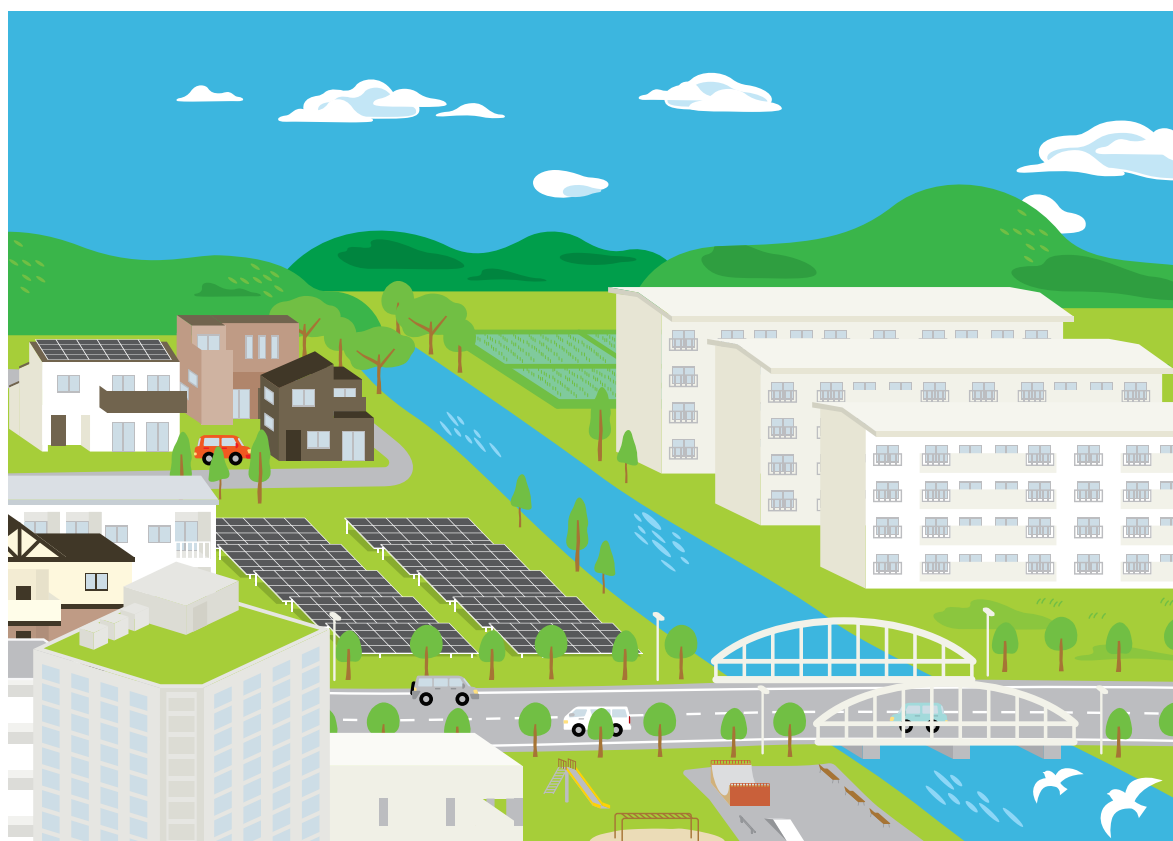


# 中部地域の自治体における 地産地消のエネルギーシステム導入効果 に関する調査研究

## — 報告書 —



2024年4月

公益財団法人 中部圏社会経済研究所



## －中部地域の自治体における地産地消のエネルギーシステム導入効果に関する調査研究－

### はじめに

近年、脱炭素に向けた世界的な流れは加速し、「気候関連リスクを抑制するためには平均気温上昇を 1.5℃に抑える必要がある」「平均気温上昇を 1.5℃に抑えるためには、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量を 2050 年前後には正味ゼロ (カーボンニュートラル) にする必要がある」という認識が広く共有された。日本を含む各国政府が 2050 年までのカーボンニュートラルを宣言し、2021 年 11 月に開催された気候変動枠組条約第 26 回締約国会議(COP26)では、「世界の平均気温の上昇を 1.5 度に抑える努力を追求することを決意する」ことが合意される等、脱炭素化に向けた目標が明確化しつつある。

他方で、太陽光発電等の自然変動電源が着実に存在感を増す中、電力需給バランス維持に必要な調整力の増加が顕在化しつつある。さらに、2022 年 2 月に勃発したロシアによるウクライナ侵攻や、2023 年 10 月に生じたガザ危機は、エネルギーの安全保障という課題を改めて認識させた。

以上の各状況に中部の各地域が向き合っていく上で、当財団では「地産地消による効率的なエネルギー利用、レジリエンス強化等にも資する自立・分散型エネルギーシステムの構築」が必要と考え、2022 年度から当財団内に「中部マイクログリッド研究会」を立ち上げ、2 年間で 6 回の研究会を開催した。同研究会では、当財団が 2018 年度から 2021 年度まで取り組んできた、中部圏における再生可能エネルギー大量導入の可能性検討と、2050 年におけるエネルギー需給モデル等についての研究成果を土台としつつ、地域別の環境を反映させて精緻化を図るべく、市街地・農地等のバランスが相互に異なる三自治体をモデルとしたエネルギー需給推計等を実施した。

本報告書では、各モデル自治体の詳細な調査に基づいた推計により、エネルギー地産地消の潜在力を見える化し、実現に向けた課題の整理を試みた。

今回の調査研究成果が、中部圏のカーボンニュートラル、エネルギーの地産地消、レジリエンス強化等にも資する自立・分散型エネルギーシステム構築を検討する上での一助になることを期待している。

2024 年 4 月

公益財団法人 中部圏社会経済研究所

「中部マイクログリッド研究会 委員（敬称略、順不同）」

座長

名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授

加藤 丈佳

委員

名古屋大学 大学院工学研究科 化学システム工学専攻 准教授

小林 敬幸

東海学園大学 ともいき教養教育機構 副機構長 教育学部 教授

杉山 範子

大阪大学 大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻 准教授

山口 容平

東京大学 生産技術研究所 5 部 特任講師

今中 政輝

中部電力パワーグリッド株式会社 企画室 総括グループ グループ長\*1

伊佐治 圭介  
(第1回～3回)

中部電力パワーグリッド株式会社 企画室 総括グループ グループ長

杉山 尚  
(第4回～6回)

東邦ガス株式会社 CSR 環境部 環境グループ マネジャー\*1

山田 康志  
(第1回)

東邦ガス株式会社 CSR 環境部 部長付

北本 都美  
(第2回～6回)

\*1:所属、役職等については研究会参加時を記載

事務局 公益財団法人中部圏社会経済研究所 企画調査部長

松田 直己

企画調査部 担当部長

服部 学

中部地域の自治体における地産地消のエネルギーシステム導入効果に関する調査研究  
－報告書 目次－

はじめに：

第1章：研究の背景と目的	1
1-1. エネルギー需給の現状と2050年カーボンニュートラル達成に向けた課題	1
1-2. 本研究の目的と取り組みの経緯	1
1-3. 三自治体をモデルとしたケーススタディについて	2
第2章：モデル三自治体の概要と情報交換・現地確認の状況	6
2-1. 岐阜県中津川市（中山間地タイプ）	6
2-1-1. 環境・エネルギー政策	6
2-1-2. 本研究における情報交換と現地確認の状況	6
2-2. 静岡県磐田市（市街／自然バランスタイプ）	7
2-2-1. 環境・エネルギー政策	7
2-2-2. 本研究における情報交換と現地確認の状況	7
2-3. 愛知県長久手市（市街化進行タイプ）	8
2-3-1. 環境・エネルギー政策	8
2-3-2. 本研究における情報交換と現地確認の状況	8
第3章：2050年におけるモデル三自治体のエネルギー需給の推計	8
3-1. 再生可能エネルギー導入潜在量の推計	9
3-1-1. 推計方法	9
(1) 太陽光発電	9
(2) 小水力発電	10
(3) 植物系バイオマス発電・熱利用	11
(4) 清掃工場発電・熱利用	11
(5) 家畜排泄物発電・熱利用	11
(6) 地中熱利用	12
3-1-2. 推計結果	12
3-2. 将来のエネルギー需要の推計	14
3-2-1. 推計方法	14
3-2-2. 推計結果	16
3-3. 将来のエネルギー需給バランスの推計（モデル三自治体のエネルギー自給率）	23
3-3-1. 市全体の推計結果	23
3-3-2. 配電エリア別の推計結果	28
3-3-3. 考察	30

第4章：まとめ	31
4-1. 結論	31
4-2. 今後の展望と課題	32
4-2-1. 具体的な課題	32
4-2-2. 地域全体で地産地消のエネルギーシステムの社会実装を進める上での課題	32

<参考>

I. エネルギー需給評価プラットフォームに基づく需給推計の方法	33
II. 再生可能エネルギー導入潜在量の推計方法	45

<付録>

I. 各自治体の市街化率、太陽光発電配分量、将来の太陽光発電量・電力需要	59
II. モデル三自治体の防災拠点における平常時および災害時のエネルギーシステム運用の検討	67
II-1. 検討の背景、本研究における位置づけ、平常時および災害時の条件設定	67
II-2. モデル三自治体にて設定した防災拠点と検討概要	69

おわりに：

## 第1章：研究の背景と目的

### 1-1. エネルギー需給の現状と2050年カーボンニュートラル達成に向けた課題

2020年10月、菅首相（当時）から「2050年までにカーボンニュートラルを目指す」ことが宣言され、2021年11月には、第26回国連気候変動枠組条約締約国会議（COP26）で産業革命後の気温上昇を「1.5℃に抑制する」努力を追求することを決意する合意がなされる等、脱炭素化に向けた目標が明確化しつつある。他方で太陽光発電等自然変動電源の導入が進んだ結果、電力供給の過不足が発生しており、調整力の整備が課題になっているほか、ウクライナ侵攻やガザ危機は、エネルギー安全保障の課題を改めて顕在化させた。

このような中で、第6次エネルギー基本計画においては「地域における地産地消による効率的なエネルギー利用、レジリエンス強化等にも資する（中略）自立・分散型エネルギーシステムの構築等」が期待されており、こうしたシステムが地域の脱炭素化とエネルギー安定供給を同時に推進するための一手段となり得るものと考えられる。

### 1-2. 本研究の目的と取り組みの経緯

当財団では、中部地域の自治体が、カーボンニュートラル、エネルギーの地産地消、レジリエンス強化等にも資する自立・分散型エネルギーシステムの導入を検討するのに先立ち、様々な自治体の中で同システムが将来のエネルギー需給に果たすべき役割を把握するため、2021年度まで「地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究〈フェーズⅡ〉」<sup>1</sup>（以下「フェーズⅡ」）を実施した。フェーズⅡでは中部圏全体におけるカーボンニュートラルを前提とした太陽光発電（以下「PV」）の大量導入可能性を検討したが、各自治体へ同一条件でPV導入量を配分して電力需給を推計する手法であったため、中部全体を俯瞰する形の検討・評価が中心であった。上記の自立・分散型エネルギーシステム検討にあたっては、もっと地域ごとの環境を勘案したものにすべく、市域のような範囲ごとにエネルギー需給両面の詳細な情報収集が必要となる。

そこで当財団では2022年度から、個別の自治体をモデルとして、詳細な調査に基づいた自立・分散型エネルギーシステムの導入とエネルギー需給における導入効果を検討する「中部地域の自治体における地産地消のエネルギーシステム導入効果に関する調査研究」（仮題）（以下「本研究」）を実施した。具体的には、複数の自治体へ協力を要請してエネルギー源となる地域資源を調査すると共に、2050年のエネルギー需給の推計等を通じて、エネルギー地産地消の可能性、地域エネルギー資源活用のための課題を検討し、事例としてまとめた。エネルギー需給推計等の計算は名古屋大学未来材料・システム研究所と共同で行うと伴に、産学の有識者による「中部マイクログリッド研究会」を組織して、検討結果はもとより、その調査・推計プロセスも含めて議論を重ねた。本報告書では、これらの議論についても判断材料として提供することを目的とした。

フェーズⅡでは、「2050年に日本全体で太陽光発電300GW導入」<sup>2</sup>の目標が提示される中で、中部圏におけるカーボンニュートラルを前提としたPVの大量導入可能性を検討した。全国300GWのうち、中部5県分の45GWを各自治体に同一条件で配分した結果、各自治体の電力需給に影響し得る水準の発電容量となることを把握した。本研究では、電力供給側に関する検討範囲

<sup>1</sup> 地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究〈フェーズⅡ〉：報告書は、当財団のホームページをご参照（[https://www.criser.jp/research/documents/report/2021\\_chiikienergy2.pdf](https://www.criser.jp/research/documents/report/2021_chiikienergy2.pdf)）

<sup>2</sup> （一社）太陽光発電協会 ビジョン：PV OUTLOOK 2050 感染症の危機を乗り越え、あたらしい社会へ「太陽光発電の主力電源化への道筋」

を「PV 以外の再生可能エネルギー」に広げるとともに、電力需要側についても「特別高圧電力需要」、「乗用車以外の電気自動車の電力需要」まで拡大することにより、自治体別のエネルギー需給推計の精度向上を図った。

また実際の電力需給は、配電エリア単位で電圧や設備容量制約を考慮する必要があることから、より精緻に実状を把握するため、自治体単位の検討と並行して配電エリア単位の検討も行った。

### 1-3. 三自治体をモデルとしたケーススタディについて

自治体は、同じ中部地域であっても、地理・気候・人口・産業構造等の条件により、各々が異なる特性を有することから、単一のエネルギーモデルを全ての自治体に適用することは困難と考えられる。そこで本研究では、地域のエネルギー需要と、再生可能エネルギー潜在量を推計する上で重要な要因となる「山林」、「農地」、「市街地」のバランスに着目し、このバランスによって自治体を類型化した。

具体的なイメージを図 1-1 に示す。地域のエネルギー需給のバランスは、市街化率<sup>3</sup>で変化するものと考えられるため、中部 5 県の市町村のうち、市街化率が低・中・高の自治体をそれぞれ「中山間地タイプ」、「市街／自然バランスタイプ」、「市街化進行タイプ」と呼ぶこととし、検討モデルとして各 1 自治体へ協力を要請することとした。

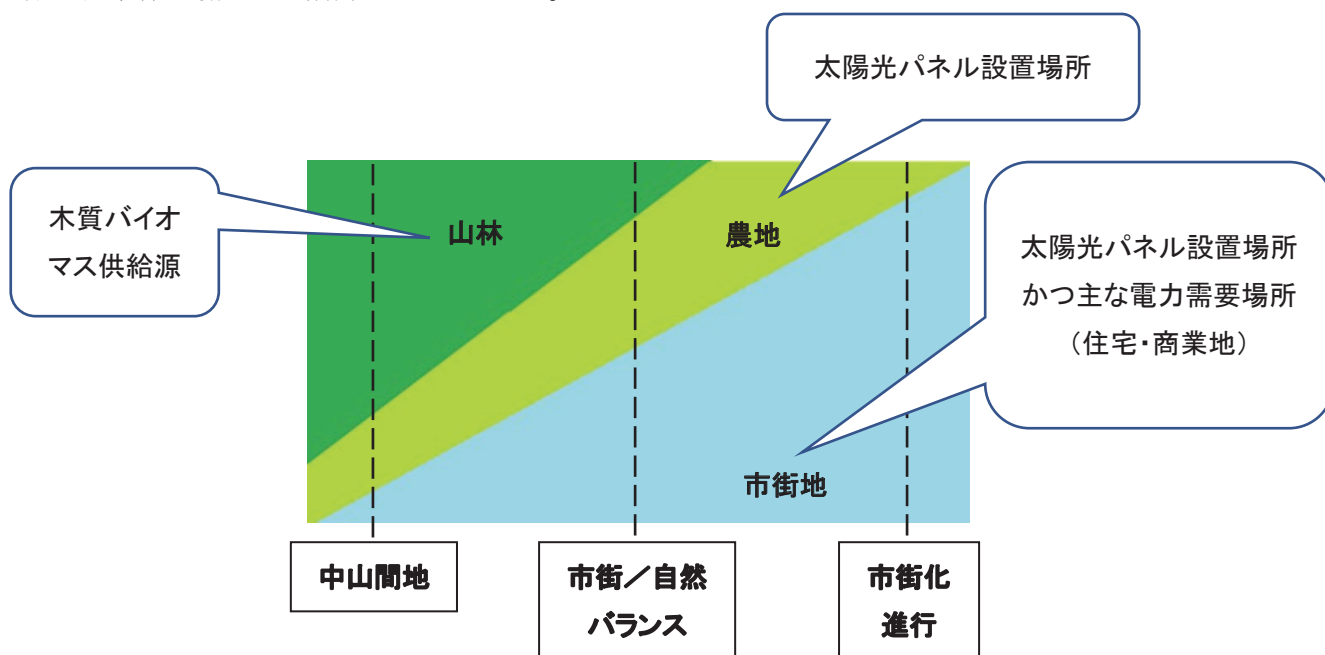


図 1-1 モデル自治体各タイプのイメージ

その結果、脱炭素やエネルギーの地産地消に関心を持つ、岐阜県中津川市、静岡県磐田市、愛知県長久手市に、各々「中山間地タイプ」、「市街／自然バランスタイプ」、「市街化進行タイプ」のモデル自治体となっていただくことをご了承いただいた（表 1）（図 1-2）。これまでに、各自治体との情報交換や現地確認を通じて、エネルギー源となる地域資源等の情報を収集した。各自治体に関する情報のうち、エネルギー需給推計の参考となるものを表 2-1～表 2-3 に示す。なお、モデル自治体を含

<sup>3</sup> 市街化率＝「当該自治体の用途地域のうち住居系及び商業系地域の面積」÷「当該自治体の全面積」（用途地域のうち、人口規模に比例すると思われる住居系と商業系地域を対象とした。）



む中部5県の市町村の市街化率、PV配分量、将来のPV発電量・電力需要一覧を付録Iに示す。

表1 モデル自治体となることをご了承いただいた3自治体

タイプ名	自治体名	市街化率 (%)	人口当たり 農地面積 (ha/千人)	人口当たり 林地面積 (ha/千人)	人口当たり太陽 光発電配分量 (MW/千人)	人口 (千人)
中山間地 タイプ	(数値の目安)	( <b>&lt;5</b> )				
	岐阜県中津川市	<b>1.0</b>	51	695	5.3	77
市街／自然 バランス タイプ	(数値の目安)	( <b>5~15</b> )				
	静岡県磐田市	<b>11.0</b>	26	16	3.2	167
市街化進行 タイプ	(数値の目安)	( <b>15&lt;</b> )				
	愛知県長久手市	<b>30.5</b>	3	7	1.3	60

(注)・市街化率＝「当該自治体の用途地域のうち住居系及び商業系地域の面積」÷「当該自治体の全面積」)

・農地面積および林地面積：農林水産省「わがマチ・わがムラ」から引用

・太陽光発電配分量：(公財)中部圏社会経済研究所「地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究<フェーズII>」付録1から引用

・人口：令和2年度国勢調査時点



図1-2 モデル自治体の場所(国土地理院地図を(公財)中部圏社会経済研究所にて一部加工)

表 2-1 中津川市の基本情報

項 目	内 容
①人口（2020 年度）	76,570 人
②市の面積（2022 年度）	676.45km <sup>2</sup>
③住居系及び商業系地域の面積	6.94km <sup>2</sup>
④経営耕地面積（2020 年度）	2,281ha（22.81km <sup>2</sup> ）
⑤林地面積（2022 年度）	50,798ha（507.98km <sup>2</sup> ）
⑥製造品等出荷額（2020 年度）	381,539 百万円
⑦自動車保有台数（2022 年度）	（乗用車・軽自動車） 61,822 台 （トラック・バス等） 6,312 台 （二輪車等） 2,807 台
⑧年間日照時間（平年値）	2,077.9 時間/年

（出典）①, ②, ④, ⑤, ⑥, ⑦：中津川市ホームページ

③：国土交通省「令和 3 年都市計画現況調査」

⑧：気象庁ホームページ（2010 年～2020 年の平年値）

表 2-2 磐田市の基本情報

項 目	内 容
①人口（2020 年度）	169,013 人
②市の面積（2022 年度）	163.45km <sup>2</sup>
③住居系及び商業系地域の面積	17.93km <sup>2</sup>
④経営耕地面積（2020 年度）	2,817ha（28.17km <sup>2</sup> ）
⑤林地面積（2020 年度）	2,671ha（26.71km <sup>2</sup> ）
⑥製造品等出荷額（2020 年度）	1,413,759 百万円
⑦自動車保有台数（2022 年度）	（乗用車・軽自動車） 123,377 台 （トラック・バス等） 11,893 台 （二輪車等） 18,365 台
⑧年間日照時間（平年値）	2,242.9 時間/年

（出典）①, ②, ④, ⑥, ⑦：磐田市ホームページ

③：国土交通省「令和 3 年都市計画現況調査」

⑤：農林水産省「わがマチ・わがムラ」

⑧：気象庁ホームページ（2010 年～2020 年の平年値）

表 2-3 長久手市の基本情報

項 目	内 容
①人口（2020年度）	60,162人
②市の面積（2022年度）	21.55km <sup>2</sup>
③住居系及び商業系地域の面積	6.56km <sup>2</sup>
④経営耕地面積（2020年度）	59.88ha（0.60km <sup>2</sup> ）
⑤林地面積（2020年度）	410ha（4.1km <sup>2</sup> ）
⑥製造品等出荷額（2020年）	20,149百万円
⑦自動車保有台数（2022年度）	（乗用車・軽自動車） 33,310台 （トラック・バス等） 2,727台 （二輪車等） 938台
⑧年間日照時間（平年値）	2,141.0時間/年

（出典）①, ②, ④, ⑤, ⑥：長久手市ホームページ

③：国土交通省「令和3年都市計画現況調査」

⑦：令和4（2022）年度刊愛知県統計年鑑「市区町村・車種別保有自動車数」

⑧：気象庁ホームページ（2010年～2020年の平年値（名古屋市の値））

なお、市街化率は将来的に大きく変化しないと考えられるが、将来の電力需給について検討するにあたり、確認として、市街化率との相関が大きいと考えられ、かつ将来に関する値が得られる世帯数密度を計算したところ、中津川市（中山間地タイプ）：48世帯/km<sup>2</sup>、磐田市（市街/自然バランスタイプ）：284世帯/km<sup>2</sup>、長久手市（市街化進行タイプ）：1247世帯/km<sup>2</sup>であった。参考として、中部エリア内の238の自治体について計算した世帯数密度は図1-3の通りとなった。世帯数密度が100世帯/km<sup>2</sup>未満、100～1000世帯/km<sup>2</sup>、1000世帯/km<sup>2</sup>以上の自治体はそれぞれ121、79、38個存在した。中山間地タイプ、市街/自然バランスタイプ、市街化進行タイプに属するその他の自治体として、それぞれ飯田市、名張市、岐南町などがある。規模は小さいものの、多くの自治体は中山間地タイプに属する。

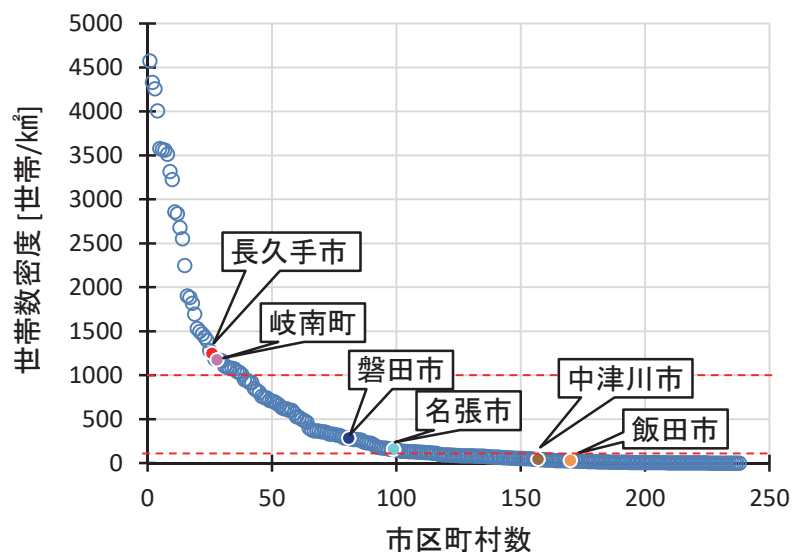


図 1-3 中部エリアの各自治体における将来の推定世帯数密度

## **第2章：モデル三自治体の概要と情報交換・現地確認の状況**

本研究のモデルとなっていたいただいた三自治体の概要と、各自治体との情報交換や現地確認の状況について、2-1から2-3に示す。

各自治体との情報交換に先立ち、当財団では、公開情報等に基づいて再生可能エネルギー源等となり得る地域資源を事前調査した。情報交換にあたっては、各自治体から事前調査への意見（調査対象として良いか）や、追加の調査対象等の情報をいただき反映した。また、必要に応じて調査対象候補地の現地確認を行った。実際に再生可能エネルギー等を導入する場合は、コストや関係先との調整等が発生し得るが、本研究では地域資源の潜在力を評価するため、「物理的に設置可能」、「設置場所本来の機能や安全性を損なわない」、「保安規制に抵触しない」と思われるものについては、調査対象とした。なお、本研究では送電網へ直接送電される場合が多い事業用の風力発電については、「地産地消」の趣旨に沿わないものとして調査対象外とした。

### **2-1. 岐阜県中津川市（中山間地タイプ）**

中津川市は岐阜県の東南端に位置し、東は木曾山脈、南は三河高原に囲まれ、中央を木曾川が流れる、市の面積の約80%が森林で覆われた自治体である。古くから交通の要衝であり、現在も市街地に中央本線等の鉄道、中央自動車道、国道19号等の幹線交通が通っている。東濃ヒノキを代表として、優れた農産物などを産出する一方、製紙・電器をはじめとする企業も多数立地している。

#### **2-1-1. 環境・エネルギー政策**

中津川市では、自然共生、循環、低炭素、安全・安心、人づくりの5本の柱を基本方針とした第三次中津川市環境基本計画を策定しており、ゼロカーボンシティの実現へ向けた施策の一環として、住宅用の太陽光発電・燃料電池・蓄電池・電気自動車だけではなく、豊かな自然環境を背景に、小水力発電や、薪・ペレットストーブの普及にも取り組んでいる。

さらに、2050年にはゼロカーボン（温室効果ガス実質排出量ゼロ）を達成し、更にそれ以上の脱炭素を推進するための「中津川市地域脱炭素ロードマップ」を、2023年5月に策定した。同ロードマップには、脱炭素社会を実現するため、地域貢献型の再生可能エネルギーの導入や活用についての検討と、省エネ化施策やCO<sub>2</sub>の森林吸収などについて、実施すべき取組や施策が具体的に示されている。

#### **2-1-2. 本研究における情報交換と現地確認の状況**

中津川市は、東濃ヒノキに代表される山林、広い農地、木曾川をはじめとする大小河川を有する。また市内に清掃工場を有することから、事前調査では、太陽光発電（建物屋根・ソーラーシェアリング・耕作放棄地活用）、木質バイオマス発電・熱利用、小水力発電、清掃工場発電・熱利用を調査対象候補とした。また、情報交換と現地確認を通じて、以下の調査対象を追加した。

- ・太陽光発電の設置場所として道路の法面や防音壁の一部と、ため池の一部を追加
- ・植物系バイオマスとして、木質バイオマスの他に、公園等の剪定枝、竹、耕作放棄地での栽培を想定した草本バイオマスを追加
- ・岐阜県下有数の肉牛の産地である等、家畜飼育頭数が多いことから、家畜排泄物によるバイオ



ガス発電・熱利用を追加

なお、運輸部門では、当初は路線バスの電気自動車への転換を想定していたが、総量ベースでのエネルギー転換効果が大きな乗用車・中小型トラック等へ調査対象を拡大することとした。

## 2-2. 静岡県磐田市（市街／自然バランスタイプ）

磐田市は、静岡県西部の天竜川東岸に広がる地域であり、遠州灘に面した自治体である。市域の北から中央部にかけて台地が広がり、台地の周縁から河川・海にかけて平地が広がっている。東海道の中間地点に位置し、東海道本線等の鉄道、東名高速道路、新東名高速道路、国道1号等の幹線交通が東西に走っている。輸送用機械器具などの製造業を中心に、その関連企業も多く集積するほか、温室メロンや茶等の農水産業も盛んで、都市部と農村部が均衡ある発展を遂げている。

### 2-2-1. 環境・エネルギー政策

磐田市は、2021年6月に2050年までに二酸化炭素排出量実質ゼロを目指すゼロカーボンシティを表明した。また、同市を取り巻く社会情勢の変化を反映し、脱炭素社会の実現を目指す視点を加えた第2次磐田市環境基本計画後期計画を2023年3月に策定した。6つの分野に分かれた具体的な各施策について、「数値目標」、「市の取組み」、「市民と事業者の取組み」が示されている。

本計画は、磐田市環境基本条例に基づくと同時に、第2次磐田市総合計画後期計画を環境面から補完する「環境の総合計画」という2つの側面を持つ。また、その他関連計画と整合を図り、国や県の環境基本計画と連携した計画として位置づけられ、地球温暖化対策推進法に基づく地方公共団体実行計画（区域施策編）や、気候変動適応法に基づく気候変動適応計画を内包している。計画の期間は2023年度～2027年度となっている。

なお、ゼロカーボンシティの実現へ向けた施策の一環として、住宅用の太陽光発電・蓄電池等の普及にも取り組んでいる。

### 2-2-2. 本研究における情報交換と現地確認の状況

磐田市は産業都市である一方で、市北部に山林が広がり農地面積も大きい。また市内に清掃工場を有することから、事前調査では、太陽光発電（建物屋根・ソーラーシェアリング・耕作放棄地活用）、木質バイオマス発電・熱利用、清掃工場発電・熱利用を調査対象とした。また、情報交換と現地確認を通じて、以下の調査対象を追加した。

- ・太陽光発電の設置場所として、ため池の一部を追加
- ・植物系バイオマスとして、木質バイオマスの他に公園等の剪定枝、竹、耕作放棄地での栽培を想定した草本バイオマスを追加
- ・一定頭数の家畜（乳牛226頭、肉牛199頭、豚1,425頭）が飼育され、排泄物堆肥化施設も存在することから、家畜排泄物によるバイオガス発電・熱利用を追加
- ・地下水位が比較的高いことから、地中熱利用を追加

なお、運輸部門では、他自治体と同様、乗用車・中小型トラック・路線バス等を電気自動車への転換を見込む調査対象とした。

## 2-3. 愛知県長久手市（市街化進行タイプ）

長久手市は、名古屋市東側に位置する自治体である。同市の中央部を走る愛知高速交通東部丘陵線が、西側の名古屋市営地下鉄と、東側の愛知環状鉄道に接続しているほか、東名高速道路名古屋インターチェンジや、名古屋瀬戸道路長久手インターチェンジが近く、交通の便に恵まれている。

名古屋市に隣接した市西部は住宅地・商業施設などが多く都市化が進行しており、本研究にて定義した市街化率は30.5%に及ぶ。また、ジブリパーク等が立地する市東部は今なお自然を多く残しており、市街化された都市と自然豊かな田園の両面を併せ持っている。

### 2-3-1. 環境・エネルギー政策

長久手市は、「脱炭素社会」、「循環型社会」、「自然共生社会」、「安全・安心」に関する基本方針からなる第4次長久手市環境基本計画を策定した。計画の期間は2021年度から2030年度となっている。各基本方針においては、目標のほかに「5年間の重点プロジェクト」、「私たちにできること（市民の取り組み）」が示されている。また、2022年1月に2050年までに二酸化炭素排出量実質ゼロを目指すゼロカーボンシティを宣言した。

なお、ゼロカーボンシティの実現へ向けた施策の一環として、住宅用の太陽光発電・蓄電池等の普及にも取り組んでいるほか、市民の環境意識の向上を図るため、普段の生活の中でできる省エネ行動を実践する「ながくてe c oチャレンジ事業」を実施している。

### 2-3-2. 本研究における情報交換と現地確認の状況

長久手市は、市東部にジブリパークをはじめとする愛知県関連の施設・事業所が集中的に立地している。市街地は市中部・西部にかけて広がり、住宅地が中心となっている。また、一定面積の農地も存在することから、事前調査では、太陽光発電（建物屋根・ソーラーシェアリング・耕作放棄地活用）を調査対象とした。また、情報交換と現地確認を通じて、以下の調査対象を追加した。

太陽光発電の設置場所として、ため池の一部を追加  
植物系バイオマスとして、公園等の剪定枝、竹、耕作放棄地での栽培を仮定した草本バイオマスを追加

・現地確認の結果、小水力発電1ヶ所を追加

なお、運輸部門では、他自治体と同様、乗用車・中小型トラック・路線バス等を、電気自動車への転換を見込む調査対象とした。

## 第3章：2050年におけるモデル三自治体のエネルギー需給の推計

本研究では、三自治体との情報交換や現地確認を通じて、推計の対象とする再生可能エネルギーの種類を決定し、三自治体の再生可能エネルギーの導入潜在量、2050年におけるエネルギー需要と需給バランスを推計した。

三自治体の再生可能エネルギーの導入潜在量の推計を3-1に、2050年におけるエネルギー需要の推計を3-2に、需給バランスを3-3に示す。

### 3-1. 再生可能エネルギー導入潜在量の推計

#### 3-1-1. 推計方法

これまでに収集した情報に基づき、三自治体の再生可能エネルギー導入潜在量推計にあたっては、以下の方法を用いた。(太陽光発電の推計に用いたシミュレーションプログラムの詳細については参考Ⅰを、太陽光発電以外の再生可能エネルギーの推計方法の詳細については参考Ⅱを参照。)

##### (1) 太陽光発電

本研究では、当財団の既往の研究「地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究<フェーズⅠ><sup>4</sup>」で開発し、「同<フェーズⅡ><sup>5</sup>」で改良したシミュレーションプログラム「地域エネルギー需給評価プラットフォーム」(以下「プラットフォーム」)を用いて、PVの発電量を推計した。

プラットフォームでは、PVパネルの基本的な設置候補場所を「住宅・建築物の屋根および壁面」、「農地(ソーラーシェアリング)」、「耕作放棄地」とし、**全国 300 GW、中部 45 GW の導入を実現するために各自治体における設置形態ごとに導入ポテンシャルに対して実際に導入が必要な割合(活用率)**を設定することで、PV設備導入量を想定した(表3-1)。

本研究では、上記のほか各自治体との情報交換や現地確認を通じて、「ため池」、「道路の法面・防音壁」の一部も設置候補場所に追加した。これに日照時間・日射量等のデータを組み合わせて、1時間当たりの発電量を推計した。

- ・**ため池**： 各県のため池データベースに記載された三自治体内のため池から、航空写真および現地確認を通じて、平素から適切に維持管理・活用されていると思われるものを絞り込んだ。池の水面の面積を概算し、その半分の面積に浮体式のPVパネルを水上設置するものと想定して、パネル面積分の潜在発電量を推計した。

##### <コラム>

2012年7月の再エネ固定買取制度と同時に再エネ賦課金制度が導入され、電気の使用量1kWhあたり1.4円(2024年5月からは3.49円!)の再エネ賦課金が徴収されている。再エネ賦課金は、太陽光発電(PV)等の再エネ発電設備の所有の有無にかかわらず一律に徴収されるので、不公平では?との声も少なくない。将来的にさらに大量のPV導入が期待される中、例えば同じ面積の空地进行を保有していても、PV導入の可否は周辺の電力需要との兼ね合いによって異なるため、空地进行を有効活用できる人とできない人との間で不公平が生じる。本研究では、各市域内の配電エリア別のPV導入量を設定する際、周辺の電力需要を考慮せず、同じ設置形態のPV導入に関して設置可能な場所の所有者間の公平性が確保された状況を想定しているが、実際には上記のような不公平が生じることが予想される。2024年4月より、50kW以上の設備導入においては周辺住民への説明が義務化されるが、場所があっても導入できない人に対して行政や電気事業者がきちんと説明し、社会全体として効果的な導入拡大を図ることが必要と考えられる。(座長 加藤丈佳)

<sup>4</sup> 地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究<フェーズⅠ>：報告書は、当財団のホームページをご参照 ([http://www.criser.jp/research/documents/2019report\\_chiikienergy.pdf](http://www.criser.jp/research/documents/2019report_chiikienergy.pdf))

<sup>5</sup> 【再掲】 地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究<フェーズⅡ>

・道路の法面・防音壁： 高速自動車国道をはじめとする自動車専用道路において、連続した法面や防音壁がある区間では、PV パネルを設置できる可能性がある。そのため、中央自動車道沿線で PV パネルを比較的安全に設置できると思われる中津川市において、以下の条件で候補地を選定した。

- － 中央自動車道の南側（PV パネルの反射光が走行中の車両に当たらないこと）
- － 道路より低い斜面か障壁・遮音壁（PV パネル破損時に道路側へ飛散しないこと）
- － 法面等に隣接した住宅が無いこと（PV パネル破損時に家屋等を損傷しないこと）
- － 現状が林地ではないこと（PV パネル設置時に伐採を伴わないこと）

また、各候補地における PV パネルの設置形態は表 3-2 のとおり。

表 3-1 各設置形態の指標と指標あたりの導入量と活用率

設置形態	指標	指標あたりの導入量	活用率
新築戸建住宅	戸数	5.0 kW/戸	1.00
新築集合住宅	世帯数	1.6 kW/世帯	0.70
既築戸建住宅	戸数	4.0 kW/戸	0.60
既築集合住宅	世帯数	1.0 kW/世帯	0.60
業務ビル等壁面	壁面積	0.15 kW/m <sup>2</sup>	1.00
工場	建築面積	0.5 MW/ha	0.34
ソーラーシェアリング	経営耕地面積	0.195 MW/ha	0.60
耕作放棄地	面積	0.5 MW/ha	0.60

表 3-2 PV パネル設置候補地（道路の法面・防音壁）における設置形態

PV パネル設置場所	PV パネル設置面積と発電量設定
法面部分	最大発電量の条件（傾斜角 30°、南向き）で計算するが、パネル面積は当該用地の投影面積とする。
防音壁面貼付分	発電量は「垂直（傾斜角 90°）、南向き」で「最大発電量の 70%」とする。また、標準的な PV パネルサイズ（1.5m×1m）を考慮して、壁面上部から 1m の範囲にパネルを貼付すると想定する。

## （2）小水力発電

三自治体のうち、安定した流量の中小河川が存在すると見込まれる中津川市と長久手市で、以下のとおり条件設定した。

- ・中津川市：小水力発電の整備目標（中津川市地域脱炭素ロードマップ等）の目標値（2050 年で累計 34 カ所・12.8MW）を引用した。
- ・長久手市：年間を通じて水位が安定している香流川（一級河川）で、候補地を 1 ヶ所設定した。河川の流量(m<sup>3</sup>/s)を推定し、以下のとおり推計した。

$$\text{発電出力 (kW)} = 9.8 \times \text{有効落差(m)} \times \text{使用水量(m}^3\text{/s)} \times \text{効率}$$

$$\text{年間発電量 (kWh)} = \text{発電出力 (kW)} \times 8,760 \text{ (h/年)} \times \text{設備利用率 (係数)}$$



### (3) 植物系バイオマス発電・熱利用

本研究では、植物系バイオマスとして、木質チップ・剪定枝・竹・草本バイオマスの4種類を対象とした。

- ・木質チップ： 林道から遠く、間伐後も搬出されない林地残材を原材料と想定した。

木質チップ潜在量(生 t) = 林地面積(ha) × 林道から幅 15m までの林地残材発生原単位(生 t/ha)

1年あたり木質チップ利用可能量(生 t/年) = 木質チップ潜在量(生 t) / 伐採サイクル年数(年)

重量あたり発熱量は、生木ベースの数値を使用した。

- ・剪定枝： 各市の公園から発生する剪定枝の活用を想定した。

剪定枝潜在量(生 t) = 公園面積(ha) × 剪定枝発生原単位(生 t/ha)

重量あたり発熱量は、文献等を参考に設定した。

- ・竹： 竹林面積と、竹林蓄積(束数)の両数値が存在する愛知県のデータを参考に、竹林面積から竹の潜在量を推計した。

竹潜在量(生 t/年)

= 竹林面積(ha) × 「竹林蓄積(束数) / 竹林面積」比 × 竹林束あたり重量(生 t/束・年)

1年あたり竹利用可能量(生 t/年) = 竹潜在量(生 t) / 伐採サイクル年数(年)

重量あたり発熱量は、生竹ベースの数値を使用した。

- ・草本バイオマス： 耕作放棄地の管理を兼ねたエネルギー作物としては、比較的手間がかからない早生樹(ヤナギ)や草本系バイオマス(ススキ類等)が挙げられる。本研究では、早生樹よりもススキ類等草本系の生産性の方が優れるほか、飼料・敷料にも転用可能な汎用性を有すると判断した。栽培地は、耕作放棄地のうち PV を設置しないエリアとした。

草本バイオマス潜在量(乾 t/年)

= PV 非設置耕作放棄地(ha) × 草本乾物収量原単位(乾 t/ha・年)

重量あたり発熱量は、文献等を参考に設定した。

各バイオマスの用途は、資源を集中利用する汽力発電ではなく、電力や熱の需要場所で小型の木質バイオマスガス化ガスエンジンコージェネレーションや温水ボイラを用いる分散利用とした。そのため、発電量や熱回収量は、バイオマスの発生エネルギー量に各消費機器のエネルギー効率を乗じて求めた。

### (4) 清掃工場発電・熱利用

三自治体のうち、清掃工場を有する中津川市と磐田市で、以下のとおり条件設定した。

発電量および熱回収量は、環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」から、該当する清掃工場の操業実績値を引用した。

### (5) 家畜排泄物発電・熱利用

三自治体のうち、統計上家畜飼養頭(羽)数データが存在する中津川市と磐田市で、以下のとおり条件設定した。

本研究では、乳用牛、肉用牛、豚を対象として、堆肥センター等に集積した排泄物を発酵させてバイオガスを回収し、バイオガスエンジンコージェネレーションを運転して電力および熱を得る方

式を想定した。バイオガスの潜在発生量は、家畜種別および生育段階別に以下のとおり推計し、各推計結果を積算した。

(例) 搾乳牛のバイオガス潜在発生量(Nm<sup>3</sup>/年)

$$= \text{搾乳牛頭数(頭)} \times \text{搾乳牛排泄物発生量原単位(t-wet/頭・年)} \times \text{乳用牛バイオガス発生量原単位(Nm}^3\text{/t-wet)}$$

発電量や熱回収量は、バイオガスの発生エネルギー量にコージェネレーションのエネルギー効率を乗じて求めた。

## (6) 地中熱利用

本研究では、地下水に恵まれた静岡県磐田市で、地中熱の利用可能性を検討した。公共施設が撤去された跡地において、残置された地中杭のうち、破損・劣化が少ないものに、熱交換チューブを挿入して、地中熱ヒートポンプとして運用することを想定した。まず撤去前の建物の規模や構造、周辺の地下水位・地質等から地中杭の打設本数・深度を想定し、さらにその地中杭の 1/2 が利用可能と想定して、地中からの採熱能力を推計した。

$$\text{採熱能力(kW)} = \text{採熱管長あたり採熱量原単位(kW/m)} \times \text{採熱管長(m/本)} \times \text{採熱管本数(本)}$$

(地中熱ヒートポンプの標準 COP は 5 なので、採熱に必要な消費電力は採熱能力の 1/5)

熱回収量は、採熱能力にヒートポンプの運転時間を乗じて求めた。

## 3-1-2. 推計結果

### (1) 市全体の推計結果

これまでに収集した情報に基づき、三自治体の再生可能エネルギー導入潜在量を表 3-3、表 3-4 のとおり推計した。

人口あたりの導入潜在量(表 3-4)で比較すると、概ね中山間地タイプ>市街/自然バランスタイプ>市街化進行タイプの順に多い結果となった。

また、いずれのタイプの自治体においても、再生可能エネルギー源の大半を占めるのは太陽光だが、太陽光以外では、市街化進行タイプの愛知県長久手市を含めて、公園等の剪定枝や耕作放棄地での草本等の植物系バイオマスが、小河川が多い中津川市では小水力発電が利用できる可能性がある。これらの「市内産」再生可能エネルギーは、カーボンニュートラルに貢献するばかりではなく、自立・分散型エネルギー源として供給源を多重化し、レジリエンス強化に向けた第一歩となる可能性がある。

なお、本研究で用いたモデルにて自治体単位で計算した将来の PV 導入潜在量と、環境省が提供する再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS)にて推計されている PV 導入潜在量と比較したところ、図 3-1 のとおり、導入可能性を勘案して条件設定した本研究の推計値の方が小さく、絶対値としては異なるが、両者の比率は概ね一定であることを確認した。

表 3-3 三自治体における再生可能エネルギー導入潜在量

(単位：MWh/年)

再生可能 エネルギー源	岐阜県中津川市		静岡県磐田市		愛知県長久手市	
	電力	熱	電力	熱	電力	熱
太陽光	657,552.3	—	953,935.4	—	134,972.6	—
小水力	78,490.0	—	—	—	29.4	—
植物系 バイオマス	187.0	31,903.8	94.0	18,547.5	—	2,067.5
清掃工場	5,057.0	390.5	13,861.0	640.9	—	—
家畜排泄物	3,425.0	1,713.0	483.0	241.0	—	—
地中熱	—	—	—	395.1	—	—

表 3-4 三自治体における現在の人口 1 万人あたり再生可能エネルギー導入潜在量

(単位：MWh/(年・万人))

再生可能 エネルギー源	岐阜県中津川市		静岡県磐田市		愛知県長久手市	
	電力	熱	電力	熱	電力	熱
太陽光	85,396.4	—	57,121.9	—	22,495.4	—
小水力	10,193.5	—	—	—	4.9	—
植物系 バイオマス	24.3	4,143.3	5.6	1,110.6	—	344.6
清掃工場	656.8	50.7	830.0	38.4	—	—
家畜排泄物	444.8	222.5	28.9	14.4	—	—
地中熱	—	—	—	23.7	—	—

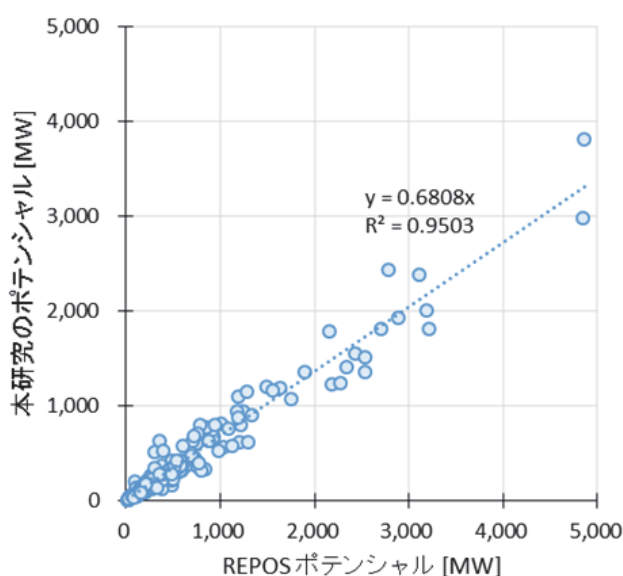


図 3-1 (参考) 本研究と環境省 REPOS の自治体単位の PV 導入潜在量比較

(出典： 志村・占部・加藤：「再エネ主力電源時の地域エネルギー需給バランスを考慮した電力システム増強に関する一検討」，第 40 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス，No.19-3 (2024))

## (2) 配電エリア別の推計結果

市全体の推計では、人口あたりの再生可能エネルギー導入潜在量は、中山間地タイプ>市街/自然バランスタイプ>市街化進行タイプの順に多いが、各市内で配電エリア別に確認していくと、同じ市内でもばらつきが見られる。例えば関連研究<sup>6</sup>によれば、表 3-5 に示すように、中津川市内に存在する 7 つの配電エリアにおいて、変電所容量に対する PV 導入潜在量のバランスは一定していない。中心市街地（エリア G）や工業用地（エリア D）と比較して山間部（エリア E、F）の方が、変電所容量に対する PV 導入潜在量が多い傾向が見受けられる。市街地・工業用地・農地が広く展開する磐田市では、中津川市ほど大きなエリア別差異は無く、逆に長久手市の場合は、PV 導入対象外とした林地が中心のエリア C において、PV 導入潜在量が少ない。

表 3-6 各市区町村の配電エリアにおける PV 導入潜在量<sup>6</sup>

対象エリア	変電所容量 [MW]	PV 導入潜在量 [MW]	PV 導入潜在量 /変電所容量	備考 (土地利用のイメージ)	
中津川市	A	19	20.9	1.1	郊外
	B	19	36.8	1.9	郊外
	C	19	41.1	2.2	山間部
	D	28	25.4	0.9	郊外・工業用地
	E	19	94.2	5.0	山間部・農地
	F	19	68.5	3.6	山間部・農地
	G	28	59.7	2.1	中心市街地
磐田市	A	49	78.3	1.6	郊外
	B	28	74.2	2.7	農地・工業用地
	C	19	39.0	2.1	郊外
	D	28	57.9	2.1	郊外・工業用地
	E	49	48.4	1.0	郊外・農地
	F	28	71.8	2.6	郊外・農地
	G	49	35.7	0.7	中心市街地
	H	49	63.4	1.3	郊外・工業用地
	I	49	56.9	1.2	郊外
	J	43	31.0	0.7	郊外
K	49	86.5	1.8	郊外・工業用地	
長久手市	A	49	92.4	1.9	市街地
	B	49	56.2	1.1	市街地
	C	49	16.5	0.3	林地

### 3-2. 将来のエネルギー需要の推計

#### 3-2-1. 推計方法

再生可能エネルギーの普及が一層進んだ 2050 年の姿を想定するためには、2050 年時点のエネルギー需要も推計して、エネルギー需給のバランスを明らかにしていく必要がある。本研究では、エネルギー需要や需給バランスについても、前記のプラットフォームを用いて推計した。

プラットフォームでは、PV 等再生可能エネルギー電力を有効活用する観点および海外の政策動向<sup>7</sup>から、2050 年の家庭部門・業務部門は全てのエネルギー需要が電化されるほか、産業部門も電化が

<sup>6</sup> 志村・占部・加藤：「再エネ主力電源時の地域エネルギー需給バランスを考慮した電力システム増強に関する一検討」，第 40 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス，No.19-3 (2024)

<sup>7</sup> 政策動向の一例：2023 年 1 月、カリフォルニア州は新築建物を対象にいつでも電化ができるように配線等の電気設備整備を義務付け

困難と予想される業種を除いて電化される設定とした。また、将来的な人口の増減や、エネルギー消費機器の効率向上<sup>8</sup>等も反映した。運輸部門については、前述の関連研究<sup>6</sup>に倣い、地域間を移動する大型トラックを除く全車種が電気自動車（以下「EV」）化され、主に昼間時間帯に任意の駐車場所で充電できる設定で推計した。（推計方法の詳細は、参考 I を参照。）

・家庭部門および業務部門： 国勢調査地域メッシュ統計および経済センサス地域メッシュ統計に基づいて、時刻 $t$ における電力需要 $D_E(t)$ を 500m メッシュ単位で計算した。まず、500m 四方の 4 次メッシュ単位で需要家 $j$ (戸建住宅、集合住宅、ホテル・旅館など 11 区分)ごとに延床面積 $F_j$ を推定し、これに需要家 $j$ 別・用途 $k$ (暖房・冷房・給湯・電力)別の負荷原単位 $d_j^k(t)$ 、電力シェア $S_j^k$ 、需要家 $j$ 別の時刻 $t$ における稼働割合 $r_j(t)$ を乗じ、機器 COP $\eta_{jE}^k$ で除し、さらに気温による空調負荷等の変化を考慮するための補正係数 $dT(t)$ を乗じて用途 $k$ 全体で集計した。

燃料需要 $D_F(t)$ については、家庭部門・業務部門における電力以外のエネルギー需要は全て燃料需要であると想定して計算した。

上述のように計算される各 500m メッシュにおける $D_E(t)$ 、 $D_F(t)$ を配電エリア単位で集計し、各配電エリアにおける年間 8,760 時間の電力需要を計算した。配電エリアの範囲については、一般送配電事業者による公開情報に基づき、中部エリア内の計 861 ヶ所の配電用変電所が位置する 500m メッシュを同定し、ボロノイ分割を応用して簡易的に設定した。

・産業部門： 高圧配電受電の産業用電力需要 $D_E^I(t)$ および産業用燃料需要 $D_F^I(t)$ を計算した。都道府県別の最終エネルギー統計および温対法報告書に基づき、各工場の年間 CO<sub>2</sub> 排出量から年間の電力・燃料需要を計算し、各工場の住所に対応する 500m メッシュに配分した。計算された各工場の電力・燃料需要を県別に合計した値と最終エネルギー統計に記載の電力・燃料需要との差分は住宅数に比例するとして 500m メッシュに配分した。また、8,760 時間の電力・燃料需要の時間変化については、文献調査に基づきエネルギー多消費型産業、非多消費型産業についてそれぞれ操業パターンと土日祝の需要減を考慮して想定した。

・運輸部門： EV 充電などの電力需要 $D_E^O(t)$ および運輸用燃料需要 $D_F^O(t)$ を計算した。

本研究においては、交通センサス OD データに登録された車種のうち、軽自動車、乗用車、バス、軽貨物車、小型貨物車、貨客車の消費エネルギーは、全車両の EV 化による電力需要とした。他方で普通以上の貨物車および特殊車の消費エネルギーは、軽自動車～貨客車と比べて EV 化が困難という想定のもと、燃料需要と仮定して計算した。

EV 充電需要については、各自治体において充電する自動車 ID を選出し、昼間時間帯に任意の駐車場所で充電できる設定のもと、充電日時、充電量を集計することで各自治体における年間 8,760 時間の充電パターンを計算する。そして、EV 化を想定した車種および充電形態に対応したメッシュデータを用いて按分を行い各配電エリアにおける充電需要を計算した。

燃料需要については、自動車 ID ごとに発トリップ地点と走行距離を集計し、各自治体の年間の燃料需要を計算した。対象とした普通以上の貨物車や特殊車は主に平日の運行を想定しており、事務所の電力需要パターンに基づき年間の燃料需要を日単位へと按分して算出した。

<sup>8</sup> 【参考】2023 年 12 月の G7 首脳会議では、「エネルギー効率改善率を年間 2 倍にすることに貢献し、支援する」と声明



## 3-2-2. 推計結果

### (1) 市全体の推計結果

まず、中間期（5月）、夏期（8月）、冬期（12月）の代表日における電力需要・燃料需要<sup>9</sup>の1時間値を図3-2、図3-3、図3-4に示す。図3-2は岐阜県中津川市、図3-3は静岡県磐田市、図3-4は愛知県長久手市のもので、各図は需要家別・用途別に色分けされている。

3-2-1で述べた通り、プラットフォームにおいて家庭部門・業務部門の全てと産業部門の過半が電化された設定としたため、家庭部門・業務部門の燃料需要は、人口動向や省エネ効果を織り込んだ上で、電力需要へ置き換えられた形となっている。

電力需要は、概ね三自治体間の人口比に近い規模となっているが、その内訳は、工場が多く立地する静岡県磐田市や岐阜県中津川市では産業部門の割合が多く、住宅地が中心の愛知県長久手市では、家庭部門・業務部門の割合が多い。

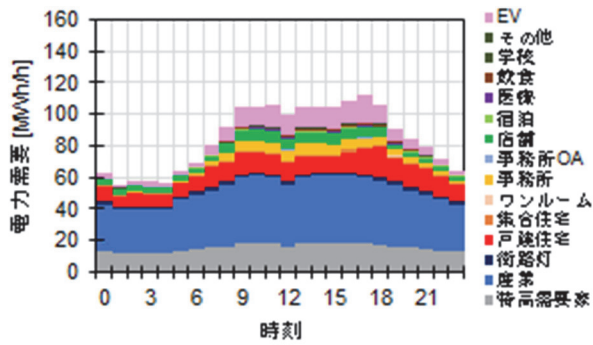
#### <コラム>

本研究では全ての自治体において、将来的に家庭部門と業務部門のエネルギー需要は全て電力で賄われることを想定している。しかし、市街化進行タイプの自治体では太陽光発電（PV）の導入適地が限られるため、全ての電力需要を市内のPVで賄うことができず、PV以外のカーボンニュートラルな電力を確保する必要があるものの、市街化進行タイプの自治体では他のカーボンニュートラルな電力を確保することの方が難しい場合が多い。そこで、他の自治体の余剰電力、例えば中山間地タイプの自治体のPV余剰電力を利用することが期待されるが、送配電設備の増強が必要になることが予想される。また、全ての電力需要を国内の再エネ発電だけで賄うことは困難であるため、現状の火力発電機においてCO<sub>2</sub>回収貯留装置を備えて従来の化石燃料を利用することも期待されるが、貯留地までのCO<sub>2</sub>輸送に課題がある。

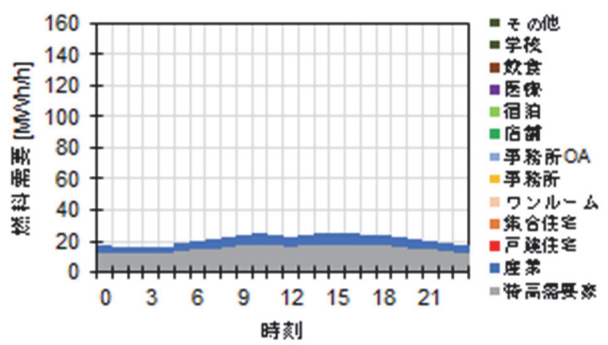
そこで、少なからずグリーン／ブルー水素（あるいはそのキャリアとしてのアンモニア）を燃料とする火力発電が必要となり、グリーン／ブルー水素の多くを海外から調達することになると考えられることから、市街化進行タイプの自治体では、グリーン／ブルー水素を用いた火力発電の電力を利用することも期待されるが、PV電力が少ない早朝や夕方以降に火力発電からの供給量が増え、大きな設備が必要となる。一方で、産業部門や運輸部門においてグリーン／ブルー水素の需要が存在し、そのための供給インフラも維持されるのであれば、家庭部門と業務部門においても全てのエネルギー需要を電力にシフトする必要はないかも知れない。家庭部門と業務部門におけるエネルギー需要の電力シフトのあり方については、再エネ発電の導入ポテンシャルや電力・ガス供給のインフラ整備だけでなく、海外から調達するグリーン／ブルー水素の効果的な利用も考慮して、さらなる検討が必要と考えられる。

（座長 加藤丈佳）

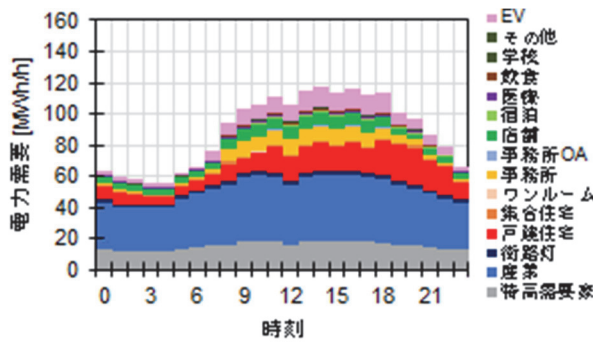
<sup>9</sup> 2016年5月18日(水)、同8月10日(水)、同12月21日(水)の活動量で2050年の省エネ・電化・人口変動を反映させたもの。



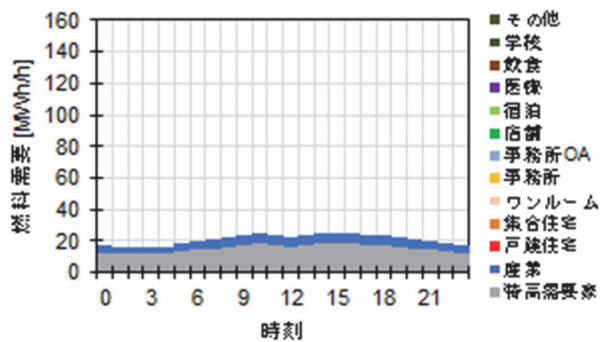
(a) 電力需要 (5月)



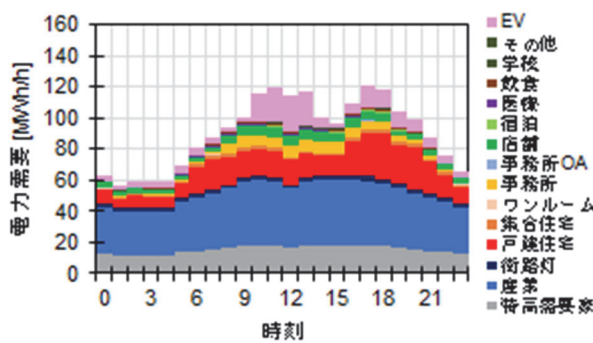
(b) 燃料需要 (5月)



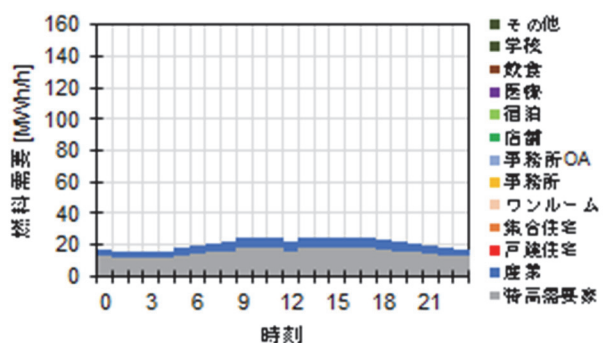
(c) 電力需要 (8月)



(d) 燃料需要 (8月)



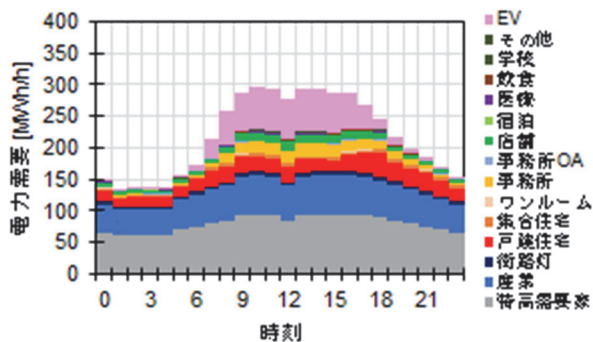
(e) 電力需要 (12月)



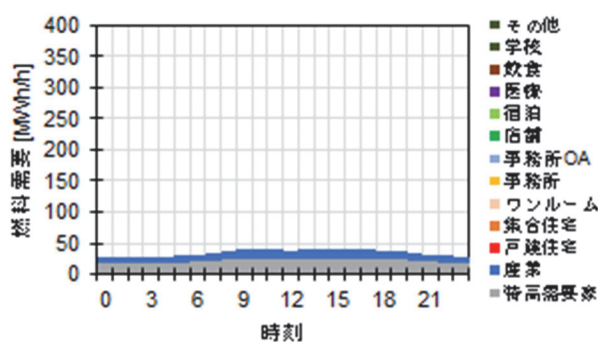
(f) 燃料需要 (12月)

図 3-2 岐阜県中津川市における代表日の電力需要・燃料需要の時間変化

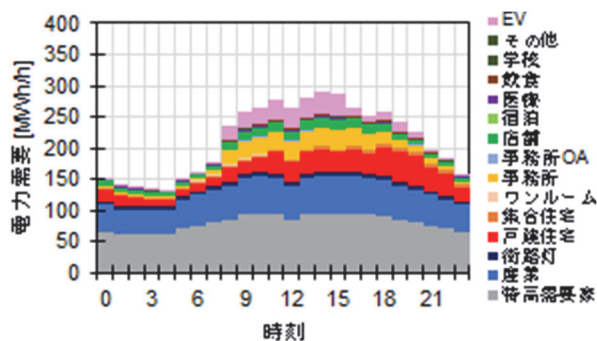
また、普通以上の貨物車および特殊車を除く自動車が EV 化され、昼間時間帯に自宅・外出先を問わず任意の駐車場所で充電できる設定とした EV の電力需要 (図中ピンク色で表示) については、他部門と比べても有意な量の EV の電力需要が発生している。なお、代表日についてのグラフであるため、特に参考 I に記載のように当日/翌日の日射量に応じて異なる充電行動を想定して計算した EV 充電需要の時間変化は、選定した代表日によって異なることに注意されたい。また、日射量が多い、すなわち PV 出力が大きい日の充電量が増えるような充電行動を想定しているものの、後述の図 3-6、図 3-7 に示すように、昼間に大きな PV 余剰電力が発生しているにも関わらず、夜間にも EV 充電需要が発生している。



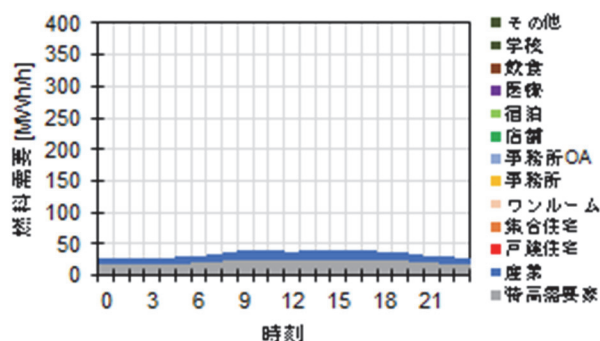
(a) 電力需要 (5月)



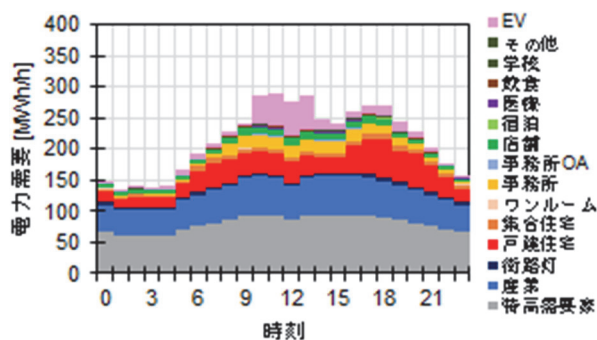
(b) 燃料需要 (5月)



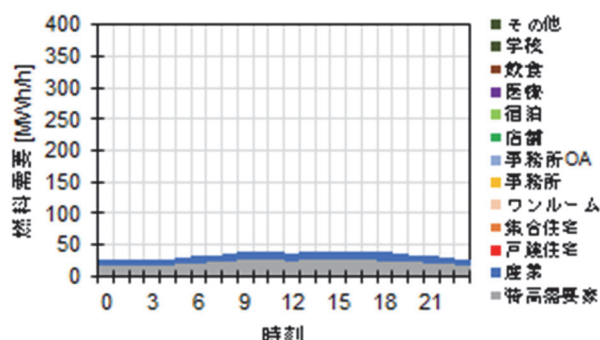
(c) 電力需要 (8月)



(d) 燃料需要 (8月)



(e) 電力需要 (12月)



(f) 燃料需要 (12月)

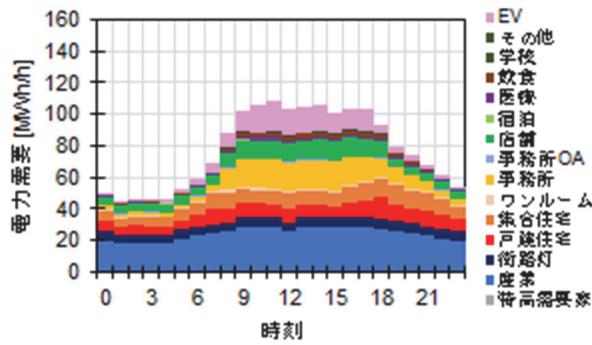
図 3-3 静岡県磐田市における代表日の電力需要・燃料需要の時間変化

燃料需要については産業部門と普通以上の貨物車および特殊車のみとなっており、需要の規模は、各自治体における産業部門の規模を反映して、静岡県磐田市、岐阜県中津川市、愛知県長久手市の順に大きい。特に大規模な工場が存在しない愛知県長久手市においては燃料需要が非常に小さく、市全体のエネルギー需要が電化された状態である。

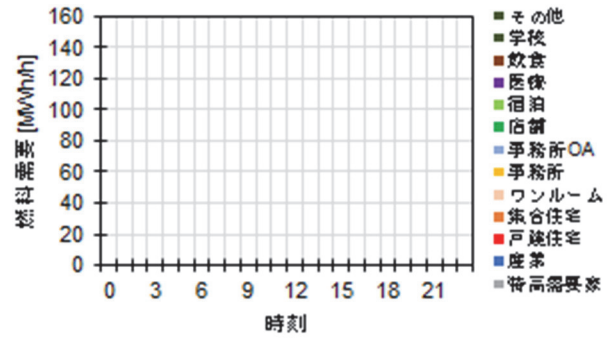
なお、三自治体とも、電力需要・燃料需要のピークは季節間で大きな変動が無く、各季節における電力需要の変動パターン<sup>10</sup>についても、概ね共通している。

<sup>10</sup> (例) 冬期の夕刻に、家庭部門・業務部門の電力需要が増加する

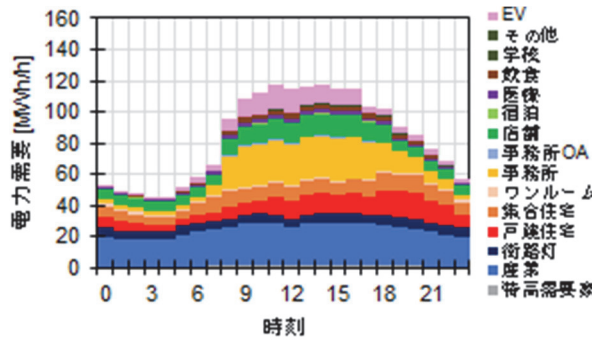




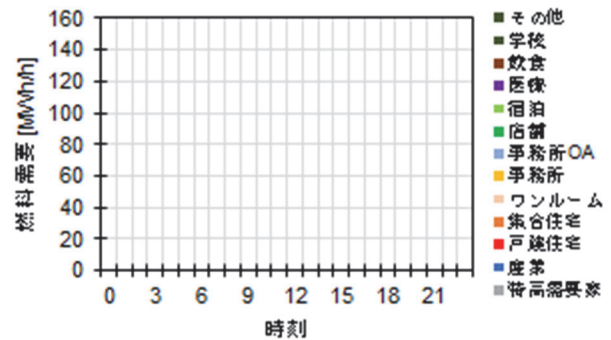
(a) 電力需要 (5月)



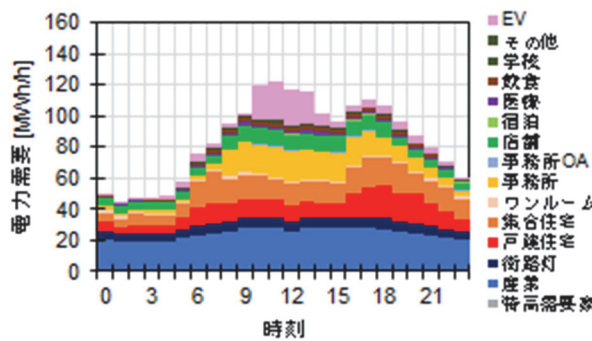
(b) 燃料需要 (5月)



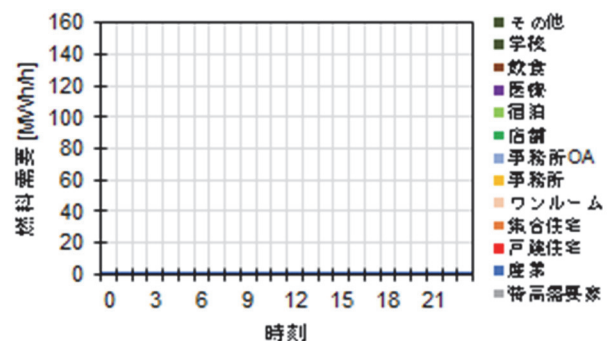
(c) 電力需要 (8月)



(d) 燃料需要 (8月)



(e) 電力需要 (12月)



(f) 燃料需要 (12月)

図 3-4 愛知県長久手市における代表日の電力需要・燃料需要の時間変化

次に、表 3-6、表 3-7、表 3-8 に、三自治体における現在（2016 年）と将来（2050 年）の年間エネルギー需要推計の結果を示す。

電力需要・燃料需要の主な特徴は、自動車燃料需要の EV 化を含め季節別代表日の状況で述べたとおりである。なお、2017 年度における運輸部門の最終エネルギー消費に対して本モデルで中部 5 県それぞれにおいて計算した燃料需要は最小で 68%（長野県）、最大で 90%（愛知県）である。

なお、本研究で用いたモデルにて自治体単位で計算した現状の電力需要は、図 3-5 のとおり環境省の再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS)にて推計されている電力需要と比較した際に、年間の積算値が一部の産業都市を除いて概ね一致していることを確認した。

表 3-6 中津川市における現在と将来のエネルギー需要推計

(単位：MWh/年)

設定時期	現在 (2016 年)		将来 (2050 年)	
	電力	燃料	電力	燃料
家庭部門エネルギー需要	140,784.9	158,330.6	124,999.8	0.0
業務部門エネルギー需要	167,247.2	31,418.0	108,501.2	0.0
産業部門エネルギー需要	240,302.2	328,414.9	285,431.9	44,542.0
特別高圧エネルギー需要	95,850.9	229,608.9	120,814.1	120,639.5
運輸部門エネルギー需要 (JR 等広域交通は除外)	0.0	447,380.2	58,572.0	125,234.2
(合計)	644,185.2	1,195,152.6	698,319.0	290,415.7

表 3-7 磐田市における現在と将来のエネルギー需要推計

(単位：MWh/年)

設定時期	現在 (2016 年)		将来 (2050 年)	
	電力	燃料	電力	燃料
家庭部門エネルギー需要	263,827.4	330,213.3	279,502.3	0.0
業務部門エネルギー需要	317,504.6	107,439.5	236,346.6	0.0
産業部門エネルギー需要	309,372.7	600,422.0	411,347.2	93,445.5
特別高圧エネルギー需要	579,400.9	514,292.6	630,104.2	173,457.6
運輸部門エネルギー需要 (JR 等広域交通は除外)	0.0	1,162,348.7	110,677.0	553,625.2
(合計)	1,470,105.6	2,714,716.1	1,667,977.3	820,528.3

表 3-8 長久手市における現在と将来のエネルギー需要推計

(単位：MWh/年)

設定時期	現在 (2016 年)		将来 (2050 年)	
	電力	燃料	電力	燃料
家庭部門エネルギー需要	121,063.6	158,747.3	181,088.5	0.0
業務部門エネルギー需要	215,254.6	74,121.6	231,009.5	0.0
産業部門エネルギー需要	68,025.3	290,506.2	183,554.8	9,083.0
特別高圧エネルギー需要	7,606.4	1,393.5	6,865.5	0.0
運輸部門エネルギー需要 (JR 等広域交通は除外)	0.0	310,717.1	45,495.3	60,492.9
(合計)	411,949.9	835,485.7	648,013.6	69,575.9

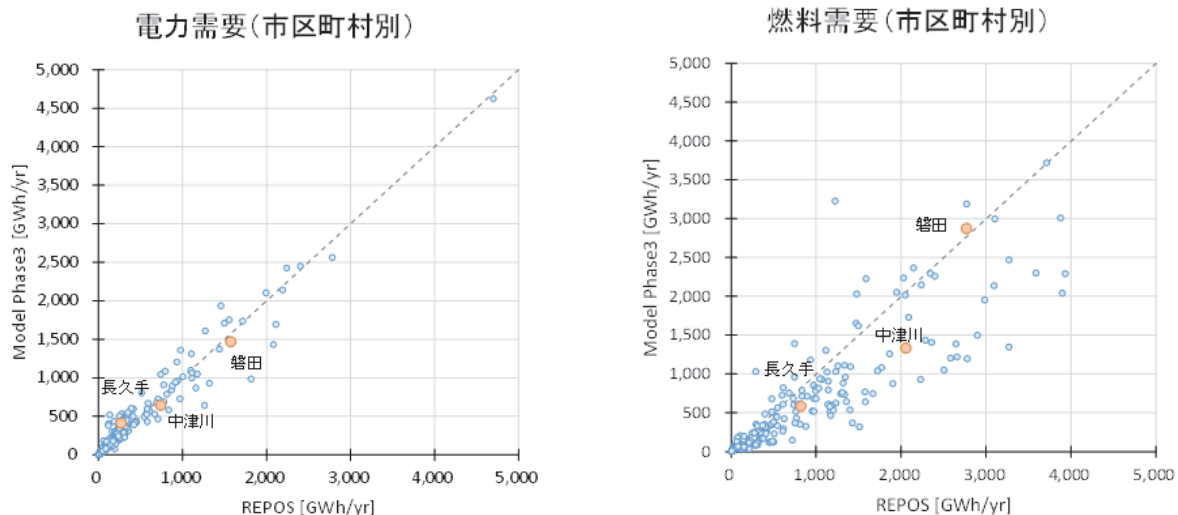


図 3-5 (参考) 本研究と環境省 REPOS の自治体単位のエネルギー需要比較

(出典： 志村・占部・加藤：「再エネ主力電源時の地域エネルギー需給バランスを考慮した電力システム増強に関する一検討」，第 40 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス，No.19-3 (2024))

また、表 3-9、表 3-10、表 3-11、表 3-12 に、三自治体の人口変動と、機器効率化・電化がエネルギー需要に及ぼす影響について試算した。まず三自治体のエネルギー需給について表 3-10 の 4 条件 (①～④) で試算し、相互の差から「人口変動」、「機器効率化・電化」の影響分を求めた。表 3-11、表 3-12、表 3-13 の④－①で現在と将来の差異、④－③で人口変動の影響、現在と将来の差異 (④－①) から人口変動の影響 (④－③) を差し引いたものを機器効率化・電化の影響として推計した。(表 3-10 の①は、表 3-7、表 3-8、表 3-9 における 2016 年のエネルギー需要、④は、表 3-7、表 3-8、表 3-9 における 2050 年のエネルギー需要に相当する。)

表 3-9 人口変動と、機器効率化・電化の影響検討のための試算条件設定

	①	②	③	④
人口	現在(2016年)	将来(2050年)	現在(2016年)	将来(2050年)
機器効率・電化率	現在(2016年)	現在(2016年)	将来(2050年)	将来(2050年)

表 3-10 中津川市の将来のエネルギー需要における人口変動と、機器効率化・電化の影響推計 (単位：MWh/年)

	現在と将来の差異		人口変動の影響		効率化・電化の影響	
	④－①		④－③		(④－①)－(④－③)	
	電力	燃料	電力	燃料	電力	燃料
家庭部門	-15,785.1	-158,330.6	-53,294.2	0.0	37,509.1	-158,330.6
業務部門	-58,746.0	-31,418.0	-51,742.4	0.0	-7,003.6	-31,418.0
産業部門	45,129.7	-283,872.9	-16,056.5	-748.9	61,186.2	-283,124.0
特別高圧	24,963.2	-108,969.4	0.0	0.0	24,963.2	-108,969.4
運輸部門	58,572.0	-322,146.0	0.0	0.0	58,572.0	-322,146.0
(合計)	54,133.8	-904,736.9	-121,093.1	-748.9	175,226.9	-903,988.0

表 3-11 磐田市の将来のエネルギー需要における人口変動と、機器効率化・電化の影響推計

(単位：MWh/年)

	現在と将来の差異		人口変動の影響		効率化・電化の影響	
	④-①		④-③		(④-①) - (④-③)	
	電力	燃料	電力	燃料	電力	燃料
家庭部門	15,674.9	-330,213.3	-70,407.5	0.0	86,082.4	-330,213.3
業務部門	-81,158.0	-107,439.5	-78,942.1	0.0	-2,215.9	-107,439.5
産業部門	101,974.5	-506,976.5	-17,895.4	-834.7	119,869.9	-506,141.8
特別高圧	50,703.3	-340,835.0	0.0	0.0	50,703.3	-340,835.0
運輸部門	110,677.0	-608,723.5	0.0	0.0	110,677.0	-608,723.5
(合計)	197,871.7	-1,894,187.8	-167,245.0	-834.7	365,116.7	-1,893,353.1

表 3-12 長久手市の将来のエネルギー需要における人口変動と、機器効率化・電化の影響推計

(単位：MWh/年)

	現在と将来の差異		人口変動の影響		効率化・電化の影響	
	④-①		④-③		(④-①) - (④-③)	
	電力	燃料	電力	燃料	電力	燃料
家庭部門	60,024.9	-158,747.3	9,124.8	0.0	50,900.1	-158,747.3
業務部門	15,754.9	-74,121.6	19,634.6	0.0	-3,879.7	-74,121.6
産業部門	115,529.5	-281,423.2	40,132.3	1,871.9	75,397.2	-283,295.1
特別高圧	-740.9	-1,393.5	0.0	0.0	-740.9	-1,393.5
運輸部門	45,495.3	-250,224.2	0.0	0.0	45,495.3	-250,224.2
(合計)	236,063.7	-765,909.8	68,891.7	1,871.9	167,172.0	-767,781.7

人口変動の影響については、2050年時点の人口増加が見込まれる長久手市が、人口が変化しなかった場合と比べて需要増となった。機器効率化・電化の影響については、家庭部門・業務部門の全てと産業部門の過半が電化された設定としたため、三自治体とも全部門で燃料需要が減少した一方、電力需要に関しては、電化によりエネルギー需要が増加する中で、業務部門に限っては需要が減少した。機器効率化の効果がより大きく出ている可能性がある。

## (2) 配電エリア別の推計結果

各自治体全体のエネルギー需要は上記の特徴を有するとしても、関連研究<sup>6</sup>によれば、各市内で配電エリア別に確認していくと、表 3-14 のとおり同じ市内でもばらつきが見られる。例えば、中津川市内に存在する 7 つの配電エリアにおいて、変電所容量に対する年間電力需要の比は一定していない。中心市街地（エリア G）や工業用地（エリア D）では、変電所容量に対する年間電力需要が著しく大きい傾向が見受けられる。磐田市のエリア D・H、長久手市のエリア A・B といった、中心市街地や工業用地にも、同様な傾向が見受けられる。

表 3-14 各市区町村の配電エリアにおける PV 導入量と将来エネルギー需要<sup>6</sup>

対象エリア		変電所容量 [MW]	PV 導入量 [MW]	電力需要 [GWh/年]	燃料需要 [GWh/年]	備考 (土地利用のイメージ)
中津川市	A	19	20.9	62.8	15.0	郊外
	B	19	36.8	42.1	14.3	郊外
	C	19	41.1	27.1	10.3	山間部
	D	28	25.4	238.8	84.8	郊外・工業用地
	E	19	94.2	47.7	9.9	山間部・農地
	F	19	68.5	53.5	13.3	山間部・農地
	G	28	59.7	198.3	133.7	中心市街地
磐田市	A	49	78.3	194.7	155.1	郊外
	B	28	74.2	158.2	34.4	農地・工業用地
	C	19	39.0	107.8	150.2	郊外
	D	28	57.9	275.8	118.7	郊外・工業用地
	E	49	48.4	73.9	46.3	郊外・農地
	F	28	71.8	93.2	55.9	郊外・農地
	G	49	35.7	98.9	45.8	中心市街地
	H	49	63.4	470.0	162.9	郊外・工業用地
	I	49	56.9	123.0	60.7	郊外
	J	43	31.0	76.3	49.4	郊外
	K	49	86.5	179.1	131.3	郊外・工業用地
長久手市	A	49	92.4	482.8	73.7	市街地
	B	49	56.2	337.3	116.6	市街地
	C	49	16.5	36.6	25.1	林地

### 3-3. エネルギー需給バランスの推計（モデル三自治体のエネルギー自給率）

モデル三自治体について、3-1の電力・燃料需要の推計結果に対し、日射変動を考慮して3-2で想定したPV潜在導入量でのPV出力を計算し、電力需給バランスを推計した。

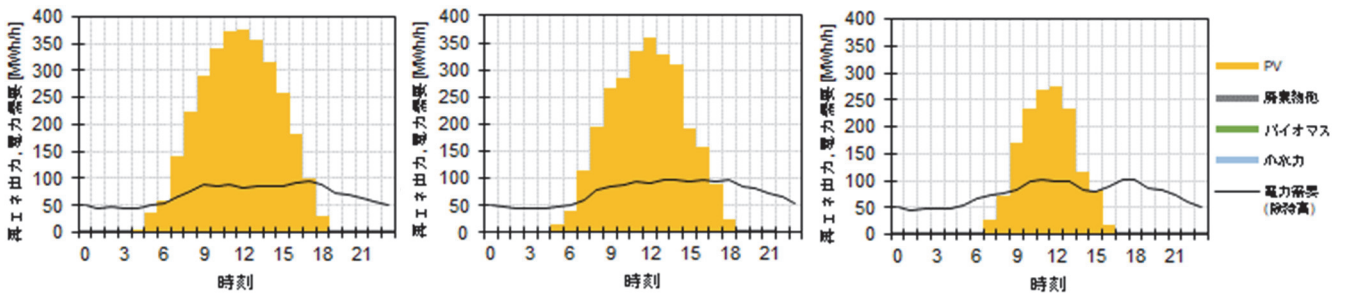
#### 3-3-1. 市全体の推計結果

本研究で想定した全ての再生可能エネルギーが2050年に導入された場合の年間の電力需給状況を計算した。まず、各自治体における中間期（5月）、夏期（8月）、冬期（12月）の代表日における電力需要<sup>11</sup>と再生可能エネルギー電力供給量の1時間値を図3-6～3-8に、燃料需要と植物系・家畜系バイオマスによる熱供給量の1時間値のうち、中間期分を図3-9に示す。図3-6～3-8において、黒い線グラフが電力需要、着色された柱状グラフが再生可能エネルギー電力供給量を示す。

三自治体とも、再生可能エネルギー電力の大半がPVであって、PV以外の電源を確認することは困難である。また、岐阜県中津川市と静岡県磐田市では、全ての季節で電力需要に対してPV供給量が超過する時間帯があり、余剰電力の発生が見込まれる。愛知県長久手市においては、電力需要に対してPV供給量が超過する時間帯は無いものの、PVの最大出力が、同時帯の電力需要の過半前後の水準となっている。

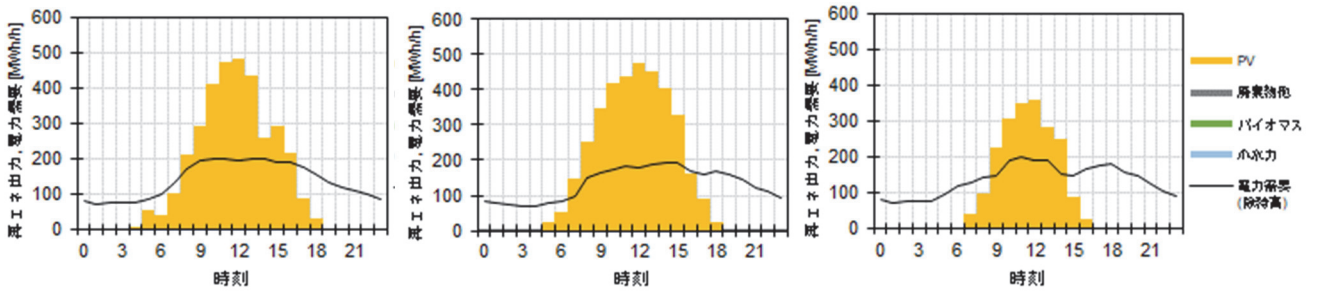
<sup>11</sup>2016年5月18日(水)、同8月10日(水)、同12月21日(水)の活動量で、2050年の省エネ・電化・人口変動を反映させたもの。





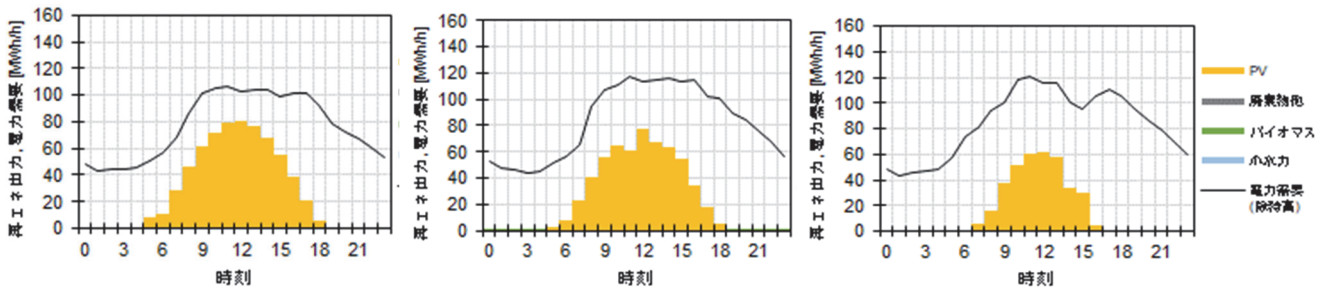
(a) 5月 (b) 8月 (c) 12月

図 3-6 岐阜県中津川市における代表日の電力需給の時間変化



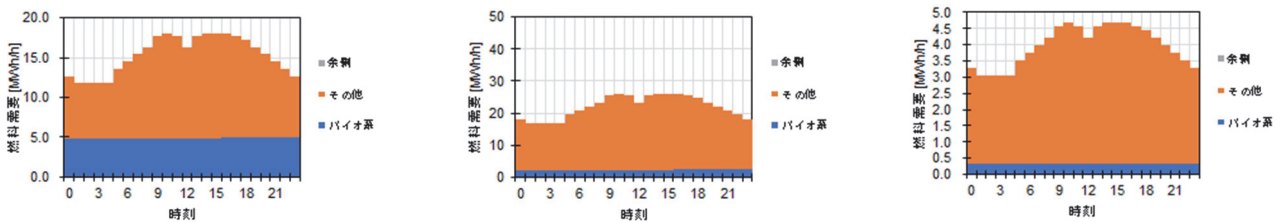
(a) 5月 (b) 8月 (c) 12月

図 3-7 静岡県磐田市における代表日の電力需給の時間変化



(a) 5月 (b) 8月 (c) 12月

図 3-8 愛知県長久手市における代表日の電力需給の時間変化



(a) 中津川市の燃料需給(5月) (b) 磐田市の燃料需給(5月) (c) 長久手市の燃料需給(5月)

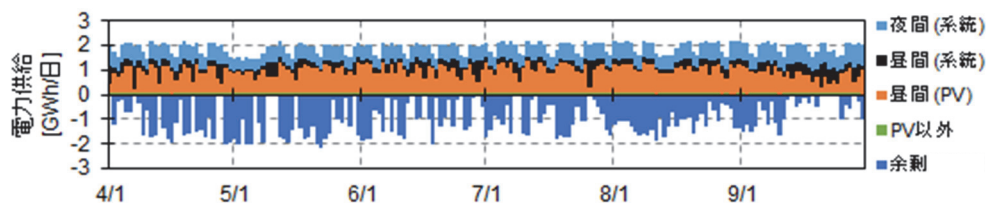
図 3-9 三自治体における中間期代表日の燃料需給の時間変化

また、図 3-8 では産業部門の燃料需要（オレンジ色で表示）に対して、植物系・家畜系バイオマスによる熱供給量（青色で表示）を示している。植物系バイオマスに関しては、使用場所で燃料保管スペースが必要になるほか、家畜系バイオマスについては、熱供給場所である堆肥センター近傍での利用が必要になるため、工場での利用を想定した。植物系バイオマスは、産業部門の低温熱供給で一定の役割を担える可能性がある。

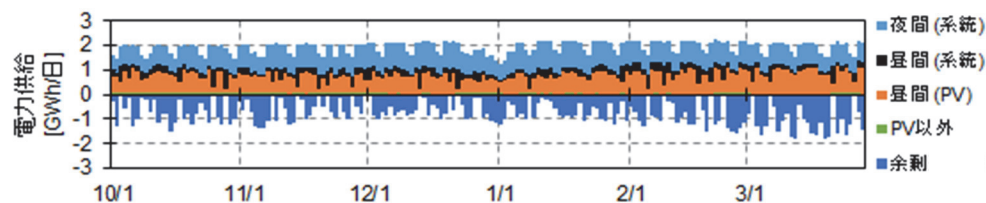
次に、上記のような 1 時間単位の電力需給を年間 365 日について計算し、各日の電力需要に対する PV、PV 以外の再生エネ発電、系統電力による日積算の供給量を計算した。図 3-10 に岐阜県中津川市、図 3-11 に静岡県磐田市、図 3-12 に愛知県長久手市に関する結果を示す。電力需給図のゼロより上の部分は電力供給量とその内訳、ゼロより下の部分は余剰電力量を表す。

三自治体とも、2050 年時点の電力需要について、PV を主力とする再生可能エネルギー電力で相当な部分を賄うことが期待できる一方、夜間や曇雨天時においては、現在と同様に電力系統を通じたエリア外からの電力供給が必要と考えられる。このうち岐阜県中津川市と静岡県磐田市では、昼間の余剰電力と夜間の系統電力需要の両方が生じるものと見込まれる。そこで、大容量の蓄電池を導入して昼間の余剰電力を夜間に利用することが考えられるが、愛知県長久手市のように昼間でも市内の再生エネ発電だけでは電力需要を賄えない自治体もあるため、それらへの供給も考慮して蓄電池の導入のあり方を考える必要がある。

なお、本研究では自治体単位で電力需給を計算しているが、実際には再生エネ発電の多くは配電系統に接続されるため、配電設備の容量制約等により、余剰電力を必ずしも他の自治体に供給できるわけではない。そこで本研究では、後述の 3-3-2 において各市域内の配電エリアごとに電力需給を推計し、配電用変電所の設備容量制約の点で逆潮流可能な余剰電力を推計している。

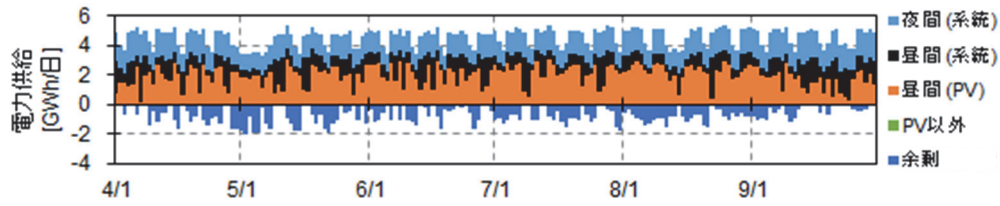


(a) 電力需給（4月～9月）

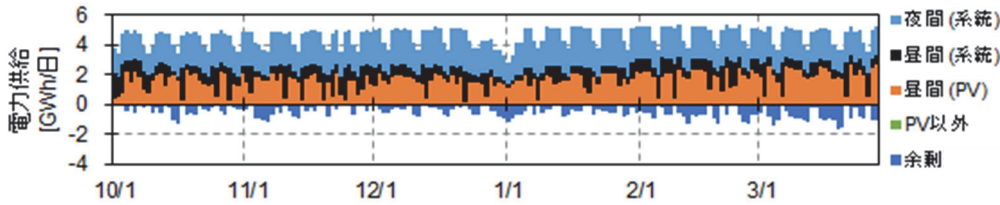


(b) 電力需給（10月～3月）

図 3-10 岐阜県中津川市における年間電力需給バランス

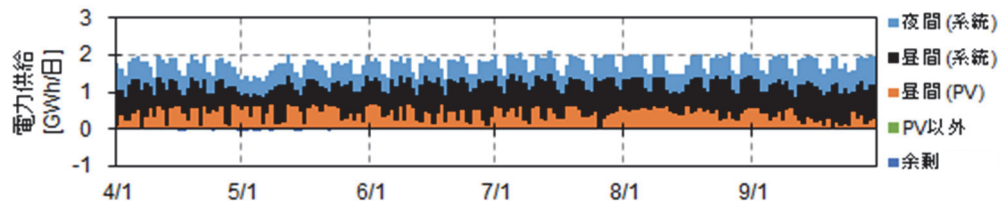


(a) 電力需給 (4月～9月)

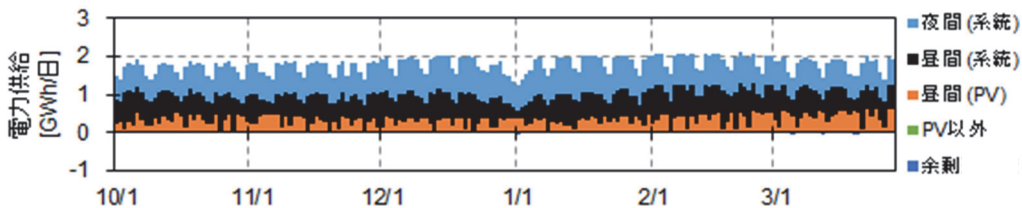


(b) 電力需給 (10月～3月)

図 3-11 静岡県磐田市における年間電力需給・燃料需給バランス



(a) 電力需給 (4月～9月)



(b) 電力需給 (10月～3月)

図 3-12 愛知県長久手市における年間電力需給・燃料需給バランス

最後に、三自治体における将来（2050年）の年間エネルギー需給バランスについて、需要側・供給側の年間累計値一覧の形で表 3-14、表 3-15、表 3-16 に示す。ここでは各市内の電力・燃料需要⑩のうち、市内産の再生可能エネルギー（①+②+③+④+⑤+⑥）で賄える割合⑪を各市の「エネルギー自給率」と定義して、エネルギー地産地消の潜在力可視化を試みた。2050年時点では、系統電力や気体・液体燃料のカーボンニュートラル化も進むと想定される中で、⑪の「エネルギー自給率」は、地域資源がカーボンニュートラルに寄与できる割合と読み替えることもできる。

また、各表の「供給の部」では、各種再生可能エネルギー、系統電力、購入燃料を計上したが、PV電力に関しては、「①（昼間等に）市内で実消費される分」と「⑧余剰電力分」を仕分けて余剰電力を定量化した。



表 3-14 2050 年における中津川市のエネルギー需給バランスおよび潜在量ベースの自給率

需要の部			供給の部		
項目	数量 (MWh/年)		項目	数量 (MWh/年)	
	電力	燃料		電力	熱
家庭部門	124,999.8	0.0	①太陽光発電 (市内実消費分)	286,829.5	0.0
			②小水力発電	78,490.0	0.0
業務部門	108,501.2	0.0	③植物系バイオマス発電・熱利用	187.0	31,903.8
			④清掃工場発電・熱利用	5,057.0	390.5
産業部門	406,246.0	165,181.5	⑤家畜排泄物発電・熱利用	3,425.0	1,713.0
			⑥地中熱利用(活用熱量－消費電力量)	0.0	0.0
運輸部門	58,572.0	125,234.2	⑦系統電力／購入燃料	324,330.5	256,408.5
			⑧太陽光余剰電力	370,722.8	
(合計)	698,319.0	290,415.7	⑨余剰分込み総供給量 (Σ(①～⑧))	1,069,041.8	290,415.7
			⑩実消費量に対応した供給量 (Σ(①～⑦))	698,319.0	290,415.7
			⑪実需給ベースの自給率 (Σ(①～⑥)／⑩)	53.6%	11.7%

表 3-15 2050 年における磐田市のエネルギー需給バランスおよび潜在量ベースの自給率

需要の部			供給の部		
項目	数量 (MWh/年)		項目	数量 (MWh/年)	
	電力	燃料		電力	熱
家庭部門	279,502.3	0.0	①太陽光発電 (市内実消費分)	619,748.5	0.0
			②小水力発電	0.0	0.0
業務部門	236,346.6	0.0	③植物系バイオマス発電・熱利用	94.0	18,547.5
			④清掃工場発電・熱利用	13,861.0	640.9
産業部門	1,041,451.4	266,903.1	⑤家畜排泄物発電・熱利用	483.0	241.0
			⑥地中熱利用(活用熱量－消費電力量)	0.0	395.1
運輸部門	110,677.0	553,625.2	⑦系統電力／購入燃料	1,033,790.8	800,703.8
			⑧太陽光余剰電力	334,186.9	
(合計)	1,667,977.3	820,528.3	⑨余剰分込み総供給量 (Σ(①～⑧))	2,002,164.2	820,528.3
			⑩実消費量に対応した供給量 (Σ(①～⑦))	1,667,977.3	820,528.3
			⑪実需給ベースの自給率 (Σ(①～⑥)／⑩)	38.0%	2.4%

表 3-16 2050 年における長久手市のエネルギー需給バランスおよび潜在量ベースの自給率

需要の部			供給の部		
項目	数量 (MWh/年)		項目	数量 (MWh/年)	
	電力	燃料		電力	熱
家庭部門	181,088.5	0.0	①太陽光発電 (市内実消費分)	134,862.0	0.0
			②小水力発電	29.4	0.0
業務部門	231,009.5	0.0	③植物系バイオマス発電・熱利用	0.0	2,067.5
			④清掃工場発電・熱利用	0.0	0.0
産業部門	190,420.3	9,083.0	⑤家畜排泄物発電・熱利用	0.0	0.0
			⑥地中熱利用(活用熱量－消費電力量)	0.0	0.0
運輸部門	45,495.3	60,492.9	⑦系統電力／購入燃料	513,122.2	67,508.4
			⑧太陽光余剰電力	110.6	
(合計)	648,013.6	69,575.9	⑨余剰分込み総供給量 (Σ(①～⑧))	648,124.2	69,575.9
			⑩実消費量に対応した供給量 (Σ(①～⑦))	648,013.6	69,575.9
			⑪実需給ベースの自給率 (Σ(①～⑥)／⑩)	20.8%	3.0%

エネルギー自給率は、岐阜県中津川市（中山間地タイプ）＞静岡県磐田市（市街／自然バランスタイプ）＞愛知県長久手市（市街化進行タイプ）の順に高いが、再生可能エネルギーの供給力が比較的大きな中津川市であっても、表 3-14 のとおり電力自給率で 53.6%にとどまった。表中⑩の電力自給率は、電力需要に対して同時同量で活用可能な再生可能エネルギー電力の割合を示しているが、他方で同市の電力需要に直接充当できない PV 余剰電力⑧も存在し、その量は系統電力供給量⑦に匹敵する。

現在、PV 余剰電力は系統へ逆潮流する形で活用される場合が多いと思われるが、エネルギー地産地消の観点から、これを貯蔵ないしは変換して夜間等に活用できれば、さらなる自給率向上につながる可能性がある。

### 3-3-2. 配電エリア別の推計結果

各自治体全体のエネルギー需給は上記の特徴を有するとしても、関連研究<sup>6</sup>によれば、配電エリア別に確認していくと、同じ市内でもばらつきが見られる場合がある。例えば、中山間地タイプの中津川市内に存在する 7 つの配電エリアに関しては、図 3-13 のとおり、中心市街地（エリア G）や工業用地（エリア D）では需要超過となるが、それ以外のエリアの多くは PV 電力供給超過となる。3-3-1 の需給バランス表で示したエネルギー自給率を達成するためには、各配電エリアの需給バランスも改善する必要がある。

他方で市街／自然バランスタイプの磐田市の場合、PV 電力供給超過となるのは図 3-14 のとおり 7 エリア中で農地や住宅が多い E・F の 2 エリアのみで、市街化進行タイプの長久手市に至っては、図 3-15 のとおり全エリアで需要超過となり、市街化に伴い配電エリア間の需給過不足のばらつきは少なくなっていく。

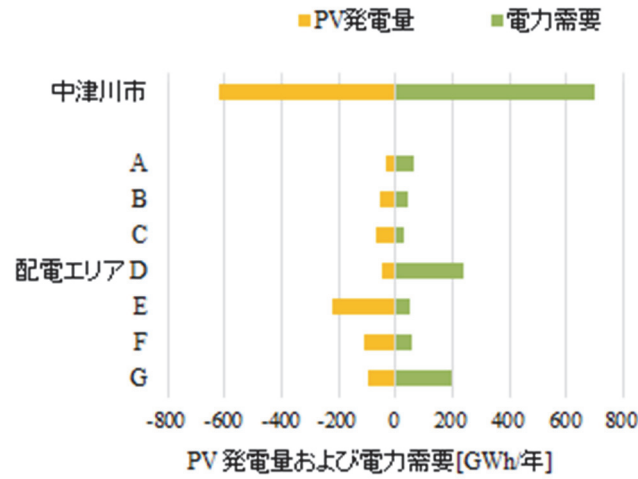


図 3-13 岐阜県中津川市の各配電エリアにおける年間の電力需要量と PV 発電電力量<sup>6</sup>

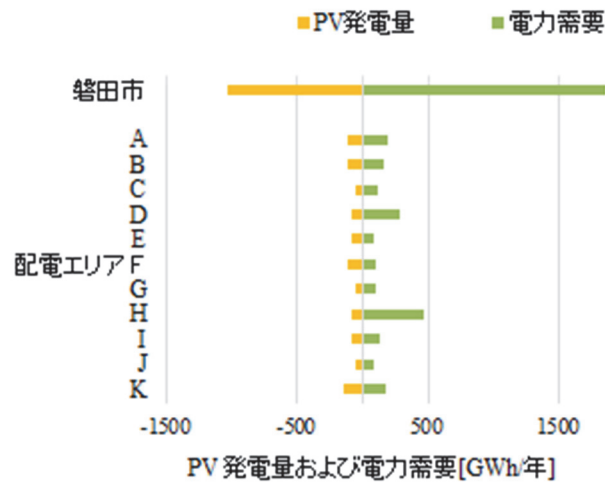


図 3-14 静岡県磐田市の各配電エリアにおける年間の電力需要量と PV 発電電力量

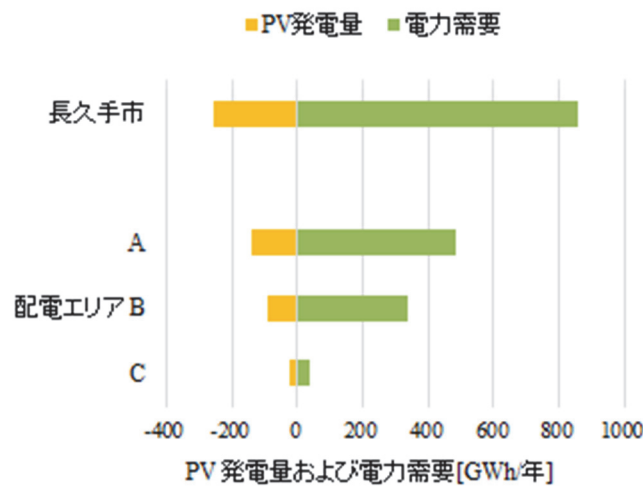


図 3-15 愛知県長久手市の各配電エリアにおける年間の電力需要量と PV 発電電力量

### 3-3-3. 考察

2050年における三自治体の電力供給については、中山間地タイプである岐阜県中津川市の53.6%を筆頭に約20～54%の潜在的な自給率が期待でき、特に中津川市では、昼間時間帯に発生する余剰電力量が系統電力の受入量に匹敵するという推計結果を得た。しかし、三自治体すなわち三モデル間だけではなく、同じ市内の配電エリア間でも需給のバランスは一定ではない。具体的には各エリアの再生可能エネルギー潜在発電量と電力需要が反比例する傾向が見受けられることから、自治体間あるいは配電エリア間でバランス改善に向けた対策が必要と考えられる。

#### <コラム>

本研究では、自治体によらずPV設置形態別に一律の活用率（ポテンシャルに対する導入量の割合）を用いているため、中山間地タイプの中津川市の配電エリアでは昼間に大きな余剰電力が発生する一方、導入量が少ない市街化進行タイプでは余剰電力活用の検討の余地は小さいことが示された。そこで、自治体によらず一律の活用率を用いるのではなく、電力需要との時間的・空間的ミスマッチの少ない自治体におけるPV導入量を増やすように、自治体によって異なるPV導入支援（例えば、PV導入場所によって余剰電力の買取価格を変えるなど）を適用することが考えられる。しかし、図1-3に示したように、そもそも市街化進行タイプの自治体は少ないため、市街化進行タイプのPV導入量を増やすことは限定的であり、全国300GWのPV導入においては、やはり中山間地タイプや市街／自然バランスタイプの自治体におけるPV発電電力の有効活用が重要になると考えられる。

例えば、乗用車よりもEV化が難しいと考えられる大型トラックなどにおいて将来的にカーボンニュートラル（CN）な燃料需要が存在するのであれば、PV余剰電力をCN燃料の製造に利用することが望ましい。将来的に大型火力発電用に海外からカーボンニュートラル燃料が調達されるとしても、その輸送コストはガソリン等と比較して大きいと考えられるため、特に内陸部の中山間地タイプの自治体においては、CN燃料需要をPV余剰電力によって賄う方が合理的な選択になりうると考えられる。

その際、CN燃料の製造コストを削減するためには、製造装置の稼働率を上げることが重要である。大型トラックや工場におけるカーボン燃料需要は年間を通じて毎日発生するのに対し、PV余剰電力の大きさは天気によって日々異なり、季節変化も大きいため、PV余剰電力のみで毎日発生するCN燃料需要を賄うためには、CN燃料製造装置の設備容量（kW容量）、CN燃料貯蔵容量（kWh容量）が非常に大きくなる。そこで、CN燃料製造装置の稼働率を上げるためには、余剰電力が発生する時間帯を増やす必要がある。そこで、民生部門のエネルギー需要を全て電化するのではなく、現状のプロパンガスや灯油の需要分をCN燃料に転換し、プロパンガスによる簡易ガス事業（2017年にガス小売事業者の一部に移行）のような形態で供給する方が、早朝や夕方の電力需要の増加を抑制し、その分のPV余剰電力をCN燃料製造に利用して稼働率を上げることができ、合理的な選択となることも考えられる。

（座長 加藤丈佳）

他方で、市街／自然バランスタイプ（静岡県磐田市）と市街化進行タイプ（愛知県長久手市）では、市全体・配電エリア単位とも概ね恒常的に需要超過であって、国の目標相当量（フェーズⅡで示した配分量）の PV を導入しても、中山間地タイプにおけるような配電エリア間の調整や余剰電力活用の検討の余地は小さいと思われる。しかし限られた「市内産」再生可能エネルギーであればこそ、その潜在力を正しく把握することによって、カーボンニュートラル達成やレジリエンス向上に向けて、同じくカーボンニュートラル化が見込まれる系統電力や気体・液体燃料も交えた総合的・効果的な活用を検討していくことが重要ではないか。

## 第4章：まとめ

### 4-1. 結論

本研究では、中部地域の自治体が、カーボンニュートラル、エネルギーの地産地消、レジリエンス強化等にも資する自立・分散型エネルギーシステムの導入を検討するのに先立って、まず現状把握のための判断材料を提供することを目的として、市街化率の異なる三自治体のご協力を得て、将来における各自自治体の電力・燃料需給を推計・評価した。情報収集や推計を通じて、主に以下のような成果を得た。

- ・ 推計結果の信頼性向上： 本研究では、エネルギー需給を推計するにあたり当財団の既往の研究で開発・改良したシミュレーションプログラムを用いたが、入力データとして「PV 以外の再生可能エネルギー」、「特別高圧電力需要」、「EV 需要（対象車種拡大）」を追加して推計精度の向上を図った。その結果、環境省の REPOS による自治体単位の推計結果と概ね整合することを確認した。さらに本研究では、地域別の特性を詳細に把握するため、検討の切り口を「季節間・日間変動」、「配電エリア単位の需給」まで拡大した。
- ・ エネルギー地産地消の潜在力を見える化： 本研究では、中山間地タイプ、市街／自然バランスタイプ、市街化進行タイプの 3 つのモデル自治体について、エネルギー地産地消の潜在力を「エネルギー自給率」の形で見える化することができた。
- ・ 各地域の実情に合った再生可能エネルギー導入の必要性を示唆： エネルギー自給率が最も高かった中山間地タイプの自治体においても、配電エリア単位では、市中心部や工業用地では需要超過である一方、農地・中山間地では PV 供給超過であって、均質な需給バランスではないことを示した。本研究では、主に農地・住宅地等の土地利用条件を軸として、中部 5 県共通のルールで PV 等再生可能エネルギー導入量を配分したが、前記の需給不均衡は、こうした PV 配分量と、配電エリア単位のエネルギー需要量や需要変動等とのマッチングまで考慮して調整しなかった場合の結果と捉えることもできる。そのため、再生可能エネルギー導入にあたっては、各地域の実情に合わせて、地域に裨益する形で柔軟に普及ルールを見直す必要性が示唆された。

需給平準化の手法としては、例えば以下のような手法が考えられる。

- ① 共通ルールによる PV 配分量と比べて、市街地の配分量を多く、中山間地の配分量を少なく設定する。ただし土地利用の調整には限度があるため、需給の不均衡が残る場合は、中山間地から市街地への送電により調整することも考えられる。
- ② 中山間地のうち、配電容量を超過して逆潮流ができないエリアの場合は、余剰電力を用いた水電解で、水素等のカーボンニュートラル燃料を製造・備蓄することも考えられる。



③PV配分量は共通ルールに基づく一方で、家庭・業務部門の電化をある程度抑えることによって変動の少ない余剰電力で水電解装置を安定稼働させて、水素等のカーボンニュートラル燃料を製造・備蓄することも考えられる。(P30のコラムを参照)

【参考】域内余剰電力をレジリエンス向上のために活用するための検討事例

同じ配電エリア内のPV余剰電力を、平常時から防災関連施設に集めて水素を製造・貯蔵し、分散型の水素電源を用いて総合効率の高い熱電併給で活用するシステムの検討事例を付録Ⅱ-2-1と付録Ⅱ-2-4に収録した。平常時は余剰エネルギーの季節間貯蔵で需給平準化に貢献するとともに、災害時は自立・分散型エネルギー源として地域の防災機能向上につなげることを目的に、システムを検討した。

## 4-2. 今後の展望と課題

本研究の今後を展望するとともに、成果を活用していく上で、以下の課題を認識した。

### 4-2-1. 具体的な課題

本研究では、現時点での再生可能エネルギーや省エネルギー技術を出発点として推計を行ったが、再生可能エネルギーだけではなく、省エネルギーやデマンドサイドマネジメント（以下「DSM」）についても、日々技術やサービスが進化を続けている。今後とも、需要側・供給側両面の技術やサービスの内容を確認しつつ、最新動向を反映させていく必要がある。

### 4-2-2. 地域全体で地産地消のエネルギーシステムの社会実装を進める上での課題

本研究では、一つの自治体の枠内でエネルギー需給を検討してきたが、自治体全体あるいは配電エリア単位で需給が不均衡となる可能性が判明した。こうした不均衡の最適化に向けて、自治体の中で3-3-3や4-1で例示したようなDSMの取り組みを積み上げていくことはもちろん重要であるが、視野を広げて周辺地域とも連携しながら最適化を目指す合わせ技が必要なのではないか。具体的には、同じ自治体内部での配電エリア間の電力融通をはじめ、県庁や地方の省庁機関等の広域行政、あるいはエネルギー事業者等も交えて最適化の姿を検討していくことが必要になると考えられる。

また、本研究では、PVをはじめとする再生可能エネルギーの潜在量をそのまま導入量として推計したが、大半の発電設備あるいは熱利用設備は、私有地ないしは私有建物に導入されることに留意が必要である。さらにDSMまで実施する場合も含め、実現に向けて住民の理解と協力が大前提となることは論を待たない。地産地消による効率的なエネルギー利用やレジリエンス強化が地域に裨益するものとなるためには、地域づくりの全体像に整合し、持続可能な事業であることが必要である。

以上

## 参考 I. エネルギー需給評価プラットフォームに基づく需給推計の方法

本研究では、当財団の既往の研究「地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究〈フェーズ I〉」で開発し、「同〈フェーズ II〉」で改良したシミュレーションプログラム「地域エネルギー需給評価プラットフォーム」(以下「プラットフォーム」)を用いて、各モデル自治体の年間エネルギー需給を1時間単位で推計した。

### I-1. 再生可能エネルギー供給量とその変動状況の推計方法

様々な研究機関等によって2050年カーボンニュートラルに関するシナリオが提案されている。概して大幅なエネルギー利用効率向上とともに、燃料需要からのシフトによって電力需要は1,400TWh程度となり、その50%以上が再エネ発電によって賄われることが想定されている。これを考慮して、〈フェーズ II〉では本プラットフォームにて基準とするPV導入量について、以下のように見直した。

まず、全国のPV導入量について、太陽光発電協会ポジションペーパーや環境省令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書(以下「環境省ゾーニング」)を考慮し、全国300GWと想定した。この値は環境省ゾーニングにおけるPV導入ポテンシャル(レベル3)のうち農地分を除いた容量に対応する。そこで、環境省ゾーニングPV導入ポテンシャル(レベル3)における想定に基づき、中部エリアのPV導入量を45GWと想定した。また、余剰電力によってCN燃料を製造する設備が導入されると想定した。

#### I-1-1. 太陽光発電

カーボンニュートラルの実現には太陽光発電(PV)を全国で300GW規模、中部エリアで45GW規模で導入することが必要となる。そこで、PVの中部エリア内での配分のさせ方について以下のとおり想定した。

土地利用の制約を考慮する方法として、本研究では、1)表参I-2に示すPV設置形態ごとに、同表に示す指標に基づき各市区町村における導入ポテンシャルを算定し、2)中部エリアでの導入量が45GWとなるようにPV設置形態ごとに各市区町村に共通の活用率(ポテンシャルに対する導入割合)を設定してPV設置形態別に各市区町村の導入量を計算し、3)それを表参I-2の指標との関係が強いメッシュ統計データを用いて各配電エリアに配分するという手法を採用した。既築住宅用PVについてはメッシュ統計に基づき配電エリア単位の導入量を直接計算することができるが、将来世帯数や耕作地面積等に関する政府の各種統計は市区町村単位で集計されているものが多いため、上記のような方法を採用した。なお、上記のように環境省等においてもPV導入ポテンシャルが計算されているが、上記の計算上の整合性の観点から本研究では独自にPV導入ポテンシャルを計算した。以下、特に断りがない場合、単に「導入ポテンシャル」と言った際にはPV導入ポテンシャルを指す。「区」単位での集計を行ったのは静岡県静岡市、静岡県浜松市、愛知県名古屋市の3つの政令指定都市である。静岡県と三重県の一部は中部電力の給電管内ではないとして除外し、対象とした市区町村数は付録1に含まれる238(長野県:77、岐阜県:42、静岡県:23、愛知:69、三重県:27)である。

なお、現状のPV導入では、電力需要が小さい地域においては配電設備容量が十分でないなどの理

由で導入が制限される場合がある。その意味では、各配電エリアにおけるPV導入量を想定する際にも、周辺の電力需要を考慮すべきであるが、上記の計算方法では考慮されていない。これは以下の理由による。導入ポテンシャルに対して各市区町村に共通の活用率を設定して計算される導入量は、土地利用の観点から市区町村間、配電エリア間で公平な導入分布と考えることができる。これを実現するため、土地利用に関する様々な意思決定の権能を有する市区町村が、再生可能エネルギーに関わる土地利用においても積極的に関与することが期待されているからである。第6次エネルギー基本計画においても、再エネ特措法の施行にあたって、地域の実情を理解している地方自治体との連携が重要視されていることが確認されている。2021年5月の温対法（地球温暖化対策の推進に関する法律）改正では再エネ導入を積極的に進める「促進区域」の抽出が推奨されたが、今後市区町村が促進区域の議論を進める上で、どの設置形態にどの程度の再エネの促進区域を設定すべきかが課題となる。

#### <検討対象>

住宅以外の導入ポテンシャルに関しては、本研究では特に導入量が多い工場屋根、ソーラーシェアリング、耕作放棄地を対象を絞った上で、市区町村毎の導入ポテンシャル計算を行った。また、将来という点では、住宅用に関しては2050年までの新築住宅と既築住宅を区別しての導入ポテンシャル推計を試みた。なお、将来の予見性が比較的高い住宅と異なり、工場や農地に関して市区町村の分解能で2050年を想定することは難しかったので、現状と同じ導入ポテンシャルを仮定した。なお、耕作放棄地以外の低・未利用地の導入ポテンシャルも大きいと考えられるが、利用可能な各市区町村の統計を見つけられなかったため、検討の対象外とした。

具体的には、中部5県のうち中部電力の供給エリアである市区町村を対象に、市区町村単位で公開されている統計資料に基づき、市区町村ごとにPVの設置形態7区分(新築戸建住宅、新築集合住宅、既築戸建住宅、既築集合住宅、工場、ソーラーシェアリング、耕作放棄地)の2050年における導入ポテンシャルを推定した。導入ポテンシャルは、各区分の設置形態の規模を表す指標（住宅用の場合は世帯数または住宅数、住宅以外の場合は土地ないし建物の面積）に指標あたりの導入量を乗ずることで決定した。

#### <指標あたりの導入量>

指標あたりの導入量を表参 I -2に示す。戸建住宅における一戸当たりの導入量は、新築戸建住宅に関しては再生可能エネルギー固定価格買取制度における2019年6月末時点の新規認定の10 kW未満の導入量が4.64 kW/件であること、既築戸建住宅に関しては、同移行認定の10 kW未満の導入量が3.94 kW/件であることを参考にした。新築集合住宅、ソーラーシェアリングの単位面積当たりの導入量は先行研究<sup>12</sup>で収量80%まで許容した場合の稲類におけるパネル設置比率を参考にした。

なお、環境省の導入ポテンシャル調査では、近年の改定時に戸建住宅・集合住宅の算定指標が屋根面積に対して0.1 kW/m<sup>2</sup>、0.083 kW/m<sup>2</sup>に増加している。詳細な比較は割愛するが、本研究での指標あたりの導入量の設定は、環境省の導入ポテンシャル計算よりも少ない導入量となる傾向がある。

<sup>12</sup> 室城他：「制約条件を考慮したソーラーシェアリングの導入ポテンシャル評価～関東地方におけるケーススタディ～」：土木学会論文集 G Vol.74, No.6, II\_221-II\_228, 2019



表参 I -2 各設置形態の指標と指標あたりの導入量

設置形態	指標	指標あたりの導入量
新築戸建住宅	戸数	5.0 kW/戸
新築集合住宅	世帯数	1.6 kW/世帯
既築戸建住宅	戸数	4.0 kW/戸
既築集合住宅	世帯数	1.0 kW/世帯
業務ビル等壁面	壁面積	0.15 kW/m <sup>2</sup>
工場	建築面積	0.5 MW/ha
ソーラーシェアリング	経営耕地面積	0.195 MW/ha
耕作放棄地	面積	0.5 MW/ha

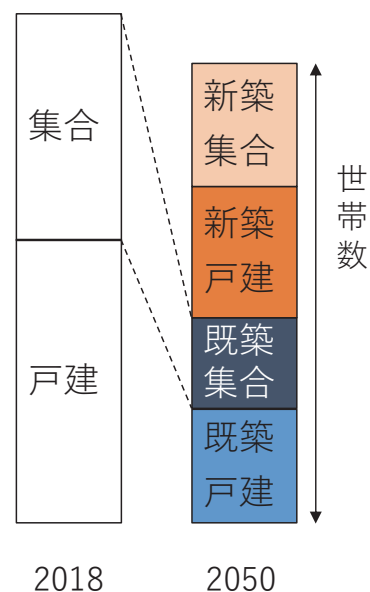
<各設置形態の指標の算出方法>

図参 I -1 に 2020 年と 2050 年の住宅数のイメージを示す。まず既築住宅については平成 30 年住宅・土地統計調査の市区町村別・建て方別の住宅総数<sup>13</sup>に対し、建て方に依らず 2050 年での残存率を 4 割と設定することで PV 導入可能な住宅数および世帯数を算出した。なお 2050 年の住宅残存率は、フェーズ II における推定結果である、木造で 50%、非木造で 56%を参考に設定した。

新築戸建住宅については、建築着工統計調査の建て方別の着工新設住宅数<sup>14</sup>の平成 24 年から令和元年までの 8 年間平均を 2020 年の新築戸建住宅数とし、住宅ストックと着工に関するレポート<sup>15</sup>（以降、「住宅着工レポート」）を参考に年率 2.2% で直線的に減少すると想定し、2050 年までに新たに建築される住宅数を算出した。

新築集合住宅の世帯数は、フェーズ I での 2050 年の推定世帯数と、上述の新築戸建住宅数+残存戸数との差を用いた。この数値が負になる市区町村に関しては、新築集合住宅数を 0 とした。

建物壁面については第 2 章 3 節で用いた需要家ごとの延床面積に基づき、集合住宅および業務用建物の PV 設置可能な壁面積を推定した。集合住宅の壁面は各市区町村の共同住宅に住む世帯数のうち 3 階以上に住んでいる割合<sup>16</sup>を前述の新築・既築集合住宅世帯数に乘じ、さらに 1 世帯当たりのベランダ壁面を幅 4m、高さ 1.2m と仮定して壁面



図参 I -1 住宅数のイメージ

<sup>13</sup> 総務省「平成 30 年住宅・土地統計調査 住宅及び世帯に関する基本集計 第 8 - 3 表 住宅の建て方 (4 区分), 構造(3 区分), 階数(4 区分)別住宅数-全国, 都道府県, 市区町村」

<sup>14</sup> 国土交通省「建築着工統計調査 (年計) 第 1 7 表 着工新設住宅: 利用関係別、建て方別 (戸数、床面積の合計)」

<sup>15</sup> 藤田隼平「住宅着工の中期見通し~住宅着工は 2040 年に足元の半分の 40 万戸台半ばまで減少~」三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングレポート (2020)

<sup>16</sup> 令和 2 年国勢調査: 「人口等基本集計」

積を推定した。また、業務用建物は業種別に階数を想定したうえで延床面積から1階あたりの床面積を算定し、簡単のため全建物が1階あたり高さ4mかつ底面が正方形の直方体と仮定した。その建物のうち南面の3階以上の1/3の壁面がPV設置可能と仮定して、壁面の総面積を推定した。

工場については、PVの設置可能面積として建築面積を用いた。市区町村別の建築面積の統計が存在しないため、2014年工業統計調査の各工業地区の建築面積<sup>17</sup>をその地区に含まれる市区町村<sup>18</sup>のエネルギー消費量で按分することで、各市区町村の工場の建築面積を推定した。各市区町村のエネルギー消費量は、温対法報告書に記載された各工場を特高/高压配電受電に区別して市区町村単位で集計した値と、それらの県別合計値と最終エネルギー統計<sup>19</sup>に記載の値との差分を世帯数にて各市区町村に按分した値とを分けて按分に使用した。

ソーラーシェアリングと耕作放棄地については、それぞれ2015年農林業センサスの経営耕地面積<sup>20</sup>および耕作放棄地の面積<sup>21</sup>を2050年における設置可能面積とした。

本節では、2050年に中部地方で45GWの導入を実現する上で、これを各市区町村に配分することを考える。ここでは、前節で求めた導入ポテンシャルに対して、実際に導入を想定する割合を示す活用率を設定した。この活用率と導入ポテンシャルとの積を求めることにより、市区町村ごとの配分量を計算した。なお、活用率は本来的には各市区町村の実情に合わせて個別に調整されるのが望ましいが、本検討では第一段階の検討として、設置形態ごとに一律の活用率を設定した。

次に、本研究において設定した活用率の値を示し、その際に考慮した事項について説明する。

配分量を決める際には、全体の導入ポテンシャルのうち7割以上を占めるソーラーシェアリングおよび耕作放棄地の活用率が重要となる。したがって、初めにこれらの設置形態における活用率の上限を設定することを考えた。

農地および耕作放棄地が多く存在する市区町村は主に中山間地域であることが考えられ、こうした地域では土砂災害のリスクが懸念される。さらに、太陽光パネルの設置地点付近で起きた土砂災害による二次災害としてパネルの飛散や、火災が発生することも考えられる。

次に、中部地方で45GWの導入を想定した際に本研究で設定した各設置形態の活用率を表参I-3に示す。なお、これらの値を設定する際には下記事項を考慮した。

- ・ 現段階で導入が進んでおらず、設置への障壁が大きいソーラーシェアリングの活用率を小さくする
- ・ 新築住宅は比較的導入しやすいため活用率を大きくする
- ・ 偏重させる設置形態以外の活用率は等しい値とする

17 経済産業省大臣官房調査統計グループ：「平成26年工業統計表「用地・用水編」データ 第1部 事業所数、従業者数、製造品出荷額等、事業所敷地面積、建築面積及び延べ建築面積 4. 工業地区別、産業中分類別統計表」

18 経済産業省大臣官房調査統計グループ：「工業統計調査 平成26年確報 工業地区編 地区（工業地区）の範囲」<https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2/h26/kakuho/kogyochiku/pdf/h26-k7-riyou-j2.pdf>

19 経済産業省 資源エネルギー庁 長官官房 総務課 戦略企画室：「都道府県別エネルギー消費統計」

20 農林水産省「2015年農林業センサス 確報 第1巻 都道府県別統計書 2 農業経営体(1) 経営耕地の状況」の長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県を使用

21 農林水産省「2015年農林業センサス 確報 第1巻 都道府県別統計書 5 総農家等(2) 耕作放棄地面積」の長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県を使用

参考までに、表参 I -3 にはソーラーシェアリングの活用率を 0.1 低くした場合と 0.1 高くした場合に中部全体で同程度の PV 配分量となる活用率の例を示す。ソーラーシェアリングの活用率を 0.1 下げると、活用率を新築集合では 0.9、その他の屋根置きでは 0.8 まで上げても届かず、ハザードマップの観点から 0.6 の上限が望ましいとした耕作放棄地の活用率を 0.68 まで引き上げざるを得なくなった。他方、ソーラーシェアリングの活用率を 0.1 上げると、新築戸建を 0.93、それ以外の活用率を 0.5 まで下げることが可能である。

表参 I -3 本研究において設定した活用率

	活用率	(参考)ソー ラーシェア低	(参考)ソー ラーシェア高
新築戸建	1.00	1.00	0.93
新築集合	0.70	0.90	0.50
既築戸建	0.60	0.80	0.50
既築集合	0.60	0.80	0.50
建物壁面	1.00	1.00	1.00
ソーラーシェアリング	0.34	0.24	0.44
耕作放棄地	0.60	0.68	0.50
工場	0.60	0.80	0.50

<配電エリア単位における PV 導入量の計算>

市区町村単位の PV 導入量をメッシュデータを利用して按分し、配電エリア単位にて集計を行った。500m メッシュ単位で利用可能なデータのうち、各設置形態の PV 導入量 $C_m^j$ との相関が高いと考えられるデータを用いることで任意の配電エリア  $S$  の設置形態  $j$  における PV 導入量 $C_S^j$ を次式のように計算した。

$$C_S^j = \sum_m \alpha_{S \in m}^j C_m^j$$

ここで $\alpha_{S \in m}^j$ は設置形態  $j$  における市区町村  $m$  の PV 導入量 $C_m^j$ を配電エリア  $S$  へと按分するための比率である。 $\alpha_{S \in m}^j$ は複数の配電エリアの集合から成る市区町村  $m$  のうち、任意の配電エリア  $S$  が占有するメッシュの設置形態  $j$  に対応するメッシュデータ  $Mesh^j$  を用いて次式のように表される。

$$\alpha_{S \in m}^j = \frac{\sum_{S \in m} Mesh^j}{\sum_m Mesh^j}$$

各設置形態について、按分に使用したメッシュデータは以下の通りである。

- ・ 新築戸建/既築戸建住宅：2050 年における戸建住宅の推定世帯数
- ・ 新築集合/既築集合住宅：2050 年における集合住宅の推定世帯数
- ・ 建物壁面（集合住宅）：2050 年における集合住宅の推定世帯数
- ・ 建物壁面（業務用建物）：各業種の延床面積
- ・ 工場：500m メッシュ単位で推定したエネルギー消費量および推定世帯数

- ・ ソーラーシェアリング/耕作放棄地：土地利用細分メッシュデータ[2]のうち「田」「その他農用地」に分類されるメッシュ数

市区町村単位と同様にメッシュ単位でも工場の建築面積と相関が高いと思われることから、エネルギー消費量を用いて按分を行った。その手順は PV 導入ポテンシャルの計算方法と概ね一致している。

温対法報告書に記載された工場のエネルギー消費量から計算された PV 導入量については、各工場の住所から同定された 500m メッシュへと按分した。また、各工場のエネルギー消費量の県別合計値と最終エネルギー統計[15]に記載の値との差分から計算された PV 導入量については、各メッシュの世帯数にて按分した。

農地系についても、メッシュ単位で農地面積を直接的に示すデータが存在しないため相関が高いデータを検討した。市区町村単位において、統計上の農地面積とメッシュ単位で集計可能なデータとの相関を調べたところ、世帯数や高齢者率（65 歳以上の人口割合）のような人口に関する指標の相関が低いことを確認した。そこで本研究ではこれらのデータと比較して高い相関が確認された、土地利用細分メッシュデータを利用した。

#### I-1-2. 太陽光発電以外の再生可能エネルギー発電および熱利用

太陽光発電以外の再生可能エネルギー（以下、非 PV）発電および熱利用については、モデル三自治体の潜在量推計において、「小水力発電」、「植物系バイオマス発電・熱利用」、「清掃工場発電・熱利用」、「家畜排泄物発電・熱利用」、「地中熱利用」を対象とした。

参考Ⅱ「再生可能エネルギー導入潜在量の推計方法」に基づいて、非 PV の発電容量・年間発電量・年間熱回収量を推計し、これをプラットフォームの計算へ追加した。非 PV は、いずれも出力の時間変動が少ないか、出力制御が可能なエネルギーであるため、基本的には 24 時間一定出力とした。

清掃工場の熱利用については、現行の排熱回収量・用途のままとしたが、植物系バイオマスおよび家畜排泄物の熱利用については、燃料集積・処理可能な場所が限定されることから、全量を産業部門で利用する想定とした。

#### I-2. エネルギー需要とその変動状況の推計方法

現在および 2050 年時点の家庭部門・業務部門、産業部門、運輸部門のエネルギー需要とその変動状況の推計方法について、I-2-1 から I-2-3 に示す。

2050 時点の推計に関しては、I-2-4 に示す条件設定とした。

家庭部門・業務部門については、全ての需要家において電力シェア 100%と想定<sup>22</sup>した。また、将来的な人口増減および 20%のエネルギー利用効率向上をそれぞれ考慮して将来の電力・燃料需要パターンを計算した。

産業部門については生産活動量を不変としたうえで、上記のように計算される現状の電力・燃料需要に対して各業種に共通して 20%のエネルギー利用効率向上を考慮し、現状の燃料需要からの電力需要へのシフト率を業種別に想定した。このうち電力シフト分についてはさらに 30%の効率向上

---

<sup>22</sup> 全電化へ向けた政策動向の一例：2023 年 1 月、カリフォルニア州は新築建物を対象にいつでも電化ができるように配線等の電気設備整備を義務付け。



を想定し、将来の電力・燃料需要パターンを計算した。すなわち、電力シフト分の将来需要は、現状の6割程度<sup>23</sup>となる。

### I-2-1. 家庭部門および業務部門

時刻  $t$  における電力需要  $D_E(t)$  を 500m 四方単位で計算する。まず、500m 四方の4次メッシュ単位で需要家  $j$  (戸建住宅、集合住宅、ホテル・旅館など11区分) ごとに延床面積  $F_j$  を推定し、これに(I-2-1)式に示すように需要家  $j$  別・用途  $k$  別の負荷原単位  $d_j^k(t)$ 、電力シェア  $S_j^k$ 、需要家  $j$  別の時刻  $t$  における稼働割合  $r_j(t)$  を乗じ、機器 COP  $\eta_{jE}^k$  で除し、さらに気温による空調負荷等の変化を考慮するための補正係数  $dT(t)$  を乗じて用途  $k$  全体で集計する。これに後述のように別途計算する高圧配電受電の産業用電力需要  $D_E^I(t)$  とその他電力需要  $D_E^O(t)$  を加えて、500m 四方単位の電力需要  $D_E(t)$  を計算する。 $D_E^O(t)$  として、街路灯やEV (中型以上のトラックおよび特殊車を除く) の充電需要も考慮した。

$$D_E(t) = \sum_{j=1}^{11} \sum_{k=1}^4 \left\{ \frac{d_j^k(t) \times F_j \times S_j^k \times r_j(t) \times dT(t)}{\eta_{jE}^k} \right\} + D_E^I(t) + D_E^O(t) \quad (\text{I-2-1})$$

家庭部門および業務部門については、電力以外のエネルギー需要は燃料需要であると想定し、(I-2-1)式の  $S_j^k$  の代わりに(II-2-2)式のように  $1 - S_j^k$  を用いて燃料需要  $D_F(t)$  を計算し、これに後述のように計算する産業用燃料需要に  $D_F^I(t)$  を加えて計算する。

$$D_F(t) = \sum_{j=1}^{11} \sum_{k=1}^4 \left\{ \frac{d_j^k(t) \times F_j \times (1 - S_j^k) \times r_j(t) \times dT(t)}{\eta_{jF}^k} \right\} + D_F^I(t) \quad (\text{I-2-2})$$

なお、運輸部門の電力需要および燃料需要については、500m 四方単位では計算せず、後述のように配電エリア単位で計算する。

先行研究や専門家への聞き取り調査に基づき想定した現状の需要家別・用途別の  $S_j^k$  および  $\eta_{jE}^k$  をそれぞれ表参 I-4-1~表参 I-4-4 に示す。都市ガスインフラの有無に応じてメッシュ単位で異なる電力シェアと機器 COP を想定している。将来については、 $S_j^k$  は全て 100%としている。また、電力による給湯のためのヒートポンプ給湯機について、現状では深夜時間帯に稼働する想定であるが、将来は余剰電力が大きくなる 12 時を中心に稼働する想定としている。

表参 I-4-1 電力シェアの想定 (都市ガスあり)

	戸建	集合	ホテル等	他業務
暖房	20%	30%	15%	15%
冷房	100%	100%	35%	35%
給湯	20%	10%	30%	10%
電力	100%	100%	100%	100%

表参 I-4-2 電力シェアの想定 (都市ガスなし)

	戸建	集合	ホテル等	他業務
暖房	20%	40%	40%	40%
冷房	100%	100%	80%	80%
給湯	30%	10%	50%	10%
電力	100%	100%	100%	100%

表参 I-4-3 機器 COP の想定 (都市ガスあり)

	戸建	集合	ホテル等	他業務
暖房	3.0	3.0	4.0	4.0
冷房	3.0	3.0	3.5	3.5
給湯	2.0	1.0	2.5	2.5
電力	1.0	1.0	1.0	1.0

表参 I-4-4 機器 COP の想定 (都市ガスなし)

	戸建	集合	ホテル等	他業務
暖房	3.0	3.0	4.5	4.5
冷房	3.0	3.0	4.0	4.0
給湯	2.0	1.0	3.0	3.0
電力	1.0	1.0	1.0	1.0

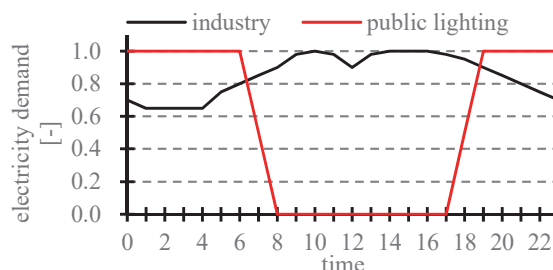
<sup>23</sup> 2023年12月のG7首脳会議では、「エネルギー効率改善率を年間2倍にすることに貢献し、支援する」と声明しており、同ペースで改善できれば目標効率達成の可能性もある。



戸建・集合住宅の $F_i$ については、種類・大きさによって PV 導入容量が異なることを考慮するため、地域メッシュ統計に基づき延床面積 6 区分（0～29 m<sup>2</sup>、30～49 m<sup>2</sup>、50～69 m<sup>2</sup>、70～99 m<sup>2</sup>、100～149 m<sup>2</sup>、150 m<sup>2</sup>以上）別に住宅数を計算し、これに各区分の延床面積の代表値を乗じて計算する。業務部門の $F_i$ については、業種別の全国延床面積に基づき、各メッシュにおける従業員数の全国比によって計算する。住宅、業務施設の延床面積を後述の配電エリア単位で集計したところ、配電エリアによるばらつきはあるものの、住宅と業務施設の延床面積は概ね比例関係にあることを確認している。

また、 $n_i(t)$ については、終日不在の住宅や休業日等の業務施設が存在することを考慮し、2016 年度の祝日等に基づき設定している。 $dT(t)$ は各配電エリアに最寄りのアメダス地点における 2016 年の外気温データと基準気温との差に基づき設定している。

上述のように計算される各 4 次メッシュにおける  $D_E(t)$ 、 $D_F(t)$ を配電エリア単位で集計し、各配電エリアにおける年間 8,760 時間の電力需要を計算する。なお、配電エリアについては、一般送配電事業者による系統容量に関する公開情報に基づき見直している。また、各 4 次メッシュにおける  $D_E(t)$ および  $D_F(t)$ を市町村単位で集計することで、各市町村における電力需要、燃料需要を計算できる。その際、電力需要については、後述のように計算する特別高圧配電線によって受電する需要家の電力需要も考慮する。



図参 I-2 産業部門、公衆街路灯の電力需要パターンの想定

## I-2-2. 産業部門

地域エネルギー需給評価プラットフォームでは、以下のように各メッシュにおける産業部門の電力需要を計算している。まず、100 m 四方の土地利用細分メッシュデータから計算される 4 次メッシュ  $i$  の建物用地の面積  $S_{Li}$  から上述のように計算される 11 区分の需要家の合計延床面積  $F_i^{tot}$  を差し引いて指標  $A_i$  を算定する。そして、電力販売実績のうち、従量電灯 C、選択約款、電力、特定規模需要（高圧）の合計値から上記のように計算される業務部門の電力需要を差し引いた値を配電エリア内の産業部門の年間電力需要とし、これを対象地域全体の  $A_i$  の合計値に対する該当メッシュの  $A_i$  の比率によって各メッシュに配分する。図参 I-2 に示す時間パターンを想定し、祝日等を考慮して、各配電エリアにおける産業部門の電力需要パターンを計算する。公衆街路灯についても同様に、対象地域全体の住宅の延床面積の合計値に対するメッシュ  $i$  の延床面積の割合に基づき、公衆街路灯の販売実績値を各メッシュに配分し、図参 I-2 に示す時間パターンを適用している。

このような計算方法に対し、より実態に即して産業部門の電力・燃料需要を計算するため、本研究ではエネルギー管理指定工場リストを利用することとした。また、これに伴い、これまでは考慮していなかった産業部門の燃料需要も考慮できるようにした。まず、エネルギー管理指定工場リストに記載の約 2,400 ヶ所の工場等について、住所に基づき対応する 500m メッシュの番号を同定した。また、一般送配電事業者による系統容量に関する公開情報に基づき、各工場が高圧受電または特高受電のいずれであるかを同定した。次に、これらの工場等について地球温暖化対策推進法の報告が

ある場合は、温対法報告における CO<sub>2</sub> 排出量  $A$  [t-CO<sub>2</sub>]、都道府県別最終エネルギー統計の業種別エネルギー消費量における電力の割合  $B$ 、電力供給の CO<sub>2</sub> 排出原単位  $C$  を用いて (I-2-3) 式によって求めた。 $C$  として電気事業低炭素社会協議会による 2030 年度目標 0.367 kg-CO<sub>2</sub>/kWh を用いた。

$$D_E^I = A \times B \div C \quad (\text{I-2-3})$$

温対法報告がない場合は、環境報告書等の各企業より公開されている情報に応じた方法で年間の電力需要を計算した。例えば、企業全体の電力需要が確認できる場合は施設面積や従業員数で企業全体の電力需要を按分し、該当する工場・事業所の電力需要を算出した。

工場等が高圧配電に接続していると同定された場合、上記の計算による電力需要を (I-2-1) 式の  $D_E^I$  として計上する。特高受電の場合は、市町村単位で電力需要を集計する際に考慮する。なお、エネルギー管理指定工場には産業部門だけでなく業務部門の需要家も含まれる。それらが高圧受電の場合については、(I-2-1) 式で計算される民生部門の電力需要と重複しないように処理する必要があるが、現段階では対応は未確認である。このため、本報告書執筆の段階では、特高受電の需要家のみ上記の方法で電力需要を計算し、高圧配電に接続する産業部門の電力需要については、これまでと同様に土地利用細分メッシュデータに基づく方法によって計算した。また、特高受電の需要家については、部門による区別はしていない。

同様に、燃料需要についても、特高受電の需要家について、電力需要と同様に (I-2-4) 式によって求めた。CO<sub>2</sub> 排出原単位  $C$  [t-CO<sub>2</sub>/GJ] については、都道府県別最終エネルギー統計に基づき業種別に石炭、原油、都市ガスのエネルギー利用率と各燃料のカーボン原単位を積算して求めた。

$$D_F^I = A \times (1 - B) \div C \quad (\text{I-2-4})$$

高圧配電に接続する産業部門の需要家の燃料需要  $D_F^I$  については、上述のように計算される電力需要  $D_E^I$  に基づき (I-2-5) 式によって計算した。その際、モデル自治体については実態調査等に基づき産業の燃料/電力需要比を設定しているが、全ての配電エリア・市町村についての検討では一律 1.25 とした。

$$D_F^I = D_E^I \times \left(\frac{1}{B} - 1\right) \quad (\text{I-2-5})$$

### I-2-3. 運輸部門

本モデルにおいて、交通センサス OD データに登録された車種のうち軽自動車、乗用車、バス、軽貨物車、小型貨物車、貨客車は全車両の EV 化による充電需要、普通貨物車および特殊車は全車両の非 EV 化による燃料需要がそれぞれ発生すると仮定して計算した。

EV 充電需要については、各市区町村において充電する自動車 ID を選出し、充電日時、充電量を集計することで各市区町村における年間 8,760 時間の充電パターンを計算する。そして、EV 化を想定した車種および充電形態に対応したメッシュデータを用いて按分を行い各配電エリアにおける充電需要を計算した。詳細は以下のとおりである。

日常的な利用頻度が非常に低く日中に自宅で駐車している可能性が高い EV は、電力システム全体の需給調整力として活用されるものと想定した。他方で、日常的な利用頻度が高い EV については、走行用エネルギーのための充電需要を推計した。

後者については、交通センサス等に基づき市町村別に計算される充電需要の時系列データ<sup>24</sup>を用いた。本データは、自宅等の EV 基地における充電設備の設置割合を 70%と想定し、発トリップから着トリップの間の移動距離に応じて蓄電池充電量 (SOC : State of Charge) が減少し、シグモイド関数によって SOC に応じた充電の有無を決定するモデルによって各 EV の年間の充電パターンを計算し、これを各市町村について集計したものである。

本データに基づき、まず、想定する EV 普及率に基づき年間の充電需要を設定し、年間の充電電力に対する比例によって拡大し、EV 普及率に応じた各市町村の年間の充電パターンを計算する。次に、各市町村の自動車登録台数と世帯数とが概ね比例することを考慮して、世帯数による按分によって各配電エリアにおける充電需要を計算し、これを上述のモデルによる電力需要に外生的に加える。なお、本研究では、運輸部門の電力シフト率が 60%で、概ね 100%の乗用車が EV 化した状況を想定していることになる。また、交通センサスでは、調査対象日における自動車利用の有無に関する項目があり、概ね 70%の乗用車が利用、30%が未利用であった。これに基づき、100%EV 化した乗用車のうち 70%分については日常的な利用に対する充電需要を計算した。

残りの 30%については、住宅の種別 (戸建・集合)、床面積別、PV 設置の有無別に EV 保有台数を設定し、10 kWh が利用可能として、PV 設置世帯の場合は、一日単位で残余負荷 (=電力需要 - PV 出力) が負の時間帯に充電、正の時間帯に放電するとして充放電電力を計算する。PV 未設置世帯の場合も概ね同様であるが、残余負荷の正負の代わりに、日射量の有無に応じて充放電時間を設定している。その際、自宅等の EV 基地における充電設備の設置割合を 70%と想定した。このため、上述の日常的に利用される EV においても、70%の EV は SOC に応じて自宅等における充電が可能な状況を想定している。

ところで、EV 充電需要は PV による大きな余剰電力が発生する昼間に発生することが望ましい。そこで EV 充電需要モデルでは、着トリップ直後に充電を開始する状況に加えて、充電インフラの整備により、13 時までの着トリップ分の EV については次の出発時間までの間で充電開始時刻を変更できる状況を想定した。その際、天気がよい日は昼間を通じて大きな余剰電力が発生する一方、天気が悪い日において余剰電力は発生するとしても 12 時前後の限られた時間帯となることを考慮し、12 時を中心とする充電促進時間帯を想定して、当日および翌日の日射量が大きいほど長い充電時間帯を想定し、適用している。なお、自宅等の EV 基地における充電設備の設置状況により、市町村における EV 充電需要は大きく変化すると考えられる。本プラットフォームでは、EV 基地における充電設備の設置割合、充電促進時間帯の想定の有無などに応じて、様々な EV 充電の時系列データを利用可能である。

燃料需要については、自動車 ID ごとに発トリップ地点と走行距離を集計し、各市区町村の年間の燃料需要を計算した。対象とした普通貨物車や特殊車は主に平日の運行を想定しており、事務所の電力需要パターンに基づき年間の燃料需要を日単位へと按分して算出した。なお、2017 年度における運輸部門の最終エネルギー消費に対して本モデルで中部 5 県それぞれにおいて計算した燃料需要は最小で 68%(長野県)、最大で 90%(愛知県)である。

---

<sup>24</sup> 加藤丈佳他：「道路交通センサスに基づく EV 充電需要推定モデルの構築」, 電気学会電力技術/電力系統技術合同研究会, PE-21-087/PSE-21-100 (2021)

#### I-2-4. 各部門における将来の電力需要へのシフト、人口変動、エネルギー効率向上の想定

本研究では、個々の需要家への CN 燃料の輸送インフラ整備には大きな社会コストが必要となることを考慮し、家庭部門・業務部門の全ての需要家において 2050 年の電力シェア 100%（燃料需要から電力需要への 100%シフト）を想定した。また、国立社会保障・人口問題研究所の推計に基づいた将来の 20%人口減少と、政策・技術動向を勘案した 20%のエネルギー効率向上を想定した。

産業部門については、2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、各業種について、表参 I-5 に示すように現状の燃料需要からの電力シフト率を想定した。エネルギー多消費型産業では高温の熱需要が大きく、電力シフトには技術的課題が大きいことを考慮して<sup>25</sup>、他の業種よりもシフト率は低く設定している。2016 年における各業種のエネルギー消費量を考慮すると、Case-1~3 における産業部門全体としての電力シフト率は 10%、40%、60%となる。この想定に基づき将来の産業部門におけるエネルギー消費を計算する際、Case-1~3 に共通して 20%のエネルギー利用効率向上に加え、燃料需要から電力需要にシフトした分についてはさらに 30%の効率向上を想定した。

2016 年における各業種のエネルギー消費量を考慮すると、産業部門全体としての電力シフト率は約 40%となる。

運輸部門については、大型貨物車などは EV ではなく CN 燃料車が用いられることを想定し、上述の Case-1~3 における電力シフト率をそれぞれ 10%、60%、80%と想定した。例えば乗用車の EV 化については、現状のガソリン/ディーゼル車の燃費を 10 km/L、EV の電費を 6 km/kWh として、シフト分の電力需要を計算した。

このように燃料需要から電力需要にシフト、エネルギー利用効率の向上が実現した場合の電力・燃料需要を把握するため、エネルギー経済統計要覧（以下「統計 A」）の全国合計の産業部門、業務部門、家庭部門の電力需要、燃料需要を都道府県別エネルギー消費統計（以下「統計 B」）による各電力エリアの電力需要、燃料需要によって按分し、各電力エリアの産業部門、業務部門、家庭部門の電力需要、燃料需要を計算した。その際、統計 A の電力消費と一般送配電事業者公表の電力需要との差分は自家発電分として産業部門の燃料需要として計上した。運輸部門については、統計 B では家庭部門の乗用車のエネルギー消費（本研究では全て燃料消費と想定）しか計上されていない。そこで、農林水産鉱建設業のエネルギー消費は全て運輸用の燃料消費とし、これと家庭部門の運輸用燃料消費を統計 A の運輸部門燃料消費から差し引いた値を業務部門の燃料需要によって按分し、各電力エリアの産業部門と業務部門合計の運輸用燃料消費を計算した。また、運輸部門の電力需要については、家庭部

表参 I-5 産業部門における燃料需要の将来的な電力シフト率の想定

	Case-1	Case-2	Case-3
平均*	10%	40%	60%
食品飲料	30%	80%	90%
繊維工業	30%	80%	90%
木製品・家具他	30%	80%	90%
パルプ・紙他	5%	30%	50%
印刷	30%	80%	90%
化学工業	5%	30%	50%
プラスチック他	30%	80%	90%
窯業・土石	5%	20%	30%
鉄鋼・非鉄他	5%	30%	60%
機械製造	30%	80%	90%
その他	30%	80%	90%

\*エネルギー消費量による加重平均

<sup>25</sup> O. Roelofsen, et.al: “What electrification can do for industry”, McKinsey & Company Plugging in (2020)

門と業務部門の合計の電力消費で按分して各電力エリアの消費とした。



## 参考Ⅱ．再生可能エネルギー導入潜在量の推計方法

モデル三自治体において推計の対象とした各種の再生可能エネルギーについて、導入潜在量の算出方法を以下に示す。

本研究において、自然変動電源である太陽光発電については、太陽光パネルの設置面積等から算出した発電容量を用いて、参考Ⅰ「エネルギー需給評価プラットフォームに基づく需給推計の方法」に示す方法で、年間発電量を1時間単位で推計した。Ⅱ-1-2に示した簡易な概算方法は、付録Ⅰ「各市町村の市街化率、太陽光発電配分量、将来の太陽光発電量・電力需要」における発電量算出に用いた。

太陽光発電以外の再生可能エネルギーについては、以下のとおり算出した発電容量あるいは熱出力、年間発電量あるいは熱利用量を、利用状況に合わせた条件設定で時間配分して、エネルギー需給評価プラットフォームの推計へ織り込んだ。

### Ⅱ-1．太陽光発電

#### Ⅱ-1-1．発電容量の推計方法

参考Ⅰに示すとおり、住宅・建物別あるいは農地・耕作放棄地面積あたりPV導入量を設定し、対象となる市町村の建物数や土地面積を乗じて導入量（発電容量）を算出した。

本研究では、住宅・建物・農地・耕作放棄地以外に、「ため池」と「道路の法面・防音壁」への設置も検討したため、推計方法を以下に示す。

##### (1) ため池

各県のため池データベース<sup>26</sup>のうち、航空写真および現地確認を通じて、平素から適切に維持管理・活用されていると思われるものを絞り込む。

地図等で対象となるため池の水面の面積を概算し、その半分の面積<sup>27</sup>にPVパネルを設置すると想定して、潜在発電量を推計する。PVパネル単位面積あたり出力は0.0067[kW/m<sup>2</sup>]（15m<sup>2</sup>あたり1kW）<sup>28</sup>とする。

各県のため池データベースから、「市所有」「貯水量900m<sup>3</sup>以上」で、表参Ⅱ-1に示す以下の池を選定した。ただし、これらの多くは属地の組合にて維持管理されていることから、導入にあたっては管理者との協議・調整が必要となる。

<sup>26</sup> 各県のため池データベース

（岐阜県） <https://www.pref.gifu.lg.jp/page/25101.html>

（静岡県） <https://www.pref.shizuoka.jp/sangyoshigoto/nouchi/nochibosai/1040451/1027783.html#group2>

（愛知県） <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/nochi-keikaku/nogyotameike.html>

<sup>27</sup> 農林水産省「農業用ため池における水上設置型太陽光発電設備の設置に関する手引き」

[https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai\\_saigai/b\\_tameike/attach/pdf/index-98.pdf](https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/attach/pdf/index-98.pdf)

<sup>28</sup> 環境省「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書 第3章 太陽光発電の導入ポテンシャル」 <https://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/chpt3.pdf>

表参Ⅱ-1 PVパネル設置候補のため池と想定PV発電容量

	中津川市	磐田市	長久手市
対象ため池数	17	2	7
対象ため池水面面積 合計[m <sup>2</sup> ]	305,868.5	62,200.0	54,307.0
PVパネル面積[m <sup>2</sup> ]	152,934.3	31,100.0	27,153.5
総発電容量[MW]	10.2	2.1	1.8

(2) 道路の法面・防音壁

高速自動車国道をはじめとする自動車専用道路において、連続した法面や防音壁がある区間では、PVパネルを設置できる可能性がある。そのため、中央自動車道沿線でPVパネルを比較的安全に設置できると思われる中津川市を対象に、航空写真および現地確認を通じて、PVパネルが設置可能と思われる法面や防音壁の区間を調査した。候補地は以下の条件で選定した。

- － 中央自動車道の南側（PVパネルの反射光が走行中の車両に当たらないこと）
- － 中央自動車道より低い斜面か障壁・遮音壁（PVパネル破損時に中央自動車道側へ飛散しないこと）
- － 法面等に隣接した住宅が無いこと（PVパネル破損時に家屋等を損傷しないこと）
- － 現状が林地ではないこと（PVパネル設置時に伐採を伴わないこと）

選定した候補地におけるPVパネルの設置形態は表参Ⅱ-2のとおりとし、地図等で対象場所の設置面積を概算した。PVパネル単位面積あたり出力は0.0067[kW/m<sup>2</sup>]（15m<sup>2</sup>あたり1kW）<sup>3</sup>とした。

表参Ⅱ-2 PVパネル設置候補地（道路の法面・防音壁）における設置形態

PVパネル設置場所	PVパネル設置面積と発電量設定
法面部分	最大発電量の条件（傾斜角30°、南向き）で計算するが、パネル面積は当該用地の投影面積とする。
防音壁面貼付分	発電量は「垂直（傾斜角90°）、南向き」で「最大発電量の70%」とする。また、標準的なPVパネルサイズ（1.5m×1m）を考慮して、壁面上部から1mの範囲にパネルを貼付すると想定する。

中津川市内で、候補地を6区間選定し、表参Ⅱ-3のとおり発電容量を推計した。道路施設へのPV導入に関しては、道路管理者自身によるケース、発電事業者が占有許可を得て実施するケースとも先行事例が存在するものの、中津川市内の中央自動車道への導入を検討する場合は、道路施設の占有や事業形態等について、中日本高速道路（株）との調整が必要となる。

表参Ⅱ-3 中津川市内の中央自動車道法面・防音壁へのPVパネル設置容量（発電容量）

	PVパネル設置面積と発電容量算出過程	発電容量[MW]
法面部分	対象法面の投影面積は合計 4,972m <sup>2</sup> 。PV 発電容量は、 4,972[m <sup>2</sup> ]/15[m <sup>2</sup> /kW]=331.5[kW]。	0.332
防音壁面 貼付分	対象となる障壁の設置区間は合計 1,023m。PV 発電容量 は、(1,023×1) [m <sup>2</sup> ]/15[m <sup>2</sup> /kW]×0.7=47.74[kW]。	0.048
合計	法面分+壁面分=331.5+47.7=379.2[kW]	0.379

## Ⅱ-1-2. 年間発電量の概算例（参考）

（一社）太陽光発電協会は、PV 容量 1kW あたりの年間発電量は約 1,000kWh としている<sup>29</sup>ため、対象となる市町村の PV 潜在導入量[MW]×1,000 が概算の発電量[MWh/年]となる。

表参Ⅱ-4 各市における年間 PV 発電量概算例

	中津川市	磐田市	長久手市
PV 導入潜在量[MW]	385	512	86
年間潜在発電量 [MWh/年]	385,000	512,000	86,000

## Ⅱ-2. 小水力発電

### Ⅱ-2-1. 発電容量の推計方法

モデル三自治体のうち、安定した流量の中小河川が存在すると見込まれる中津川市と長久手市で候補地等を設定した。

#### （1）中津川市：

「中津川市地域脱炭素ロードマップ」<sup>30</sup>では、2050 年で累計 34 カ所・12.8MW の発電所整備を目標としているため、総発電容量を 12.8MW とした。

#### （2）長久手市：

香流川の流路中、水門がある地点において、小水力発電設置を想定した。（河川・水路には水利権があるため、実計画時には各水利権者や関連行政との調整が不可欠となる。）

長野県庁のマニュアル（以下「マニュアル」）<sup>31</sup>によれば、水力発電所の出力（発電容量）は、「9.8×有効落差[m]×使用水量[m<sup>3</sup>/s]×効率」で推計できる。同式の「効率」は、一般的な中小水力用発電機では 60%としている。候補となる河川・水路に関して確認した有効落差と使用水量を同式に代入して、発電出力を算出した。

<sup>29</sup> （一社）太陽光発電協会ホームページ <https://www.jpea.gr.jp/faq/563/>

<sup>30</sup> 「中津川市地域脱炭素ロードマップ」（中津川市）  
<https://www.city.nakatsugawa.lg.jp/soshikikarasagasu/kankyoseisakuka/3/5/22913.html>

<sup>31</sup> 長野県「中小水力発電導入の手引き」  
<https://www.pref.nagano.lg.jp/kigyo/kurashi/ondanka/shizen/documents/guidebook2.pdf>

長久手市の候補地において、有効落差は1mと仮定した。また、愛知県庁の資料<sup>32</sup>には、香流川の当該部分の平均流量が約0.6[m<sup>3</sup>/s]とする記事がある。なお、長久手市内の岩作水文水質観測所データ<sup>33</sup>によれば、香流川の水位は年間を通じて比較的安定している。

$$\text{水門の潜在発電容量} = 9.8 \times 1 \times 0.6 \times 0.6 = 3.528 [\text{kW}]$$

## II-2-2. 年間発電量の概算例

### (1) 中津川市：

マニュアル<sup>31</sup>では、流量データの無い河川での中小水力発電の設備利用率を70%としているため、

$$\begin{aligned} \text{年間潜在発電量} [\text{MWh/年}] &= \text{総発電容量} [\text{MW}] \times \text{稼働時間} [\text{h/年}] \times \text{設備利用率} \\ &= 12.8 [\text{MW}] \times 8,760 [\text{h/年}] \times 0.7 = 78,490 [\text{MWh/年}] \end{aligned}$$

### (2) 長久手市：

マニュアル<sup>31</sup>によれば、発電出力×8,760[h/年]×0.95（係数）が標準的な年間潜在発電量となるため、

$$\begin{aligned} \text{水門の年間潜在発電量} [\text{MWh/年}] &= 3.528 [\text{kW}] \times 8,760 [\text{h/年}] \times 0.95 = 29,360 [\text{kWh/年}] \\ &= 29.4 [\text{MWh/年}] \end{aligned}$$

## II-3. 植物系バイオマス発電・熱利用

本研究では、植物系バイオマスとして、木質チップ・剪定枝・竹・草本バイオマスの4種類を対象とした。各バイオマスの用途は、潜在資源量等を勘案し、資源を集中利用する汽力発電ではなく、電力や熱の需要場所で小型の木質バイオマスガス化ガスエンジンコージェネレーションや温水ボイラを用いる分散利用とした。

また、植物系バイオマスは乾燥の前と後で発熱量や燃焼性等が異なることから、以下の各項では、乾燥前の含水率が高い状態における重量を[生 t]あるいは[生 kg]と表記する。

### II-3-1. 木質チップの潜在資源量・エネルギー量の推計方法

林地で間伐された樹木は、コスト・手間を勘案して、林道に近いエリアを中心に集材される。林道から遠く、間伐後も搬出されない林地残材は、木質チップ用に活用すべき未利用資源とされている。

林野庁の研究資料<sup>34</sup>によれば、林地では10[生 t/ha]程度の林地残材が発生し、林道から15mの範囲でこれを回収した場合、1.6[生 t/ha]程度が搬出可能と推測している。これに、各県の林業統

<sup>32</sup> 愛知県「第2回あいち水循環再生検討会」 <https://www.pref.aichi.jp/site/mizujiyunkan-keii/>

このうち、資料2（以下URL）に「平均流量約0.6[m<sup>3</sup>/s]」の記事あり

[https://www.pref.aichi.jp/uploaded/life/275658\\_984692\\_misc.pdf](https://www.pref.aichi.jp/uploaded/life/275658_984692_misc.pdf)

<sup>33</sup> 国土交通省岩作水文水質観測所情報

<http://www1.river.go.jp/cgi-bin/SiteInfo.exe?ID=305081285511140>

<sup>34</sup> 林野庁「木質バイオマス利用に向けての一考察」（森林技術総合研修所、渡辺大詞 養成研修 専攻科 51期課題研究発表会資料） <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kensyuu/pdf/watanabe.pdf>

計<sup>35</sup>から調査した各市の林地面積を乗じて、木質チップの潜在量を推計する。植林から主伐まで最短で40～50年とすれば、計画的・段階的に間伐して同潜在量を持続的に活用することが必要で、1年あたり利用可能な量は、単純化して潜在量全体の1/40とした。

重量あたり発熱量は、生木ベースの数値を使用した。生の針葉樹木質チップの重量あたり水分を50%とすると、低位発熱量は2.34[kWh/生kg]<sup>36</sup>なので、木質チップの

潜在量[生kg]×2.34[kWh/kg]が潜在エネルギー量となる（以下、2.34[kWh/生kg]を、2.34[MWh/生t]と読み替える）。

$$\begin{aligned} \text{木質チップ潜在量[生t]} &= \text{林地面積[ha]} \times \text{林道から幅15mまでの林地残材発生原単位[生t/ha]} \\ &= \text{林地面積[ha]} \times 1.6 \text{ [生t/ha]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{木質チップ年間利用可能量[生t/年]} &= \text{木質チップ潜在量[生t]} / \text{伐採サイクル年数[年]} \\ &= \text{木質チップ潜在量[生t]} / 40 \text{ [年]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{年間利用可能な木質チップのエネルギー量[MWh/年]} \\ &= \text{木質チップ年間利用可能量[生t/年]} \times \text{木質チップの低位発熱量[MWh/生t]} \\ &= \text{林地面積[ha]} \times 1.6 \text{ [生t/ha]} / 40 \text{ [年]} \times 2.34 \text{ [MWh/生t]} \end{aligned}$$

木質チップについて、発熱量ベースの年間利用可能なエネルギー量概算例を表参Ⅱ-5に示す。

表参Ⅱ-5 各市における木質チップの年間利用可能なエネルギー量概算例

	中津川市	磐田市	長久手市
林地面積[ha]	54,070	2,552	410
年間利用可能な木質チップのエネルギー量[MWh/年]	5,061	239	38

### Ⅱ-3-2. 剪定枝の潜在資源量・エネルギー量の推計方法

各市の公園から発生する剪定枝の活用を想定した。

愛知県の資料<sup>37</sup>に倣い、公園の剪定枝発生量は、公園面積×1.77[生t/ha・年]（同資料における含水率32.6%＝重量あたり水分25%）で算出した。公園面積は、各市のデータ<sup>38</sup>を検索した。公園

<sup>35</sup> 各県の林業統計

（岐阜県） <https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/291708.pdf>

（静岡県） [https://www.pref.shizuoka.jp/res/projects/default\\_project/page/001/026/805/r02shizuokakentoukeivouran.pdf](https://www.pref.shizuoka.jp/res/projects/default_project/page/001/026/805/r02shizuokakentoukeivouran.pdf)

（愛知県） <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/rinmu/2020ringyoutoukeisho.html>

<sup>36</sup> NEDO「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針（第6版）」実践編 木質系バイオマス（第三部）P460 <https://www.nedo.go.jp/content/100932088.pdf>

<sup>37</sup> あいち地域循環圏形成プラン 参考資料

<https://kankyojoho.pref.aichi.jp/Download/DownLoad/junkankensankou.pdf>

<sup>38</sup> 各市の公園面積引用データ

（中津川市）岐阜県統計書 令和3年 16 居住環境 <https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/309262.pdf>

（磐田市）令和3年版 磐田市統計書 12 土木・建設（以下のURLは令和5年版）

[https://www.city.iwata.shizuoka.jp/res/projects/default\\_project/page/001/002/338/r0512doboku.pdf](https://www.city.iwata.shizuoka.jp/res/projects/default_project/page/001/002/338/r0512doboku.pdf)

各市の公園面積引用データ（続き）



の剪定枝の、一般的な樹種の枝の低位発熱量は、8.5～13.5[MJ/生 kg] (2.36～3.75[kWh/生 kg])<sup>39</sup>なので、剪定枝の潜在量×3[kWh/生 kg]を潜在エネルギー量とした（以下、3[kWh/生 kg]を、3[MWh/生 t]と読み替える）。

$$\begin{aligned} \text{剪定枝潜在量[生 t/年]} &= \text{公園面積[ha]} \times \text{剪定枝発生原単位[生 t/ha・年]} \\ &= \text{公園面積[ha]} \times 1.77[\text{生 t/ha・年}] \\ \text{年間利用可能な剪定枝のエネルギー量[MWh/年]} &= \text{剪定枝潜在量[生 t/年]} \times \text{剪定枝の低位発熱量[MWh/生 t]} \\ &= \text{公園面積[ha]} \times 1.77[\text{生 t/ha・年}] \times 3[\text{MWh/生 t}] \end{aligned}$$

剪定枝について、発熱量ベースの年間利用可能なエネルギー量概算例を表参Ⅱ-6に示す。本研究では、各市の公園面積から推計したが、街路樹や民地等の剪定枝を含めると、潜在量はもっと多いものと思われるため、実態調査が必要である。

表参Ⅱ-6 各市における剪定枝の年間利用可能なエネルギー量概算例

	中津川市	磐田市	長久手市
公園面積[ha]	59	119	37※
年間利用可能な剪定枝のエネルギー量[MWh/年]	313	631	196

※ 長久手市内における愛知県営の大規模公園分を除く。

### Ⅱ-3-3. 竹の潜在資源量・エネルギー量の推計方法

各市の竹林から発生する竹の活用を想定した。

各県の林業統計<sup>10</sup>から、各市の竹林面積と、データが存在する場合は竹林蓄積（束数）を調査した。林野庁では竹1束=30[生 kg]としている<sup>40</sup>ため、重量ベースの総資源量は、竹林蓄積（束数）×30[生 kg/束]とした。

竹林蓄積（束数）データが存在しない場合は、竹林面積と竹林蓄積（束数）ともに存在する統計値を基準に比例計算して算出することとした。本研究では、竹林面積と竹林蓄積（束数）の両数値が存在する愛知県のデータを参考に、中津川市および磐田市についても、竹林面積から竹の潜在量を推計した。2021年度愛知県林業統計書資料2によれば、長久手市の竹林面積は18[ha]、竹林蓄積は23,556[束]×30[生 kg/束]=706,680[生 kg]=706.7[生 t]であることから、中津川市および磐田市については、竹林蓄積=竹林面積×706.7/18とした。また、竹の成長期は6年間で、7年目に伐採して管理することから、竹潜在量[生 t/年]=竹の総資源量[生 t]/6[年]とした。

（長久手市）愛知県「2021年版「土地に関する統計年報」第4 土地利用規制の現況」

<https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/411942.pdf>

<sup>39</sup> 国土交通省「都市の緑のエネルギー利用方策に関する技術的指針（案）」

<https://www.mlit.go.jp/common/001341503.pdf>

<sup>40</sup> 林野庁「竹の利活用推進に向けて」

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/take-riyou/attach/pdf/index-3.pdf>

乾燥前の竹の低位発熱量を 11.7[MJ/生 kg] (3.25[kWh/生 kg])<sup>41</sup>とすると、竹の潜在量[生 t/年]×3.25[kWh/生 kg]が潜在エネルギー量となる (以下、3.25[kWh/kg]を、3.25[MWh/t]と読み替える)。

$$\text{竹潜在量[生 t/年]} = \text{竹の総資源量[生 t]} / \text{伐採サイクル年数[年]}$$

$$= \text{竹林蓄積[束]} \times 30 / 1,000 [\text{生 t/束}] / 6 [\text{年}]$$

$$\text{または} = \text{竹林面積[ha]} \times 706.7 / 18 / 6 [\text{年}]$$

$$\text{年間利用可能な竹のエネルギー量[MWh/年]}$$

$$= \text{竹潜在量[生 t/年]} \times \text{竹の低位発熱量[MWh/生 t]}$$

$$= \text{竹林蓄積[束]} \times 30 / 1,000 [\text{生 t/束}] / 6 [\text{年}] \times 3.25 [\text{MWh/生 t}]$$

竹について、発熱量ベースの年間利用可能なエネルギー量概算例を表参Ⅱ-7に示す。本研究では、統計値が存在する竹林 (竹のみが生育する場所) を対象としている。実際には、竹に侵食された樹木林における竹伐採が優先されるため、竹害の実態調査が必要となる。

表参Ⅱ-7 各市における竹の年間利用可能なエネルギー量概算例

	中津川市	磐田市	長久手市
竹林面積[ha]	217	27.5※	18
年間利用可能な竹のエネルギー量[MWh/年]	4,615	586	383

※ 静岡県森林統計における同県全体の竹林面積を「磐田市の私有林面積/同県全体の私有林面積」で按分した。

#### Ⅱ-3-4. 草本バイオマスの潜在資源量・エネルギー量の推計方法

耕作放棄地の管理を兼ねたエネルギー作物としては、栽培に比較的手間がかからない早生樹 (ヤナギ) や草本系バイオマス (ススキ類等) が挙げられる。本研究では、年間収量<sup>42,43,44</sup>および収穫の作業性から、早生樹よりもススキ類等の草本系が優れているほか、飼料・敷料にも転用可能な汎用性を有するものと判断し、耕作放棄地のうち PV を設置しないエリアに草本系バイオマスを植栽する想定とした。本研究において、耕作放棄地への PV 設置率は 0.6 (60%) としたため、耕作放棄地の 40% が対象面積となる。耕作放棄地面積は、2015 年の農林センサス<sup>45</sup>における

<sup>41</sup> 岡山県森林研究所「放置竹林の活用に関する研究」

<sup>42</sup> 林野庁「エネルギー資源作物としての樹木の利用—ヤナギの利用—」

[https://www.rinya.maff.go.jp/hokkaido/kikaku/pdf/23happyou\\_s\\_52.pdf](https://www.rinya.maff.go.jp/hokkaido/kikaku/pdf/23happyou_s_52.pdf)

<sup>43</sup> (国研) 農研機構「エリアンサス品種「JES1」から製造した草本系バイオマス燃料利用」

[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/nilgs/2020/20\\_023.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/nilgs/2020/20_023.html)

<sup>44</sup> 松波寿弥ら「栽植密度および施肥水準がエリアンサスの乾物収量に及ぼす影響」

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/grass/61/4/61\\_224/pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/grass/61/4/61_224/pdf-char/ja)

<sup>45</sup> 農林水産省「2015年農林業センサス報告書 第1巻 都道府県別統計書」

<https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2015/dai1kan.html>

値を参照した。

(国研)農研機構の資料<sup>18</sup>によれば、草本系バイオマスの一種であるエリアンサスの場合、乾物収量原単位 20[t/ha・年]、低位発熱量 15,920[kJ/kg] (4.42[MWh/t]) である。

$$\begin{aligned} \text{草本系バイオマス潜在量[t/年]} &= \text{PV 非設置耕作放棄地面積[ha]} \times \text{草本乾物収量原単位[t/ha・年]} \\ &= \text{耕作放棄地面積[ha]} \times 0.4 \times 20[\text{t/ha・年}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{年間利用可能な草本系バイオマスのエネルギー量[MWh/年]} \\ &= \text{草本系バイオマス潜在量[生 t/年]} \times \text{草本系バイオマスの低位発熱量[MWh/t]} \\ &= \text{耕作放棄地面積[ha]} \times 0.4 \times 20[\text{t/ha・年}] \times 4.42[\text{MWh/t}] \end{aligned}$$

草本系バイオマスについて、発熱量ベースの年間利用可能なエネルギー量概算例を表参Ⅱ-8に示す。本研究では、PVを設置しない耕作放棄地を草本系バイオマスの栽培地としたが、実際には、現地の状況を確認・調整した上での土地利用（農地復活・PVパネル設置用・草本系バイオマス栽培用等）が必要となる。

表参Ⅱ-8 各市における草本系バイオマスの年間利用可能なエネルギー量概算例

	中津川市	磐田市	長久手市
耕作放棄地面積[ha]	615	481	41
年間利用可能な草本系バイオマスのエネルギー量[MWh/年]	21,746	17,008	1,450

### Ⅱ-3-5. 植物系バイオマス発電・熱利用量概算のまとめ

Ⅱ-3-1からⅡ-3-4では、各種植物系バイオマスの潜在資源量と、発熱量ベースの年間利用可能なエネルギー量の概算例を示した。これらの資源を利用した場合の発電量や熱回収量を表参Ⅱ-9に示す。これらの発電量や熱回収量は、燃料としてのバイオマスのエネルギー量に各消費機器のエネルギー効率を乗じて求めた。

温水ボイラの熱利用量は、各種植物系バイオマスのエネルギー量の80%とした。

木質バイオマスガス化ガスエンジンコージェネレーションの場合は、発電容量40kWの機種<sup>46</sup>をモデルとした。同機種の燃料は木質チップに限られるほか、木質チップをガス化してエンジンの燃料とすることから、安定運転のためには連続運転が望ましい。定格では、木質燃料消費量912[生kg/日]、525[生t/年]。発電出力40kW、排熱回収量100kWである。中津川市で2台、磐田市で1台の導入を想定し、設置場所の熱需要に応じて、発電出力等を調整して運転する設定とした。

<sup>46</sup> 木質チップを燃料とするガスエンジンコージェネレーションの事例 (Volter40)  
[https://forestenergy.jp/wp-content/uploads/2019/03/Volter\\_1Page\\_201902.pdf](https://forestenergy.jp/wp-content/uploads/2019/03/Volter_1Page_201902.pdf)  
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/attach/pdf/joho-12.pdf>

表参Ⅱ-9 各市における植物系バイオマス年間発電・熱利用量概算例

	中津川市		磐田市		長久手市	
	電力	熱	電力	熱	電力	熱
年間発電・熱利用量 [MWh/年]	187.0	31,903.8	94.0	18,547.5	—	2,067.5

#### Ⅱ-4. 清掃工場発電・熱利用

市内に清掃工場を有する中津川市、磐田市を対象とした。両市の清掃工場における発電量・熱利用量は、公表値を参考にした。

##### (1) 年間発電量：

中津川環境センター、磐田市クリーンセンターに関する環境省の公表値<sup>47</sup>を引用した。

##### (2) 年間熱利用量：

(2-1) 中津川市： かつて同市では、中津川環境センターの排熱を蓄熱して病院へ輸送・供給する実証<sup>48</sup>が行われており、同実証における一次エネルギー削減量を引用した。

(2-2) 磐田市： 磐田市クリーンセンターの余剰熱を外部供給する設定とした。

環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」<sup>22</sup>によれば、現在、磐田市クリーンセンターの余熱利用量は、仕様値ベースで 7,693,056[MJ/年]、うち外部供給分は 5,612,544[MJ/年]となっている。他方で、熱利用量実績値は全て外部供給で 1,712,499[MJ/年]となっている。隣接の温水プールで利用されている側の熱需要実績に沿った供給量と考えられる。

次に、同クリーンセンターの発電量実績は 13,861[MWh/年] (49,895,608[MJ/年]) となっているのに対し、発電能力は 3,000[kW]、公称発電効率 14.25%で、仮に、「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」<sup>49</sup>を参考に 280 日稼働、調整稼働率 96%とすると、計画発電量は 19,353,600[kWh/年] (69,672,960[MJ/年]) と試算できる。熱利用においても、「実績発電量/計画発電量」の比率を適用した場合、

$$\begin{aligned} \text{外部熱供給可能想定量} &= \text{「外部熱供給量仕様値」} \times \text{「実績発電量/計画発電量」} \\ &= 5,612,544[\text{MJ/年}] \times (13,861 / 19,353.6) = 4,019,690[\text{MJ/年}] (1,116.6[\text{MWh/年}]) \end{aligned}$$

以上により、2020 年度は外部供給分で、外部熱供給可能想定量から既利用分を差し引いた、 $4,019,690[\text{MJ/年}] - 1,712,499[\text{MJ/年}] = 2,307,191[\text{MJ/年}]$  (640.9[MWh/年]) の余剰熱供給力があつたものと推定される。本研究の推定どおりの余剰熱が得られる場合は、周辺地区での活用が

<sup>47</sup> 環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」(2020 年度)

[https://www.env.go.jp/recycle/waste\\_tech/ippan/r2/index.html](https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/r2/index.html)

<sup>48</sup> (一社) 建築設備技術者協会「中津川市チャレンジ 25 地域づくり事業での熱輸送システム他導入による省 CO<sub>2</sub> 対策」[https://www.jabmee.or.jp/wp-content/uploads/2019/08/cn\\_01\\_nakatugawa6.pdf](https://www.jabmee.or.jp/wp-content/uploads/2019/08/cn_01_nakatugawa6.pdf)

<sup>49</sup> 桑名広域清掃事業組合「ごみ処理施設整備計画第 2 章 施設規模の算定」(同組合は、ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 年改訂版から引用)

[https://recycle-mori.jp/main/wp-content/uploads/2019/10/s\\_keikaku\\_c02.pdf](https://recycle-mori.jp/main/wp-content/uploads/2019/10/s_keikaku_c02.pdf)

期待される。

(3) まとめ：

中津川環境センター（中津川市）と、磐田市クリーンセンター（磐田市）の年間発電量と熱利用量を表参Ⅱ-10に示す。

表参Ⅱ-10 各市における清掃工場の年間発電・熱利用量概算例

	中津川市		磐田市	
	電力	熱	電力	熱
年間発電・熱利用量 [MWh/年]	5,057.0	390.5	13,861.0	640.9

Ⅱ-5. 家畜排泄物系バイオマス発電・熱利用

三自治体のうち、統計上家畜飼養頭(羽)数データが存在する中津川市と磐田市で、以下のとおり条件設定した。

本研究では、乳用牛、肉用牛、豚を対象として、堆肥センター等に集積した排泄物をメタン発酵させてバイオガスを回収し、バイオガスエンジンコージェネレーションを運転して電力および熱を得る方式を想定した。（鶏については、鶏ふんをメタン発酵させる場合の「低含水率」「高アンモニア濃度」等の課題が指摘されており、本研究では試算の対象外とした。）

また、家畜排泄物系バイオマスは乾燥状態により性状が異なることから、以下の各項では、乾燥前の含水率が高い状態における重量を[t-wet]と表記する。

Ⅱ-5-1. 潜在資源量・エネルギー量の推計方法

家畜種別ふん尿発生量原単位および、家畜ふん尿別バイオガス発生量原単位を設定し、これに各市の家畜飼育頭数を乗じてバイオガス発生量を推計する。「バイオガス発生量×バイオガス発熱量」が、潜在エネルギー量となる。

(1) 家畜種別ふん尿発生量原単位：

環境省「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル」<sup>50</sup>に基づき、家畜種別ふん尿発生量原単位を表参Ⅱ-11のとおりとする。同じ家畜種でも、生育段階や生育目的により、ふん尿発生量は異なる。

<sup>50</sup> 環境省「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル」P26  
<https://www.env.go.jp/content/900534315.pdf>



表参Ⅱ-11 家畜種別ふん尿発生量原単位

		[t-wet/頭・年]		
		ふん発生量	尿発生量	計
乳 用 牛	搾乳牛	16.6	4.9	21.5
	乾乳牛	10.8	2.2	13.1
	育成乳牛	6.5	2.4	9.0
肉 用 牛	育成・肥育 又は乳用種 肉用牛	6.5	2.4	8.9
	繁殖肉用牛	7.3	2.4	9.7
豚	肉豚	0.8	1.4	2.2
	繁殖豚	1.2	2.6	3.8

(2) 家畜種別重量あたりバイオガス発生量原単位：

NEDO「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針」<sup>51</sup>に基づき、乳用牛(25.9[Nm<sup>3</sup>/t-wet])、肉用牛(47.4[Nm<sup>3</sup>/t-wet])、豚(26.5[Nm<sup>3</sup>/t-wet])とした。

(3) 生育段階別家畜飼育頭数内訳を考慮した、乳用牛群、肉用牛群、豚群のふん尿発生量原単位：

農林水産省「わがマチ・わがムラ」<sup>52</sup>や中津川市の統計資料<sup>53</sup>には、乳用牛、肉用牛、豚の各種家畜群全体の飼育頭数が記載されている。家畜飼育頭数のうち、乳用牛(搾乳牛・乾乳牛、育成牛)、肉用牛(肥育牛・育成牛・繁殖牛・乳用種)、豚(肉豚、繁殖豚)の内訳は、農林水産省の酪農経営指標におけるモデルケース<sup>54</sup>や、肉用牛・豚の飼養動向情報<sup>55</sup>を参考に各種家畜群全体の飼育頭数から按分して設定し、これに基づいて乳用牛群、肉用牛群、豚群のふん尿発生量原単位を設定した。

<sup>51</sup> NEDO「バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針 第6版」実践編  
メタン発酵系バイオマス(第二部) P231(※豚のみは「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル」の平均値を採用した。) <https://www.nedo.go.jp/content/100932092.pdf>

<sup>52</sup> 農林水産省「わがマチ・わがムラ」  
愛知県 <http://www.machimura.maff.go.jp/machi/map/23/index.html>  
岐阜県 <http://www.machimura.maff.go.jp/machi/map/21/index.html>  
静岡県 <http://www.machimura.maff.go.jp/machi/map/22/index.html>

<sup>53</sup> 中津川市統計書令和3年度版(2021年度)  
<https://www.city.nakatsugawa.lg.jp/soshikikarasagasu/kohokochoka/5/toukeisyo/7654.html>

<sup>54</sup> 中津川市酪農・肉用牛生産近代化計画書(肉用牛飼育頭数が記載)  
<https://www.city.nakatsugawa.lg.jp/material/files/group/37/tikusankeikaku.pdf>

<sup>55</sup> 農林水産省「酪農経営指標について」(令和元年度「酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針」における酪農経営類型・指標設定の考え方のまとめ)  
[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l\\_hosin/sanko/pdf/settei\\_rakunou.pdf](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_hosin/sanko/pdf/settei_rakunou.pdf)

<sup>56</sup> 農林水産省「肉用牛の飼養動向」  
[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan\\_sogo/attach/pdf/nikugyu-2.pdf](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan_sogo/attach/pdf/nikugyu-2.pdf)

<sup>57</sup> 農林水産省「豚の飼養動向」  
[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan\\_sogo/attach/pdf/buta-8.pdf](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan_sogo/attach/pdf/buta-8.pdf)

(3-1) 乳用牛： 農林水産省「酪農経営指標について」のモデルケース<sup>30</sup>（本州四国九州、経産牛 80 頭飼育牛舎）の場合、育成牛 41.2 頭、未經産牛 5.7 頭、搾乳牛 69.2 頭、乾乳牛 10.8 頭。未經産牛を便宜上乾乳牛に合算し、乳用牛群全体において、育成牛：搾乳用牛：乾乳用牛＝41.2：69.2：16.5 の構成と仮定した。乳用牛のふん尿発生量原単位は、育成牛 8.9[t-wet/頭・年]、搾乳牛 21.5[t-wet/頭・年]、乾乳牛 13.0[t-wet/頭・年] であるため、乳用牛群全体としての原単位は、前記の比率で構成するものとし、 $8.9 \times 41.2 / 126.9 + 21.5 \times 69.2 / 126.9 + 13 \times 16.5 / 126.9 = 16.3$ [t-wet/頭・年] とした。

(3-2) 肉用牛： 農林水産省「肉用牛の飼養動向」<sup>31</sup>によれば、令和 3 年度の繁殖牛頭数：肥育牛頭数＝633[千頭]：1,575[千頭]。肉用牛のふん尿発生量原単位は、繁殖牛 9.7[t-wet/頭・年]、肥育牛 8.9[t-wet/頭・年] であるため、肉用牛群全体としての原単位は、前記の比率で構成するものとし、 $9.7 \times 633 / 2208 + 8.9 \times 1575 / 2208 = 9.1$ [t-wet/頭・年] とした。

(3-3) 豚： 農林水産省「豚の飼養動向」<sup>32</sup>によれば、令和 3 年度の繁殖豚頭数：肥育豚頭数＝823[千頭]：8,467[千頭]。豚のふん尿発生量原単位は、繁殖豚 3.8[t-wet/頭・年]、肥育豚 2.2[t-wet/頭・年] であるため、豚群全体としての原単位は、前記の比率で構成するものとし、 $3.8 \times 823 / 9290 + 2.2 \times 8467 / 9290 = 2.3$ [t-wet/頭・年] とした。

(4) バイオガスの発熱量：

バイオガスの組成は、メタンが 60%、CO<sub>2</sub> が 40% とした。即ち、メタンの発熱量<sup>58</sup>（低位 35.8[MJ/Nm<sup>3</sup>])(10[kWh/Nm<sup>3</sup>])) × 0.6 を、バイオガスの発熱量とした。

(5) 発熱量ベースのバイオガスのエネルギー量：

発熱量ベースのバイオガスのエネルギー量[MWh/年]は、(3) で求めた乳用牛群、肉用牛群、豚群のふん尿発生量原単位に、各々の飼育頭数と (2) のバイオガス発生量原単位と (4) のバイオガス発熱量を乗じたものの総和となる。

## II-5-2. 家畜排泄物系バイオマス発電・熱利用量概算のまとめ

バイオガス用の消費機器としては、ボイラだけではなくバイオガス焚のマイクロガスエンジン コージェネレーション（以下「コージェネ」）も商品化されている。そのため、各市の堆肥センター（家畜排泄物集積拠点）において、発生ガス量に適合した設備容量のコージェネを設置して、電力と熱を回収するモデルとした。回収した熱のうち、メタン発酵槽の加温分・消化液の殺菌分を控除した残りを外部供給可能とした。

- ・ コージェネのエネルギー効率： 発電 30%、熱回収 50% と仮定した<sup>5960</sup>。

<sup>58</sup> メタンの発熱量（『化学の単位・命名・物性早わかり』（改訂版 オーム社 1992.8）

[https://crd.ndl.go.jp/reference/modules/d3ndlcrdentry/index.php?page=ref\\_view&id=1000098812](https://crd.ndl.go.jp/reference/modules/d3ndlcrdentry/index.php?page=ref_view&id=1000098812)

<sup>59</sup> 環境省「メタンガス化施設整備マニュアル（改訂版）」

[https://www.env.go.jp/recycle/waste/3r\\_network/7\\_misc/metangasu\\_main.pdf](https://www.env.go.jp/recycle/waste/3r_network/7_misc/metangasu_main.pdf)

<sup>60</sup>（国研）土木研究所寒地土木研究所「バイオガスプラントにおけるガス利用方式の違いが運転時のエ

- ・ 温水ボイラで熱回収した場合のエネルギー効率： 80%と仮定した<sup>35</sup>。
- ・ コージェネで回収した熱のうち、牛ふん由来ケースは70%、豚ふん由来ケースは40%が、メタン発酵槽の加温や消化液の殺菌で施設内消費され<sup>61</sup>、これらを差し引いた残りが外部供給可能と仮定した。牛ふんと豚ふんが合併処理されている可能性もあるが、本研究では、家畜種×頭数ごとにバイオガス発生量とエネルギー回収量を試算した。

中津川市と磐田市における、家畜排泄物系バイオマスの年間発電量と熱利用量を表参Ⅱ-12に示す。なお、従来堆肥化されてきた家畜排泄物をメタン発酵させてバイオガスを回収・利用することによって、排泄物を減容できる一方で、副産物として高濃度の窒素・リンを含む消化液が発生するため、消化液の利活用方法についても、併せて検討が必要となる。

表参Ⅱ-12 各市における家畜排泄物系バイオマスの年間発電・熱利用量概算例

	中津川市		磐田市	
家畜飼育頭数[頭]	乳用牛 361、肉用牛 3,611、豚 3,164		乳用牛 226、肉用牛 199、豚 1,425	
潜在バイオガス発生量[Nm <sup>3</sup> /年]	1,141,691		160,860	
年間発電・熱利用量 ※[MWh/年]	電力	熱	電力	熱
	3,425.0	1,713.0	483.0	241.0

## Ⅱ-6. 地中熱利用

本研究では、地下水に恵まれた静岡県磐田市で、地中熱の利用可能性を検討した。公共施設が撤去された跡地において、残置された地中杭のうち、破損・劣化が少ないものに、熱交換チューブを挿入して地中熱ヒートポンプとして運用することを想定した。検討対象とした2施設のうち、磐田市旧市民文化会館跡地を例に熱出力の推計方法を示す。

### Ⅱ-5-1. 熱出力の推計方法

磐田市旧市民文化会館跡地に残置された地中杭のうち、破損・劣化が少なく継続使用に耐えるものに、クローズドループ方式の熱交換チューブを挿入して、地中熱ヒートポンプを運用することを想定した。また、ヒートポンプの動力として昼間のPV電力を優先活用することと、周年の稼働を念頭に、ヒートポンプの用途は給湯用とした。

磐田市旧市民文化会館跡地周辺は、磐田原台地の周縁部で、「泥がち堆積物（後背湿地）」もしくは「礫がち堆積物（扇状地）」と考えられる。

静岡県庁地質データベース<sup>62</sup>に収録された二之宮地区のボーリング柱状図によれば、地下28m程度でN値50に達しており、建築物の杭打設深度は30m程度と想定した。

エネルギー収支に及ぼす影響」 <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010830134.pdf>

<sup>61</sup> (国研)農研機構「バイオマス利活用システムの設計と評価」(第2部第2章)

<https://www.naro.affrc.go.jp/org/nkk/soshiki/soshiki07-shigen/01shigen/pdf/sekkeitoheyoka/2-2.pdf>

<sup>62</sup> 静岡県庁地質データベース

<https://www.gis.pref.shizuoka.jp/?z=9&ll=34.9791%2C138.3831&t=roadmap&mp=2&op=70&vlf=-1>

磐田市旧市民文化会館跡地周辺における自然水位は、西貝塚地区が GL+0.2m、見付地区が GL-16.5m で<sup>63</sup>、地中熱ヒートポンプの採熱に支障は無いと想定した。

磐田市旧市民文化会館は、昭和 54 年（1979 年）に竣工、併設の文化振興センターは昭和 52 年（1977 年）に竣工した（いずれも旧耐震基準）。地形図によれば海拔約 5m である。

延床面積は、旧市民文化会館が 4,734m<sup>2</sup>、文化振興センターが 2,699m<sup>2</sup>（※47）<sup>64</sup>であった。地図上の概略測定によれば、建築面積は、旧市民文化会館が(40×80+450=)3,650m<sup>2</sup>、文化振興センターが(25×25=)625m<sup>2</sup>。

国土交通省の指針案<sup>65</sup>では、標準採熱杭間隔 5m 以上のため、他事例も参考に採熱に利用可能な杭の間隔を 7m と設定する。両建物地下の想定杭本数は、旧市民文化会館が 84 本、文化振興センターが 16 本、@ 100 本とした。ただし、建物撤去時の地中杭破損を考慮して、使用に耐えるものは全数の 1/2 と設定した。

既設地中杭は PHC 杭か鋼管杭と仮定し、NEXCO 西日本の小浜料金所における実証事例<sup>66</sup>を参考に、杭の本数と長さ、採熱量を以下の通り設定した。

杭長 30[m/本]の残置 PHC 杭を活用し、ダブル U 字採熱管を 25m 挿入し、単位長あたり採熱量 35[W/m]と設定した。

$$\text{採熱能力[kW]} = 100[\text{本}] \times 1/2 \times 25[\text{m/本}] \times 35[\text{W/m}] = 43,750\text{W} = 43.8\text{kW}$$

8～16 時まで地中熱を採熱した場合、43.8×(16-8) = 350.4[kWh/日]を蓄熱できる。また、24 時間運転すれば、43.8×24 = 1,051.2[kWh/日]を蓄熱できる。地中熱ヒートポンプの標準 COP を 5 とする<sup>40</sup>と、43.8kW の採熱に必要な電力は 43.8/5 = 8.8[kW]（8 時間運転で 70[kWh]、24 時間で 210[kWh]）である。

## II-5-2. 年間熱利用量の概算例

II-5-1 により、磐田市旧市民文化会館跡地の年間熱利用量は、24 時間運転の場合、  
年間の地中熱利用量[MWh/年] = 年間採熱量 - 年間ヒートポンプ駆動電力量

$$= (43.8[\text{kW}] - 8.8[\text{kW}]) \times 8,760[\text{h}] = 306,600[\text{kWh/年}] \quad (306.6[\text{MWh/年}])$$

以上

<sup>63</sup> 国土交通省全国地下水資料台帳調査

[https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/water/f9\\_exp.html](https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/water/f9_exp.html)

<sup>64</sup> 磐田市「磐田市公共施設等総合管理計画（資料編）」（平成 28 年 3 月）

[https://www.city.iwata.shizuoka.jp/\\_res/projects/default\\_project/page/001/002/703/sis02.pdf](https://www.city.iwata.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/page/001/002/703/sis02.pdf)

<sup>65</sup> 国土交通省「官庁施設における地中熱利用システム導入ガイドライン（案）」

<https://www.mlit.go.jp/common/001016159.pdf>

<sup>66</sup> 山崎三知朗ら「地中熱空調における新たな熱交換杭の施工法と導入施設での運転状況」（福井県）

<https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/happyou/theses/2012/pdf03/17.pdf>

付録 I . 各市町村の市街化率、太陽光発電配分量、将来の太陽光発電量・電力需要

付表 I-1 に、各市町村の市街化率、人口あたり太陽光発電（以下「PV」）配分量、2050 年の太陽光発電量・電力需要を一覧にして示す。

なお、本研究で用いたモデルにて計算した付表 1 の PV 配分量は、環境省が提供する再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS)による推計値の約 7 割程度で一定しているほか、2050 年の電力需要概算値のもととなった現在の電力需要推計値は、一部の産業都市を除いて REPOS による推計値と概ね一致していることを確認した。

付表 I-1：市街化率、人口あたり PV 配分量、将来の PV 発電量・電力需要

市町村名		①市街化率(%)	②PV 配分量(MW)	③2050 年の電力需要概算値 (GWh/年)	④2050 年の PV 発電量概算値 (GWh/年)	⑤<参考>人口あたり PV 配分量 (MW/千人)	⑥<参考>2050 年の PV 発電量 / 電力需要
長野県							
20201	長野市	5.8	1,252.2	2,501.8	1,252.2	3.4	0.50
20202	松本市	3.1	765.5	1,930.4	765.5	3.2	0.40
20203	上田市	2.3	595.8	1,191.0	595.8	3.9	0.50
20204	岡谷市	11.7	76.8	281.6	76.8	1.6	0.27
20205	飯田市	1.7	392.6	828.4	392.6	4.0	0.47
20206	諏訪市	9.4	151.7	325.9	151.7	3.1	0.47
20207	須坂市	4.6	198.8	397.6	198.8	4.0	0.50
20208	小諸市	5.0	288.6	269.1	288.6	7.0	1.07
20209	伊那市	1.4	407.3	522.2	407.3	6.2	0.78
20210	駒ヶ根市	3.1	161.5	390.3	161.5	5.0	0.41
20211	中野市	2.6	282.3	229.9	282.3	6.7	1.23
20212	大町市	1.2	207.0	272.0	207.0	8.0	0.76
20213	飯山市	1.4	255.3	150.4	255.3	13.1	1.70
20214	茅野市	2.8	284.5	583.6	284.5	5.0	0.49
20215	塩尻市	2.2	261.5	569.7	261.5	3.9	0.46
20217	佐久市	2.5	737.2	635.5	737.2	7.5	1.16
20218	千曲市	10.2	188.4	342.7	188.4	3.2	0.55
20219	東御市	4.4	243.3	203.7	243.3	8.1	1.19
20220	安曇野市	1.9	474.3	628.4	474.3	5.0	0.75
20303	小海町	0.0	121.8	25.2	121.8	28.0	4.84
20304	川上村	0.0	125.2	20.4	125.2	28.8	6.12



付表 1：市街化率、人口あたり PV 配分量、将来の PV 発電量・電力需要（続き）

市町村名		①市街化率(%)	②PV 配分量(MW)	③2050 年の電力需要概算値 (GWh/年)	④2050 年の PV 発電量概算値 (GWh/年)	⑤<参考>人口あたり PV 配分量 (MW/千人)	⑥<参考>2050 年の PV 発電量 / 電力需要
長野県							
20305	南牧村	0.0	96.3	22.6	96.3	29.7	4.26
20306	南相木村	0.0	17.5	3.4	17.5	18.2	5.13
20307	北相木村	0.0	15.9	1.8	15.9	21.1	8.67
20309	佐久穂町	0.0	145.8	43.2	145.8	14.3	3.37
20321	軽井沢町	40.3	102.1	252.4	102.1	5.3	0.40
20323	御代田町	10.8	100.5	132.4	100.5	6.5	0.76
20324	立科町	0.0	136.2	38.0	136.2	20.6	3.58
20349	青木村	0.0	46.3	15.0	46.3	11.2	3.08
20350	長和町	0.0	86.9	28.3	86.9	15.5	3.08
20361	下諏訪町	6.5	27.3	137.8	27.3	1.4	0.20
20362	富士見町	2.5	170.5	127.6	170.5	12.1	1.34
20363	原村	0.0	98.1	62.6	98.1	12.8	1.57
20382	辰野町	1.9	84.7	154.8	84.7	4.6	0.55
20383	箕輪町	2.9	120.3	262.4	120.3	4.8	0.46
20384	飯島町	1.3	76.7	191.0	76.7	8.5	0.40
20385	南箕輪村	13.0	59.9	163.0	59.9	3.8	0.37
20386	中川村	1.0	57.7	32.9	57.7	12.4	1.75
20388	宮田村	2.0	31.7	99.3	31.7	3.7	0.32
20402	松川町	2.0	95.2	64.2	95.2	7.6	1.48
20403	高森町	3.0	68.0	81.6	68.0	5.3	0.83
20404	阿南町	0.0	55.2	23.6	55.2	12.8	2.33
20407	阿智村	0.0	50.5	49.1	50.5	8.3	1.03
20409	平谷村	0.0	2.7	2.9	2.7	7.0	0.93
20410	根羽村	0.0	13.2	2.8	13.2	15.5	4.80
20411	下條村	0.0	44.7	27.4	44.7	12.6	1.63
20412	売木村	0.0	7.9	2.8	7.9	14.3	2.82
20413	天龍村	0.0	6.9	4.0	6.9	5.9	1.74
20414	泰阜村	0.0	21.8	8.6	21.8	14.1	2.54
20415	喬木村	0.0	47.4	28.3	47.4	7.9	1.67

付表 1：市街化率、人口あたり PV 配分量、将来の PV 発電量・電力需要（続き）

市町村名		①市街化率(%)	②PV 配分量(MW)	③2050 年の電力需要概算値(GWh/年)	④2050 年の PV 発電量概算値(GWh/年)	⑤<参考>人口あたり PV 配分量(MW/千人)	⑥<参考>2050 年の PV 発電量 / 電力需要
長野県							
20416	豊丘村	0.0	58.5	34.6	58.5	9.1	1.69
20417	大鹿村	0.0	19.0	3.2	19.0	18.6	5.90
20422	上松町	0.7	19.6	20.4	19.6	4.7	0.96
20423	南木曾町	0.0	17.2	24.5	17.2	4.4	0.70
20425	木祖村	0.0	28.5	12.6	28.5	10.6	2.27
20429	王滝村	0.0	5.0	3.7	5.0	7.0	1.36
20430	大桑村	0.0	18.7	27.4	18.7	5.4	0.68
20432	木曾町	0.4	125.7	66.0	125.7	11.9	1.91
20446	麻績村	0.0	39.5	10.2	39.5	15.2	3.85
20448	生坂村	0.0	19.8	6.0	19.8	12.1	3.29
20450	山形村	0.0	55.5	70.0	55.5	6.6	0.79
20451	朝日村	0.0	32.9	21.8	32.9	7.7	1.51
20452	筑北村	0.0	57.2	12.6	57.2	13.8	4.55
20481	池田町	0.0	59.4	48.1	59.4	6.3	1.23
20482	松川村	0.0	94.0	54.4	94.0	9.8	1.73
20485	白馬村	0.0	67.8	70.9	67.8	7.9	0.96
20486	小谷村	0.0	38.5	15.1	38.5	14.5	2.55
20521	坂城町	6.3	63.4	102.5	63.4	4.5	0.62
20541	小布施町	7.2	55.2	61.7	55.2	5.2	0.89
20543	高山村	0.0	61.5	45.7	61.5	9.3	1.35
20561	山ノ内町	0.8	75.3	48.4	75.3	6.6	1.56
20562	木島平村	0.0	55.3	18.3	55.3	12.6	3.01
20563	野沢温泉村	0.0	24.7	19.0	24.7	7.5	1.30
20583	信濃町	1.1	112.8	96.3	112.8	14.6	1.17
20588	小川村	0.0	39.3	13.4	39.3	17.7	2.94
20590	飯綱町	0.0	171.4	35.6	171.4	16.6	4.81
20602	栄村	0.0	33.6	5.8	33.6	20.2	5.80
岐阜県							
21201	岐阜市	33.0	641.9	2,989.1	641.9	1.6	0.21

付表 1：市街化率、人口あたり PV 配分量、将来の PV 発電量・電力需要（続き）

市町村名	①市街化率(%)	②PV 配分量(MW)	③2050 年の電力需要概算値 (GWh/年)	④2050 年の PV 発電量概算値 (GWh/年)	⑤<参考>人口あたり PV 配分量 (MW/千人)	⑥<参考>2050 年の PV 発電量 / 電力需要	
岐阜県							
21202	大垣市	12.0	370.4	1,997.3	370.4	2.3	0.19
21203	高山市	0.5	423.4	587.7	423.4	5.0	0.72
21204	多治見市	22.1	140.2	642.4	140.2	1.3	0.22
21205	関市	2.5	288.2	777.1	288.2	3.4	0.37
21206	中津川市	1.0	384.5	723.0	384.5	5.0	0.53
21207	美濃市	3.9	87.3	177.5	87.3	4.5	0.49
21208	瑞浪市	2.6	116.5	235.1	116.5	3.1	0.50
21209	羽島市	18.2	137.8	398.5	137.8	2.1	0.35
21210	恵那市	0.8	327.3	517.5	327.3	6.9	0.63
21211	美濃加茂市	8.3	186.0	579.7	186.0	3.3	0.32
21212	土岐市	10.1	86.1	467.0	86.1	1.6	0.18
21213	各務原市	26.8	258.4	1,178.0	258.4	1.8	0.22
21214	可児市	19.6	192.8	1,012.7	192.8	1.9	0.19
21215	山県市	1.4	139.6	127.3	139.6	5.5	1.10
21216	瑞穂市	31.4	108.6	428.9	108.6	1.9	0.25
21217	飛騨市	0.2	128.0	257.2	128.0	5.7	0.50
21218	本巣市	0.6	140.5	497.8	140.5	4.3	0.28
21219	郡上市	0.2	284.4	249.5	284.4	7.3	1.14
21220	下呂市	0.5	132.6	204.5	132.6	4.4	0.65
21221	海津市	0.0	208.0	268.9	208.0	6.4	0.77
21302	岐南町	53.5	42.2	271.4	42.2	1.6	0.16
21303	笠松町	23.9	33.0	214.7	33.0	1.5	0.15
21341	養老町	0.0	160.8	208.6	160.8	6.0	0.77
21361	垂井町	8.6	78.4	264.0	78.4	3.0	0.30
21362	関ヶ原町	4.5	25.1	44.2	25.1	3.8	0.57
21381	神戸町	6.7	54.0	308.1	54.0	2.9	0.18
21382	輪之内町	0.0	62.9	158.2	62.9	6.5	0.40
21383	安八町	10.0	57.0	151.4	57.0	4.0	0.38
21401	揖斐川町	0.3	127.8	232.2	127.8	6.5	0.55

付表 1：市街化率、人口あたり PV 配分量、将来の PV 発電量・電力需要（続き）

市町村名		①市街化率(%)	②PV 配分量(MW)	③2050 年の電力需要概算値 (GWh/年)	④2050 年の PV 発電量概算値 (GWh/年)	⑤<参考>人口あたり PV 配分量 (MW/千人)	⑥<参考>2050 年の PV 発電量 / 電力需要
岐阜県							
21403	大野町	0.0	94.2	476.9	94.2	4.3	0.20
21404	池田町	0.0	78.4	206.5	78.4	3.4	0.38
21421	北方町	67.1	27.1	151.5	27.1	1.5	0.18
21501	坂祝町	5.8	29.1	166.0	29.1	3.6	0.18
21502	富加町	0.0	29.7	58.8	29.7	5.3	0.50
21503	川辺町	1.7	34.8	70.9	34.8	3.5	0.49
21504	七宗町	0.0	22.3	12.5	22.3	6.6	1.78
21505	八百津町	0.0	64.2	72.2	64.2	6.3	0.89
21506	白川町	0.0	49.3	34.4	49.3	6.6	1.43
21507	東白川村	0.0	16.6	8.3	16.6	8.2	2.00
21521	御嵩町	7.7	56.6	179.1	56.6	3.2	0.32
21604	白川村	0.0	16.4	12.1	16.4	10.8	1.35
静岡県							
22100	静岡市	5.3	1,462.8	5,356.9	1,462.8	2.1	0.27
22130	浜松市	5.1	2,053.9	6,363.4	2,053.9	2.6	0.32
22209	島田市	3.5	308.5	765.3	308.5	3.2	0.40
22211	磐田市	11.0	512.1	1,695.2	512.1	3.1	0.30
22212	焼津市	18.7	244.2	1,252.6	244.2	1.8	0.19
22213	掛川市	6.4	565.2	1,229.2	565.2	4.9	0.46
22214	藤枝市	8.3	421.2	1,089.6	421.2	3.0	0.39
22216	袋井市	9.1	333.9	964.4	333.9	3.8	0.35
22221	湖西市	9.2	236.6	719.1	236.6	4.1	0.33
22223	御前崎市	3.8	216.5	333.9	216.5	7.0	0.65
22224	菊川市	6.3	294.6	400.4	294.6	6.2	0.74
22226	牧之原市	5.6	369.6	646.0	369.6	8.5	0.57
22424	吉田町	17.8	59.4	619.6	59.4	2.1	0.10
22429	川根本町	0.0	37.1	24.0	37.1	6.0	1.54
22461	森町	1.6	101.5	186.8	101.5	5.8	0.54

付表 1：市街化率、人口あたり PV 配分量、将来の PV 発電量・電力需要（続き）

市町村名		①市街化率(%)	②PV 配分量(MW)	③2050 年の電力需要概算値(GWh/年)	④2050 年の PV 発電量概算値(GWh/年)	⑤<参考>人口あたり PV 配分量(MW/千人)	⑥<参考>2050 年の PV 発電量 / 電力需要
愛知県							
23100	名古屋市	72.0	2,360.6	23,126.1	2,360.6	1.0	0.10
23201	豊橋市	15.2	966.7	3,351.3	966.7	2.6	0.29
23202	岡崎市	10.1	688.8	3,587.3	688.8	1.8	0.19
23203	一宮市	15.6	538.9	2,306.1	538.9	1.4	0.23
23204	瀬戸市	15.4	178.0	826.8	178.0	1.4	0.22
23205	半田市	31.3	219.9	1,343.9	219.9	1.9	0.16
23206	春日井市	41.2	407.7	2,369.8	407.7	1.3	0.17
23207	豊川市	15.3	534.5	1,461.4	534.5	2.9	0.37
23208	津島市	23.4	92.8	430.8	92.8	1.5	0.22
23209	碧南市	28.4	223.0	1,459.3	223.0	3.1	0.15
23210	刈谷市	35.3	261.9	2,337.2	261.9	1.7	0.11
23211	豊田市	4.1	1,112.3	6,146.4	1,112.3	2.6	0.18
23212	安城市	17.2	391.5	2,865.3	391.5	2.1	0.14
23213	西尾市	12.1	516.1	2,458.1	516.1	3.1	0.21
23214	蒲郡市	17.7	134.2	525.4	134.2	1.7	0.26
23215	犬山市	10.9	160.1	980.8	160.1	2.2	0.16
23216	常滑市	17.3	168.1	556.7	168.1	2.9	0.30
23217	江南市	21.8	172.5	753.4	172.5	1.8	0.23
23219	小牧市	27.8	223.8	1,761.1	223.8	1.5	0.13
23220	稲沢市	8.4	310.5	1,551.7	310.5	2.3	0.20
23221	新城市	0.7	321.0	493.2	321.0	7.2	0.65
23222	東海市	34.9	370.6	14,388.8	370.6	3.3	0.03
23223	大府市	30.6	167.6	1,076.3	167.6	1.8	0.16
23224	知多市	24.8	219.6	1,600.3	219.6	2.6	0.14
23225	知立市	57.3	97.2	732.1	97.2	1.3	0.13
23226	尾張旭市	49.0	97.7	689.6	97.7	1.2	0.14
23227	高浜市	35.7	78.8	547.2	78.8	1.7	0.14
23228	岩倉市	46.8	65.3	381.6	65.3	1.4	0.17
23229	豊明市	27.9	103.6	688.5	103.6	1.5	0.15



付表 1：市街化率、人口あたり PV 配分量、将来の PV 発電量・電力需要（続き）

市町村名	①市街化率(%)	②PV 配分量(MW)	③2050 年の電力需要概算値(GWh/年)	④2050 年の PV 発電量概算値(GWh/年)	⑤<参考>人口あたり PV 配分量(MW/千人)	⑥<参考>2050 年の PV 発電量 / 電力需要	
愛知県							
23230	日進市	28.2	149.7	961.2	149.7	1.6	0.16
23231	田原市	3.1	584.5	1,330.4	584.5	9.8	0.44
23232	愛西市	4.0	183.4	380.9	183.4	3.0	0.48
23233	清須市	51.5	102.5	650.8	102.5	1.5	0.16
23234	北名古屋市	54.3	117.5	727.7	117.5	1.4	0.16
23235	弥富市	8.1	128.1	371.0	128.1	3.0	0.35
23236	みよし市	20.8	161.5	1,252.5	161.5	2.6	0.13
23237	あま市	39.5	130.8	675.8	130.8	1.5	0.19
23238	長久手市	30.5	86.4	645.2	86.4	1.4	0.13
23302	東郷町	30.7	86.1	422.0	86.1	2.0	0.20
23342	豊山町	44.8	23.6	269.6	23.6	1.5	0.09
23361	大口町	14.8	64.9	598.5	64.9	2.7	0.11
23362	扶桑町	30.4	71.2	625.0	71.2	2.1	0.11
23424	大治町	88.5	46.6	225.7	46.6	1.4	0.21
23425	蟹江町	35.4	42.4	241.1	42.4	1.1	0.18
23427	飛島村	0.0	58.9	245.4	58.9	12.9	0.24
23441	阿久比町	13.9	91.8	255.0	91.8	3.2	0.36
23442	東浦町	18.8	112.5	649.9	112.5	2.3	0.17
23445	南知多町	9.7	108.6	85.9	108.6	6.5	1.27
23446	美浜町	10.5	146.7	570.8	146.7	6.5	0.26
23447	武豊町	20.2	110.2	601.4	110.2	2.5	0.18
23501	幸田町	7.5	127.2	594.4	127.2	3.0	0.21
23561	設楽町	0.0	51.7	31.1	51.7	11.7	1.66
23562	東栄町	0.0	33.5	11.6	33.5	11.4	2.88
23563	豊根村	0.0	11.8	6.1	11.8	11.6	1.91
三重県							
24201	津市	4.5	1,070.3	2,085.9	1,070.3	3.9	0.51
24202	四日市市	22.4	735.8	5,849.3	735.8	2.4	0.13
24203	伊勢市	9.6	365.9	870.1	365.9	3.0	0.42

付表 1：市街化率、人口あたり PV 配分量、将来の PV 発電量・電力需要（続き）

市町村名	①市街化率(%)	②PV 配分量(MW)	③2050 年の電力需要概算値(GWh/年)	④2050 年の PV 発電量概算値(GWh/年)	⑤<参考>人口あたり PV 配分量(MW/千人)	⑥<参考>2050 年の PV 発電量 / 電力需要	
三重県							
24204	松阪市	3.3	828.7	1,333.9	828.7	5.2	0.62
24205	桑名市	17.6	309.1	1,553.0	309.1	2.2	0.20
24207	鈴鹿市	13.8	629.2	1,860.6	629.2	3.2	0.34
24208	名張市	6.8	182.2	554.5	182.2	2.4	0.33
24209	尾鷲市	0.0	27.6	87.4	27.6	1.7	0.32
24210	亀山市	3.4	256.1	1,419.5	256.1	5.1	0.18
24211	鳥羽市	2.6	197.8	102.4	197.8	11.3	1.93
24212	熊野市	0.0	93.1	76.8	93.1	5.8	1.21
24214	いなべ市	0.3	255.6	1,152.1	255.6	5.7	0.22
24215	志摩市	0.0	359.5	211.3	359.5	7.8	1.70
24216	伊賀市	2.0	701.4	984.9	701.4	7.9	0.71
24303	木曾岬町	3.3	69.9	54.3	69.9	11.6	1.29
24324	東員町	14.8	60.4	409.4	60.4	2.3	0.15
24341	菰野町	3.4	191.1	307.7	191.1	4.7	0.62
24343	朝日町	31.8	23.6	189.7	23.6	2.1	0.12
24344	川越町	26.2	31.1	174.1	31.1	2.1	0.18
24441	多気町	1.1	141.2	444.0	141.2	10.1	0.32
24442	明和町	0.0	146.7	119.4	146.7	6.5	1.23
24443	大台町	0.0	40.6	53.9	40.6	4.7	0.75
24461	玉城町	6.0	95.1	198.7	95.1	6.3	0.48
24470	度会町	0.0	117.3	28.0	117.3	15.0	4.19
24471	大紀町	0.0	52.5	50.9	52.5	6.7	1.03
24472	南伊勢町	0.0	123.5	136.6	123.5	11.2	0.90
24543	紀北町	0.0	46.6	78.9	46.6	3.2	0.59

①市街化率(%) = (市町村の用途地域のうち住居系及び商業系地域の面積) ÷ (市町村の全面積)

②PV 配分量(MW) : エネルギー需給評価プラットフォームによる推計値

③2050 年の電力需要概算値(GWh/年) : エネルギー需給評価プラットフォームによる概算値

④2050 年の PV 発電量概算値(GWh/年) = ②(MW) × 1,000(MWh/MW・年) ÷ 1,000(MWh/GWh)

⑤ <参考> 人口あたり PV 配分量(MW/千人) = ② ÷ 市町村の現在の人口

⑥ <参考> 2050 年の PV 発電量 / 電力需要 = ④ ÷ ③

## 付録Ⅱ．モデル三自治体の防災拠点における平時および災害時のエネルギーシステム運用の検討

### Ⅱ－１．検討の背景、本研究における位置づけ、平常時および災害時の条件設定

#### Ⅱ－１－１．検討の背景：

本研究においては、「地域における地産地消による効率的なエネルギー利用、レジリエンス強化等にも資する自立・分散型エネルギーシステム」の実現に向けて、本編で「地域全体における地産地消による効率的なエネルギー利用」に主眼を置いて検討した。一方、地域のエネルギー源をレジリエンス強化にも活用するモデルについては、地域全体よりも「防災拠点における平常時・災害時も活用できるエネルギーシステム」の方が具体的に検討しやすいと考えられることから、三自治体で各々2カ所の防災拠点を選定して、エネルギーシステムの構成と平常時および災害時の運用について、簡易な検討を行った。

#### Ⅱ－１－２．付録Ⅱ（防災拠点）の位置づけ：

Ⅱ－１－１のとおり、本研究の本編では、市全体あるいは配電エリア単位での「エネルギー地産地消」に向けた自立・分散型エネルギーシステムを検討したのに対して、付録Ⅱでは、防災拠点およびその周辺における「災害時のエネルギーを確保し平常時も活用できる」自立・分散型エネルギーシステムを検討した。付録Ⅱでは、災害時のエネルギー確保を主眼としたため、本編における「家庭部門・業務部門の全電化」等の条件設定と必ずしも一致せず、各市全体のエネルギー需給と整合しない場合がある。

#### Ⅱ－１－３．平常時のエネルギーシステム運用に関する基本的な条件設定：

防災拠点およびその周辺における、太陽光発電（以下「PV」）等の再生可能エネルギー利用を基本としたエネルギーシステムを設定し、系統電力等外部のエネルギー源と組み合わせたエネルギー需給を想定した。平常時の需給想定にあたっては、当財団の既往の研究「地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究＜フェーズⅡ＞<sup>67</sup>」（以下「フェーズⅡ」）における推計モデル等を参考とした。

#### Ⅱ－１－４．災害時のエネルギーシステム運用に関する基本的な条件設定：

本研究では、2014年に作成された千葉市の検討事例<sup>68</sup>を参考として、付表Ⅱ-1のとおり被災状況、避難者収容施設、避難所に必要な設備と運営について条件設定した。これらを前提に、Ⅱ－１－３のエネルギーシステムと非常用電源を供給力として自立運転した場合のエネルギー需給を想定した。なお付表Ⅱ-1の内容は、令和6年能登半島地震をはじめとする最近の自然災害における知見により、今後見直しが必要になる可能性がある。

<sup>67</sup> 地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究＜フェーズⅡ＞：報告書は、当財団のホームページをご参照（[https://www.criser.jp/research/documents/report/2021\\_chiikienergy2.pdf](https://www.criser.jp/research/documents/report/2021_chiikienergy2.pdf)）

<sup>68</sup> 千葉市防災拠点再生可能エネルギー等導入推進基金事業専門委員会第1回資料8  
<https://www.city.chiba.jp/kankyo/kankyohozen/datsutanso/documents/gnd1-8.pdf>

付表Ⅱ-1 防災拠点における災害時の共通の条件設定

項目	条件設定	
対象エリアの被災状況	地震や風水害において、検討対象地域の住宅や道路の損壊・流失等の被害は軽微ながら、系統電力と水道の供給が一時的に停止した状況とした。	
住民等の指定避難所・指定緊急避難場所利用	住民は、住宅の損壊や自宅電源(太陽光発電等)保有の状況に応じて、避難所への避難か在宅避難を選択可能とした。指定避難所では、避難住民・帰宅困難者(旅行者含む)を収容して宿所を提供、指定緊急避難場所では避難所等への送り出しや物資・情報提供するものとした。	
災害時の自立的なエネルギー供給期間	分散型エネルギー源による指定避難所・指定緊急避難場所へのエネルギー供給は3日分を想定した。それ以降も太陽光発電は利用可能とした。	
指定避難所のエネルギー供給	① 需給の全般的事項	2014年当時の千葉市の資料 <sup>68</sup> では、避難所の最大電力負荷(パソコン、インターネット回線、防災用無線、バッテリー制御装置、各種照明、TV、携帯電話、湯沸ポット)を約4.5kW、消費電力量を約20[kWh/日]と試算した。(同資料で例示されている「新宿公民館」の延床面積は約1,200m <sup>2</sup> (※1)。)仙台市(※2)では、防災用無線、TV、携帯電話、各種照明、大型扇風機の消費電力量を10[kWh/日]として、太陽光発電(以下「PV」)(10kW)／蓄電池(15kWh)／防災系高所照明(2灯)／防災系コンセント(3ヶ所程度)からなるシステムの導入を進めた。また、内閣府「避難所における良好な生活環境の確保に向けた取組指針」(※3)(2016年改訂)では、冷暖房や入浴提供についても言及しているため、避難所が体育館の場合の、暖房や給湯を含む季節別エネルギー需要を、以下のとおり想定した。(以下②、③の試算は、常設の空調・給湯設備が無い延床面積1,200m <sup>2</sup> の避難所の場合である。各避難所の床面積や設備状況に応じた条件設定が必要となる。)
	② 中間期・冬期電力需要	前述の千葉市による試算 <sup>68</sup> のとおり、最大電力負荷約4.5kW、消費電力量約20[kWh/日]
	③ 夏期電力需要	前述の千葉市による試算 <sup>68</sup> に扇風機(計0.4kW、全負荷相当16h/日運転)・スポットクーラー(1kW/台×2台、全負荷相当8h/日運転)を加えた負荷4.5+2.4=6.9kW、消費電力量20+(0.4×16)+(2×8)=42.4[kWh/日]と想定した。(参考:PV1kWあたり発電量2.7[kWh/日]、PVパネル15[m <sup>2</sup> /kW]として、42.4[kWh/日]供給→15.7kW(235.5m <sup>2</sup> )のPVが必要)
	④ 電源構成	PVや内燃機関発電機(水素、木質バイオマス等のコージェネ)等、常用の発電設備を優先的に使用するものとした。既設の常用発電設備による供給力が著しく不足する場合は、消防法等に基づく非常用発電設備の活用(※4)(※5)(※6)も検討した。非常用発電設備は、防災用・保安用共用と位置付け、専用の防災系コンセントから電力供給するか、受電用遮断器等で外部の電力系統と遮断して運用するとともに、火災発生時は本来用途である消防設備への供給を確保する必要がある。また、防災系コンセントを設置・使用する場合は、同コンセントが避難所のどの電力負荷を担当するかを予め想定しておき、必要に応じてポータブルの空調・照明機器等を使用場所へ配置する必要がある。(非常用発電設備を一般負荷に使用する場合は、所轄消防機関への届出が必要となる。)
	⑤ 暖房・給湯熱源	既設空調が無いか、災害時の空調利用に制約がある施設の場合は、灯油ストーブ等燃料系の設備使用を想定した。 常用の内燃機関発電機を有する施設では、同発電機の排熱活用を想定した。 避難所が事務所ビルや宿泊施設の場合は、上記の想定に限定せず、災害時の施設内エネルギー自給力を勘案しつつ、既設の空調・給湯設備等の継続使用も検討した。
指定緊急避難場所のエネルギー需要	指定緊急避難場所は、避難者の宿泊等長期滞在は無いと見られるため、前述の千葉市による試算 <sup>68</sup> からTV(▲0.15kW、▲2.25[kWh/日])と湯沸ポット(昼▲0.9kW、▲2.7[kWh/日])分を控除するとともに、各種照明を半減(夜▲2kW、▲2[kWh/日])させて、最大電力負荷としては、パソコン、インターネット回線、防災用無線、各種照明、携帯電話電源に用いる約2.2kW、消費電力量約13[kWh/日]と想定した。	
指定避難所への収容可能人数(参考)	各指定避難所の延床面積×0.7を避難所の有効面積と仮定し、有効面積を各市の避難所運営マニュアル(※7)(※8)(※9)に定める一人あたり面積で除して収容可能人数を想定した。	

(※1) 千葉市公共施設等個別施設計画 参考資料 7

[https://www.city.chiba.jp/zaiseikyoku/shisan/shisan/documents/30-1\\_sankou7.pdf](https://www.city.chiba.jp/zaiseikyoku/shisan/shisan/documents/30-1_sankou7.pdf)

(※2) 仙台市「指定避難所等への防災対応型太陽光発電システム等の導入」

<https://www.city.sendai.jp/kankyo/kurashi/machi/machizukuri/energy/hinanzuopv/index.html>

(※3) 内閣府「避難所における良好な生活環境の確保に向けた取組指針」

<https://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/2204kankyokakuho.pdf>

(※4) (一社) 日本内燃力発電設備協会 自家発 Q&A(33)「非常用自家発電設備を電力需給対策に使用する場合の留意点等」

[https://nega.or.jp/publication/press/2018/pdf/2018\\_12\\_12.pdf](https://nega.or.jp/publication/press/2018/pdf/2018_12_12.pdf)

(※5) 消防庁「自家発電設備を電力需給対策に活用する場合の留意点について」

[https://www.fdma.go.jp/disaster/higashinohon/item/higashinohon002\\_02\\_denryoku\\_jikahatuden.pdf](https://www.fdma.go.jp/disaster/higashinohon/item/higashinohon002_02_denryoku_jikahatuden.pdf)

(※6) 経済産業省「電力系統の停電の回避を目的として非常用予備発電装置を使用する場合の電気事業法上の取扱い及び保安管理の徹底について (通知)」

[https://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/oshirase/2017/11/291127-1-1.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2017/11/291127-1-1.pdf)

(※7) 中津川市避難所開設・運営マニュアル (ひな形)

[https://www.city.nakatsugawa.lg.jp/material/files/group/10/R0206\\_hinanjomanyu.pdf](https://www.city.nakatsugawa.lg.jp/material/files/group/10/R0206_hinanjomanyu.pdf)

(※8) 磐田市避難所運営マニュアル

[https://www.city.iwata.shizuoka.jp/\\_res/projects/default\\_project/\\_page\\_/001/001/180/hinannjo.pdf](https://www.city.iwata.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/001/180/hinannjo.pdf)

(※9) 長久手市避難所開設・運営の手順書

<https://www.city.nagakute.lg.jp/material/files/group/12/R3tejunsho.pdf>

## II-2. モデル三自治体にて設定した防災拠点と検討概要

### II-2-1. 中津川市立東小学校とルビットタウン中津川

#### (1) エネルギー供給設備の構成と運用総括表

施設名称	エネルギー等供給手段	平常時の運用		災害時の運用			
		昼間	夜間	昼間	夜間	夏季 オプション	冬季 オプション
ルビット タウン中 津川	施設内 PV(約 317kW)	○		○			
	中津変電所管内の住宅 屋根置き PV(4(kW/ 軒)×950 軒)	○		(各住宅 で 利用)			
	水素ガスエンジン コージェネレーション (100kW×1 台)	○ (30%負荷 で 8 時~ 20 時運転)		○ (30%負荷 で発災後 3 日間 24h 運転)	○ (同左)		
	系統電力	○	○				
中津川市 立東小学 校(指定 避難所)	校内の屋根置き PV (87.5kW)	○		○			
	スポットクーラー (1kW×2 台)※					(○)	
	灯油ストーブ						(○)

※ 冷熱を供給するが、電力需給の視点では消費機器



## (2) 平常時のエネルギーシステム運用想定

ルビットタウン中津川は、中津川市中心部の大規模商業施設である。同市の指定避難所ではないが、指定避難所（中津川市立東小学校）に近く、PV パネルが設置可能なまとまった面積があり、平常時から一定のエネルギー需要が見込まれることから選定した。

同施設の昼間電力需要は、「施設内 PV 電力+中津変電所管内等住宅屋根置き PV 余剰電力」で賄い、なお不足する場合は系統電力から供給する設定とした。反対に、前記の PV 電力を施設へ供給して余剰が生じた場合は、水素ガスエンジンコージェネレーション（以下、「コージェネレーション」を「コージェネ」と表記）の運転に必要な水素を製造する設定とした。

(2-1) 建物条件： 建築面積 13,107.5m<sup>2</sup>、延床面積 47,202.5m<sup>2</sup>、売場面積 16,500m<sup>2</sup>、4 階相当高さ（屋上は駐車場）<sup>69</sup>である。空調対象面積としては、延床面積の対象外のものや、売場面積以外に対象となるものがあるため、本研究では、建築面積の 2 倍の 26,215m<sup>2</sup>とした。

(2-2) 時間別エネルギー需要： フェーズⅡ研究当時の推計モデルに当てはめると、店舗の電力需要原単位に床面積を乗じると、施設における年間エネルギー需要となる。次に、フェーズⅡ研究当時の推計モデルと同様に、各項目の年間エネルギー需要を月別需要率で按分して月間需要とし、さらに各月を夏期・冬期・中間期のいずれかに当てはめた上で、月間需要を各期代表日の時間別需要率で按分することで、毎時の項目別エネルギー需要を算出した。

（熱源設備は、暖房はヒートポンプ（COP=4.0）と温水、冷房はターボ冷凍機（COP=6.5）と吸収冷凍機（COP=1.0）、給湯はヒートポンプ（COP=2.5）とした。）

### (2-3) 時間別 PV 発電量：

（施設内の PV 発電量）

建物屋上および壁面の一部に PV パネルを貼付するものと想定した。

- ・建物屋上 PV パネル面積： 駐車スペースは、小屋・機材スペース含め 4.8m×2.3m×361 台＝3,985.4m<sup>2</sup>
- ・建物壁面 PV パネル面積： パネル貼付対象壁面（西南西 1,170m<sup>2</sup>・南南東 360m<sup>2</sup>）に PV パネルを設置するものとし、地面に対して垂直に設置するというので、発電効率は通常の傾斜角 30°の場合の 1/2 とした。
- ・PV 発電容量：  $(3,985.4[m^2] + (1,170[m^2] + 360[m^2])/2) / 15[m^2/kW] = 316.69[kW]$

上記の PV 発電容量と 2016 年度の日射量実測値を用いて毎時の発電量を試算した。

（中津変電所管内の住宅屋根置き PV 発電量）

戸建住宅の建築面積を 150[m<sup>2</sup>/軒]とし、その 40%に PV パネルを設置するとして、 $150[m^2/\text{軒}] / 15[m^2/kW] \times 0.4 = 4[kW/\text{軒}]$

4[kW/軒] と 2016 年度の日射量実測値を用いて、1 軒当たりの毎時の発電量を試算した。

他方で、フェーズⅡ研究当時の推計モデルのエネルギー需要原単位（住宅）から、ルビットタウン中津川の場合と同様に毎時の項目別エネルギー需要を算出し、「（毎時の PV 発電量）－（毎時のエネルギー需要）」で、「毎時の住宅屋根置き PV 余剰電力」を推計した。また、コージェネを 8 時～20 時の 12 時間運転する上で必要な水素を製造するためには、ルビットタウン中津川内の

<sup>69</sup> バローグループ「大型商業施設「ルビットタウン中津川」 開設のお知らせ」  
<https://valor.jp/wp/wp-content/uploads/2017/10/news20171031-12.pdf>

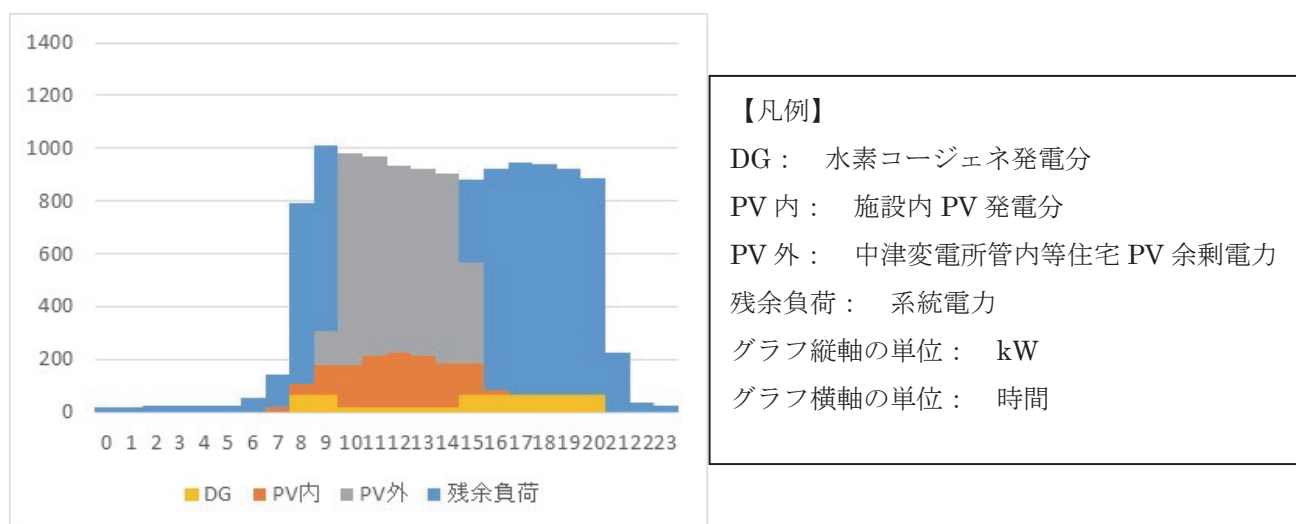
PV 余剰電力に加え、地域内住宅 950 軒分の PV 余剰電力調達が必要と推計された。

(2-4) 時間別水素製造量： 水の電気分解で水素製造する場合、水素への転換効率は 60%とされている<sup>70</sup>。このため、前記の余剰電力（「施設内 PV 電力」＋「中津変電所管内等住宅 PV 余剰電力」－「施設内電力需要」）の 60%に相当する水素が製造されるものと想定した。

(2-5) 水素ガスエンジンコージェネの仕様と運転条件： 水素ガスエンジンコージェネは、発電出力 100kW、高位発熱量ベース発電効率 35%、熱回収効率 50%、最低負荷率 30%と想定した。1 日の運転時間帯は 8 時～20 時としたが、この 12 時間は定格運転ではなく、基本的には最低負荷率で運転し、2016 年度の日射量実測値に基づいて、曇雨天等で施設内と地域の PV 出力が低下して系統からの買電が見込まれる場合には、定格運転する制御とした。同コージェネの排熱は、暖房時の温水、冷房時の吸収冷凍機熱源として、空調負荷の一部を担うものとした。

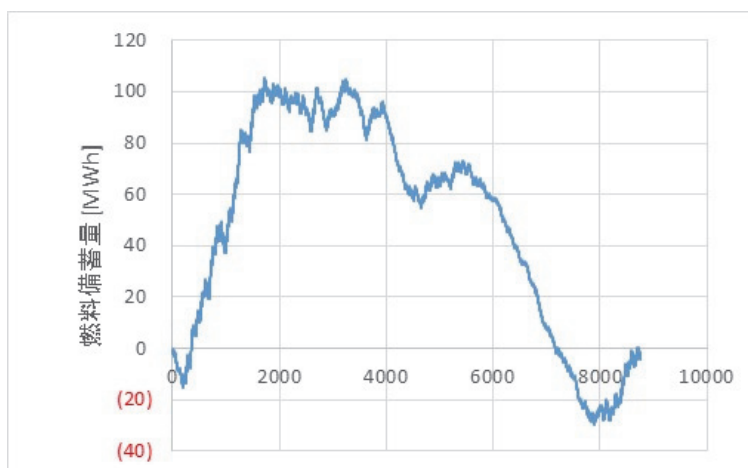
(2-6) エネルギー需給推計と水素の年間備蓄バランス推計： ルビットタウン中津川の、冬季代表日のエネルギー需給推計結果を（付図Ⅱ-1）に、水素の年間備蓄バランス推計結果を（付図Ⅱ-2）に示す。電力の供給力は、「水素コージェネ電力」、「施設内 PV 電力」、「中津変電所管内等住宅 PV 余剰電力」、「系統電力」、電力需要は暖房・冷房・給湯・その他照明等のほか水電解用となる。同コージェネは 1 年を通じて運転され、施設の年間電力需要の約 6%を賄う。水電解水素製造設備と同コージェネは並行運転され、同コージェネが消費した余剰分の水素が貯蔵される。

付図Ⅱ-2 のとおり、水素の貯蔵量は、日射量が多く、空調電力需要が少ない春季に増加し、夏季の空調、秋季の台風、冬季の日射減少等で徐々に減少していくサイクルとなった。水素貯蔵量最大値約 166[MWh]は、 $166,000[\text{kWh}] / (12.8[\text{MJ}/\text{Nm}^3] / 3.6[\text{MJ}/\text{kWh}]) = 46,688[\text{Nm}^3]$ に相当する。水素吸蔵合金等、保安確保とスペース最小化を両立できる貯蔵方法の検討が別途必要となる。



付図Ⅱ-1 一部の熱負荷をコージェネ排熱で賄う場合の電力供給推計例（冬季）

<sup>70</sup> 嘉藤徹「高温水蒸気電解による水素製造技術」（電気化学会 2007 年 No.3）  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/electrochemistry/75/3/75\\_3\\_283/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/electrochemistry/75/3/75_3_283/_pdf/-char/en)



【凡例】

グラフ横軸の単位： 時間

付図Ⅱ-2 水素の年間備蓄バランス推計結果

(3) 災害時のエネルギーシステム運用想定

(3-1) エネルギー需要の想定： ルビットタウン中津川から最も近い指定避難所である中津川市立東小学校体育館を収容施設とした。体育館床面積が 900m<sup>2</sup>で、Ⅱ-1-4「共通の条件設定」に示すモデル条件 (1,200m<sup>2</sup>) に近いいため、「共通の条件設定」に示す電力需要 (夏期負荷 6.9kW、夏期消費量 42.4[kWh/日]) をそのまま採用した。

(3-2) 収容可能人数の想定： 体育館床面積 900[m<sup>2</sup>]×0.7/2[m<sup>2</sup>/名]=315[名]

(3-3) エネルギー供給手段と運用案：

(東小学校設置分の PV)

地図上の簡易計測によれば、東小学校の建築面積は校舎 (1,530) + 体育館 (900) + 幼稚園 (196) = 2,626m<sup>2</sup>。この 1/2 (1,313m<sup>2</sup>) に PV パネルを設置する場合、発電容量は 87.5[kW]、晴天日発電量 236[kWh/日]を見込む。

(ルビットタウン中津川の水素ガスエンジンコージェネ)

発電容量 100kW、発電効率 35%、熱回収効率 50%とした。

(運用案)

発災から 3 日間、ルビットタウン中津川の水素ガスエンジンコージェネを最低負荷率 30% (30kW) で連続運転し、非常用自営線を通じて東小学校へ優先給電するものとした。昼間時間帯は東小学校設置分の PV が利用でき、特に晴天日・曇天日の 8 時～16 時の電力需要は、同 PV だけで充足できると見込まれるため、同コージェネからの給電が不要となる可能性もある。冬期の暖房は、灯油ストーブを別途備蓄しておき、使用するものとした。給湯 (入浴) については、平常時からルビットタウン中津川と調整する必要があるが、同コージェネの排熱を熱源とした仮設浴場を設置するものとした。

(補足)

・災害時の電力・熱供給を目的に水素ガスエンジンコージェネを 30kW で 72 時間運転するためには、 $30 \times 72 / 0.35 = 6,171.4$ [kWh] (水素換算で  $6,171.4$ [kWh] /  $(12.8$ [MJ/Nm<sup>3</sup>] /  $3.6$ [MJ/kWh]) =  $1,735.7$ [Nm<sup>3</sup>]) の水素を、最低備蓄量として維持する必要がある。

・同コージェネは、30kW 未満の出力で運転できないため、東小学校へ給電分を差し引いた余剰

出力約 23kW は、ルビットタウン中津川側の保安電源の一部としての活用を想定した。ルビットタウン中津川では、これ以外の電源として、施設内 PV (約 317kW) と東小学校設置 PV の余剰出力分、さらに防災用・保安用共用の非常用発電設備があれば、これらも活用し得るため、発災時の施設内保安電力需要・水素製造継続の可能性も勘案した電力需給制御の方法・運用について検討・準備いただく必要がある。

## II-2-2. 中津川市立坂本中学校周辺

### (1) エネルギー供給設備の構成と運用総括表

施設名称	エネルギー等供給手段	平常時の運用		災害時の運用			
		昼間	夜間	昼間	夜間	夏季オプション	冬季オプション
市営住宅 (新設を想定、坂本中学校に隣接)	市営住宅の屋根置き PV(61.6kW)	○		(各住宅で利用)			
	木質バイオマスガス化ガスエンジンコージェネレーション(10kW×1台)	○ (30%負荷で全日運転)	○	(○) (30%負荷で発災後3日間24h運転)	○ (同左)		
	系統電力	○	○				
中津川市立坂本中学校(指定避難所)	校内の屋根置き PV(100kW)	○		○			
	スポットクーラー(1kW×2台)※					(○)	

※ 冷熱を供給するが、電力需給の視点では消費機器

### (2) 平常時のエネルギーシステム運用想定

中津川市立坂本中学校のプールとテニスコートがある場所に、木質バイオマスガス化ガスエンジンコージェネレーション、市営住宅(新設)屋根の PV、水電解水素製造施設と燃料電池からなるシステム導入を想定した。同コージェネの電力と熱に加え、市営住宅屋根の PV を市営住宅と水電解水素製造施設で活用し、水素を季節間貯蔵しておき、地域の予備電源として酷暑・厳冬期等適時に燃料電池から送電する設定とした。

(2-1) 市営住宅(新設)の建物条件とエネルギー需要: 中津川市立坂本中学校は、都市計画区域外であるため、建築規制は隣接の無指定エリア(容積率 200%、建蔽率 70%)に準じて設定した。住宅用地を坂本中学校テニスコートと仮定すると、地図上の概略測定によれば、敷地面積は  $55\text{m} \times 60\text{m} = 3,300\text{m}^2$ 、建築面積は  $3,300 \times 0.7 = 2,310\text{m}^2$ 。市営住宅を集合住宅 3LDK(各戸占有面積  $77.5\text{m}^2$ 、庭・駐車場  $22.5\text{m}^2$ )とすると、20戸相当(総床面積  $1,550\text{m}^2$ )の規模となる。契約アンペア数 50[A/戸](概ね 5[kW/戸]に相当)とすると、最大電力ピークは 100kW となり、フェーズ II 研究当時の推計モデル(集合住宅)に当てはめると、年間電力負荷 58.3[MWh/年]、年間給湯負荷 59.2[MWh/年]となる。

(2-2) 木質バイオマスガス化ガスエンジンコージェネの仕様と運転パターン: 木質チップをガス化して燃料とするガスエンジンコージェネレーションとしては、定格発電出力 40kW、排熱



回収量 100kW、乾燥木質チップ消費量 912[kg/日]、最低負荷率 30%の機種が存在する<sup>71</sup>。同機種では、最低負荷率での運転でも大半の排熱が余剰となるため、改めて同機種の 1/4 の出力（定格発電出力 10kW、排熱回収量 25kW）の機種を想定した（以下「木質 10kW コージェネ」）。

フェーズⅡ研究当時の推計モデル（集合住宅）に当てはめると、住戸の 1 日当たり給湯負荷は、20 戸で最大 362[kWh/(日・戸)]。木質 10kW コージェネ 1 台を、約 14.5[h/日]定格運転した際の排熱量（25[kW]×14.5[h]=362.5[kWh]）に相当する。しかし、同コージェネへ木質ガスを供給するガス化炉について、実際には毎日の起動・停止は望ましくないため、平常時は、最低負荷率（3kW）による連続運転を基本とした（同コージェネの年間発電量は 3[kW]×7,800[h/年]=23,400[kWh/年]、排熱回収量は 7.5[kW]×7,800[h/年]=58,500[kWh/年]と想定した）。

(2-3) 市営住宅（新設）の屋根置き PV パネル： 市営住宅の建築面積 2,310m<sup>2</sup> の 40%に PV パネルを設置するとして、発電容量は 2,310[m<sup>2</sup>]/15[m<sup>2</sup>/kW]×0.4=61.6[kW]。PV 容量 1kW あたりの年間発電量は約 1,000[kWh/年]（2.7[kWh/日]）なので、市営住宅全体の PV 発電量は、61,600[kWh/年]を見込む。

(2-4) 市営住宅（新設）のエネルギー需給および水素製造・発電能力の想定： フェーズⅡ研究当時の推計モデル（集合住宅）に当てはめると、住戸の時間当たり最大電力負荷原単位は 9.2[W/m<sup>2</sup>]なので、市営住宅全体の電力負荷は最大 9.2[W/m<sup>2</sup>]×77.5[m<sup>2</sup>/戸]×20[戸]/1,000=14.3[kW]。前記（2-3）の PV から電力負荷を差し引いた余剰電力で水素製造する設定とした。

市営住宅全体の年間電力消費量は 58.3[MWh/年]。木質 10kW コージェネを 30%負荷で 7,800[h/年]運転するとして、

$$\begin{aligned} \text{余剰電力[kWh/年]} &= (\text{木質 10kW コージェネの年間発電量} + \text{市営住宅屋根 PV の年間発電量}) \\ &\quad - (\text{市営住宅全体の年間電力需要}) \\ &= (3 \times 7,800 + 61,600) - 58,300 = 26,700[\text{kWh/年}] \end{aligned}$$

5kWh で 1Nm<sup>3</sup> の水素を製造するものとするとして、

$$\text{水素製造量} = 26,700[\text{kWh/年}] / 5[\text{kWh/ Nm}^3] = 5,340[\text{Nm}^3/\text{年}]$$

純水素型燃料電池（5kW）の高位発熱量ベース発電効率 47.3%、熱回収効率 32.9%（3.48kW）。

1 台あたりの水素消費量は 50[NL/min]（3[Nm<sup>3</sup>/h]）。5,340[Nm<sup>3</sup>/年]の水素で純水素型燃料電池を運転した場合、

$$5,340 / 3 \times 5 = 8,900[\text{kWh}] \text{ の電力と } 8,900 / 47.3 \times 32.9 = 6,190[\text{kWh}] \text{ の熱供給が可能である。}$$

(3) 災害時のエネルギーシステム運用想定

(3-1) エネルギー需要の想定： 指定避難所である中津川市立坂本中学校体育館を収容施設とした。体育館床面積が 1,102m<sup>2</sup> で、Ⅱ-1-4「共通の条件設定」に示すモデル条件（1,200m<sup>2</sup>）に近いので、「共通の条件設定」に示す電力需要（夏期負荷 6.9[kW]、夏期消費量 42.4[kWh/日]）をそのまま採用した。

<sup>71</sup> 木質チップを燃料とするガスエンジンコージェネレーション（Volter40）  
[https://forestenergy.jp/wp-content/uploads/2019/03/Volter\\_1Page\\_201902.pdf](https://forestenergy.jp/wp-content/uploads/2019/03/Volter_1Page_201902.pdf)  
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/attach/pdf/joho-12.pdf>



(3-2) 収容可能人数の想定： 体育館床面積 1,102[m<sup>2</sup>]×0.7/2[m<sup>2</sup>/名]=385[名]

(3-3) エネルギー供給手段と運用案：

(坂本中学校設置分の PV)

地図上の簡易計測によれば、坂本中学校の建築面積は校舎(1,900) + 体育館(1,102) = 3,002m<sup>2</sup>。この 1/2 (1,501m<sup>2</sup>) に PV パネルを設置する場合、発電容量は 100kW、晴天日発電量 270[kWh/日]を見込む。

(市営住宅（新設）の木質バイオマスガス化ガスエンジンコージェネレーション)

木質 10kW コージェネから指定避難所である坂本中学校体育館向けに非常用の自営線を設け、発災時には同コージェネから電力供給する設定とした。発電容量 10kW、排熱回収量 25kW。

(運用案)

発災から 3 日間、市営住宅（新設）の木質 10kW コージェネを定格で連続運転し、非常用自営線を通じて坂本中学校へ優先給電する設定とした。昼間時間帯は坂本中学校設置分の PV が利用でき、特に晴天日・曇天日の 8 時～16 時の電力需要は、同 PV だけで充足できると見込まれるため、同コージェネからの給電が不要となる可能性もある。

(補足)

- ・平常時において木質 10kW コージェネの運転負荷率を 30%としたが、坂本中学校等周辺の公共施設へ温水配管を常設し、熱需要に応じて給湯できるようにしておく、平常時の運転負荷率を引き上げられるほか、発災時においても仮設浴場の給湯等に活用可能となる。
- ・市営住宅（新設）の最大電力負荷試算値 14.3kW に対して同住宅の屋根置き PV は 61.6kW。坂本中学校の負荷 6.9kW に対して同中学校設置分の PV は 100kW なので、晴天日・曇天日の場合、木質 10kW コージェネは、夕刻起動～翌朝停止として燃料節約できる可能性がある。逆に雨天日の場合は、必要に応じて定格出力（10kW）での供給が必要となる可能性がある。
- ・市営住宅（新設）では、平常時に余剰電力を用いて水素を製造・備蓄し、地域の予備電源として酷暑・厳冬期等に燃料電池で発電して地域に供給力を提供することを想定している。発災時は市営住宅（新設）の PV と坂本中学校設置 PV の余剰出力が見込まれるため、水素製造継続の可能性も勘案した上で、備蓄水素の活用方法について平常時から検討しておく必要がある。

## II-2-3. 磐田市旧市民文化会館跡地

(1) エネルギー供給設備の構成と運用総括表

施設名称	エネルギー等供給手段	平常時の運用		災害時の運用			
		昼間	夜間	昼間	夜間	夏季 オプション	冬季 オプション
磐田市旧市民文化会館跡地（指定避難所と想定）	宿泊研修施設の屋根置き PV(34.6kW)	○		○			
	地中熱ヒートポンプ (8.8kW×1 台)※	○	○	○	○		
	系統電力	○	○				
	定置用蓄電池(70kWh)		○		○		
	防災用・保安用共用非常用発電設備(400kW×1 台)			○	○		

※ 温熱を供給するが、電力需給の視点では消費機器

## (2) 平常時のエネルギーシステム運用想定

検討対象を、高い地下水位が見込まれる磐田市旧市民文化会館跡地（同市二之宮東）と仮定し、残置された地中杭のうち、破損・劣化が少なく継続使用に耐えるものに、クローズドループ方式の熱交換チューブを挿入して、地中熱ヒートポンプを運用することを想定した。また、ヒートポンプの動力として昼間の PV 電力を優先活用することと、周年の稼動を念頭に、ヒートポンプの用途は給湯用とした。（以下、地中熱ヒートポンプによる熱出力（43.8[kW]（消費電力 8.8[kW]））の推計方法と年間熱利用量（306.6[MWh/年]）は、本研究報告書の参考Ⅱ「再生可能エネルギー導入潜在量の推計方法」の「Ⅱ-6. 地中熱利用」のとおりとする。）

磐田市旧市民文化会館跡地の用途については同市にて検討中であるため、本研究では、「第二種住居地域に立地可能」で「都市計画マスタープラン等の方針と整合」すると思われるもののうち、給湯需要の大きな「宿泊可能な教育研修施設」を設定し、同施設が指定避難所になるものと想定した。

(2-1) 建物条件とエネルギー需要： フェーズⅡ研究当時の推計モデル（ホテル）では、床面積あたりの年間給湯負荷原単位は 93[kWh/m<sup>2</sup>]である。地中熱の年間潜在エネルギー量 306,600[kWh/年]で給湯需要を賄える延床面積は、 $306,600/93=3,297$ [m<sup>2</sup>]。ここで、各客室の床面積を 15[m<sup>2</sup>/室]、建物延床面積における客室面積を 50%とすると、延床面積 3,297[m<sup>2</sup>]は、 $3,297/[15/0.5]=110$ [室]相当の規模となる。全電化の施設として、フェーズⅡ研究当時の推計モデルに基づき、夏期最大負荷 405kW を想定した。

(2-2) 屋根置き PV パネル： 延床面積 3,297[m<sup>2</sup>]として、仮に 3 階建てとすると、建築面積は 1,099[m<sup>2</sup>]。この 1/2（549.5[m<sup>2</sup>]）に PV パネルを設置すると仮定して、発電容量は 34.6kW と設定した。

(2-3) 定置用蓄電池： 屋根置き PV の晴天日発電量 98.9[kWh/日]を、夜間や曇雨天時に活用することを勘案し、70kWh 程度の蓄電容量とした。

(2-4) 平常時におけるエネルギー需給の想定： PV の発電容量 34.6kW に対して夏期最大負荷 405kW（地中熱ヒートポンプの消費電力 8.8kW を含む）であるため、平常時は PV、定置用蓄電池と系統電力で需要に対応する設定とした。

## (3) 災害時のエネルギーシステム運用想定

(3-1) エネルギー需要の想定： 磐田市旧市民文化会館跡地の現状は更地となっている。前記(2)のとおり、同地で宿泊研修施設（110 室、想定延床面積 3,297m<sup>2</sup>）が立地し、指定避難所となることを想定した。電力消費量は平常時と同じとした。フェーズⅡ研究当時の推計モデルでは、ホテルにおける床面積あたりの年間エネルギー負荷原単位は、暖房が 93[kWh/m<sup>2</sup>]、冷房が 116.3[kWh/m<sup>2</sup>]、給湯が 93[kWh/m<sup>2</sup>]、その他電力が 200[kWh/m<sup>2</sup>]で、夏期最大電力負荷 405kW とした。電力需要原単位は、暖房 (COP=2.5) が 37.2[kWh/m<sup>2</sup>]、冷房 (COP=3.0) が 38.8[kWh/m<sup>2</sup>]、給湯（地中熱 COP=5.0）が 18.6[kWh/m<sup>2</sup>]、その他電力 (COP=1.0) が 200[kWh/m<sup>2</sup>]である。宿泊研修施設の電力需要は、想定延床面積 3,297m<sup>2</sup>として、 $(37.2+38.8+18.6+200) \times 3,297/365 = 2,661$ [kWh/日]となる。

(3-2) 収容可能人数の想定： 110[室]×2[名/室]=220[名]

(3-3) エネルギー供給手段と運用案：

(宿泊研修施設設置分の PV)

宿泊研修施設の想定延床面積を 3,297[m<sup>2</sup>]としたため、仮に 3 階建てとすると、建築面積は 1,099[m<sup>2</sup>]。この 1/2 (549.5[m<sup>2</sup>]) に PV パネルを設置する場合、発電容量は 34.6kW、晴天日発電量 98.9[kWh/日]と想定した。

(地中熱ヒートポンプ)

本研究報告書の参考Ⅱで、地中熱想定採熱量は 43.8kW と推計した。地中熱ヒートポンプの標準 COP を 5 とすると、43.8kW の採熱に必要な消費電力は 43.8/5=8.8kW、消費電力量は 211.2[kWh/日]。

(定置用蓄電池)

屋根置き PV の晴天日発電量 98.9[kWh/日]を勘案し、70kWh 程度の蓄電容量とした。

(防災用・保安用共用非常用発電設備)

電力需要 2,661[kWh/日]のうち、宿泊研修施設設置分の PV で供給可能なのは 98.9[kWh/日]で 2,562.1[kWh/日]が不足することから、防災用・保安用共用の非常用発電設備 (400kW 程度) の設置を想定した。

(運用案)

平時は同施設の PV と系統電力、災害時は同施設の PV と防災用・保安用共用の非常用発電設備を活用する設定とした。なお、同施設の PV による発電量 98.9[kWh/日]は地中熱ヒートポンプへ供給して、出来るだけ再生可能エネルギーで運転するものとした。

(補足)

- ・磐田市旧市民文化会館跡地 (16,769.39m<sup>2</sup>) に占める宿泊研修施設の想定建築面積 1,099m<sup>2</sup> は僅少であるため、例えば教育や文化交流といった非宿泊建物を併設して建物群全体の屋根面積を拡大することで、PV の発電容量追加も考えられる。
- ・上記試算は、宿泊研修施設が災害時も平常時と同じサービスを提供する設定としているが、サービスの簡略化等で節電が可能な場合、非常用発電設備の容量を縮小できる可能性がある。

Ⅱ-2-4. 磐田市総合体育館

(1) エネルギー供給設備の構成と運用総括表

施設名称	エネルギー等供給手段	平常時の運用		災害時の運用			
		昼間	夜間	昼間	夜間	夏季 オプション	冬季 オプション
磐田市総合体育館 (指定避難所)	施設内 PV(520kW)	○		○			
	見付変電所管内の住宅 屋根置き PV (4(kW/ 軒)×460 軒)	○		(各住宅で 利用)			
	水素ガスエンジン コージェネレーション (100kW×3 台)	○ (1 台を 8 時~20 時 運転)		○ (台数調整し つつ、発災 後 3 日間 24h 運転)	○ (同左)		
	系統電力	○	○				
	灯油ストーブ						(○)

## (2) 平常時のエネルギーシステム運用想定

市中心部の指定避難所である磐田市総合体育館（平成3年竣工）を、地域の再エネ集約活用と、災害時の電源供給の拠点と想定した。

指定避難所である磐田市総合体育館（以下「体育館」）の屋根に PV、水電解装置、水素ガスエンジンコージェネレーション（以下「水素コージェネ」）を設け、平時はその PV 電力と見付変電所管内を中心としたエリアで契約した屋根置き PV の余剰電力を主力として、体育館内へ電力供給するとともに水素を製造し、8～20 時に水素コージェネを運転して熱電併給を行う想定とした。また同コージェネは、晴天時は最低負荷で、日射量減少の場合に定格負荷で運転するものとした。

(2-1) 建物条件： 磐田市総合体育館のパネル貼付対象となる建築面積は、地図上の概略測定で 2,600m<sup>2</sup>。施設ガイドによれば、体育館内は大体育場 1,854m<sup>2</sup>、小体育場 668m<sup>2</sup>、武道場 671m<sup>2</sup>、トレーニング室 211m<sup>2</sup>、更衣室、シャワー室から構成され、床面積 4,000m<sup>2</sup>とした。また、建物高さ 3 階建て相当だが、採光のため壁面にガラスが多用されており、壁面へは PV パネルを貼付しないこととし、体育館全体では 520kW の出力とした。

(2-2) 時間別エネルギー需要： フェーズⅡ研究当時の推計モデルに当てはめ、スポーツ施設の電力需要原単位に床面積を乗じると、施設における年間エネルギー需要となる。次に、フェーズⅡ研究当時の推計モデルと同様に、各項目の年間エネルギー需要を月別需要率で按分して月間需要とし、さらに各月を夏期・冬期・中間期のいずれかに当てはめた上で、月間需要を各期代表日の時間別需要率で按分することで、毎時の項目別エネルギー需要を算出した。（熱源設備は、暖房はヒートポンプ（COP=4.0）と温水、冷房はターボ冷凍機（COP=6.5）と吸収冷凍機（COP=1.0）、給湯はヒートポンプ（COP=2.5）とした。）エネルギー需給推計によれば、夏期代表日の場合、最大電力負荷は 200kW、電力需要は 3,100[kWh/日]。

(2-3) 時間別 PV 発電量： 施設の昼間電力需要は、「施設内 PV 電力+見付変電所管内等住宅屋根置き PV 余剰電力」で賄い、なお不足する場合は系統電力から供給する設定とした。反対に、前記の PV 電力を施設へ供給して余剰が生じた場合は、水電解してコージェネ運転に必要な水素を製造する設定とした。

(施設内の PV 発電量)

建物の東西南北各面の屋根に PV パネルを貼付する設定とした。発電容量は 160+160+100+100=520[kW]。この PV 発電容量と 2016 年度の日射量実測値を用いて毎時の発電量を試算し、晴天日発電量 1,404[kWh/日]とした。

(見付変電所管内の住宅屋根置き PV 発電量)

戸建住宅の建築面積を 150[m<sup>2</sup>/軒]とし、その 40%に PV パネルを設置するとして、150[m<sup>2</sup>/軒]／15[m<sup>2</sup>/kW]×0.4=4[kW/軒]。4[kW/軒]と 2016 年度の日射量実測値を用いて、1 軒当たりの毎時の発電量を試算した。

他方で、フェーズⅡ研究当時の推計モデルにおける住宅のエネルギー需要原単位から、磐田市総合体育館の場合と同様に毎時の項目別エネルギー需要を算出し、「(毎時の PV 発電量) - (毎時のエネルギー需要)」で、「毎時の住宅屋根置き PV 余剰電力」を推計した。また、300kW の水素コージェネを 8 時～20 時の 12 時間運転するのに必要な水素を製造するためには、磐田市総合体育館内の PV 余剰電力に加え、見付変電所管内住宅 460 軒分の PV 余剰電力調達が必要



と推計された。

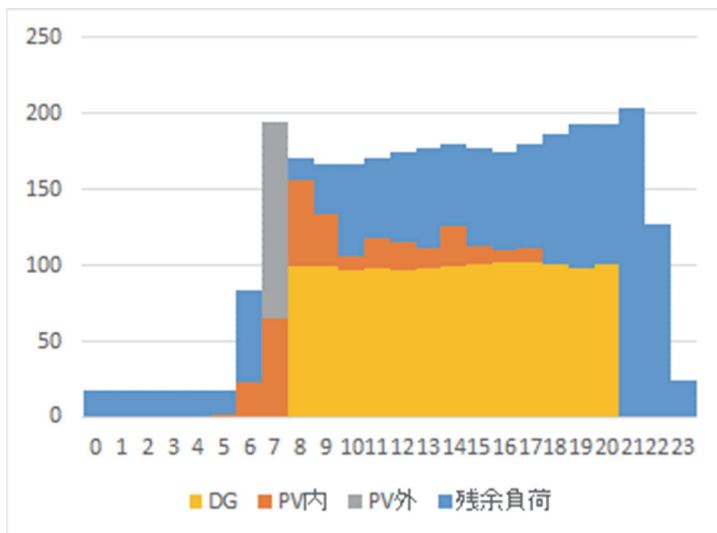
(2-4) 時間別水素製造量： 水の電気分解で水素製造する場合、水素への転換効率は60%とされている。このため、前記の余剰電力（「施設内 PV 電力」＋「見付変電所管内等住宅 PV 余剰電力」－「施設内電力需要」）の60%に相当する水素が製造されるものと想定した。

(2-5) 水素ガスエンジンコージェネレーションの仕様と運転条件： 水素コージェネは、発電出力100kW、高位発熱量ベース発電効率35%、熱回収効率50%、最低負荷率30%の機種が3台と想定した。1日の運転時間帯は8時～20時としたが、この12時間は、基本的には1台で運転し、2016年度の日射量実測値に基づいて、曇雨天等で施設内と地域のPV出力が低下して系統からの買電が見込まれる場合には、3台運転する制御とした。同コージェネの排熱は、暖房時の温水、冷房時の吸収冷凍機熱源として、空調負荷の一部を担うものとした。

(2-6) エネルギー需給推計と水素の年間備蓄バランスの推計： 磐田市総合体育館の中間期代表日のエネルギー需給推計結果を付図Ⅱ-3に、水素の年間備蓄バランス推計結果を付図Ⅱ-4に示す。電力の供給力は、「水素コージェネ電力」、「施設内 PV 電力」、「見付変電所管内等住宅 PV 余剰電力」、「系統電力」、電力需要は暖房・冷房・給湯・その他照明等のほか水電解用となる。

水素コージェネは1年を通じて運転され、施設の年間電力需要の約38%を賄う。

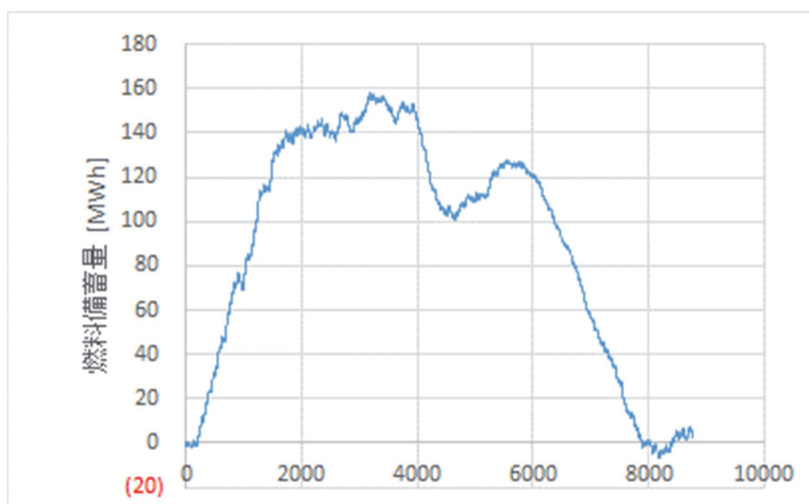
水電解水素製造設備と水素コージェネは並行運転され、水素コージェネが消費した余剰分の水素が貯蔵される設定とした。水素の貯蔵量は、日射量が多く、空調電力需要が少ない春季に増加し、夏季の空調、秋季の台風、冬季の日射減少等で徐々に減少していくサイクルとなった。付図Ⅱ-4の水素貯蔵量最大値約160[MWh]は、 $160,000[\text{kWh}] / (12.8[\text{MJ}/\text{Nm}^3] / 3.6[\text{MJ}/\text{kWh}]) = 45,000[\text{Nm}^3]$ に相当する。相当な量となるため、水素吸蔵合金等、保安確保とスペース最小化を両立できる貯蔵方法の検討が別途必要となる。



【凡例】  
DG： 水素コージェネ発電分  
PV内： 施設内 PV 発電分  
PV外： 見付変電所管内等住宅 PV 余剰電力  
残余負荷： 系統電力  
グラフ縦軸の単位： kW  
グラフ横軸の単位： 時間

付図Ⅱ-3 一部の熱負荷をコージェネ排熱で賄う場合の電力供給推計例（中間期）





【凡例】  
 グラフ横軸の単位： 時間

付図Ⅱ-4 水素の年間備蓄バランス推計結果

(3) 災害時のエネルギーシステム運用想定

(3-1) エネルギー需要の想定： 指定避難所である磐田市総合体育館を収容施設とし、既設の空調・照明設備の出力や数量を絞り込んで使用するものと想定した。電力消費量は平常時と同じとして、夏期代表日の場合、最大電力負荷は 200kW、電力需要は 3,100[kWh/日]。

(3-2) 収容可能人数の想定： 有効床面積 4,000[m<sup>2</sup>]×0.7/2[m<sup>2</sup>/名]=1,400[名]

(3-3) エネルギー供給手段と運用案：

(磐田市総合体育館設置分の PV)

「(2) 平常時のエネルギーシステム運用想定」での設定から PV パネル発電容量は 520kW とし、晴天日発電量 1,404[kWh/日]とした。

(水素ガスエンジンコージェネレーション)

水素コージェネは、定格発電出力 100kW、発電効率 35%、熱回収効率 50%、最低負荷率 30% の機種が 3 台設置されるものとした。

(運用案)

発災時は、磐田市総合体育館設置分の PV や水素コージェネの電力を活用するものとした。水素コージェネ 3 台は発災から 3 日間、負荷に応じて負荷率や運転台数を制御しつつ連続運転し、電力と熱を供給する。昼間時間帯は同体育館設置分の PV が利用でき、特に晴天日・曇天日の 8 時～16 時の電力需要は、同 PV だけで充足できると見込まれるため、同コージェネからの給電が不要となる可能性もある。冬期の暖房は、灯油ストーブを別途備蓄し、必要に応じて使用する。給湯（入浴）は平常時と同様、同コージェネの排熱を熱源とする。

(補足)

・災害時の電力・熱供給を目的に水素コージェネを 2 稼働 (200kW) させて 15[h/日]×3[日]=45[h] 運転するためには、 $200 \times 45 / 0.35 = 25,714$ [kWh] (水素換算で 25,714[kWh] / (12.8[MJ/Nm<sup>3</sup>] / 3.6[MJ/kWh])) = 7,232[Nm<sup>3</sup>]の水素を、最低備蓄量として維持する必要がある。

## II-2-5. 長久手市役所（西庁舎）

### (1) エネルギー供給設備の構成と運用総括表

施設名称	エネルギー等供給手段	平常時の運用		災害時の運用			
		昼間	夜間	昼間	夜間	夏季 オプション	冬季 オプション
長久手市役所（西庁舎）（指定避難所）	市役所施設群の屋根置きPV(85kW)	○		○			
	天然ガスエンジンコージェネレーション(35kW×1台) ※	○ (8時～18時 運転、但し負 荷に応じて運 転/停止)		○ (系統電力 復旧まで 24h 運転)	○ (同左)		
	廃熱投入ガス吸収冷温水機(211kW×1台)	○	○	○	○		
	系統電力	○	○				
	防災用・保安用共用非常用発電設備(200kW×1台)			(○)			

※ 発災後も中圧管による都市ガス供給が継続することを想定

### (2) 平常時のエネルギーシステム運用想定

長久手市役所敷地内施設群全体で、再エネを含めたエネルギーシステムを最適化するとともに、災害時のエネルギー供給の自立化を図る。

長久手市役所敷地内施設群（市庁舎、シルバー人材センター、保健センター 以下「施設群」）において、施設群の屋根置きPV、天然ガスエンジンコージェネレーション（以下「天然ガスコージェネ」）と排熱投入ガス吸収冷温水機を導入し、系統電力と組み合わせた運用を想定した。市街化が進んだ長久手市では、PV等再生可能エネルギーの余剰電力が発生しにくいと見られるため、防災対応も視野に入れた電源多重化を図るべく、市役所まで中圧で供給されている天然ガスも活用する設定とした。

(2-1) 長久手市役所敷地内施設群の建物条件とエネルギー需要： 長久手市固定資産一覧表より、空調対象となる可能性のある建物の延床面積を以下のとおり確認し、エネルギー消費原単位を乗じて、エネルギー需要を推計した。

①市庁舎およびシルバー人材センター： 延床面積は 7,949m<sup>2</sup>。フェーズII研究当時の推計モデル(事務所)に当てはめると、電力消費原単位は 156[kWh/m<sup>2</sup>・年]、熱消費原単位は 120[kWh/m<sup>2</sup>・年]。また、官庁施設であることから、エネルギー需要は主に開庁日に発生するものと想定した。以上を勘案して、年間電力消費量は 832,415.3[kWh/年]、年間熱消費量は 153,969.4[kWh/年] と推計した。

②保健センター： 延床面積は 1,681m<sup>2</sup>。フェーズII研究当時の推計モデル(病院・介護)に当てはめると、電力消費原単位 170[kWh/m<sup>2</sup>・年]／熱消費原単位 272[kWh/m<sup>2</sup>・年]。①と同様に、開庁日にエネルギー需要が発生するものと想定した。以上を勘案して、年間電力消費量は 191,554.7[kWh/年]、年間熱消費量は 96,482.8[kWh/年]と推計した。

③施設群全体： 施設群全体(①+②)では電力需要 1,023,970[kWh/年]、熱需要 250,452.2[kWh/

年]。熱需要ピークは8月の15時204kW（夜間は13kW程度）。14時に電力需要もピークとなり、366kW。昼間需要の最小値は、熱需要が10月の29kW、電力需要が1月の265kW。

(2-2) PV発電量: 地図上の概略測定によれば、市庁舎の屋根面積は2,900m<sup>2</sup>、保健センターの屋根面積は約280m<sup>2</sup>。建築面積の40%にPVパネルを設置するとして、発電容量は3,180[m<sup>2</sup>/15[m<sup>2</sup>/kW]×0.4=85[kW]。PV容量1kWあたりの年間発電量は約1,000[kWh](2.7[kWh/日])なので、施設群全体のPV発電量は、85,000[kWh/年]と推計した。

(2-3) 天然ガスエンジンコージェネレーションの仕様と運転条件: 天然ガスコージェネは、発電出力35kW×1台、高位発熱量ベース発電効率30.2%、熱回収効率48.2%、最低負荷率30%の機種を想定した<sup>72</sup>。1日の運転時間帯は8時～18時としたが、常時定格運転するのではなく、熱需要に応じて運転/停止等を制御する設定とした。また、天然ガスコージェネの排熱を主熱源とする廃熱投入ガス吸収冷温水機(211kW×1台)<sup>73</sup>と組み合わせ、空調負荷の一部を担うこととした(同吸収冷温水機は負荷率20～44%の範囲では、コージェネの排熱のみで稼働が可能)。

(2-4) エネルギー需給の想定: PVの主要な発電時間帯である8時～17時の間は、PV(85kW)と天然ガスコージェネ(35kW)を併せた容量(120kW)以上の電力需要があるため、両者を同時に定格運転することは可能である。また、廃熱投入ガス吸収冷温水機は、熱源が天然ガスコージェネ排熱のみの場合は42kW、天然ガスによる追い焚きで211kWまで出力変動できるため、夏期・冬期の空調需要の大半に対応できる。ただし、4月・5月・10月・11月は、熱需要が著しく少ないため、晴天の日は天然ガスコージェネおよび廃熱投入ガス吸収冷温水機を運転しない選択肢が考えられる。

PV出力低下が見込まれる18時～20時は、空調需要も減少する傾向が見られるため、廃熱投入ガス吸収冷温水機を停止するとともに、天然ガスコージェネは停止するか、なるべく余剰排熱が生じないように留意しつつ、定格の50%等、発電出力を下げた運転する方法が考えられる。

(例) PVの年間発電量は85,000[kWh/年]。天然ガスコージェネは12～3月と6～9月の月曜日～金曜日に、8時～17時まで運転するとした場合、年間発電量57,750[kWh/年]、熱供給量69,300[kWh/年]となる。長久手市役所施設群内で生産・供給できるエネルギー量は、電力需要の $((85,000+57,750) / 1,023,970 = 13.9\%)$ 、熱需要の $(69,300 / 250,452.2 = 27.7\%)$ に相当する。

### (3) 災害時のエネルギーシステム運用想定

(3-1) エネルギー需要の想定: 指定避難所である長久手市役所西庁舎(延床面積2,070m<sup>2</sup>、公民館、子育て支援センターを含む)を収容施設とし、電力需要を想定した。長久手市役所敷地内施設群のうち、庁舎とシルバー人材センター(延床面積7,949m<sup>2</sup>)の1日あたりエネルギー消費量試算値が最大となったのは8月で、電力消費量は3,960.1[kWh/日]、熱消費量は1,473.5[kWh/日]であった。また8月代表日の電力需要ピークは309.7kW(14時)、熱需要ピークは140.6kW(8時)であった。このうち西庁舎分を按分すると、電力消費量は1,031.2[kWh/

<sup>72</sup> 天然ガスエンジンコージェネレーション (CP35D2Z-TNJG(W)(ヤンマーエネルギーシステム(株))) [https://www.yanmar.com/jp/energy/normal\\_generator/cp/products/cp\\_series/#anc05](https://www.yanmar.com/jp/energy/normal_generator/cp/products/cp_series/#anc05)

<sup>73</sup> 廃熱投入ガス吸収冷温水機 (HAU-BGN 60EXKAJO(日立ジョンソンコントロールズ空調(株))) <https://industrial.hitachiaircon.com/jp/chiller/waste-heat/genelink-mini>

日)、熱消費量は 383.7[kWh/日]、8 月代表日の電力需要ピークは 80.6kW、熱需要ピークは 36.6kW となった。

なお、長久手市役所は災害時にも同市の行政機能の中心として、業務継続が必須となる。そのため、長久手市役所敷地内のエネルギー供給手段は、市役所と避難所（西庁舎）で分け合って使用する必要があることにも留意が必要である。長久手市役所敷地内施設群全体では、1 日あたりエネルギー消費量試算値が最大となったのは 8 月で、電力消費量は 4,891.2[kWh/日]、熱消費量は 2,244.4[kWh/日]であった。また 8 月代表日の電力需要ピークは 366.1kW（14 時）、熱需要ピークは 204.1kW（15 時）となった。

(3-2) 収容可能人数の想定： 西庁舎延床面積 2,070[m<sup>2</sup>]×0.7/2[m<sup>2</sup>/名]=724[名]

(3-3) エネルギー供給手段と運用案：

(長久手市役所敷地内施設群設置分の屋根置き PV)

発電容量は 85kW、晴天日発電量 229.5kWh/日を見込む。

(天然ガスエンジンコージェネレーション)

長久手市役所へは中圧の都市ガスが供給されているため、災害時も供給継続するものと想定し、自立運転可能な電源として、天然ガスコージェネ（35kW×1 台、発電効率 30.2%、熱回収効率 48.2%）を設定した。

(廃熱投入ガス吸収冷温水機)

天然ガスの供給が継続することを前提に、211kW×1 台を空調需要に応じて運転する設定とした。（負荷率 20～44%の範囲では、天然ガスコージェネの排熱のみで稼働が可能。）

(防災用・保安用共用非常用発電設備)

長久手市役所敷地内施設群全体の電力需要ピーク 366.1kW、熱需要ピーク 204.1kW に対して、前項（2）より電力供給力は最大で 85+35=120kW、熱（空調）供給力は 211kW。熱需要は概ね充足するとして、電力の供給力は著しく不足することから、防災用・保安用共用の非常用発電設備（200kW）の設置を想定した。

(運用案)

平時は同施設の PV と天然ガスコージェネと系統電力、災害時は同施設の PV と天然ガスコージェネと防災用・保安用共用の非常用発電設備を活用する設定とした。

(補足)

・災害時に、非常用発電設備から一般負荷へ供給する場合は、非常用発電設備が担当する負荷と、PV と天然ガスコージェネで供給継続する電力負荷を予め決めておく必要がある。

## II-2-6. 長久手中央 2 号公園

(1) エネルギー供給設備の構成と運用総括表

施設名称	エネルギー等供給手段	平常時の運用		災害時の運用			
		昼間	夜間	昼間	夜間	夏季 オプション	冬季 オプション
長久手中央 2 号公園(指定緊急避難場所)	長久手市大久手地内の調整池設置分の浮体式 PV(179.2kW)	(電力系統へ送電)		○			
	系統電力	○	○				
	定置用蓄電池(10kWh)	(災害に備えて蓄電)	(同左)		○		

(2) 平常時のエネルギーシステム運用想定

リニモテラス公益施設（建築面積：399.14）は、指定緊急避難場所である長久手中央 2 号公園に隣接した市民交流拠点である。本研究では、平常時に同施設へ設置・運用する PV 等の自立電源は想定しなかった。

他方で、リニモテラス公益施設から北へ約 400m の長久手市大久手地内の調整池(5,377.15m<sup>2</sup>)では、浮体式 PV を設置して、平常時の発電分は系統へ売電するものと想定した。発電容量は 179.2kW、晴天日発電量は 483.9[kWh/日]、潜在年間発電量は 89.6[MWh/年]とした。

(3) 災害時のエネルギーシステム運用想定

(3-1) エネルギー需要の想定： 指定緊急避難場所である長久手中央 2 号公園を一時集合場所とし、隣接のリニモテラス公益施設で防災事務局が使用する、II-1-4「共通の条件設定」に示す電力需要（負荷約 2.2kW、消費電力量約 13kWh/日）を想定した。（指定緊急避難場所では、通信・安否確認・避難所への送り出し・応急救護・物資配給・情報提供等を実施するが、宿泊は想定しない。）

(3-2) 収容可能人数の想定： 避難所ではないため、宿泊者収容を想定しない。

(3-3) エネルギー供給手段と運用案：

(長久手市大久手地内の調整池設置分の浮体式 PV)

長久手市大久手地内の調整池への導入を想定した浮体式 PV（発電容量は 179.2kW、晴天日発電量は 483.9[kWh/日]）の電力を、発災時に南方のリニモテラス公益施設へ自営線で供給する設定とした。

(リニモテラス公益施設へ導入する定置用蓄電池)

災害時は上記の浮体式 PV からの電力を終日利用可能とするため、10kWh 程度の定置用蓄電池導入を想定した。

(運用案)

リニモテラス公益施設を防災事務局の拠点として使用することを仮定し、隣接する指定緊急避難場所（長久手中央 2 号公園）へ集合した避難者へ対応することを想定した。事務局が使用する電力は、上記の浮体式 PV と定置用蓄電池で賄うこととした。

(補足)

・リニモテラス公益施設の電力需要に対して、上記の浮体式 PV の供給力が過大であるため、例えばリニモテラス公益施設に隣接するイオンモール長久手あるいは愛知高速交通(株)(リニモ)長久手古戦場駅舎と、災害時の浮体式 PV 電力の共同利用について検討することも考えられる。

以上





## おわりに

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、2023年2月の「GX実現に向けた基本方針」では、化石燃料から太陽光発電などのクリーンエネルギー中心へと転換しつつ、エネルギー安定供給と脱炭素分野で新たな需要・市場を創出し、日本経済の産業競争力強化・経済成長につなげていくことが示された。FITによって太陽光発電等の導入コストは年々低下しているものの、更なる導入拡大のためには、コスト低下だけでなく、強化が必要な送配電線も含めた景観への配慮など、地域住民・社会の受容性を考慮した取り組みが必要である。

そのような議論に資するため、2018～19年度に実施した「地域におけるエネルギーシステムの最適化に関する調査研究」では、様々なステークホルダーが共通の情報の基づきそれぞれの立場で次世代の地域エネルギー需給のあり方を考えるための「地域エネルギー需給評価プラットフォーム」を構築した。さらに、2020～21年度には、同調査研究のフェーズIIとして、2050年カーボンニュートラルに向けて全国300GWの太陽光発電の導入を想定し、その実現において土地利用制約の観点で公平な各市町村の導入量を計算した。今回、同調査研究のフェーズIIIとして、市街化率が異なる三自治体を対象とし、供給側に関して小水力発電やバイオマス燃料の供給可能性、需要側に関して電気自動車等の普及による電力需要の変化や産業部門・運輸部門における燃料需要などを考慮し、より実態に即した検討を行った。また、同じ市域内でも再エネ導入ポテンシャルが異なることを考慮して配電エリアごとに需給バランスを計算するとともに、その改善のための方策について検討した。

これらの検討を通じて、日本として「GX実現」と言っても、そのあり方は地域によって異なることを再認識した次第である。稚拙な例えではあるが、再エネ発電の有効活用のために民生部門や運輸部門ではエネルギー需要の電力シフトが期待されているが、中山間地のように再エネ発電が豊富な地域では昼間の電力需要だけでは消費しきれないので蓄電池導入の有用性が高いと考えられる。一方で、市街化率が高い地域では過度に電力シフトすると他の自治体からの再エネ電力供給のための配電インフラの強化が重要である。また、エネルギー需要が大きいものの再エネ導入ポテンシャルが相対的に小さい地域の導入を促進するためには、優遇された支援が必要かもしれない。地域ごとに異なる支援は国全体としては合理的な対策ではあるが、一方で地域住民間の公正性を損なう恐れがある。そのような中で様々な情報を提供し、調整を行う自治体の役割が重要になるであろう。本研究成果は、地域に適したGXに向けて、地域住民や自治体が自らの問題として取り組むきっかけとしてお役に立てれば幸いである。そのためにも、本研究内容のブラッシュアップが重要であり、本報告書の内容に対して、様々な忌憚のないご意見・アドバイスをいただければ幸いである。

最後に、検討対象とさせていただいた中津川市、磐田市、長久手市の皆様には、各自自治体の現状・将来像を反映した検討に有用な様々なご助言をいただいた。この場をお借りして感謝申し上げます。また、本報告書の作成に当たり、本研究会の活動において様々な有益なご助言・サポートをいただいた研究会メンバー各位、公益財団法人中部社会経済研究所に感謝申し上げます。

名古屋大学未来材料・システム研究所システム創成部門 教授  
中部マイクログリッド研究会 座長  
加藤 丈佳

「中部地域の自治体における地産地消のエネルギーシステム導入効果に関する調査研究」  
報告書

---

2024年4月

制作発行 公益財団法人 中部圏社会経済研究所  
(担当：企画調査部 服部学)  
〒460-0008 名古屋市中区栄四丁目14番2号 久屋パークビル3階  
TEL：(052) 212-7-8790 FAX：(052) 212-8782  
URL：https://www.criser.jp/

---

本調査研究報告書の著作権は、当財団に帰属します。  
無断で複写・転載する事をご遠慮ください。



公益財団法人

**中部圏社会経済研究所**

Chubu Region Institute for Social and Economic Research

〒460-0008

名古屋市中区栄四丁目14番2号 久屋パークビル3階

TEL:052-212-8790 FAX:052-212-8782

<https://www.criser.jp>