



TITLE:

A Simulation-Based Design and Evaluation Framework for Energy Product-Service System in Liberalized Electricity Markets( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Widha, Kusumaningdyah

---

CITATION:

Widha, Kusumaningdyah. A Simulation-Based Design and Evaluation Framework for Energy Product-Service System in Liberalized Electricity Markets. 京都大学, 2021, 博士(エネルギー科学)

ISSUE DATE:

2021-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k23294>

RIGHT:

様式 I

**博士学位論文調査報告書**

論文題目

A Simulation-Based Design and Evaluation Framework for Energy Product-Service System in Liberalized Electricity Markets

(シミュレーションに基づく自由化された電力市場におけるエネルギー製品サービスシステムの設計および評価フレームワーク)

申請者 Widha Kusumaningdyah

最終学歴 2018年3月

京都大学大学院エネルギー科学研究科

International Energy Science Course (エネルギー社会・環境科学専攻)

博士課程 研究指導認定退学

調査委員 京都大学大学院エネルギー科学研究科  
(主査) 教授 手塚 哲央

調査委員 京都大学大学院エネルギー科学研究科  
教授 宇根崎 博信

調査委員 京都大学大学院エネルギー科学研究科  
准教授 Benjamin C. McLellan

( 続紙 1 )

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	Widha Kusumaningdyah
論文題目	A Simulation-Based Design and Evaluation Framework for Energy Product-Service System in Liberalized Electricity Markets(シミュレーションに基づく自由化された電力市場におけるエネルギー製品サービスシステムの設計および評価フレームワーク)		
(論文内容の要旨)			
<p>近年、製品のライフサイクルの関心の高まりに伴い、市場で取引される「財 (製品)」に関わる「サービス」のみを市場で取引する <b>Product-Service System</b> の可能性が検討され始めている。そこで本研究では、自由化されたエネルギー市場の下で、エネルギー利用機器を消費者が所有せずにその機器から得られるサービスのみを購入するシステム(<b>Energy Product-Service System, EPSS</b>)の可能性と導入効果について、現行の種々の機器を所有、運転するエネルギー利用システム(“<b>Energy and Product</b>”-<b>Oriented System, EPOS</b>)との比較に基づいて検討する。ただし過去に経験のない <b>EPSS</b> の評価のために本研究では、現状で利用可能な情報のみに基づく <b>Simulation-based Design</b>(以下では <b>SBD</b> と略記)手法の適用を提案し、家庭における電気機器の利用を例として、<b>EPSS</b> と従来型の <b>EPOS</b> との比較を行い、<b>EPSS</b> が <b>EPOS</b> よりも望ましい特性を持つための条件を探る。本論文は全 5 章から構成される。</p> <p>第 1 章では、研究の背景を述べた後、<b>EPSS</b> について説明している。</p> <p>第 2 章では、<b>EPSS</b> の設計手法として上述の <b>SBD</b> 手法について説明する。この手法の最も重要なところは、対象システムに含まれる多様な利害関係者の意思決定内容とその帰結との間の因果関係を利用可能な情報に基づいて想定しモデル化するところにある。いうまでもなく、未だ経験したことのないシステムの設計であれば、不確実な部分の占める割合も多くなる。また、システムには数多くの多様な意思決定者が含まれることから <b>Agent-based Model</b> を用いたシミュレーション手法を同時に利用する。これにより、エネルギー利用技術、社会制度、利害関係者の価値観等に基づいたシミュレーションが可能となる。そして、このシミュレーションを通して、<b>EPSS</b> 利用者 (消費者) の満足度を損なうことなく、費用や環境負荷の削減、再生可能エネルギー導入の促進などの効果を実現するための、モデルに含まれる意思決定に関わる各種モデルパラメータの満たすべき条件を探ることが可能となる。</p> <p>第 3 章では、<b>EPSS</b> に関わる種々の利害関係者 (消費者、電気機器メーカー、電気事業者、政策担当者) にとって <b>Win-Win</b> な状況を導くための条件を探ることを目的とする。この条件は適切な <b>EPSS</b> 普及のために不可欠なものとなる。そして、この条件分析のために、本研究では各利害関係者にとって最悪の状況を作り出す最悪シナリオ分析手法を提案する。そして、特に利害関係者間の情報共有の構造に着目し、各利害関係者にとって最悪シナリオを導くための条件を探ることにより、望ましい <b>EPSS</b> 普及のための利害関係者間での情報共有のあり方など、各利害関係者にとっての望ましい帰結をもたらす <b>EPSS</b> に関わる各種パラメータに関する条件が定量的</p>			

分析手法により導かれている。

第4章では、第3章に述べた最悪シナリオ分析手法を用いて、自由化されたエネルギー市場の下で EPSS 普及の際に再生可能エネルギー導入促進を可能とする条件を求める手法を提案している。そして、その分析結果より、再生可能エネルギーが選択されるための条件として、従来の電力利用システムである EPOS における需要家応答 (Demand Response) よりも EPSS が再生可能エネルギー電力の出力変動吸収に効果的となることや、利害関係者による意思決定に対するシステムの応答が速やかに関係者にフィードバックされること等の必要性が示された。

最後に第5章は本論文の結論であり、本研究で得られた主要な結果と今後に残された研究課題について説明している。

(論文審査の結果の要旨)

近年、種々の製品リサイクルの関心の高まりに伴い、市場で取引される「財(製品)」に関わる「サービス」のみを市場で取引する **Product-Service System** の可能性が検討され始めている。そこで本研究では、自由化されたエネルギー市場の下で、消費者がエネルギー利用機器を所有せずにその機器から得られるサービスのみを購入するシステム(**Energy Product-Service System, EPSS**)の可能性とその導入効果について、現行の種々の機器を所有、運転するエネルギー利用システム(“**Energy and Product**”- **Oriented System, EPOS**)との比較に基づいて検討する。ただし過去に経験のない **EPSS** の評価のために本研究では、**EPSS** に関する利用可能な情報と各種想定に基づく **Simulation-based Design**(以下では **SBD** と略記)手法の適用を提案している。得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 従来型のエネルギー利用システムである **EPOS** とエネルギー利用機器を所有しないシステムである **EPSS** との比較評価手法を開発した。具体的には、これらのシステムに含まれるエネルギー供給、製品製造業、消費者などのさまざまな利害関係者の多様な意思決定特性及びその意思決定に関する因果関係を抽出・モデル化することにより、**SBD** 手法と **Agent-based Model** に基づいた **EPSS** の全体システムを評価するための新規な手法を開発し、そのシミュレーション実験を通して、**EPSS** が、消費者の満足度を損ねることなく低コストと環境負荷低減の双方を実現できるための条件を明らかとした。
2. **EPSS** の普及のためには全ての利害関係者にとって好ましくない状況の生じることが必要であり、そのために、各利害関係者にとって最悪の結果をもたらす条件を検討する手法(最悪シナリオ分析手法)を提案し、**EPSS** の普及のための条件として利害関係者間での情報共有の方法等が定量的に示された。
3. 2.の手法を用いて、自由化されたエネルギー市場の下で **EPSS** 普及の際に再生可能エネルギー導入促進を可能とする条件を求める手法を提案し、**EPOS** における需要家応答よりも **EPSS** が再生可能エネルギー出力変動吸収に効果的となることや、利害関係者による意思決定に対するシステムの応答が速やかに関係者にフィードバックされること等の必要性が示された。

以上、本論文は、未だ現存しないエネルギー利用システムである **EPSS** が従来型のシステムである **EPOS** よりも望ましい特性を有するための条件について、**SBD** 手法、**Agent-based Model** 手法及び最悪シナリオ分析手法に基づいた新規な手法により分析できることを明らかにしたもので、**EPSS** 以外の、過去に例のないエネルギー利用制度の設計・評価に対しても有用な知見を与えるものであり、学術上、實際上、資するところが少なくない。

よって、本論文は博士(エネルギー科学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年2月25日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文の全文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降