

大学における太陽光発電システムおよび コージェネレーションシステムの導入に関する一考察

A consideration regarding the introduction of cogeneration system and solar power generation system at university

河野敏鑑[†] 池田碧斗[†] 鶴池裕太[†] 佐伯連[†] 高見雄飛[†] 高山恵輔[†]
地引健悟[†] 徳永優太[†] 萩原克哉[†] 吉川航平[†] 吉野康太[†]

Toshiaki KOUNO[†] Aoto IKEDA[†] Yuta UIKE[†] Ren SAEKI[†] Yuhi TAKAMI[†] Keisuke TAKAYAMA[†]
Kengo JIBIKI[†] Yuta TOKUNAGA[†] Katsuya HAGIWARA[†] Kohei YOSHIKAWA[†] Kota YOSHINO[†]

[†] 専修大学 ネットワーク情報学部
[†] School of Network and Information, Senshu University

要旨:

本研究は大学において太陽光発電システムやコージェネレーションシステムを導入した場合の影響について考察しようとするものである。まず、2019年度の生田キャンパスにおける電力・ガスの使用量を調べたところ、それぞれ約1500万kWh、65万立方メートルであることが明らかになった、次にキャンパス内の未利用の屋上などに太陽光パネルを設置すると、年間で約250万kWhの電力を発電できること、加えてコージェネレーションシステムを導入すると大学の電気・ガス使用量の半分程度を賄えることが明らかになった。これに必要な投資は補助金が全くなかったとしても6年～10年程度で回収できるため、導入する意義はあるものの、生田キャンパスで再生可能エネルギー100%を達成するには不十分であり、そのためには建物の断熱化など他の手段と組み合わせる必要がある。

Abstract:

We investigate the consumption of electricity and natural gas at Ikuta Campus Senshu University. We show we used 15,000,000kWh electricity and 650,000 cubic meter gas in FY2019 at the campus. We estimate the amount of reduction of electricity and gas at the campus if we install cogeneration system and solar power generation system. We show that solar power generation system could produce 2,500,000kWh in a year and that both systems could produce the half of energy consumed at the campus. This result suggests that other measures such as strengthening the insulation of buildings are necessary in order to achieve 100% renewable energy on campus.

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故を契機に日本国内では再生可能エネルギーに対する関心が高まっている。また、国連サミットで合意された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」の中で掲げられたSDGs（持続可能な開発目標）やドイツにおける脱原発の動きもこうした関心をさらに高めている。さらに、ロシアによるウクライナへの侵攻などを背景にした原油・ガス価格の高騰も関心を押し上げるのに大きく影響していると思われる。

環境問題解決への貢献が求められているのは一般企業だけではない。大学もその例外ではなく、研究や教育を通じた貢献が求められているほか、日々の運営においても消費エネルギーの削減などが求められている。

本研究では、特に専修大学生田キャンパスにおける電力消費・ガス消費に着目した上で、生田キャンパスに太陽光発電システムおよびコージェネレーションシステムを導入した場合の削減可能なエネルギー量や電気及びガス料金を試算した。

2. データ

本研究において利用したデータはまず、2019年度（2019年4月～2020年3月）の専修大学生田キャンパスの消費電力・ガスのデータである。このデータは1時間単位、かつ、建物単位で電力・ガスの消費量が分かるデータである。なお、設備点検などの理由により、一部でデータの欠損などがある。データはPDFファイルで提供され、そのままでは統計処理ソフトで利用することが出来なかったため一部を手打ちでCSVファイルに入力したが、大部分についてはOCRソフトを利用することとした。そこで、無料のOCRソフトや市販されているOCRのお試し版などをいくつか利用したが、認識の精度が著しく悪かったため、これらのOCRソフトの利用は断念することとなった。最終的には安藤映准教授が開発したOCRソフト[1]を利用してCSVファイルに変換し、誤りなどを手入力にて修正することにした。

次に、キャンパス内に太陽光発電システムを導入した場合の発電量の予測に用いたデータについて説明する。太陽光発電量＝システム容量×日射量×損失係数であるが、このうちシステム容量は設置する太陽光パネルの面積によって決まり、損失係数は季節によって決まる。一方で日射量は場所によって異なるため、日射量をどのように推計するのが重要となる。日射量を予測するモデルはいくつかある[2][3]が、本研究では1時間単位で発電量を予測することが可能なNEDO

のデータベース[4]を利用した。

具体的には、このサイトで挙げられている場所の中から専修大学生田キャンパスに最も近い場所である東京都府中市を選び、傾斜角を30度、方位角を0度とする斜面日射量(平均年)を1時間単位で求めてこれを日射量とした。

3. 生田キャンパスにおける年間電力消費量と年間電気代

太陽光発電システムおよびコージェネレーションシステムを導入した場合の削減可能なエネルギー量や電気及びガス料金を試算する前に、現時点での生田キャンパスの年間電力消費量を計算した。前述した2019年度(2019年4月～2020年3月)の専修大学生田キャンパスの消費電力データを電子化し、積算したところ、年間電力消費量は15,581,754kWhであった。なお、[5]によると一般家庭1世帯の電力消費量は4,047kWhなので、生田キャンパスでは一般家庭3,850世帯分の電力を消費している計算になる。

さて、月別データをグラフ化したものは図1の通りであるが、年間消費量が最も多いのは7月で1月がそれに次いでいる。冷暖房需要が大きいと思われる夏と冬の消費量が大きく、そうではない春と秋は消費量がそれほど高くないことがわかる。また、8月と3月の消費量が低いことから、学生があまりキャンパスに来ない時期の電力消費量は低くなることが予想される。¹

次に、電気代を計算したい。高圧の電力の場合、需要家が電力会社と交渉の上、電力料金表よりも安い単価で電気を購入することが可能である。専修大学の場合もそのような交渉を行い、料金表よりも安い単価で電気を購入していると聞いているが、その具体的な単価は守秘義務などの関係もあり明らかではないので、ここでは料金表にしたがって計算することにした。まず、基本料金は基本料金単価×契約電力×力率割引率であるが、料金表より基本電力単価は1,716円/kW、契約電力は5,211kW、力率割引率は100%として、8,942,076円/月と計算した。²次に電力量料金については夏季の単価を17.54円/kWh、その他の季節の単価を16.38円/kWhとし、ここから燃料費調整額[7]を加減算した。また、再エネ賦課金については2.95円/kWhとして計算した。[8]その結果、年間の電気代は390,440,216円と計算された。

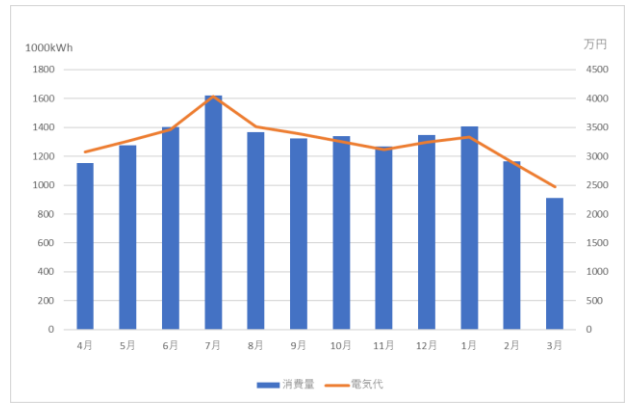


図1 消費電力量及び電気代

4. 太陽光発電と節約できる電気代の推計

太陽光発電量を推計するために、まず、太陽光パネルの設置可能面積を求めることとした。手始めにキャンパス内の建物ごとの屋上面積などを計算した。計算する際には地図アプリ Mapion に付帯しているキョリ測という機能を利用した。その上で、太陽光パネルを設置しても建物の寿命がすぐに到来する古い建物や既に通路として使用されている部分、南側により高層の建築物があつて日陰となる部分などを除外した。その結果、表1のように太陽光パネルを設置可能な面積を28,849平方メートルと推計した。

太陽光発電量の計算方法は、システム容量×日射量×損失係数である。システム容量は太陽光パネルを置ける面積から算出して2,200kWとした。[9]日射量はNEDOのデータベースをもとにして試算した。[10]損失係数は[11]を元に、季節毎に0.75,0.7,0.8として³試算した。以上のようにして、太陽光発電量を1時間単位で推定したが、これを月別にグラフにしたものが図2の通りであり、年間太陽光発電量を求めると2,668,482kWhとなった。

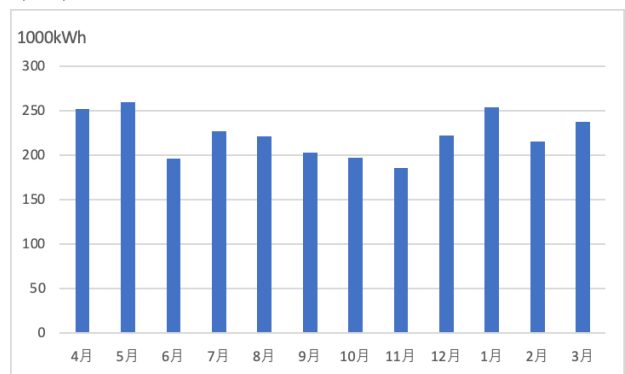


図2 月別太陽光発電量

¹ 2020年3月については11日に新型コロナウイルスの世界的な流行(パンデミック)が始まったとWHOが認識を示すなどしていることが影響している可能性があり、その点には留意が必要であろう。

² [6]によると契約電力は、当月を含む過去1年間の各月の最大需要電力のうちで最も大きい値とされており、最大需要電力とは、30分毎の平均使用電力のうち、月間で最も大きい値とされている。2018年度の消費電力データは手元

にないので、ここでは2019年度の消費電力データ(1時間単位)の最大値を契約電力と考えた。調べたところ、電気設備点検後の異常値をのぞくと2019年7月29日14時に記録した5,211kWが最大値であったので、これを契約電力と考えた。

³ 具体的には3,4,5,9,10,11月を0.75、6,7,8月を0.7、1,2,12月を0.8とした。

表1 太陽光パネルを設置できそうな面積

建物	屋上面積推測(m ²)		(m ²)	建設年	備考
1号館	1,980	☑	1,980	1979	1981年増築
2号館	2,592	☑	2,592	2017	
3号館	900	☑	900	2017	
4号館(高い屋上のみ)	1,054	☑	1,054	1966	隙の可能性も考え高い部分を除外、(画像1)
4号館(全て)	2,150	☐	0	1966	
5号館	1,650	☐	0	1971	古いため除外?
6号館	1,173	☐	0	1965	1975年に改築、2017年から閉鎖
6号館(土地面積)	2,604	☑	2,604	1965	取壊しのため土地面積で推測
7号館	874	☑	874	1987	
8号館(納費金を除く)	1,373	☐	0	1991	屋上は全て通路になっているため設置不可
9号館(一部)	791	☑	791	1997	設置可能でありそうな部分を抽出、(画像2)
9号館(全て)	4,770	☐	0	1997	
10号館(南)	2,016	☑	2,016	2007	南、高いところ、(画像3)
10号館(北)	2,764	☐	0	2007	北側、低いところ
11号館	850	☑	850	2009	
図書生田分館	1,440	☑	1,440	1968	pdf、2001年にリニューアル
総合体育館	4,625	☑	4,625	1983	
第1体育館	2,116	☐	0	1967?	古い?屋根が弱い?除外?、旧名:生田体育館?なら1967
生田会館	1,080	☑	1,080	1966	
第1学生自治会館	480	☑	480	1966	
第2学生自治会館	225	☑	225	1970	
第3学生自治会館	308	☐	0	?	木の中に埋もれているため当たらない
グリーンテラス	246	☑	246	1982	
生田倉庫	640	☑	640	1977	
第1体育館(東第2体育館)	2,038	☑	2,038	2015	第1体育館と第2体育館は同じ建物
第2体育館	1,133	☑	1,133	2004	
第1体育館別館	153	☑	153	1964?	旧名:生田体育館別館?であれば1964
北G管理棟	797	☑	797	1989?	グラウンドと一緒になら
国際交流会館	1,797	☑	1,797	2014	
購買会	225	☑	225	1991	
9号館前駐車場(土地面積)	1,050	☐	0	-	およそ96台収容(上空写真で数えた限り)
正門前駐車場(土地面積)	576	☐	0		
相模原館	309	☑	309	?	第1体育館別館隣
セブンイレブン	104	☐	0	?	専大の建物??
上置かれた設備					キャンパスから離れた大学設備
第3体育館	408	☐	0	?	
生田研修館	335	☐	0	?	旧:
女子体育館	189	☐	0	?	
		☐	0		
合計			28,849		—チェックを入れたものの合計が表示されます

次に、太陽光発電の導入によって節約できる金額を求めた。太陽光発電で発電した電気については、1. 生田キャンパスで自家消費する。2. 売電する。3. 神田や石巻に自己託送して使う。という3つの選択肢がある。それぞれ節約できる金額を1kWhあたりで算出した。自家消費の場合は電力の従量料金そのものが節約できる金額なので、夏は単価17.54円+再エネ賦課金2.95円=20.49円、夏以外は単価16.38円+再エネ賦課金2.95円=19.33円が1kWhあたりの節約できる金額である。売電する場合は買取価格そのものが節約できる金額であり、FIT制度・FIP制度における1kWhあたりの買取価格で2022年度10円、2023年度9.5円となる。[12]自己託送の場合は電力の従量料金そのものが節約できるが、1kWhあたり11.45円の託送費用がかかるので、1kWhあたりの節約できる金額は差し引き、夏の場合は20.49-11.45=9.04円、夏以外の場合は19.33-11.45=7.88円となる。[13]よって、太陽光発電で発電した電気については、1→2→3の順番で使用していくのが合理的である。

我々が推計した結果、生田キャンパスの消費電力量は大部分の時間で太陽光発電量を上回っており、発電した電気の大部分は自家消費することが可能である。一部、土日祝日などで太陽光発電量がキャンパスの消費電力量を上回る時間帯があり、自家消費できない電力量は69,095kWh、売電した場合の収入は69,065×9.5=656,407円と推計した。なお、自家消費できる電力量は7~9月は630,942kWh、それ以外の時期は1,968,443kWhである。さらに、基本料金の減額分を推計するために最大需要電力を推計してこれを4,436kWとした。⁴

以上の結果、節約できる電気代の試算は表2に示している通りとなる。1年目は51,634,450円を節約でき、2年目以降は前年度の最大需要電力に応じて決まる基本料金の減額分、(5,211kW×4,436kW)×1,716円/kW×12ヶ月=15,958,800円が

⁴ 2019年度の1時間単位の消費電力から太陽光発電の1時間単位の発電量を差し引き、その最大値を新たな契約電力の推計値とすることにした。計算した結果、電気設備点検後の異常値をのぞくと2019年7月25日15時に記録した

加算されて、毎年の節約額は67,593,250円となる。

表2 太陽光導入により節約できる電気代

	電力量(kWh)	単価(円/kWh)	節約額(円)
夏(自家消費)	630,943	17.54	11,066,740
夏以外(自家消費)	1,968,444	16.38	32,243,112
再エネ賦課金	2,599,387	2.95	7,668,191
売電	69,095	9.5	656,407
基本料金			15,958,800
1年目節約額			51,634,450
2年目節約額			67,593,250

最後に、太陽光パネルを自ら設置する場合には初期費用が生じるため、そのお金を回収できる見通しについても計算した。[14]を参考に初期費用を50,160万円、毎年の維持費を1,320万円と推計した。そして費用と節約額(いずれも金利をゼロとして計算した際の累積額)をグラフにすると図3のようになった。

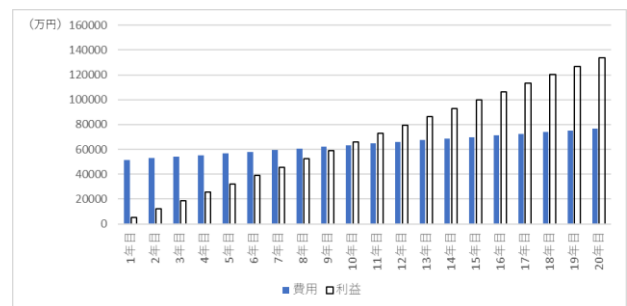


図3 太陽光パネルの費用と節約額(累積)

以上の結果をまとめると太陽光発電によって、大学全体の電力消費量の約17%を賄うことができる。そして、太陽光発電設備の投資を回収できるまでには約10年を必要とする。なお、この試算では補助金を一切考慮していないが、補助金次第では投資回収年数が大幅に短縮される可能性があるため、その点には留意が必要である。

5. コージェネレーションシステムの導入について

ここからは、太陽光発電の導入に加えて、ガスエンジンを用いたコージェネレーションシステムを導入することについて考えたい。コージェネレーションシステムとは、天然ガス・石油・LPガス・バイオ燃料などを熱源として、エンジン・タービン・燃料電池などを用いて電力を生産し、その際に生じる廃熱も同時に回収し冷暖房・給湯・蒸気などとして無駄なく利用することができるシステムである。一般的な火力発電では発電の際に生じる熱エネルギーを遠隔の需要地にまで運ぶことができないため、発電時に生じる熱の約6割は利用されずに廃熱となってしまう。しかし、コージェネレーションでは需要地の近くで発電を行うため、熱を廃棄せずに利用でき、高いエネルギー効率の実現が可能である

4,436kWが最大値となったので、これを新たな契約電力の推計値とした。

[15][16]。バイオ燃料を熱源とすることができれば、専修大学の二酸化炭素排出量の削減に大きく貢献すると考えられるが、生田キャンパスでバイオ燃料を入手することは現状では容易でないため、今回は東京ガスから供給される都市ガスを燃料にするガスエンジンをを用いたコージェネレーションシステムについて試算することとした。

コージェネレーションシステムが産み出す熱についてはキャンパス外に輸送して消費することが困難であるほか、電力についても先述したように売電するより自己消費の方が効率的である。そのため、システムが産み出す熱や電気についてはキャンパス内で全て消費できる範囲内としなければ非効率となるので、現時点でのキャンパス内での電力およびガスの消費量を把握する必要がある。

電力についてはここまで消費量を把握しているので、専修大学生田キャンパスにおける年間ガス消費量、及び年間の推定ガス代をさらに調べた。PDF 化された設備日報を用いてガスのデータを Excel に入力した結果、ガス消費量は 653,057 m³、そこから推定されるガス代は 34,630,834 円となった。ガスについても電気と同様に需要家がガス会社と交渉の上、料金表よりも安い単価で購入することが可能である。専修大学でもそのような交渉を行い、料金表よりも安い単価で購入していると聞いているが、その具体的な単価は守秘義務などの関係もあり明らかではないので、電力と同様、ガスについても料金表にしたがって計算することとし、基本料金と単価は東京ガスの料金表の東京地区ガス料金と大口供給料金から、基本料金を 12,452 円/月、単価を 52.8 円/m³で算出した[17]。月ごとの消費量とガス代は図 4 のグラフの通りである。

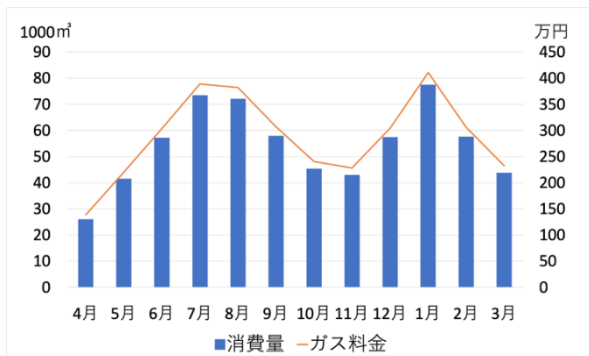


図 4 ガス消費量及びガス代

次に、どの程度の出力のコージェネレーションシステムを導入するかについて検討した。東京ガスの方にお話を伺った上で、産出された熱と電力をキャンパス内で消費することができる範囲内におさめることや他大学のキャンパスでの導入事例、さらには出力を 100%以外にすると効率が悪くなるので、避けた方がよいことなどを踏まえて、ヤンマーエネルギーシステム社の EP420G という機器を 2 台導入することが最も良いと判断した[18]。この機器は 1 台で 1 時間に 87.4 m³ のガスを燃料にして、電力 420kWh とガス 24.6 m³使用相当の熱を生み出すことができる(表 3 参照)。

そして、大学のガス消費量と電力消費量をもとに 1 時間ごとにそのガスエンジンを何台動かすのが良いかを時間ごとに検討した。⁵また、夜中にガスエンジンをつけることや 1 時間ごとにガスエンジンをつけたり消したりをすることは現

実に困難なことが予想されるため、ガスエンジンのスイッチを入れる回数は 1 日 2 回で考え、その結果、稼働時間帯を表 4 のようにすることを想定した。

	発電量(kWh)	ガスに換算した回収排熱量(m ³ /h)
1台	420	24.6
2台	840	49.2

	1台稼働時間	2台稼働時間
2月・4月	19:00~9:00	9:00~19:00
それ以外の月	21:00~9:00	9:00~21:00

表 3-4 ガスエンジンの性能及び稼働時間

その結果、コージェネレーションシステムによって利用できる月別の排熱量と発電量は図 5 の通りである。年間ではガスエンジン発電量は 4,769,551kWh、利用できる排熱量はガスに換算して 328,033 m³となった。

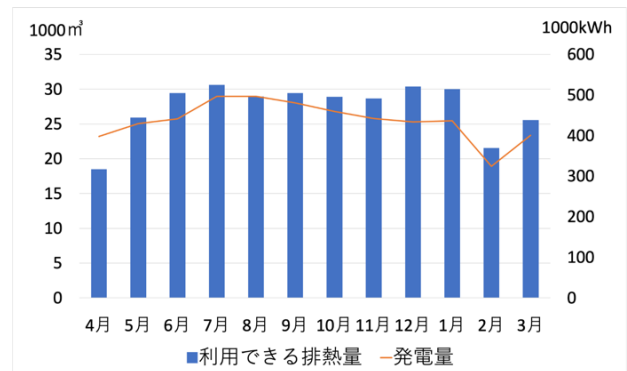


図 5 コージェネレーションシステムの排熱量及び発電量

次に設置費用や維持費、燃料費について試算した。神奈川県ホームページから設備費用は約 40 万円/kW であることがわかり[19]、東京ガスの料金表から燃料費は 1 台あたり 4,614.7 円/h[20]、資源エネルギー庁のホームページから維持費は年間の燃料費の約 20%とした[21]。年間で節約できるガス量・電力量は以上の通りであるが、次に節約できるガス料金と電気料金を求める。ガスの単価は 52.8 円/m³であるので、これに利用できる排熱量をガスに換算した 328,033 m³を乗じて、節約できるガス料金を 17,320,139 円と推計した。次に節約できる電気料金であるが、コージェネレーションシステムの発電量のうち、夏(7~9月)に発電した発電量は 1,474,517kWh、それ以外の時期に発電した発電量は 3,765,113kWhだったので、それぞれ再エネ賦課金 2.95 円/kWh を含んだ単価(夏は 20.49 円/kWh、夏以外は 19.33 円/kWh)を乗じて合計した 102,992,487 円が 1 年目に節約できる電気料金と考えた。2 年目以降については基本料金の節約額が追加されるが、太陽光発電に加えてコージェネレーションシステムを追加した場合でも、需要電力が最大になる日時は 2019 年 7 月 25 日 15 時であることに変わりないことがデータ上確認できた。この日時にコージェネレーションシステムの発電量は 840kW なので、基本料金の減額分は、840kW×1,716 円

⁵ 先述した理由から出力は 0%と 100%の 2 択とした。

1kW×12ヶ月=17,297,280円となる。以上より、コージェネレーションシステムによる節約額と費用をまとめると表5の通りとなった。

利益			
電気代(1年目)	電力単価(円/kWh)	発電量(kWh)	節約額(円)
夏(7~9月)	20.49	1,474,517	30,212,849
夏以外	19.33	3,765,113	72,779,638
合計			102,992,487
電気代(2年目)			
電気代(2年目)	電力単価(円/kWh)	発電量(kWh)	節約額(円)
夏(7~9月)	20.49	1,474,517	30,212,849
夏以外	19.33	3,765,113	72,779,638
基本料金(円)			17,297,280
合計			120,289,767
ガス代			
ガス代	ガス単価(円/m ³)	ガスに換算した回収排熱量(m ³)	節約額(円)
年間	52.8	328,033	17,320,139
利益(円)			17,320,139
1年目節約額合計			120,312,626
2年目以降節約額合計			137,609,906
費用			
設備費(円)	初年度のみ必要		336,000,000
維持費(円)	2年目から発生		12,051,751
燃料費(円)	初年度から発生		60,258,753

表5 節約額と費用のまとめ

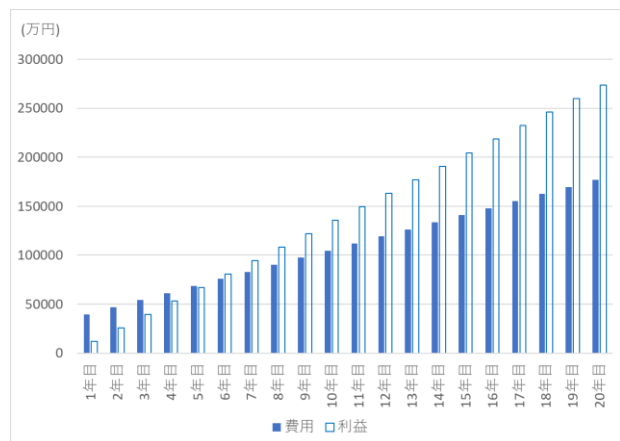


図6 太陽光発電+コージェネレーションシステム導入による節約額と費用

まとめると、コージェネレーションシステムを導入することによって大学全体のガス消費量の約50%、電力消費量の約30%を賅うことができる。そして、コージェネレーションシステムの設備費用を回収するまでには図6からも分かる通り6年を必要とする。

6 例えば、ドイツでは多くの都市で地域熱供給事業が行われている。もともとこうした事業の多くは各地域に石炭や天然ガスを原料とする火力発電所を設置した上でコージェネレーションを行っていたが、最近ではこれに代わってバイオガスや地熱による発電所を設置した上でコージェネ

6. 試算と考察

試算した結果、太陽光発電の導入によって大学全体の電力消費量の約17%を賅うことができる。全体の割合としては少なく見えるが、維持費を引いても利益が年間約5,400万円もあるため、実際に導入するメリットや回収できる見通しは十分あると考えられる。また、コージェネレーションシステムの導入によって大学全体の電力消費量の約30%、ガス消費量の約50%を賅うことができる。こちらも、維持費・燃料費を引いても利益が年間約6,500万円もあり、6年ほどで費用を回収できる見込みであるため、導入するメリットは十分にあると考えられる。以上より、太陽光発電とコージェネレーションシステム両方を導入することで大学全体の電力・ガス消費量の約半分を賅うことができ、その効果は金銭的なものだけで年間1億円を超えることが明らかになった。

太陽光発電システムの導入には十分なメリットがあるが、大学内に大量の太陽光パネルを設置するため、多くの場所が必要である。試算する際には未利用の屋根・屋上を想定したが、将来、別に有用な利用方法が考えられた際にはそれと競合する可能性がある。また、今回の試算では補助金を利用しないことを前提にしたが、補助金を利用した場合はより採算性が向上することも考えられる。

また、今回の試算は燃料価格が高い時期に行ったため、利益が高めに算出されている。そのため、導入する時期に燃料価格が下がっていると利益が低くなるため、利益は今回試算した数値より低くなる可能性もあると考えられる。

7. 今後の展望

ガスについては今回、東京ガスから都市ガス(天然ガス)を購入する前提で試算を行った。本文中でも触れたように、バイオ燃料を熱源とした方が二酸化炭素排出量の削減などの観点からは望ましいと思われる。ただ、バイオ燃料を生田キャンパスで入手することは現時点で容易でないため今回は考慮しなかった。しかし、将来的にはこうした事情が変化する可能性は否定できない。⁶

ガスエンジンの本体費用や設置費、維持費はおおよそその値でしか出せなかったため、費用についてはガス会社の方からさらに詳しく話を聞く必要があると感じた。また、現在消費されているガスが、温水と空調と調理にそれぞれどの程度使われているのかについて明確にすることができると、より正確な推計ができると感じた。また、ガスエンジンの稼働台数やスイッチを入れるタイミングについてはかなりざっくりとした前提を置いたが、時間帯だけでなく、エネルギーの使用状況や気温・湿度などに応じて判断するような、より効率的なアルゴリズムを開発できれば、エネルギー効率をより向上させることも可能であると思われる。

さらに、照明や空調機器の省エネ性能や建物自体の断熱性能を高めることができると、より大学の省エネルギー化が進むため、こうした方策に要するコストやエネルギー消費量の変化についても考えたい。

ーションを行うケースも見られるようになってきている。生田キャンパスでも将来的にはこのようなことが可能になることを期待したい。

また、システム導入の効果を考える際には大学の投資が経済的に元をとれるのかどうかも重要であるが、二酸化炭素排出量をどの程度削減できるのかも重要である。そうした観点からの分析も今後の課題である。

なお、最近では東急株式会社[22]の例に見られるように使用する電力が100%再生可能エネルギーであるとうたう企業も増えつつある。こうした動きは千葉商科大学[23]や長野県立大学[24]、龍谷大学[25]といった大学にも広がっており、専修大学でもそうした目標が設定される可能性があるだろう。現在、電力の100%再生可能エネルギー化を行う際には自社の敷地内で太陽光発電等を行うだけでは不十分なケースが一般的で、多くのケースでは特定の発電設備と契約する「直接調達」(コーポレートPPA)や小売事業者から自然エネルギーの電力を購入する「電力供給契約」などを利用している。専修大学で電力の100%再生可能エネルギー化を行う場合には、キャンパス内での太陽光パネル設置だけでなく、これらの手段をどのように組み合わせるのが最適であるのかについても検討を加える必要がある。

本研究ではキャンパス内への太陽光パネル設置について、未利用の屋上を中心に利用することを前提とした。しかし、より設置場所を増やす方法としては、駐車場にカーポートを設置し、その上に太陽光パネルを設置する方法や、通路などとして利用されている屋上の上にさらに太陽光パネルを設置して、その下を従来通り通路として利用するといった方法も考えられよう。ただし、こうした構築物は下を人が行き来するため、野立ての太陽光パネルと異なり建築基準法を順守する必要がある。このため設置コストが野立ての太陽光パネルに比べて2割ほど高くなると[26]言われており、コスト面について慎重に検討する必要があるだろう。

なお、今回は太陽光パネルの設置に際して傾斜角を30度、方位角を0度としたが、異なった設置方法も考えられる。例えば、[27]で見られるような垂直ソーラーの設置も考えられる。東西方向に両面とも発電可能な垂直ソーラーを設置すれば、従来の太陽光パネルと異なり、朝方と夕方を中心に発電することが可能となる。生田キャンパスの電力消費は日中が中心ではあるが、朝方と夕方も標準的な太陽光パネルを設置するだけでは電力需要を賄うことはできないので検討する価値は十分にあると思われる。

また、[28]で見られるようなフェンスなどに設置するようなソーラーパネルであれば屋根だけでなく、未利用の壁面も設置可能なので、キャンパス内での発電量をさらに増加させることが可能になると思われる。

さらに、研究が進められているペロブスカイト太陽電池が実用化された場合は屋根にせよ壁面にせよ、発電効率はさらに高くなり、キャンパス内での発電量をさらに増加させることも可能になると思われる。

今後は以上のような観点も踏まえて研究を進展させていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 詳しくは 安藤映(2022)「罫線付き紙データに対する簡易OCR作成の一例」専修大学情報科学研究所所報 Vol.100 pp17-20 を参照のこと
- [2] 太陽光発電： 発電実績診断 [多面設置対応] (JavaScriptによる簡易版) http://k-ichikawa.blog.enjoy.jp/etc/HP/js/sunShine3/ss3_1.html
- [3] 太陽光発電ユーザー支援サイト SOLAR CLINIC <https://www.jyuri.co.jp/solarclinic/>
- [4] 新エネルギー・産業技術総合開発機構「NEDO 日照量データベース閲覧システム」 <https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/metpv.html?p=44132>
- [5] 環境省「平成31年度家庭部門のCO2排出実態統計調査」2023年7月4日 <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateico2tokei/31co2.html>
- [6] 東京電力エネジーパートナー 契約電力の決定方法(実量制) 2023年1月30日 https://www.tepco.co.jp/ep/corporate/charge_c2/decision03.html
- [7] 東京電力エネジーパートナー 過去の燃料費調整のお知らせ一覧 2023年1月30日 <https://www.tepco.co.jp/ep/private/fuelcost/backnumber/index-j.html>
- [8] 東京電力ホールディングス 数表で見る東京電力再生可能エネルギー発電促進賦課金単価 2023年1月30日 https://www.tepco.co.jp/corporateinfo/illustrated/charge/1253678_6290.html
- [9] エコでんき(2022年) 太陽光発電の設置に必要な面積の求め方と容量ごとの必要面積 2023年1月30日 <https://ecodenchi.com/solar-power-area/#i-4>
- [10] NEDO NEDO 日照量データベース閲覧システム 東京都府中参照 2023年1月30日 <https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/metpv.html?p=44132>
- [11] 太陽光発電： 1時間毎の日射量と発電量の表示(2013/1～、JavaScript版)(2021年) 2023年6月30日 <http://k-ichikawa.blog.enjoy.jp/etc/HP/js/sunShine3/ss3H.html>
- [12] 経済産業省(2022年) 再生可能エネルギーのFIT制度・FIP制度における2022年度以降の買取価格・賦課金単価等を決定します 2023年1月30日 <https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220325006/20220325006.html>
- [13] 自己託送料金の相場(2019年) 東京電力パワーグリッド 主な料金 2023年1月30日 <https://www.tepco.co.jp/pg/consignment/notification/pdf/ryoukint0110-j.pdf>
- [14] 資源エネルギー庁(2021年) 太陽光発電について 設置費用 23～34ページ 維持費 39ページ 2023年1月30日 https://www.meti.go.jp/shingikai/santeei/pdf/073_01_00.pdf
- [15] 資源エネルギー庁 コージェネについて 2023年1月30日 https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/other/cogeneration/
- [16] 資源エネルギー庁(2018年) 知っておきたいエネルギーの基礎用語～「コージェネ」でエネルギーを効率的に使う 2023年1月30日 <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/cogeneration.html>

- [17] 東京ガス 料金表 2023年1月30日
<https://eee.tokyo-gas.co.jp/service/gas/charge/list.html>
- [18] 東京ガス(2022年) コージェネレーションカタログ
17 ページ 2023年1月30日 <https://eee.tokyo-gas.co.jp/product/catalog/cogeneration/index.html>
- [19] 神奈川県(2021年) コージェネレーションシステムの
魅力 2023年1月30日
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/e3g/cnt/f537516/#cost>
- [20] 電力単価 東京電力エネジーパートナー 業務用電力
(契約電力500kW以上) 2023年1月30日
https://www.tepco.co.jp/ep/corporate/plan_h/plan04.html
- [21] 資源エネルギー庁(2021年) 電気をつくるには、どんな
コストがかかる? 2023年1月30日
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoddenki_cost.html
- [22] 東急株式会社「4月1日(金)より東急線全路線は、再
生可能エネルギー由来の電力100%で運行開始!」2022
年4月1日
<https://ii.tokyu.co.jp/withheart/news/renewable-energy>
- [23] 千葉商科大学「環境・エネルギーへの取り組み」2023年7
月7日
https://www.cuc.ac.jp/about_cuc/activity/environment/index.html
- [24] 長野県立大学「再生可能エネルギー100%大学」2023年
7月7日
<https://www.u-nagano.ac.jp/about/feature/sdgs/renewable-energy/>
- [25] 龍谷大学「環境・エネルギーへの取り組み」2023年9月
7日
https://www.ryukoku.ac.jp/about/activity/global_warming/
- [26] 公益財団法人自然エネルギー財団「駐車場500台分の
上部空間にメガソーラー 茨城県・阿見町の商業施設
で全量自家消費」2023年7月7日
https://www.renewable-ei.org/activities/column/img/pdf/20180223/column_REapplication11_20180223.pdf
- [27] PR Times 「二本松の地域電力が、日本初の垂直営農ソー
ラーを実現。4月25日より各社が問合せ受付開始」
2023年9月4日
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000004.000055989.html>
- [28] Next2Sun GmbH 「The Next2Sun solar fence」2023年9月
4日
<https://next2sun.com/en/solar-fence/>

お世話になった。記して感謝申し上げたい。

謝辞

本研究は2022年度ネットワーク情報学部河野・田中プロジェクトの成果をもとにしている。また、利用したデータは2020年度・2021年度専修大学データサイエンス研究助成「グリーンITを指向したキャンパスワイドデータ集約基盤の構築とデータ解析の研究」において得られたものである。さらに、本論文は2023年4月からの在外研究期間中にマルティンルーター大学ハレ・ヴィッテンベルグで執筆されたものであり、令和3年度長期在外研究員の研究成果である。いずれにおいても田中稔先生をはじめ学内の多くの方々の