

## 新しい「エネルギーチェーン」概念による省エネ性と環境性の評価手法

### 背景

エネルギー需給の体系は、電力系統やガス等燃料ネットワーク、これらの需要端におけるヒートポンプやコージェネレーションシステム、あるいは将来の候補「水素」を介したシステムなど様々なものから構成される。これらの省エネ性や環境性の評価手法と各種原単位については、数多くのものであるが、近年、技術革新に向けたエネルギー政策の議論や評価が多様化しており、共通の価値判断のために統一する必要がある。学術・技術の分化が進んだ結果、エネルギー需給の体系は、部分での最適化は進んでいるが、システム全体からみた最適性に欠けており、客観的・工学的な評価が重要である。

### 目的

需要からエネルギー採取までの各種変換を含むエネルギーの流れをエネルギーチェーンとして捉え、これを工学的に評価する考え方と評価手法を提案し、評価例を示す。

### 主な成果

#### 1. エネルギーチェーンの概念と評価手法の提案

需要家が享受する便益\*<sup>1</sup>をエネルギー量で表した値を「最終エネルギー負荷」と定義し、これと最上流のエネルギー資源採取（一次エネルギー）\*<sup>2</sup>を結ぶエネルギーの経路あるいは全体を「エネルギーチェーン」（以下ECと呼ぶ）と定義する（図-1）。図に示すように、ある最終エネルギー負荷を賄うエネルギーチェーンは、複数の経路を取り得る。このため、これらの優良度を比較評価するために、変動する最終エネルギー負荷に基づく2つのエネルギーチェーン指数を定義する（図-1）\*<sup>3</sup>。指数の値が大きい方が省エネ性と環境性（CO<sub>2</sub>排出量）に優れるチェーンとなる（逆数の場合には逆の評価）。さらに、排熱の発生・利用場所と量を含む熱量ベースのエネルギーの流れをエネルギーチェーン線図とよび、これにより対象とするエネルギーチェーンの特徴を視覚的に把握する。

#### 2. エネルギーチェーン評価の例示

- ①系統電力とヒートポンプ（系統+HP）によるECとコージェネによるECに対して、変動する最終エネルギー負荷を用いた年間のエネルギー需給解析を行い、線図と指数を求めた（図-2）。試算条件では、省エネ性は等しく、環境性は系統+HPが優れるという評価結果を得た。
- ②定格負荷\*<sup>4</sup>に対し、系統+HPとコージェネを、省エネ性を評価するECジュール指数（ECJI）で比較し、コージェネが省エネとなる領域を求めた（図-3）。コージェネ発電効率（ $\eta_{cge}$ ）>系統電力需要端効率（ $\eta_g$ ）ならばコージェネが省エネである。熱電比が大きくなるとコージェネの省エネ領域は狭まり、 $\eta_g$ 、ヒートポンプ成績係数（ $\xi_{HP}$ ）で決まる値で消滅する。 $\eta_g$ 、 $\xi_{HP}$ が高くなれば省エネ領域は狭くなる。例①のコージェネは定格負荷では省エネ領域内だが、年間運用では熱が使い切れず熱回収効率が低下し省エネ分岐線上に移動する。この結果から、年間を通した運用形態を考慮して評価する必要がある。

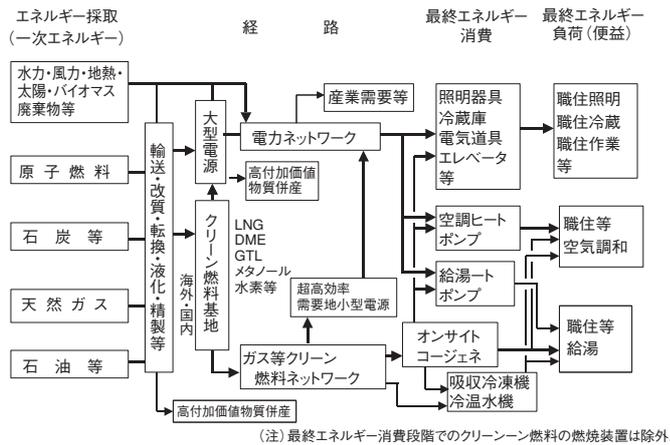
### 今後の展開

エネルギーチェーンの概念・評価手法を国内外に発信するとともに、本手法を用いた解析のためのソフトウェアを開発し、評価例を蓄積する。

主担当者 エネルギー技術研究所 システム熱工学領域 上席研究員 斎川 路之  
エネルギー技術研究所 システム熱工学領域 主任研究員 橋本 克巳

関連報告書 「エネルギーチェーンの新しい概念と評価手法の提案」電力中央研究所報告：W03006（2004年2月）  
「エネルギーチェーン評価手法の適用－コージェネとヒートポンプの比較検討－」電力中央研究所報告：W03007（2004年2月）

## 6. 化石燃料発電／火力発電高効率化



最終エネルギー負荷からエネルギー採取までの各種変換を含むエネルギーの経路あるいは全体をエネルギーチェーンと捉える。

(a) エネルギーチェーンの概念

省エネ性  
エネルギーチェーンジュール指数  
(ECJI: Energy Chain Joule Index)

$$= \frac{\text{最終エネルギー負荷積分合計 (MJ)}}{\text{一次エネルギー消費量 (MJ)}}$$

環境性  
エネルギーチェーン炭素指数  
(ECCI: Energy Chain Carbon Index)

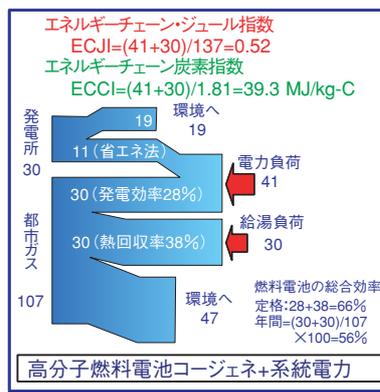
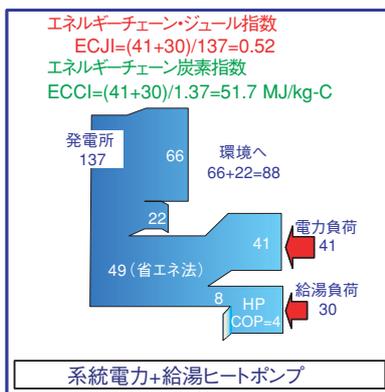
$$= \frac{\text{最終エネルギー負荷積分合計 (MJ)}}{\text{CO}_2\text{排出量 (kg-C)}}$$

または、この逆数。  
※ 高位発熱量 (HHV) 基準で算定。

変動する最終エネルギー負荷を基に、種々のチェーンの省エネ性と環境性 (CO<sub>2</sub>排出量) を評価する指標を定義する。指数の値が大きい方が優れたチェーンとなる。

(b) 指数の定義

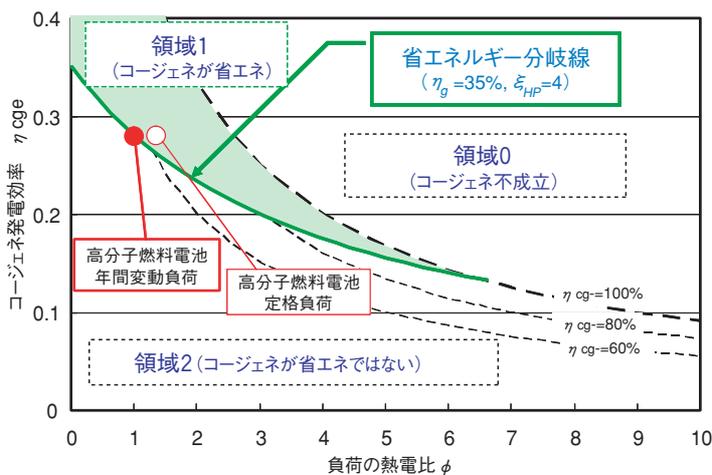
図-1 エネルギーチェーンの概念と指数の定義



住宅を対象に、系統電力+ヒートポンプとコージェネについて、変動する最終エネルギー負荷を使って年間のエネルギー需給解析を行った結果を簡略に表示した。省エネ性 (ECJI) は等しいが、環境性 (ECCI) は系統電力+給湯ヒートポンプが優れるという結果である。

※ 系統電力の需要端効率率は0.36程度 (省エネ法の値より)。給湯ヒートポンプの成績係数: COP (熱出力÷投入電力) は4 (既実現している値)。  
※ 負荷をMJ単位、CO<sub>2</sub>排出原単位を、系統電力0.101kg-C/kWh、都市ガス0.0140kg-C/MJとしてECCIを算出。

図-2 エネルギーチェーン評価の一例、指数、線図 (ヒートポンプとコージェネの比較)



定格負荷に対して、コージェネのECJIと、系統電力+ヒートポンプのECJIを比較し、両者が等しくなる曲線を導出し、横軸を負荷熱電比  $\phi$ 、縦軸をコージェネ発電効率  $\eta_{cge}$  とした"マップ"上に示した。

$\eta_k$ : 系統電力需要端効率、 $\xi_{HP}$ : ヒートポンプ成績係数、 $\eta_{cge}$ : コージェネ発電効率、 $\eta_{cg}$ : コージェネ総合効率、 $\phi$ : 負荷熱電比

図-3 ジュール指数による省エネルギー性マップ

\*1: 需要家が求めるものはエネルギーではなく、「明かり」や「快適な温湿度」などの便益である。  
\*2: 本報の範囲では一次エネルギー供給とするが、将来は拡張を目指す。  
\*3: エネルギーチェーン研究会 (平成13年8月~平成15年3月、当所主催、主査: 笠木伸英東京大学教授) において、機械、電気、エネルギー、官庁、ゼネコンなどの識者の参加を得て議論した結果、国際的にも通用する客観的な指標として「エネルギーチェーン指数」の重要性が合意された。  
\*4: コージェネでは、定格出力と需要が電気・熱ともに一致する場合において最も省エネ性が高くなる。この需要を「定格負荷」とする。