

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02677

研究課題名(和文)レジリエンス性を伴う低炭素化のための統合型エネルギーチェーン多層評価モデルの開発

研究課題名(英文)Development of integrated energy chain multi-layer evaluation model for low carbon with resilience

研究代表者

岡島 敬一 (Okajima, Keiichi)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：60303533

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：エネルギーシステムにおけるレジリエンス性向上の観点において在来化石燃料に頼る現状は低炭素化システムへ移行していかなばならず、そのための学術的な定量的指標、評価モデルが必要である。本研究は低炭素評価との統合的評価モデルの構築を目的として統合指標である複合評価指標を構築し、自治体への支援システムへとすべく指定避難所公共施設の施設特性を考慮に含めた設備容量検討ツールの作成を進めた。成果として、レジリエンス性・低炭素性の観点から、非常時及び平常時におけるレジリエンス性向上を定量的に算出し簡易的視覚的に評価する手法を構築し、平常時におけるレジリエンス性を含めた導入優位性を定量的に示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

分散型エネルギーシステムは低炭素化の観点のみでの導入であり災害対応・レジリエンス性の観点がなくその多くは非常時に活用できていない。従来からの非常用発電機は主にディーゼルエンジン発電機であり、低炭素化の観点から平常時活用を検討できるものではなく、一方で、非常時においてもその燃料タンクの制約から、近年多発してきている1週間もの長期停電には対応できない。多発強大化する自然災害は地球温暖化に起因するとされ、エネルギーにおけるレジリエンス性向上の観点において在来化石燃料に頼る現状は低炭素化システムへ移行していかなばならず、そのための学術的な定量的指標、評価モデルが必要である。

研究成果の概要(英文)：In order to improve the resilience of energy systems, it is necessary to shift from the current reliance on conventional fossil fuels to a low-carbon system, and academic quantitative indicators and evaluation models are needed to achieve this. This study aims to construct an integrated evaluation model with a low-carbon evaluation, and to develop a composite evaluation index, which is an integrated index, and to create a tool to study the capacity of facilities, including the characteristics of public facilities at designated evacuation centers, in order to create a support system for local governments. As a result, from the viewpoint of resilience and low carbon, we developed a method to quantitatively calculate and visually evaluate the improvement of resilience during emergencies and normal times, and quantitatively demonstrated the superiority of the introduction of the system including resilience during normal times.

研究分野：エネルギーシステム、エネルギー学

キーワード：レジリエンス 低炭素社会 エネルギーチェーン エネルギー供給 非常用電源

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

エネルギー供給におけるレジリエンス性向上は、東日本大震災を契機に機運が高まった。2013年12月には国土強靱化基本法が制定され、強くしなやかな国民生活の実現を図ることを目的に、エネルギー供給においてもレジリエンス性の向上が謳われた。しかしその後毎年のように大地震や自然災害によりエネルギー途絶が発生し、2019年の台風15号にともなう災害では千葉県での大規模停電が長期化した。一方、2012年にはわが国でも再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)が始まり、太陽光発電、風力発電等の再エネ分散型電源の普及が進んだ。加えて、2016年11月に発効したパリ協定で2050年目標が打ち出され、エネルギーシステムの低炭素化がより求められている。しかしながら分散型エネルギーシステムは低炭素化の観点のみでの導入であり災害対応・レジリエンス性の観点がなく、その多くは非常時に活用できていない。逆に、エネルギーレジリエンスにおいて従来からの非常用発電機は主にディーゼルエンジン発電機であり、重油もしくは軽油を燃料としてきている。低炭素化の観点から平常時活用を検討できるものではなく、一方で、非常時においてもその燃料タンクの制約から、千葉県大停電にあったような1週間もの長期停電には対応できない。多発強化する自然災害は地球温暖化に起因すると言われ始めた現在、エネルギーにおけるレジリエンス性向上の観点において在来化石燃料に頼る現状は低炭素化システムへ移行していかなばならず、そのための学術的な定量的指標、評価モデルが必要である。

### 2. 研究の目的

以上の学術的・社会的背景より、自治体に求められるレジリエンス性を伴う低炭素エネルギーシステムへのガイドライン検討の一助とするために、本研究では、各エネルギー技術チェーンのレジリエンス性を定量的に把握すること、各エネルギー技術チェーンの低炭素評価との統合的評価モデルを構築すること、統合的評価手法の有効性を評価すること、を目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、非常用電源としての分散型エネルギーシステム技術、導入状況、運用実態調査ならびに既往研究レビューを行い、分散型エネルギーシステム技術を対象に効率性、環境性、経済性、ならびにレジリエンス性の各レイヤーの評価手法構築を進め、これらをリンクさせたレジリエンス性を含む複合評価手法の構築・妥当性・有効性評価を行った。主要項目の研究方法について以下に記す。

#### (1) 地域内複数公共施設での電力融通を考慮したレジリエンス性評価

分散型エネルギーシステム技術を対象として効率性、環境性、経済性、ならびにレジリエンス性の各レイヤーの評価手法構築に向け指定避難所となる地域内複数公共施設での電力融通を考慮したレジリエンス性評価手法の構築を行った。同一市内に立地し、それぞれがPVおよび蓄電池を保有する3つの公共施設(施設A~C)を対象とし、施設間で電力融通が可能である状況を想定した。非常時は、自然災害発生による系統電力供給が途絶した状況とし、各施設はPVによる発電、蓄電池の放電、他施設からの電力融通により電力需要を賄うものとした。一方平常時は系統からの購入が可能である状況とし、PVによる発電、蓄電池の放電、他施設からの電力融通、系統からの購入によって電力需要を賄うものとした。非常時において、電力供給不足量の期待値EUE(Expected Unserved Energy)を最小にするためのPV・蓄電池容量、及び時間ごとの電力融通量や蓄電池充放電量を求める最適化モデルを作成した。

#### (2) 停電回避価値を考慮に含めた経済性・レジリエンス性評価手法構築

平常時運用と非常時運用における停電回避価値を考慮に含めた経済性評価を主としてレジリエンス性評価手法の構築を進めた。VOLL(Value of lost load)を停電コスト指標に用い太陽光(PV)・蓄電池システムによって停電を回避する便益を定量化し停電回避価値とすることで、導入価値と停電回避時間の関係及び導入価値と設備容量の関係を示した。導入価値と停電回避時間の関係については、まずある停電回避時間に対して経済的に最適な設備容量及び系統電力購入量の差、売電利益、システム設置初期コスト、O&Mコストを求め、それらを基に混合整数線形計画法を用いて様々な停電時間に対して導入価値を算出した。その後、VOLL値を変数とした導入価値を算出し、VOLLの値の変動に対しての導入価値の変化について分析した。以上の評価モデルを構築し、停電回避価値を考慮に含めた経済性・レジリエンス性の評価を進めた。

#### (3) レジリエンス性を含む複合評価手法の構築

指定避難所など非常時にも用いられる施設への分散型エネルギーシステム導入において、環境性・経済性に加え、停電時の対応力であるレジリエンス指標を考慮した複合評価手法の提案を行うことを目的とした。特に、通常の多項目最適化においては評価できない各項目間のバランスも評価するための手法を検討した。図1にPV・蓄電池システムの複合評価結果の概念図を示す。

複合評価は、3軸のレーダーチャートで示し、環境性はPV・蓄電池システム導入による二酸化炭素排出量削減率、経済性は正味必要コスト削減率で評価した。レジリエンス性については、停電回避率を用いて評価するものとした。加えて、レーダーチャートによる複合評価に対し、チャート面積と変動係数を考慮し、簡易的且つ有効的な最適化手法について提案し、PVに蓄電池を併設させたPV・蓄電池システムを対象とし、非常時避難施設におけるケーススタディを通して構築モデルの妥当性・有効性についても評価を行った。

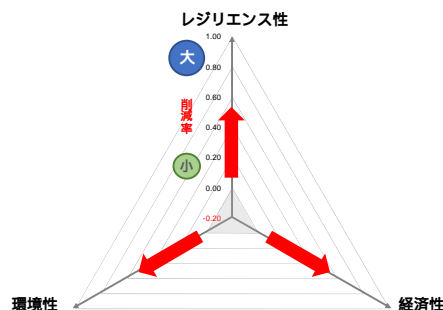


図1 レジリエンス性を含む複合評価

#### 4. 研究成果

##### (1) 地域内複数公共施設での電力融通を考慮したレジリエンス性評価

はじめに実在の施設の電力需要データを用いて、異なる電力需要特性を持つ複数施設での電力融通によるレジリエンス性向上効果を分析する。ここでは施設A, B, Cの3施設での電力融通を想定し、施設A, Bはそれぞれ学校1および学校2とし、施設Cを学校3、公民館、宿泊施設、卸売業事業所で変化させて分析を行った。PV導入量を変化させて計算を行い、PV導入量とEUEとの関係を分析した。図2に施設Cの種類ごとのPV導入量と施設AのEUEとの関係を示す。ただし、PV導入量は各施設の一日の総電力需要に対するPV発電の総量の割合で示した。また蓄電池導入量は全施設共通で15kWhとした。PV導入量を増やしていくと施設Cにいずれの施設を選んだ場合でも、施設AのEUEが低下していくことがわかる。しかし、PV導入量20%~50%の範囲では、施設Cの種類によって施設AのEUEに差が生じている。これは今回施設A, Bが学校施設であり、その電力需要特性と近い施設を施設Cに設定した場合、電力融通を行うことによるレジリエンス性向上のメリットが小さくなるためだと考えられる。

図3にPV自家消費率とEUEの関係を示す。融通効果最大化ケースでは融通ありの場合の電力供給不足量が融通なしの場合に比べ小さいことがわかる。融通を行うことで日中に生じる余剰電力を他施設で消費することができ、PVによる発電を無駄なく消費できるためである。図より融通効果最大化ケースでは融通を行うことで自家消費率を99.8%にすることができる。一方EUE重視ケースでは融通を行ったとしても、自家消費率は63%にとどまる。EUE重視ケースでは非常時の電力需要に対してPV導入量が過剰であり、電力融通を行ったとしても日中に多くの余剰電力が生じるためといえる。また、EUEについてはEUE重視ケースの方が融通効果最大化ケースよりも小さくなるが、融通効果最大化ケースで融通を行った場合、EUE重視ケースの融通なしに相当するだけの削減効果が見込まれる。このことから本ケーススタディ対象施設においては、PV導入量90kWで融通を行うことで、PVによる発電を無駄なく消費し、レジリエンス性向上の観点から有効であるといえる。以上は結果の一部のみであるが、レジリエンス性・低炭素性の観点から、電力融通可能な3つの公共施設における最適PV・蓄電池導入量を算出し、非常時及び平常時における時間ごとの電力融通量評価モデルを構築した。本モデルでの分析により施設間での電力融通によるレジリエンス性向上ならびに低炭素化が定量的に示された。この結果は今回の対象施設に限らず、他のケースにも適用可能である。

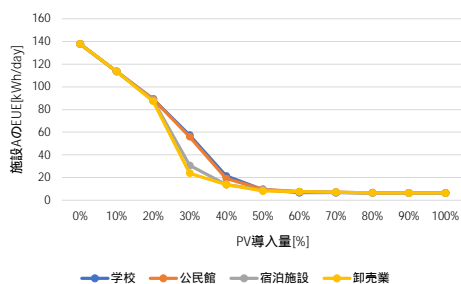


図2 施設C想定各施設種別におけるPV導入量と施設AのEUEとの関係

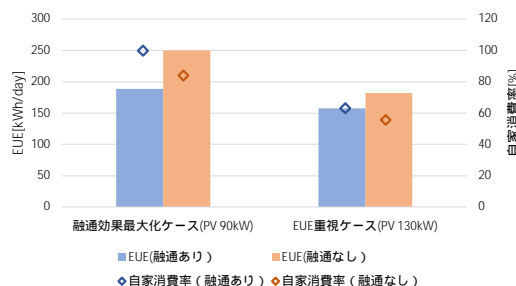


図3 PV自家消費率とEUEとの関係

##### (2) 停電回避価値を考慮に含めた経済性・レジリエンス性評価手法構築

停電コストに関する指標としてVOLL(Value of lost load)を用い、PV・蓄電池システムによって停電を回避する便益を定量化し停電回避価値とする。避難所におけるレジリエンス性向上を目的に、PV・蓄電池システムの導入を、停電回避を考慮する場合と考慮しない場合における評価モデルを構築し、その価値を定量的に示した。PV・蓄電池システムの導入容量と導入価値との関係を示す。蓄電池の定格出力は25kWで固定し、PV容量と蓄電池容量をパラメータとした。PV容量は10kWの刻み幅で10kW~60kWの範囲で評価を行った。VOLLを13,600円/kWhとしたケー

スである。まず、停電回避時間と PV・蓄電池システム導入価値の関係を図 4 に示す。レジリエンス性を考慮した導入価値は 2 通りの VOLL の値で算出したケースである。レジリエンス性を考慮しない導入価値(青)は 10 時間以上のどの停電回避時間においても負となる。停電回避時間が 10 時間の時最大値-12.8 万円となり停電回避時間が増加するにつれて減少し、停電回避時間が 170 時間の最小値-173 万円となる。また停電回避時間が 10 時間の時、太陽光発電容量は 45kW、蓄電池容量 43kWh となり停電回避時間 170 時間の時、太陽光発電容量は 69 kW、蓄電池容量 57kWh となる。これらの結果から、停電回避時間を増加させるための PV・蓄電池システムの設備容量増強は利益をもたらさないことが示された。長時間停電に対応するための設備容量増強のコストや O&M コストの増加分が大きいいため売電利益等を考慮したとしてもコスト回収ができないためといえる。このレジリエンス性を考慮しない評価では災害による長時間停電に対応するための設備容量増強のメリットが評価されない。レジリエンス性を考慮した導入価値は、どちらの VOLL についても停電回避時間が増加するにつれて増加している。災害時の避難所の機能維持を中小事業所の業務維持と同等と考え、VOLL の値を 13,600 円/kWh とした場合、停電回避時間が 10 時間の時に最小値約 50 万円となり停電回避時間が 170 時間の時に最大値 704 万円となる。また、災害時の避難所の機能維持を、営利を目的としない個人の VOLL と同等と考え、6,822 円/kWh とした場合、停電回避時間が 20h の時に最小値 6.6 万円となり、停電回避時間が 170 時間の時最大値 267 万円となる。レジリエンス性を考慮した導入価値評価では、どの停電時間においても導入価値が正の値となることが示された。つまり、災害による長時間停電に対応するための設備容量増強のメリットが評価されたといえる。

次にレジリエンス性を考慮した導入価値と導入容量の関係を図 5 に示す。太陽光・蓄電池の設備容量増加に伴い、蓄電池容量 10kWh ~ 30kWh かつ PV 容量 20kW ~ 30kW の領域において、導入価値は増加傾向を見せる。施設の電力需要に対して太陽光・蓄電池の設備容量が適切である領域で、レジリエンス性を考慮したことにより導入価値が正となる領域が広がった。その後容量が増加するに従い減少傾向に転ずる。これは停電回避価値を考慮しても初期コストや O&M コストを回収することができず導入価値が負になる領域で、容量の増大に伴いさらに導入価値は減少し、太陽光発電システム 10kW、蓄電池容量 60kWh、70kWh、太陽光発電システム 60kW、蓄電池容量 10kWh、20kWh、30kWh、40kWh の領域で導入価値が-100 万円以上になる。濃い青の領域の変化まではレジリエンス性を考慮しない導入価値評価とほぼ同じような傾向である。しかし、その後の PV・蓄電池システム容量の増加に伴う導入価値の増加傾向はレジリエンス性を考慮した導入価値評価特有のものである。具体的には蓄電池容量が 50kWh で太陽光の容量 50kW 以上、蓄電池容量が 60kWh で太陽光の容量 20kW 以上、蓄電池容量が 70kWh で太陽光の容量 20kW 以上の領域で導入価値が正となる。これは太陽光・蓄電池の容量増加に伴い、停電回避時間が伸びることによりレジリエンス性を考慮した導入価値が上昇したと考えられる。本ケーススタディにて分析した範囲内では PV 容量 40kW、蓄電池容量が 70kWh の時、377 万円の導入価値となり最大である。レジリエンス性を考慮した導入価値評価では太陽光・蓄電池の容量を増強し、長時間の停電を回避することの価値が評価された。

以上は結果の一例であるが、避難所におけるレジリエンス性向上を目的とし、停電回避価値を考慮に含めた PV・蓄電池システム導入モデルを構築し、ケーススタディを行った。避難所利用が想定される学校に PV・蓄電池システムを導入することを想定し、停電回避価値を考慮したうえで導入価値を算出した。

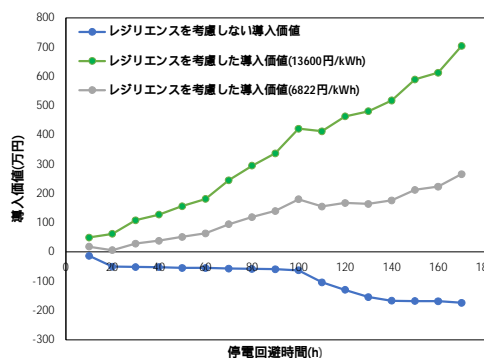


図 4 導入価値と停電回避時間の関係

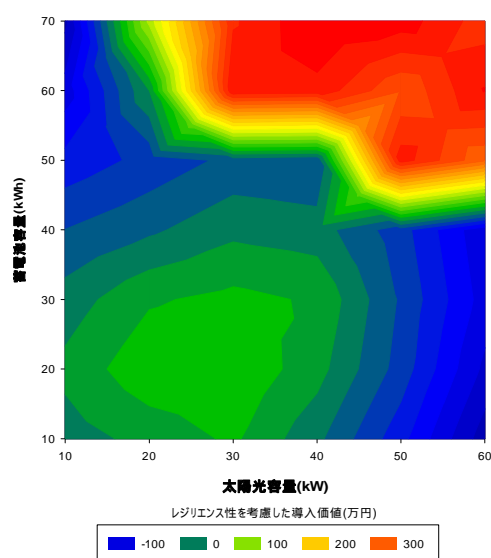


図 5 レジリエンス性を考慮した導入価値と導入容量の関係

### (3)レジリエンス性を含む複合評価手法の構築

指定避難所など非常時にも用いられる施設への分散型エネルギーシステム導入において、環境性・経済性に加え、停電時の対応力であるレジリエンス指標を考慮した複合評価手法の提案を行うことを目的とした。特に、通常の多項目最適化においては評価できない各項目間のバランスも評価するための手法を検討した。PV容量、蓄電池容量を主要なパラメータとして、評価モデルをMicrosoft Excel VBAにて構築した。複合評価は、3軸のレーダーチャートで示し、環境性はPV・蓄電池システム導入による二酸化炭素排出量削減率、経済性は正味必要コスト削減率で評価し、レジリエンス性については、停電回避率を用いて評価するものとした。ケーススタディとして実在の非常時避難施設と対象として導入を想定したPV・蓄電池システムの評価を進めた。ケーススタディとして、実在の指定避難所である公共施設6施設(A~F)のデータに基づき、レジリエンス性を考慮した複合評価を行い、避難施設としての規模、電力需要規模の違いによる評価比較を行った。施設A,Cは公共施設、施設B,D,E,Fは学校施設であり、体育館などのスペースを確保できる学校施設の方が避難収容人数や避難スペースの面積規模が大きい。

結果の一例として、比較的需要の大きい施設Fにおける複合評価を図6に示す。破線は初期設定とした標準ケース(PV容量40kW,蓄電池容量60kWh)を、実線は複合評価検討ケース(PV容量400kW,蓄電池容量500kWh)を示している。実線で示される複合評価検討ケースでは経済性評価は破線で示される標準ケースの場合よりも低いものの、プラスとなり経済効果が見込まれる。環境性は破線では約0.2、実線では約0.4であり、複合評価検討ケースでは経済効果を保ったまま環境性を向上させられることが示されている。また、複合評価検討ケースにおけるレジリエンス性評価は0.79であり標準ケースのレジリエンス性評価0.12を大きく上回る。このように本提案複合評価により、各指標を同時に視覚的に示すことができ、簡易的最適化手法として有用であるといえる。

より簡易かつ最適化評価の構築に向け、レーダーチャート面積と中心点から各頂点への変動係数を定義し、設備容量最適化を試みた。各評価の最大化ならびに各評価項目間のバランスの二つの観点から考慮する。最大化は三角形の面積の大きさに対応し、チャート面積が大きいほど評価は大きくなる。また、バランスは三頂点の変動係数に対応し、変動係数が小さいほどバランスが良い評価となる。図7に面積、変動係数を考慮した複合評価の最適化結果を示す。面積最大化ケースにおいては、レジリエンス性、環境性評価は最も高くなるが経済性評価がマイナスとなり経済効果が見込めないことが示されている。また、変動係数最小化ケースではすべての評価項目で導入効果が見込めるものの、評価値はやや低く30~40%に留まる。面積・変動係数検討ケースは、経済効果を見込み、レジリエンス性、環境性評価が高い評価最大化かつバランスの良さを考慮した最適ケースとなる。

これらは結果の一例であるが、レジリエンス性を定量的に評価指標として含め、さらに統合的な複合指標へと展開し、施設特性に応じた最適導入容量を算出する簡易的に扱える評価ツールを構築し、非常に独自性が高い成果が得られた。

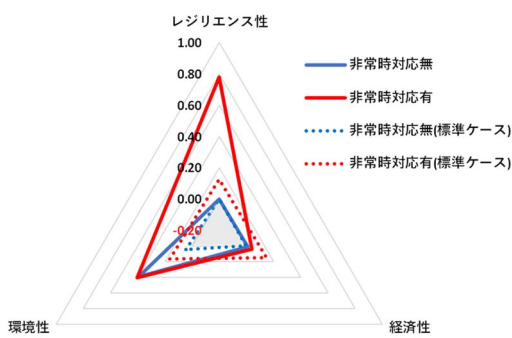


図6 複合評価検討ケース(施設F)

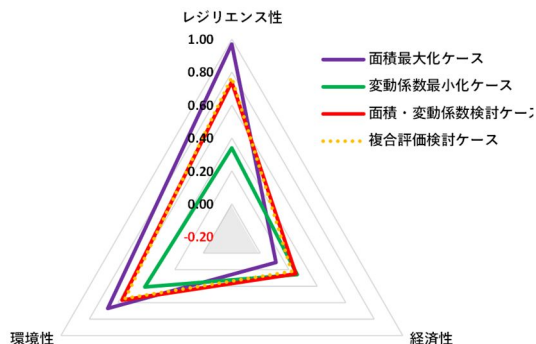


図7 面積、変動係数を考慮した複合評価の最適化(施設B)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18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 3件）

1. 著者名 菅原陸斗、秋元祐太郎、岡島敬一	4. 巻 44
2. 論文標題 地域内複数公共施設での電力融通を考慮したレジリエンス性評価	5. 発行年 2023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 87-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24778/jjser.44.2_87	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 N. Hazlina, Y. Akimoto, K. Okajima	4. 巻 4
2. 論文標題 Suitability of rooftop solar photovoltaic at educational building towards energy sustainability in Malaysia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sustainable Horizons	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.horiz.2022.100032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 太田哲平、秋元祐太郎、岡島敬一	4. 巻 43
2. 論文標題 太陽光・蓄電池システムの平常時運用と非常時運用における停電回避価値を考慮に含めた経済性評価	5. 発行年 2022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 255-265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24778/jjser.43.6_255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 菅原陸斗、秋元祐太郎、岡島敬一	4. 巻 39
2. 論文標題 異なる電力需要特性に対する施設間電力融通によるレジリエンス性向上の検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集	6. 最初と最後の頁 344-349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 松本慎喜, 秋元祐太郎, 岡島敬一, 河尻耕太郎	4. 巻 39
2. 論文標題 レジリエンス性を考慮した・蓄電池システムの複合評価と施設規模による検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集	6. 最初と最後の頁 497-502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 太田哲平, 秋元祐太郎, 岡島敬一	4. 巻 39
2. 論文標題 太陽光・蓄電池システムの停電回避価値を考慮に含めた 導入年による導入価値への影響評価	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集	6. 最初と最後の頁 503-508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 T. Ohta, K. Okajima, Y. Akimoto	4. 巻 2022
2. 論文標題 Economic Evaluation of Solar Photovoltaic and Energy Storage Battery Systems Considering the Value of Avoiding Power Outages during Normal and Emergency Operations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of The International Council on Electrical Engineering Conference (ICEE2022)	6. 最初と最後の頁 845-850
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 R. Sugawara, K. Okajima, Y. Akimoto	4. 巻 2022
2. 論文標題 Optimization of PV/Battery Installation and Power Interchange for Low-Carbon and Resilient Regional Smart Grid	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of The International Council on Electrical Engineering Conference (ICEE2022)	6. 最初と最後の頁 839-844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 N. Hazlina, Y. Akimoto, K. Okajima	4. 巻 2022
2. 論文標題 Exploiting Rooftop Solar Photovoltaic Production at Educational Building in Malaysia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceeding of International Conference on Applied Energy (ICAE2022)	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 中本健太、秋元祐太郎、岡島敬一	4. 巻 38
2. 論文標題 劣化による内部パラメータ変化を考慮した蓄電池併設PVシステムの災害時電力供給評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集	6. 最初と最後の頁 319-324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 松本慎喜、秋元祐太郎、岡島敬一、河尻耕太郎	4. 巻 41
2. 論文標題 PV・蓄電池システム導入施設におけるレジリエンス性を含む複合評価の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集	6. 最初と最後の頁 70-74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 太田 哲平、秋元 祐太郎、岡島 敬一	4. 巻 40
2. 論文標題 太陽光・蓄電池システムの平常時運用と非常時運用における停電回避価値を考慮に含めた経済性評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集	6. 最初と最後の頁 59-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 菅原 陸斗、秋元 祐太郎、岡島 敬一	4. 巻 40
2. 論文標題 低炭素かつレジリエントな地域型スマートグリッド構築に向けたPV・蓄電池導入量および電力融通の最適化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集	6. 最初と最後の頁 357-362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 中本 健太、秋元 祐太郎、岡島 敬一	4. 巻 30
2. 論文標題 蓄電池併設PVシステムの非常時電力供給力評価のための運用シミュレーションに関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本エネルギー学会大会講演要旨集	6. 最初と最後の頁 222-223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 C.Jimba, Y.Akimoto, K.Okajima	4. 巻 46
2. 論文標題 Resilience Evaluation of Positive Energy Building in Japan	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Energy Proceedings (ICAE2023)	6. 最初と最後の頁 11218_1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Y.Matsumoto, Y.Akimoto, K.Okajima, K.Kawajiri	4. 巻 ICEE23JY
2. 論文標題 Complex Evaluation of PV and Battery Storage Systems considering Resilience in Normal and Emergency Use	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering (ICEE2023)	6. 最初と最後の頁 098-FP_1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 C.Jimba ,Y.Akimoto, K.Okajima ICEE23JY	4. 巻 ICEE23JY
2. 論文標題 Study of evaluation method for resilience of energy systems in buildings	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering (ICEE2023)	6. 最初と最後の頁 033-FP_1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 松本慎喜, 秋元祐太郎, 岡島敬一, 河尻耕太郎	4. 巻 42
2. 論文標題 避難施設へのPV・蓄電池システム導入におけるレジリエンス性を含む複合評価指標の検討	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 第42回エネルギー・資源学会研究発表会 講演論文集	6. 最初と最後の頁 219-223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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22件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 C.Jimba, Y.Akimoto, K.Okajima
2. 発表標題 Resilience Evaluation of Positive Energy Building in Japan
3. 学会等名 The International Conference on Applied Energy (ICAE2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y.Matsumoto, Y.Akimoto, K.Okajima, K.Kawajiri
2. 発表標題 Complex Evaluation of PV and Battery Storage Systems considering Resilience in Normal and Emergency Use
3. 学会等名 The International Conference on Electrical Engineering (ICEE2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 C.Jimba ,Y.Akimoto, K.Okajima
2. 発表標題 Study of evaluation method for resilience of energy systems in buildings
3. 学会等名 The International Conference on Electrical Engineering (ICEE2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本慎喜, 秋元祐太郎, 岡島敬一, 河尻耕太郎
2. 発表標題 避難施設へのPV・蓄電池システム導入におけるレジリエンス性を含む複合評価指標の検討
3. 学会等名 第42回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 菅原陸斗, 秋元祐太郎, 岡島敬一
2. 発表標題 異なる電力需要特性に対する施設間電力融通によるレジリエンス性向上の検討
3. 学会等名 第39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 2023年

1. 発表者名 松本慎喜, 秋元祐太郎, 岡島敬一, 河尻耕太郎
2. 発表標題 レジリエンス性を考慮した・蓄電池システムの複合評価と施設規模による検討
3. 学会等名 第39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 2023年

1. 発表者名 太田哲平, 秋元祐太郎, 岡島敬一
2. 発表標題 太陽光・蓄電池システムの停電回避価値を考慮に含めた 導入年による導入価値への影響評価
3. 学会等名 第39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 2023年

1. 発表者名 神場千穂, 秋元祐太郎, 岡島敬一
2. 発表標題 電力分野のレジリエンス指標によるエネルギーシステムの定量評価手法の検討
3. 学会等名 令和5年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Matsumoto, Y. Akimoto, K. Okajima
2. 発表標題 Complex Evaluation of PV and Battery Storage Systems considering Resilience in Normal and Emergency Use
3. 学会等名 ICEE Conference 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本慎喜, 秋元祐太郎, 岡島敬一, 河尻耕太郎
2. 発表標題 指定避難施設へのPV・蓄電池システム導入におけるレジリエンス性を含む複合評価指標の検討
3. 学会等名 第42回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Ohta, K. Okajima, Y. Akimoto
2. 発表標題 Economic Evaluation of Solar Photovoltaic and Energy Storage Battery Systems Considering the Value of Avoiding Power Outages during Normal and Emergency Operations
3. 学会等名 International Council on Electrical Engineering Conference (ICEE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Sugawara, K. Okajima, Y. Akimoto
2. 発表標題 Optimization of PV/Battery Installation and Power Interchange for Low-Carbon and Resilient Regional Smart Grid
3. 学会等名 International Council on Electrical Engineering Conference (ICEE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Hazlina, Y. Akimoto, K. Okajima
2. 発表標題 Exploiting Rooftop Solar Photovoltaic Production at Educational Building in Malaysia
3. 学会等名 International Conference on Applied Energy (ICAE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中本健太、秋元祐太郎、岡島敬一
2. 発表標題 劣化による内部パラメータ変化を考慮した蓄電池併設PVシステムの災害時電力供給評価
3. 学会等名 第38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 2022年

1. 発表者名 松本慎喜、秋元祐太郎、岡島敬一、河尻耕太郎
2. 発表標題 PV・蓄電池システム導入施設におけるレジリエンス性を含む複合評価の検討
3. 学会等名 第41回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田 哲平、秋元 祐太郎、岡島 敬一
2. 発表標題 太陽光・蓄電池システムの平常時運用と非常時運用における停電回避価値を考慮に含めた経済性評価
3. 学会等名 第40回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原 陸斗、秋元 祐太郎、岡島 敬一
2. 発表標題 低炭素かつレジリエントな地域型スマートグリッド構築に向けたPV・蓄電池導入量および電力融通の最適化
3. 学会等名 第40回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中本 健太、秋元 祐太郎、岡島 敬一
2. 発表標題 蓄電池併設PVシステムの非常時電力供給力評価のための運用シミュレーションに関する研究
3. 学会等名 第30回日本エネルギー学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 C.Jimba, Y.Akimoto, K.Okajima
2. 発表標題 Resilience Evaluation of Positive Energy Building in Japan
3. 学会等名 The International Conference on Applied Energy (ICAE2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y.Matsumoto, Y.Akimoto, K.Okajima, K.Kawajiri
2. 発表標題 Complex Evaluation of PV and Battery Storage Systems considering Resilience in Normal and Emergency Use
3. 学会等名 The International Conference on Electrical Engineering (ICEE2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 C.Jimba, Y.Akimoto, K.Okajima
2. 発表標題 Study of evaluation method for resilience of energy systems in buildings
3. 学会等名 The International Conference on Electrical Engineering (ICEE2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本慎喜, 秋元祐太郎, 岡島敬一, 河尻耕太郎
2. 発表標題 避難施設へのPV・蓄電池システム導入におけるレジリエンス性を含む複合評価指標の検討
3. 学会等名 第42回エネルギー・資源学会研究発表会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

エネルギー・資源学会 第19回論文賞（受賞日：2023年8月1日）  
太田哲平、秋元祐太郎、岡島敬一、「太陽光・蓄電池システムの平常時運用と非常時運用における停電回避価値を考慮に含めた経済性評価」

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
研究分担者	河尻 耕太郎  (Kawajiri Kotaro)  (00415663)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・主任研究員   (82626)	
研究分担者	秋元 祐太郎  (Akimoto Yutaro)  (30793947)	筑波大学・システム情報系・助教   (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------