

エネルギー効率化のための システムアプローチ入門

A guide to the system approach for energy efficiency

JEMIMA エネルギー・低炭素政策委員会
エネルギー計測・制御WG

目 次

1. はじめに	3
2. 基本用語解説	4
2.1. エネルギー効率の管理単位 (EMU)	4
2.2. エネルギー効率化のための管理指標 (KPI)	5
2.3. エネルギー効率の評価計測 (Baseline)	6
2.4. EMUの状態 EMU Status	7
3. エネルギー管理の手順	9
4. 効果的なエネルギー効率化のために	10
4.1. エネルギーの流れを把握する	11
4.2. エネルギー管理単位EMUを設定する	12
4.3. エネルギー管理指標 (EnPI)を設定する	20
4.4. 全体最適を考慮する	21
5. おわりに	22
参考文献	23

1. はじめに

エネルギー効率(Energy Efficiency)の高い低炭素社会の実現を目指して、産業界・ビル・家庭・運輸など様々な分野でのソリューションと共通の社会インフラ基盤が求められている。特に産業オートメーションでは従来生産性向上の一環として取り組まれてきた省エネルギー策が、単独の設備や組織を対象とするレベルから複合的なシステムレベルでの最適化へとシフトしつつあり、より高度な計測・制御技術の活用も急務となっている。

このような背景を受けて、国際標準化組織や地域・業界組織がその社会全体に通じたアプローチを整え、高エネルギー効率社会への移行を推進している。なぜエネルギー効率を上げるために標準が必要なのか？自律分散した管理単位が最高のパフォーマンスで運用されていれば良いとも言えるが、現実的にはその管理単位の設定や施されているパフォーマンスの向上手段が設備や施設、プロセス、企業の組織によってその場限りの解決策になっていることが多く、必ずしも全体として効率良い結果に結びついていないケースもある。最終的な細かい管理・運用の方法はその場に与えられている条件下で当事者が定めるにしても、その考え方や実装・評価に対して統一したアプローチで望むことで効率の向上が狙いやすくなる。特に上述の複合的なレベルでの見方は「システムアプローチ」としてのガイドが必要であるとの認識から、IEC/TC65^[1]やISO/TC242^[2]ではこの視点に沿った「アプローチを示した国際標準」の開発が用語の整理とともに進められている。

一方、産業オートメーションの現場では省エネの成功事例も増えてきている。本入門書ではこれらの事例から導き出されるアプローチを国際標準用語を使いながら整理してみた。

企業のエネルギー効率化を推進する立場にある方、省エネ・プロジェクトのリーダーおよび現場担当者の方々のご活動の参考にしていただければ幸いである。

[1] IEC/TC65 : IEC(国際電気標準会議)にてIndustrial-process measurement, control and automation分野の標準を開発・発行するTC(技術委員会)

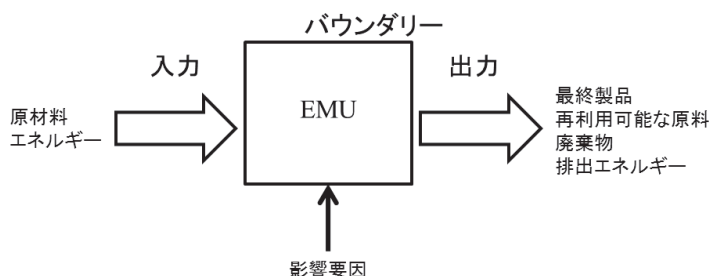
[2] ISO/TC242 : ISO(国際標準化機構)にてEnergy management systems分野の標準を開発・発行するTC(技術委員会)

2. 基本用語解説

2.1. エネルギー効率の管理単位(EMU)

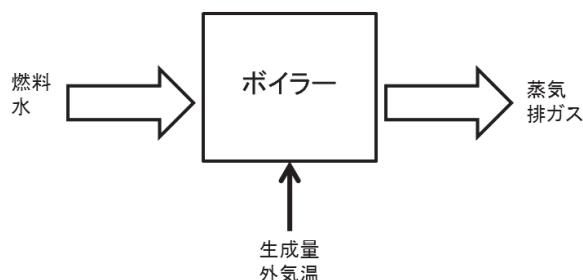
エネルギーを管理する単位をEnergy Managed Unit (EMU)と呼ぶ。IEC/TR 62837⁽³⁾では、EMUの構造を図2.1.1のように定義している。EMUは、エネルギー管理の対象とする“バウンダリー^[1]”(境界)を持ち、EMUの“入力”としては、エネルギーと原材料が、“出力”としては、最終製品、再利用可能な原料、廃棄物、排出エネルギーなどが考えられる。“影響要因”とは、EMUの入出力特性に大きく影響を与える要因を意味しており、生産量、主要装置・設備の運転/停止などがあげられる。外気温などの気象条件も、影響要因のひとつである。

例えばボイラーを単純化して考えると、燃料を燃やし、水を沸騰させ、蒸気を生成する装置と捉えることができる。またボイラーの入出力特性は、外気温や蒸気生成量からの影響を受ける。この場合のボイラーのEMUは図2.1.2のようなものとなる。



【図2.1.1】EMUの構造

出典：(3) IEC/TR 62837 (Edition 1.0 2013-09) “Energy efficiency through automation systems”

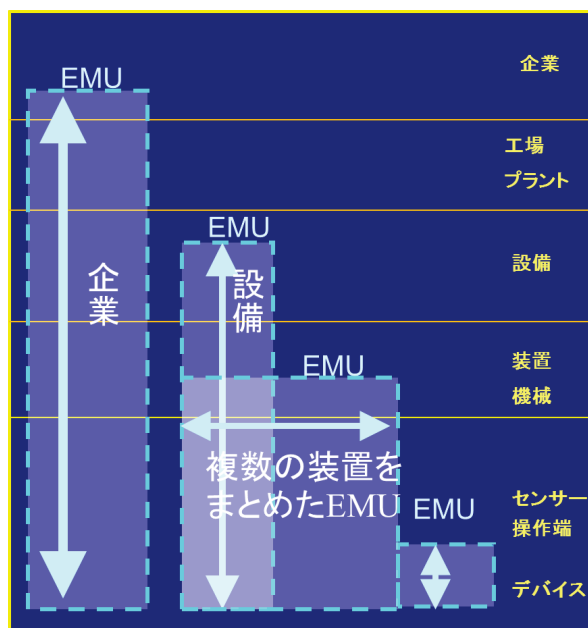


【図2.1.2】EMUの例

上記のボイラーのような装置以外にも図2.1.3のように企業、工場、設備、装置からデバイスまで、エネルギーを管理する単位と識別できるものであれば全てEMUと捉えて良い。複数の装置が相互に連携し生産を行っており、その連携がエネルギー効率に大きく影響するならば、それらの装置をまとめてひとつのEMUと捉える事も可能である。

このようにエネルギーの管理単位であるEMUは、さまざまな捉え方が考えられる。しかしながらやみくもにEMUを設定しても、管理が大変になるだけであり、エネルギー効率化を効果的に進めることはできない。企業やその他組織・団体という観点からエネルギーを俯瞰し、効果的にエネルギー効率化が進められるEMUを設定することが重要となる。

EMUをどのように設定するかについては、そのバウンダリーの捉え方がポイントとなってくる。これについては2.4および4章にて詳述する。



【図2.1.3】EMUのいろいろ

[1] バウンダリー
IEC/TR62837⁽³⁾において“EMU boundary”と呼称されているものを指す。
ISO50001⁽²⁾では、EnPI Boundaryがこれに相当するものとして定義されている。

2. 2. エネルギー効率化のための管理指標 (KPI)

KPI(Key Performance Indicator)とは、一般的に「売上高」、「利益率」といった「目標の達成度合いを測るための指標」を指す。売上高や利益率というモノサシで過去・現在・未来を見比べることにより企業活動を評価している。エネルギー効率化を考える際も、管理指標を定め、改善度合いを測れるようにする必要がある。

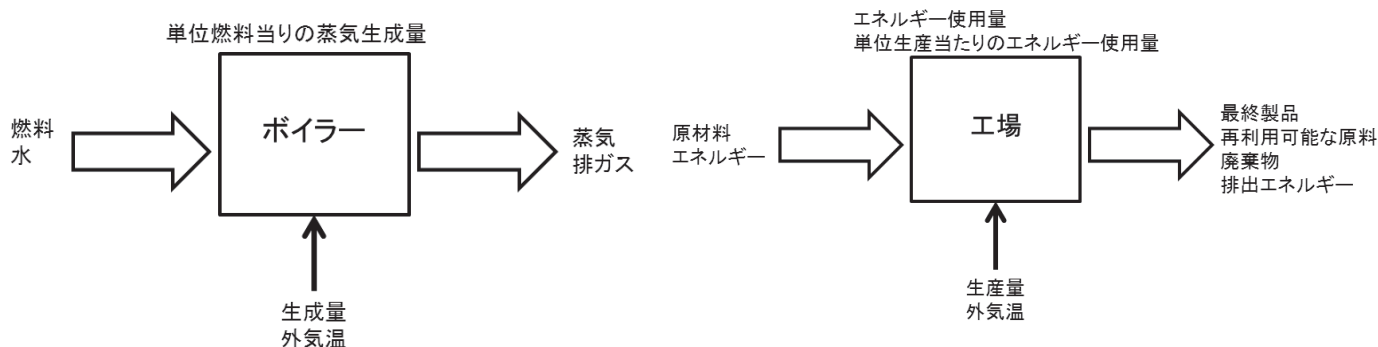
エネルギー管理の領域における管理指標としては、ISO50001^[1]が定めるEnPI (Energy Performance Indicator)があげられる。ISO50001によればEnPIは、「組織によって定められたエネルギーパフォーマンス^[1]の定量的な値または尺度」と定義している。一例を以下に示す。

例：工場全体のエネルギー使用量
 製品のエネルギー原単位
 設備のエネルギー効率

前述のボイラーを例にとると、少ないエネルギーでいかに多くの蒸気を生成できるかがボイラーの効率を決めるとするならば、このEMUにおけるEnPIは、「単位エネルギー当りの蒸気生成量」となる(図2.2.1)。経営における売上高や利益率等のKPIと同様、EnPIをモノサシとしてエネルギー効率の評価が行える。

なお、EMUが複数のEnPIを持っても良い。たとえば、工場をひとつのEMUとして捉えた場合、生産性の観点から単位生産量当たりのエネルギー使用量を管理指標と捉える事もできるし、環境面から工場全体のエネルギー使用量を管理指標と捉える場合もある。(図2.2.2)。これらの複数の管理指標から、その時々々の経営環境などに応じ重視する管理指標を決めコントロールしていくことにより、状況に応じた舵取りが可能となる。

定めたEnPIが管理指標として機能し続けるためには、どのような条件でも評価できるものとなっている必要がある。例えば、季節の違いや昼夜間等での外気温の変化により蒸気生成量が影響を受ける可能性がある。また蒸気生成量が少ない場合はエネルギー効率が悪化するという特性があるかもしれない。このようなエネルギー効率に影響を与える影響要因を考慮して連続的に測れるモノサシになっている必要がある。



【図2.2.1】ボイラーの例

【図2.2.2】工場の例

[1] エネルギーパフォーマンス(Energy Performance)

ISO50001ではエネルギーパフォーマンスを以下のように定義している。

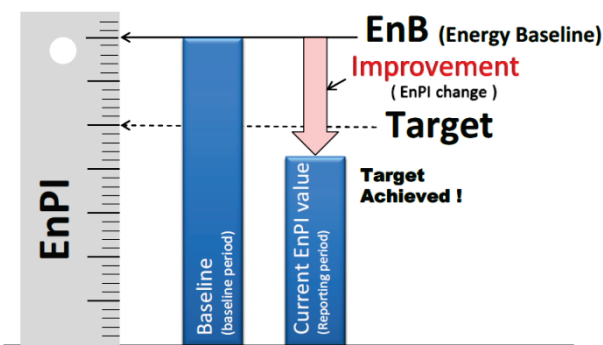
「エネルギー使用量やエネルギーの使用(用途)、エネルギー効率に関連する測定可能な結果」

エネルギー管理の対象となる項目で、具体的にはエネルギー使用量、ピーク電力、用途別エネルギー使用量、各種のエネルギー効率などがある。

2.3. エネルギー効率の評価計測(Baseline)

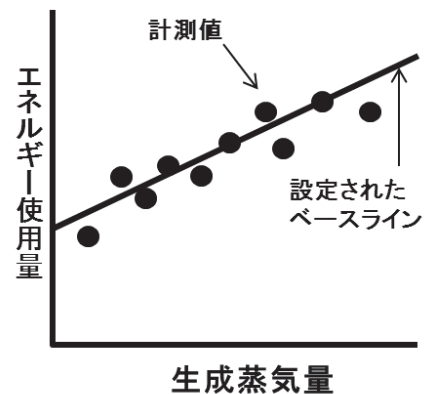
企業活動では、売上高や利益率といった管理指標により過去と現在、未来を比較しその活動の達成度合いを評価する。エネルギー効率化活動も同じで、EnPIというエネルギー管理における管理指標を用い、対策前と対策後を比べることにより、その達成度合いを評価する。従って、設定した管理指標で対策前と対策後を比べられるように、対策前の値を計測しておく必要がある。この比較のための基準をエネルギーベースラインと呼ぶ。図2.3.1は、ISO50006⁽²⁾におけるエネルギーパフォーマンス指標とエネルギーベースラインの関係を図示したものである。ISO50006では、エネルギーベースラインを「エネルギーパフォーマンスの比較のために設けられた定量的な基準」と定義している。エネルギーベースラインは、EnPIごとに設定する。

図2.3.2は前述のボイラーを例にベースラインの計測、設定を行った例である。ボイラーのEnPIが単位エネルギー当りの蒸気生成量であるならば、エネルギー使用量を縦軸に、蒸気生成量を横軸と、これらの相関がわかるよう計測を行い、グラフに計測結果をプロットすればベースラインモデルが設定できる。ボイラーの性能は、外気温や蒸気生成量、稼働率など影響要因に影響を受ける。従って、影響要因を考慮して計測時期や計測期間を決定する必要がある。また、統計モデルや工学モデルによりベースラインを設定する場合もある。



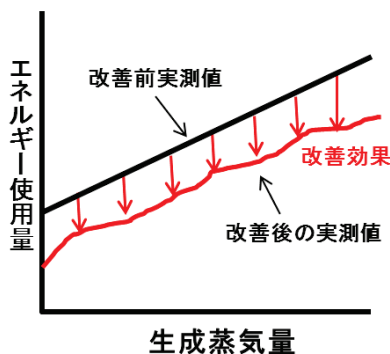
【図2.3.1】エネルギーパフォーマンス指標とベースラインの関係

出典：(2) ISO 50006: Measuring Energy Performance using Energy Baselines and Energy Performance Indicators – General Principles and Guidance

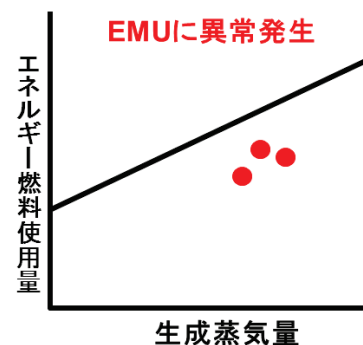


【図2.3.2】ボイラーのベースライン

図2.3.3は対策後の実測値をエネルギーベースラインにプロットしたもので、改善の度合いがこの図から読み取れる。また、図2.3.4のように異常値が示された場合、設備の停止や故障発生といったEMUの異常を読み取ることも可能となる。



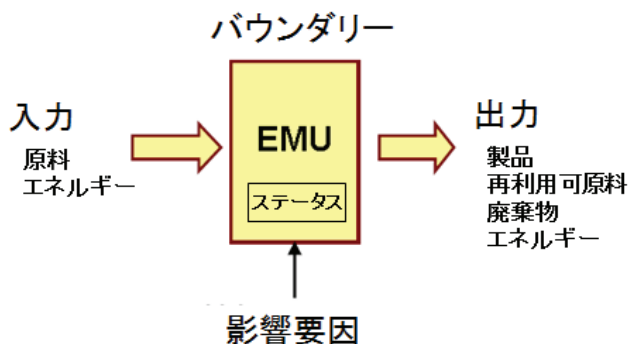
【図2.3.3】改善前、改善後の比較



【図2.3.4】EMU異常の検知

2. 4. EMUの状態 EMU Status

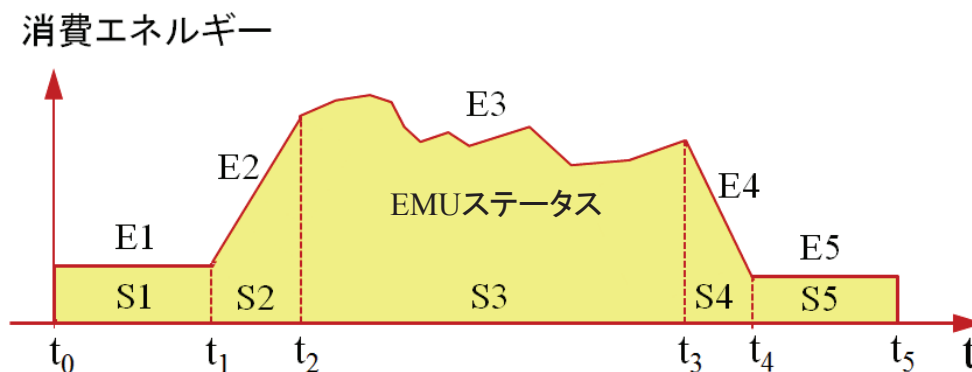
工場の操業状態は、EMUのエネルギー効率に影響を与えるEMUの“ステータス(状態)”としてとらえることができる(図2.4.1)。EMUは“ステータス”毎に特有のエネルギー使用特性を持っているので、“ステータス”ごとにエネルギー管理を行うことが有効である。



【図2.4.1】EMU (Energy Managed Unit)のステータス

出典：(3) IEC/TR 62837(Edition 1.0 2013-09) “Energy efficiency through automation systems”
 【注】出典の図に“ステータス”を追記した。

図2.4.2は生産工程(ステータス)と対応した消費エネルギーとの関係を示したものである。S1～S5のステータスが定義され、それぞれのステータスでE1～E5のエネルギー消費があることを示している。“ステータス”の例として、停止、立上、運転、立下、停止、などが一般的である。それぞれに対応したエネルギー消費特性を有しているため、各“ステータス”に対応した E_nPI が設定され管理されている。これらはプロセスによって異なるが、それぞれの操業にあわせて定義される。工程全体のエネルギー消費の総量は、これらの E_i の積分で与えられるので、エネルギー効率を高めるためには、各ステータスに於ける E_i を下げることに併せて、時間軸の要素も検討することが重要である。「立上げ」や「停止」中にもエネルギー消費を伴うが、これは生産に直接寄与しないエネルギーである。操業上の計画的な停止以外に、故障など予期しない停止もあり、エネルギーの無駄につながる。高信頼で生産性の高い生産ラインを構築し、エネルギーのムダをなくすことが重要である。



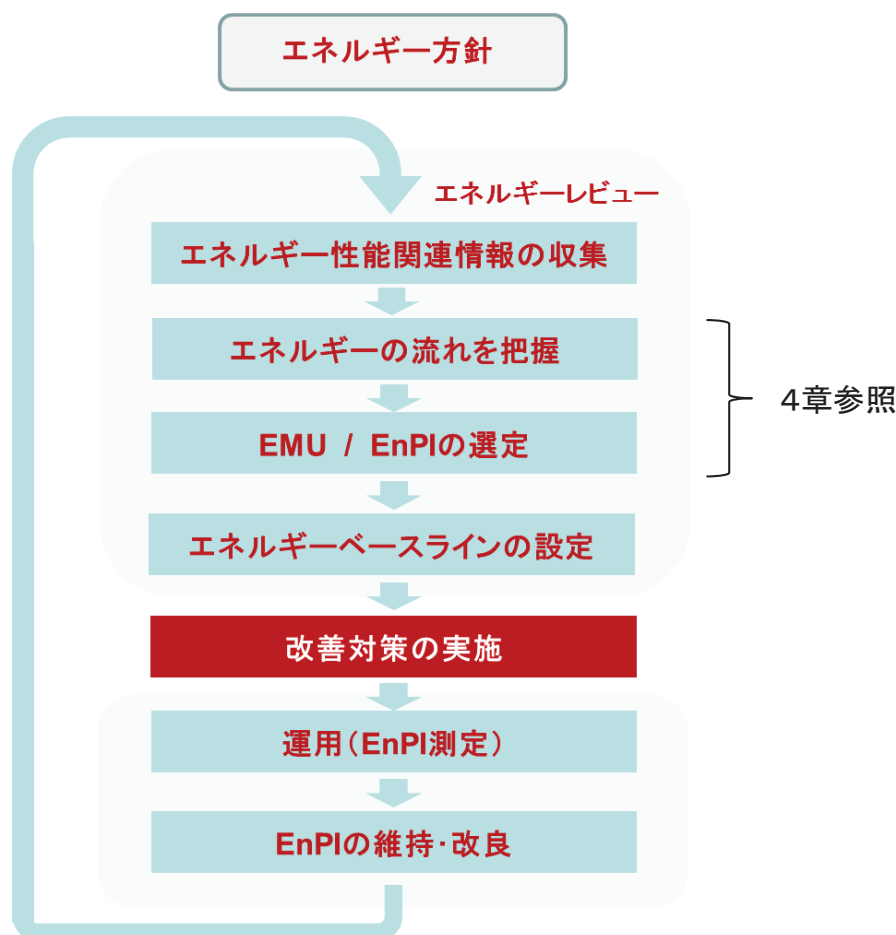
【図2.4.2】生産工程毎のエネルギー消費特性

出典：(6) 一般社団法人 電子情報技術産業協会・制御・エネルギー管理専門委員会 WG1「時空バウンダリー - 効果的エネルギー管理のために」(2014)
 【注】出典の図に“EMUステータス”を追記した。

生産ラインのエネルギー消費に大きな影響を与える要因として運転条件があるが、一日の生産時間内であっても、生産の準備段階、故障発生、生産品目の変更など安定生産以外のいろいろな操業ステータスがあり、そのステータスでのエネルギー消費パターンは大きく異なることが多い。しかも、それぞれのステータスが一日の生産時間に占める割合はまちまちである。操業の実態に見合ったステータスを定義して管理することの重要性を示す例である。

3. エネルギー管理の手順

工場など、実際の企業活動に於けるエネルギー管理は多面的な要素をもち、何を対象として、どのような指標を作って測定し、誰が(どの組織が)どのように改善するのか、などを明確にして進めることが重要である。図3.1にエネルギー管理の手順を示す。はじめにエネルギーレビューを実施して、エネルギーパフォーマンスの関連情報を収集し現状を掌握する。その上でエネルギー管理の対象を定め、そのエネルギーパフォーマンスの目標値EnPIを設定し、その実現に向けて改善対策を策定する。次に改善の比較対象となるエネルギーベースラインを設定し、対策の実行に入る。実行過程では、エネルギーパフォーマンス指標EnPIを日常的にモニタリングし継続的改善を行う。モニタリング結果を見ながら、必要に応じてEnPIの維持・改良を行い、改善成果に結びつける。なお、エネルギー管理の手順の詳細については、ISO50001⁽¹⁾、ISO50006⁽²⁾が参考となる。



【図3.1】エネルギー管理の流れ

出典:(8) 一般社団法人 電子情報技術産業協会、制御・エネルギー管理専門委員会 WG1 「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～」(2014)
 【注】出典の図に一部追記した。

4. 効果的なエネルギー効率化のために

前章では、エネルギー効率化活動の基本的な手順について解説した。エネルギー効率化活動のためにはシステムアプローチが重要である。ISO9001⁽⁹⁾では、「マネジメントへのシステムアプローチ」を以下のように定義している。

「相互に関連するプロセスを一つのシステムとして、明確にし、理解し、運営管理すること。これにより組織の目標を効果的で効率よく達成することに寄与する。」

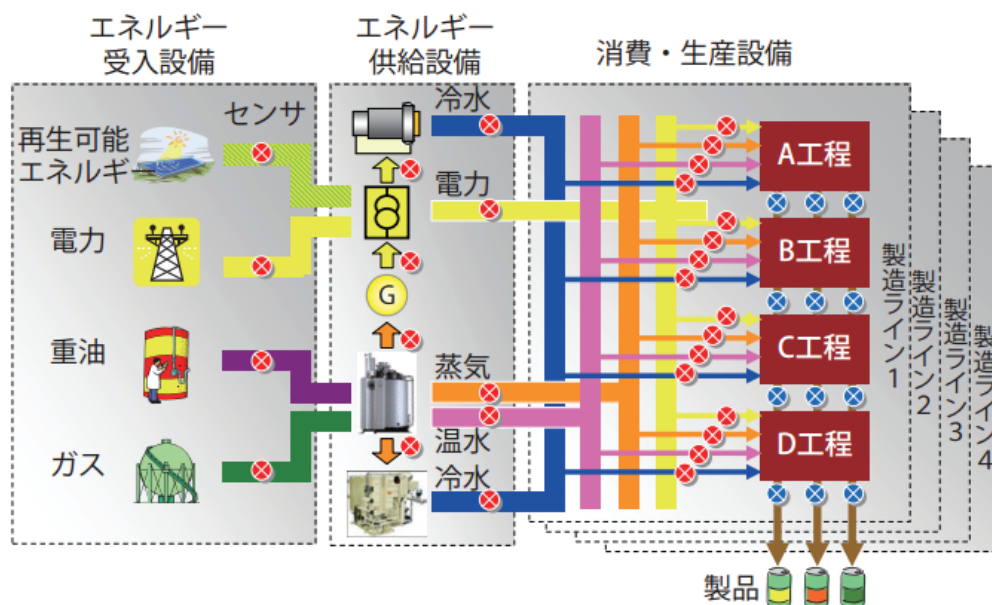
エネルギー効率化活動におけるシステムアプローチとは、相互に関連するプロセスを一つのシステムとして捉え、明確にし、理解し、運営管理することであり、エネルギー効率化の目標を効果的に達成することに寄与する。

そこで、本章ではエネルギー管理単位EMUおよびパフォーマンス指標EnPIの選定について、いくつかの例を用いながら、相互に関連するEMUをひとつのシステムとして捉え、明確にするための考え方、そのシステムやプロセスを理解し、管理・改善を図るための考え方を解説する。この考え方に基づきEMUおよびEnPIを選定すれば効果的なエネルギー効率化活動につながる。

4. 1. エネルギーの流れを把握する

相互に関連するプロセスをひとつのシステムとして捉え、明確にするため、またそのシステムやプロセスを理解するためには、まず全体のエネルギーの流れを把握することが重要である。図4.1に工場に於けるエネルギーの流れを示す。エネルギー受入設備、供給設備、消費・生産設備に大別される。

エネルギー受入設備は、エネルギー源として、電力、燃料(重油、ガスなど)、再生可能エネルギーなどを受入、エネルギー供給設備に送る。受入れたエネルギーは原動力設備で利用できるエネルギー(電力、冷温水、蒸気)に変換され、消費・生産設備に供給される。消費・生産設備には、製造ラインや工程毎にエネルギー消費設備が配置されている。管理の目的に応じて、工場全体、生産ライン毎、工程毎、製品毎など、それぞれの単位でエネルギー使用量を把握する必要がある。



【図4.1】工場に於けるエネルギーの流れ

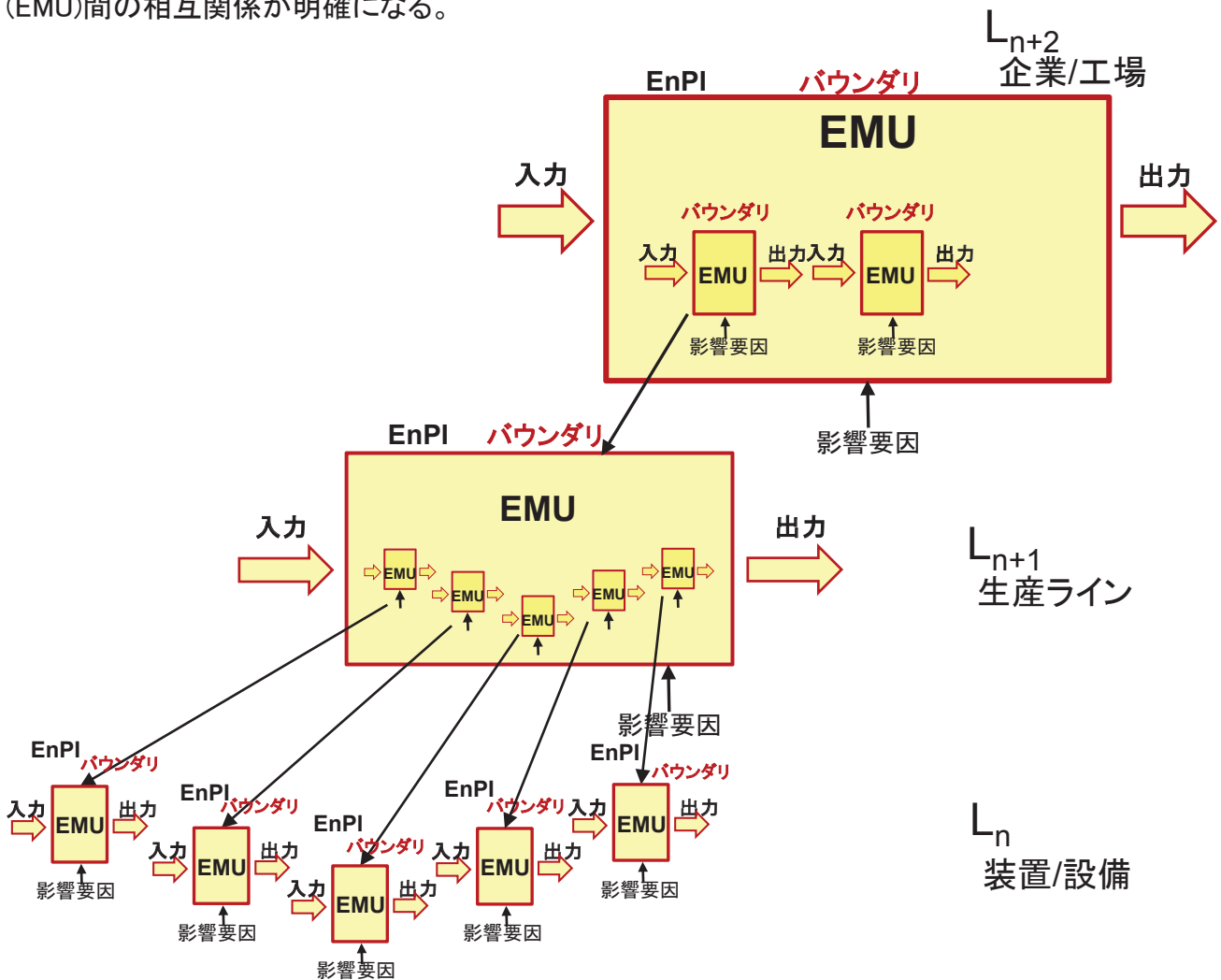
出典：(7) 工場エネルギー操業支援システム「Enerize E3」—工場における「見える化」、エネルギー効率最適操業へ—, 横河技報 Vol.53 No.1 (2010).

4. 2. エネルギー管理単位EMUを設定する

本節では、システムアプローチの観点から、企業や組織、工場等エネルギー効率化の対象全体を俯瞰し、その構成要素(EMU)間の相互関係や最もエネルギーを使用している構成要素などを明確にし、最適なEMUを選定・設定するための手段を提供する。

4.2.1 システムにおけるEMUの階層構成

工場を例にとるとエネルギー管理は、工場全体、生産ライン、エネルギー使用量の大きい設備機器など、管理の目的に応じて対象範囲(バウンダリー)を設定して行われる。EMUはエネルギー管理の単位として汎用的に定義されているが、対象範囲ごとに設定されたバウンダリーに対して、入力、出力、影響要因が定義され、管理目標としてのEnPI(Energy Performance Indicator)を設定することができる。図4.2.1は、工場に於ける生産システムの階層を3つのレベル(L_n 、 L_{n+1} 、 L_{n+2})にとらえ、システム全体をEMUの階層構造のかたちで記述したものである。なお、このEMUは図4.2.1のような物理的な階層に対してだけではなく、組織や機能の階層に対してもフレキシブルに定義できる。このようにエネルギーを階層構造で捉える事により、その構成要素(EMU)間の相互関係が明確になる。



【図4.2.1】システムにおけるEMUの階層構成

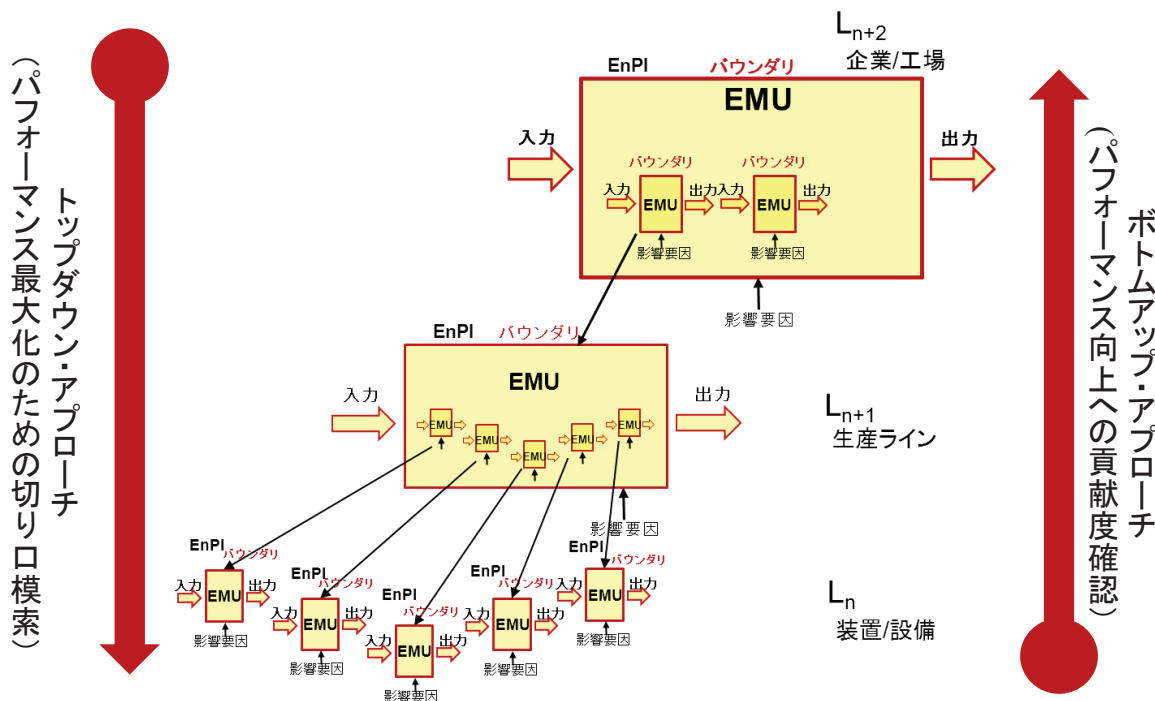
4.2.2 トップダウンアプローチとボトムアップアプローチ

トップダウンアプローチとは、企業や工場といったエネルギー効率化を図る最上位のEMUを起点とし、そのEMUにおけるパフォーマンスを最大化することを目的に、EMUを分割、階層化していく手法である。図4.2.2は、企業/工場から生産ライン、更に装置/設備に分割した例である。

ボトムアップアプローチとは、装置や設備単独での検討を出発点としたアプローチである。2章で例として挙げたボイラーの効率改善のように範囲を限定した検討は効果を明確にしやすく、即効性がある。しかし、企業や工場というレベルから俯瞰すると、例えば装置のエネルギー使用量より空調に用いられるエネルギー使用量の方が多く、そちらの改善を優先する方が効果が期待できる場合もある。このような問題を防ぐために、検討している改善対象をEMUと捉え、その上位EMU(可能であればその組織における最上位)のエネルギーパフォーマンス改善への貢献度合いを確認する必要がある。装置や設備単独での改善プロジェクトは、身近な分、アイデアが出しやすく、実現可能性が高いことが多い。ボトムアップアプローチにより、貢献度合いの確認を行うことが、組織としての重要性を共有化し、より円滑にプロジェクトを進めることにつながる。

トップダウンアプローチとボトムアップアプローチは、どちらか一方を行えばよいというものではなく、相互に補完するものである。例えば、最初はボトムアップで考えたが、組織の観点から見直すために、トップダウンでもう一度考え直してみる。あるいはその逆で、トップダウンで絞り込んだ結果、装置や設備での改善策を考えたが、組織全体での貢献度はどの程度かを見極めるためにボトムアップアプローチでもう一度考え直してみる、といったことも考えられる。

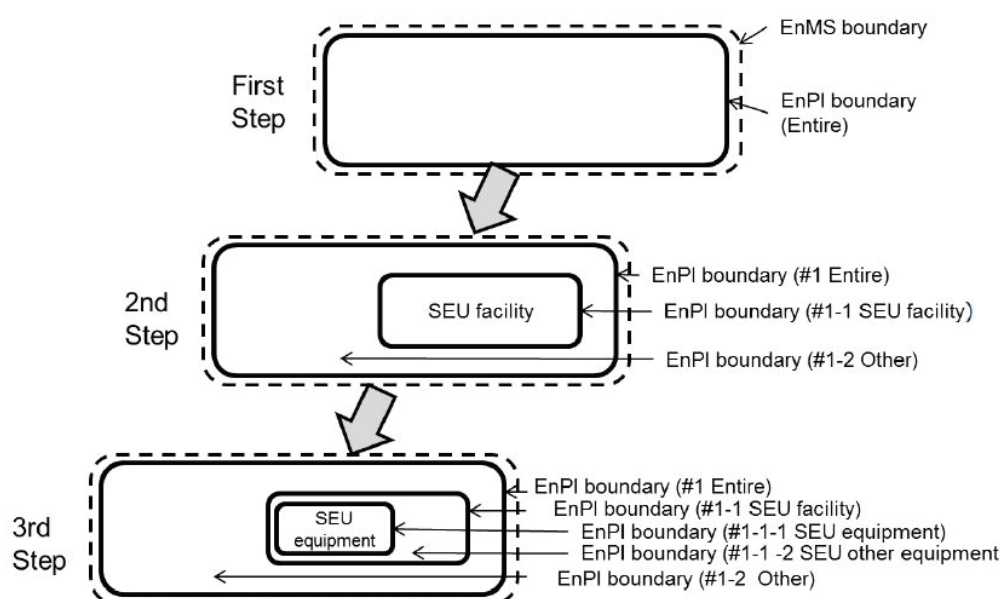
なお、全体最適については別途検討する必要がある。詳細は、「4.4 全体最適を考慮する」を参照されたい。



【図4.2.2】トップダウンアプローチとボトムアップアプローチ

4.2.3 EMU分割の切り口 (SEU)

、企業や工場など最上位のEMUからエネルギーを俯瞰し、エネルギーを最も使用しているEMU、あるいは大きな改善が見込めるEMUを見つけ出し、対策を打つことによりエネルギー効率化を効果的に進めることができる。ISO50001は、このような目的のために、SEU(Significant Energy Use)を定義している。SEUとは、「著しいエネルギー使用とみなせる及び/またはエネルギーパフォーマンス改善のために、高い可能性をもつエネルギーの使用」を指す。図4.2.3.1は、トップダウンアプローチによりSEU(Significant Energy Use)を明確にし改善ポイントを絞り込むステップを示している。



【図4.2.3.1】EnPI バウンダリーとSEU特定のプロセス

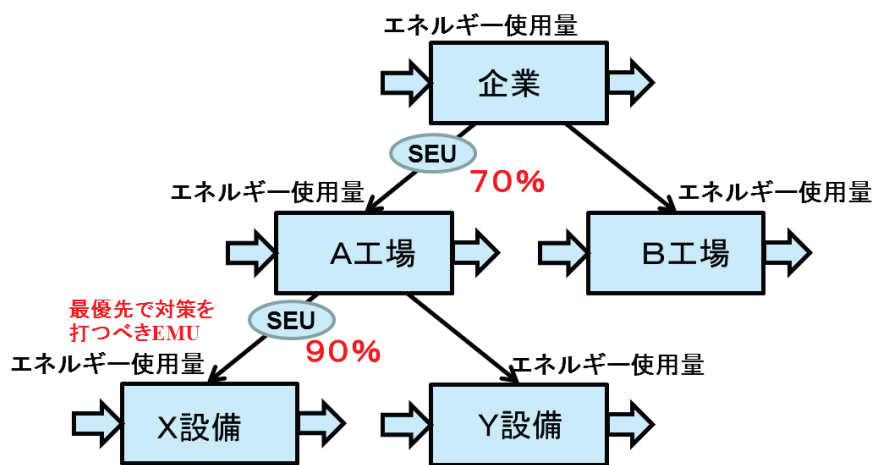
出典：(2) ISO 50006: Measuring Energy Performance using Energy Baselines and Energy Performance Indicators – General Principles and Guidance

SEUを見つけるためには、EMUをどのように分割するかが鍵となる。単純に工場、設備、装置、機器といった物理面から切り分ける方法もあれば、機能面、組織面などでの分割、更に、使用するエネルギーの種類やルートの違いなどエネルギーソースによる分割なども考えられる(図4.2.3.2)。また工場、設備、装置、機器の稼働状態や時間の経過からSEUを見つけることも考えられる。

- ・物理面
- ・機能面
- ・組織面
- ・エネルギーソース
- ・時間・状態
- ・製品、ロット等

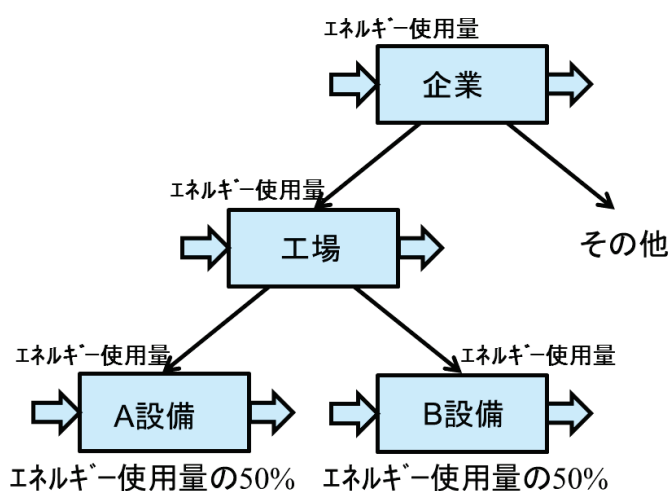
【図4.2.3.2】EMU分割の切り口

図4.2.3.3は、エネルギー使用量をEnPIとした企業の例である。エネルギー使用量を効率的に削減するには、他に比べエネルギーを大量に使用するEMU、すなわちSEUとなるEMUを見つけ出し、そのEMUに対し対策を打つことが求められる。図の例では、A工場が著しくエネルギーを使用しており、SEUと考えられる。更にそのA工場をEMUに分割すると、X設備が、90%のエネルギーを使用していることから、これがSEUと考えられる。従ってこの企業において、最初に対策を打つべきであるのは、X設備である可能性が高い。もちろん、X設備に対し既に対策を打っていたならば、大きな改善効果が見込めるとは言えず、別の設備をSEUと捉えた方が良い場合もある。このようにSEUがなんであるかを認識しつつ対策を打っていくことによりエネルギー効率化を効果的に進める事ができる。



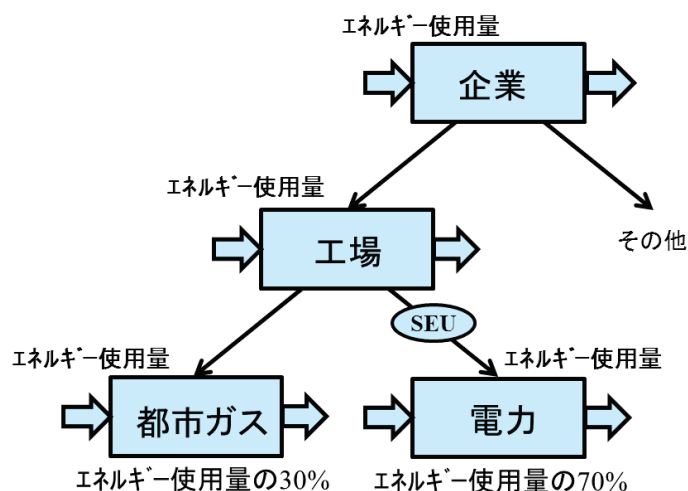
【図4.2.3.3】SEUと対策を打つべきEMU

前記の例では、SEUが比較的是っきり出ている例だが、単純なEMUの切り分けでは、SEUが明確とならない場合もあり、EMUの分割の仕方に工夫が必要となる。図4.2.3.4は、ある企業で物理面からEMUを分割した例である。この例では、SEUがはっきりせず、効果的な対策を打ちにくい。このような場合、別の切り口でEMUを分割してみると良い。図4.2.3.5は、同じ企業において、工場レベルは物理面で切り分けているが、工場の中は、エネルギーソースでEMUを分割した例である。エネルギーソースで分割することによりSEUが明確となり対策の優先順位が明確になった。このように、SEUがはっきりしない場合には、EMU分割の切り口を変えて考えてみると良い。



最優先で対策を打つべきEMUが明確でない

【図4.2.3.4】物理的にEMUを分割した例

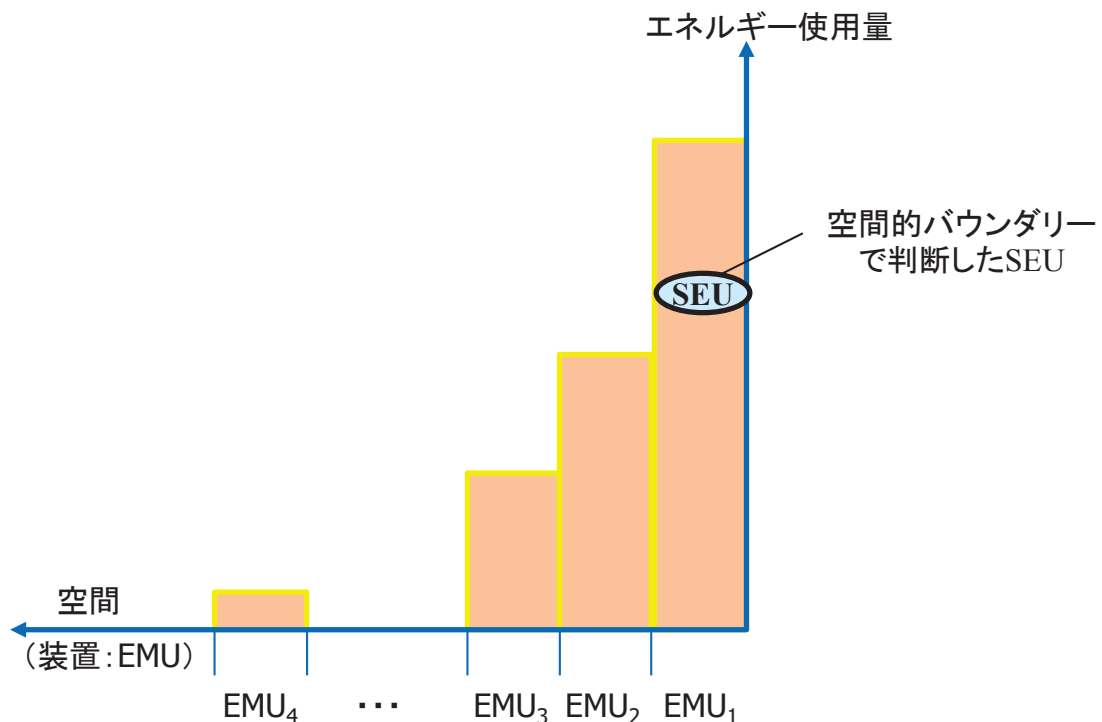


最優先で対策を打つべきEMUが明確

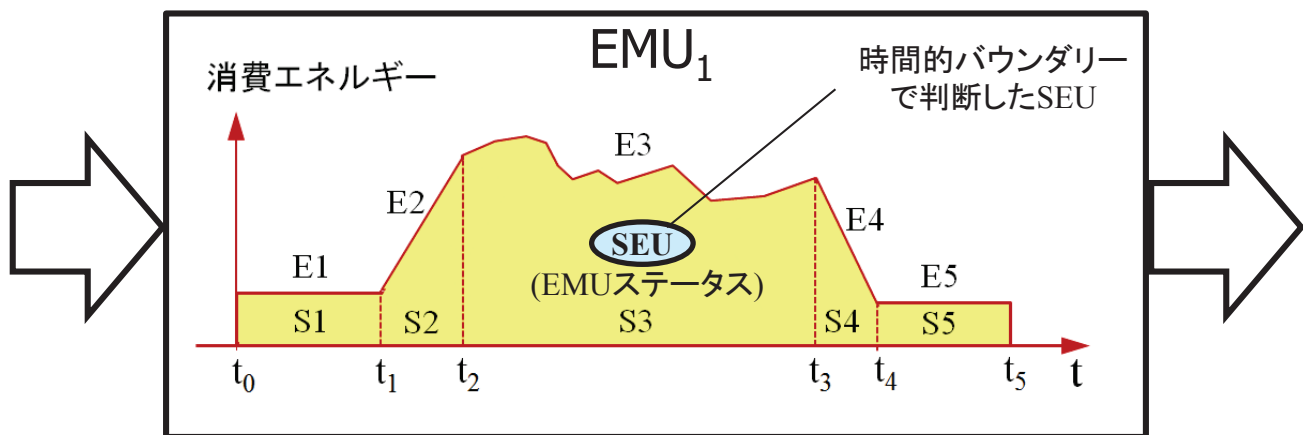
【図4.2.3.5】エネルギーソースでEMUを分割した例

4.2.4 EMU分割の切り口(時空バウンダリーとSEU)

図4.2.4.1は、装置をEMUと捉え、それぞれのエネルギー使用量をパレート図で表したものである。このパレート図から EMU_1 がSEUであることがわかる。しかし、2.4で解説したEMUステータスにより更にEMUを切り分け、エネルギー使用量の多寡を判定することが可能である(図4.2.4.2)。この図の例ではS3が EMU_1 におけるSEUであることがわかる。このように、バウンダリーは、空間的、時間的に捉えることが可能であり、SEUもこの空間的、時間的なバウンダリーの中で判断することが可能である。



【図4.2.4.1】装置をEMUと捉えたエネルギー使用量



【図4.2.4.2】生産工程毎のエネルギー消費特性

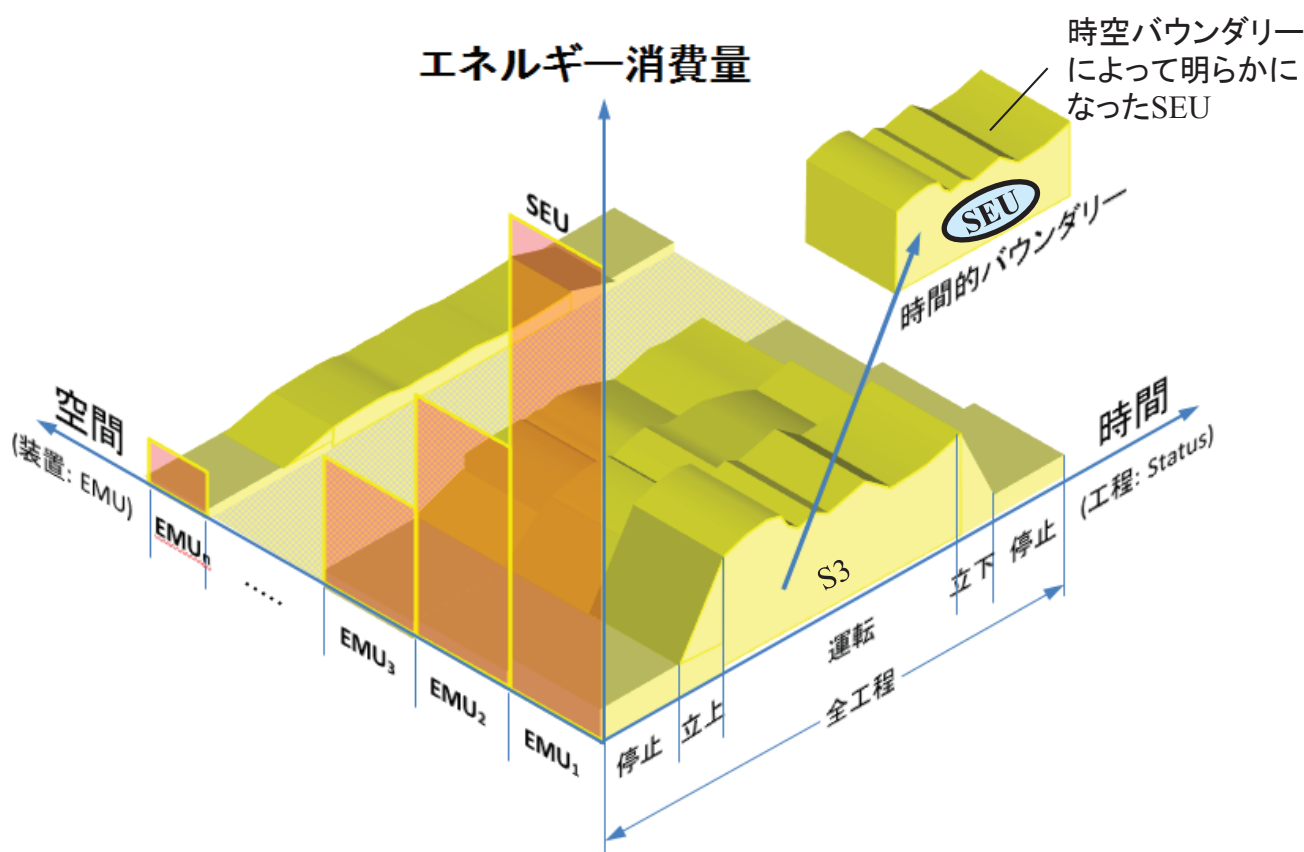
出典:(6) 一般社団法人 電子情報技術産業協会, 制御・エネルギー管理専門委員会 WG1「時空バウンダリー - 効果的エネルギー管理のために」(2014)
 【注】出典の図に“EMUステータス”及び“SEU”を追記した。

図4.2.4.3は、前頁の時間的バウンダリー、空間的バウンダリーで表したふたつの図を三次元的にひとつにまとめて表したものであり、生産工程毎のエネルギー消費特性を、空間軸および時間軸上に対応させて示している。空間軸上は、設備などのEMU単位、時間軸上は、操業の全工程を、停止、立上げ、運転、立下げ、停止に区分して、エネルギー使用量を測定し、この総エネルギー使用量の大きいEMUの順に並べて表示したものである。工程ごとの区分をエネルギー管理の時間的バウンダリーと呼ぶ。時間的バウンダリーはアプリケーションにより定義して運用管理される。

このように、時間軸および空間軸上にそれぞれ定義されたバウンダリーを一元的にとらえた概念は、時空バウンダリー⁽⁶⁾と呼ばれている。

空間的バウンダリーでSEUを特定しにくい場合や空間的バウンダリーでのSEUは明確となっているが更に、改善対象を絞り込みたい場合などは、時空バウンダリーでのSEUを特定し、対策を打つことが有効である。

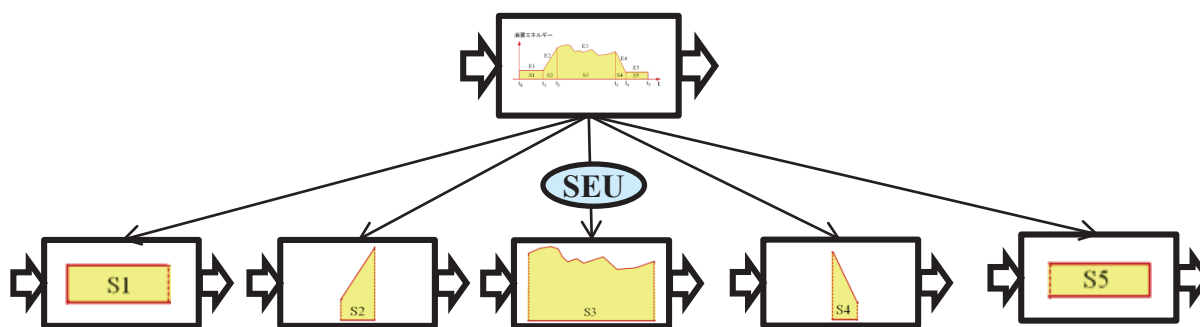
なお、この図では、空間的バウンダリーにおけるSEUに、常に時空バウンダリーにおけるSEUも含まれるとは限らない。



【図4.2.4.3】時空バウンダリーにおけるエネルギー消費特性

出典：(6) 一般社団法人 電子情報技術産業協会 制御・エネルギー管理専門委員会 WG1「時空バウンダリー - 効果的エネルギー管理のために」(2014)

ここまでは、時間的バウンダリーは、EMUステータスとして表してきた。しかし図4.2.4.4のように、ある時間や状態をEMUとして捉える事も可能である。特にバッチやロットといった単位で生産物を扱う変種変量式生産においては、時空的バウンダリーでEMUを捉える事により正確にエネルギー使用を把握できる。



【図4.2.4.4】時間的バウンダリーで切り分けたEMU

4.3. エネルギー管理指標(EnPI)を設定する

生産工場に於けるエネルギー管理は、工場の操業を担う組織に対応した様々なレベルで行われる。自部署の管理目標としてそれぞれのEnPIが設定され、担当部署はその改善に努力する。各レベルのEnPIの例として、工場全体のエネルギー使用量、生産ライン毎のエネルギー使用量、個々の設備や装置のエネルギー効率、などが一般的に設定されている。例えば、図4.2.3.4のA設備におけるエネルギー使用量などである。

生産設備の消費エネルギーは、その生産量及び品種により変化するため、単にエネルギー量だけ把握しても実態を解析することはできない。そこで重要なEnPIとなるのが、エネルギー量を各製品の生産量で割ったエネルギー原単位である。同じラインで多品種を生産している場合はその品種毎の製品原単位、ロット毎しかエネルギーの使用状況が把握できない場合はロット原単位が重要な指標となる(図4.3)。



【図4.3】ロットと消費エネルギーの例

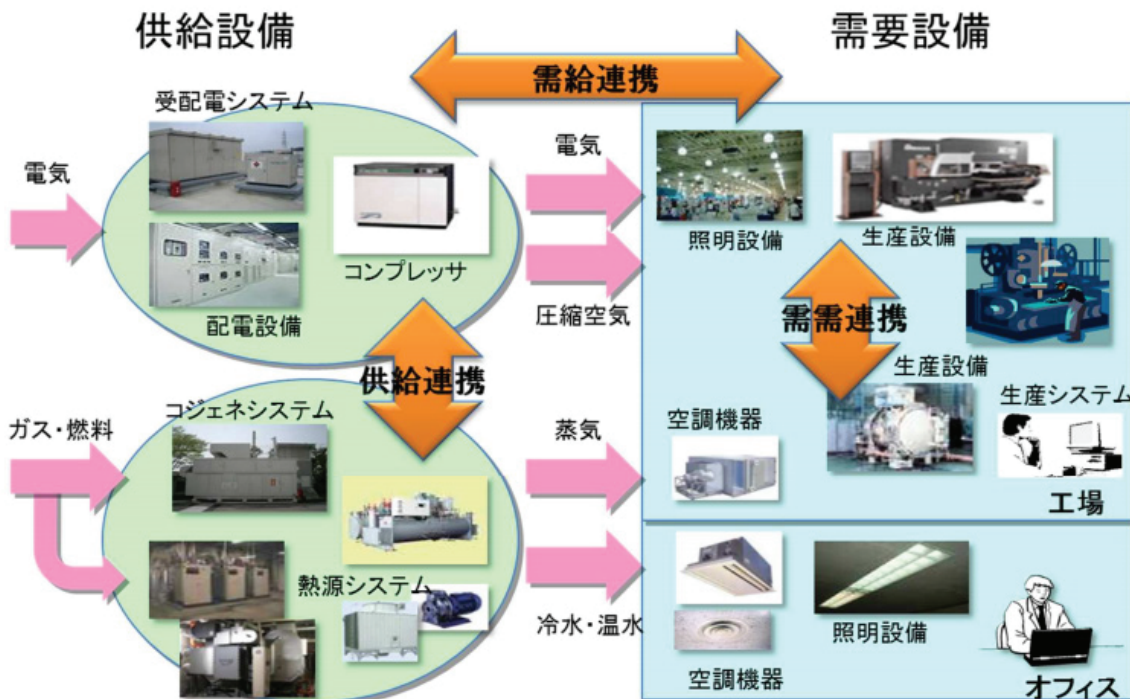
工場におけるエネルギー効率の向上は生産コストの削減に直結するので、設備ごと、ラインごと、製品ごとの原単位管理などきめ細かく行うことが必要である。また、生産プロセスのエネルギー消費に関係する物理量(温度、湿度、圧力、流量など)を計測し、エネルギー管理に結びつける工夫も必要である。製品の品質を確保しつつ、過剰なプロセス条件を緩和し、エネルギー使用量の最小化を図ることも有効である。そのためには、個々の生産設備単独の最適化ではなく、これらの諸条件を考慮に入れた工場全体の最適化を視点に入れたエネルギー管理が求められる。

4. 4. 全体最適を考慮する

SEUを見つけ出すことが、エネルギー効率化への近道であることは既に述べた。しかしSEUを特定し、個々の設備や装置等のエネルギー効率改善を行っただけでは部分最適にとどまり、システム全体で最適化されているとは言えない。また生産量の変動や購入エネルギーコストの変動などの外的要因にダイナミックに対応するためにも、全体最適のアプローチが必要になる。

この典型例が、図4.4.2に示す工場におけるエネルギー需給の最適化である。工場に於けるエネルギー源には電力、ガス、燃料などがあり、これらは供給設備で、生産ラインなどの需要設備が必要とする電気、蒸気、冷温水、圧縮空気などに変換され使用される。必要な時に必要なエネルギー量を原動設備から生産設備に供給することにより、生産に直接寄与しないエネルギーを最小にし、生産活動と連携して、全体のエネルギー効率を高めることができる。

連携制御⁽⁵⁾は、需要と供給のミスマッチによる無駄や、複数の供給設備間で生じる無駄を削減するため、需要側、供給側の設備同士を互いに連携させ、全体を最適に制御するコンセプトである。連携制御にはさまざまな形態があり、需要に合わせた供給設備の運転を行うことで無駄を省く需給連携、供給設備内の機器や負荷配分を最適に組合せることで無駄を省く供給連携などが実施されている。また生産計画や気象予報などに基づいた需要予測に基づく供給設備の運転、供給設備の能力を超える需要があった場合の操業調整や生産計画変更を行うこともある。さらに供給設備、需要設備を段階的に連携させることにより、一步一步省エネを進めることが可能である。このように連携制御は既存の供給設備、需要設備を有効に使って省エネを実現する先進的な制御技術である。



【図4.4.2】工場に於けるエネルギーの流れと連携制御

出典：(5) 一般社団法人 電子情報技術産業協会、制御・エネルギー管理専門委員会 WG1「連携制御ガイドブック、RENKEI control Guidebook」(2012)

5. おわりに

エネルギー効率改善のための活動ではその管理単位(EMU)や指標(EnPI)の設定が結果を大きく左右する。また改善プロジェクトは一回で終わるのではなく、管理のレベルや単位を変えながら継続していくことで全体最適が狙える。

このシステム・アプローチは前述の国際標準組織において更に詳細な見方やガイドが開発されつつあり、当委員会も具体的な事例に基づき規格文書作りに貢献している。並行してこれらのガイドが抽象的概念で終わることなく産業オートメーションの技術とともに現場で応用いただけるよう、本書に続くシステム・アプローチ続編を出していきたい。

参考文献

- (1) ISO 50001
Energy management systems — Requirements with guidance for use
- (2) ISO 50006
Measuring Energy Performance using Energy Baselines and Energy Performance Indicators — General Principles and Guidance
- (3) IEC/TR 62837(Edition 1.0 2013-09)
“Energy efficiency through automation systems”
- (4) ISO 22400-1
Automation systems and integration — Key performance indicators for manufacturing operations management — Part 1: Overview、 concepts and terminology
- (5) 一般社団法人 電子情報技術産業協会. 制御・エネルギー管理専門委員会 WG1 連携制御ガイドブック. RENKEI control Guidebook. 2012年1月.
http://home.jeita.or.jp/upload_file/20120301182840_T3oyjlQduw.pdf
- (6) 一般社団法人 電子情報技術産業協会. 制御・エネルギー管理専門委員会 WG1 時空バウンダリー --- 効果的エネルギー管理のために ---
http://home.jeita.or.jp/upload_file/20140124100601_wPWULotVCN.pdf
- (7) 工場エネルギー操業支援システム「Enerize E3」
--工場における「見える化」、エネルギー効率最適操業へ--
横河技報 Vol.53 No.1 (2010)
<http://www.yokogawa.co.jp/rd/pdf/tr/rd-tr-r05301-005.pdf>
- (8) 一般社団法人 電子情報技術産業協会. 制御・エネルギー管理専門委員会 WG1 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
http://home.jeita.or.jp/page_file/20140324144236_Fx6p9MoJ02.pdf
- (9) JIS Q 9004:2010 (ISO 9004:2009)
組織の持続的成功のための運営管理-品質マネジメントアプローチ

著者・編集者（敬称略、五十音順）

石隈 徹	アズビル株式会社
岩崎 正彦	株式会社堀場製作所
里村 修平	アズビル株式会社
澤田 充弘	横河電機株式会社
鈴木 聡	富士電機株式会社
高山 仁	アズビル株式会社
野里 一七	一般社団法人日本電気計測器工業会
松元 敏行	一般社団法人日本電気計測器工業会
水越 邦明	横河電機株式会社
若狭 裕	一般社団法人日本電気計測器工業会
渡辺 洋	横河電機株式会社

禁無断転載

2014年7月1日



一般社団法人 日本電気計測器工業会
Japan Electric Measuring Instruments Manufacturers' Association

エネルギー・低炭素政策委員会
エネルギー計測・制御WG