

22 太陽光発電設備が果たす電力価格変動 リスクの回避効果

明治大学 政治経済学部 大森正之研究室

3 年 朝倉正隆 新木開登

張晋通 松浦励音 森本朝陽

【目次】

はじめに

1 研究の背景

1-1 日本の電力価格の高騰

1-2 電力価格の高騰による企業への影響

1-3 太陽光発電の有益性

2 仮説の設定と検証方法

2-1 仮説の設定と根拠

2-2 仮説の検証方法と対象大学・企業の選定
基準

3 仮説の検証

3-1 家計の仮説(1)の検証

3-2 家計の仮説(2)の検証

3-3 企業の仮説(1)の検証

3-4 企業の仮説(2)の検証

4 考察

4-1 将来的な太陽光発電の電力価格変動リス
クの回避効果のシナリオ分析

4-2 太陽光発電と蓄電池の投資費用回収期間
の分析

おわりに

【注釈】

【試算】

【参考文献・URL】

【添付資料 質問票調査用紙】

はじめに

2022 年、火力発電などに用いられる天然ガスなどエネルギー資源の輸出国ロシアによるウクライナ侵攻による世界的なエネルギー資源調達の混乱が起こった。加えて、アメリカの金融引き締め政策と日本の金融緩和政策の結果生じた日米の金利差を主な原因として始まった円安(注 1)により、日本の電力調達価格は高騰した。日本の電源構成は 72.4%を火力発電が占めており、その燃料は天然ガスが 41.3%、石炭が 38.4%占めている(注 2)。2021 年の天然ガス輸入依存度は 97.8%、石炭輸入依存度は 99.7%と、その燃料の調達も輸入に依存している状況である(注 3)。そのため上記のような社会経済変動による電力調達価格の高騰を日本は回避することができない。そこで私たちは独立的に電力を生産できる再生可能エネルギー由来の発電方法の中で、太陽光発電に注目した。太陽光発電を家計及び企業(以下、大学を含む)に導入し電力を自己調達することで社会経済変動による電力価格の変動を回避できるのではないかと考えた。

本稿の構成は以下である。まず 1 章で、2022 年の社会経済変動を起因とする日本の電力価格の高騰とその影響、太陽光発電の電力価格高騰に対する有益性を言及する。2 章では電力価格変動リスクを回避する手段として太陽光発電が持つその回避効果に関する仮説を設定する。3 章では 2 章で設定した仮説の検証を行うために、家計と企業の太陽光発電と蓄電池の導入の有無による年間電力費用の差異を分析する。検証によって家計と企業において太陽光発電のみの導入は年間電力費用を削減し、突発的な変動を抑える、電力価格変動リスクの回避効果を持つことがわかった。しかし太陽光発電と蓄電池の導入は、家計では年間電力費用の変動を完全に回避する。しかしながら年間電力費用を増加

させ経済的利益がない。企業では得られた質問票の回答から自家消費目的の蓄電池に関するデータを得られなかったため未検証となった。

4 章ではその検証結果を踏まえ、家計の太陽光発電設備の将来的な年間電力費用シナリオと、蓄電池導入による投資費用の回収期間を分析する。シナリオ分析では買電単価が上昇するほど、太陽光発電による年間電力費用の削減額は増加するが、変動回避率は買電単価の変動率に関わらず一定の割合であることがわかった。また蓄電池は現行価格が 5.3%低減すれば、投資費用を稼動年数内で回収できることが明らかになった。

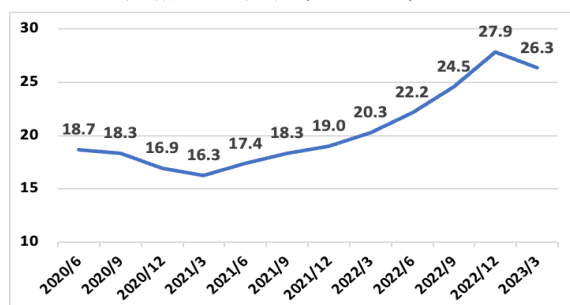
1. 研究の背景

1-1. 日本の電力価格の高騰

まず、図 1 に 2020 年 6 月から 2023 年 3 月までの日本の電力価格を四半期毎に平均した図を示した(注 4)。図 1 によると、2020 年 6 月から 2023 年 3 月の期間で電力価格が大きく変動していることがわかる。この期間の電力価格変動の要因として考えられるのは主に 4 つある。まず 2020 年 6 月から 2022 年 3 月の期間では新型コロナウイルスの流行が引き起こした経済停滞によるエネルギー需要の低下である。次に 2022 年 3 月から 2022 年 12 月の期間ではロシアのウクライナ侵攻と円安による燃料調達価格の高騰である。そして 2023 年 1 月からは上述の電力価格高騰を受けて日本政府が「電気・ガス価格激変緩和措置」を実施したことによる、電力価格の値引きである。特に 2022 年は電力価格の変動が著しく、この年の変動要因について詳しく見てみる。まず火力発電に用いる燃料調達価格の変動を確認する。ロシアのウクライナ侵攻が起こる前後の 2022 年 2 月と 12 月の天然ガスの CIF 価格(注 5)を比較すると、2 月

は 95.1 千円/MT(注 6)に対して 12 月は 134.9 千円/MT であり 41.9%高騰している(注 7)。また、同様に石炭の CIF 価格を比較すると、2 月は 24.7 千円/MT に対して 12 月は 48.7 千円/MT であり 97.2%高騰している(注 8)。そして急激な円安はアメリカの金融引き締め政策と日本の金融緩和政策の結果生じた日米の金利差を主な原因として始まった(注 1)。円安が始まる前後の外国為替相場の月中平均を比較すると、2022 年 2 月は 1 ドル 115.2 円であるのに対して 2022 年 12 月は 1 ドル 134.9 円となっており 17.1%高騰している(注 9)。円安はより更新されており、2023 年 10 月現在は 1 ドル 149.6 円となっている(注 9)。これらの天然ガス・石炭価格の高騰と円安の影響で日本の火力発電の調達価格が高騰している。日本の 2022 年時点の電源構成は火力発電の割合が 72.4%であり、その大部分を占めている(注 2)。火力発電の燃料は天然ガスと石炭で 79.7%(天然ガス 41.3%、石炭 38.4%)を担っている(注 2)。日本の 2021 年の天然ガス輸入依存度は 97.8%、石炭輸入依存度は 99.7%と、火力発電の燃料調達価格の高騰が日本の電力価格に大きな影響を与えている(注 2)。上述の諸々の社会経済変動の影響で 2022 年 3 月から 12 月にかけて電力価格が 37.4%も高騰している(注 10)。

図 1 電力価格*1 の推移(円/kWh)



参考：新電力ネット(各年)「全国の電気料金単価」(<https://pps-net.org/unit>)より著者作成

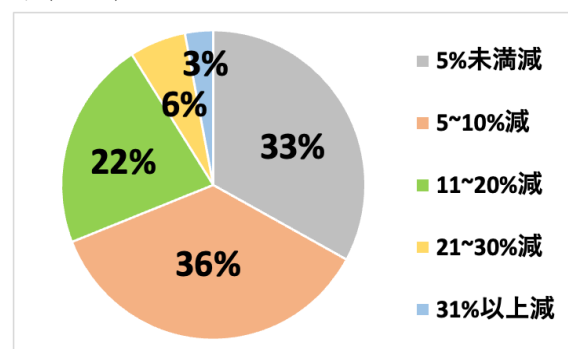
*1 高圧電力と低圧電力より全国の平均電力価格を算出

1-2. 電力価格の高騰による企業への影響

この節では 2022 年の電力価格の高騰による企業への具体的な影響を確認する。日本は企業数の 99.7%を中小企業・小規模事業者が占めている(注 11)。そのため、中小企業への影響を明らかにすることで日本企業全体への影響を推定できると考え、中小企業に焦点を当てることにした。

キャプテラ社が「電気料金値上げに対する中小企業の意識調査」という名目でアンケート調査を実施しており、その結果の一部を図 2 に示した。アンケートの対象は従業員 250 人規模までの中小企業で有効回答数は 262 社であった(注 12)。図 2 によると、減収率が 5%で収まった中小企業は 33%のみで、残りの 67%は減収率が 5%以上となった。さらに、減収率が 21%以上となった中小企業が 9%となっており、電力価格の高騰が中小企業に多大な影響を与えていることがわかった。

図 2 電力価格の高騰による中小企業の推定減収率(2022)



参考：キャプテラ(2022)「電気代高騰の影響を受けている中小企業のうち 68%が「収益が減少」」

(<https://www.capterra.jp/blog/3257/how-are->

smbs-facing-the-electricity-price-rise)より著者作成

1-3. 太陽光発電の有益性

この節では電力を自己調達できる太陽光発電に注目する。その理由は以下の3点である。1つ目は、太陽光発電設備は建物の屋根など平坦な場所に設置でき、導入のハードルが低い。

2つ目に、太陽光発電設備費用、維持費、年間発電量を基に算出した太陽光発電設備の発電単価 12 円/kWh(文末の試算 1 を参照)は、電力会社から購入する買電単価 21 円/kWh(注 10)より安価であることだ。

3つ目に、太陽光発電設備にかかる年間費用は、初期費用及び維持費に依存するため一度設置してしまえば、社会経済変動の影響を受けず 25 年間(パネルメーカーの機能保証期間)一定であることだ。そのため発電単価が変動しない電力を調達できる。

2. 仮説の設定と検証方法

2-1. 仮説の設定と根拠

研究の背景を踏まえて、私たちは電力価格変動リスクに対し、太陽光発電がどの程度その回避効果を持つのかを検証するために以下の2点の仮説を設定した。

仮説①：家計・企業の両方において太陽光発電は年間電力費用を削減し、また変動を抑える電力価格変動リスクの回避効果を持つ

仮説②：太陽光発電に蓄電池を導入することで、より年間電力費用を削減し、また変動を抑える電力価格変動リスクの回避効果を大きくする

仮説 1 について私たちは、家計・企業の両方において年間あたりの発電単価が一定の太陽光発電を導入し社会経済変動の影響を受ける電力会社からの買電量を減らすことで、年間電力費用を削減し、変動を抑える電力価格変動リスクの回避効果を持つと考えた。

仮説 2 については、太陽光発電に蓄電池を導入することで、電力会社からの買電を完全に無くして電力を全て自己調達することが可能となる。そのため年間電力費用が社会経済変動による影響を受けなくなり、更なる年間電力費用の削減と電力価格変動リスクの回避効果を持つことにつながるのではないかと考えた。

2-2. 仮説の検証方法と対象企業の選定基準

仮説は太陽光発電と蓄電池の導入有無での年間電力費用を算出し、その差異を分析することで検証する。まず初めに太陽光発電と蓄電池の導入で年間電力費用をどの程度削減できるのかを確認する。これは太陽光発電を導入する上で、家計・企業へ経済的利益をもたらすことが最重要のインセンティブであるためだ。次に対 2021 年比変動額の差異を分析し、太陽光発電と蓄電池が持つ電力価格変動の回避効果について検証する。

年間電力費用を算出するための前提条件は、経済産業省と資源エネルギー庁が発行した資料や企業・大学へ質問票を送付し得られた回答を基に設定した。また質問票は、初期費用 0 円で太陽光発電を導入できる「エネカリ(注 13)」を実施している東京電力グループの TEPCO ホームテック株式会社にプレ調査にご協力頂き作成した。

対象企業の選定基準は、東証プライムの企業の中で太陽光発電を導入している小売業・倉庫業・物流業とした。これは事業所の敷地内である程度の太陽光発電設備を設置できる業種だか

らである。大学の選定基準は、関東圏内の太陽光発電を導入している大学とした。質問票は企業・大学 54 社に送付し、7 社から回答を得ることができた(注 14)。質問票の回答は 8 月 2 日から 8 月 30 日まで受け付けた。各企業に送付した質問票は添付資料 1 に示す。

3. 仮説の検証

3-1. 家計の仮説①の検証

この節では、家計において太陽光発電の導入有無での 2020 年から 2022 年までの年間電力費用と、2022 年の対 2021 年比年間電力費用の変動額の差異を分析する。年間電力費用を算出するための前提条件は後述の表 1、2 に設定した。また太陽光発電を導入していない家計を全量買電、太陽光発電を導入している家計を太陽光発電有りとする。

表 1、2 の前提条件を基に 2020 年から 2022 年までの全量買電と太陽光発電有りの年間電力費用を算出した(文末の試算 2 を参照)。私たちの試算では、全量買電の年間電力費用は 2020 年 89,880.0 円、2021 年 89,040.0 円、2022 年 112,560.0 円となった。また太陽光発電有りの年間電力費用は 2020 年 45,513.1 円、2021 年 44,963.3 円、2022 年 60,359.3 円となった。上記の数値より家計での太陽光発電の導入有無による年間電力費用の差異を分析したところ、太陽光発電有りでは全量買電と比べ年間電力費用を 2020 年 44,366.9 円、2021 年 44,076.7 円、2022 年 52,200.7 円削減できるという結果になった。特に、1-1 で述べた事由により買電単価が 2021 年よりも 5.6 円/kWh 上昇した 2022 年では、年間電力費用の削減額が 2021 年に比べ 8,124.0 円も削減額が増加した。

太陽光発電は 1-3 で述べたように、一度設置してしまえば為替変動や戦争などの外部要因の影響を受けないため年間当たりの費用は変動

することがない。そのため買電料金が上昇すればするほど太陽光発電による年間電力費用の削減額は増加することになる。

表 1 家計の前提条件

年間消費電力量(kWh) : 4200.0 買電単価(円/kWh) : 2020 年 21.4 2021 年 21.2 2022 年 26.8

参考：環境省(2022)「令和 2 年度家庭部門の CO2 排出実態統計調査資料編(確報値)」
(<https://www.isep.or.jp/archives/library/14364>)

新電力ネット(各年)「全国の電気料金単価」
(<https://pps-net.org/unit>)

表 2 太陽光発電の前提条件

容量(kW) : 4.0 想定稼働年数(年) : 25 年(太陽光パネルメーカーの保証期間が 25 年のため)
売電単価(円/kwh):21.0 初期費用(円/kWh):286,000.0 設備維持費用(円/年) : 12,000.0
設備利用率(%) : 13.8 自家消費率(%) : 30.0

参考：経産省(2023) 調達価格等算定委員会「令和 5 年度以降の調達価格等に関する意見」
(https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20230208_1.pdf)

経産省(各年) 資源エネルギー庁「過去の買取価格・期間等」
(https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html)

次に日本において電力価格変動リスクが高まった 2022 年に着目し、太陽光発電の導入有無による年間電力費用の対 2021 年比変動額の差

異を分析して、突発的な事由による電力価格変動リスクを回避できるのかを検証する。太陽光発電の導入有無による対 2021 年比変動額は全量買電 23,520.0 円、太陽光発電有りは 15,396.0 円となった。太陽光発電の導入で対全量買電比で 8124.0 円 { 1-15,396.0(円)÷23,520.0(円)=34.5% } 年間電力費用の変動を回避できているという結果になった。この 34.5% は、太陽光発電で発電した 4,835.5kWh の 30%(1,450.5kwh)を自家消費に充てており、これが家計の年間消費電力量 4200.0kWh の 34.5%分を占めているからだ。太陽光発電の年間あたりの費用は変動しないため、家計の年間電力消費量のうちどの程度それを太陽光発電で賄えるかによって太陽光発電による年間電力費用の変動回避額は変化する。家計の仮説 1 をまとめると、家計への太陽光発電の導入は年間電力費用を削減し、電力価格変動リスクを回避する効果を持つ。よって家計の仮説 1 は妥当である。

3-2. 家計の仮説(2)の検証

前節では家計に太陽光発電を導入した場合、年間電力費用を削減し変動を回避することができると確認した。この節では家計に太陽光発電と蓄電池を導入した場合の年間電力費用と、2022 年の対 2021 年比年間電力費用の変動額を算出し、その差異をそれぞれ分析する。年間電力費用を算出するための家計と太陽光発電の前提条件は前節から同条件とし、蓄電池の前提条件は以下の表 3 に設定した。蓄電池の導入により、太陽光発電のみの場合に発生していた余剰電力を全て蓄電する。家計の年間電力消費量をすべて太陽光発電で賄うため蓄電池の容量は 8kWh と設定する。また家計に太陽光発電と蓄電池を導入している家計を太陽光発電と蓄電池有りとする。

太陽光発電と蓄電池有りの年間電力費用を算出したところ、164,094.5 円となった(文末の試算 2 を参照)。太陽光発電と蓄電池有りの年間電力費用を 3-1 の全量買電の年間電力費用と比較すると 2020 年は 74,225.0 円、2021 年は 75,065.0 円、2022 年は 51,465.0 円年間電力費用が反って増加している結果になった。ロシアのウクライナ侵攻や円安など突発的な事由により、買電単価が 2021 年よりも 5.6 円/kWh 上昇した 2022 年においても年間電力費用は 51,465 円増加している。この結果の要因は蓄電池の kWh あたりの価格が高額であることが挙げられる。太陽光発電が果たす電力価格変動リスクを検証するには、リスクの発生有無に関わらず太陽光発電と蓄電池有りの場合の年間電力費用が全量買電の場合の年間電力費用よりも安価でなければ、導入のインセンティブが生まれない。

表 3 蓄電池の前提条件

容量：8.0kWh 想定稼働年数：15 年※太陽光発電の稼働年数 25 年のうち一度蓄電池を交換する必要あり 初期費用：187,000.0(円/kWh)
--

参考：株式会社三菱総合研究所(2021)「定置用蓄電システムの目標価格及び導入見通しの検討」

(https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/003_04_00.pdf)

次に太陽光発電と蓄電池の導入有無による年間電力費用の対 2021 年比変動額の差異を分析し、突発的な事由による電力価格変動リスクを回避できるのかを検証する。太陽光発電と蓄電池の導入有無による対 2021 年比変動額を算出すると、全量買電 23,520.0 円、太陽光発電と

蓄電池有りは0円となった。太陽光発電と蓄電池の導入で対全量買電比で2022年は23,520.0円 $\{1-0(\text{円}) \div 23,520(\text{円})=100.0\%$ 年間電力費用の変動を回避できているという結果になった。これは太陽光発電と蓄電池の導入で買電量が0kWhになり、買電単価変動の影響を受けずに済むためだ。

家計の仮説2の検証をまとめると、家計の太陽光発電と蓄電池の導入は電力価格変動リスクを完全に回避する効果を持つ。しかし、年間電力費用は買電単価が高騰した2022年においても全量買電と比べ51,465.0円増加していた。よって家計に蓄電池を導入する経済的利益はないという結論になり、家計の仮説2は棄却された。なお蓄電池の価格がどの程度低減すれば経済的利益が発生するのかは4-2において考察する。

3-3. 企業の仮説(1)の検証

この節では大学及び企業において太陽光発電の導入有無での年間電力費用と対2021年比の変動額の差異をそれぞれ分析する。年間電力費用を算出するための前提条件は以下の表4、表5に示した。

表4 大学Aの前提条件

容量(kW) : 542.0 想定稼働年数(年) : 25年 (太陽光パネルメーカーの保証期間が25年のため) 売電単価(円/kWh):21.0 初期費用(円):123,172,000.0 設備維持費用(円/年) : 12,000.0 自家消費率(%) : 100.0			
	年間消費電力量(kWh)	年間買電量(kWh)	買電単価(円/kWh)

2020年	2,688,948.0	2,173,962.0	25.8
2021年	3,011,006.0	2,408,100.0	25.9
2022年	3,184,790.0	2,602,752.0	37.5

参考：大学Aへ送付した質問状の回答結果

表5 物流Aの前提条件

容量(kW) : 530.0 想定稼働年数(年) : 25年 (太陽光パネルメーカーの保証期間が25年のため) 初期費用(円) 2013年: 16,218,000.0 2020年: 111,300,000.0 設備維持費用(円/年) : 2013年:3,710,000.0 2020年: 3,074,000.0 自家消費率(%) : 100.0			
	年間消費電力量(kWh)	年間買電量(kWh)	買電単価(円/kWh)
2020年	3,277,397.0	2,779,426.0	16.1
2021年	4,963,908.0	4,465,772.0	18.6
2022年	4,966,363.0	4,517,637.0	27.8

参考：物流Aへ送付した質問状の回答結果

表4の前提条件を基に、大学Aの2020年から2022年までの全量買電と太陽光発電有りの年間電力費用を算出した(文末の試算3を参照)。その結果、全量買電の年間電力費用は2020年69,374,858.0円、2021年77,985,055.0円、2022年119,429,625.0円となり、太陽光発

電有りの年間電力費用は 2020 年 62,015,100.0 円、2021 年 68,296,670.0 円、2022 年 103,530,080.0 円となった。次に表 5 の前提条件を基に、物流 A の 2020 年から 2022 年までの全量買電と太陽光発電有りの年間電力費用を算出した(文末の試算 4 を参照)。その結果、全量買電の年間電力費用は 2020 年 52,798,866.0 円、2021 年 92,477,606.0 円、2022 年 138,511,864.0 円となった。導入年時 2013 年の太陽光発電有りの年間電力費用は 2020 年 53,693,661.0 円、2021 年 93,394,444.0 円、2022 年 136,194,008.0 円となり、導入年時 2020 年の太陽光発電有りの年間電力費用は 2020 年 51,022,461.0 円、2021 年 90,723,244.0 円、2022 年 133,522,808.0 円となった。これらの算出結果を基に大学 A と物流 A それぞれ年間電力費用の比較を行う。

大学 A の太陽光発電導入による 年間電力費用の削減額

算出した太陽光発電の導入有無による年間電力費用の差異を分析したところ、太陽光発電有りでは全量買電と比べ年間電力費用を 2020 年 6,927,759.0 円、2021 年 9,688,385.0 円、2022 年 15,889,545.0 円削減できるという結果になった。買電単価に注目すると 2020 年で 16.1 円/kWh だったのに対して、2022 年で 27.8 円/kWh と 11.7 円/kWh も買電単価が高騰している。このように突発的な買電単価が高騰した 2022 年度の年間電力費用削減額は、2021 年に比べて 6,211,16.0 円増加している。3-1 家計の仮説(1)の検証でも述べたように、一度太陽光発電を設置すれば、為替変動や戦争など外部の要因の影響を受けず、年間の費用は一定である。そのため、買電単価が上昇すればするほど、太陽光発電による年間電力費用の削減額が増加することになる。

物流 A の太陽光発電導入による 年間電力費用の削減額

大学 A では全年度において太陽光発電の導入によって、全量買電の場合に比べて年間電力費用が削減できた。対して物流 A では太陽光発電の導入により反って全量買電よりも 2020 年は 894,795.0 円、2021 年は 916,838.0 円年間電力費用が上回ってしまう結果となった。しかし、2022 年は太陽光発電の導入によって 2,317,856.0 円削減している。2020 年と 2021 年で、太陽光発電有りの年間電力費用が全量買電の価格を上回った要因として物流 A の太陽光発電設備の導入年時が関係している。物流 A は 2013 年に太陽光発電設備を導入しており、2023 年現在と比べて導入費用が非常に高価であった。導入費用は年々低下傾向にある。産業用太陽光発電設備の平均的な導入費用は、1kW あたり 2013 年では 320,000.0 円に対して 2022 年では 170,000.0 円とおおよそ半額程度になっている(注 15)。このように導入年時によって太陽光発電設備の導入費用が大きく異なり、太陽光発電導入有りの年間電力費用に大きな影響を及ぼした。こうした背景を踏まえて、2020 年時の導入費用を用いて太陽光発電有無での年間電力費用の比較を行った。2013 年度と 2020 年度の太陽光発電の年間費用を比べると 2020 年度の方が 2,671,200.0 円も安価であった。そして 2013 年時の導入費用による年間電力費用を比較した結果とは対照的に、全年度において太陽光発電の導入により年間電力費用を削減した。太陽光発電の導入による年間電力費用の削減額は 2020 年 1,776,405.0 円、2021 年 1,754,362.0 円、2022 年 4,989,056.0 円となった。家計と大学 A と同様に、突発的な買電単価が高騰した 2022 年度の年間電力費用削減額は、2021 年に比べて 3,234,694.0 円と大きく増加している。

次に、大学 A 及び物流 A の太陽光発電の導入有無による年間電力費用の対 2021 年比変動額を比較し、電力価格変動リスクを回避できるのか検証する。太陽光発電の導入有無による対 2021 年比変動額を以下の表 6 にまとめた。表 6 によれば、太陽光発電の導入で対全量買電比で大学 A は 6,211,160.0 円{1-35,233,410.0(円)÷41,444,570.0(円)=14.9%}、物流 A は 3,234,694.0 円{1-42,799,564.0(円)÷46,034,258.0(円)=7.1%}年間電力費用の変動を回避できているという結果

になった。家計では年間消費電力量に占める太陽光発電による自家発電量が 34.5%に対して、3 年平均で大学 A は 19.0%、物流 A は 11.0%と年間消費電力量の自家発電量の割合が家計に比べて小さくなっている。そのため消費電力量に対する買電の割合が大きくなり、その分年間電力費用が更に変動するため、電力価格変動回避率は家計と比べ低下した。

企業の仮説 1 をまとめると、大学及び企業において太陽光発電の導入は年間電力費用を削減し、電力価格変動リスクを回避する効果を持つ。よって企業の仮説 1 は妥当である。

表 6 太陽光発電の導入有無による 2022 年の対 2021 年比年間電力費用変動額

大学 A		物流 A		大学 A	物流 A
全量買電	太陽光発電	全量買電	太陽光発電	太陽光発電 電気料金上昇回避額	太陽光発電 電気料金上昇回避額
41,444,570.0	35,233,410.0	46,034,258.0	42,799,564.0	41,444,570.0－35,233,410.0 =6,211,160.0	46,034,258.0－42,799,564.0 =3,234,694.0

3-4. 企業の仮説②の検証

質問表を送付し回答を得られた 7 社のうち小売 A、大学 A、大学 B の 3 社が蓄電池を保有していると回答した。蓄電池を保有する目的は、小売 A は BCP 対策(Business Continuity Plan；事業継続計画)、大学 A は非常用、大学 B は教育用と回答した。このように自家消費率向上を目的として蓄電池を保有している企業及び大学から回答を得られなかったため、企業の仮説 2 の検証は行うことができなかった。

4. 考察

4-1. 将来的な太陽光発電の電力価格変動リスクの回避効果のシナリオ分析

この節では家計における将来的な太陽光発電の電力価格変動リスクへの回避効果に注目し、将来的な電力価格のシナリオを3つ設定してそれぞれの年間電力費用をシミュレーションする。初めに家計の過去10年間(2013年度から2022年度)の電力価格(注17)をもとに電力価格の対前年度比の年間平均変動率を算出し、3つのシナリオを設定する。次に各シナリオの10年間の年間平均買電単価を算出し、これを用いて家計の年間平均の電力費用を求める。これにより各シナリオの年間電力費用の差異を分析する。

過去10年間の値を用いて電力価格の相乗平均を算出したところ、対前年度比の年間平均変動率は+3.2%となった。よって、シナリオ(1)は過去10年間の電力価格の変動が継続した場合を想定して変動率+3.2%、(2)は政府が2023年1月から実施している「電気・ガス価格激変緩和措置」のような政策で意図的に価格操作を行った場合を想定して変動率±0%、(3)は何らかの影響で電力価格が低減し、電力価格が10年前と同じ水準に戻ることを想定して変動率-3.2%と設定し、3つのシナリオで分析を行った。これらのシナリオの将来10年間の年間平均買電単価を算出したところ、シナリオ(1)33.1円/kWh、(2)27.7円/kWh、(3)23.3円/kWhとなった(文末の試算5を参照)。そして上記の数値と3-1と同様の条件を用いてシナリオ別の家計の年間平均の電力費用を算出し、その結果を表7にまとめた。

表7の太陽光発電による年間の平均電力費用削減額を見ると、(1)は61,277.6円、(2)は53,493.3円、(3)は47,051.1円と電力価格が上昇するにつれて削減額が大きくなることがわか

った。また、(3)は現在よりも電力価格が低くなることを想定しており、現在と比較すると年間平均の電力費用削減額が

$53,493.3(\text{円}) - 47,051.1(\text{円}) = 6,442.2(\text{円})$ 下がっているが、電力費用の削減自体は可能であることがわかった。したがって、電力価格が高くなるにつれて太陽光発電有りの電力費用の削減額は大きくなる。また、電力価格が低くなった場合でも年間電力費用の削減が可能であるため、いずれのシナリオでも太陽光発電を導入することで利益を生むことが可能である。

表7 シナリオ別将来10年間の家計の年間平均の電力費用(円)

	全量買電 (A)	太陽光 発電(B)	太陽光発電 による 年間電力費 用削減額 (A-B)
(1) 変動 率+3.2%	138,879. 7	77,602.1	61,277.6
(2) 変動 率±0%	116,340. 0	62,846.7	53,493.3
(3) 変動 率 -3.2%	97,686.0	50,634.9	47,051.1

次に、表8にシナリオ別将来10年間の年間平均の電力費用の変動額をまとめて太陽光発電の電力価格変動リスクへの回避効果を検証した。年間平均の電力費用変動額は(1)(A) 4,371.3円、(B) 2,861.6円、(3)(A) -3,174.5円、(B) -2,078.2円という数値になった。シナリオ(2)は変動率±0%であるため年間電力費用の変動額は0円となっている。

太陽光発電による年間平均の電力費用の変動回避率は変動率±0%の(2)を除いて、

(1)は $\{1 - 2,861.6(\text{円}) \div 4,371.3(\text{円})\} = 34.5\%$ 、(3)は $[1 - \{-2,078.2(\text{円})\} \div \{-3,174.5(\text{円})\}] = 34.5\%$ となっており、電力価格の変動に左右されず34.5%の回避効果を持つことがわかった。したがって、太陽光発電は電力価格変動リスクへの回避効果を持っており、年間電力費用の安定化を図ることが可能である。

表 8 シナリオ別将来 10 年間の年間平均の電力費用変動額(円)

	全量買電(A)	太陽光発電(B)	太陽光発電による年間電力費用の変動回避率 ($1 - B \div A$)
(1) 変動率 +3.2%	4,371.3	2,861.6	34.5%
(2) 変動率 ±0%	0	0	0%
(3) 変動率 -3.2%	-3,174.5	-2,078.2	34.5%

4-2. 太陽光発電と蓄電池の投資費用回収期間の分析

この節では蓄電池の導入が将来的に年間電力費用の削減効果をもつかどうかを明らかにする。そのため、蓄電池の導入による累積の年間電力費用の推移を太陽光発電の稼働年数である25年分シミュレーションを行う。電力価格の対前年度比の年間平均変動率は4-1のシナリオ(1)の+3.2%と仮定し、蓄電池は3-2と同様の条件とした。

導入年度から25年後の2044年度の太陽光

発電と蓄電池の導入による累積の年間電力費用と全量買電の累積の年間電力費用を算出した結果、太陽光発電と蓄電池の導入による累積の年間電力費用は4,047,553.0円、全量買電の累積の年間電力費用は4,207,400.0円となった。これらの数値を比較すると、全量買電よりも太陽光発電と蓄電池を導入する方が累積の年間電力費用が

$4,207,400.0(\text{円}) - 4,047,553.0(\text{円}) = 159,847.0(\text{円})$ 増加した。よって、シナリオ(1)では太陽光発電と蓄電池の導入は年間電力費用の削減効果をもたないことが明らかになった。これは蓄電池が非常に高価であることが原因である。また、上記の計算は蓄電池の稼働年数が15年であることから、8kWhの蓄電池を一度交換して算出している。そのため、累積の年間電力費用の差額を蓄電池1kWhあたりの価格に直すと $159,847.0(\text{円}) \div 2(\text{個}) \div 8(\text{kWh}) = 9,990.4(\text{円/kWh})$ となる。

したがって、2020年度に太陽光発電と蓄電池を導入した場合、太陽光発電の稼働年数である25年で太陽光発電と蓄電池の費用を回収することはできないことがわかった。仮に太陽光発電と蓄電池の費用を稼働年数25年で回収しようとした場合、蓄電池の現在の費用187,000.0円/kWhから9,990.4円/kWh(5.3%)分の価格下落もしくは補助金の受給が必要である。

おわりに

本稿では、太陽光発電を家計・企業に導入することで、年間電力費用を削減し変動を抑える電力価格変動リスクの回避効果を明らかにした。太陽光発電は一度設置すれば戦争や為替変動などの社会経済変動の影響を受けることなく発電可能である。なので電力価格変動リスクの

回避効果の度合いは、発電した電力量が消費電力量に占める割合に応じて変化する。

また太陽光発電に蓄電池を加えることは家計では反って年間電力費用の増加をまねき、現行の価格では想定稼働年数のうちに投資費用を回収できないことがわかった。そのため蓄電池の導入には補助金を受給するか将来の蓄電池の価格低減を待つ必要がある。

2022 年の日本において電力価格の高騰をもたらしたロシアのウクライナ侵攻や円安など、突発的に発生した社会経済変動は本稿を執筆中の 2023 年 11 月時点でも終息しておらず、また新たに 2023 年 10 月石油産出国が多い中東のイスラエルとパレスチナでも戦争が発生し日本のエネルギー調達に影響を与えている。こうした情勢下で家計・企業の太陽光発電の導入は多大な利益を生むはずだ。

最後に、本論文の作成にあたりご協力いただいた全ての企業、団体に感謝の意を示し、この論文を結ぶ。

【注釈】

1. NHK 国際ニュースナビ「円安加速 1 ドル =150 円何が要因なの？説明します」(2022/10/21)より
2. ISEP 環境エネルギー政策研究所「2022 年の自然エネルギー電力の割合(暦年・速報)」より
3. 経産省(2022) 資源エネルギー庁「日本の化石燃料輸入先(2021 年)」より
4. 新電力ネット(各年)「全国の電気料金単価」より高圧電力と電灯(低圧)電力の平均を算出
5. CIF 価格とは：Cost, Insurance and Freight の略称。国際貿易における価格表示法の一つで、本船渡し(FOB)価格に仕向地までの運賃と保険料を加えた価格をいう。

6. MT とは：Metric Ton の略。

メートルのトン。1,000 キログラム。

7. 新電力ネット「天然ガス価格の推移」より
8. 新電力ネット「石炭価格の推移」より
9. 日本銀行「主要時系列統計データ表」より
10. 新電力ネット(各年)「全国の電気料金単価」より
11. 経産省 中小企業庁「中小企業白書 小規模企業白書 2021 年度版下 小規模事業者の底力」より
12. キャプテラ「電気代高騰の影響を受けている中小企業のうち 68%が「収益が減少」」より
13. エネカリとは：東京電力グループの TEPCO ホームテックが提案する初期費用 0 円、月々定額の利用料で様々な省エネ設備を利用できるサービス。
14. 倉庫 A：関西と関東に拠点を持つ大手企業
倉庫 B：グローバル展開を行っている大手企業 の子会社
物流 A：某大手加工食品会社の子会社
物流 B：某大手商社の子会社
小売 A：東海地方を拠点に小売業を営む企業
大学 A：千葉県にある私立大学
大学 B：東京都にある私立大学
15. 経産省 資源エネルギー庁「太陽光発電について」(2022 年 12 月)より
16. シェール革命とは：かつて採掘が困難であった頁岩(シェール)層から天然ガスや石油の採掘が可能になったこと
17. 新電力ネット(各年)「全国の電気料金単価」には 2016 年までのデータしかなかったため、経産省(2022)「電気料金平均単価の推移」から 2016 年以前のデータを抽出して電力価格を算出

【試算】

(試算 1)

(太陽光発電設備費用+維持費)÷年間発電量
(56,200+15,000)÷6044.4kWh/年≒12 円/kWh

(試算 2)

家計

【全量買電の年間電力費用】

2020 年：4200.0(kWh)×21.4(円/kWh)=89,880.0 円
2021 年：4200.0(kWh)×21.2(円/kWh)=89,040.0 円
2022 年：4200.0(kWh)×26.8(円/kWh)=112,560.0 円

【太陽光発電有りの年間電力費用】

太陽光発電の年間費用

[286000.0(円/kw)×4(kw)]

÷25(年)+12000.0(円/年)=57,760.0 円(円/年)

太陽光発電有りの年間買電量

太陽光発電の年間発電量

{4(kW)×24×365}×0.138=4,835.5kWh(kWh/年)

太陽光発電の自家消費量

4,835.5(kWh/年)×0.3=1,450.7(kWh/年)

太陽光発電有りの年間買電量

4200(kWh/年)-1,450.7(kWh/年)=2,749.3(kWh/年)

太陽光発電有りの買電料金

2020 年：2,749.3(kWh)×21.4(円/kWh)=58,835.0 円

2021 年：2,749.3(kWh)×21.2(円/kWh)=58,285.2 円

2022 年：2,749.3(kWh)×26.8(円

/kWh)=73,681.2 円

売電利益

4,835.5(kWh)×0.7×21.0(円

/kWh)=71,081.9

太陽光発電有りの年間電力費用

2020 年：57,760+58,835.0-71,081.9=45,513.1 円

2021 年：57,760+58,285.2-71,081.9=44,963.3 円

2022 年：57,760+73,681.2-71,081.9=60,359.3 円

【太陽光発電と蓄電池有りの年間電力費用】

太陽光発電と蓄電池の年間電力費用

57,760.0(円/年)+{187,000.0(円/kWh)×8.0(kWh)}×2÷25(年)=177,440.0 円(円/年)

年間売電利益

{4835.5(kWh/年)-4200.0(kWh/年)}×21.0(円/kWh)=13,345.5 円(円/年)

太陽光発電と蓄電池有りの年間あたりの年間電力費用

177,440.0(円/年)-13,345.5(円/年)=164,094.5 円(円/年)

(試算 3)

大学 A

【全量買電の年間電力費用】

2020 年：2,688,948(kWh)×25.8(円/kWh)=69,374,858.0 円

2021 年：3,011,006(kWh)×25.9(円/kWh)=77,985,055.0 円

2022 年：3,184,790(kWh)×37.5(円/kWh)=119,429,625.0 円

【太陽光発電有りの年間電力費用】

太陽光発電の年間費用

$123,172,000 \div 25(\text{年}) + 12000(\text{円/年}) = 5,926,880.0(\text{円/年})$
 太陽光発電有りの買電料金
 2020 年 : $2,173,962(\text{kWh}) \times 25.8(\text{円/kWh}) = 56,088,220.0 \text{ 円}$
 2021 年 : $2,408,100(\text{kWh}) \times 25.9(\text{円/kWh}) = 62,369,790.0 \text{ 円}$
 2022 年 : $2,602,752(\text{kWh}) \times 37.5(\text{円/kWh}) = 97,603,200.0 \text{ 円}$
 太陽光発電有りの年間電力費用
 2020 年 :
 $5,926,880 + 56,088,220 = \underline{62,015,100.0 \text{ 円}}$
 2021 年 :
 $5,926,880 + 62,369,790 = \underline{68,296,670.0 \text{ 円}}$
 2022 年 :
 $5,926,880 + 97,603,200 = \underline{103,530,080.0 \text{ 円}}$

(試算 4)

物流 A

【全量買電の年間電力費用】

2020 年 : $3,277,397(\text{kWh}) \times 16.1(\text{円/kWh}) = \underline{52,798,866.0 \text{ 円}}$
 2021 年 : $4,963,908(\text{kWh}) \times 18.6(\text{円/kWh}) = \underline{92,477,606.0 \text{ 円}}$
 2022 年 : $4,966,363(\text{kWh}) \times 27.8(\text{円/kWh}) = \underline{138,511,864.0 \text{ 円}}$

【導入年時 2013 年の太陽光発電有りの年間電力費用】

太陽光発電の年間費用

$162,180,000 \div 25(\text{年}) + 3,710,000(\text{円/年}) = 10,197,200.0(\text{円/年})$
 太陽光発電有りの買電料金
 2020 年 : $2,779,426(\text{kWh}) \times 16.1(\text{円/kWh}) = 44,776,552.0 \text{ 円}$
 2021 年 : $4,465,772(\text{kWh}) \times 18.6(\text{円/kWh}) = 83,197,332.0 \text{ 円}$

2022 年 : $4,517,637(\text{kWh}) \times 27.8(\text{円/kWh}) = 125,996,895.0 \text{ 円}$
 太陽光発電有りの年間電力費用
 2020 年 :
 $10,197,200 + 44,776,552 = \underline{53,693,661.0 \text{ 円}}$
 2021 年 :
 $10,197,200 + 83,197,332 = \underline{93,394,444.0 \text{ 円}}$
 2022 年 :
 $10,197,200 + 125,996,895 = \underline{136,194,008.0 \text{ 円}}$
 【導入年時 2020 年の太陽光発電有りの年間電力費用】

太陽光発電の年間費用

$111,300,000 \div 25(\text{年}) + 3,074,000(\text{円/年}) = 7,526,000.0(\text{円/年})$

太陽光発電有りの買電料金

2020 年 : $2,779,426(\text{kWh}) \times 16.1(\text{円/kWh}) = 44,776,552.0 \text{ 円}$

2021 年 : $4,465,772(\text{kWh}) \times 18.6(\text{円/kWh}) = 83,197,332.0 \text{ 円}$

2022 年 : $4,517,637(\text{kWh}) \times 27.8(\text{円/kWh}) = 125,996,895.0 \text{ 円}$

太陽光発電有りの年間電力費用

2020 年 :
 $7,526,000 + 44,776,552 = \underline{51,022,461.0 \text{ 円}}$

2021 年 :
 $7,526,000 + 83,197,332 = \underline{90,723,244.0 \text{ 円}}$

2022 年 :
 $7,526,000 + 125,996,895 = \underline{133,522,808.0 \text{ 円}}$

(試算 5)

【買電単価】

(1) $28.6 * (1.032^{10-1}) \div (1.032 - 1) \div 10 = 33.1(\text{円/kWh})$

(2) $27.7(\text{円/kWh})$ (参考：新電力ネット「全国の電気料金単価」)

(3) $26.8 * (0.968^{10-1}) \div (0.968 -$

1) ÷ 10 = 23.3 (円/kWh)

【表 7 シナリオ別将来 10 年間の家計の年間平均電力費用】

(1)(A) $4,200(\text{kWh}) \times 33.1(\text{円/kWh}) = 138,879.7$
(円)

(B) $57,760(\text{円}) + 2749.5(\text{kWh}) \times 33.1(\text{円/kWh}) - 71,074.5(\text{円}) = 77,602.1$ (円)

(2)(A) $4,200(\text{kWh}) \times 27.7(\text{円/kWh}) = 116.340$ (円)

(B) $57,760(\text{円}) + 2749.5(\text{kWh}) \times 27.7(\text{円/kWh}) - 71,074.5(\text{円}) = 62,846.7$ (円)

(3)(A) $4,200(\text{kWh}) \times 23.3(\text{円/kWh}) = 97,686.0$
(円)

(B) $57,760(\text{円}) + 2749.5(\text{kWh}) \times 23.3(\text{円/kWh}) - 71,074.5(\text{円}) = 50,634.9$ (円)

【参考文献・URL】

株式会社三菱総合研究所(2021)「定置用蓄電システムの目標価格及び導入見通しの検討」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/003_04_00.pdf

環境省(2022)「令和 2 年度家庭部門の CO2 排出実態統計調査資料編(確報値)」

<https://www.env.go.jp/content/000039342.pdf>

経産省(2023) 調達価格等算定委員会「令和 5 年度以降の調達価格等に関する意見」

https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20230208_1.pdf

経産省(2022)「電気料金平均単価の推移」

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/>

[energy2022/002/](https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2022/002/)

経産省(各年) 資源エネルギー庁「過去の買取価格・期間等」

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html

経済産業省 資源エネルギー庁(2022)「日本の化石燃料輸入先(2021 年)」

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2022/001/>

経産省(2022) 資源エネルギー庁「太陽光発電について」

https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/082_01_00.pdf

新電力ネット(各年)「全国の電気料金単価」

<https://pps-net.org/unit>

新電力ネット(各年)「天然ガス価格の推移」

<https://pps-net.org/statistics/gas>

新電力ネット(各年)「石炭価格の推移」

<https://pps-net.org/statistics/coal3>

ISEP 環境エネルギー政策研究所(2023)「2022 年の自然エネルギー電力の割合(暦年・速報)」

<https://www.isep.or.jp/archives/library/14364>

日本銀行(各年)「主要時系列統計データ表」

https://www.stat-search.boj.or.jp/ssi/mtshtml/fm08_m_1.html

キャプテラ(2022)「電気代高騰の影響を受けている中小企業のうち 68%が「収益が減少」」

<https://www.capterra.jp/blog/3257/how-are-smbs-facing-the-electricity-price-rise>

NHK 国際ニュースナビ(2022)「円安加速 1 ドル=150 円 何が要因なの? 説明します」

https://www3.nhk.or.jp/news/special/international_news_navi/articles/qa/2022/10/21/26374.html

経産省 中小企業庁(2021)「中小企業白書 小規模 企業白書 2021 年度版下 小規模事業者の底力」

[https://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/](https://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/2021/PDF/shokibo/00sHakusyo_zentai.pdf)

[2021/PDF/shokibo/00sHakusyo_zentai.pdf](https://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/2021/PDF/shokibo/00sHakusyo_zentai.pdf)

TEPCO ホームテック株式会社「エネカリとは」

<https://www.tepco-ht.co.jp/enekari/about/>

TEPCO ホームテック株式会社

<https://www.tepco-ht.co.jp/index.html>

【添付資料 1：質問票調査用紙】

下記の質問 Q1～Q5 では、貴社が設置している太陽光発電設備についてお伺いします。

Q1

私たちは、太陽光による自家発電がもたらす電力価格変動リスク回避効果の研究において、貴社の電力の使用状況、太陽光発電の規模を把握する必要があります。差し支えなければ、下記の各項目の数値について概算で結構ですので提供していただくことは可能でしょうか。可能であれば回答お願いいたします。

Q1-1

太陽光発電システム設置年における初期費用(千円) [任意] と容量(kW) [必須]

太陽光発電設置年における初期費用 (千円)	容量(kW)
--------------------------	--------

--	--

Q1-2

現在の太陽光発電の容量(kW) [必須] と太陽光発電増設時にかかった費用(千円) [任意]、年間維持費用(円) [任意]

現在の太陽光発電の容量(kW)	太陽光発電増設時にかかった費用*(千円)	年間維持費用(円)

*増設していなければ空欄で問題ありません。

Q1-3

暦年每であれば2020年1月1日から2022年12月31日までの、会計年度每であれば2020年4月1日から2023年3月31日までの

- ・電力消費量(kWh) [必須]
- ・太陽光発電量(kWh) [必須]
- ・買電量(kWh) [必須]
- ・売電量(kWh) [必須]
- ・買電単価(円/kWh) [任意]
- ・売電単価(円/kWh) [任意]

暦年・会計年度(どちらかにチェックをお付けください。)

- ☐ 暦年
- ☐ 会計年度

	電力消費 量 (kWh)	太陽光発電 量 (kWh)	買電単価(千円 /kWh)	買電量 (kWh)	売電単価(千円 /kWh)	売電量 (kWh)
2020 年						
2021 年						
2022 年						

Q 2

貴社が太陽光発電を導入するに至った目的についてお伺いします。また、導入方法に関して、主にPPA、リース、自己所有型の3つの選択肢がありますが、貴社ではどのような導入方法を選ばれたのかお聞かせください。さらに蓄電池の導入有無とその理由、加えて導入している場合は導入日時と蓄電池の容量についてもお伺いします。

Q 2 - 1

太陽光発電を導入した当時と現在で、重視した目的を最大3つまで選択してください。1：最も重視 2：次に重視 3：やや重視、以上の数字を枠内にご記入ください。 [必須]

	導入当時	現在
I.環境対策（CO2 削減）		
II.電気料金の節約		
III.非常用の電源として		

IV.企業価値の向上		
V.電力価格の高騰への対応		
VI.その他()		

Q2-2

太陽光発電設備の導入形態について（複数選択可） [必須]

- ☐ 1.PPA
- ☐ 2.リース
- ☐ 3.自己所有
- ☐ 4.その他()

Q2-3

蓄電池の導入有無とその理由について [必須]

- ☐ 1.導入している 理由 ()
- ☐ 2.導入していない 理由 ()

Q2-4 Q2-3で1.と回答した事業者様へ

	蓄電池設置日時西暦 (年 月)	当時の蓄電池容量(kWh)
初期設置時		
①増設時		
②増設時		
③増設時		

Q3-1

2019 年平均の電気料金を基準として、20. 21. 22 年平均の電気料金は何%上昇したのでしょうか。

[必須]

	2019 年平均を基準とした 電気料金の上昇率(%)
2020 年	
2021 年	
2022 年	

Q3-2

年間電気料金総額の削減率は何%程度でしょうか。2020 年から 2022 年までの暦年の削減率(%)についてお聞かせください。 [必須]

	削減率(%)
2020 年	
2021 年	
2022 年	

Q4-1

事業用太陽光発電の費用回収には平均で 10~12 年必要と聞きます。貴社では太陽光発電施設のみの費用を何年で回収できると予測していますか。 [必須]

投資回収期間(年)	
-----------	--

Q4-2

太陽光発電を導入する際に補助金制度を利用されたのでしょうか。 [必須]

- ☐ 1.補助金制度を利用した
- ☐ 2.補助金制度を利用していない

Q4-3

Q4-2で1.と答えた事業者様へ、もし可能であればその利用した補助金制度と補助額をお聞かせください。 [任意]

利用した補助金制度	補助額(千円)

Q5

貴社では今後、太陽光発電を拡大するつもりでしょうか。理由もございましたら併せてお伺いします。 [必須]

- ☐ 1.拡大する 理由()
- ☐ 2.現状維持 理由()

□ 3.縮小する 理由()

質問は以上です。ご協力いただき誠にありがとうございました。