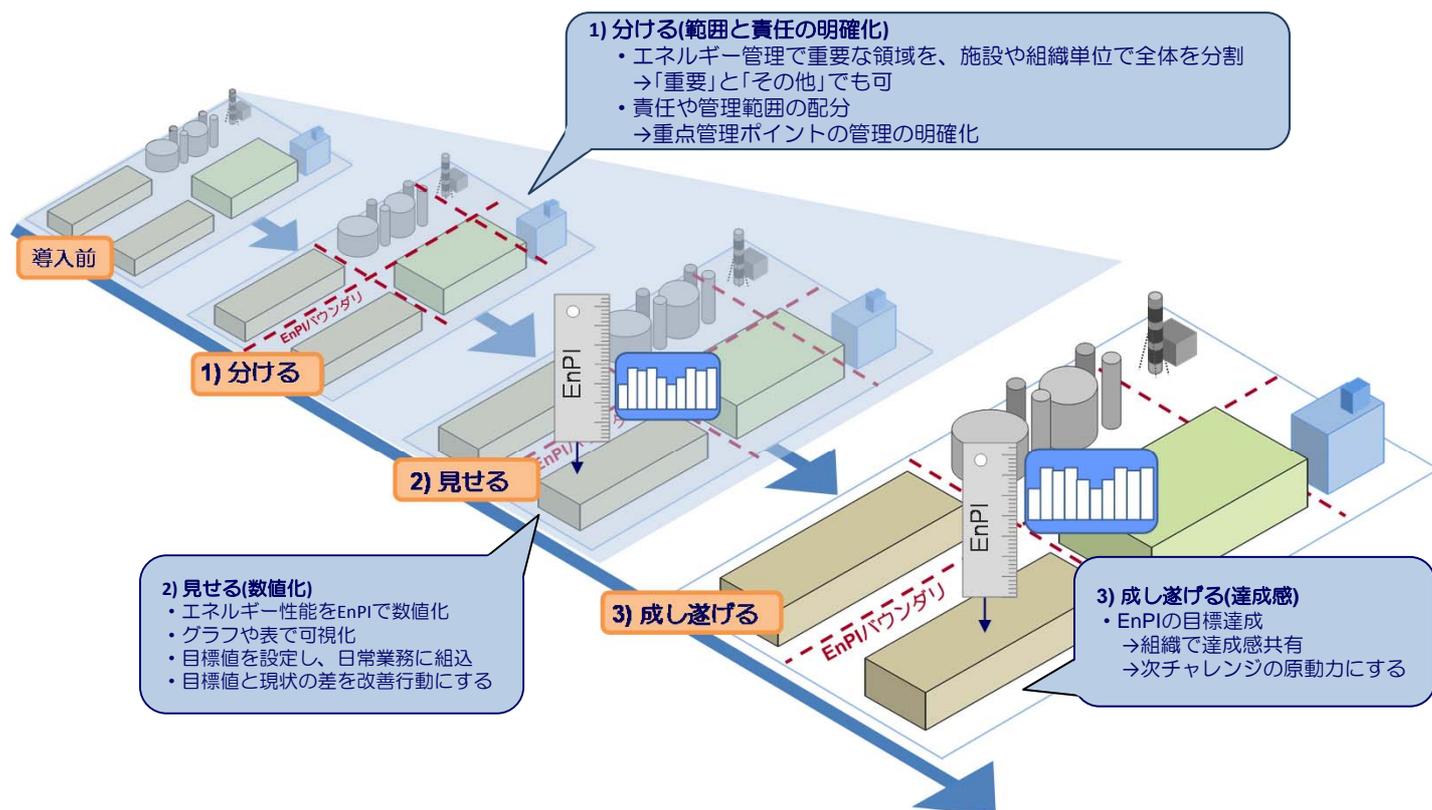
## 2) 活動結果の評価・対策と2つのPDCA

マネジメントレベルの大きなPDCA(1年サイクル規模)と、運用レベルの小さなPDCAの、2つのPDCAがあります。PDCAのC(点検)は、内部監査を想像しがちですが、日常の運用時の点検も、活動結果の評価・対策のための重要な位置づけです。これらの評価や対策にエネルギー性能指標EnPIを用います。

\*1 ISO 50001や ISO/DIS 50006の策定に当たっては、先端的な日本企業の知見が盛り込まれています。そのため、本書の内容を既に部分的に実施されている場合もあると思われます。その場合には、本書を一読の上、ISO 50001(JIS Q 50001)の本格的な取り組みをご検討ください。

●エネルギー性能指標EnPIによるエネルギー管理には、以下の3つのポイントがあります。(下図参照)

- 1) 分ける : 範囲と責任の明確化
- 2) 見せる : 数値化
- 3) 成し遂げる : 達成感



# EnPIとは

## エネルギー性能指標 (EnPI)

エネルギー性能指標EnPIとは、「組織が定めたエネルギー性能の定量的な値(又は尺度)」です。これはエネルギー性能を計る物差しと考えることができます。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できます。(下図中央)

## エネルギー性能 (Energy Performance)

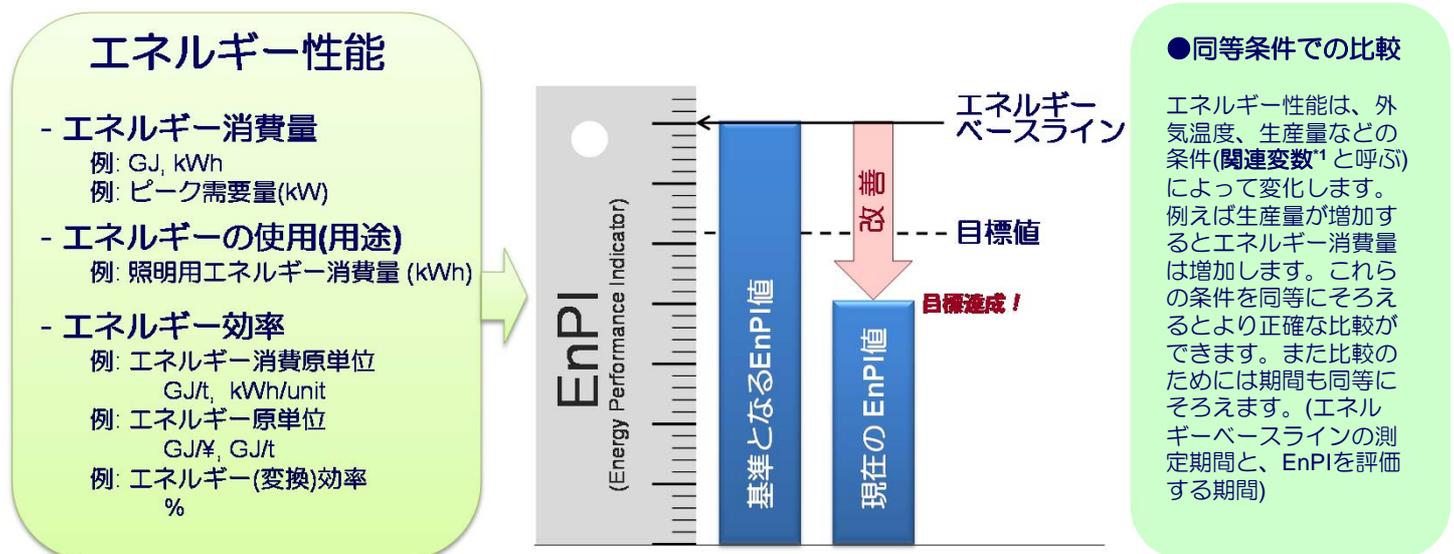
エネルギー性能とは、「エネルギー消費量やエネルギーの使用(用途)、エネルギー効率に関連する測定可能な結果」という定義です。具体的にはエネルギー消費量、ピーク電力、用途別エネルギー消費量、各種のエネルギー効率などがあります。(下図左)

## エネルギーベースライン

エネルギーベースラインは、エネルギー性能の比較のために設けられた定量的な基準で、EnPIごとに設定します。簡単に言うと省エネ対策(エネルギー性能向上対策)前のEnPI値です。(下図中央上側横線)

## エネルギー性能の目標値

エネルギー性能の目標値は、組織が定めた目標とするEnPIの値です。現在のEnPIの値と比較して目標の達成を目指します。(下図中央点線)



\*1 関連変数とは、エネルギー性能に影響を与える、計測が可能な変数のこと。

エネルギー消費量に影響を与える要因は、生産量や製品の銘柄変更、原料、生産時間、気温、湿度等の変化など多くの要因があり、これらの量を「関連変数」と呼びます。

## EnPIのメリット

ひとつの目標だけでは、目標達成のための意識を組織全体で共有するのは難しく、また各部署の日々の改善効果も見えません。ISO 14001を取り入れて、個別目標に分解している組織も多くありますが、その管理レベルはまちまちで、十分な効果を出せていないところもあります。

EnPIを用いた管理では、領域と責任を分け、個々の領域のエネルギー性能をEnPIで数値化し可視化します。さらに目標値を設定し、目標達成を目指して組織の意識を高めます。そして目標達成の喜びを次のチャレンジにつなげ、継続的な改善を行うことができます。

# EnPIの選定

## EnPIの目的

全体を分割して、それぞれにふさわしいEnPIを選定します。EnPIを選定するには、「だれがどのような目的で使うと継続的な改善ができるのか」や「いくつかの部分に分けるのか」を考えます。例えば工場長は、工場全体のエネルギーコストや工場全体のエネルギー原単位を把握し、改善活動を推進させ、進捗を管理します。運転員は、担当設備のエネルギー効率や原単位の変化を確認しながら設備を運転します。このように、それぞれのEnPIのユーザの目的に応じたEnPIを用意します。

## EnPIの種類

EnPIには、簡単なものから複雑なものまでいろいろな種類があります。ユーザーの目的に応じたEnPIを検討していきます。

### 1) 基本的なEnPI

最も基本的なEnPIは、エネルギー消費量です。月次、週次から、毎時、毎分などEnPIの目的に応じて集計し、ベースラインの値や目標値と比較します。このエネルギー消費量を、エネルギー消費に関連する量、例えば生産量などで割った比率(エネルギー消費原単位)は、基本的かつ代表的なEnPIです。

### 2) 同等条件での比較

EnPIは、エネルギー性能の向上・維持の活動を可視化することを目的にしますが、その活動の有効性を確認できる確度を持った物差しでなければなりません。これを実現するための原則は、「同等条件」での比較です。エネルギー消費量は、生産量の変動をはじめ様々な要因で変化しますので、測定値を単純に比較するだけでは、有効性の確認は困難です。このため、例えば生産量で割り算し、生産量の差の影響をなくして(正規化して)、比較します。これが最も簡単で実用的な比較方法です。

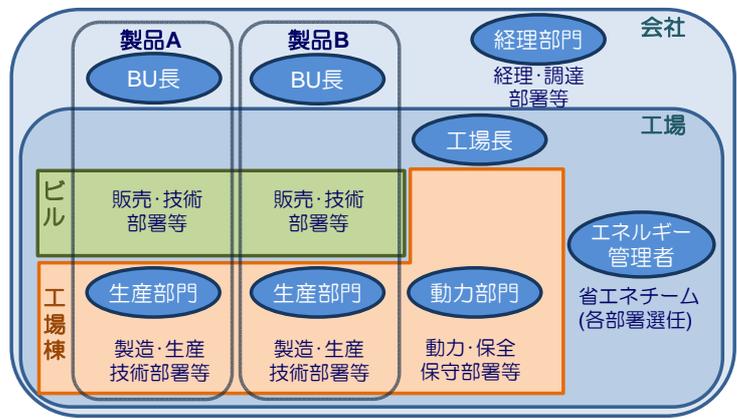
単一の製品を同等条件でコンスタントに作る場合や、生産工程のある一部分だけなら上記の基本的なEnPIでも管理できます。しかし、市場変化に合わせて多くの種類の製品を複雑な工程で製造する工場で、「全体のEnPI」を一つ選ぶ場合には、もう少し工夫する必要があります。コラム1では、その手法を紹介していますが、工場の生産が複雑であるほど難易度が高くなります。コラム2では、例えば「ひとつの製品銘柄に関わる製造設備群」のように、同じ条件のものをくくることによって、エネルギー消費原単位など単純なEnPIで済ます簡単な手法を紹介しています。

## 目的に合わせたEnPIの選定

EnPIは、管理の目的に合わせて適切なものを選択し責任者やユーザーを明確にして運用します。これらの指標には、ユーザーに継続改善の状況を示すと共に、判断やアクションを導くものを選びます。下表に代表的なEnPIと、その目的、ユーザーを示します。

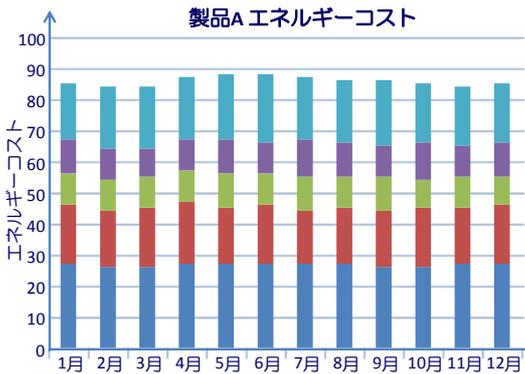
名称	目的/用途	ユーザー(代表的な用途)
エネルギー消費量	エネルギー消費量のトレンド把握, 過去比較, 購買管理, BUへの課金 (期間は分単位から年単位まで、範囲は全社レベルから用途別、装置単位まで)	BU長(月単位, 用途) 工場長(期・月単位, 全体・用途) 動力部署(時単位, 設備) 保全部署(年単位, 設備) 経理部署(月単位, 用途)
エネルギー原単位	エネルギー使用効率の目標管理 (分単位から年単位まで、分母は生産数量, 生産額など各種)	BU長(期・月単位, 特定製品生産額) 工場長(期・月単位, 生産額) 動力部署(月単位, 供給量) 製造部署(分単位, 生産量) 保全部署(年単位, 生産量)
エネルギー変換効率	エネルギー変換設備の効率管理 (分単位から年単位まで)	動力部署(運転) 保全部署(予防保全)
省エネ効果	エネルギー性能向上対策の効果把握 (省エネ量から削減金額まで)	BU長(投資効果確認) 工場長(投資効果確認) 担当部署(効果確認・維持)

右図のような、一般的な製造業企業の各組織を想定して、それぞれの組織におけるユーザーの立場でのEnPIについて、具体的に説明します。

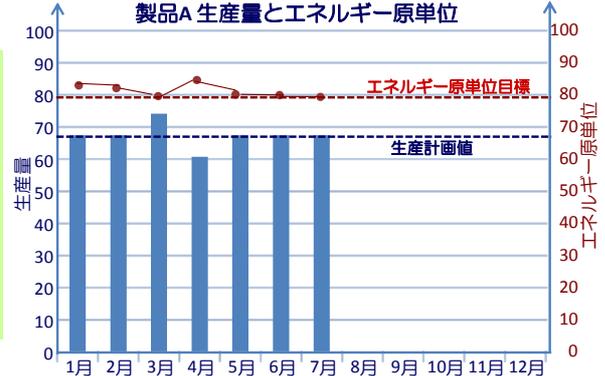


## 1) ビジネスユニット(BU)長向けのEnPI

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。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効率向上を目標を定めて管理します。EnPIの種類は、エネルギー使用量、エネルギー原単位、省エネ効果(量、金額)です。このためBU長向けのEnPIは、コスト、エネルギー原単位、省エネ効果などコストに関わるものが多くなり、月、年単位の管理となります。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(P8 コラム1参照)に注意する必要があります。

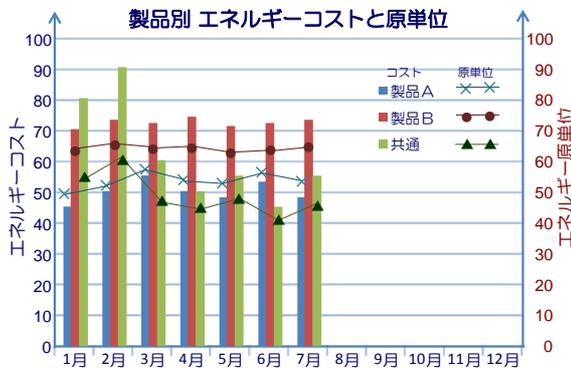


◆左図は、製品Aを生産するために必要な工程ごとのエネルギーコストを見る管理グラフの例。右図は、製品Aの生産量とエネルギー原単位目標との乖離を把握する。

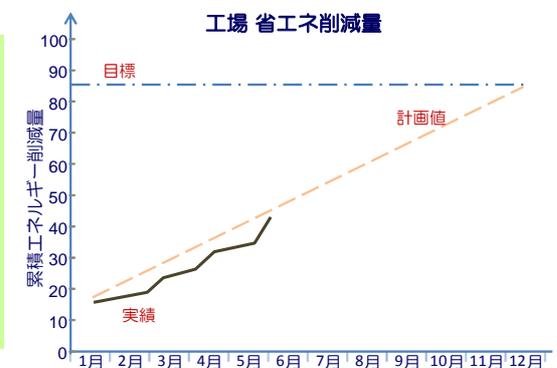


## 2) 工場長向けのEnPI

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効率向上を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効率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、工場長のEnPIは、エネルギー使用量、エネルギー原単位、省エネ効果(金額)になり、量的な要素が加わります。月、年単位の管理になります。

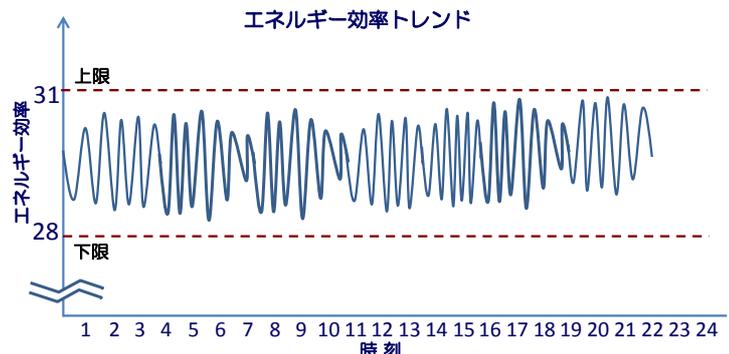
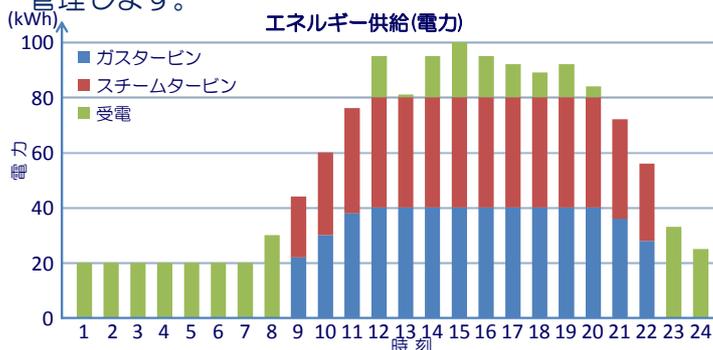


◆左図は、製品別のエネルギーコストとエネルギー原単位を見る管理グラフの例。右図は、工場の省エネ削減量目標と計画値と実績の管理グラフの例。計画との乖離を目視できるようにしている。



## 3) 動力・保全部門向けのEnPI

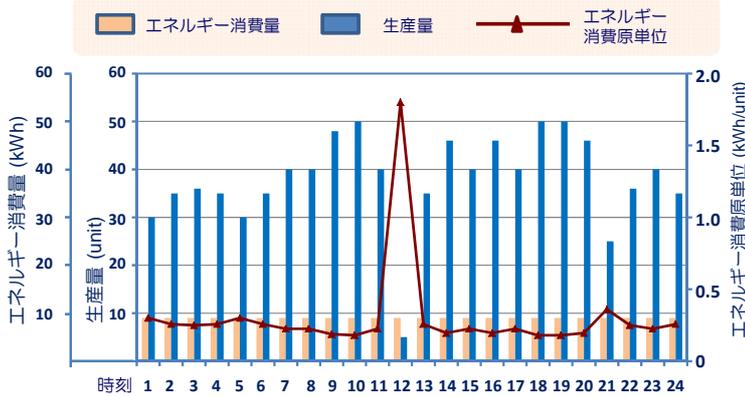
動力部署は、ガスや重油、電気などのエネルギーを購入し、これらを用いて蒸気や冷却水、エアーなどを生産し、電気等の購入エネルギーに加えて工場内の施設や設備に分配します。このため、エネルギーコストの管理、エネルギー変換設備の効率管理、エネルギー性能向上対策の効果把握を行うため、リアルタイムのEnPIが選ばれます。保全部署は、設備の劣化を管理(保全)する目的で長期的なエネルギー原単位やエネルギー変換効率のトレンドを管理します。



◆左図は、工場への電力供給管理グラフ。右図は、エネルギーの効率状況を、管理幅を設けて、リアルタイムで確認するグラフ。

### 4) 運転(製造部)向けのEnPI

製造部は、製品の製造担当として品質・納期・コスト及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ます。このため、エネルギー消費量のトレンド(過去比較)や、エネルギー原単位などの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。



◆エネルギー消費量、生産量と原単位を比較する。原単位の変化を調べると、省エネの機会を発見できる。



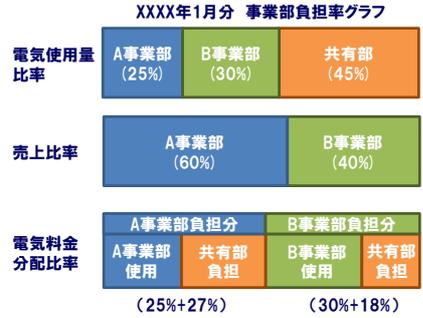
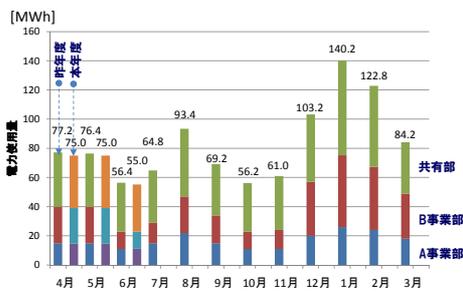
◆組立て産業での例。運転員や作業員が作業をしながら確認できる表示パネル。目標、現在値、電力使用量

### 5) 経理部門向けのEnPI

経理は、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性能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他に組織別計測値や用途別計測値などのEnPIを用います。

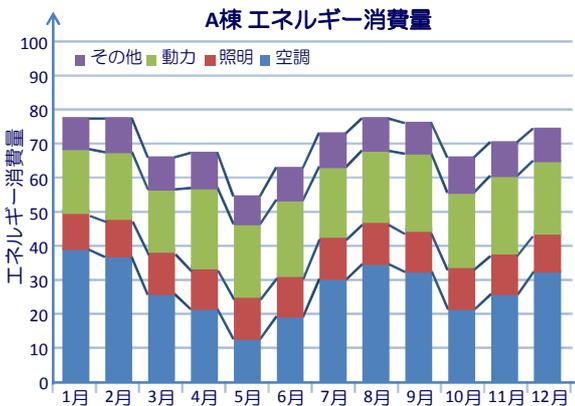
コスト(円)	A事業部			B事業部		
	電灯	空調	ユーティリティ	電灯	空調	ユーティリティ
4月	221	864	214	241	997	215
5月	351	543	203	228	661	208
6月	272	944	227	368	921	229
7月	276	527	202	206	916	198
8月	265	474	240	207	527	195
9月	220	704	209	359	898	180
10月	204	826	194	277	695	246
11月	392	658	186	352	400	202
12月	331	493	236	330	875	248
1月	258	905	217	287	999	244
2月	309	532	240	275	447	244
3月	370	631	215	245	673	196

◆経理部門は帳票を使った管理が一般的。帳票から右図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。

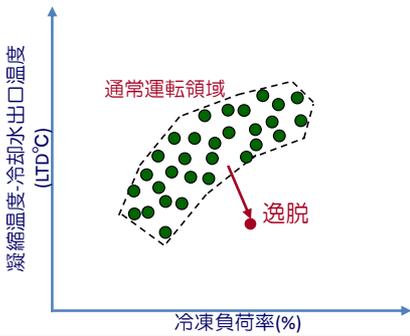
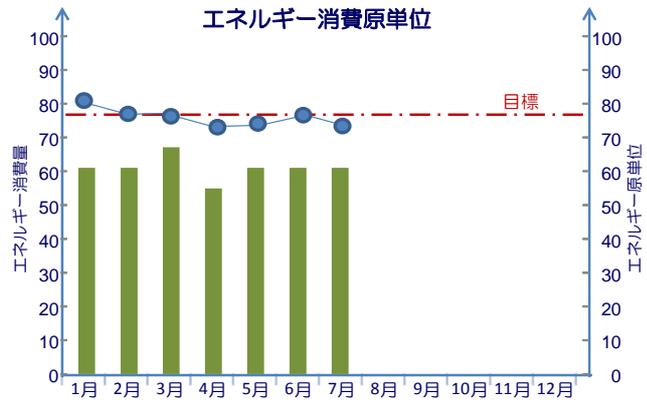


### 6) エネルギー管理者や省エネチーム向けのEnPI

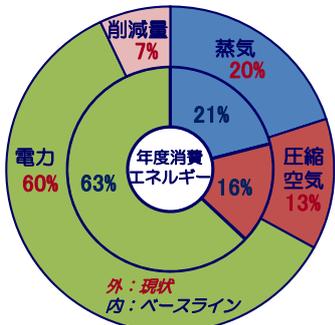
エネルギー管理者(エネルギー管理者,エネルギー管理員等)は、省エネ法の対応責任の他、エネルギー性能の改善(省エネ対策)の責任を持ち全社目標だけでなく上記関連組織の目標の達成の支援と管理をします。省エネチームは組織横断的な組織で、エネルギー管理者のもとで省エネ対策の計画と実行を担当します。このため、上記すべてのEnPIの把握を行い、その変化の原因を究明し適切な対応を取ります。



◆エネルギー管理者は、組織全体のエネルギー消費量・コストの把握から、エネルギー性能の解析や分析、傾向把握を行うためのグラフを用意する。



◆左図は、省エネチームの運転解析例。通常の設計運転領域を設定し、異常運転による領域逸脱を発見する。



◆上図は、生産量を分母としたエネルギー消費原単位管理の図。

◆左図は、内側の円がベースラインのエネルギー消費で、外側の円が現在のエネルギー実績。省エネ削減量が左上に表示される。一か月や日々単位で管理し、組織のミーティングや目標管理を行う。

下表の代表的なEnPIの一覧を参考に、それぞれの企業に合わせた指標を作ることをおすすめします。表の縦方向はエネルギー消費量に関わるもの、エネルギー効率に関わるもの、省エネ効果に関わるもので大別し、横方向に目的/用途、測定・算出方法、ユーザー、EnPIの種類などの項目で説明し、補足や注意点を示しました。

名称	目的/用途	測定・算出方法	単位 (例)	ユーザー*					種類	備考	注意点	
				BU 長	工場 長	動力 保全	生産 部門	経理 部門				
エネルギー 消費量	エネルギー消費量 のトレンド把握, 過去比較,課金	請求書,計測値	GJ, kJ, kWh	△	✓	✓		✓	M	企業全体,施設全体,特定 設備等で計測	関連変数	
		組織別計測値		✓	✓		✓	✓		同等組織比較,課金		
		用途別計測値						✓		用途別対策効果確認		
電力 デマンド	電力契約のコスト 管理	請求書,計測値	kW			✓	✓	✓	M	企業全体,施設全体,特定 設備等で計測	関連変数	
エネルギー 原単位 (生産額)	エネルギー効率の 目標管理	$\frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{生産額}}$	kl/¥, GJ/¥, kWh/¥	✓	✓				△	R	企業全体,製品種別単位 で算出 多様な製品を持つ場合 に向く	ベースロード 効果 (P13 コラム3参照) 製品の市場価 格変動
エネルギー 原単位 (生産量)		$\frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{生産数量}}$	kl/t, GJ/t, kWh/unit	✓	✓	✓	✓			R	企業全体,製品種別単位 で算出 運転では短期トレンド, 保守は長期トレンドを 監視	ベースロード 効果 (P13 コラム3参照)
エネルギー 原単位 (延床)		$\frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積}}$	kl/m <sup>2</sup> , kWh/m <sup>2</sup>	✓							R	間接部門の組織単位で算 出、同等組織で比較
エネルギー 変換効率	エネルギー変換 設備の効率管理	$\frac{\text{エネルギー変換量}}{\text{エネルギー投入量}}$	%			✓		△		R	ボイラー等の熱源設備, 発電機,変圧器等の効率 管理	
省エネ効果 (量)	エネルギー性能向 上対策の効果把握	$\frac{\text{エネルギー消費量}_{\text{ベースライン期間}} - \text{エネルギー消費量}_{\text{報告期間}}}{\text{エネルギー消費量}_{\text{報告期間}}}$	GJ	△	△	△	△			M	条件一定の場合	関連変数
省エネ効果 (金額)**	上記コスト削減効 果の把握	$\frac{\text{エネルギー費用}_{\text{ベースライン期間}} - \text{エネルギー費用}_{\text{報告期間}}}{\text{エネルギー費用}_{\text{報告期間}}}$	¥	✓	✓	△	△			SM	単純施設なら高精度	複数の関連変 数
				✓	✓	△	△			EM	複雑な組織の場合	モデル開発 維持コスト

種類の記号：M:測定値,R:比率,SM:統計モデル,EM:エンジニアリングモデル

\*：エネルギー管理者(エネルギー統括管理者,同管理士)及び省エネチームは、全EnPIを把握することが望ましい。

BU,工場では担当製品別・ライン別に関係社員に情報共有すると良い。✓は「有用」、△は「有用な場合もある」

\*\*：エネルギー単価は変動するため同等条件で比較する必要がある。

### ●エネルギー消費量

エネルギー管理の基本となる測定値です。企業全体,施設全体,特定施設など、管理の目的に合わせた範囲(EnPI/バウンダリ)で計測し、トレンドグラフや、過去データとの比較などで示します。直接計測できない場合(組織別計測値など)には按分します。用途別計測は、照明や空調,製品製造(品種ごと)などエネルギーの用途別に計測します。

### ●電力デマンド

デマンド予測値と共に示すと効果が高まります。これらの測定値は、関連変数(生産量,外気温等)によって変動します。過去の計測値との比較(省エネ量算出)にあたっては、「省エネ効果(量)」の統計モデル等を用いた手法を使用します。

### ●エネルギー原単位

実用的なエネルギー効率指標です。コラム3に示すベースロード効果に注意して使用します。

### ●エネルギー変換効率

理想時あるいは正常時を基準にEnPIの下限値を定めて管理します。

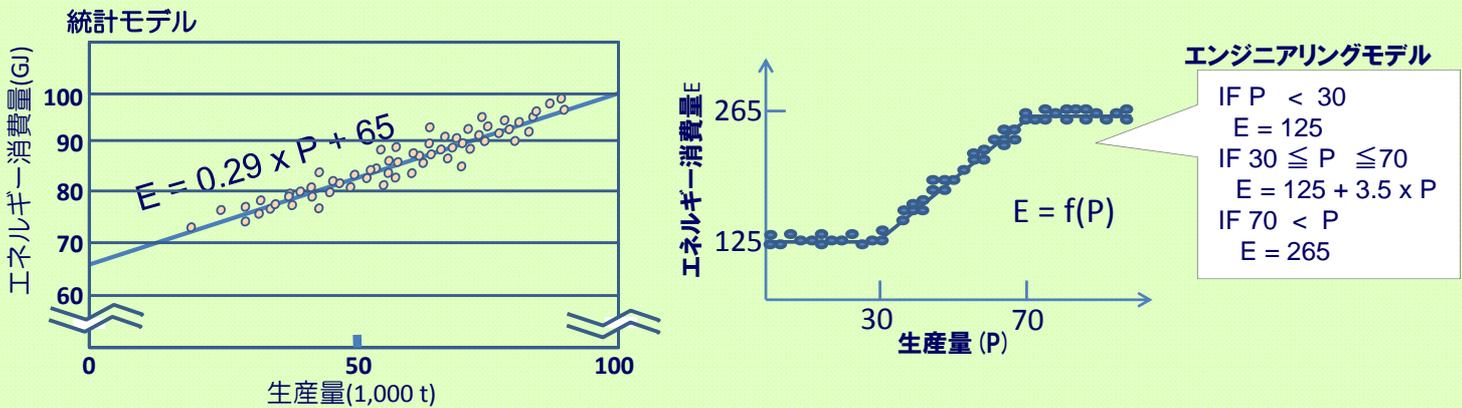
### ●省エネ効果(量)

投資効果が明確になるEnPIです。その精度は、関連変数が少なければ統計モデルが適しています。関連変数が多い場合にはエンジニアリングモデルを用いますが、モデルの開発・維持コストが大きくなります。地下室の照明設備の省エネのように、条件が一定の場合、計測値を用いた計測も可能です。

## コラム1 ISO50001シリーズにおけるEnPI

### ●モデル(エネルギー消費量と関連変数)

エネルギー消費量に關係する要因には、生産量以外にも製品の銘柄、原料、生産時間、気温、湿度など多くのものがあり、これらの量を関連変数と呼びます。エネルギー消費量と関連変数の關係を表すモデル、例えば数式を作り、そのモデルで計算したエネルギー消費量と実測したエネルギー消費量を比較することで、同等条件の比較ができます。エネルギー消費量と複数の関連変数の關係を統計的な手法で分析して、数式化を行い、その数式を使って正規化するのが**統計モデル**という手法です。また、数式や条件式などを組み合わせて、より複雑な関連変数との關係(例えばA製品の製造時は数式Aを、B製品の製造時は数式B)を記述するのが**エンジニアリングモデル**という手法です。尚、エネルギー原単位は、最も簡単なモデルと考えることができます。



### ●ISO/DIS 50006におけるEnPIの分類

ISO/DIS 50006では、以下の表(\*注)に示すように測定値、比、統計モデル、エンジニアリングモデルの4種類にEnPIを分類しています。

EnPIの種類	概要(使用法)	例	利点	欠点
測定値	エネルギー消費量(単位期間)を測定した結果同士を比較	エネルギー消費量(GJ, kl等) 用途別、組織別でも計測、測定期間は、毎月から毎時、毎分等  電力デマンド値(kWh/ton)	導入が簡単 注) 請求書でも良い	関連変数の影響を受ける場合、比較が難しい(条件が異なる)
比	エネルギー消費量を関連変数で割った値同士を比較	エネルギー原単位(GJ/t, GJ/個, GJ/m <sup>2</sup> ) 注) エネルギー消費量/生産量等  エネルギー変換効率*(%) *ボイラー等のエネルギー変換設備の変換効率(OUT/IN)	計算が簡単  正確 関連変数一つで単純比例の場合	ベースロード(P13コラム3参照)が大きい場合や関連変数が複数あると比較が難しい(この場合統計モデルを用いると良い)
統計モデル	エネルギー消費量と関連変数の統計的關係を表すモデルの計算値と実測値を比較	エネルギー消費量Eと生産量Pの統計モデル( $E = a \times P + b$ ) 注) Pは製品重量・個数や蒸気量等  エネルギー消費量と外気温の統計モデル	関連変数が複数の場合やベースロードが大きい場合に対応できる	複雑な系や、不定期に動作・停止する系には不向き(エンジニアリングモデルが必要)
エンジニアリングモデル	エネルギー消費量と関連変数の複雑な關係を条件式等で表すモデルの計算値と実測値を比較	外気温や生産量の影響を受ける生産冷却水と空調の兼用チラーの電力消費量モデル  多数の関連変数がある生産設備群のモデル	統計モデルでは表せない複雑なエネルギー使用パターンに対応できる	モデルの作成・維持コストが大きい

\*注 この表は、ISO/DIS 50006の前のバージョンのものですが、内容が解り易いため此方の表を掲載しました。

## ●EnPIの表現方法

EnPIの表現方法(評価方法)には、様々な方法を選ぶことができます。以下に代表的な例を示します。

名称	内容	数式
差分	現在のEnPI値RとベースラインのEnPI値Bの差	差 分 = R - B
パーセント変化	現在のEnPI値RとベースラインのEnPI値Bの差の、ベースラインのEnPI値Bに対する比率	パーセント変化 = $\{(R - B) / B\} \times 100$
現状比率	ベースラインのEnPI値Bに対する現在のEnPI値Rの比率	現状比率 = R / B

目標と現在のEnPIの比率(目標達成率)なども実用的です。EnPIの目的に応じて表現します。

## ●EnPIの事例

EnPI及び目標の具体的な事例を、3つの企業の立てた計画と共に下表に示します。これらは各企業が最重要なEnPIとして設定したものです。領域を分割してEnPIを追加することにより、さらに多くの効果を引き出すことができます。

項目	例1: 測定値	例2: 比	例3: 比
対象	製紙・パルプ工場	製鉄会社	ホテル会社
プロセス	蒸気発生装置(バイオマスボイラー, 重油ボイラー)	電気加熱炉	重油ボイラーによる空調設備
目的	重油の経費削減	世界最高クラスのエネルギー原単位の 実現	経費削減
対策	バイオマスボイラーのエネルギー効率 向上	さまざまなエネルギー効率向上施策	ボイラーの運転方法のトレーニング
EnPI	重油使用量(kl / 月)	エネルギー原単位(kWh/ton)	エネルギー効率(l / デグリーデー)
目標	EnPI = 0 (kl / 月)	エネルギー原単位を毎年2%改善し4年 以内に世界最高クラスに改善	エネルギー効率を5%向上
備考	外気温や生産量の変化は考慮しない		当初エネルギーコストをEnPIに選定したが、価格変動で成果を正しく評価できずEnPIを再選択

例1の製紙・パルプ工場は、エネルギーコストの削減のため、重油ボイラーをバイオマスボイラーに置き換えます。このため重油消費量をEnPIに設定し、目標値をゼロにしています。

例2の製鉄所は、エネルギー効率(エネルギー原単位)を高めないと生き残れません。このためエネルギー原単位をEnPIとし、世界クラスの原単位を目指す目標を立てました。

例3のホテルは、コスト削減のために重油ボイラーの運転トレーニングを受けました。このホテルは、当初エネルギーコストをEnPIとしていましたが、重油単価の変動と、暖冬の影響で、運転トレーニングの効果がわかりませんでした。このため、これらに影響されないEnPIとして、**デグリーデー\***による正規化を用いることにしました。

\*注: **デグリーデー**とは、平均外気温と室内暖房(冷房)温度との差を暖房(冷房)期間分を総和した値。  
暖房デグリーデーと冷房デグリーデーの2種があります。

# より効果的な活用の進め方

ここでは、適切なEnPIを選び効果的に活用するための手順について解説します。

これまで述べたように、目的に合わせたEnPIを選択するのが重要ですが、そのためには右図に示すエネルギーレビューを行います。ここでは、エネルギー性能の実態を調べ、改善対策を検討します。このエネルギーレビューの結果を受けEnPIを決め、エネルギーベースラインを定めます。EnPIができれば、改善対策を立案・実行し、目標の達成のため、EnPIをモニタリングします。さらに、定期的にEnPIの有効性を維持し改良します。



## エネルギーレビュー

エネルギーのソース・用途・消費量の過去データを分析し、後述するSEUや関連変数を特定します。さらに、現状のエネルギー性能を把握したのち、改善機会の検討と優先度付けを行います。

### 1) エネルギーの用途と消費量の分析

エネルギーのソースリストと使用先(施設、設備、装置等)のリストを作り、用途や消費量、管理者や運転員などを記入します。さらにトレンドチャートで短期・長期の消費パターンを確認します。

### 2) 著しいエネルギーの使用(SEU)と関連変数の特定

著しいエネルギーの使用(SEU: Significant energy use)とは、エネルギーの消費量が大い、あるいは改善の余地が大きい施設や設備のことを呼びます。まず、エネルギー消費量の大きい施設や設備を特定し、そのエネルギー消費量に影響する要因と影響度合いを調べます。例えば、生産設備は、生産量や使用原料、製造する銘柄などの関連変数に影響を受けます。これら関連変数が多い場合は、統計的手法を用いて影響度合いを調べます。次にこれらの中から改善の余地が大きいものを選びます。

### 3) 改善機会の検討と優先度付け

SEUのなかから、現実的な対策を絞り、優先度を付けます。投資が小さくすぐ実行でき効果が大きいものを選ぶだけでなく、中長期的な視点でも検討します。

## エネルギー性能の関連情報入手

エネルギーレビューの結果を受けて、EnPIの選定に入ります。このためには、エネルギー性能に関する各種の関連情報を入手します。特に関連変数とその影響度合いが重要です。

### ●EnPIの選定とEnPIバウンダリ

目的に合わせたEnPIと、EnPIを計測する領域(EnPIバウンダリ)を設定します。目的に合わせたEnPIの選び方は前述のとおりです。EnPIバウンダリのバウンダリとは、「領域・境界」の事でEnPIの対象の設備・装置、組織などの範囲を示します。このバウンダリを横切るエネルギーの量や関連変数(例:製品・半製品の量)を計測しEnPIを算出するため、計測できるか否かもバウンダリの設定の際に考慮します。前述のように、EnPIの目的はユーザーごとに異なり、それに合わせてEnPIバウンダリも変わります。EnPIバウンダリは、全体を隙間なく分割します。重複をしても構いません。SEUとそれ以外のように分けることも可能です。

EnPI バウンダリ種類	説明	事例
物理的なバウンダリ	敷地、建物、フロアなどの物理的に分けられる範囲など一般的な管理下にある施設グループのこと	第1工場,第2工場など敷地ごとによる分類 製造棟,ユーティリティ棟など建屋による分類 1階部分,2階部分などフロアによる分類
システムに関連したバウンダリ	施設や組織のエネルギー使用量の大きな割合を占めるシステム	セメント工場のキルン,製鉄工場の高炉, 機械工場の工業炉や圧延装置
組織のバウンダリ	部門ごと、部署ごとにEnPIを設定する	製造1課,総務など組織による分類

例えば、工場長のEnPIのEnPIバウンダリは工場全体が主体になり、運転員のEnPIバウンダリは担当の製造設備になります。EnPIバウンダリは、最初から細かく設定する必要はありません。SEU(著しいエネルギー使用)の施設と、その他の施設、のように分けるのが適切です。(P11 コラム2参照)

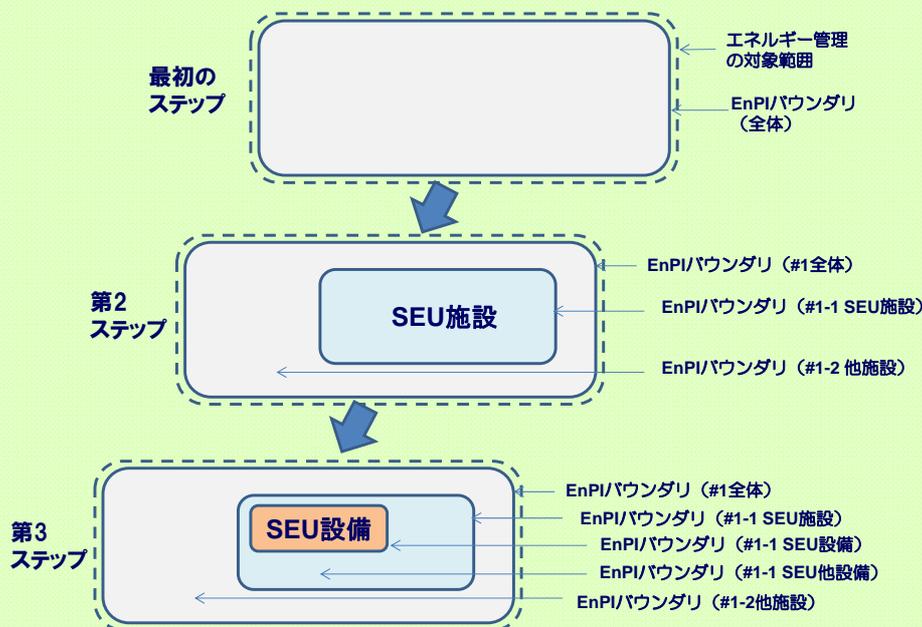
## EnPIの特定

EnPIは、計測できるのか運用できるのかを考慮して決定します。ユーザの目的に合わせてEnPIが特定されているか十分に確認します。

EnPIごとにエネルギー管理の責任者を選出することも有用です。責任者は、定期的(毎日,毎週など)に、EnPIを確認し、エネルギー性能の変化がその改善目標にふさわしいかを確認します。そのために、EnPIを記録し、情報共有し、その変化に合わせた対応を取れる体制を整えます。

### コラム2 生産プロセスにおけるEnPIバウンダリ

エネルギー性能向上において、工場の中で最も非効率な施設を見つけることが重要です。EnPIバウンダリの領域を狭める手法は、この部分への効率的な活動の集中に利用できます。まず、最初のステップとして、工場全体をEnPIバウンダリとして設定します。2番目のステップとして、著しいエネルギーの使用(SEU)の部分(例:施設)を含むよう、狭めたEnPIバウンダリを設定します。このとき、全体のバウンダリは、SEUとその他の2種類に分けられます。さらに、次のステップでは、SEUをさらに設備のレベルまで狭めたバウンダリを設定します。このように、EnPIバウンダリを分けていくことによって、大きな効果を期待できる部分に集中した活動ができます。

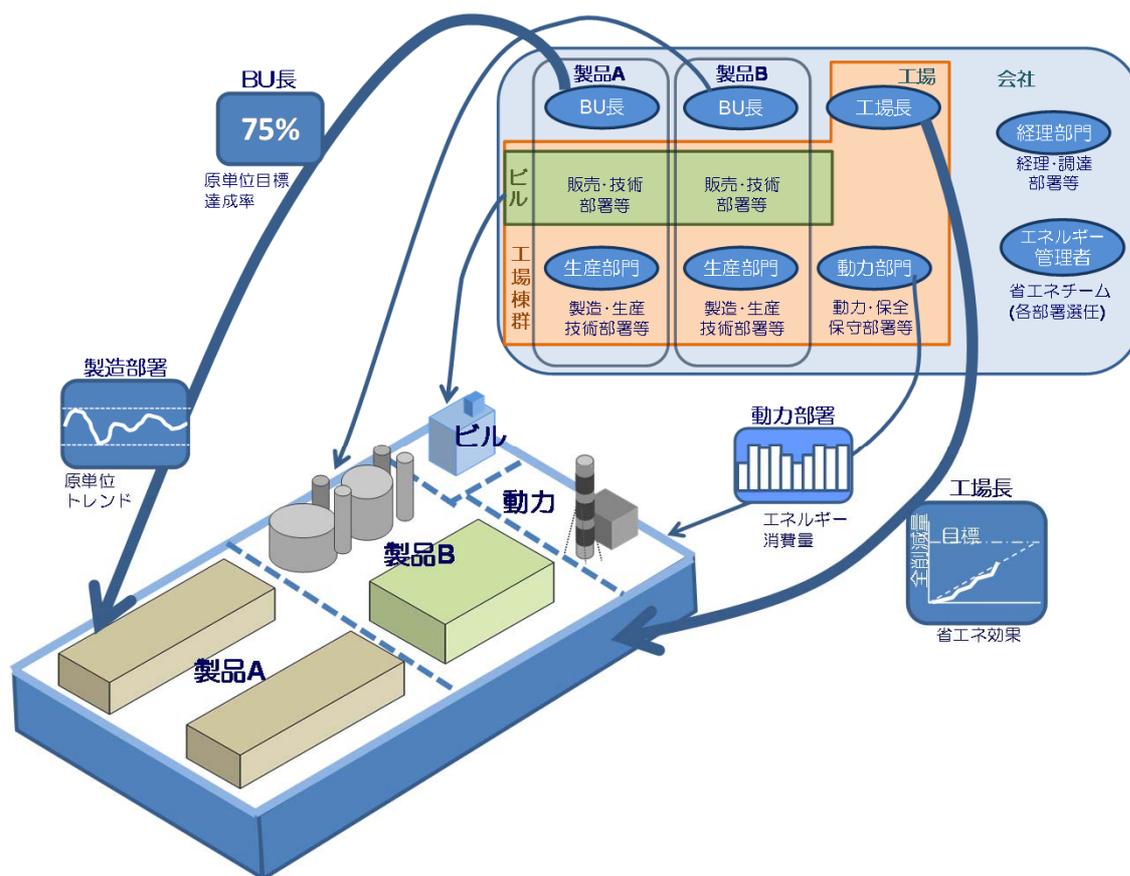


EnPIバウンダリは、以下の様に分割します。

- 分割数を少なくする  
例えば、SEUとそれ以外というように、分割数を少なくします。
- 同じ用途で使われている設備をまとめる  
例えば、製品Xの施設群、製品Yの施設群、ユーティリティ施設などに分けます。
- 運転状態ごとにエネルギーベースラインを設定  
運転の状態とは、通常生産、生産準備、生産停止、段替えなどを指します。最小限、生産/停止の2つの運転状態を分けま

このような方法でEnPIバウンダリを分割していくことで、多くのデータを用いた統計解析の手間を軽減することができます。

下図にユーザーごとに設定されたEnPIと、対応するEnPIバウンダリの例を示します。工場全体のEnPIのEnPIバウンダリは工場全体を、製品Aに関するEnPIのバウンダリは、製品Aを製造する設備群となります。



## エネルギーベースラインの設定

エネルギーベースラインは、エネルギー性能の向上対策前の基準となるEnPIの値です。現状のEnPIと、エネルギーベースラインを比較することにより、対策の効果を確認します。期間や季節などの項目を同等条件にすると正確な比較ができます。

選択したEnPIの種類によって、比較の正確さや注意点が異なります。測定値をEnPIとして選択した場合、EnPIとベースラインの値をそのまま比較します。簡便な手法ですが、関連変数(温度変化など)が変化すると、対策効果が正しく確認できません。比率や統計モデル、エンジニアリングモデルをEnPIとして選択した場合、関連変数の変化を考慮した比較ができます。例えば、EnPIとして、生産量を分母としたエネルギー原単位を用いた場合、ベースライン期間と生産量が違っていても、生産量で正規化するため同等条件で比較を行うことができます。また、統計モデルやエンジニアリングモデルの場合、モデルの中に影響変数を考慮するため、より正確な比較ができるようになります。

## エネルギー性能の向上対策の進め方

各種の対策の実現性や効果から優先度を決め、個別計画と全体計画、目標を決め、日常的な運用ルールも定めます。エネルギー性能を向上するだけでなく、維持するための目標を設定することも有効です。日常的なEnPIの確認において、エネルギー性能の目標が達成できないと分かった時は、原因を特定し、対策を講じます。超過達成したときは、喜ぶだけでなく、その原因を探り、水平展開などを考えます。

## EnPIの利用

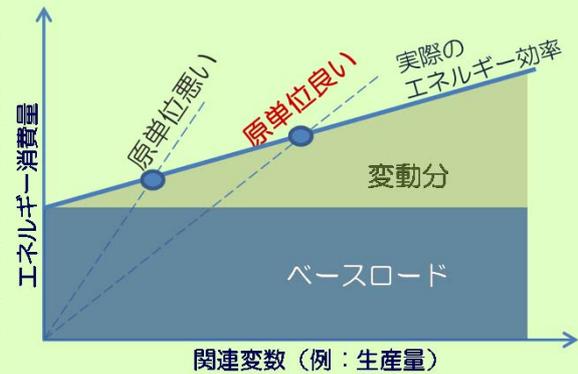
EnPIを用いたエネルギー管理では、EnPIの値が重要となります。そのため、EnPIバウンダリに該当する組織のメンバーでEnPIの値、エネルギーベースライン、エネルギー目標を共有する仕組みを構築します。

## EnPIのメンテナンス

工場の施設、設備、エネルギーの供給方法、組織、製品は、常に変化していくものです。この変化に対して、EnPIやエネルギーベースラインがその目的を維持できるように、定期的に見直します。

### コラム3 ベースロードとは

エネルギー消費量には、生産施設など生産量によって変動するものと、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。工場のエネルギー管理の指標として一般的に採用されているエネルギー原単位は、エネルギー消費量を生産量で割った指標です。右下の図の原点を通る直線の傾きが原単位を示します。実際のエネルギー効率をベースロードの分、オフセットした直線ですので、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。

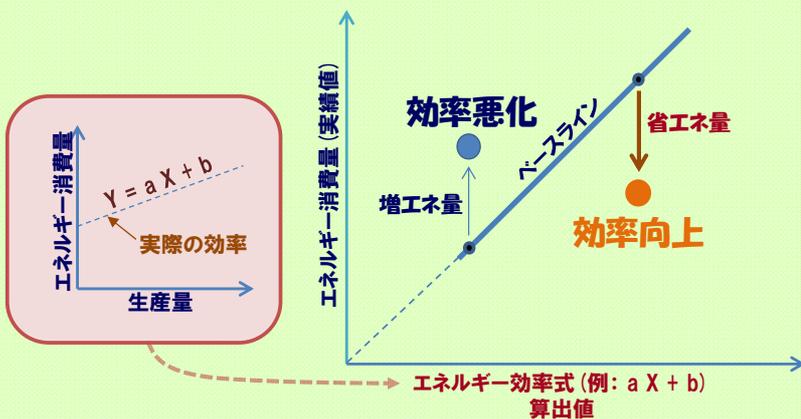


### コラム4 エネルギー原単位の分母の工夫 - 変化に強く、努力が見える指標 -

製造業にとって、省エネ法の原単位における分母の選び方は、大変難しいものです。「生産量」や「生産金額」が代表的な分母ですが、大きな省エネ効果が出ているのに、生産量が減ると原単位が悪化してしまうという現象(ベースロード効果)が発生してしまいます。経済産業省の発表によると、原単位悪化要因(5年間)の第一位は、「生産量の減少」で、その5割を占めています。

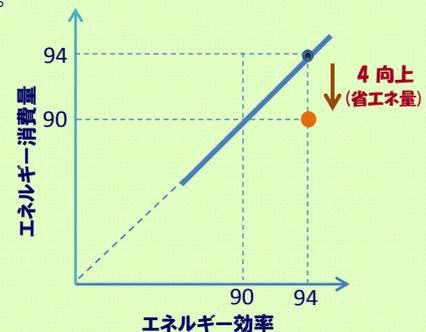
ベースロード効果の原因は、生産量がゼロでも発生してしまう「ベースロード」(P13 コラム3参照)です。

原単位の分母は、「エネルギー消費量に密接に関連する値」で事業者が決められます。この分母に、「数式」を用いることで、ベースロード効果に悩まされることなく、努力が見えるようになります。この数式は、ベースライン期間のエネルギー効率式で、「ベースライン期間の条件だったら現在どれだけのエネルギーを消費するはずなのか」を計算する数式です。



注1: エネルギー効率式(ベースエネルギー予測式)は、任意の数式/モデルを使用可能  
注2: 分母(横軸)は、ベース年度のエネルギー効率特性から導き出す当該年度の予測値

例えば、P8 コラム1の式を使って計算すると、ベースラインエネルギー消費量の推定値Estは、  
Est = 0.29 x 生産量 + 65  
評価期間の生産量が100だとすると、ベースラインのエネルギー消費量の推定値は、  
Est = 94  
評価期間のエネルギー消費量実績値が90だとすると、  
94 - 90 = 4 だけ消費量を削減したと評価することができます。



上図は、原単位の分母を横軸に、分子のエネルギー消費量を縦軸に取り、数式で算出された値(横軸)と、実績値(縦軸)の交点をプロットしたものです。45度の傾きのエネルギーベースラインを基準にして、下側にプロットされれば省エネルギーができたことがわかります。またベースラインからの垂直方向の距離が省エネ量の絶対値となります。

この指標は、EnPIとして活用しても大変有効です。

注3: 原単位悪化要因の第二位は、「製品構成の変化・品質高度化」です。この要因への対策は、資源エネルギー庁執筆の「省エネ法の解説」に紹介されています。

## コラム5 省エネ法のエネルギー管理をさらに進めるには

省エネ法のエネルギー管理をすすめ、EnPIの管理を取り入れる際に、その背景となっているISO 50001について、理解しておくと役立ちます。以下は、経済産業省資源エネルギー庁のホームページ(下記URL)から抜粋したものです。  
<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/iso50001/index.html>

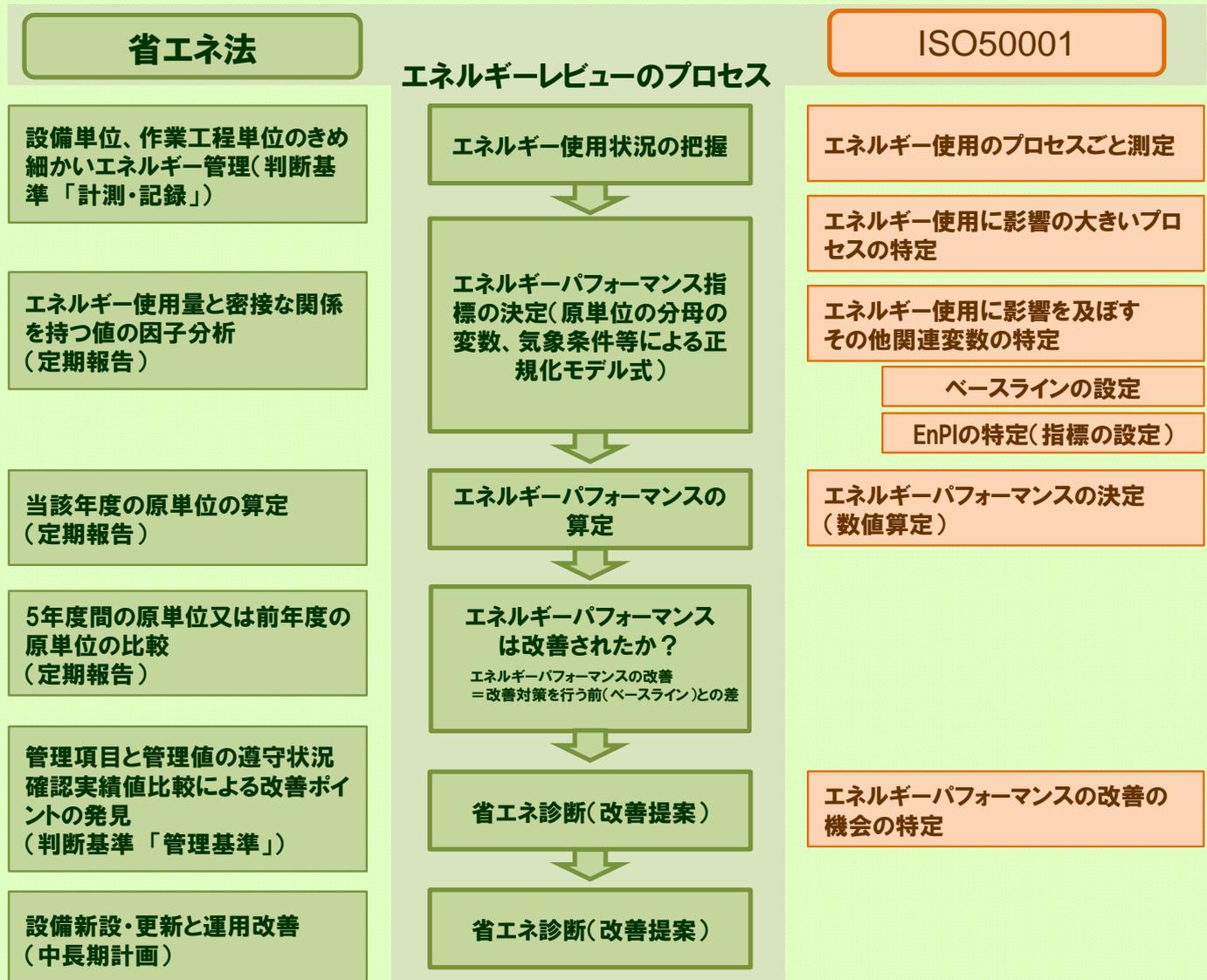
### ISO50001のポイント ～導入活用のポイントは大きく2つ～

#### ●ポイント1:エネルギーレビューのプロセス

エネルギーレビューとは、データや情報に基づいて組織のエネルギー性能を決定することと、そのエネルギー性能の改善の機会を特定することです。このエネルギーレビューに相当するプロセスは、省エネ法のエネルギー使用合理化のための枠組み・管理手法(以後、スキームという)と対比させることができます。すなわち、エネルギーレビューのプロセスは、原単位の管理分析、評価、改善に相当し、事業者が原単位管理を推進する際のエネルギー性能改善の手順・方法論として有効に活用することができます。

#### ●ポイント2:活動の適合性の確認と評価

トップマネジメントが、エネルギー性能の継続的改善やエネルギーマネジメントシステムの改善を図るためにレビューし、エネルギー管理を行う組織活動の適合性を自己宣言するための基礎になる内部監査が重要なポイントとなります。省エネ法では、内部監査そのものを規定していませんが、エネルギーの使用の実態を把握し、取組方針の順守状況を確認、評価、改善を行うことが求められています。これは、工場等の総合的エネルギー管理における内部点検といえるものです。内部点検要件のうち、点検範囲、点検プログラム、点検基準、点検チームの選定が重要なポイントになります。



## EnPI導入のための手順

EnPIによる管理の導入フローを下図に示します。ステップ1から5が主要なステップです。エネルギー消費量が大きく改善の期待値が大きい特定の工程など、部分的な取り組みもできます。ステップ0は、必須ではありませんが、経営トップから支援を得られると導入がスムーズに進みます。

### ステップ 0

#### エネルギーマネジメントチームの立ち上げ

経営層の支援を得てエネルギーマネジメントチームを立ち上げる。このチームはエネルギー管理者、エネルギー供給部署(動力課等)、同需要側部署(製造部等)で構成されるとよい。ISO14001のマネジメントチームでも良い。

### ステップ 1

#### エネルギー使用の現状把握

エネルギー使用の現状を把握する。具体的には、どの設備がどの種類のエネルギーをどれだけ使用しているか、エネルギー消費量に影響を与える要因とその関係を把握する。同時に対策も検討し、投資効果等で優先度をつけるとよい。

### ステップ 2

#### EnPI, バウンダリ, 目標値の設定

エネルギー性能の継続的向上に影響するユーザーとその使用目的に合うEnPIを選び、比較の基準となるベースラインと目標値を決める。それぞれのEnPIに合わせてバウンダリを設定し責任者を特定する。

### ステップ 3

#### 見える化と運用 ルール の準備 (対策の実施)

EnPIのユーザーと使用目的に合わせて、EnPIの表示や掲示、Web画面など見える化の仕組みとルールを作る。さらにエネルギー効率向上の対策を行う。

### ステップ 4

#### 日常の管理

それぞれのEnPIのユーザーは、ルールに従い定期的にEnPIの実績値と目標の差を確認し、目標達成が可能なかを判断する。目標達成がむずかしいと分かった時は、原因分析し対策する。超過達成時は原因分析し運用ルール等に反映する。

### ステップ 5

#### エネルギー性能の レビューと継続改善

EnPIの実績値と目標値やベースラインを比較しエネルギー性能の向上を定量的にレビューする。課題を確認しステップ2に戻り継続改善を行う。必要ならEnPIの変更や追加を行う。

## おわりに

日本は、1970年代の石油危機を発端に作られた省エネ法の下で、省エネ技術を磨いてきました。また現場主導のQC手法も定着しています。今回ご紹介したEnPIによる管理手法は、ISO 50001の最も優れている部分を抽出したもので、これまで蓄積した省エネ技術や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。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や、海外顧客からの認証取得要請を考慮して、本書でご紹介したEnPIによる管理方法を先行導入し、ISO 50001の導入準備を始めることをお勧めします。

JEITAエネルギーマネジメント標準化専門委員会では、エネルギーマネジメントの高度化による、日本企業の競争力強化を目的に、今後も継続的に実用的な情報をご提供して参ります。

## JEITAエネルギーマネジメント標準化専門委員会

委員長	井上 賢一	横河電機株式会社
副委員長	瀬川 潔	アズビル株式会社
幹事	松井 哲郎	富士電機株式会社
委員	高橋 一敏	中央電子株式会社
委員	大内 俊之	横河電機株式会社
委員	池山 智之	横河電機株式会社
委員	高木 真人	横河電機株式会社
委員	水越 邦明	横河電機株式会社

オブザーバ 駒井 啓一 省エネ・テクノロジーサーチ神戸