

# JEITA

## 連携制御ガイドブック

RENKEI control Guidebook

2012年1月

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 (省エネルギー)

Japan Electronics Information Technology Industries Association

## 目次

---

1 はじめに.....	4
2 連携制御.....	5
2-1 連携制御とは.....	5
2-2 連携制御のカテゴリ.....	7
(1) 供給機器連携.....	7
(2) 供給設備連携.....	8
(3) 需給連携.....	8
(4) 需給双方向連携.....	9
(5) 需要設備連携.....	9
2-3 連携制御の事例.....	10
2-4 連携制御の効果.....	12
(1) コスト効果.....	12
(2) 効果の例.....	13
2-5 連携制御の導入と検証の概略.....	15
3 連携制御導入ガイドライン.....	16
3-1 導入の手順.....	16
(1) ステップ1 プロジェクト立ち上げ.....	17
(2) ステップ2 効果見通し.....	17
(3) ステップ3 導入効果試算.....	17
(4) ステップ4 システム導入.....	17
(5) ステップ5 運用・保守.....	18
3-2 導入効果の試算.....	18
3-3 導入事例.....	20
3-3-1 複数コンプレッサ室への連携制御導入事例.....	20
3-3-2 工場の原動力設備への運用最適化システム導入のFSの実施例.....	21
4 検証ガイドライン.....	22
4-1 検証の目的.....	22
4-2 検証の方法.....	22
4-2-1 エネルギー効率指標(KPI).....	22
4-2-2 バウンダリ.....	25
4-2-3 期間.....	26
4-2-4 データ収集.....	26
4-2-5 収集データの誤差対応.....	27
4-2-6 検証結果の表現方法.....	28

4-3 オンライン自動制御システムとガイダンスシステム.....	28
5 エネルギー最適化の考え方.....	29
5-1 エネルギー利用タイプとエネルギー管理対象.....	29
(1) 商業ビル.....	29
(2) 工場.....	30
5-2 エネルギー利用の最適化.....	33
5-2-1 最適化の着眼点(共通事項).....	34
5-2-2 連続系プロセスを含む系における最適化.....	34
5-2-3 バッチ系プロセスを含む系における最適化.....	35
5-3 最適化の物差し.....	36
5-3-1 基本となる EMU 内の評価指標.....	37
(1) 連続プロセスを含む系.....	37
(2) バッチプロセスを含む系.....	37
5-3-2 連携の効果を示す評価指標.....	38
(1) 原単位法(相対比較).....	38
(2) エネルギー総消費量(エネルギーベースラインモデル法)(絶対値比較).....	39
6 今後の展望.....	40
7 おわりに.....	40
Appendix 1 エネルギー管理ユニットのモデル EMU.....	42
Appendix 2 EMU のステータスの定義.....	45
Appendix 3 EMU のステータス適用例.....	48
Appendix 4 原単位管理の注意点.....	50
Appendix 5 FS に関する費用と精度のバランス.....	51
Appendix 6 省エネ法における定期報告書との関係.....	52
参考文献.....	53
用語集.....	54

## 1 はじめに

---

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ある。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共に、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る。本書は、省エネの専門家のみならず、エネルギーの統括管理を担当する方にも読んでいただくことを目的に、できるだけ平易な言葉で編集した。

2章では、連携制御とは何か、どのような背景で生まれ、どのような利点があるかを解説し、さらに需給連携、供給連携など連携制御の機能別分類とそれぞれの仕組み、事例を示した。また、その効果について事例を含めて解説すると共に、導入と効果検証のあらましを述べた。

3章では、連携制御の導入ガイドラインとして、具体的な導入手順を各ステップのポイントと共に示した。重要なステップである事前調査(Feasibility Study :FS)における導入効果の試算と必要な情報を示し、具体的な導入事例でのFS検討結果や実績について述べた。

4章では、導入効果の検証ガイドラインを示した。効果は具体的な数値で表現する必要があるため、各種の検証方法を解説し、重要なポイントとして、検証範囲(バウンダリ)の決め方、検証期間の考え方、データ収集の注意点や誤差の扱い、検証結果の表現方法、運転員の習熟度の扱いなどを具体的に解説した。

5章では、エネルギーの最適化の考え方として、商業ビルから工場までのエネルギー利用方法と管理方法の観点で基本的な考え方を述べたのち、連携制御の導入対象の見出し方について具体的な最適化の着眼点、最適化の物差し・評価指標の考え方を述べた。

また、6章では今後の展望について、Appendix では、検証方法やエネルギー管理・効果検証に関する最新の技術動向を踏まえた、より詳しい技術的な解説を行っている。

## 2 連携制御

---

これまでの省エネルギー(省エネ)は、個別の設備・装置単位での対応が主体であった。これに対して、近年のような温暖化対策が求められる時代には、工場や事業所全体としての省エネが主眼となり、システム全体としてのエネルギー最適利用が求められる。さらに工場の省エネは、様々な生産形態に対応することが求められる。

本章では、さらなる省エネの実現に必要な連携制御について具体的に解説すると共に、実現への道筋を示した。

### 2-1 連携制御とは

---

ビルや工場などでは、電気やガスや燃料などの一次エネルギーだけでなく、これらを用いて蒸気や冷温水、圧縮空気などの二次エネルギーを作り、冷暖房や製造設備の運転に使っている。近年は性能の優れた個々の設備や装置の導入による省エネ対策が進んでいる(個別対策)。また、「見える化」によりエネルギー使用量の実態把握を行い、省エネ活動を推進することも行われている。しかし、エネルギーは貯蔵や移動が難しいため、需要と供給のミスマッチによる無駄が発生しやすく、また、ビルや工場などでは最大需要に合わせて供給設備を設計しているため、需要が少ないときに単純に供給を絞るだけでは効率が悪化するなど、改善の余地が大きい。

民間製造業や輸送部門の省エネ対策では、単体として優秀な省エネ性能を持つ設備や装置の導入が進んでいるが、期待した効果が出ない場合も散見される。これは工場や事業所が、複数の設備や装置を組み合わせるため、それぞれが部分負荷で運転され、最高のエネルギー効率が得られないことに起因する。このように、定格負荷条件などを元にした設備単位での部分最適では、多くの無駄が発生しがちである。工場や事業所のエネルギー効率を高めるためには、エネルギー供給源を担う動力・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最適に運用すること、すなわち全体最適のアプローチが必要になる。

連携制御は、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。

連携制御を導入することにより、生産側のエネルギー需要と供給側の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、生産側、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システムが構築できる。

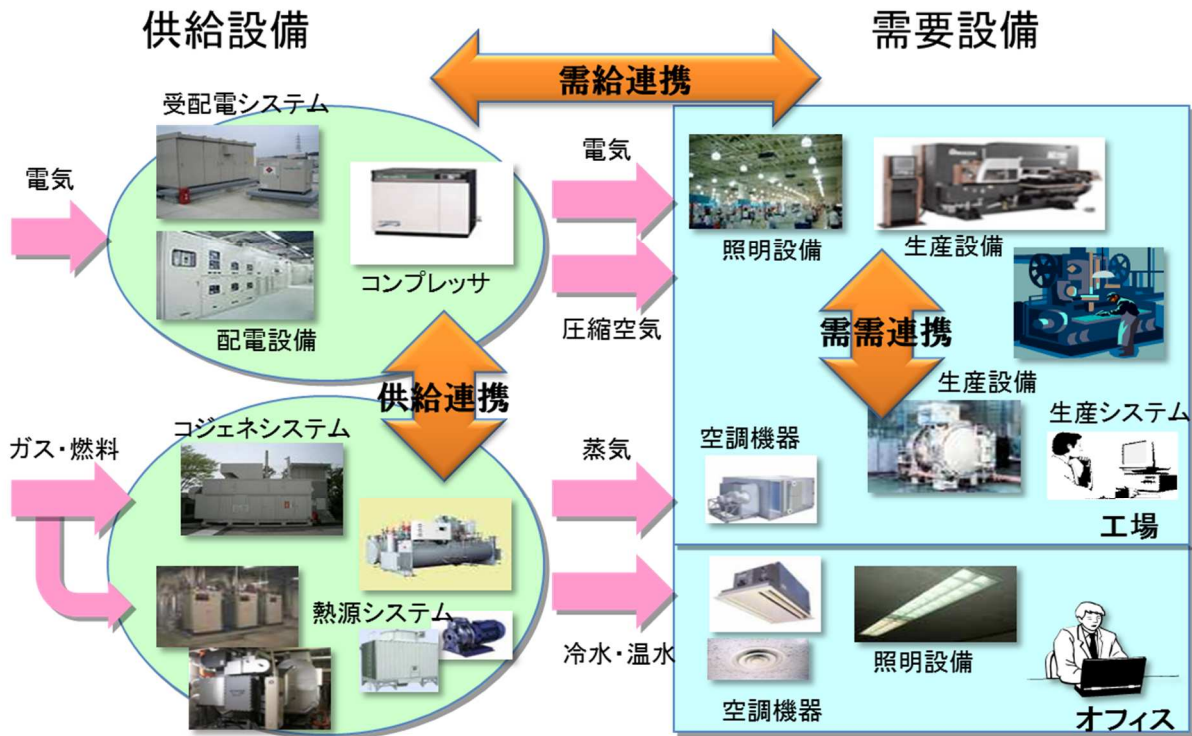


図2-1 連携制御の概念図

図2-1に連携制御の概念図を示す。連携制御には、供給側の設備群を連携する供給連携、需要側と供給側を連携する需給連携、需要側同士を連携する需需連携などの基本的な分類がある。次節ではこれらをさらに詳しく述べていく。なお、連携制御には自動制御だけではなく、ガイダンスシステムによる手動制御も対象に含まれる。自動制御システム導入では費用がかかりすぎる場合や、自動的な判断ではリスクが大きい場合などには、ガイダンスシステムが用いられている。

## 2-2 連携制御のカテゴリ

連携制御にはさまざまな形態がある。例えば、生産計画や気象予報などに基づいた需要量の予測値または実際値に基づき、供給機器の負荷を最適配分した上で、各供給設備を運転する形態がある。小規模施設での事例としては、生産設備側の運転状態に応じて冷却水の流量を制御することなどが該当する。大規模施設での事例としては、工場のエネルギーセンターや地域冷暖房プラントにおいて実施される、気象情報などを用いた熱源と蓄熱槽の最適運転制御などがある。

連携制御をカテゴリ分類した結果を以下に示す。ここでは現実に例のある5種類のカテゴリを紹介する。

### (1) 供給機器連携

供給設備内での各機器の個々の特性を考慮して運転を制御する手法である。機器の組合せや設定を最適配分してコストあるいはCO<sub>2</sub>排出量を最小化する。例えば、電気を使う熱源と燃料・ガスを使う熱源の負荷の最適配分や、ボイラ、ポンプ、コンプレッサーなどの複数の機器の最適運転制御など、機器個々の特性(例:大型/小型、旧式/最新などの組合せ)を考慮した負荷の最適配分を行う。

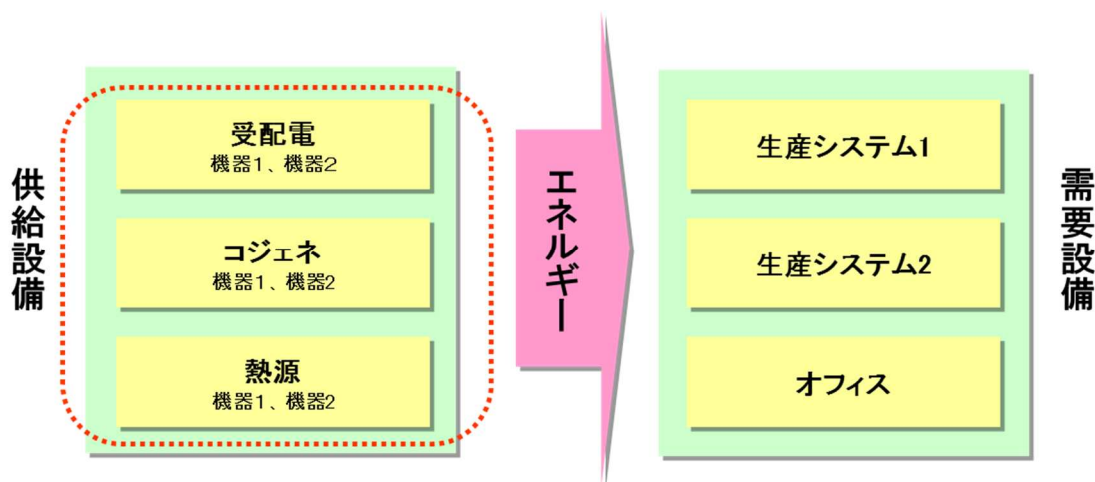


図2-2 供給機器連携

## (2) 供給設備連携

近隣の供給設備間の連携運転を制御する手法である。例えば、隣接工場の供給設備を一つの供給設備とみなした負荷の最適配分や工場内の複数供給設備を一つの供給設備とみなした負荷の最適配分など、供給設備間の負荷を最適に配分するものである。

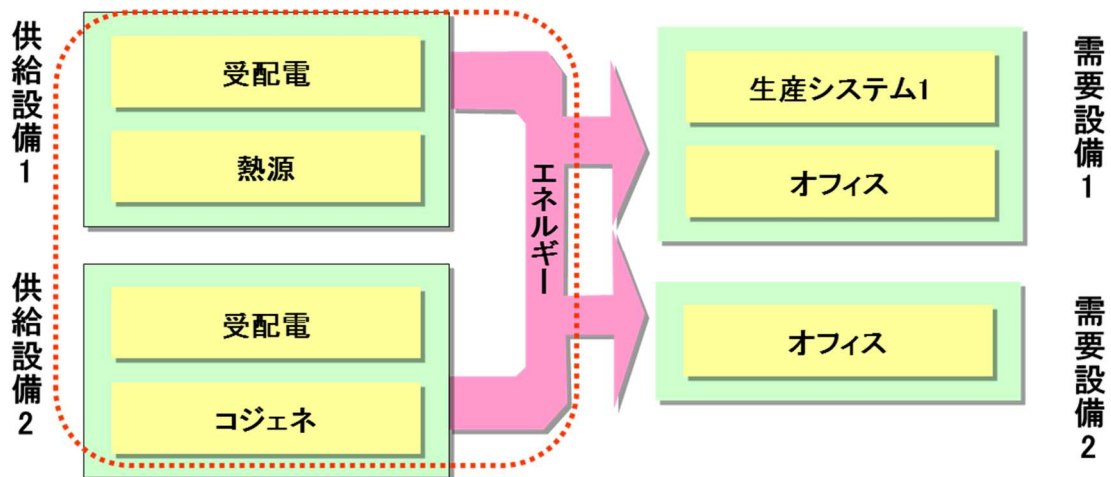


図2-3 供給設備連携

## (3) 需給連携

需要設備の需要量に応じて供給設備の運転を制御する手法である。需要量の実値に基づいた供給機器の負荷の最適配分を行うもの、需要量の予測値に基づくものなどがある。例えば、小さな規模では設備冷却水の設備側運転状態に応じた流量の制御などが該当する。大きな規模では工場のエネルギーセンターや地域冷暖房プラントにおける気象情報などを用いた、熱源と蓄熱槽の最適運転制御などがある。

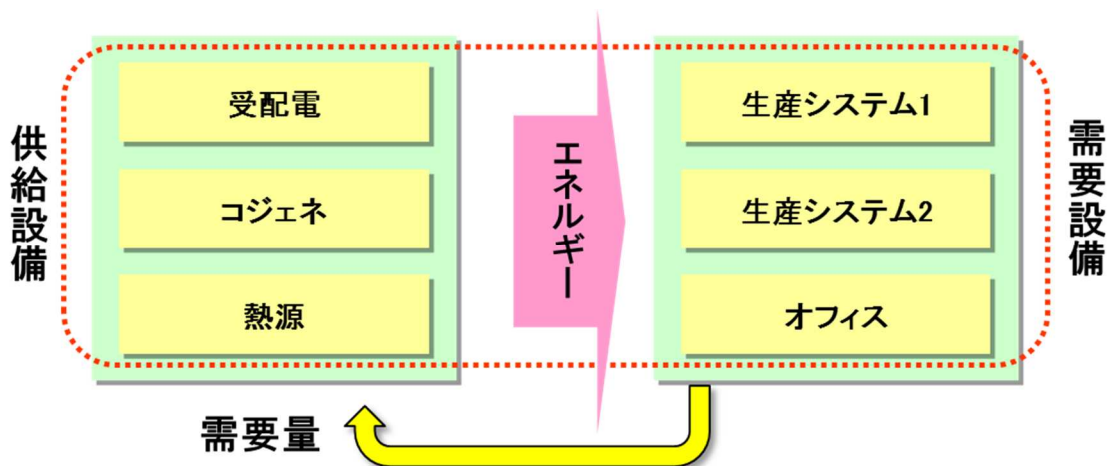


図2-4 需給連携



#### (4) 需給双方向連携

需要設備の需要量に応じて供給設備の運転を制御し、さらに供給設備の能力を超える必要がある場合、需要側の調整を行う手法である。需要側の調整としては、操業調整を行う場合、生産計画の変更を行う場合がある。電力デマンドの制約量に合わせた操業調整などが電力を大量に消費するプラントで行われてきたが、今後さらに双方の連携がすすみ、生産スケジュールの組み換えなどへ適用範囲が広がると考えられる。

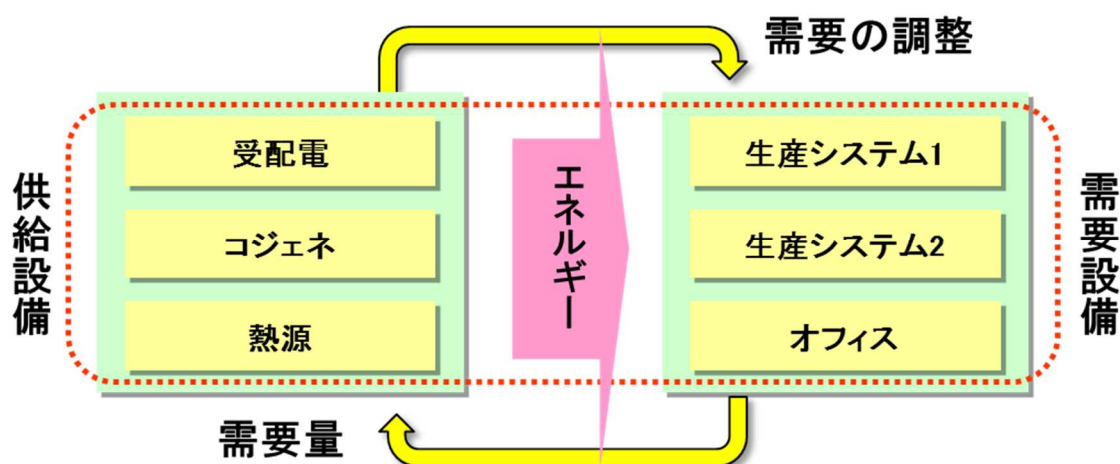


図2-5 需給双方向連携

#### (5) 需要設備連携

需要設備の生産システム同士が連携し、需要側の調整を行う手法である。需要側の調整としては、操業調整を行う場合、生産計画の変更を行う場合がある。既に節電対策のように、電力デマンドの制約量に合わせた操業調整などが電力を大量に消費するプラントで行われている。現状は生産ラインの同時停止がほとんどだが、今後、生産スケジュールをもとに、生産システムの順次停止起動など、制御方式の高度化が進むと予想される。

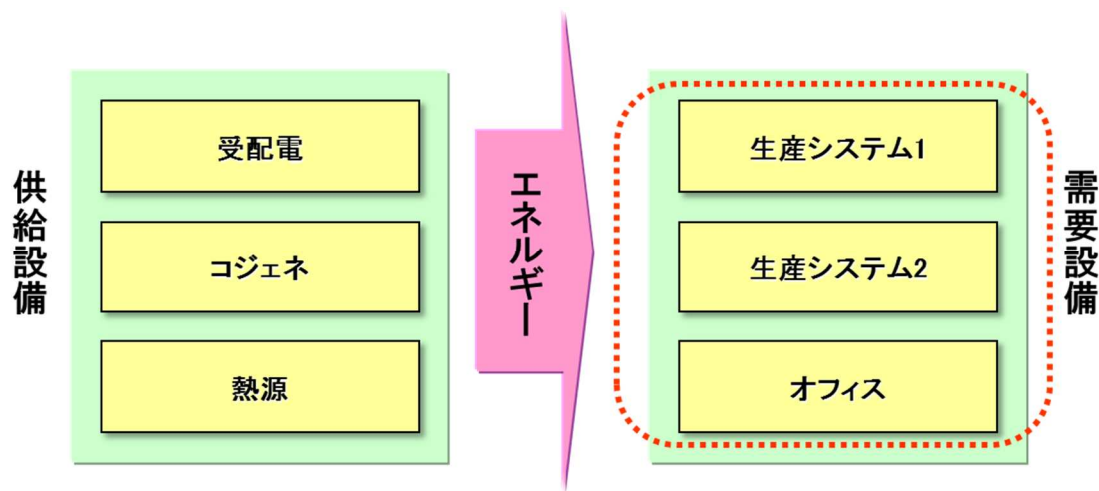


図2-6 需要設備連携

## 2-3 連携制御の事例

表2-1に連携制御の代表的な事例を示す。

表2-1 連携制御の事例

	カテゴリ	主な事例
1	供給機器連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱源機器の負荷配分の最適化</li> <li>・ユーティリティ機器の負荷配分の最適化</li> <li>・熱源/圧縮機/搬送機器(ポンプ)の最適化台数制御*</li> <li>*:能力の異なる機器の連携のみを対象とする</li> </ul>
2	供給設備連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱源設備間の負荷配分の最適化</li> <li>・ユーティリティ設備間の負荷配分の最適化</li> <li>・補機連動制御(コンプレッサー+冷却水ポンプなど)</li> <li>・複数コンプレッサー室の統合制御など</li> </ul>
3	需給連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域冷暖房、圧縮空気系、冷却装置系など</li> </ul>
4	需給双方向連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力大量消費プラント夜間操業</li> <li>・高炉を持つ製鉄所のオフガス利用</li> <li>・供給側としては、ユーティリティ設備(原動力設備)</li> </ul>
5	需要設備連携 (需需連携)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生産ライン調整</li> <li>・デマンドサイドマネジメント/デマンドレスポンス</li> </ul>

連携制御の典型的な事例の一つに地域冷暖房がある。図2-7は、地域冷暖房の熱供給設備の需給連携の例である。気象情報などを利用した需要予測が行われている。

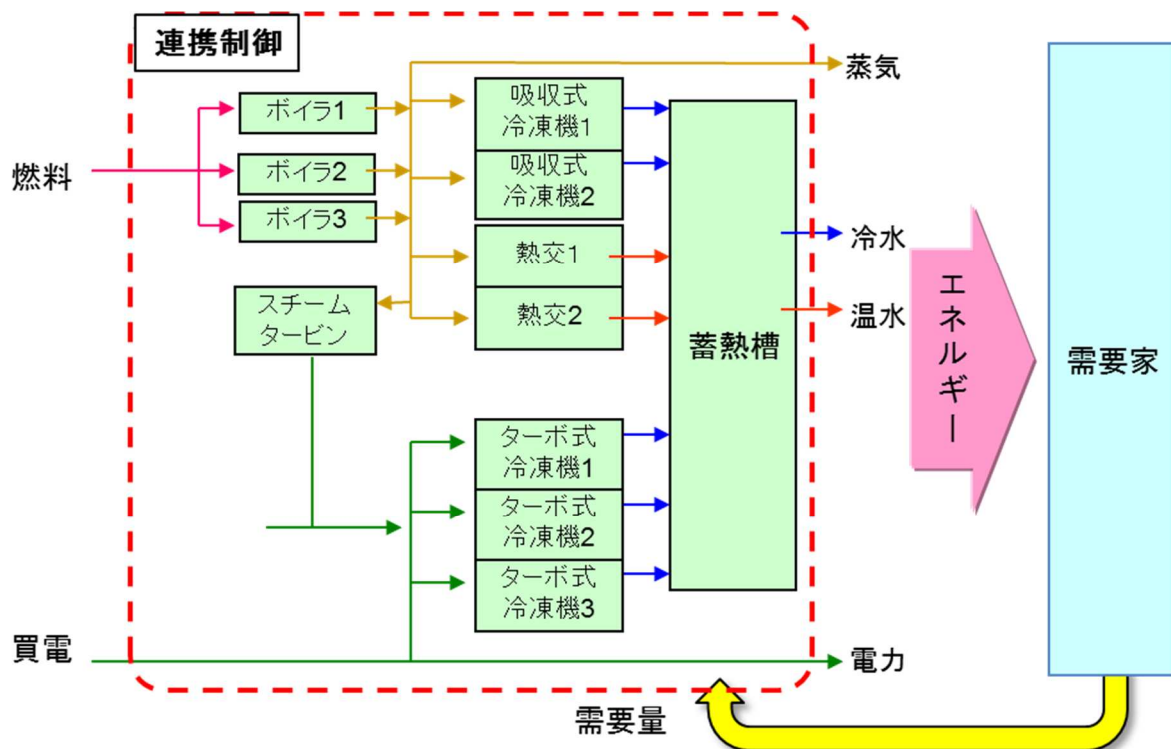


図2-7 需給連携の事例(地域冷暖房)

近年、地域冷暖房の需要家(ビル、テナントなど)に対するエネルギー需要予測精度の向上、情報通信技術の活用により、供給側の熱源機器を適切に運用することが可能となっている。

需要設備連携の一例であるデマンドサイドマネジメント(デマンドレスポンス)は、近年、スマートグリッドへの社会的関心の高まりとともに、盛んに検討されている技術である。デマンドサイドマネジメントは、従来電力会社が行っていた電力システムの計画運用に、需要家も参画し、全体として最も経済的な電力供給体制を実現することである。需要設備連携では、エネルギーを電力に限定せず、蒸気や冷温水なども含む。需要家参画の方法は様々だが、その一例として、生産管理情報の連携を図2-8に示す。工場ごとの生産管理情報を共有し、生産スケジューリングに反映することにより、熱源システム運用の効率化やピーク需要の低減をはかっている。

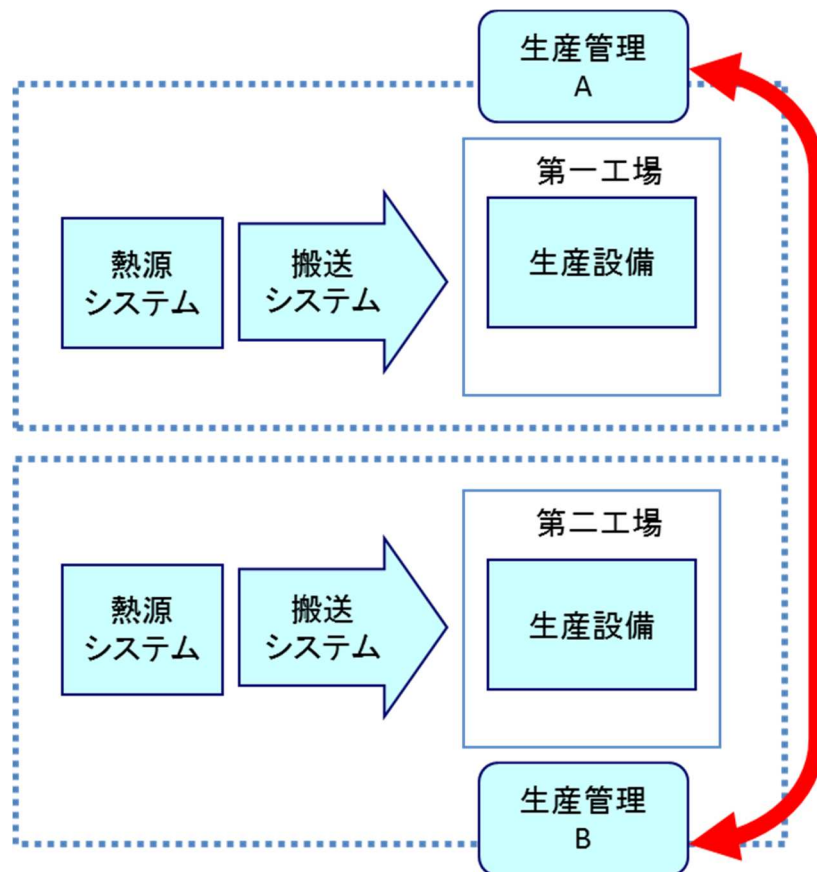


図2-8 需要設備連携(デマンドサイドマネジメント)

(1) コスト効果

図2-9は、各種の省エネ機器や省エネソリューションについて、炭酸ガス削減単価<sup>1</sup>という指標を用いて投資効果を比較したものである。縦軸の炭酸ガス削減単価とは、炭酸ガスを1トン削減するために、いくら投資すれば良いかを計算したものある。小さいほど、優秀な省エネ手段ということになる。横軸は炭酸ガス削減量を示す。右側に行くほど大きな削減量を得ることができる。「機器単体」のカテゴリは、変圧器や熱源装置など、省エネ効果を高めたタイプと標準タイプとの価格差を分子に、削減量を分母においた計算事例<sup>2</sup>である。「連携制御」のカテゴリは、代表的な連携制御の事例において導入費用を分子として同様の計算をしたものである。国内の炭酸ガス削減単価の平均は約110千円/(t-CO<sub>2</sub>)と言われているが、連携制御はこの平均値に比べて大幅に安価なソリューションであり、「機器単体」の導入時に比べても大幅に安価であることがわかる。また連携制御は、必ずしも大型の設備更新を必要とせず、既存設備同士の連携をはかることで、エネルギー消費の全体最適化をはかることが可能な点に特長がある。

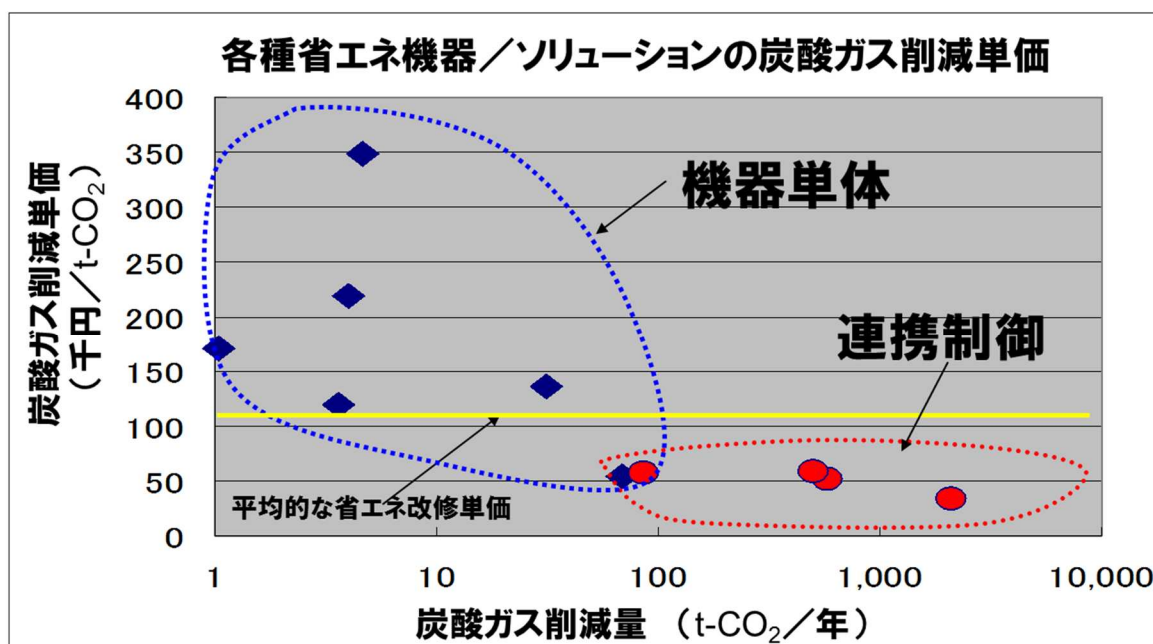


図2-9 連携制御の投資効果

<sup>1</sup> 炭酸ガス削減単価は炭酸ガス1tを削減するために必要な投資金額

<sup>2</sup> 機器単体の場合は省エネタイプと標準タイプの差額で計算。「BE 建築設備」2005年12月号、2006年1月号記事などより作成

## (2) 効果の例

連携制御(需給連携)により、電力ピークカットを実行することが可能である。ここではその一例として地域冷暖房の熱源システムを図2-10に示す。都市ガスを用いる吸収冷凍機と電気を用いるターボ冷凍機を併用し、二酸化炭素の排出量を抑えたと共に、冷房需要が高い場合でも契約電力量の上限を超過しないように制御を行うものである。

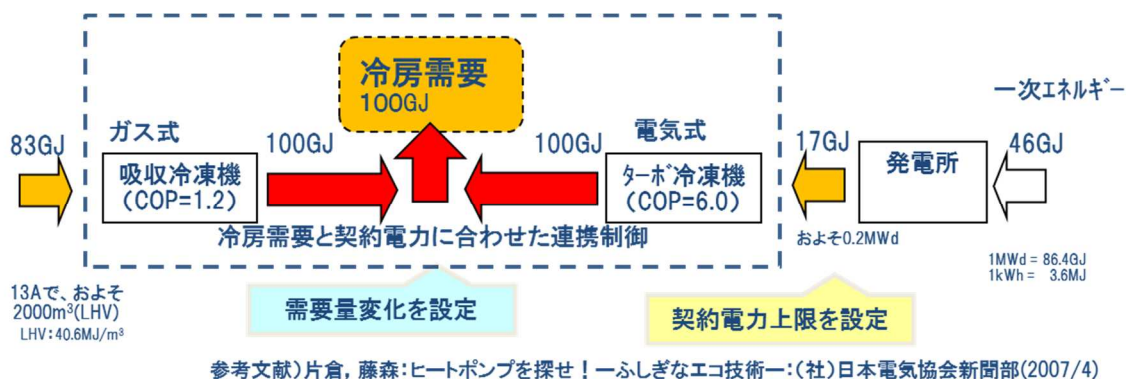


図2-10 吸収冷凍機とターボ冷凍機の併用による連携制御の一例

この例では、吸収冷凍機とターボ冷凍機の COP(coefficient of performance: 成績係数: 冷凍能力/消費動力を示す)の違いと、同じ冷水出力での二酸化炭素排出量の違いを勘案した運用が必要となる。

図2-11(1)に冷房需要の一例を示す。正午過ぎの冷房需要が最大 100GJとなっている。また、朝7時より冷房需要が急増し、20時を過ぎると漸減しており、1日のなかでも需要変化が大きい。

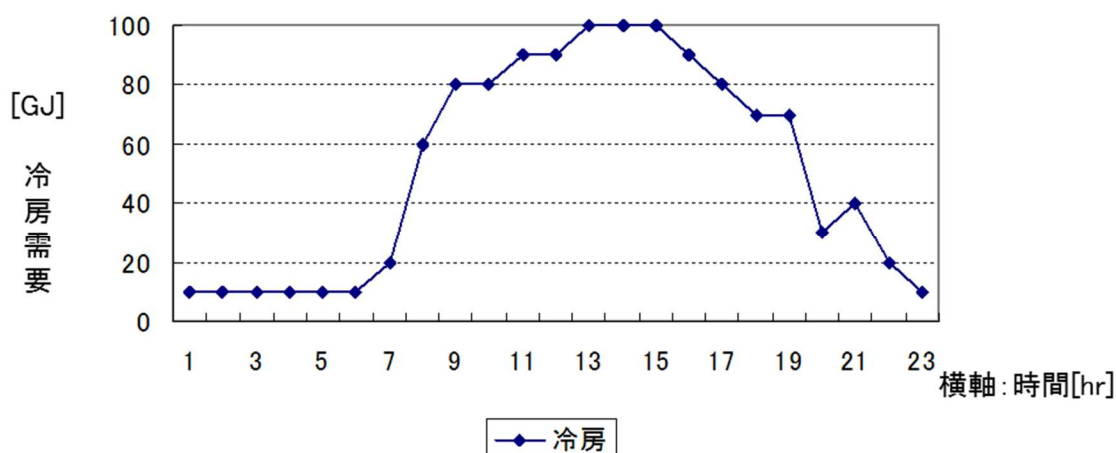


図2-11(1) 冷房需要の一例

本システムは、二酸化炭素排出量の低減の観点から、電気を用いるターボ冷凍機をベースに運用されている。一方、契約電力による電力制限がある。これを図2-11(2)では太い点

線で示す。冷房需要が86GJを超えると、ターボ冷凍機のみでの運用では、電力制限4000kWを超過する可能性が高まる。そこで、連携制御では、図2-11(1)に示した冷房需要の過去統計による実績を予測情報として用い、日中11時から16時の間に、電力消費量の小さい吸収冷凍機を併用する。

連携制御を行った場合の電力量は図2-11(2)の丸点で示すとおりであり、破線の4000kWの電力制限以下で冷房運転が行われている。

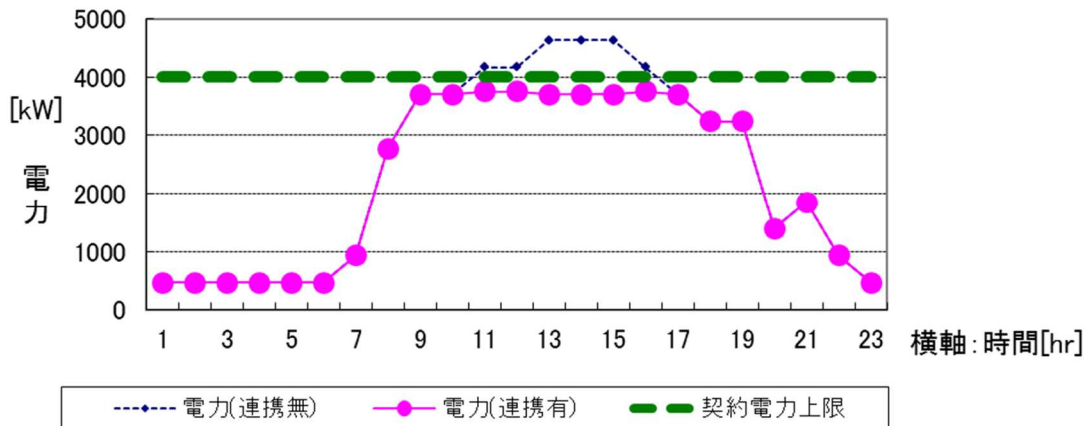


図2-11(2) 電力変化

一方、図2-11(3)に示すとおり、「連携有」での二酸化炭素排出量は、ターボ冷凍機のみを運用する「連携無」に比べ、吸収式冷凍機を併用した期間分だけ増加するが、その増加量は連携制御により最小限に抑えられていることがわかる。

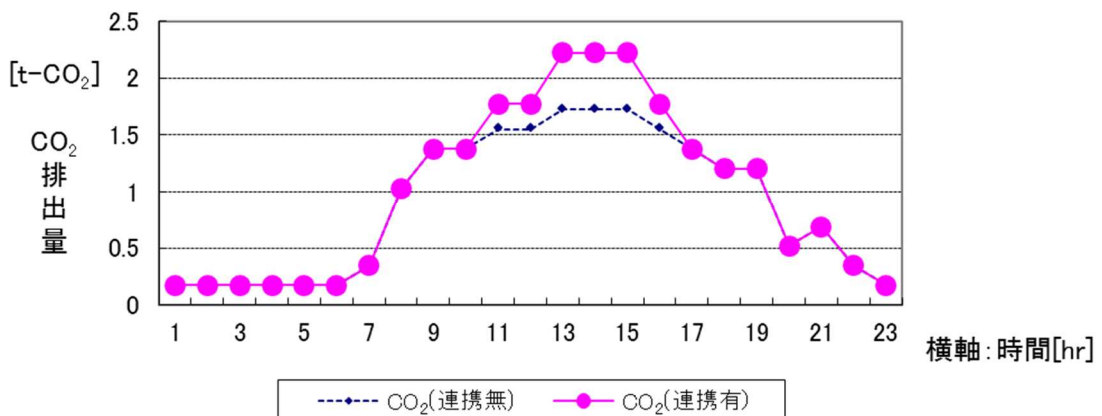


図2-11(3) 二酸化炭素排出量の変化

このように需要側の冷房需要の予測情報を用いた連携制御を導入することで、供給側の設備である吸収冷凍機、ターボ冷凍機を適切に運用し、近年、特に重要視される電力制限の遵守と、環境側面から重要視される二酸化炭素排出量の最小化を同時に満たす運用が可能になる。

## 2-5 連携制御の導入と検証の概略

連携制御を実現するためには複雑なエンジニアリングを低コストで実現するという技術的課題のほか、特に需給連携の場合には、エネルギー供給側と需要側の社内協力体制、さらに省エネソリューションベンダーとのチームワークが必要になる。すなわち、ユーザーとベンダーとの間で、お互いの視点を意識した上で、連携制御システムの構築にあたることが望まれる。

図2-12にユーザーとベンダーの関係を示す。連携制御システム導入にあたり、ユーザー側ではプロジェクトチームを立ち上げ、経営層すなわちステークホルダーに対し、連携制御導入による効果を見積もる必要がある。連携制御導入が決定された後、プロジェクトチームは省エネ効果などの報告義務をステークホルダーに対して負うことになる。これら「見積」と「報告」において、ベンダーのサポートが重要視される。

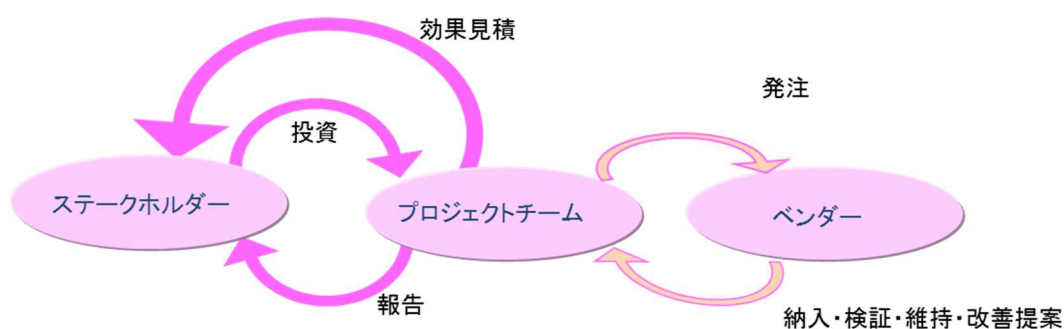


図2-12 ユーザーとベンダーの協力関係

次章では、連携制御の導入の5つのステップと、そのなかでの事業主(ユーザー)とベンダーとの関係を示した。導入ステップは3章で詳述するが、「見積」導出にあたり、ユーザーとベンダーで情報共有するなど、お互いのメリットを把握することが重要である。さらに、4章では上記の「報告」に必要となる検証方法をまとめている。連携制御は個別の省エネ対策に比べ対象範囲が広がるため、検証方法の事前検討が重要になる。

### 3 連携制御導入ガイドライン

#### 3-1 導入の手順

連携制御導入にあたっては、既に導入事例があり容易にその導入効果が試算できる場合を除いて、事前調査(Feasibility Study :FS)を実施し、導入した場合の効果を試算して、十分な投資効果があると判断できた場合に、はじめてシステム導入をするのが一般的である。

連携制御の導入の手順(ステップ)を図3-1に示す。

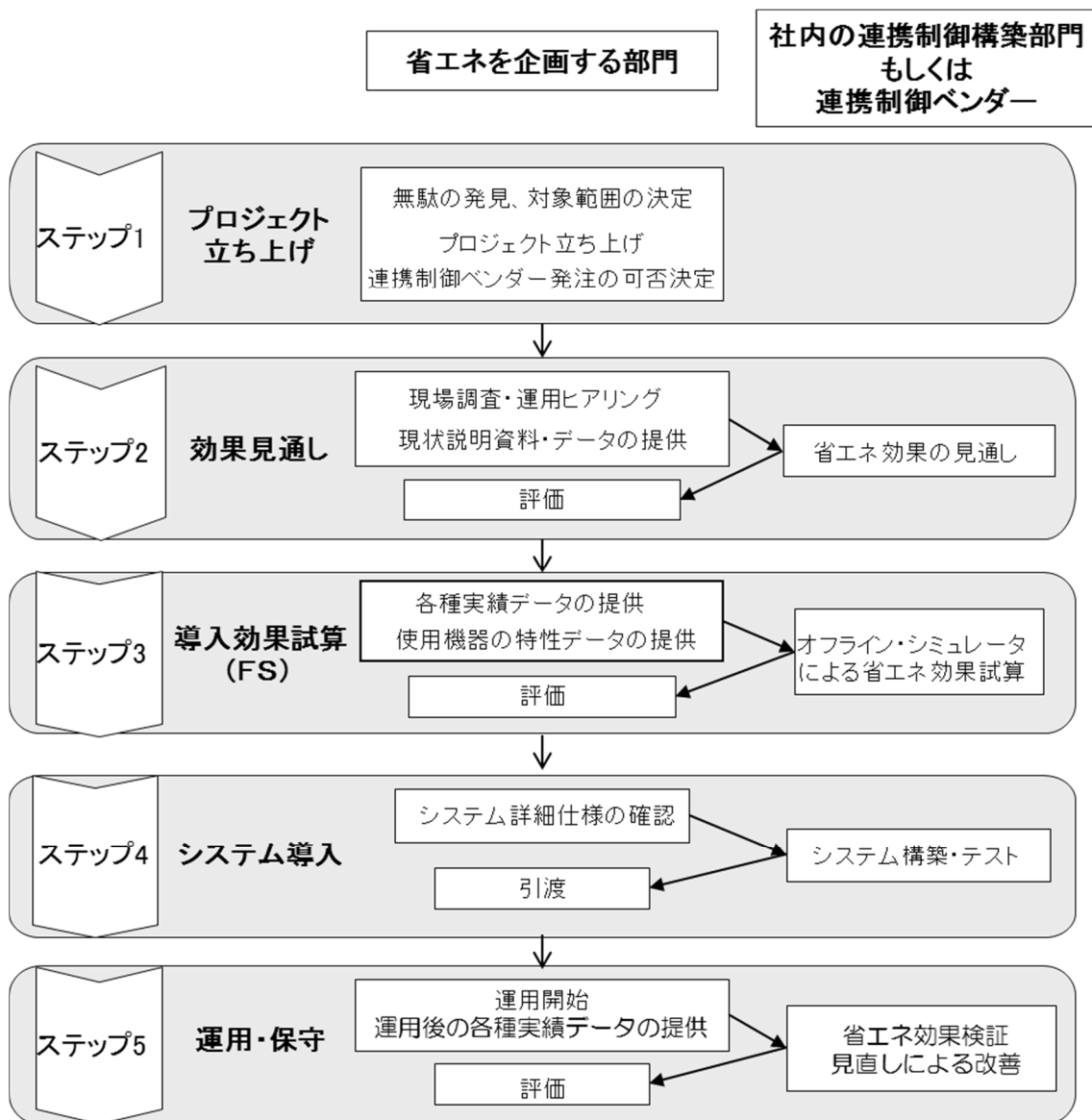


図3-1 導入手順



## (1) ステップ 1 プロジェクト立ち上げ

---

エネルギー使用データや運転データを解析し、機器や設備間の連携不足によるエネルギーの使用効率の悪い箇所を探す。効率を改善するために連携制御を導入する設備や機器の範囲を決め、適用する連携制御を決める。導入する連携制御に関連する部署が複数にわたる場合には、それら関連部署を巻き込んだプロジェクトチームを立ち上げる。連携制御を自社で構築するか省エネソリューションベンダー（以下連携制御ベンダーと称す）に発注するかを自社の資源を勘案して決める。

## (2) ステップ 2 効果見直し

---

連携制御の対象となる設備や機器の構成や容量等の仕様を確認し、現状の運用状況や問題点を設備担当部門や関連部門からヒヤリングし、適切な連携制御のあり方、それにより得られる省エネ効果をおおまかに推定する。対象設備が複雑な場合などは連携制御ベンダーに対象工場を調査（例：半日程度より）してもらいアドバイスを受けることも考慮する。

## (3) ステップ 3 導入効果試算

---

ステップ 2 の検討で投資効果が見込まれる場合は、効果試算の精度を上げるために、詳細な機器・運転データを用いてよりきめ細かい効果試算を実施する。詳細な運転データが無い場合は、仮設で計測器を取り付け必要なデータを収集する場合もある。

ステップ 2 で連携制御ベンダーに効果試算を依頼した場合、ステップ 3 も連携制御ベンダーに依頼することになる。一般的にステップ 3 は工数がかかる作業となるため、連携制御ベンダーは有償で請けることになる。効果試算に使用するデータの期間、解析精度によりその費用が異なるので、費用と精度とのバランスを考えて連携制御ベンダーに依頼する<sup>3</sup>ことが重要である。

## (4) ステップ 4 システム導入

---

ステップ 3 での詳細な効果試算で十分な導入効果が得られると判断したならば、システム導入に向けてのアクションとなる。現状のシステムを確認の上、連携制御システム構築の仕様をまとめ、外製する場合は連携制御ベンダーに見積もりを依頼する。連携制御ベンダーからの見積書を基に投資効果を十分に吟味し、導入の可否を決定する。ステップ 3 の導入効果試算に必要なデータが不足していた場合、もしくは仮設で計測器を取り付けた場合は、計測器の設置、データの自動収集化を検討すると良い。導入効果試算に用いるデータは、エネルギーの使用効率を計算するためのデータであるため、ステップ 5 の効果検証や今後の省エネ検討に必要となるためである。導入決定後は、発注し、次の通常のプロジェクト実施の手順でシステムを導入する。

- ・ 基本仕様書作成
- ・ 詳細仕様書作成

---

<sup>3</sup> 費用と効果のバランスについては Appendix 5 を参照

- ・ システム設計
- ・ システム構築
- ・ システム立会いテスト
- ・ 試運転

## (5) ステップ 5 運用・保守

---

システムの運用を開始したら省エネの効果検証に必要な各種データを収集、記録する。収集したデータを元に省エネの効果検証を行う。検証の詳細については、4章 検証ガイドラインを参照していただきたい。連携制御システムの構築を外部の連携制御ベンダーに発注した場合は、効果検証も連携制御ベンダーに依頼する。また導入後のアフターサービスとして、保守契約を結ぶ。対象設備や運用の変更などがあった場合の、制御ロジックやモデルの見直し、連携制御の効果を維持するためのチューニング等のメンテナンスを実施する。連携制御の効果を維持し、最大限に得るためには、導入後の保守が重要となる。

## 3-2 導入効果の試算

---

導入手順で<ステップ 3>の導入効果試算のための FS の実施が、連携制御導入の手順で特徴となるところである。FS の実施にあたっては、対象設備について次のような資料を揃える必要がある。

- ・ 対象設備のプロセスフロー図
- ・ 機器仕様、特性データ
- ・ 機器制約および運用制約
- ・ 運用実績データ  
(対象設備の運転実績、生産量の変化、気温、生産品目の変化などのデータも含むエネルギー使用量への影響因子やエネルギー効率指標の計算に必要なデータ)
- ・ 評価のための電力・燃料単価、契約形態

FS は一般に図3-2に示すように実施する。基本的に、過去の運転データをベースに、連携制御を導入した場合のエネルギー効率指標(Key Performance Indicator : KPI)<sup>4</sup>の値と過去の実績データでの KPI の値を比較して、その差異を導入効果として評価する。

---

<sup>4</sup> KPIの詳細については4章を参照

代表日ごとの実際の運転データと入力データを用いてKPIを計算・比較

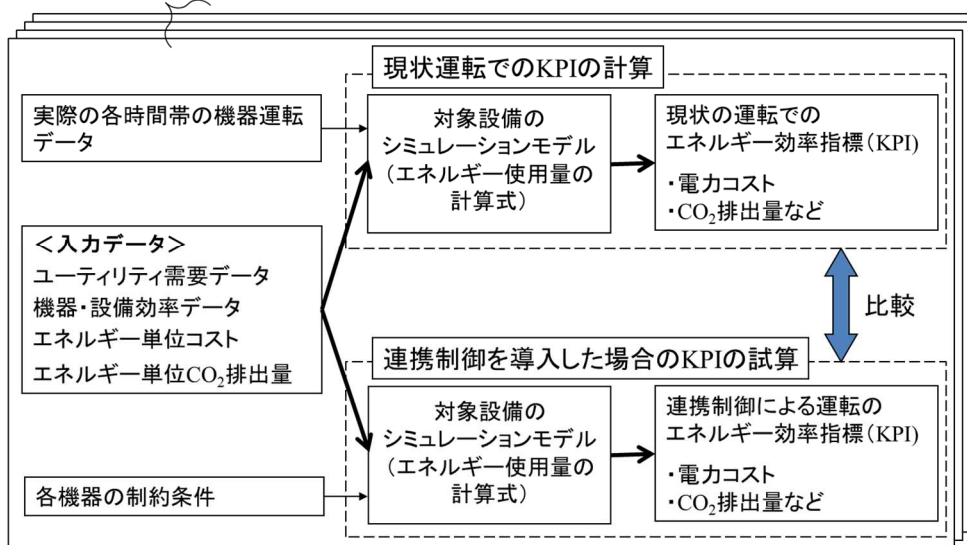


図3-2 FSの実施

FSで用いるKPIは、4章「導入後の効果検証」で使用するKPIと同一の手法を適用しなければならない。KPIの計算方法は、適用する連携制御および対象とする設備の複雑さにより、単純なExcelシートによる計算から、より複雑なシミュレーションモデルを使った計算まで幅広い手法が適用される。現状運転と連携制御による運用改善を比較する上でKPIに影響を与える影響因子を見定め、それに応じた評価期間を決める。一般的な影響因子として、以下などがあげられる。

- ・ 生産負荷
- ・ 気象条件
- ・ 製品(銘柄)種類
- ・ 操業形態(平日、休日、月曜等)

ステップ3のFSでは、4章「導入後の効果検証」で説明するKPI以外にも、投資検討のための投資回収、ROIも計算しなくてはならない。そのため、原単位などのKPIを元に、FSで採用した影響因子に対して、ある値を仮定してエネルギー使用量やエネルギーコストを計算する必要がある。

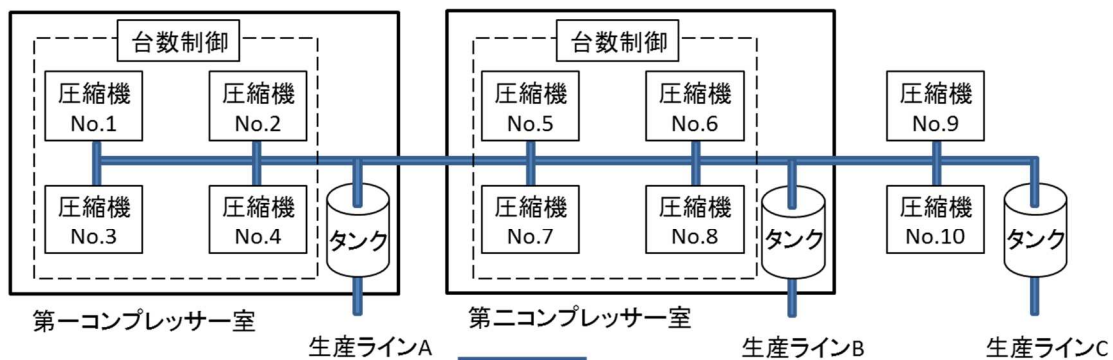
それぞれの影響因子による影響の程度が異なる代表日(例えば、影響因子が気温の場合は、夏期平日、夏期休日、冬期平日……等)を定めて、年間の日数に割当、年間効果を試算する必要がある。需要設備連携や需給双方向連携など生産設備を含む連携制御の場合は、生産設備がバッチ系、ディスクリット系であっても操業形態の取り方をバッチごとに変えることにより、連続系と同様に扱うことができる。

### 3-3 導入事例

#### 3-3-1 複数コンプレッサー室への連携制御導入事例

コンプレッサー室2室、その他に単独で運転しているコンプレッサーが2台ある設備に対して、全体を統合する連携制御の導入事例を紹介する。コンプレッサーは全てスクリー式ロード/アンロードタイプである。(図3-3参照)

##### 連携制御導入前



##### 連携制御導入後

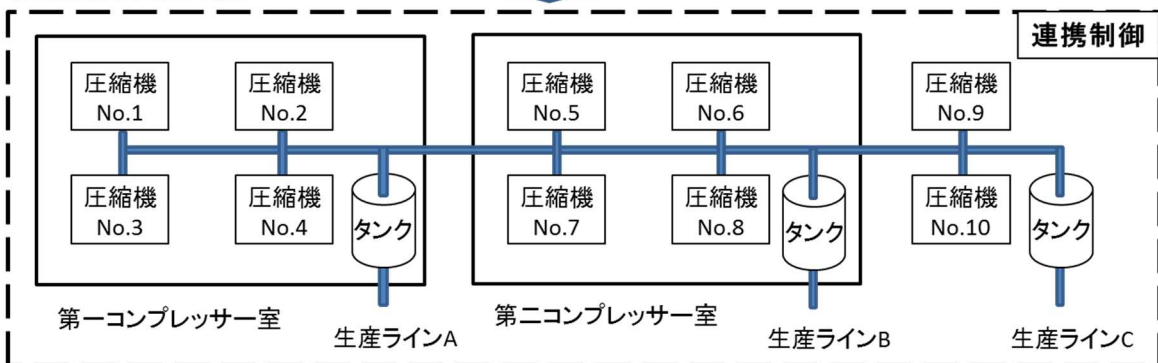


図 3-3 複数コンプレッサー室への連携制御導入事例

ユーザーから連携制御ベンダーにコンプレッサーの設備リスト、圧縮空気の配管図を提供し、連携制御ベンダーによる検討を行った。個別のコンプレッサーの運転状況と圧縮空気の使用量が解析できるデータは無かった。そのため、連携制御ベンダーによる現地調査を行った結果、各コンプレッサー室は個別に台数制御を行っていたが、アンロードのコンプレッサーが複数台あったため連携制御(供給設備連携)により省エネ可能と言う結果が得られた。

詳細な省エネ効果の試算を行うためステップ3のFSと、そのためのデータ収集を連携制御ベンダーが実施した。データ収集は、各コンプレッサーの消費電流とヘッダータンクの圧力を仮設センサーによりデータ収集した。収集したデータより、休日と前後各一日、通常稼働日のデータを解析し省エネ効果を推定した。

FS 結果として 10%のエネルギー削減の効果が得られたため、連携制御が導入された。導入後の 1 年間の運転実績を検証した結果、試算と同等の結果が得られた。

### 3-3-2 工場の原動力設備への運用最適化システム導入の FS の実施例

本工場のエネルギー負荷は空調が主体であり、空調用の冷温水を製造側に供給している原動力設備の FS を実施した。原動力設備はボイラ、コジェネ設備、吸収式冷凍機、ターボ冷凍機、蒸気・温水熱交換器、温冷水蓄熱槽等からなる。(図3-4 参照)

空調負荷が主体ということで、エネルギー需要は気温・湿度といった気象条件に大きく影響を受けるので、1 年の効果を計算するのに、春期、夏期、秋期、冬期の各代表日である 1 週間の実績データを使用して、効果試算を実施した。

FS 結果として連携制御(需給連携および供給機器連携)により 3%のエネルギー削減の試算結果が得られ、導入後の検証運転でも試算と同等の結果が得られた。

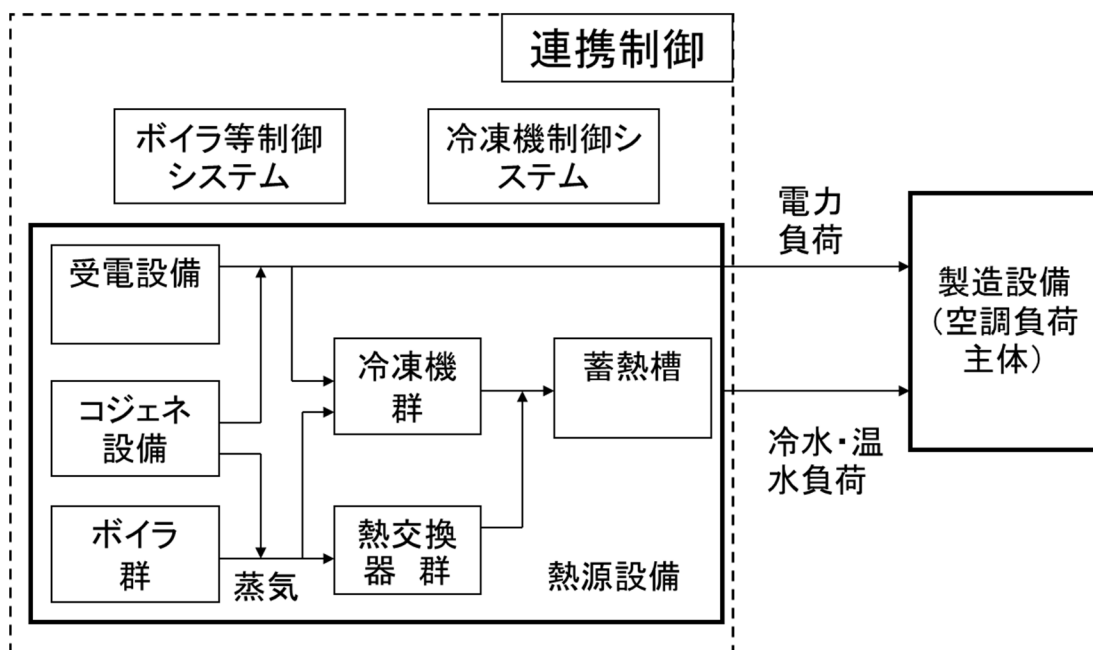


図3-4 原動力設備への運用最適化システム導入事例

## 4 検証ガイドライン

### 4-1 検証の目的

連携制御の効果はエネルギー使用効率の向上成果として、具体的な数字で表現することが必要である。そのためには、エネルギー使用量をどのような方法・範囲(バウンダリ)・期間で計測・収集し、それをどのような「ものさし」で表現するか、それを共通の土俵にのせるべきである。ここではそれらのガイドラインについて述べる。

### 4-2 検証の方法

#### 4-2-1 エネルギー効率指標(KPI)

検証のための「ものさし」は IEC/TC65/JWG14 にて標準化のためのガイドライン作りが進められている KPI を使うことを基本とする。KPI は、日本では省エネ法(エネルギー使用の合理化に関する法律)に規定されている「エネルギー消費原単位」が代表的なものである。連携制御の効果検証のためには、4-2-2、4-2-3で述べる導入前後での適切なバウンダリ・期間での KPI を比較するものとする。KPI には、影響因子の変動に強いこと、継続性があることが求められる。一方で、KPI の精度や厳密さを求めるには検証のためのコストがそれらに応じてかかることに留意する。以下に主な KPI について、概要と効果検証の方法を述べる。

表4-1 エネルギー効率指標(KPI)

KPI	連携制御 適用可否	概要	効果検証の方法
①エネルギー 総消費量 (単純比較法)	×	関係するバウンダリ・期間のエネルギー総消費量で、総電力量、あるいは原油換算量	導入前後の差分をとる
②エネルギーコスト (単純比較法)	×	電気、ガス、燃料等の購入費用	導入前後の差分をとる
③エネルギー消費 原単位	○	エネルギー総消費量/(生産数量、売上高など)	導入前後の原単位を比較
④エネルギーコスト 原単位	○	エネルギーコスト/(生産数量、売上高など)	導入前後の原単位を比較
⑤エネルギー 総消費量 (エネルギーベー スラインモデル法)	○	エネルギー消費量と影響因子の関係をモデル化	導入後の影響因子を導入前のエネルギーベースラインモデルにあてはめて、エネルギー消費量を算出し、これと実際のエネルギー消費量の差分をとる

① エネルギー総消費量(単純比較法)

4-2-2、4-2-3に述べるバウンダリ・期間にて、連携制御導入前後のエネルギー総消費量を比較する。使用エネルギーが電気だけの場合は総電力量でみるが、電気以外に燃料ガスなど多種の場合は各々を原油や熱量等に統一換算して総量を求める。導入前後の差分が導入効果となる。ただし、導入前後でエネルギー消費に影響する要因に変化がある場合は、その影響を補正するなどの処理を行わないと、正しい導入効果が得られない。

② エネルギーコスト(単純比較法)

電気、ガス、燃料等の購入費用を導入前後で比較する。ただし、売電などによりエネルギーを外販している場合はエネルギー購入費用からエネルギー販売収入を差し引いた費用を導入前後で比較する。エネルギー源により、エネルギー単価は異なり、電気は時間帯により電力量単価が異なるので、①の結果に必ずしも比例しない。

③ エネルギー消費原単位

適切に設定したバウンダリ・期間のエネルギー総消費量(エネルギー使用量から外販したエネルギー量を差し引いた量)を生産数量、売上高、入場者数などエネルギーの使用量と密接な関係を持つ値で除した値である。使用エネルギーが電気・燃料ガスなど多種の場合は各々を原油換算して総量を求める。原単位を比較することにより、導入前後での生産数量などの変化の影響を除くことができる。ただし、原単位方式では、生産数量などに依存しないエネルギー消費量がある場合には、導入効果が過小に評価される。また、生産数量といっても、生産品目の違いにより、同一生産数量でもエネルギー消費に違いが生ずる場合があり、多品種を生産する設備では注意を要する。したがって、原単位の分母に何を採るかは重要であり、適切に設定する必要がある(Appendix 4 参照)。

④ エネルギーコスト原単位

③における分子を②におけるエネルギーコストで置き換えたものとする。

⑤ エネルギー総消費量(エネルギーベースラインモデル法)

エネルギー消費に影響する気象条件などの外的な要因や生産数量などの内的な要因が導入前後で変動する場合、上記の①③(費用で見る場合は②④)では必ずしも、導入効果が正しく得られない。そこで、導入前のエネルギー消費量と影響因子の関係をモデル化し、これをエネルギーベースラインとする。導入後の影響因子をこのモデルにあてはめて、エネルギー消費量を算出し、これと実際のエネルギー消費量を比較することにより、導入効果を算出する。モデルは重回帰式などさまざまな統計モデルを適用できるが、あまり複雑なモデルだと扱いにくいので、できるだけシンプルなモデルとすることが肝要である。具体的には重要な要因をいくつか絞って、それらの一次式で表現した重回帰式を推奨する。

一例として、エネルギー消費量を生産数量の一次式で表す例を図4-1に示す。導入後の検証により、生産数量  $x_1$  でエネルギー消費量  $y_1$  であったとする。導入前のエネルギーベースラインが図の直線で表され、生産数量  $x_1$  に対応するエネルギー消費量は  $y_0$  と推定し、 $y_0$  と  $y_1$  との差異が導入効果となる。

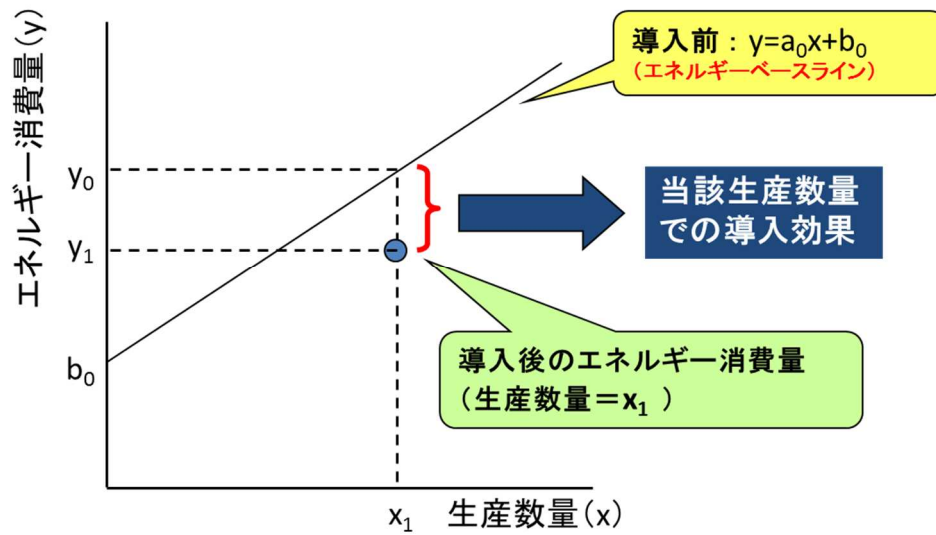


図4-1 導入前のエネルギーベースラインとの比較の例



#### 4-2-2 バウンダリ

目的に応じて、使用エネルギーを計測し、KPIを算出するバウンダリ(機器/設備/施設)を適切に設定する必要がある。また、バウンダリをどのように設定したのかをその考え方とともに明確にするのが望ましい。連携制御の効果検証のためには、連携制御が影響を及ぼすバウンダリを含むようにする。また、影響しない部分はできるだけ除くようにすると、導入効果がより明確になる。以下にバウンダリ設定の例を示す。

図4-2において、設備2系に連携制御を導入したとする。(a)の場合、導入していない1系にも流量変化等の干渉(影響)があるため、1系と2系を含めたバウンダリで、導入前後のKPIを比較する必要がある。一方、(b)の場合は、1系に影響がなく、この場合のバウンダリは2系のみでよいことになる。このように、同じような設備に導入したとしても、設備形態により導入効果検証のバウンダリは異なる場合がある。

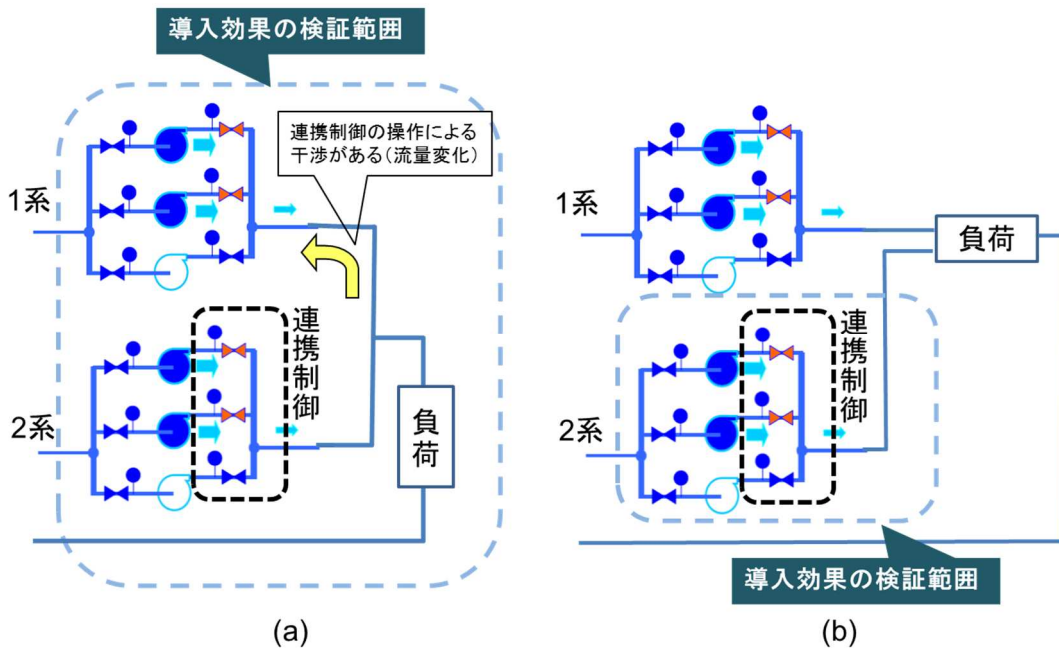


図4-2 導入効果の検証バウンダリの例

### 4-2-3 期間

検証のための評価期間は、連携制御を導入する設備のエネルギー消費に影響を与えるさまざまな外的要因(気象条件、設備稼働・運転パターン、製造品目など)の影響を、できるだけ排除できるような期間をとることが望ましい。そのためには一般的には少なくとも1年間にわたる期間での検証が必要である。検証のためのデータ収集や分析にはそのためのコストや期間がかかるので、効果の大きさや必要度に応じて、以下に例示するような期間から合理的に選択する。

- ① 典型的なパターンの1日間
- ② 連続する1週間
- ③ 季節ごと代表日
- ④ 1年間
- ⑤ 数年間(必ずしも連続である必要はなく、上記①～④を数年間にわたり追跡)

導入時点から短期間での運用による効果検証が必要となる場合には、①や②のデータを元に算出したKPIを求め、1年間に渡る影響因子を考慮した補正を行い、期間による加重平均などを行うことで、1年間に対するみなし効果として評価する。

### 4-2-4 データ収集

連携制御の対象とする設備について、電気、燃料、熱源などの投入(消費)エネルギーを、可能な限り、設備単位に分離して計測する。気象データや製造品目、生産量などのデータも同時に収集する。データ収集は自動で行うことが望ましいが、自動化できない場合は必要な期間、計器の目視や帳票などにより人手で行う。データ収集の時間間隔は連続運転の設備ならば、1時間単位の積算量または平均値とする。設備によっては1時間単位ではなく、1分単位あるいは1日単位など、適切な時間単位とする。バッチ運転の場合は1バッチの積算量または平均値を基本とするが、1バッチが長時間の場合はその間を1時間単位など、適切な時間間隔でデータ収集を行う。

また、Appendix 1,Appendix2 で紹介するステータス(状態)ごとのKPIを比較することにより、よりきめ細かな導入効果が示せるとともに、さらなる省エネの可能性やその限界なども明らかになる。

連携制御の導入効果算出のためには、導入以前のデータについても、予め取得しておく必要がある。これらの過去データが十分でない場合は、導入前に従来制御でのデータ収集の期間を計画する必要がある。それもできない場合には、連携制御導入後に連携制御と従来制御を比較運転してデータ収集を行う。ただし、連携制御と同時に設備の更新やインバータの導入等を行い、その総合的な評価を行う場合には、導入後では連携制御の寄与分しか、評価で

きないことに注意を要する。図4-3は連携制御の導入効果を設備更新による効果と連携制御による効果に切り分けた例である。

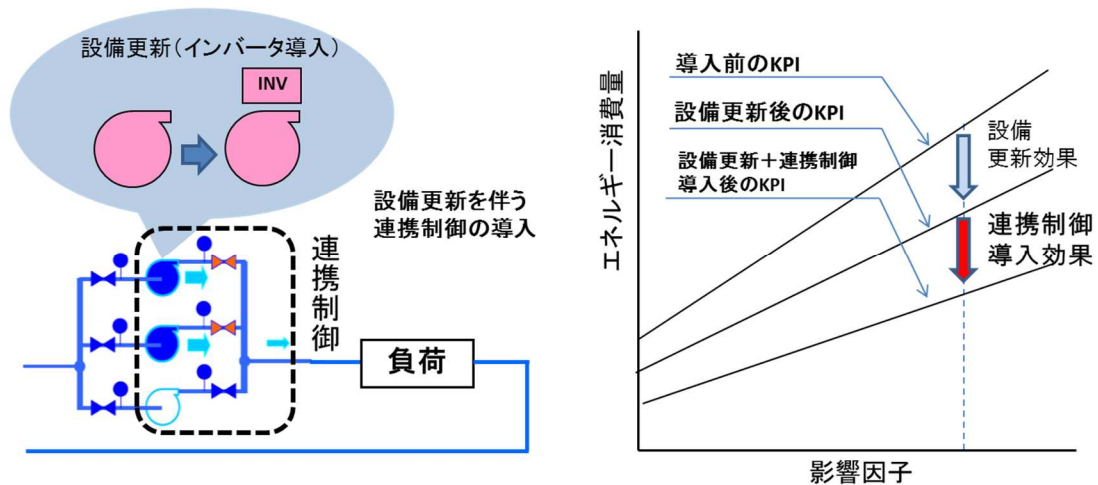


図4-3 連携制御の導入効果を設備更新による効果と切り分けた例

収集データには異常値(はずれ値)や欠測値が生ずる場合<sup>5</sup>がある。通常はこのような値を含む一連(1日間など)のデータは除外するが、やむを得ない場合はその前後のデータから補間するなどにより、データを補正する。この場合でも、補正はごく一部のデータに限るべきである。

#### 4-2-5 収集データの誤差対応

収集したデータには計器による誤差が少なからず存在する。電力量の場合、検定済みの取引用計器では500kW未満の普通電力量計で±2%、500kW以上の精密電力量計で±1%、10,000kW以上の特別精密電力量計で±0.5%の精度が保障されている。取引用以外の一般的なエネルギー管理のための検定なしの電力量計では精度はこれらより劣り、誤差はこれら以上とみなければならない。また、電力以外のガス流量その他のデータについてもそれぞれに相応の誤差が存在する。誤差がランダムなばらつきの場合は、多数の期間のデータをとることにより平均誤差は低減する。また、ゼロドリフトのようなバイアス的誤差の場合は、連携制御導入前後の差分をとることにより、誤差は相殺される。誤差にはこのほかにも直線性やヒステリシス、温度特性などもあるが、導入効果算出のために特別な補正等を行わないのが一般的である。収集データについて、収集方法や使用した計器の精度を明らかにする必要がある。また、導入効果を精度良く検証するためには、計器のキャリブレーションを行うことが望ましい。

<sup>5</sup> 設備の異常や点検などによる場合が多い。Appendix 2 のステータスの項を参照し、生産時のみのデータを対象とするなどの対応を行うと良い。

#### 4-2-6 検証結果の表現方法

最終的な結果は、設定したバウンダリ・期間における導入前後の KPI とその差分(比率)である導入効果の数値を示す。このほかに、必要に応じて、1 時間ごと 1 日、1 日ごと 1 週間、1 月ごと 1 年間などの時間的変動を表形式ならびにグラフ化して示すことにより、どういう場合に効果がでるのかが明確になる。図4-4は導入前後のエネルギー消費原単位と削減率を日ごとにグラフで表示した例である。これにより、平日と土日との効果の違いが明確になっている。

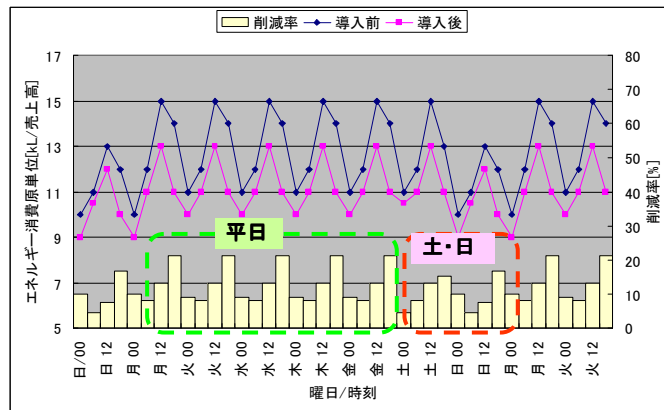


図4-4 検証結果の表現例(導入前後のKPIの時間変動)

また、エネルギーベースラインとの比較では影響因子を横軸に、エネルギー使用量(費用)を縦軸にしてベースラインを図示し、導入後の実績値をそれにプロットすることにより、導入効果が視覚的に明確になる。図4-5はその例である。

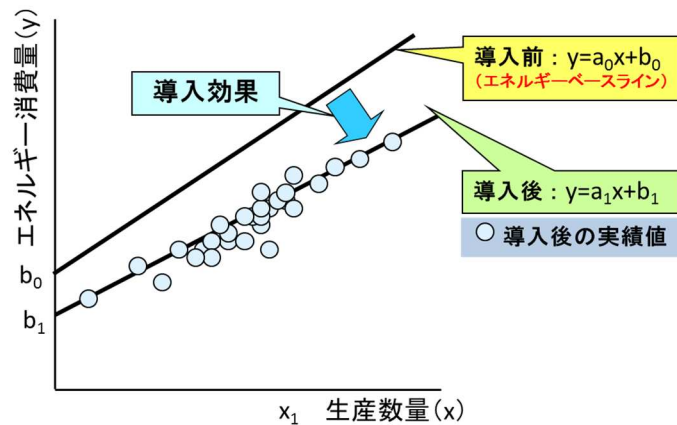


図4-5 検証結果の表現例(導入前のエネルギーベースラインとの比較)

#### 4-3 オンライン自動制御システムとガイダンスシステム

連携制御の実装ならびに運用形態として、オンライン自動制御で行う場合とシステムよりガイダンス表示し、それに基づいて運転員が自らの判断も加味して操作する形態がある。ガイダンスシステムの場合は運転員の力量(熟練度)が省エネ効果に影響する。連携制御の効果をより正しく評価するためには、運転員の操作による実績値だけでなく、システムによる指示値も記録して、分析することが望ましい。

## 5 エネルギー最適化の考え方

本章では、連携制御の最適な導入領域を定めるための評価方法と導入領域の特性に適したエネルギー利用の最適化のヒントを示す。さらに、連携制御の導入に適した評価指標(KPI)の考え方を示す。

### 5-1 エネルギー利用タイプとエネルギー管理対象

連携制御は商業ビルから、工場(連続系からバッチ系<sup>6</sup>まで)など多くのエネルギー利用施設に適用可能で、個別制御に比べ、より大きな効果を発揮することが期待できる。以下にこれらの導入例におけるエネルギーの利用方法とエネルギー管理対象を概観する。

#### (1) 商業ビル

商業ビルでのエネルギーの利用方法(供給方式)には、自ビル内のユーティリティ施設で2次加工したエネルギーを自ビル内で利用する場合や、地域冷暖房システムで加工・搬送された熱エネルギーと自ビル内で加工したエネルギーとのハイブリッドを構成するケースなど種々のパターンがある。基本的な概念フローは図5-1のモデルで考えられる。商業ビルに必要な電力や燃料等のエネルギーは、ユーティリティ施設に導かれ、需要側のビルテナント部分で必要とされる冷水や温水、電力などが、ユーティリティ施設で生産(エネルギー変換)され、供給される。

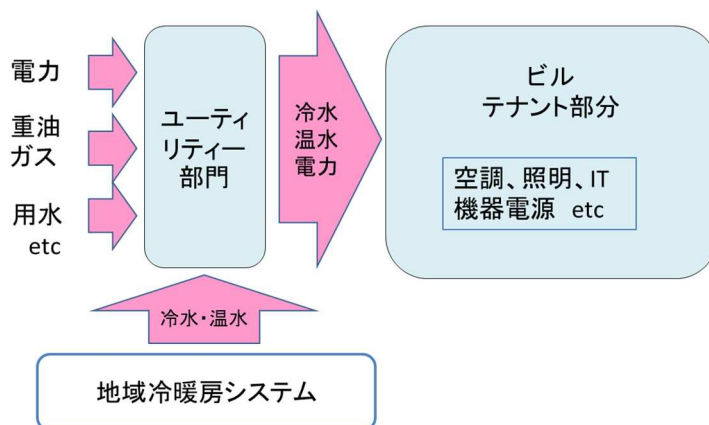
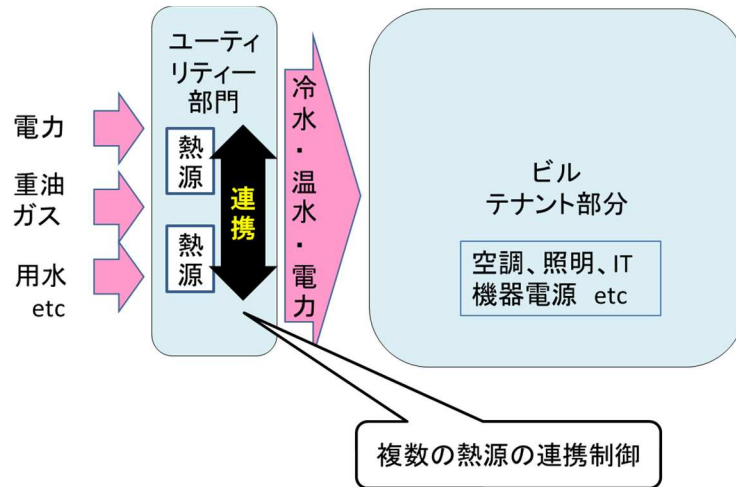


図5-1 基本的なフロー(商業ビル)

<sup>6</sup> ディスクリフトプロセスはバッチプロセスとして分類した。

図5-2にあるように代表的な連携制御には、複数ある冷暖房用の熱源設備の連携運転などがあげられる。

図5-2 連携制御導入例(商業ビル)



## (2) 工場

工業分野でも、エネルギーの供給・利用には各種のパターンがあるが、一般的に生産方式として、連続プロセス(石油精製などのように、原材料が連続的に供給加工され製品となる)とバッチプロセス(組立工場、食薬品工場などのように、原材料が間欠的に供給加工され製品となる)に分類される。ところが、実際の工場は非常に複雑で、工程ごとに連続プロセス、バッチプロセス、両者のハイブリッドプロセスなど多種多様な工程の組み合わせで構成されている。

### ■製紙工場

例として図5-3の製紙工場の例をとりあげる。

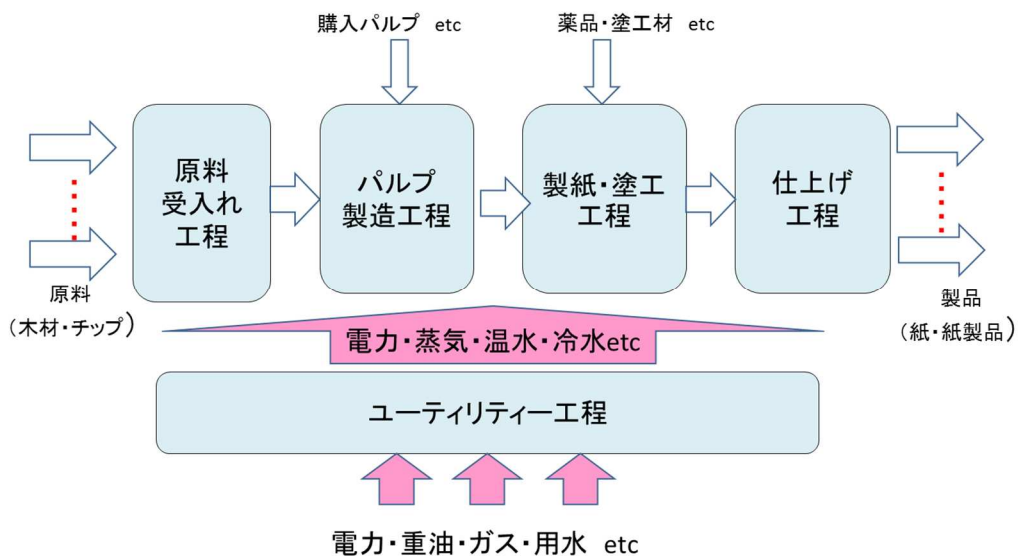


図5-3 製紙工場のモデル

原料受入れ工程後のパルプ製造工程は、連続蒸解釜の工程に着目すれば名称通り連続工程であるが、受入れ原料に対応して投入する各種薬品の投入工程はバッチプロセスである。また抄紙・塗工工程も同様に抄紙機自体の運転は連続であるが、塗工工程、薬品投入工程は製品レシピに対応するためバッチプロセスに分類される。しかも、抄紙工程でのアウトプットである紙は、「リール」と称される巻の単位でバッチ的に次工程の仕上げ工程に供給される。

図5-4に示すように具体的な連携制御は、各工程間にまたがった需要量に対応した連携制御や、抄紙機・塗工工程内で完結する紙切れ時の連携制御など、いろいろなタイプの連携制御が導入されている。

各工程や設備は、常に連続稼働しているわけではなく、間欠的に動作するため、それらのエネルギー消費量も時々刻々と変動する。このため、導入した連携制御の効果を評価するためには、プロセスの特性を無視した単純な方法では誤差が生じやすく、公正・正確さの面で問題が生じる。

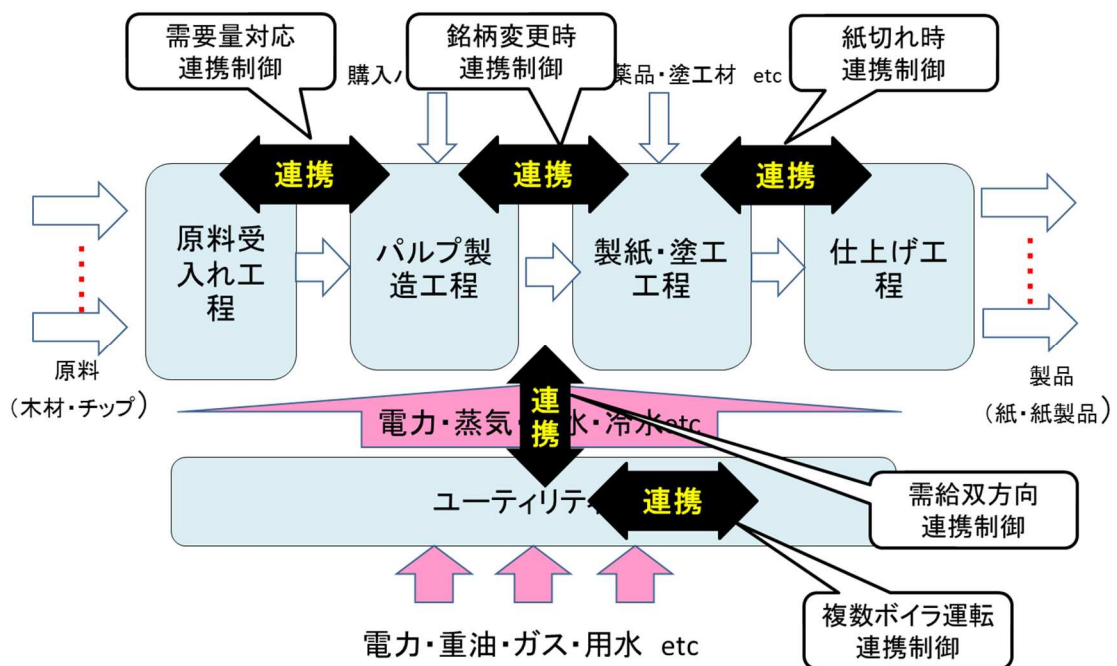


図5-4 製紙工場への連携制御導入事例

■自動車工場

図5-5に示す自動車工場は部品加工・塗装工程をはじめ、混合車種が次から次へと生産される組み立てラインなど大多数がバッチプロセスで構成されている。

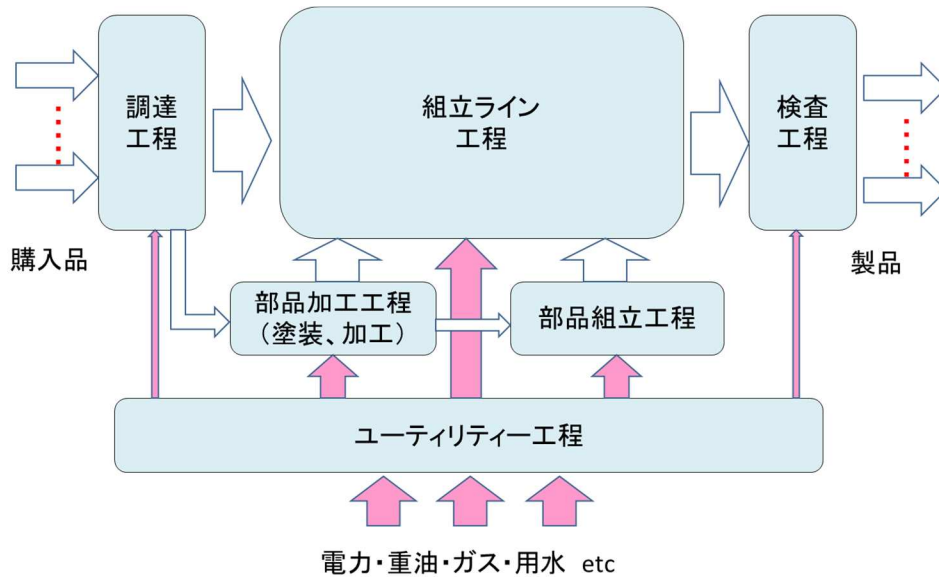


図5-5 自動車工場

図5-6に自動車工場の連携制御導入事例を示す。製紙工場のケースと同様に、工程間にまたがるもの、一つの工程内で完結するものなど、さまざまな種類がある。しかしバッチプロセスに分類される自動車工場の各工程も、数秒単位のバッチで生産される工程から、時間単位のバッチで処理が進む工程など1バッチの時間が異なるため、単純に同一のバッチプロセスとして取り扱うことはできず、導入した連携制御の評価には、いくつかの要素に分け、それらに適切な時間軸を用いた導入評価が不可欠になってくる。(Appendix 2 参照)

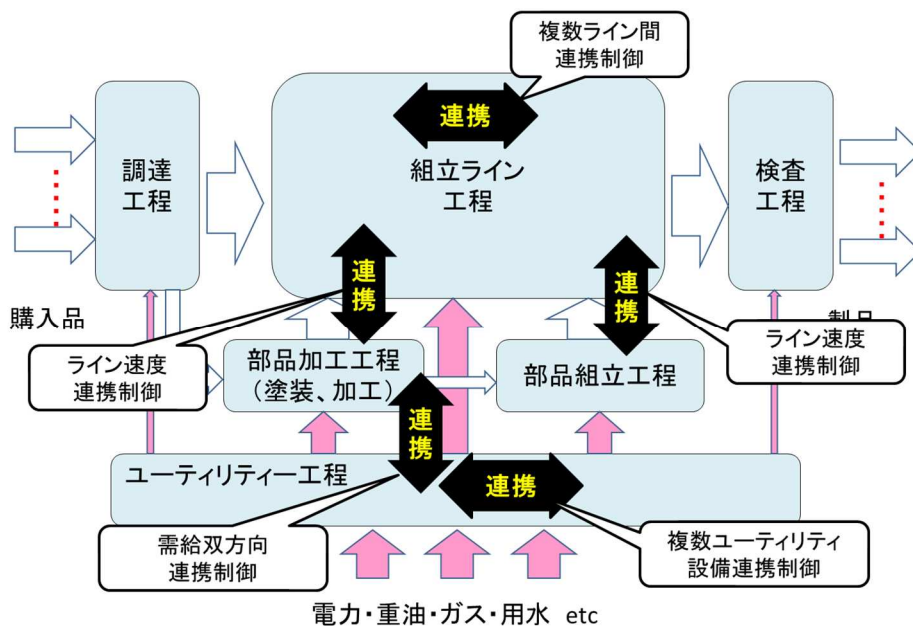


図5-6 自動車工場への連携制御導入事例



## ■導入対象のエネルギー効率の管理と時間軸

このような多種多様な工程および工程間に導入された連携制御を統一的に扱うためには、実際に適用される連携制御の範囲をバウンダリと定義し、この範囲の施設や設備群のエネルギー効率をまとめて管理する方法を推奨する。この方式では、バウンダリのエネルギー使用量と、エネルギーの使用量に密接な関係のある変数との関連を観察し、適切なエネルギー使用効率でバウンダリが動作しているか、どの程度の効果がでているのかを確認するのである。実際にエネルギー管理を円滑に行うためには、エネルギー使用ポイントおよび削減対策の領域を、エネルギー管理のバウンダリと設定し、Appendix 1 で示すようなエネルギー管理ユニット(EMU: Energy Managed Unit)に置き換えて統一管理することが望ましい。

EMU は入力を各種のエネルギーを使用して加工・製造し出力を次工程に送り出す単純化されたモデルで仮定し、入力・出力および両者の差、その間に使用されたエネルギー量を定量化し管理する方法である。さらに定量化の精度を向上させるために EMU の入出力を操業・運転状況のステータスごとに定義する方法(Appendix 2 参照)がある。工場内の各種の設備は、運転準備中、運転中、停止中などの操業ステータスで、入力量、出力量および使用エネルギー量は大きく異なる場合が多く、これらの設備群が独立に動作するため、エネルギーと最終生産品の生産量との相関性が低いことが多い。このため、各 EMU の操業ステータスごとにエネルギー使用量と生産量などの関連を評価すると、一見複雑な生産量とエネルギー使用量の関係もシンプルなモデルで記述でき、予測が可能になる。このように、得られたデータをどのような時間軸で評価・検討していくかが重要になってくる。

長い時間軸、たとえば月単位、年単位でみれば連続プロセス、バッチプロセスのなどの工程の違いを超えたデータが得られ、長期的なエネルギー使用傾向の把握は可能だが、具体的なエネルギー改善個所の特定には、より短時間での評価データの方が適切な場合が多い。これまで述べたように、エネルギー管理の目的・目標に最適な時間軸の選択が重要である。

### 5-2 エネルギー利用の最適化

---

前節では、連携制御の導入領域を、エネルギー管理ユニット(EMU)としてバウンダリ定義し、その入出力を把握したうえで適切な時間軸とステータスを用いて評価する方法を述べた。この考え方をを用いてサイト全体を複数の EMU に分割して対策や管理を行うと効率的である。本節では、エネルギー利用の最適化のヒントを解説する。連続系とバッチ系という時間軸の異なる系では、使われる設備や運転方法に特徴がある。このため、連続系プロセスを含む系とバッチ系プロセスを含む系について解説した。

### 5-2-1 最適化の着眼点（共通事項）

最適化の着眼点は、エネルギー使用の大きな設備や工程から着手し、その部分が需要（あるいは生産量）に応じてエネルギー使用量が適切になるようにすることである。生産量に依存しない固定的なエネルギー使用があれば、これを削減すること、あるいは固定分を生産量に依存させることを検討する。例えば、生産量に依存しないで一定量が消費されている生産冷却水があれば、対象装置が稼働している場合にのみ冷却水を流すなどの対応（固定分を生産量連動化）がある。

次に、エネルギーを需要側に供給するユーティリティ設備などでは、エネルギー需要量（または予測量）に合わせてリアルタイムに供給側のエネルギーを最適に連動させることができないかを検討する。少ない投資で大きな改善結果を生み出す有力な対策方法が連携制御である。正確な測定情報をもとに操業ノウハウ、予測機能などを組み込んだ制御アルゴリズムで制御することで、需要側の運転状況に最適な設備・装置の運転が行えるようになり、さらに需要に応じた供給量制御も可能になり、エネルギーの無駄が削減できる。

### 5-2-2 連続系プロセスを含む系における最適化

ビルや工場の冷暖房熱源や蒸気などのユーティリティ施設や、石油・化学プラントなどが代表的な連続系プロセスである。これらの施設は連続稼働することが多いため、以下のような観点から最適化を検討すると改善策を見つけることができる。

#### ・需要に合わせた運転

連続プロセスの設備は、需要が減少しても設備の能力を一定値以下には絞れない場合が多い。あるいは一つの設備を絞っても全体のエネルギー使用の減少につながらない場合もある。また能力を絞ると所定のアウトプット品質が確保できない場合もある。このため、関連する設備の中間負荷時のエネルギー使用量の特性を把握し、要求品質を確保したうえで需要に応じてエネルギー使用効率が最適になるように運転する方法を検討する。

#### ・設備の有効利用率の向上

設備の稼働率の向上、すなわち有効利用率の向上を行うとエネルギー使用効率が高まる。連続プロセスの設備は、運転準備や停止準備に時間がかかることが多い。このため、設備の立ち上げ／立ち下げ回数やこれに要する時間など、生産（需要）に用いないエネルギー使用を見つけ、これを減少させる運転方法改良などの対策を検討すべきである。また、予知保全の導入など、設備の適切な保守によりエネルギー使用効率を維持できる点にも注意をはらうことが望ましい。

#### ・原料や材料の妥当性の検討

原料（原材料や燃料）や材料の差がエネルギー使用量や使用効率に大きな影響を及ぼす場合があり、代替策の検討は有効である。

### 5-2-3 バッチ系プロセスを含む系における最適化

食品や薬品、化学製品の製造や、自動車や電子機器の部品や完成組み立ての製造工程などが代表的なバッチ系プロセスである。連続系プロセスに比べ、ひとつの設備の連続稼働時間が短いこと、比較的短い期間に製造するものが変わることなどが特徴である。このため、最適化の検討には以下のような観点でのアプローチが有益である。

#### ・各設備のエネルギー使用量の把握と部分停止の検討

設備の運転状態によってエネルギー使用量が大きく異なる場合が多い。このため、設備の立ち上げ／運転／立ち下げ／待機／搬入／搬出／洗浄／停止などの運転状態によって、どのようにエネルギー使用量が変化するかを把握する。この際、各運転状態のエネルギー使用量だけでなく、運転状態の変更にかかる時間や手間、関連する設備への影響や制約などを整理し、停止や待機状態を作ることができないかを検討すると最適化のヒントが得られる。

#### ・設備能力の可変化の検討

需要より能力の大きな設備を用いている場合、その能力を絞ることができないかを検討すると良い。能力を絞れない場合には、複数の小型設備に置き換えると生産量の変化に追随しやすくなる。

#### ・生產品目とエネルギー使用量の関連の把握

設備群は、生産する品目(レシピ)によってダイナミックに処理内容が変わる場合がある。この処理内容の変化に応じて、エネルギー使用量も大きく変化することが多い。品目ごとにエネルギー使用量を把握(理論計算でも良い)できるようであれば、実績との差を分析し生産スケジュールの改良による最適化につなげることができる。また、ピークデマンドの抑制(電気料金削減)につなげることもできる。

### 5-3 最適化の物差し

省エネ対策(連携制御の導入や設備のリプレース)を導入する際には、適切な物差し、すなわち評価指標(KPI)を定め、その効果を事前に予測し導入後に評価すると、継続的な改善をしていくことができる。KPIには、いろいろなものがあるが、連携制御の導入に適した KPI の考え方を紹介する。

5-1章ではサイト全体を EMU に分割して対策や管理する手法を示したが、連携制御の導入に際しては、基本となる EMU 内の KPI と、全体最適に向けた連携の効果を示す評価指標の双方を評価すると良い。基本となる KPI の考え方としては、生産量(需要)に対して使用したエネルギー(エネルギー原単位:エネルギーを生産量などで除した値)をベースとすると良い。例えば、生産冷却水 1 トンの製造及び送出的ために、どれだけのエネルギーを使用するかを過去の実績から算出してベースのエネルギー原単位を定め、受給連携などの導入後に、省エネ施策の効果を原単位の低減によって確認する手法があげられる。(図5-7参照)

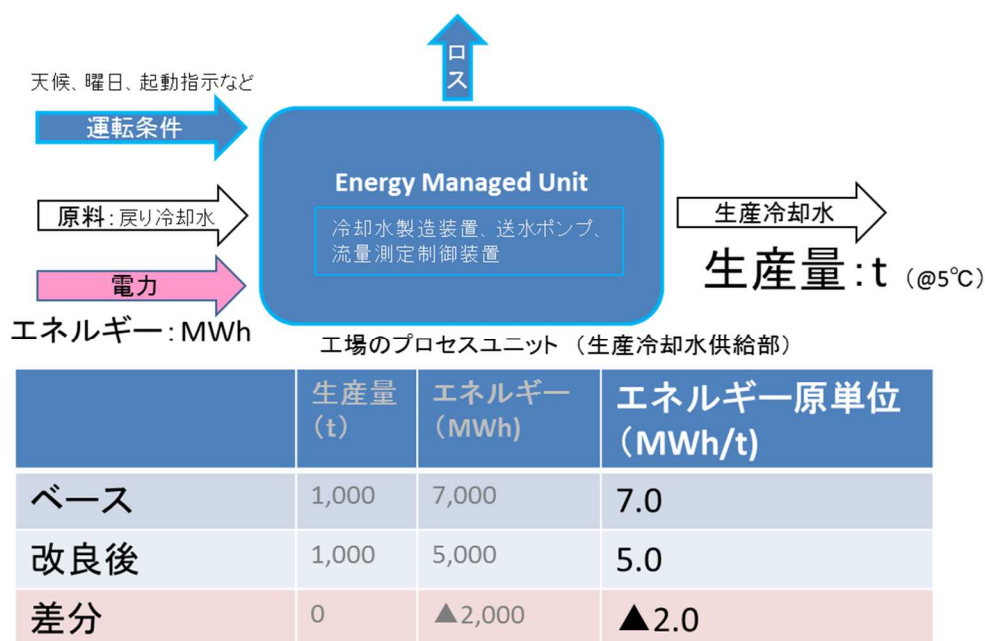


図5-7 エネルギー原単位を用いた施策効果の確認

但し、EMU によっては、生産量がゼロでもエネルギーを消費するタイプのものがある。このような場合には、エネルギー消費量の推定計算式として、定常分+生産量連動の形に修正する。(Appendix 4 参照)

また、EMU は動作を停止する場合があるが、停止中や起動中などの状態は生産量ゼロとなる。このような状態が頻繁に起きたり、比率が大きかったりすると、エネルギー消費量の推定計算の精度が悪化する。このため、このような期間を区別して集計し、この期間を省いて評

価するか、この期間ごとのエネルギー消費量の算定式を別途特定して評価すると精度よく把握することができる。(Appendix 2 参照)

### 5-3-1 基本となる EMU 内の評価指標

---

以下に、連続プロセスを含む系、バッチプロセスを含む系の EMU の評価指標の例を示す。これらが組み合わされた複雑な EMU の場合は、これら 2 種類に分割してそれぞれの指標を組み合わせた指標を定義するとエネルギー消費の状況を正しく把握できるようになる。

#### (1) 連続プロセスを含む系

---

連続プロセスでは材料や生産品目の変更頻度が少ないのが特徴である。EMU 全体をマクロにとらえ、生産量に対するエネルギー使用量によるエネルギー原単位や、エネルギー消費量の大きな設備に着目した設備のエネルギー効率を KPI とすると良い。この際、運転停止中や立ち上げ中などのエネルギー使用量を除外するか別枠で評価すると、より正確な評価が行えるようになる。

#### (2) バッチプロセスを含む系

---

バッチプロセスでは、複数の種類(銘柄)の生産物を作ることが多い。バッチプロセスのなかでも、ディスクリートプロセス<sup>7</sup>の場合は、生産品目の新規追加(新製品)や廃止の頻度が高くなる。銘柄によるエネルギー使用量に大きな差がある場合には、エネルギー使用の大きな設備について、1 回のバッチの単位で、エネルギー原単位を求め、KPI とすると良い。一方、銘柄によるエネルギー使用量に大きな差がない場合には、EMU 全体をマクロにとらえ、統計的手法で原単位を求め KPI とするのが簡便である。但し、中間在庫の量がエネルギー原単位に影響する場合があるので注意する必要がある。このような場合、長期間の移動平均など統計的な手法で影響を軽減することができる。リアルタイムでの正確な把握のためには、エネルギートラッキングを行う必要がある。尚、ディスクリートプロセスの場合は、生産物 1 個あたりの KPI を設定することも可能である。

---

<sup>7</sup> 本ガイドブックではディスクリートプロセスはバッチプロセスの一種として分類している

### 5-3-2 連携の効果を示す評価指標

以下に需給連携の効果を示す評価指標の例を示す。基本的には2章で示す連携制御の5種のタイプにかかわらず評価指標は共通である。

需給連携では、需要側の要求に合わせて供給量を最適に制御することが要件である。例えば、生産冷却水の需給連携の効果は以下のように評価指標を定めることができる。

#### (1) 原単位法（相対比較）

冷却水1トンの製造及び搬送に必要なエネルギーを冷却水原単位と定め、この原単位を連携制御導入前と導入後で比較するものである。

- ・導入前冷却水原単位  $I_{base} = \text{冷却水エネルギー使用量 } E_{base} / \text{冷却水搬送量 } Q_{base}$
- ・導入後冷却水原単位  $I_{rep} = E_{rep} / Q_{rep}$
- ・改善率  $R = (I_{base} - I_{rep}) / I_{rep} \times 100 (\%)$

但し添え字baseはベースライン期間の結果数値を示し、同repはレポート期間の結果数値を示す。なお、ベースライン期間とはKPIの評価の基準とするデータの期間を言い、レポート期間とは効果を評価するデータの期間をいう。

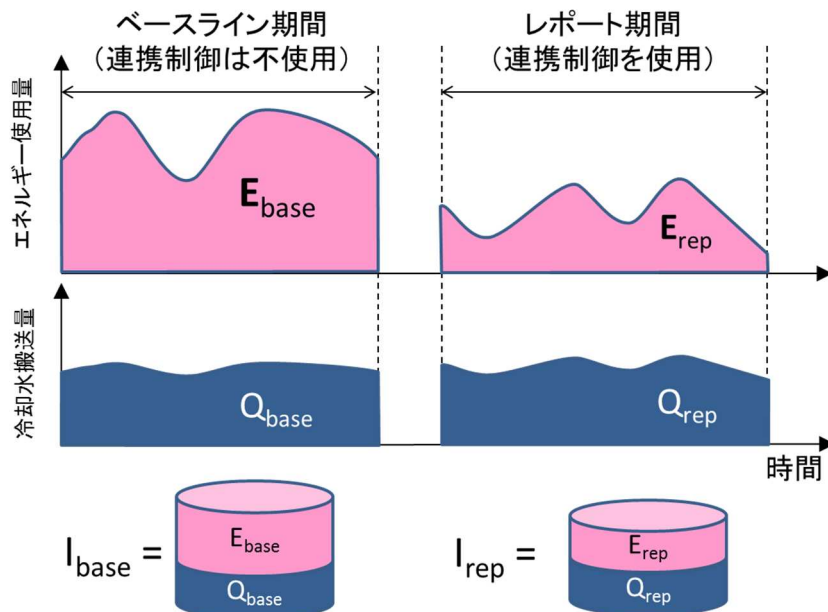


図5-8 原単位法（レポート期間とベースライン期間）

## (2) エネルギー総消費量（エネルギーベースラインモデル法）（絶対値比較）

連携制御導入前の冷却水生産量と所要エネルギーのエネルギーベースラインモデルを作成し、このモデルに導入後の実績生産量を与えて算出されるエネルギー推定値から導入後の実績エネルギーを差し引き、削減量を算出するものである。

- ・導入前モデル(例)：エネルギー消費量  $E = I_{\text{base}} \times \text{冷却水搬送量 } Q$
- ・エネルギー推定値  $E_{\text{rep\_est}} = I_{\text{base}} \times \text{実績冷却水搬送量 } Q_{\text{rep}}$
- ・削減量  $\Delta E = E_{\text{rep\_est}} - E_{\text{rep\_act}}$

但し、添え字 base はベースライン期間の結果数値、同 rep はレポート期間の結果数値、同 est は推定値、同 act は実績値を言う。また  $I_{\text{base}}$  は導入前の冷却水原単位。

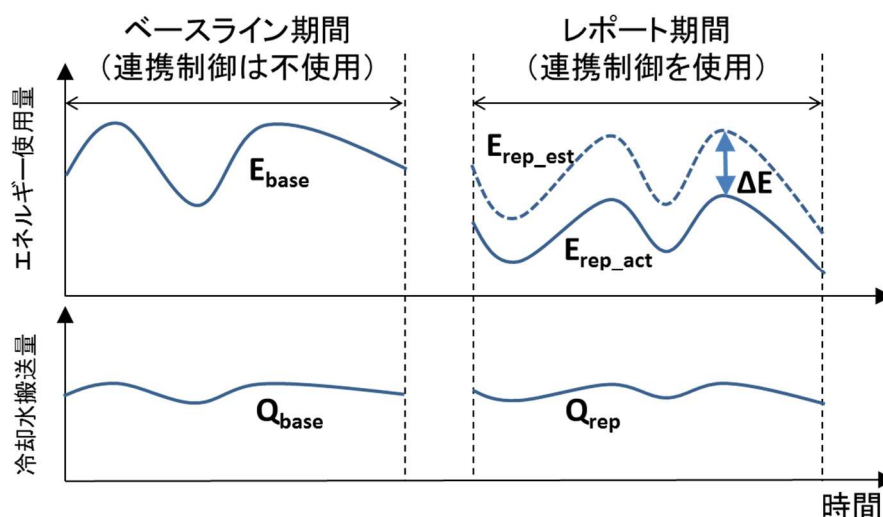


図5-9 エネルギーベースラインモデル法

この指標は、絶対値で導入効果がわかり、効果を金額換算すれば投資効果がわかりやすくなる。また、二酸化炭素の排出量規制や取引などに使用できるメリットがある。しかし、上記のモデル(ベースラインモデル)に適切な精度が必要である。ここで示した単純な系では適用しやすいが、バッチプロセスを含む系など複雑な系に適用する場合は、Appendix 2に示した手法を用い精度の良いモデルを作る必要がある。このモデルの作成や維持にはデータの解析などの手間がかかるため、導入に当たっては費用がかかることに留意する必要がある。

## 6 今後の展望

---

エネルギー安全保障や費用削減を目的に、今後、自施設への再生可能エネルギーやエネルギー貯蔵設備の導入が進んでいくと考えられる。このようなエネルギー源を有効に活用するために、連携制御はその範囲を拡大していくであろう。また、スマートグリッドの開発が進んでおり、企業のサイトも、そのひとつの需要者として、また供給者として位置付けられてくる。現在の連携制御は設備群の制御が主体であるが、今後は会計システムや受発注システムなどと連動することも想定される。

また、わが国においては2011年の東日本大震災と原子力事故を契機とした電力需給の逼迫が続いており、電力負荷の平準化が重要となっている。これを踏まえて、省エネ法にも「ピーク対策」の積極的な評価の観点を取り込む検討がなされている。連携制御では、最適化項目としてこのような観点を取り込むのは比較的容易であり、「ピーク対策」を積極的に取り込んだ方式に発展させていきたい。

## 7 おわりに

---

連携制御は、需要と供給のギャップに着目して無駄なエネルギー使用を削減する技術として注目され、普及期を迎えようとしている。新たな機械設備など大型の投資を伴わないため、投資効果が高く、また小さな範囲で導入し、徐々に全体的な最適化を行っていく段階的な投資も可能な、優れた省エネ手法であるためである。エネルギー需要側の組織(例:生産側)と供給側の組織(例:動力側)が協力し合い、全体最適の視点で取り組むことができれば、連携制御の導入や段階的成長は比較的容易である。今後、エネルギー価格は確実に上昇していき、各企業はますますエネルギー削減を進めていく必要があるだろう。このためには、これまでより一歩踏み込んだ対策が必要になってくる。本書がその対策の一助となれば幸いである。





## Appendix 1 エネルギー管理ユニットのモデル EMU

統一的なエネルギー管理と評価方法の概念として、図 A1-1 のようにモデルと関係するステータスを組み合わせて定義する方式<sup>8</sup>がある。このモデルはバウンダリで区切られた範囲の設備や機器のエネルギーの使用量と、エネルギー使用量に密接に関連する変数の関係を調べ、このモデルが適切なエネルギー効率で動作しているかを調べることを目的とする。さらに、モデルの稼働に伴うエネルギーの消費をできるだけ正確に予測し、省エネ対策導入後の効果を算定するためにも用いられる。このモデルをエネルギー管理ユニット(EMU: Energy Managed Unit)と呼ぶ。

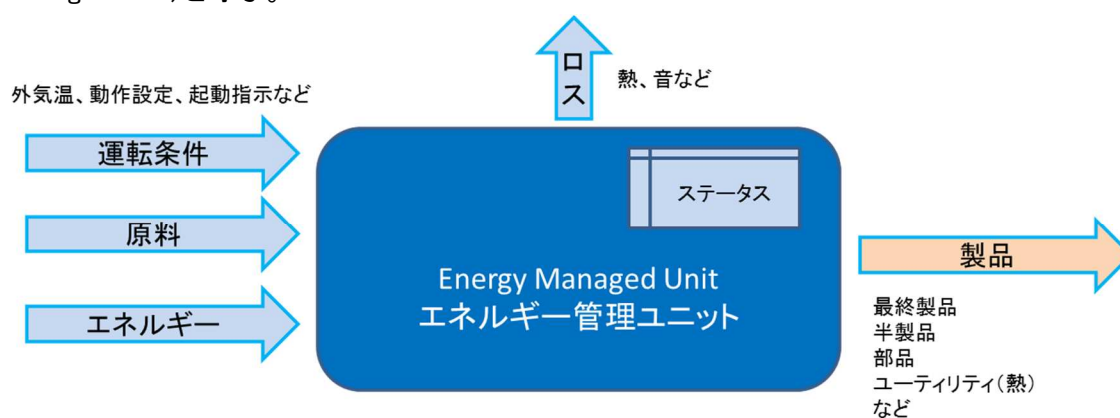


図 A1-1 エネルギー管理ユニット

エネルギーの管理の単位となるモデル部分は入力と出力より定義され、その差分はロスとして扱われる。入力の基本はモデルのバウンダリに投入されるエネルギーや原料である。原料には製品を製造するための原料、前工程の出力(部品や中間製品など)などを定義する。出力はこのモデルのアウトプットであり、最終製品、中間製品(半製品)や、蒸気/温冷水などのユーティリティ出力が相当する。

入力として扱う運転条件は、省エネ対策の導入前と導入後を、できるだけ同一条件で比較評価できるようにするために、モデルに大きく影響を与える要因を定義する。たとえば、季節・気象条件、対象モデルの動作設定としての生産条件やロット名、主要装置・設備の運転/停止などがあげられる。

以下に5-1で例として挙げた商業ビル、製紙工場の連携制御で定義されたバウンダリをこの EMU の概念に転換してみる。

<sup>8</sup> IEC/TC65/JWG14 にて審議中の概念。テクニカルレポート IEC/65/480B/DC(2011/5)より

■商業ビルの事例

図 A1-2にあるように商業ビルの冷却水供給プロセスでは出力は冷却水となり、入力はこのプロセスの入力冷却水を製造するための電気と用水となる。



図 A1-2 商業ビルの EMU(対象:熱源系統)

電気は照明用、IT 機器用、その他と多様に使用されているが、この場合は熱源系統に関連する部分だけを対象とすることが重要である。また運転条件としては商業ビルの場合、外気温、各装置の運転/停止の時間的条件や曜日などを考慮する必要がある。

■工場の事例

図 A1-3は製紙工場での銘柄変更時の連携制御を EMU の概念で表現したものである。銘柄変更時の連携制御は抄紙機でのレシピ変更に伴い時間遅れも考慮し、最適なパルプ流量比率、染料、薬品供給を目的とした制御である。

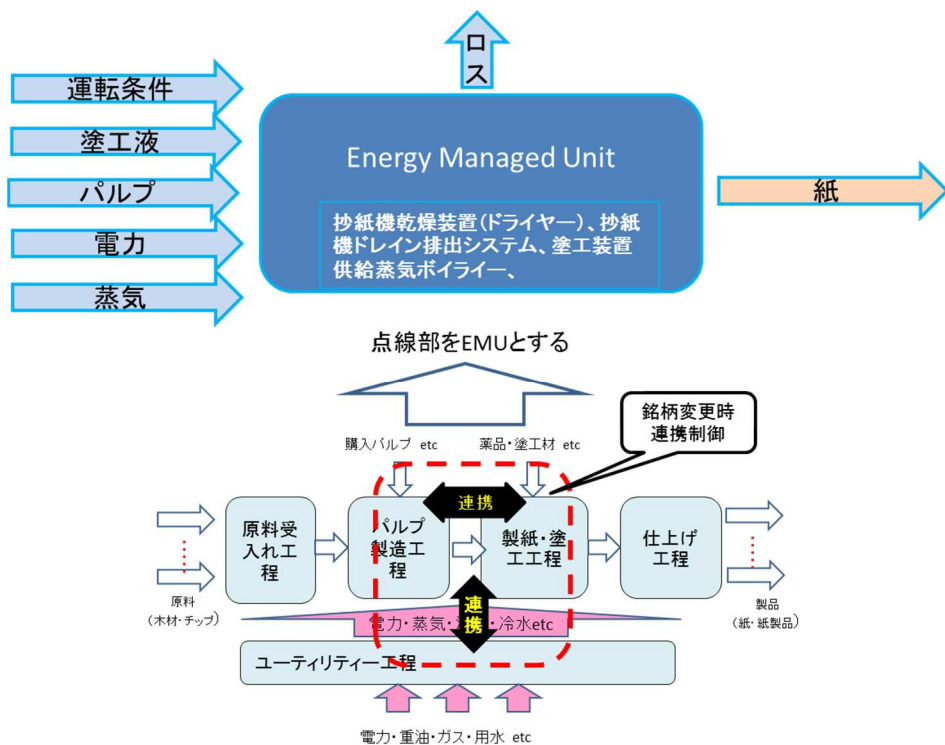


図 A1-3 製紙工場の EMU(対象:銘柄変更時の連携制御)

この場合、入力として複数のパルプ流量、染料、薬品、希釈用の水が原料に相当する。またこれらの装置を稼働させるためのエネルギーとして電気・圧縮空気が挙げられる。出力は上記の原料がブレンドされ抄紙機で生産される紙である。運転条件としては対象装置・設備の運転／停止およびレシピ変更の有無が考えられる。

このように目的に応じて設定されたバウンダリは、統一的な EMU の概念に置き替えることが可能である。

## Appendix 2 EMU のステータスの定義

連携制御によるエネルギー使用効率の改善を、より公正・正確に評価し、さらに効果を高めるにはステータスという考え方を導入すると良い。EMU は通常運転状態以外に、停止中や立ち上げ中、スタンバイ中などの動作状態を持ち、これらの状態によりエネルギーの使用特性が変わる場合が多いためである。たとえば通常運転状態以外の測定結果を評価結果から省くことで、評価の正確性が向上する場合がある。また、需給連携制御の動作条件として需要側設備群のステータスを用いると、効果をさらに高めたり、制御を安定させたりすることができる。

Appendix 1 では EMU に大きな影響を与える要因として運転条件を定義した。しかし製紙工場や自動車工場の場合で見ると一日の生産時間内であっても、生産の準備段階、故障発生、レシピ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。しかもそれぞれの操業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り、厳密に言えば日々の操業パターンは異なる。

また商業ビルの場合でも従業員勤務時間、テナント営業時間、昼食時間、閉館時間などのステータスでエネルギー消費量は大きく異なる。外気温、曜日、営業条件などの運転条件が同じでも各ステータスの占める割合でエネルギー消費量、エネルギー原単位などのエネルギー効率指標は大きく異なる。

仮にステータスを考慮せずに現在のエネルギー指標を過去のベースラインデータと比較して改善活動を行なうとすれば、そもそも過去のベースラインとの比較自体の意義が少なくなり、改善点の抽出が困難になるだけでなく、誤った方向の改善活動が進む危険性がある。エネルギー改善を目的としたエネルギー効率指標を設定するうえで、継続的に正確な評価が重要になるのでステータス定義を明確にしたエネルギー効率指標の設定が必要である。

EMU のステータスの概念は、ISO22400 に基づいている。ISO22400 は、産業における各種の KPI を定めるもので、このなかで、生産に関わる設備等の各種の状態 (Time model) を定義している。この状態をここでは、「ステータス」と表現しており、IEC/65/480/DC でも同様に表現されている。

図 A2-1 を用いて EMU のステータスの代表例とそれに対応する消費エネルギーパターンの変化を、ロット単位の組み立てを行っている一般的な工場を例に説明する。なお、本図は実際の操業で行われる通常の時系列の操業パターンとは無関係に、各種ステータスと消費エネルギーパターンの関係を、比率として説明していることに注意して頂きたい。

【定義】

- ・計画生産時間 POT(Production order time/ order duration): あらかじめ生産計画で設定する生産時間
- ・実行生産時間 TPT(Throughput time/ Execution time): 生産開始から終了までの生産活動を行っている時間。
- ・生産時間 BT(Busy time): 1 回(ロット)の生産運転に費やされた時間
- ・装置稼働時間 PCT(Process time): アウトプットにかかわらず生産に使用する装置の稼働時間
- ・生産寄与時間 PDT(Production time/ Main usage time): 製品となるアウトプットを生産した時間
- ・装置セットアップ時間 ESUT(Effective setup time): 生産のために装置をセットアップする時間
- ・搬送時間 TT(Transportation time): 装置間の搬送あるいは倉庫からの搬送時間
- ・待機時間 WT(Wait time/set aside time): 脇置き時間、次工程搬送待ち時間
- ・遅延時間 DeT(Delay time): 故障、欠陥により装置を止めた時間

【相互関係】

- ・実行生産時間  $TPT = \sum (\text{生産時間 } BT + \text{搬送時間 } TT + \text{待機時間 } WT)$
- ・生産時間  $BT = \text{装置稼働時間 } PCT + \text{遅延時間 } DeT$
- ・装置稼働時間  $PCT = \text{生産寄与時間 } PDT + \text{装置セットアップ時間 } ESUT$

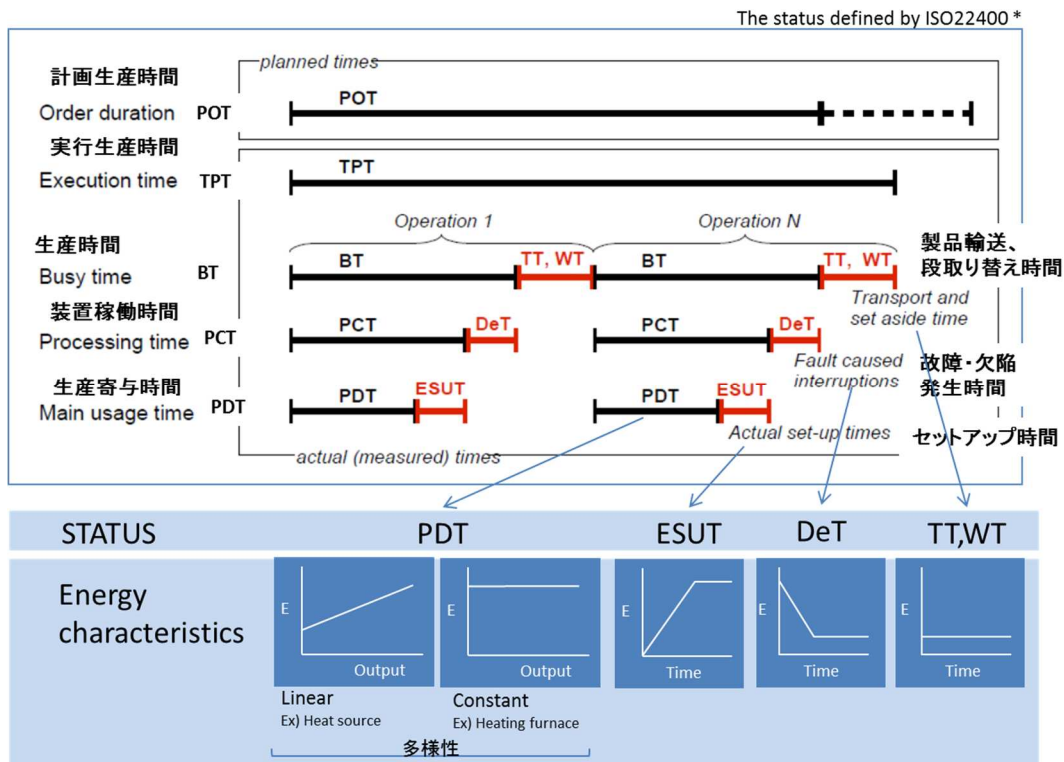


図 A2-1 EMU のステータスとエネルギー特性

エネルギーステータスとエネルギー消費量の関係を図 A2-1に基づき考えてみる。

生産寄与時間PDT中は、生産量に応じてエネルギー消費量が比例的に増加する場合(熱源装置など)や一定の場合(加熱炉など)があり EMU の特性に応じてケースバイケースである。装置セットアップ時間 ESUT は設備(群)を完全停止状態から立ち上げているステータスであり、時間の経過とともにエネルギー使用量が増加する例を示している。遅延時間 DeT は、故障、欠陥により装置を止めたステータスであり、時間の経過とともにエネルギー使用量が減少し、最終的に待機状態のエネルギー使用量になっている。搬送時間 TT、待機時間 WT は別のロットに生産変更するための準備作業のステータスであり、待機状態のエネルギー使用量が継続するケースを示している。

このようにステータスの違いによって、消費エネルギーのパターンは、生産量に関連したり経過時間に関連したりと、大きく変化することが理解できる。

実際にステータス管理を使用する場合、各ステータスは図 A2-1のように一義的ではなく、それぞれ連携制御対象範囲として設定されたバウンダリに最適なものを独自に定義<sup>9</sup>して使用すると効果的である。簡便で有益な手法としては、設備(群)の生産寄与時間 PDT とそれ以外に大きく 2 分するだけでも、5章に述べたベースラインモデルの精度向上に効果がある。

---

<sup>9</sup> 実際の設備(群)では、故障時に全設備を停止してから順次復旧する場合、銘柄変更時に順々に設備を停止して設備の動作を変更する場合などがある。これらのケースをすべて定義すると際限がなくなるため、個々の設備のエネルギー使用量の最大値を考慮してステータスを定義すると良い。

## Appendix 3 EMU のステータス適用例

EMU のステータスの具体的な例として製紙工場の抄紙・塗工工程である抄紙機に関するステータスを紹介する。図 A3-1にあるように抄紙機の構造と抄紙機の各種信号を使用して作成したステータスには大きく次の 5 種類がある。

**操業中:** 装置として抄紙機に動力が供給され運転稼働している状態

**抄替え中:** ロット変更中の中間製品(規格外品)を生産している状態

**紙切れ中:** トラブル等により紙切れが発生し、抄紙機は運転稼働しているが紙を生産していない状態

**損紙生産中:** 規格内の紙を生産しているが次工程への作業手順上で廃棄される部分を生産している状態

**製品生産中:** 製品として次工程に送る紙を生産している状態

また図 A3-2にこれらのステータスとエネルギー消費量の関係を示す。抄紙機で対象とする主要なエネルギーは以下のとおりである。

- ・電気:抄紙機の駆動、各種ポンプ、電動機の駆動、赤外線乾燥装置
- ・蒸気:紙を乾燥させるドライヤーの熱源
- ・温水、冷水、その他抄紙機建屋の空調、照明

これらの動作は以下のようになる。

- ① :通常の生産状態。基準となるエネルギー消費量。
- ② :塗工機を追加使用するコーティングが開始され、塗工機関連の電動機、赤外線乾燥機が動作しエネルギー消費量が増加。
- ③ :生産中に何らかの要因で紙切れが発生したため、抄紙機はそのまま駆動させているが紙がないため乾燥用蒸気が削減され、エネルギー消費量が減少。
- ④ :点検のため抄紙機自体を停止。大幅にエネルギー消費量が削減しているが、一部の補機および抄紙機建屋の使用エネルギーがあるため使用エネルギーがゼロとはならない。

このように設定されたバウンダリで最適なステータスを定義し、エネルギー管理を行っていくことが必要である。このケースでは生産量に対するエネルギー消費量、つまり、エネルギー原単位を改善するためには生産時の効率的な生産方式の追求だけでなく、生産に直接寄与しない紙切れの回数の削減や抄替え時間の短縮など要因別のきめ細かな改善が可能となると同時に、同一に定義されたステータスごとの KPI を使用することで、長期間での改善効果を評価することも可能となる。



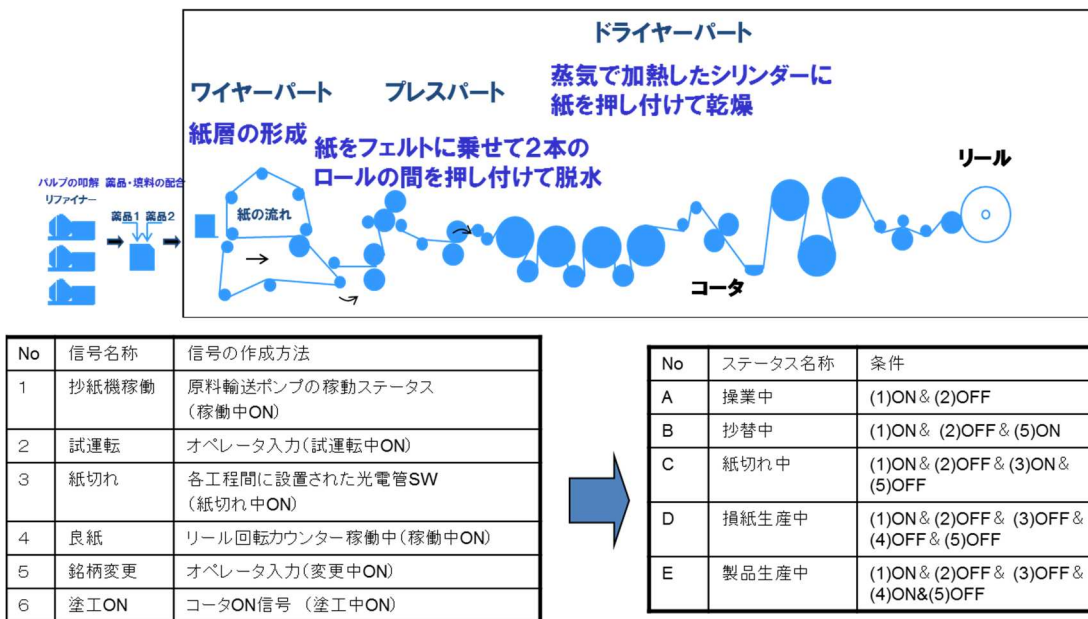


図 A3-1 抄紙工程のステータス

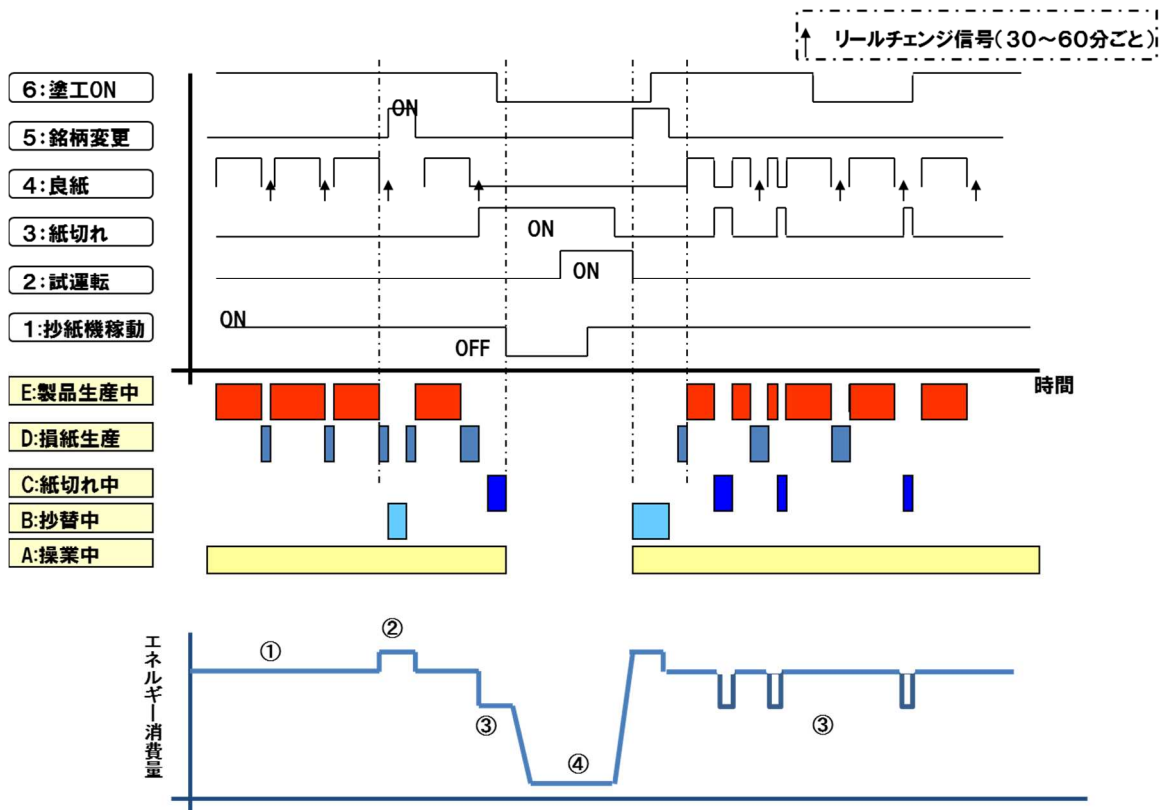


図 A3-2 抄紙工程のステータス変化とエネルギー消費

## Appendix 4 原単位管理の注意点

一般的な製造設備、ライン、工場においては、生産量がゼロの場合でもベースエネルギーが消費されるため、エネルギー消費原単位による管理には制約があることを理解して使う必要がある。エネルギー消費原単位は使用エネルギーを生産量等で割った値である。このため、ベースエネルギーがあると、工場のエネルギー効率に変化がない場合でも、生産量が減少すると原単位が悪化して見える。この特性に注意し、エネルギー効率改善の相対管理の指標にすることが望ましい。ベースエネルギー分を考慮し、 $y = ax + b$  の形に修正して使用するのが実用的である。

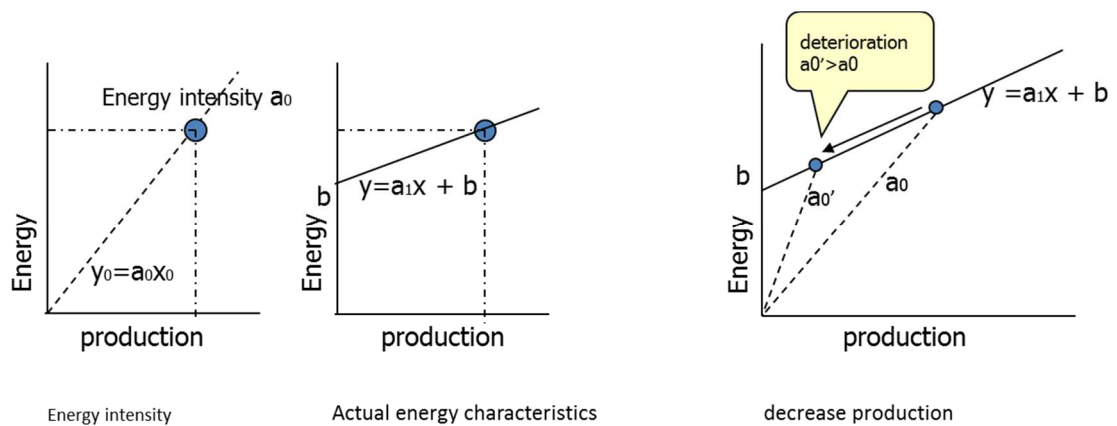


図 A4-1 原単位管理の注意点

## Appendix 5 FS(Feasibility Study)に関する費用と精度のバランス

FSのコストは使用するモデルの精度とケーススタディの実施件数に影響される。モデルの精度を上げるためには、モデル構築の工数が余分にかかり、かつ一般に省エネ効果を計算する1件あたりの計算時間や評価にかかる工数が増える。FSコストは以下のように表現できる。

$$\text{FSコスト} = \text{「モデル構築コスト」} \\ + \text{「ケーススタディ1件あたりの作業工数」} \times \text{「ケーススタディ実施件数」}$$

モデルが適切な精度を持っているかどうかの評価は一般的に難しい。モデル精度に影響を与えるものとしては、例えば、非線形特性を持つ機器に対して線形モデルを使用した場合の「モデル誤差」、現実の運転にある「制約条件」を必要十分に取り入れているか、使用する実績データの「測定誤差」等が考えられる。

「モデル誤差」に関しては、実運転データを使用してモデルによるシミュレーション結果と実績値を比較することで、ある程度定量的に評価することができる。「制約条件」については、対象プラントの運転側からヒヤリングをしっかりと行い、できるだけ実運転の制約に近い形かどうかを評価する必要がある。また、実績データの「測定精度」に関しては、疑いのあるデータに対しては、その計測器のキャリブレーションを実施し、どの程度誤差があるデータなのかを確認する必要がある。

次に「ケーススタディの実施件数」であるが、年間の効果を評価するために365日のシミュレーションを実施するのでは、件数が増えて経済的でない。一般的に代表日を選択(気候に影響されるのであれば、夏期、中間期、冬期のそれぞれの代表日)し、それから1年の効果を類推するのが一般的であり、効果評価にはそれで十分である。

## Appendix 6 省エネ法における定期報告書との関係

---

省エネ法では4-2-1の KPI で述べたエネルギー消費原単位を用いて報告することとなっている。しかし、省エネ法ではあくまでも、化石燃料由来のエネルギー消費総量を設備・運用・制御などさまざまな手段により抑えることを基本としており、設備の連携制御による省エネ効果という観点からは必ずしも適切な指標とはなっていないので注意を要する。以下に具体的な留意すべき点を述べる。

- (1) エネルギー消費量のうち、廃棄物からの回収エネルギー、風力・太陽光などの自然エネルギーは対象外となっている。このため、需要側設備だけで効果をみる場合には、全てのエネルギーを把握する必要があるため、これらの使用エネルギーも考慮する必要がある。
- (2) エネルギー消費原単位の分子として、改正省エネ法以前は自らの生産に寄与しないエネルギー量は差し引くことができたが、改正後はできなくなった。このエネルギー量が4-2-2で述べた適切なバウンダリの設定により、除いた場合は省エネ法での定期報告書記載のものとは異なることになる。

## 参考文献

---

1. 省エネルギー制御技術に関する調査報告書 ー連携制御技術の最適活用、2009年6月、  
JEITA 制御システム専門委員会 省エネルギーWG 編
2. ISO/WD 22400-2 Manufacturing operation management – Key performance indicator – Part2:  
Definitions and descriptions of KPIs, 2010-02-10, ISO TC184/SC5
3. IEC/65/480B/DC Energy Efficiency through Automation Systems, 2010-05-13,  
IEC/TC65/JWG14
4. ISO 50001-2011 Energy Management System – Requirements with guidance for use  
( JIS Q 50001:2011 エネルギーマネジメントシステム ー要求事項及び利用の手引き)
5. ヒートポンプを探せ！ーふしぎなエコ技術ー、2007年4月、片倉、藤森、(社)日本電気協会  
新聞部

## 用語集

No.	用語／略語	用語の説明	章
1	一次エネルギー primary energy	電気やガスや燃料など	2-1
2	二次エネルギー secondary energy	蒸気や冷温水、圧縮空気など	2-1
3	見える化 visualization	エネルギー使用量の実態把握を行い、省エネ活動を推進すること	2-1
4	連携制御 RENKEI Control	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	2-1
5	需給連携 demand and supply RENKEI	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	2-1
6	供給連携 supply side RENKEI	供給設備内の組合せ最適化を行うことで無駄を省く	2-1
7	供給機器連携 supply side equipment RENKEI	供給設備内での各機器の個々の特性を考慮した運転を制御する手法	2-2
8	供給設備連携 supply side facilities RENKEI	近隣の供給設備間の連携運転を制御する手法	2-2
9	需給双方連携 demand and supply bidirectional RENKEI	需要設備の需要量に応じるように供給設備の運転を制御し、さらに供給設備の能力を超える需要がある場合、需要側の調整を行う手法	2-2
10	需要設備連携 demand side facilities RENKEI	需要設備の生産システム同士が連携し、供給設備の能力を考慮して、需要側の調整を行う手法	2-2
11	地域冷暖房 district heating and cooling (DHC)	ひとまとまりの地域や複数の建物に、熱供給設備から温水、蒸気、冷水などの熱媒体を、配管を通して供給するシステム。	2-3
12	デマンドサイドマネジメント demand side management	従来電力会社が行っていた電力システムの計画運用に、需要家も参画し、全体として最も経済的な電力供給体制を実現すること	2-3
13	デマンドレスポンス demand response	電力系統の需要に応じて、電力事業者側で需要家側の電力消費を制御すること	2-3
14	吸収冷凍機 absorption chiller	都市ガスを燃料に用いる冷凍機	2-3
15	ターボ冷凍機 centrifugal chiller	電気を用いる冷凍機	2-3
16	COP coefficient of performance	成績係数: 冷凍能力／消費動力を示す	2-3
17	事業主 business owner	ユーザー	2-5
18	省エネソリューションベンダー energy saving solution vendor	省エネソリューションを提供するベンダー。このうち、連携制御を提供するものを連携制御ベンダーという。	2-5
19	KPI Key Performance Indicator	主要業績評価指標	3-2
20	エネルギー効率指標 energy efficiency indicator	組織によって定義されるエネルギー効率の定量的な値	3-2
21	エネルギー消費原単位 1) energy intensity 2) specific energy consumption	「エネルギー使用量(分子)」を、「エネルギーの使用量と密接な関係を持つ値(分母)」で割った値。一般的に「原単位」あるいは「エネルギー原単位」と呼ぶ。	4-2
22	エネルギーベースライン energy baseline	エネルギー効率の比較の根拠を提供する定量的な基準。数値やモデルなどがある。比較対象のエネルギー使用に影響する因子との関係をモデル化(数式化など)したものをエネルギーベースラインモデルと言う。	4-2

23	重回帰式 multiple regression model	ある変数の動きが、別のいくつかの変数の動きによって左右されているとき、その関係を線形の式(一次関数)で表したもの	4-2
24	熱源設備 heat source facilities	冷水、温水を製造(熱媒体の水を設定温度まで冷却/加熱)する設備	5-1
25	ユーティリティ施設 utility facilities	電気、蒸気、圧縮空気、冷水、温水などのエネルギーを供給する施設	5-1
26	連続プロセス continuous process	石油精製などのように、原材料が連続的に供給加工され、製品となる製造プロセス	5-1
27	バッチプロセス batch process	組立工場、食薬品工場などのように、原材料が間欠的に供給加工され製品となる製造プロセス	5-1
28	連続蒸解釜 continuous cooking	チップを縦に細長い円筒容器の頂部から仕込み、薬液とともに加熱しながら煮て底部から連続的に取り出す釜	5-1
29	抄紙機 paper machine	紙をすく(抄紙)を行う機械。紙料液から水をこして紙層を形成する抄紙部、紙層をロールの間を通して圧搾脱水する圧搾部、この紙層を乾燥シリンダーに押し当てて紙に仕上げる乾燥部からなる。	5-1
30	塗工工程 coater process	紙に塗料を塗布する工程で塗料のブレンド等を含む場合もある	5-1
31	EMU Energy Managed Unit	エネルギー管理を行う単位。エネルギー管理ユニット	5-2
32	設備の中間負荷 intermediate load	設備の定格以下の負荷状態	5-2
33	ピークデマンド peak demand	電力などの最大需要	5-2
34	エネルギートラッキング energy tracking	製品の構成要素ごとに、それぞれの生産工程で何時どれだけエネルギーが使われたかを紐づけして加算する評価手法	5-3
35	ベースライン期間 baseline period	KPI の評価の基準とするデータの収集期間	5-3
36	レポート期間 report period	効果を評価するデータの収集期間	5-3
37	生産冷却水 cooling water for production equipment	生産設備用の冷却水	5-3
38	ISO 22400	Manufacturing operations management - Key performance indicators -	A2
39	POT production order time	あらかじめ生産計画で設定する計画生産時間	A2
40	TPT throughput time	バウンダリ内にエネルギーを供給し、生産活動を行っている時間。実行生産時間	A2
41	TT transportation time	シャットダウン時間	A2
42	WT wait time	工程停止時間	A2
43	BT busy time	1 ロットの生産に費やされた時間。生産時間	A2
44	PCT process time	アウトプットにかかわらず生産に使用する装置の稼働時間。装置稼働時間	A2
45	DeT delay time	故障、欠陥により装置を止めた時間	A2
46	PDT production time	製品となるアウトプットを生産した時間。生産寄与時間	A2
47	ESUT effective set up time	装置セットアップ時間	A2

JEITA 制御・エネルギー管理専門委員会 WG1(省エネルギー)

メンバー

井上賢一	主査	横河電機株式会社
瀬川潔	副主査	株式会社山武
植木和夫	委員	株式会社山武
黒谷憲一	委員	富士電機株式会社
鈴木勝幸	委員	株式会社日立製作所
鈴木健司	委員	三菱電機株式会社
高野一志	委員	横河電機株式会社
藤田賢一	委員	株式会社荏原電産
松本宏治	委員	富士電機株式会社
若狭裕	オブザーバ	社)日本電気計測器工業会／横河電機株式会社



————— 禁無断転載 —————

## 連携制御ハンドブック

2012年1月

発行 一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA)

<http://www.jeita.or.jp>

制御・エネルギー管理専門委員会

〒101-0004 東京都千代田区大手町 1-1-3

大手センタービル