

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03531

研究課題名（和文）数理計画法によるエネルギー安全保障上のリスク分析

研究課題名（英文）Analysis of Energy Security Risk by Mathematical Programming

研究代表者

小宮山 涼一（Komiya, Ryoichi）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・准教授

研究者番号：60537819

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,900,000円

研究成果の概要（和文）：エネルギー供給途絶リスクや気候変動リスクの高まり、出力変動の大きい太陽光・風力発電の導入拡大等を受け、エネルギー安全保障上のリスクへの対応策の強化が重要な政策課題となっている。本研究課題では確率動的計画法、線形計画法等の数理計画法を用いて、エネルギーシステム上のリスクを定量的に考慮したエネルギーモデルを構築し、リスク対応策の導入効果を分析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

エネルギー分野の従来のリスク分析では統計指標による静的な需給構造分析が主流であるが、本研究課題は分析対象とするリスクを明示的に定量的に考慮して、各エネルギー技術の最適導入運用策やリスク対応コストを具体的に分析する点に学術的意義がある。

研究成果の概要（英文）：With the emerging risk of energy supply disruption and climate change and the expansion of variable renewable energy, strengthening countermeasures against energy security risks has become an important policy issue. In this research project, mathematical programming is employed such as stochastic dynamic programming and linear programming technique to develop an energy model that quantitatively considers risks in the energy system, and the effect of introducing risk countermeasures is analyzed.

研究分野：エネルギー経済分析

キーワード：エネルギーシステム 数理計画法 最適化 電力システム リスク分析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自然災害による停電などのエネルギー供給途絶の顕在化、自然変動電源(太陽光・風力)の導入増加を受け、エネルギー市場でのリスク管理の重要性が強く認識されつつある。外乱や変動(エネルギー供給途絶、太陽光・風力出力の急変動など)に対してロバストなエネルギーシステムを構築し、社会経済活動を滞りなく維持することが重要となる。ミクロな視点ではエネルギー供給確保も含めたBCP(事業継続計画)の策定が企業レベルで重視されている。これらを踏まえ、外乱・変動発生時でも、エネルギーシステムがその機能を維持するために必要なリスク管理戦略を考へることが必要である。エネルギー源の大半を海外に依存し、地震等の自然災害リスクを抱え、太陽光発電普及が進む日本にとって、エネルギー安全保障確保は最重要課題である。そのため、定量的な幅広いエネルギー安全保障上のリスク分析を通じて、実効的な政策を立案、実施することが重要となる。

2. 研究の目的

従来のエネルギー安全保障の代表的評価手法は「マクロ的なエネルギー需給構造分析」という原則に基づく手法であった。すなわち、一次エネルギー自給率や、電源構成の分散度などの指標の評価や、それを元にした国別需給構造を比較するクロスセクション分析が主流であった。しかし、この従来のマクロ的統計指標に基づくリスク評価は、具体的なリスク事象を定量的に考慮できず、またリスクに対応するための具体的方策(技術やコスト)を評価することができない。そこで本研究ではエネルギー安全保障上のリスクを数理計画法(確率動的計画法、線形計画法)により分析する。エネルギーシステムにおける諸リスクを定量的、総合的に考慮したエネルギーモデルの構築を通じてエネルギー市場のリスク分析手法を開発し、経済合理的なリスク対応策の導入量・運用やコストを評価することを目的とする。

3. 研究の方法

(1)災害の発生に伴うエネルギー供給途絶(停電)と復旧、また、自然変動電源の出力変動リスクという不確実性を考慮に入れ、確率動的計画法により数理モデル(分散型電源や非常用電源の最適運用モデル、電力需給運用モデル)を構築した。このモデルでは時点ごとにエネルギー途絶状態と平常状態の確率的な分岐を考え、分岐したすべてのパスにおける期待値を目的関数として計算を行っている。この際、考慮する不確実性のシナリオ分岐数は分岐数の累乗でシナリオ数が爆発的に拡大するため、すべてのシナリオについての期待値を線形計画法で解くことは極めて困難となる。そのため、時点ごとの分岐を時点ごとの状態遷移とみなし、確率動的計画法として定式化することで、時点数が無数の場合でも現実的な時間で解くことを可能とした。ただし、確率動的計画法では、状態変数の数が増えると計算量が指数関数的に増大する欠点がある。そのため近似解法(近似動的計画法)を用いて、確率動的計画法の価値関数を、サンプリングした状態変数における傾斜で近似する手法(切除平面法)を応用し、計算量を大幅に圧縮した。

(2)再生可能エネルギー出力変動リスクが電力系統に与える影響評価を行うため、線形計画法により、日本の電力基幹系統をすべて考慮に入れた大規模最適電力需給モデルを構築した。全国の全ての基幹系統を352ノード、441本の送電線でモデル化した最適電源構成モデルを開発、利用して太陽光・風力発電の大量導入下での数値シミュレーション分析を行う。モデルでは、目的関数を系統全体の年間総発電費用とし、その最小化によりメリットオーダーに基づき経済合理的な最適需給運用を決定する。制約条件は同時同量制約、設備容量制約、供給予備力制約、負荷追従制約、最低出力制約、電力貯蔵制約、送電制約等を考慮する。10分値を1時点とし、1年間52560時点(=6×24×365)の分析を行う場合、モデルの制約条件数は3億7千万本、内生変数は2億6千万個となるが、本研究では1時間値で分析する。

(3)環境リスク(CO₂排出制約)の下で、エネルギー安定供給化策を評価するため、日本のエネルギーシステム全体を分析対象とした数理モデル(エネルギー技術選択モデル)を構築した。電力部門を高時間解像度で記述することにより、既往の同タイプのモデルでは十分に考慮できない再生可能発電の出力間欠性や電力貯蔵技術の運用等を考慮可能な最適化型エネルギー技術選択モデルを開発した。構築したモデルの分析対象は、エネルギーの輸入から転換、送配、最終需要部門での消費に至るまでの、エネルギーのフロー及びそれに関連する技術としている。モデルでは、分析期間における最適なエネルギー技術への投資、技術構成(設備量構成及び稼働量構成)、エネルギーフロー、CO₂排出量等を導出することができる。最適化手法は線形計画法に基づいており、目的関数は割引価値換算エネルギーシステム総コストである。本章での分析期間は2015年から2050年までであり、様々な制約条件式のもとで目的関数を最小化するエネルギー技術の投資や運用等を決定する。

(4)世界のエネルギー安全保障を評価するため、動学最適化型の世界エネルギーシステムモデルを構築した。分析対象期間は2015年から2050年までのエネルギー需給を計算する。目的関数は割引現在価値換算後のシステム総コストである。所与の需要に対してコスト最適な需給像を描くモデルである。主な入力条件はエネルギー需要や一次エネルギー資源量、エネルギー生産・転換設備の技術経済的情報であり、計算結果として各部門の設備容量や運用、CO₂排出量、システ

ムコストが得られる。本モデルの特徴として地理的解像度が挙げられる。最も精緻なバージョンは世界 363 地域分割であり、エネルギー需給の地域特性やエネルギー・CO2 輸送を詳細に記述できる。ノードには「都市ノード」と「供給ノード」の 2 種類を設けた。これらの違いはエネルギー需要の有無である。エネルギー需要は都市ノードのみに存在し、エネルギー生産・転換設備は両ノードで設置可能とした。都市ノード（計 287 ノード）の選定においては、IEA のエネルギーバランス表記載の 142 力国等を明示的に取扱い、供給ノード（計 76 ノード）は化石燃料資源や再生可能エネルギー資源が豊富に賦存している地域、又は、輸送拠点となる地域から選定した。ノード間の輸送経路は海上、陸上（パイプラインと鉄道）、送電の 3 通りを考慮した。

4. 研究成果

(1) エネルギー供給途絶リスクを考慮した分散型電源 (CGS) の運用計画を近似確率動的計画法により最適化し、運用コストを求めた結果、エネルギー途絶時の停電コストが大きくなると、最適な CGS 導入量も増大する結果が得られた。これにより、CGS 導入が停電に対するレジリエンス向上効果を持つことを定量的に示すことができた。また、再生可能エネルギー出力変動の不確実性を考慮に入れた電源運用を計算した結果、再エネ出力が減少した場合に備えて余分に電力貯蔵量を確保する傾向が揚水式水力発電の運用に見られ、これにより、再エネ出力の不確実性によっては、1 日当たり 5000 万円程度のコスト削減が可能となることが分かった。

(2) 日本の電力基幹系統をすべて考慮に入れた最適電力需給モデルによる分析の結果、352 地点の年平均電力価格を各ノードの需給バランスのシャドープライスより分析すると（図 1）、再エネ余剰電力の影響により、北海道や東北、九州では電力価格は相対的に低くなり、電力需要の大きい地域の価格が相対的に高い傾向となる。北海道では、再エネ比率拡大につれ、電力価格が低下し、再エネ比率 40% ケースでは年間の 3 分の 1 の時間帯で電力価格はほぼゼロに下落する。そして電源収益を分析した結果、再エネ電源比率拡大に伴い、電力価格の低下、稼働率低下を受けて、LNG 複合火力等の収益性が特に悪化して、電力供給リスクが顕在化する可能性が示唆される。また、441 本の送電線増強のシャドープライスを分析すると、北海道、東北地域等の地域間連系線や一部のエリア内基幹系統の増強の費用対効果が相対的に高い傾向があり、適切な増強が電力コスト削減に貢献することが分かった。

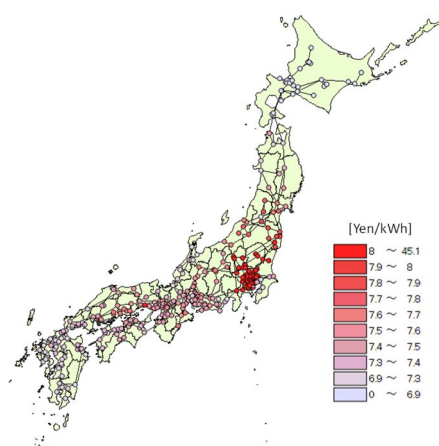


図 1 電力価格(ノード別価格)(基準ケース)

(3) 日本のエネルギー技術選択モデルを開発、利用することにより、2050 年までに CO2 を現状比 80%削減するケースに関して分析を実施した。その結果、省エネ進展、電化、再エネ拡大が進み、これらの措置が特に重要な役割を担うことが分かった。省エネは、一次エネルギー消費ベースで、約 3 割(現状比)進展してエネルギー利用の効率化がはかられ、電力需要が 1 兆 kWh(2017)から 1.5 兆 kWh(2050)へ 5 割も増加し、電気自動車やヒートポンプ技術の拡大が大きな役割を担う可能性が示された。また、再エネ電源比率は 2017 年の 2 割から 2050 年には 8 割まで拡大して、自然変動電源比率も 1 割から 6 割まで拡大する結果となった。CO2 限界削減費用(シャドープライス)も、2050 年には 30 万円/トン-CO2 まで上昇する結果となった。

(4) 開発した世界エネルギーモデルを用いて 2 つのシナリオ (AllTech と RE100PH) を分析した。AllTech シナリオはモデル化した全ての技術を利用可能と想定したシナリオであり、技術選択は最適化計算に基づく。RE100PH シナリオは 2050 年までに電力供給と水素製造を 100%再生可能エネルギーで行うシナリオである。両シナリオには 2 目標に相当する世界全体の CO2 排出上限制限を課した。AllTech シナリオでは自然変動電源が導入拡大し、設備容量では 2050 年に世界全体で合計 4600 GW (2015 年は 600 GW) に達するが、設備利用率の低さから発電電力量での比率は 14%程に留まる。天然ガスやバイオマス火力が大宗を占め、CCS に頼る姿となる。RE100PH シナリオでは 2020 年以降に自然変動電源が急激に拡大して、発電電力量ベースでは 2050 年にその比率が 82%を占めた。RE100PH での電力供給を実現させるには、自然変動電源の新規建設を大幅に加速させる必要があることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Komiyama Ryoichi, Fujii Yasumasa	4. 巻 139
2. 論文標題 Optimal integration assessment of solar PV in Japan's electric power grid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Renewable Energy	6. 最初と最後の頁 1012 ~ 1028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.130	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 川上恭章, 小宮山涼一, 藤井康正	4. 巻 39:4
2. 論文標題 高時間解像度の電力部門を有する多地域技術選択モデルによる日本のCO2削減に関する分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 エネルギー・資源学会論文誌	6. 最初と最後の頁 10 ~ 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24778/jjser.39.4_10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawakami Yasuaki, Komiyama Ryoichi, Fujii Yasumasa	4. 巻 138
2. 論文標題 Development of a Bottom-up Energy System Model with High-Temporal-Resolution Power Generation Sector and Scenario Analysis on CO ₂ Reduction in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 382 ~ 391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.138.382	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Gyanwali Khem, Komiyama Ryoichi, Fujii Yasumasa	4. 巻 202
2. 論文標題 Representing hydropower in the dynamic power sector model and assessing clean energy deployment in the power generation mix of Nepal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energy	6. 最初と最後の頁 117795 ~ 117795
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.energy.2020.117795	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小宮山 涼一、藤井 康正	4. 巻 40
2. 論文標題 再エネ大量導入下でのコージェネレーションシステム(CGS)による上げDR・下げDR導入可能性分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 エネルギー・資源学会論文誌	6. 最初と最後の頁 232 ~ 241
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24778/jjser.40.6_232	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大槻 貴司、小宮山 涼一、藤井 康正	4. 巻 40
2. 論文標題 詳細地域分割に基づく世界エネルギーシステムモデルの開発と低炭素システムにおけるエネルギー・CO ₂ 輸送の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 エネルギー・資源学会論文誌	6. 最初と最後の頁 180 ~ 195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24778/jjser.40.5_180	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Isogai Motoi, Komiyama Ryoichi, Fujii Yasumasa	4. 巻 139
2. 論文標題 Development of Dynamic Multi-sector Energy Economic Model Elaborating Energy Sectors and Suggestions for Optimum Power Generation Mix in Japan in 2050	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 461 ~ 469
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.139.461	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 OTSUKI Takashi, KOMIYAMA Ryoichi, FUJII Yasumasa	4. 巻 98
2. 論文標題 Techno-economic Assessment of Hydrogen Energy in the Electricity and Transport Sectors Using a Spatially-disaggregated Global Energy System Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Institute of Energy	6. 最初と最後の頁 62 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3775/jie.98.62	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大谷 尚徹、小宮山 涼一、藤井 康正	4. 巻 41
2. 論文標題 自動車産業と電力部門の工学的特性を考慮した動学的多部門エネルギー経済モデルによる経済的影響評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エネルギー・資源学会論文誌	6. 最初と最後の頁 77～86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24778/jjser.41.3_77	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Ryoichi Komiyama, Yasumasa Fujii
2. 発表標題 National electric power grid model of Japan for assessing massive integration of variable renewable energy
3. 学会等名 The 37th Edition of International Energy Workshop (IEW2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryoichi Komiyama, Yasumasa Fujii
2. 発表標題 Modelling Analysis for Optimal Integration of Solar PV in National Power Grid of Japan
3. 学会等名 USAEE/IAEE 36th North American Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大槻貴司、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 世界363地域分割の詳細な地理的解像度を有する大規模エネルギーシステムモデルの開発
3. 学会等名 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中原大、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 地域細分化型世界エネルギーモデルを用いた間欠性再生可能エネルギー大量導入の実現可能性の評価
3. 学会等名 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯貝基、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 エネルギー・素材部門を詳細化した動学的多部門エネルギー経済モデルの開発
3. 学会等名 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中澤理、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 配電系統の詳細化を考慮した最適電源構成モデルによる送配電網の制度設計に関する基礎的検討
3. 学会等名 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teh Jingwei, 藤井康正, 小宮山涼一
2. 発表標題 A Feasibility Study on Nuclear Energy in the Sub-Southeast Asia Region of Indonesia, Malaysia and Singapore with Optimal Power Generation Mix Model
3. 学会等名 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gyanwali Khem、藤井康正、小宮山涼一
2. 発表標題 Long-term Optimal Power Generation Mix (OPGM) Model for Nepal
3. 学会等名 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大槻貴司、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 地理的・時間的解像度を詳細化した世界エネルギーシステムモデルによる自然変動電源の導入可能性評価
3. 学会等名 平成31年度電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯貝基、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 動的的多部門エネルギー経済モデルを用いた日本の長期電源計画の準備的検討
3. 学会等名 平成31年度電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中澤理、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 再生可能エネルギー大量導入下における電力流通設備の利用に関する分析
3. 学会等名 平成31年度電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯貝 基、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 エネルギー部門を詳細化した動学的多部門エネルギー経済モデルの開発と2050年における日本の最適電源構成の検討
3. 学会等名 平成30年度電気学会電力・エネルギー部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村源一朗、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 近似動的計画法によるエネルギー供給途絶リスクを考慮した複合商業施設におけるCGS運用計画の分析
3. 学会等名 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryoichi Komiyama, Yasumasa Fujii
2. 発表標題 Renewable Electricity Storage with Ammonia Fuel: A Case Study in Japan with Optimal Power Generation Mix Model
3. 学会等名 USAE/IAEE 35th North American Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryoichi Komiyama, Yasumasa Fujii
2. 発表標題 Assessment of Energy Supply Resilience in Japanese Capital Region with Stochastic Dynamic Programming Model
3. 学会等名 Infrastructure Resilience Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本泰平、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 近似動的計画法による再生可能エネルギー出力変動の不確実性を考慮した最適電源運用の分析
3. 学会等名 第34回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 住吉宏章、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 蓄熱技術による再生可能エネルギーの余剰電力活用を考慮したエネルギーシステムの基礎的検討
3. 学会等名 第34回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川上恭章、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 多地域・高時間解像度での発電部門を統合した技術選択モデルによる日本のCO2 削減に関する分析
3. 学会等名 第34回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 電力基幹システムを考慮した大規模最適電源構成モデルの開発
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本泰平、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 近似動的計画法による再生可能エネルギー出力の予測誤差を考慮した電力需給運用の分析
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川上恭章、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 2050年低炭素社会における発電部門：高時間解像度エネルギーシステムモデルによる一考察
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中原大、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 風力の地域間の相関に関する主成分分析 欧州を対象とした分析
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大槻貴司、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 アジア地域細分化版エネルギーモデルを用いた水素発電の導入可能性分析
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福森健、藤井康正、小宮山 涼一
2. 発表標題 需要側を詳細化した地域細分化型世界エネルギーモデルの開発
3. 学会等名 第36回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮本泰平、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 最適電源構成モデルにおける太陽光発電のコスト構造の詳細化
3. 学会等名 第36回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉岡七海、藤井康正、小宮山涼一
2. 発表標題 電気自動車の車載蓄電池をアンシラリーサービス提供のために利用することを考慮した最適電源構成の分析
3. 学会等名 第36回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 末吉恒平、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 動的計画法に基づく発電機起動停止問題の近似手法を用いた解法の開発
3. 学会等名 第34回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福森健、藤井康正、小宮山涼一
2. 発表標題 地域細分化型世界エネルギーモデルを用いた家庭部門におけるCO2 削減戦略の分析
3. 学会等名 第34回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 磯貝基、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 電力部門の高時間解像度分析を可能にした動的的多部門エネルギー経済モデルの開発
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川上恭章、小宮山涼一、藤井康正
2. 発表標題 高時間解像度エネルギーシステムモデルによる原子力発電所の稼働とCO2削減に関する分析
3. 学会等名 日本原子力学会2018年春の年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考