

# 横浜市の家庭部門における再生可能エネルギー利用 拡大の可能性の分析

孫 穎\* 宮 寺 哲 彦\*\*

パリ協定における温室効果ガス削減目標を達成するため、家庭部門での再生可能エネルギーの利用拡大は重要な課題である。本研究では、横浜市の家庭部門のエネルギー需給に注目し、今後の人口変動や気温上昇などを考慮し、太陽光設備の普及を想定したうえで、2030年における家庭部門のエネルギー需要(電力と熱)と再生可能エネルギー(太陽光・太陽熱、廃棄物)による供給可能性を試算した。その結果、太陽光と廃棄物による発電量は、家庭部門の電力需要の71%、太陽熱と廃棄物による熱供給は熱需要の31%を賄うことができること、熱供給を廃棄物焼却工場が立地する4区の給湯需要に限定した場合、熱需給バランスが67%まで向上できることが分かった。

## キーワード

再生可能エネルギー、横浜市、家庭部門、太陽光、太陽熱、廃棄物、エネルギー需給

## 1. はじめに

2030年度の温室効果ガスの排出を2013年度の水準から26%削減するというパリ協定の達成に向けて、日本政府は家庭部門の温室効果ガスの排出を39%削減することを目標として設定している。この目標を実現するため、家庭部門のエネルギー源を化石燃料から再生可能エネルギーへ転換することが急務となっている。再生可能エネルギーは地域性を持つ電源であるため、地域特性を踏まえてその普及可能性を検討することが重要である(植田・梶山, 2011)。一方で、家庭部門の占める割合が大きい都市部での再生可能エネルギーの大量導入は難しく、高人口密度の大都市における家庭部門の再生可能エネルギー導入の施策が注目されている。

これらを踏まえ本研究では、日本有数の大都市である横浜市における家庭部門のエネルギー需給に注目し、2030年のエネルギー需要および再生可能エネルギーによる供給ポテンシャルを試算することで、地域レベルでの再生可能エネルギー利用拡大の可能性を検討していく。

\* Ying SUN 横浜国立大学大学院 国際社会科学研究院 准教授

\*\* Tetsuhiko MIYADERA 国立研究開発法人産業技術総合研究所(AIST) 太陽光発電研究センター主任研究員

## 2. 横浜市の低炭素化施策の概要

横浜市は、約167万世帯、373万余りの市内人口を有するエネルギー消費的な大都市である（横浜市、2018）。ここ60年余り、市内人口が3.5倍に増加し、エネルギー消費量は増える一方であった（横浜市、2015）。特に2011年の東日本大震災以降、火力発電の消費割合が増加したことにより、市内の温室効果ガスの排出量は増加傾向にあった。こうした背景の中、横浜市は2011年に「横浜市地球温暖化対策実行計画」（2014年、2018年改訂）を策定し、エネルギー対策として「横浜市エネルギーアクションプラン」（2015）を推進してきた。さらに情報通信技術（ICT）を活かした「横浜スマートシティプロジェクト」といった先進的な省エネの実証実験を推進するなど、「環境未来都市」や「エネルギー循環都市」の構築を目指して、国レベルより先駆けてエネルギー対策に注力してきた。そして、国際的にもC40（世界大都市気候先導グループ）やCNCA（Carbon Neutral Cities Alliance）などの国際的なネットワークに参加するなど、積極的に温暖化対策を進めてきた。

これらの取り組みが評価され、2018年6月に日本政府の「SDGs未来都市」、「自治体SDGsモデル事業」に選ばれた。現在2050年も見据えて早期に温室効果ガス実質排出ゼロの実現を目指す「Zero Carbon Yokohama」を掲げ、国際競争力を有する「持続可能な大都市モデル」を目指した取り組みを行っている。2018年改訂の最新の「横浜市地球温暖化対策実行計画」では、温室効果ガス削減目標として、2013年度比で、2020年度までに22%、2030年度までに30%、2050年度までに80%以上という目標を掲げた。さらにエネルギー消費量削減目標として、2013年度比で、2020年度までに10%、2030年度までに18%と設定した。

一方で、横浜市の最終エネルギー消費のうち、産業部門（16%）や業務部門（24%）に対して、家庭部門の割合が最も高く約38%を占めており、全国の家部門の22%よりも大きく上回っている（横浜市、2015）。さらに、近年産業や業務部門での再生可能エネルギーの活用に進展がみられているものの、家庭部門においては、大きな展開がみられていないのが現状である。主にエネルギー利用から由来するCO<sub>2</sub>の排出量は、2016年家庭部門の全国平均が14.9%であるのに対して、横浜市は22.3%と、家庭部門の排出が多いことが際立っている。今後、家庭部門のエネルギー消費を再生可能エネルギーへシフトすることが横浜市の温室効果ガス削減目標達成のカギと言える。

## 3. 既存研究

地域の再生可能エネルギー需給の推計に関する研究として、栗島ほか（2013）による埼玉県ときがわ町の家部門における2030年のエネルギー需要と再生可能エネルギー供給ポテンシャルの研究、鷺見ほか（2015）による全国市区町村の家部門の太陽光発電による供給ポテンシャルの比較研究などが挙げられる。また、千葉大学倉坂研究室/環境エネルギー政策研究所（2018）は、現段階の再生可能エネルギー設備に基づいて全国市町村の再生可能エネルギー供給実態を把握する「永続地帯」（100%再生可能エネルギー）の調査研究を行い、神奈川県を含めた再生可能エネルギー供給状況の分析を行っている。さらに、野田ほか（2014）による家庭の電力需要を推計する確率モデルの構築に関する研究もみられている。一方で、地域エネルギーの特徴を踏まえた大都市の家部門に対する詳細なエネルギー需給の分析が不足している。

本研究では、横浜市の今後の人口の変動、電力機器の最新スペック、地球温暖化による気温

上昇、季節の変化による影響などを考慮したうえで、2030年の家庭部門の電力・熱の需要量と再生可能エネルギー（太陽光・太陽熱・廃棄物）による供給量について、月単位で推計していく。

再生可能エネルギーの中で、太陽光、太陽熱および廃棄物にフォーカスした理由は、大都市という高人口密度地域において住宅密度や廃棄物の発生量が高く、太陽光、太陽熱、廃棄物エネルギーの利用ポテンシャルが高いことや家庭部門での利用が可能であることがあげられる。現在実際に横浜市が保有している再生可能エネルギー源として、太陽光、太陽熱、廃棄物、風力、小水力と汚泥消化ガスがある（横浜市、2015）が、太陽光、太陽熱、廃棄物の供給規模が比較的大きい状況となっている。本研究は、横浜市における家庭部門の再生可能エネルギーの利用拡大に関する施策の策定に参考となる知見を提供できると考えられる。

## 4. 研究の方法

### 4.1 エネルギー需要量の推計

#### 1) 電力需要量

横浜市の2030年の家庭部門の電力需要量を推計するために、まず2030年の世帯構成分布（表1）を推計した。具体的には、第96回横浜市統計書による2015年の「世帯の家族類型（16区分）別一般世帯数」（横浜市統計ポータルサイト、2018.7.31更新）をもとに、表1の世帯分類で2015年の世帯構成分布を概算し、そのうえで、横浜市政策局政策課（2017）による2030年の横浜市の推計総世帯数の増加割合を各項目の値に乘じることで2030年の世帯構成を推定した。世帯人員の属性は、勤め人、主婦、無職（65歳以上）、学生、幼児（6歳以下）の5分類にした。次に、2018年7月時点のパナソニック製を中心とした最新生活家電の消費電力<sup>1)</sup>を踏まえ、世帯構成を配慮した電力機器使用スケジュール（表2）を設定した。使用時間については、野田ほか（2014）およびNHK放送文化研究所（2016）を踏まえ、季節と世帯人員の属性による相違を配慮して設定した。春夏秋冬の分け方については、NEDOの日射量データベース<sup>2)</sup>による横浜市の平均気

表1 2030年の横浜市世帯構成の推計

世帯人員数(人)	世帯構成	2030年の推計世帯数
1	勤め人	433330
	無職	177285
2	勤め人×2	162079
	無職×2	196346
	勤め人+無職	66006
	勤め人+学生	66907
3	勤め人×2+無職	12271
	勤め人×2+学生	51806
	勤め人+無職×2	23816
	勤め人+主婦+幼児	141563
4	勤め人×2+無職×2	73805
	勤め人×2+学生×2	160326
	勤め人+主婦+学生×2	21365
5	勤め人+主婦+学生×2+無職	18897
	勤め人+主婦+学生×3	65846
	勤め人+主婦+無職×2+学生	13822
6	勤め人+主婦+無職×2+学生×2	12573
合計	-	1698044

表2 電力機器使用スケジュール

電力機器	待機消費電力(W)	使用時消費電力(W)	使用時間(分/日)	設置数(台・個)
冷蔵庫	33	0	0	1
無線LANルータ	7	0	0	1
プリンター	2	10	10	1
ポット	60	910	2人以下世帯15,3人以上世帯30	1
炊飯器	1	160	2人以下世帯60,3人以上世帯120	1
テレビゲーム機	10	200	60	1(3人以上世帯)
食洗機	5	770	80	1(3人以上世帯)
空気清浄機	0.5	88	120	1(3人以上世帯)
洗濯機	0	495	20	1
アイロン	0	1400	5	1
電子レンジ	0	1400	5(2人以下世帯),10(3人以上世帯)	1
掃除機	0	550	5(2人以下世帯),10(3人以上世帯)	1
白熱電球	0	50	冬420,夏300,春秋360	1(玄関)
環形蛍光ランプ①	0	46.7	冬420,夏300,春秋360	1(リビング)
環形蛍光ランプ②	0	37	平日:60(勤め人),120(主婦),240(無職),150(学生) 休日:120(勤め人,主婦),240(無職,学生)	1×世帯人数
エアコン(冷房)	5	256	平日夏:360(勤め人,学生),720(主婦,無職) 休日夏:540(勤め人,学生),720(主婦,無職)	1×世帯人数
ドライヤー	0	1200	5×世帯人数	1
テレビ	0.2	98	平日:150(勤め人),270(主婦),330(無職),90(学生) 休日:200(勤め人),270(主婦),360(無職),120(学生)	1(2人以下世帯),2(3人以上世帯)
パソコン	0.5	45	平日:30(勤め人,主婦),120(無職),60(学生) 休日:60(勤め人),30(主婦),120(無職),120(学生)	1(2人以下世帯),3人以上世帯は2
携帯電話充電	0.05	10	180	1×世帯人数
電球蛍光ランプ	0	7.8	60(勤め人),120(主婦),240(無職),150(学生)	4(トイレ,洗面所,風呂,キッチンに1個ずつ)

温と地球温暖化に伴う気温上昇(0.9℃)<sup>3)</sup>を踏まえ、3月25日～6月15日を春、6月16日～9月26日を夏、9月27日～11月24日を秋、11月25日～3月24日を冬とした。地球温暖化に伴う気温上昇については、IPCC第5次評価報告書による2030年世界の気温上昇および、「地球温暖化予測情報」(気象庁,2017)による2100年までの東日本太平洋側地域の気温上昇(約95年で4.3℃上昇)を踏まえて、2030年の横浜市の平均気温は0.9℃上昇すると仮定した。そのうえで、表1,表2を用いて電力需要量を推計した。

## 2) 熱需要量

熱需要は、暖房と給湯とした。暖房に必要な熱量は、下記の式で推計した。

$$Q_{\text{heat}} = W \times S \times T \times N \times 3.6$$

ここで、 $Q_{\text{heat}}$ (暖房必要熱量[kJ])、 $W$ (単位面積暖房必要熱量):76[W/m<sup>2</sup>](基準暖房負荷値)とした。 $S$ (世帯当たり暖房面積[m<sup>2</sup>])と $T$ (世帯当たり利用時間[h])は、世帯人員の属性ごとに暖房使用時間と暖房面積を表3のように設定したうえで、表1の世帯構成と合わせて推定した。 $N$ (予測世帯数):表1の通り、横浜市政策局政策課(2017)による2030年の横浜市の推計総世帯数の169.8[万世帯]とした。なお、1Wh=3.60kJである。

給湯に必要な熱量は、栗島ほか(2013)を踏まえ、以下の式で推計した。

$$Q_{\text{hw}} = V_{\text{hw}} \times (T_{\text{hw}} - T_{\text{w}}) \times P \times 4.186$$

ここで、 $Q_{hw}$ （給湯熱量[kJ]）、 $V_{hw}$ （一人当たりの給湯量）は、九都県市首脳会議環境問題対策委員会地球温暖化対策特別部会（2010）による世帯人数に応じた給湯量を踏まえ、136[L/（人・日）]とした。 $T_{hw}$ （給湯温度[℃]）は、夏を38℃、冬を42℃、春秋を40℃とした。 $T_w$ （給水温度[℃]）は、地球温暖化による気温上昇予測（0.9℃）を踏まえ、2017年東京の水道水の月別の温度<sup>4)</sup>に0.9℃加算した値を用いた。 $P$ （人口）は、横浜市政策局政策課（2017）による2030年の横浜市の推計総人口の366.5[万人]を用いた。なお、[水の比熱容量] = 4.186[kJ/(L・K)]として推計した。

表3 世帯人員属性ごとの暖房使用時間と暖房面積

	暖房使用時間[分/日]		暖房面積[m <sup>2</sup> ]
	平日	休日	
勤め人	240	540	12
主婦	600	600	13
無職	660	660	9
学生	240	540	8
幼児	0	0	0

## 4.2 再生可能エネルギー供給量の推計

### 1) 太陽光発電・太陽熱

太陽光発電量は、以下の式で推計した。

$$E_{pv} = I \times S_{pv} \times P_{pv} \times K \times D \times L \times 3600$$

ここで、 $E_{pv}$ （太陽光発電量[kJ]）、 $I$ （最適傾斜角日射量[KWh/m<sup>2</sup>・日]）：NEDOの日射量データベース<sup>2)</sup>による横浜市の月別の最適傾斜角日射量データを使用した。 $S_{pv}$ （設置面積）：家庭での設置面積は一般的には18~50m<sup>2</sup>とされることを踏まえ、一世帯あたりの太陽光パネルの設置面積を30[m<sup>2</sup>]と仮定した。 $P_{pv}$ （変換効率）：「太陽光発電開発戦略（NEDO PV Challenges）」（NEDO, 2014）を参考に2030年の太陽電池の変換効率を25%と仮定した。 $K$ （総合設計係数）：0.8。 $D$ （稼働日数）：月ごとの日数[日]。 $L$ （設置住宅数）：36.7 [万戸]。設置住宅数の根拠について、まず「横浜市の住宅ストック状況」<sup>5)</sup>から1983年~2013年の横浜市の一戸建および長屋建の総数は人口の推移<sup>6)</sup>とほぼ同じ傾向を示しているため、人口当たりの一戸建および長屋建の総数が2013年以降一定であると仮定したうえで、2030年の人口予測値をもとに一戸建と長屋建の総数を推計した。日本全国で太陽光パネルを設置可能な一戸建ては44%とされている<sup>7)</sup>が、2030年には新築建物が増加し、旧設計基準である昭和55年以前の建物の減少が見込まれることを踏まえ、全体の6割が太陽光パネルを導入すると仮定して推計した。

太陽光から利用可能な熱量は、栗島ほか（2013）を踏まえて以下の式で推計した。

$$Q_{sh} = I \times S_{sh} \times P_{sh} \times D \times L \times 3600$$

ここで、 $Q_{sh}$ （太陽熱利用可能熱量[kJ]）、 $I$ （最適傾斜角日射量[KWh/m<sup>2</sup>・日]）：横浜市の最適傾斜角日射量データを用いた。 $S_{sh}$ （集熱面積）：栗島ほか（2013）を参考に一世帯あたり6[m<sup>2</sup>]とした。 $P_{sh}$ （集熱効率）は、経済産業省資源エネルギー庁<sup>8)</sup>による太陽熱利用システムの効率（40~60%）および市販の集熱器の集熱効率（約60%）を踏まえ、60%と仮定した。 $D$ （稼働日数）：

月ごとの日数[日],  $L$  (設置住宅数): 36.7[万户]とした。

## 2) 廃棄物発電・発熱

廃棄物発電量と発熱量は、以下の式で推計した。

$$E_{\text{was}} = M \times H \times \eta_e \times D$$

$$Q_{\text{was}} = M \times H \times \eta_h \times D$$

ここで,  $E_{\text{was}}$  (廃棄物発電量[kJ]),  $Q_{\text{was}}$  (廃棄物発熱量[kJ]),  $M$  (一般廃棄物焼却量): 76.5万[kg/日]とした。2009年~2016年の横浜市の廃棄物焼却工場(稼働中の都築, 鶴見, 金沢, 旭工場の4カ所)の一般廃棄物焼却総量を横浜市の各年の人口で除した値が, ほぼ一定割合で指数関数的に減少している<sup>9)</sup>とみられるため, 2030年まで継続して一定割合で低減すると仮定したうえで, 2030年の焼却工場で焼却処理される人口当たりの廃棄物の量を推計した。そのうえで2030年の人口推計値を乗じて廃棄物量を求めた。 $H$  (ごみ低位発熱量): 12014.5[kJ/kg]。横浜市の稼働中の4つの廃棄物焼却場のごみ低位発熱量の実測値<sup>10)</sup>の平均値を用いた。 $\eta_e$  (発電効率): 15.5%, 4つの焼却場の発電効率の実績値の平均値<sup>10)</sup>とした。 $\eta_h$  (熱利用効率)は, 焼却施設への調査をもとに, 35.0%と設定した。 $D$  (稼働日数): 月ごとの日数[日]とした。

## 5. 結果と考察

### 5.1 需要量と供給量の推計結果

横浜市における2030年の家庭部門の電力・熱の需要量と再生可能エネルギー(太陽光・廃棄物)による供給量について, 推計した結果を表4に示す。

年間電力需要量は, 16.934 PJと推計された。夏季(6月16日~9月26日)冷房需要の向上によって電力需要がほかの季節より多くなった。また, 年間熱需要量は, 暖房が9.040 PJ, 給湯が17.276 PJと推計された。暖房需要は冬季(11月25日~3月24日)のみ発生し, 12月~2月がピークに達していた。給湯需要も気温による影響が大きく, 夏季は少なく, 冬季はピークを迎え, 春季と秋季は一定水準を維持している。

年間電力供給量について, 太陽光と廃棄物の合計は11.947 PJと推計された。太陽光発電量に月ごとの変動がみられるのは主に日射角, 日照時間および月ごとの日数による影響である。廃棄物発電量の小幅な変動は月ごとの日数によるものである。また, 年間熱供給量について, 太陽熱と廃棄物の合計が17.276 PJとなった。太陽熱量の変動は, 太陽光と同様に日射角, 日照時間と月ごとの日数による影響であり, 廃棄物発熱量の小幅な変動は, 月ごとの日数によるものである。

### 5.2 エネルギー需給バランス

表4の電力と熱の需給比率より, 2030年の太陽光と廃棄物による電力供給は家庭部門の電力需要の71%を賄うことができることが分かった。そのうち, 10月~12月は78%~85%, 1月~5月は86%~94%と高い供給率が示されたものの, 6月~9月の電力需要の多い時期に, 再生可能エネルギーによる供給量が需要量の46%~56%程度に止まっている結果となった。今後, 再生可能エネルギーの地産地消による電力提供を実現するには, 供給側の対策として, 市内エ

表4 2030年の横浜市の家庭部門におけるエネルギー需給の推計結果

	電力[PJ]			電力 需給比	熱[PJ]				熱 需給比
	供給量		需要量		供給量		需要量		
	太陽光発電量	廃棄物発電量			太陽熱量	廃棄物発熱量	暖房需要熱量	給湯需要熱量	
1月	1.048	0.044	1.178	93%	0.629	0.100	2.335	2.186	16%
2月	0.951	0.040	1.064	93%	0.570	0.090	2.109	1.963	16%
3月	0.969	0.044	1.174	86%	0.581	0.100	1.808	1.908	18%
4月	1.016	0.043	1.122	94%	0.610	0.096	0	1.558	45%
5月	1.021	0.044	1.160	92%	0.612	0.100	0	1.300	55%
6月	0.854	0.043	1.590	56%	0.513	0.096	0	1.152	53%
7月	0.962	0.044	2.126	47%	0.577	0.100	0	0.757	89%
8月	1.097	0.044	2.126	54%	0.658	0.100	0	0.796	95%
9月	0.838	0.043	1.933	46%	0.503	0.096	0	0.901	66%
10月	0.856	0.044	1.160	78%	0.514	0.100	0	1.294	47%
11月	0.862	0.043	1.126	80%	0.517	0.096	0.452	1.508	31%
12月	0.954	0.044	1.178	85%	0.573	0.100	2.335	1.953	16%
合計	11.427	0.520	16.934	71%	6.856	1.174	9.040	17.276	31%

エネルギー供給の効率化が重要であろう。現在「横浜スマートシティプロジェクト」のもと、導入されつつあるICTの普及を加速させ、家庭部門と工場や事業所、公共施設での再生可能エネルギーによる電力供給の融通を実現させることで、電力需給の一層の効率化を図ることができる。再生可能エネルギーの利用拡大に合わせて、貯蔵が可能な水素エネルギーの拡大と普及も重要であろう。また、需要側の市民の対策として、省エネのさらなる推進が不可欠であろう。そのために、新築および改築の際のゼロエネルギーハウス（太陽エネルギー設備の設置や断熱対策などによって一次エネルギー消費量をゼロにする建築物）の普及拡大に向けて、設備設置の義務付けや断熱基準制定、建物の省エネ診断サービスの提供など、ハード面およびソフト面での全面的な政策的支援も不可欠であろう。

次に、2030年の太陽熱と廃棄物による熱供給は、家庭部門の熱需要の31%を賄うことができることが分かった。そのうち、7月と8月は89%および95%と高い供給率が示された一方で、1月～6月や9月～12月は太陽光と廃棄物による熱供給では横浜市全体の熱需要の16%～66%程度しか賄うことができない結果となった。本研究では、温暖化による冬の暖房需要熱量の低減を配慮していないものの、冬季における熱の需給バランスの低さは顕著であると言える。今後、横浜市の家庭部門の熱供給量の確保は重要な課題となろう。熱需要に対する熱エネルギーの直接提供は電力のエネルギー転換による熱供給と比べて、転換ロスを大幅に削減できるため、今後、エネルギー効率の向上と熱供給量の確保に向けて、廃棄物発電より廃棄物による熱供給を優先的に行うことが対応策の一つとして考えられる。そのために、地域の熱供給事業の拡大が重要であり、ロンドンなどの大都市にみられるような、開発事業での熱導管接続の義務づけ（村木, 2014）など、行政による政策的支援が重要であろう。家庭への熱供給には配管の設置コストなどの初期費用が必要となるが、長期的な再生可能エネルギーの普及や温室効果ガスの削減、冬季における家庭の室内環境の質的な改善（廃熱による継続暖房の供給など）を目指し、これまで日本で進められて来なかった住宅への熱供給を、横浜市レベルや地区レベルで実験的に推進することを現状打開対策の一つとして検討する必要があると考えられる。

### 5.3 4区における熱需給バランス効率化の可能性

熱の供給不足に関して、熱エネルギーを効率良く分配することを考え、廃棄物による熱供給を横浜市全体ではなく、廃棄物焼却工場が立地する都築、鶴見、金沢、旭の4区のみにし、さらに熱需要の考察対象を給湯の熱需要のみとした場合の熱需給バランスを試算した(表5)。4区の太陽熱量については、市の総人口に占める4区の人口割合を横浜市全体の太陽熱量に乗じることで推計した。その結果、焼却工場が立地する4区のみで熱供給を行うことで、熱需給バランスを67%まであげることができ、7月、8月は100%の熱需給バランスを実現できることが分かった。

表5 都築・鶴見・金沢・旭4区の給湯熱需要と熱供給量

	太陽熱量[PJ]	廃棄物発熱量[PJ]	給湯需要[PJ]	熱需給比
1月	0.159	0.100	0.554	47%
2月	0.144	0.090	0.497	47%
3月	0.147	0.100	0.483	51%
4月	0.154	0.096	0.395	64%
5月	0.155	0.100	0.329	77%
6月	0.130	0.096	0.292	78%
7月	0.146	0.100	0.192	128%
8月	0.167	0.100	0.201	132%
9月	0.127	0.096	0.228	98%
10月	0.130	0.100	0.328	70%
11月	0.131	0.096	0.382	60%
12月	0.145	0.100	0.495	49%
合計	1.737	1.174	4.376	67%

### おわりに

本研究では、横浜市における2030年の家庭部門の電力・熱の需要量と再生可能エネルギー(太陽光・廃棄物)による供給量を試算し、再生可能エネルギーの利用拡大や地産地消の可能性を検討した。その結果、家庭部門に太陽光設備が普及した仮定のもとでの太陽光発電量および、市内の廃棄物による発電量は、横浜市の家庭部門の電力需要の71%を賅うことができること、太陽熱と廃棄物による熱供給は家庭部門の熱需要の31%しか賅うことができないものの、熱を廃棄物焼却工場が立地する4区の家部門の給湯需要のみに供給する場合、熱需給バランスを67%まであげることができ、7月8月は熱需給バランスを100%以上実現できることが分かった。本研究から、2030年において、太陽光と廃棄物が中心となるエネルギー源のみでは、横浜市の家庭部門の電力と熱の地産地消を実現することは困難であることが浮き彫りになった。

今後、ICTや水素エネルギーを活用したエネルギー供給の効率化や、市民による一層の省エネ対策が重要となる。そこで、建物の再エネ設備の設置義務、断熱水準の制定、省エネ診断サービスや資金面の支援など、行政の全面的な政策的支援が不可欠であると考えられる。また、熱供給不足の問題に対して、廃棄物発電から廃棄物による熱供給へのシフト、熱導管接続の義務づけや熱導管の普及工事の推進などといった地域熱供給事業への支援も重要であろう。

本研究は、発電や発熱のロスや配管での熱損失を含めた分析までは行っていないため、今後これらのロスを踏まえた分析を行うことで推計結果の精度を高めていきたい。また、地域の差異を踏まえた給湯量の推計、密集市街地における日影や最適傾斜角(南面)を取りうる屋根面



積を踏まえた太陽光発電・太陽熱の推計を行っていききたい。さらに、太陽光発電や太陽熱による電力および熱について、時間帯ごとの需給マッチングを配慮した検討を行っていききたい。

## 謝 辞

調査にご協力いただいた横浜市資源循環局鶴見工場と金沢工場の方々に感謝いたします。また、本研究調査において、横浜国立大学環境マネジメント研究室の研究支援員の馬海帆氏からご協力をいただいたことに深く感謝申し上げます。

## 補 注

- 1) パナソニック：生活家電商品情報，<<http://panasonic.jp/products/appliance.html>>，2018.7.31参照。
- 2) NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）（2018.6.1更新）：日射量データベース，<<http://app0.infoc.nedo.go.jp/>>，2018.7.31参照。
- 3) 環境省（2014）：IPCC第5次評価報告書の概要，<<http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/>>，2018.7.31参照。
- 4) 東京都水道局HP：水道水の水温（平成29度），<<http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/suigen/topic/03.html>>，2018.7.31。
- 5) 横浜市建築局住宅部住宅政策課（2017.10.2更新）：横浜市の住宅ストック状況，<<http://www.city.yokohama.lg.jp/kenchiku/housing/seisaku/toukeindex.html>>，2018.7.15参照。
- 6) 横浜市統計ポータルサイト（2018.7.31更新）：人口動態と年齢別人口，<<http://www.city.yokohama.lg.jp/ex/stat/jinko/dotai/new/index-j.html>>，2018.7.31参照。
- 7) 経済産業省資源エネルギー庁（2012.3.6更新）：調達価格等算定委員会（第1回）—配付資料資料7 我が国における再生可能エネルギーの現状，<[http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu\\_kakaku/001\\_haifu.html](http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/001_haifu.html)>，2018.7.15参照。
- 8) 経済産業省資源エネルギー庁：あったかエコ太陽熱，<[http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/attaka\\_eco/df/index.html](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/attaka_eco/df/index.html)>，2019.9.13参照。
- 9) 横浜市資源循環局（2018.2.23更新）：各種事業実績—工場別焼却量，一般廃棄物埋立量，<<http://www.city.yokohama.lg.jp/shigen/sub-data/data/jisseki/dat30.html>>，2018.7.11参照。
- 10) 環境省（2018.4.10更新）：H28年一般廃棄物処理実態調査結果，<[http://www.env.go.jp/recycle/waste\\_tech/ippan/stats.html](http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/stats.html)>，2018.7.11参照。

## 引 用 文 献

- 植田 和弘・梶山 恵司（2011）国民のためのエネルギー原論，日本経済新聞出版社。  
横浜市（2015）横浜市エネルギーアクションプラン，pp.1-26。  
横浜市（2018）横浜市地球温暖化対策実行計画，pp.1-137。  
栗島 英明・小澤 健史・菊池 康紀（2013）季節別・時間別の需給構造から見た地域の再生可能エネルギー

- システムの分析, 環境情報科学 学術研究論文集27, pp.91-96.
- 鷺見 宏明・林 希一郎・大場 真・長谷川 泰洋 (2015) 民生 (家庭) 部門における太陽光発電による供給ポテンシャル:全国市区町村単位での電力需要との比較, 人間と環境, 41(3), pp.2-14.
- 千葉大学倉坂研究室/環境エネルギー政策研究所 (2019) 「永続地帯2018年度版報告書」, pp.1-41.
- 野田 圭祐・盛岡 通・尾崎 平 (2014) 世帯属性別の電力需要の再現モデルの開発—外出・帰宅・就寝行動—の時間幅を考慮して—, 土木学会論文集G (環境), 70(5), pp.147-156.
- 気象庁 (2017) 地球温暖化予測情報, 9, pp.1-41.
- 総務省統計局 (2016) 第94回横浜市統計書, 国勢調査第2章人口, <<http://www.city.yokohama.lg.jp/ex/stat/toukeisho/new/>>, 2018.7.10参照.
- 横浜市政策局政策課 (2017) 横浜市将来人口推計, <<http://www.city.yokohama.lg.jp/seisaku/seisaku/jinkosuikei/>>, 2018.8.31参照.
- NHK放送文化研究所 (2016) 2015年国民生活時間調査報告書, pp.1-58.
- 九都県市首脳会議環境問題対策委員会地球温暖化対策特別部会 (2010) 家庭における給湯設備の比較調査報告書, pp.1-22.
- NEDO (国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) (2014) NEDO再生可能エネルギー技術白書第2版, pp.6-13.
- NEDO (国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) (2014) 太陽光発電開発戦略 (NEDO PV Challenges)』, pp.1-91
- 村木美貴 (2014) 日本が英国の地域熱供給から学べること, 熱供給, 88, pp.12-15.

[そん えい 横浜国立大学大学院国際社会科学研究院准教授]

[みやでら てつひこ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 (AIST)

太陽光発電研究センター 主任研究員]

[2019年9月16日受理]