

エネルギー分野における システムモデル分析の現状と将来

複合エネルギー需給システム技術調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	4.2 配電ネットワークシステム	37
2. 民生部門エネルギー消費メカニズムの システム分析	4	4.3 電力取引と環境価値取引	48
2.1 概要	4	5. 世界エネルギー経済モデル	58
2.2 住宅・建築におけるエネルギー消費の 実態調査と近年の動向	5	5.1 概要	58
2.3 最終エネルギー需要モデル	9	5.2 エネルギーと経済のモデリング	59
3. 分散型エネルギーシステム	16	5.3 CO ₂ 回収貯留技術を考慮したモデル	66
3.1 概要	16	6. エネルギーシステム評価とエネルギー 政策	76
3.2 住宅用エネルギーシステム	17	6.1 総論	76
3.3 業務用エネルギーシステム	21	6.2 京都メカニズムに関わるシステム モデル分析	76
3.4 地域冷暖房システム	26	6.3 変容するエネルギー・セキュリティ 政策のスコープ	82
3.5 バイオマス・廃棄物利用システム	29	7. おわりに	90
4. 電力ネットワークシステム	37		
4.1 総論	37		

複合エネルギー需給システム技術調査専門委員会委員

委員長	手塚哲央(京都大学)	委員	下田吉之(大阪大学)
幹事	杉原英治(大阪大学)		島津聖(関西電力)
委員	浅野浩志(東京大学・電力中央研究所)		奈良宏一(茨城大学)
	伊東慶四郎(政策科学研究所)		藤井康正(東京大学)
	井上隆(東京理科大学)		森俊介(東京理科大学)
	岡本覚(島根大学)		横山良平(大阪府立大学)
	加藤丈佳(名古屋大学)	途中退任委員	櫟真夏(関西電力)
	川崎斉司(大阪ガス)		白井伊和雄(関西電力)
	斉藤浩海(東北大学)	オブザーバ	辻毅一郎(大阪大学)

1. はじめに

いうまでもなくエネルギー資源は人類の生存にとって不可欠なものである。しかし、現在のように多量のエネルギーに依存するようになったのは、石炭や石油資源を有効に活用する技術が人類が身につけたことによる。これは、超長期のエネルギー供給の歴史を眺めると容易に理解することができる。そして今では一人当たりのエネルギー消費量がその国の生活のレベルを表すための指標ともなっている。

エネルギー資源や大気環境の有限性については、石油危機前に既にローマクラブによる「成長の限界」で世界に対して警告が発せられていた。その後、石油危機を経て、地球温暖化問題が顕在化したことにより、省エネルギー、再生可能エネルギーに代表される多種多様な技術が開発されてきた。しかし、技術開発とともに新たなエネルギー需要も生み出され、結果としてはエネルギー消費量を大幅に削減するには至っていない。

本報告で対象とするエネルギー需給システムは、エネルギーの生産から、変換、輸送、貯蔵を経て消費に至るフローとして表現される技術・社会システムである。そして、そのエネルギーフローの形態を変えるためには、大別して次の3つの視点からの対応策を考えることができる。

- (1) エネルギーの生産、変換から消費に至る過程における各種要素技術、
- (2) (1)の種々の要素技術の組合せとして表現されるシステム化技術、
- (3) エネルギーの消費主体である人間社会の特性を考慮した社会システムにおける対策、

そして、これらの各々の対応策に関して、最近の技術開発、システム開発の動きは非常に活発である。

(1)については、バイオマス、風力、太陽光などに代表される再生可能エネルギーの利用技術、水素利用技術、ガスエンジン、高効率給湯器、ヒートポンプなど、ここで網羅的に記載することは不可能なほど、多種多様な技術が開発されている。しかし、エネルギー需給システムにおいては一つの要素技術が単独で機能することではなく、種々の技術と組み合わせたシステムを構成することにより、エネルギー需給のための各種役割を果たすこととなる。数多くの分散電源を有効利用するためのマイクログリッドは、(2)のシステム化技術の好例といえる。また、電力市場や二酸化炭素の排出量の市場などの人工的に創成された市場の制度設計という未経験の課題も大きな注目を浴びている。これは、種々のエネルギー関連技術を効率的に利用するための枠組みであるが、そこでは人間社会の特性を無視して議論することはできない。その意味で、(1)の技術開発が重要であるとともに、(2)、(3)のシステムの観点からの対応策が実社会においては非常に重要な役割を果たすことが理解されよう。

それらの課題の検討に際しては、エネルギー需給においてますます重要な役割を担うことが期待されている電力の諸特性を無視することはできない。しかし、エネルギー変換や種々のエネルギー

利用の側面を考慮するためには、電気工学と同時に、化学工学、都市工学、機械工学、建築学、経済学などの視点をそれに加えて検討する必要がある。

システムの観点の重要性は多くの研究の場において指摘されているが、研究作業を進めていくための具体的な道筋、方法が明確でないことも多い。これは、前述のように、対象とする問題の対象となるシステムが非常に広い学問領域と関わっていることに理由がある。すなわち、何を勉強し、どこから研究作業を始めたらいいいのかがはっきりとしないという、システム研究特有の問題が存在する。その結果として、そのような問題に対して電気工学を含めた学際的な視点での検討が十分であったとはいえない現状がある。

電気学会C部門(電子・情報・システム部門)の複合エネルギー需給システム技術調査専門委員会では、電気工学を中心として学際的な委員会を設置し、システムの観点から新しいエネルギー需給システムの可能性を探るモデル研究に焦点を絞り、その将来展望・課題を整理することを目指すこととした。特に、本報告書の作成に当たっては、システム研究の初学者がこの報告書によりエネルギー需給システム研究の全体像を把握できるようにテーマを選定した。

対象とするシステムの分類の方法には、いくつかの考え方があ。エネルギーの種類、エネルギーの用途、対象システムの種類、学問分野などが挙げられるが、本報告書では、対象とするシステムの規模に着目することとする。

まず、民生部門におけるエネルギー消費量に関わる研究について述べた後、システムの規模を単一のビルから、地域、そして世界へと変化させることに応じて多様に変化するエネルギー需給システム研究の話題を整理する。そして、最後に国際間で生じるエネルギー問題の例として、京都メカニズムとエネルギーセキュリティの問題を取り上げる。

最後に、本報告所の執筆にご協力頂きました方々に心より謝意を表します。