

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 ——



2022年 4月

公益財団法人 中部圏社会経済研究所

ー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〉ー

はじめに

当財団では、2018年度から2019年度にかけて、中部圏における再生可能エネルギーの大量導入の可能性などを検討するとともに、中部圏における2050年をターゲットにした将来のエネルギー需給モデル等について検討した「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（以下「フェーズⅠの研究」）」を実施した。

フェーズⅠの研究終了後も、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°Cに抑える必要がある」「平均気温上昇を1.5°Cに抑えるためには、二酸化炭素（CO₂）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、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°Cに抑える努力を追求することを決意する」ことが合意された。

他方で、2020年に発生した新型コロナウイルス感染症の流行により、エネルギー消費量は一時的に減少したものの、経済活動再開に伴って再拡大したほか、天然ガスの価格高騰等の要因により、電力需給ひっ迫が発生しており、エネルギー需給の不均衡は解決に至っていない。さらに、2022年2月にロシアによるウクライナ侵攻という事態も発生し、エネルギーの安全保障という側面が新たにクローズアップされた。

以上のとおり、直近の2年間で、脱炭素へ向けた国際的な流れが強化・具体化されたほか、エネルギーの安定供給に関する課題が顕在化しつつある。そのため、切り札としてさらに期待が高まる再生可能エネルギーの導入拡大を効果的に進めるためには、フェーズⅠの研究において構築した中部圏における2050年のエネルギー需給評価プラットフォーム（シミュレーションモデル、以下「プラットフォーム」）を精緻化していく必要がある。

こうした中で、フェーズⅠの研究に引き続き、2020年度から当財団内に再び「エネルギーシステム最適化検討研究会」を立ち上げ、2年間で5回の研究会を開催した。本報告書では、研究成果として、第一編で環境・エネルギーを取り巻く政策・社会経済動向と課題、最新のエネルギーシステム導入事例や先行研究について概観するとともに、第二編では、これらの調査結果を踏まえ、フェーズⅠの研究で構築したプラットフォームについて、産業部門や電気自動車等のエネルギー需給推計手法の精緻化を行ったほか、カーボンニュートラルを前提とした太陽光発電の大量導入可能性の検討、太陽光発電電力による水素等製造可能性の検討、さらに新たなプラットフォームを用いた、当地域の市区町村における2050年のエネルギー需給の推計を行った。

今回の調査研究成果が、中部圏の脱炭素社会の実現に向けて、産官学連携による地域毎の最適なエネルギーシステム構築の一助になることを期待している。

2022年4月

公益財団法人 中部圏社会経済研究所

「エネルギーシステム最適化検討研究会〈フェーズⅡ〉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 持続的共発展教育研究センター 特任准教授 杉山 範子

名古屋大学 未来材料・システム研究所 特任助教 今中 政輝

株式会社豊田中央研究所 社会システム研究領域 研究員*1 原 卓也

中部電力株式会社 事業創造本部エネルギーマネジメントユニット長 部長*1 肥田 光生

東邦ガス株式会社 CSR 環境部 マネジャー*1 浅井 広志(第1回～3回)

東邦ガス株式会社 CSR 環境部 マネジャー 山田 康志(第4回～5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 石橋 厚一
企画調査部 担当部長 服部 学

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 －

目 次

はじめに：

第一編： エネルギーを取り巻く情勢と課題 －2050年に向けた需給ビジョン－

第1章：エネルギー需給の現状と2050年に向けた課題	1
1-1. 温暖化に対する国内外の動向	1
1-1-1. 海外の動向	1
1-1-2. 国内の動向	4
1-2. わが国のエネルギー需給動向	6
1-3. わが国の温室効果ガスの排出状況	8
1-4. わが国のエネルギー政策動向と2050年に向けた課題	9
1-5. 2050年に向けた長期戦略と課題、将来展望	10
1-5-1. 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略：環境省」	11
1-5-2. 各分野の対策・施策の現状と将来展望	12
1-6. 2050年のエネルギー需給	14
第2章：最新の実証サイト、先行研究等の調査結果	17
2-1. システム開発に関する最新の取り組み	17
2-1-1. 地域資源を活用した自治体による熱電併給事業： 千葉県陸沢町、むつざわスマートウェルネスタウン株式会社、 株式会社CHIBAむつざわエナジー	17
2-1-2. 再エネ地産地消による域内循環創出・地域づくりイノベーション事業： 北海道石狩市	22
2-1-3. 清掃工場排ガスからの二酸化炭素分離回収・活用（CCU）事業： 佐賀県佐賀市	26
2-1-4. 地域バイオマスを活用したエネルギー地産地消事業： 愛知県半田市、株式会社ビオクラシックス半田	30
2-2. エネルギー需給評価プラットフォーム構築に関する先行研究	38
2-2-1. 地域の熱・電力エネルギー需要量の推定と全国データベース作成： 東北大学大学院工学研究科技術社会システム専攻中田研究室	38

第二編： 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

第1章：検討概要	45
第2章：地域エネルギー需給評価プラットフォームの精緻化	48
2-1. 計算手順の概要と見直しの全体像	48
2-2. 地域エネルギー需給評価プラットフォームの概要	48
2-2-1. 民生部門の電力・燃料需要の計算方法	48
2-2-2. 産業部門の電力・燃料需要の計算方法	50
2-2-3. EV充電需要の計算方法	51
2-2-4. 残余電力負荷の計算方法	52

2-3. 再エネ導入量・分布の見直し	53
2-4. 各部門における燃料需要から電力需要へのシフトの想定の見直し	54
2-5. 配電エリアの見直し	56
第3章：太陽光発電の導入 量配分手法	57
3-1. 検討概要	57
3-2. PVポテンシャル計算	58
3-2-1. 市区町村単位でのPV導入ポテンシャル	58
3-2-2. 代表市区町村における導入ポテンシャル	60
3-3. 市区町村への配分	68
3-3-1. 中部エリア全体での配分手法	68
3-3-2. 中部エリア全体での配分結果	69
3-3-3. フェーズIにおける導入量との比較	75
3-3-4. 代表市区町村での配分量	76
3-4. 配電エリアへの配分	77
3-4-1. 概要	77
3-4-2. 代表市区町村における導入配分検討	78
3-4-3. 中部エリア全体での配分結果	79
3-5. 3章のまとめ	85
第4章：市区町村における余剰電力によるCN燃料供給可能性の検討例	86
4-1. 計算対象	86
4-2. 現状の電力需要・燃料需要	86
4-3. 将来のPV発電電力量と電力需要・燃料需要	89
4-4. おわりに	96
第5章：各市区町村における電力需給の将来像に関する検討例	97
5-1. 検討内容	97
5-1-1. 電力需要	97
5-1-2. EV充電需要	99
5-1-3. 燃料需要	100
5-1-4. 太陽光発電の導入量	102
5-1-5. 太陽光発電の発電電力量	104
5-1-6. 将来の電力需要に対する余剰電力	106
5-1-7. 水素等CN燃料の製造ポテンシャル	108
5-2. まとめ	114
第6章：まとめ	115
6-1. 結論	115
6-2. 今後の課題	115
付録1：各市区町村のPV導入ポテンシャル、配分量、2019年6月時点での認定量	116

おわりに：

【第一編】

第一編 エネルギーを取り巻く情勢と課題－2050年に向けた需給ビジョン－

2020年4月に当財団が報告書を発行した「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」（以下、「フェーズⅠの研究」）で紹介したとおり、2018年10月に要約が公表された国連の気候変動に関する政府間パネル（以下、「IPCC」）の特別報告書（以下、「1.5℃特別報告書」）では、「人為的な活動による世界全体の平均気温の上昇が、現在の度合いで進行すれば、世界の平均気温は、2030～52年の間に産業革命前と比べて1.5℃上昇する可能性が高い」、「温暖化は、数百年から数千年にわたって持続し、これに起因する海面上昇などが長期的に続く」と指摘している。これを受けて、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（以下、「COP26」）では、パリ協定（2015年12月）における取り決めから一歩進んで、21世紀末の気温上昇を「1.5℃に抑える努力を追求することを決意する」こととなった。

そこで、本研究では、フェーズⅠの研究に続いて、2050年に向けた中部圏のエネルギー需給のあるべき姿と将来像を改めて描くために、国内外の環境・エネルギー政策やエネルギーの需給・CO₂の排出動向、持続可能な社会の実現に向けた課題や、脱炭素社会の実現を目指した政策・技術開発の事例などについて、直近の情報を整理した。

第1章：エネルギー需給の現状と2050年に向けた課題

1-1. 温暖化に対する国内外の動向

1-1-1. 海外の動向

2015年12月に締結されたパリ協定の目標は、「21世紀末までの平均気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃未満に抑制するとともに、1.5℃に抑える努力を追求する」というものであった。

しかしながら、本目標の達成に向けた各国の目標は不整合で、十分な内容とは言えなかった。また、異常高温やこれに伴う森林火災、多雨・暴風雨による水害、少雨やこれに伴う干ばつといった気候災害は高頻度化・激甚化しつつあり、現在に至っている。

このような中で、2018年10月にIPCCから、「1.5℃特別報告書」の政策決定者向け要約（SPM）が公表された。同報告書では、産業革命以前の世界の平均気温から1.5℃上昇した場合の影響と、そこに至る温室効果ガスの排出経路を把握し、その評価を行った。さらに、1.5℃上昇の場合と2℃上昇の場合では、生態系や人間システムへのリスクがどの程度異なるかにも着目して予測した結果、

「気温上昇を2℃ではなく1.5℃に抑えることで、気象・生態系・人間社会に対する気候関連リスクをある程度抑制可能である」（表1-1-1 参照）

とした。また、1.5℃上昇に抑える場合の試算によっては、

「（1.5℃上昇に抑えるためには、）CO₂排出量を2030年までに2010年比約45%削減、2050年前後には正味ゼロ（以下「カーボンニュートラル」）に達する必要がある」（図1-1-1 参照）

と示唆した。

表1-1-1 温暖化によって予測される影響の比較 1.5°C vs 2°C

(出典：環境省「1.5°C特別報告書」説明資料)

現象	1.5°Cの上昇で起きること	2°Cの上昇で起きること	1.5°C上昇と比較して2°C上昇では…
気象	<ul style="list-style-type: none"> ・中緯度域の極端に暑い日が約3°C昇温(H) ・高緯度域の極端に寒い夜が約4.5°C昇温(H) ・350.2±158.8百万人の都市人口が厳しい干ばつに曝される。(M) 	<ul style="list-style-type: none"> ・中緯度域の極端に暑い日が約4°C昇温(H) ・高緯度域の極端に寒い夜が約6°C昇温(H) ・410±213.5百万人の都市人口が厳しい干ばつに曝される。(M) 	<ul style="list-style-type: none"> ・高温継続期間、暑い日の頻度、強度 増大(H) ・低温継続期間、寒い夜の頻度、強度 減少(H) ・世界の陸域平均で大雨の強度/雨量 増大(M) ・極めてまれかつ最も極端な現象の頻度 特に増大(H) ・人が居住している地域での極端な高温 大きく増大(H) ・熱帯低気圧による大雨の頻度 増大(M) ・熱帯低気圧の数は減少、非常に強い低気圧は増加(L) ・地中海地域と南アフリカで強い乾燥傾向 増大(M) ・高緯度地域、山岳地域、東アジア、北米東部での大雨 特に増大(M)
陸の生態系	<ul style="list-style-type: none"> ・昆虫の6%、植物の8%、脊椎動物の4%が生息域の半分以上を失う(M) 	<ul style="list-style-type: none"> ・昆虫の18%、植物の16%、脊椎動物の8%が生息域の半分以上を失う(M) 	<ul style="list-style-type: none"> ・主要な生態系分類(biome)が変質するリスクに曝される面積がほぼ倍増(M)
人間の生活	<ul style="list-style-type: none"> ・年間漁獲量が約150万トン損失(M) ・世界のトウモロコシの作物生産が約10%減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・年間漁獲量が300万トンを超える損失(M) ・1.5°C未満よりもトウモロコシの作物生産が約15%大幅に減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・暑熱に関連する疾病及び死亡のリスク 増大(VH) ・一部の動物媒介性感染症によるリスク 増大(H)
河川洪水	<ul style="list-style-type: none"> ・1976～2005年を基準として、洪水の影響を受ける人口が、100%増加(M) 	<ul style="list-style-type: none"> ・1976～2005年を基準として、洪水の影響を受ける人口が、170%増加(M) 	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水ハザードの影響を受ける陸域の割合 増大(M) ・流出が著しく増大する陸域面積 増大(M)
海	<ul style="list-style-type: none"> ・サンゴ礁の70～90%が失われる(H) ・100年に1度、夏の北極海の海水が消失(M) 	<ul style="list-style-type: none"> ・サンゴ礁の99%以上が失われる(VH) ・10年に1度、夏の北極海の海水が消失(M) 	<ul style="list-style-type: none"> ・海水温度、海洋熱波の頻度 増大(H) ・大西洋子午面循環(AMOC) かなり弱化する可能性が非常に高い。 ・世界平均海面水位が0.1m 高い(M)

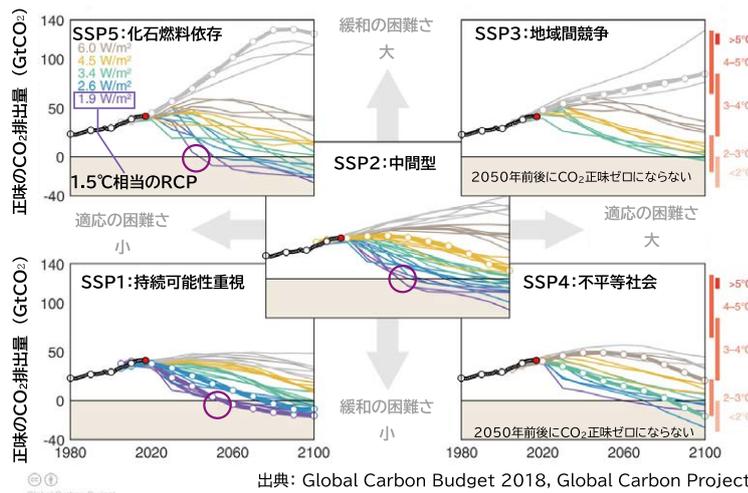
VH：確信度が非常に高い H：確信度が高い M：確信度が中程度 L：確信度が低い

出典:SR1.5 SPM B4.4, B5.1～B5.6, SR1.5 表3.2～表3.5, 表3.7

2050年前後に人為起源CO₂の正味排出ゼロが必須

66%の確率で地球温暖化を1.5°Cに抑える残余のカーボンバジェットは、GMSTに基づく570GtCO₂(2018年初頭時点)。人類は、現在1年あたり42±3GtCO₂を排出し、残余は毎年少なくなっている。今後、どのように排出を削減して気温を安定化するかはモデル化した排出経路を用いて検討することができる。

適応と緩和に向けた社会経済的課題が多様化してきているため、SR1.5では共通社会経済経路(SSP)と代表的濃度経路(RCP)を組み合わせて、1.5°Cの温暖化に整合する排出経路とシステムの移行を検討した。



様々なSSPとRCPの組合せで推定された将来の排出経路を、適応・緩和の困難さで整理した図。正味の排出量は土地利用変化とBECCSを含む。



共通社会経済経路(SSP):

社会経済的将来を記述しているシナリオで、適応と緩和における社会経済的課題の多様化に対応できるよう開発された。SSPベースの社会経済シナリオとRCPベースの放射強制レベル(温暖化抑制レベル)を想定した気候予測の組合せにより、気候影響と政策分析のための統合的なフレーム(社会経済、エネルギー、土地利用等)を提供している。

出典:SR1.5 Glossaryから編集

SSP1(持続可能性重視):

少ない人口。高い1人当り経済成長。高い人間開発。高い技術進歩。環境志向の技術・行動の変容。資源効率的な生活様式。低い1人当りエネルギー・食料需要、経済統合と国際協力。

SSP2(中間型):

中程度の人口。中程度で一様でない経済成長、技術進歩、1人当りエネルギー・食料需要。資源集約的な生活様式。限られた経済統合と国際協力。

SSP5(化石燃料依存):

少ない人口。非常に高い1人当り経済成長。高い人間開発。高い技術進歩。豊富な化石燃料資源。非常に資源集約的な生活様式。高い1人当りエネルギー・食料需要、経済統合と国際協力。

図1-1-1 気温上昇を1.5°Cに抑えるため2050年にCO₂の正味排出ゼロが必要とするモデル検討

(出典：環境省「1.5°C特別報告書」説明資料)

同報告書の発行後、上記の内容に関心を示す国が増加し、まずEU、フランス、イギリス、デンマーク、スウェーデンなどが、2050年までにカーボンニュートラルを達成する方針を打ち出した。2021年までには日米を含む主要国が同様な意向を表明して、世界的な流れが形づくられた。

また、従前から金融機関によるグリーン投資や化石燃料関連資産からの投資撤退（ダイベストメント）の動きはあったが、同報告書における1.5℃上昇を抑えるケースの前提条件として石炭火力発電の廃止や二酸化炭素回収・貯留（CCS（Carbon dioxide Capture and Storage））付き火力発電が挙げられていたため、脱炭素へ向けた動きを加速させることとなった。特にEUは、2019年12月に、2050年までのカーボンニュートラルと経済成長の両立を目指す「欧州グリーン・ディール」戦略を発表したほか、2020年7月に、持続可能な経済活動を分類する制度である「EUタクソノミー」規則を施行した。これは、図1-1-2に例示するとおり、2050年までにカーボンニュートラルを達成するために、「グリーン」な投資を促進することを目指して、実質的に貢献する事業や経済活動の基準を明確化するものである。同規則では、再生可能エネルギーや水素の製造・利用等が投資適格とされている。

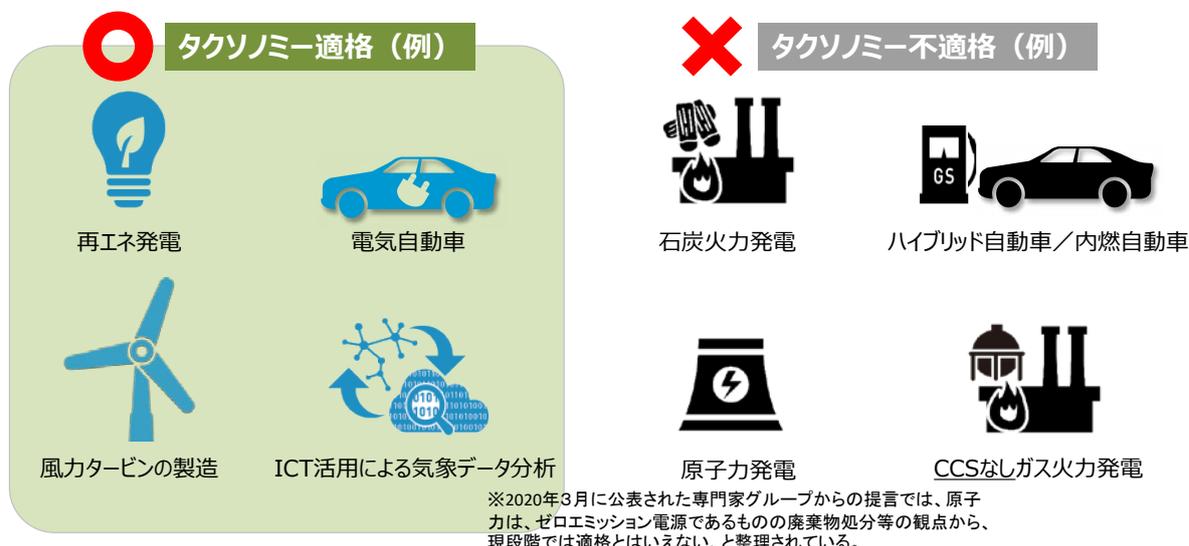


図1-1-2 EUタクソノミーにおける適格な経済活動・不適格な経済活動の例
 (出典：第2回 グリーンイノベーション戦略推進会議 資料4-2 (経済産業省))

以上の状況を反映して、2021年11月にイギリス・グラスゴーで開催されたCOP26では、「世界の平均気温の上昇を1.5℃に抑える努力を追求することを決意する」ことが合意されたほか、石炭火力の削減等に関する議論も行われた。COP26の主な成果を図1-1-3に示す。

COP26 の主な成果

締約国会議としての決定

○「グラスゴー気候合意（COP26カバー決定）」

：COP26として、気候変動対策の方向性と政治的メッセージを示す包括的な文書。
議長国が各国意見を踏まえて起草し、その内容について各国が議論し、決定。

- ・1.5℃努力目標追求の決意を確認
- ・排出削減に関する今後の検討道行き等にも言及
- ・石炭火力、非効率な化石燃料補助金等
- ・2025年までに先進国の適応支援を2019年の水準から倍増

○各議題の決定事項

- ・パリ協定ルールブックの完成：炭素クレジットの国際取引ルールを設定
- ・透明性（排出量、NDC実施状況等の報告表）、NDCの共通の実施期間、ロス&ダメージ、適応、定期レビュー、キャパシティビルディング等
- ・長期気候資金
 - ・2020年で年間1000億ドルの目標（先進国→途上国）は未達成
 - ・2025年以降の新規目標は、2027年まで議論を継続

議長国プログラム等での有志国によるプレッジ ⇒ 有志連合

- 例) ○「グラスゴー・ブレイクスルー」（電力、道路交通、鉄、水素、農業）
○グラスゴー・フィナンシャル・アライアンス・フォー・ネットゼロ(GFANZ)
・世界の機関投資家や金融機関などが加盟する業界団体（GFANZ）
・脱炭素に向けた途上国への資金供給を強化する方針
○森林・土地利用 ○海運 ○自動車等

図1-1-3 COP26の主な成果まとめ

（出典：気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)について（環境省））

他方で、2020年に発生した新型コロナウイルス感染症の流行により、同年の世界のエネルギー消費量は前年比で4%、CO₂排出量は6%減少した。しかし、各国政府の経済対策とワクチン普及により、2021年には再び増加に転じ、世界のエネルギー消費量・CO₂排出量とも、概ね2019年度の水準に戻った。脱炭素をめざした政策を打ち出したばかりの欧州においても、経済活動再開に伴ってエネルギー需要が増大したほか、CO₂排出量が比較的少ない天然ガスの価格高騰、欧州排出権取引

（EU-ETS）の排出権価格の上昇、天候不順による風力発電の低迷等の要因が重なって、電力需給ひっ迫が発生した。これをうけて、欧州委員会は2022年2月に、一定の条件で天然ガスおよび原子力発電等をEUタクソノミー規則に含める案を発表した。中国等でも、景気回復によるエネルギー需要増、気候変動対策・脱炭素化に伴う石炭から天然ガスへの需要シフトで、同様に天然ガス価格の高騰や電力需給ひっ迫が発生した。さらに、2022年2月にロシアによるウクライナ侵攻という事態も発生し、エネルギーの安全保障という側面が新たにクローズアップされた。

このように、脱炭素へ向けた国際的な気運は、パリ協定以後もさらに高まり、「気温上昇を1.5℃に抑制」や「2050年にカーボンニュートラル達成」といった具体的な目標が共有され、欧州等では、目標達成に向けた政策も立ち上がった。他方で、気候変動以外の要因も含め、エネルギーの安定供給に関する課題が顕在化しつつある。

1-1-2. 国内の動向

わが国では、パリ協定を機に「2030年度に26%の温室効果ガス削減（2013年度比）」の目標を立て、目標達成に向けて、2016年5月に地球温暖化対策計画や政府実行計画を策定して、関連の施策を実施してきた。しかしながら、前項の通り、海外において脱炭素へ向けた動きが加速したことから、

わが国としても目標や政策の見直しを行うことになり、2020年10月に「2050年カーボンニュートラル宣言」を行い、2021年4月には、温室効果ガス削減目標を「2030年度に2013年度比で46%削減」に引き上げ、2021年10月には、地球温暖化対策計画およびエネルギー基本計画を改定して、海外と歩調を合わせるようになった。

ただし、わが国では、再生可能エネルギーの普及と温室効果ガス排出規制のみを急速に進めるのではなく、幅広い分野のイノベーションを通じた脱炭素を目指してきた点が、欧州等とは異なる。

政府では、イノベーションを通じて環境技術のコストダウンと実装を目指すこととして、2020年1月に「革新的環境イノベーション戦略」を策定した。同戦略のもと、グリーンイノベーション戦略推進会議等を通じて、図1-1-4に示す5つの重点領域※でイノベーションへ向けた取り組みが進んでいる。（※重点領域： エネルギー転換、運輸、産業、業務・家庭・その他・横断領域、農林水産業・吸収源）

社会実装の面でも、現実的・実効的な脱炭素のためのエネルギートランジションを提唱し、2019年10月に、投資をイノベーションへ向けるためのTCFD¹サミットを立ち上げた。その後、経産省による「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」策定（2021年5月）や、日本取引所グループによるコーポレートガバナンス・コードの改訂（TCFD開示）（2021年6月）等が行われた。

イノベーション・アクションプラン

－革新的技術の2050年までの確立を目指す具体的な行動計画（5分野16課題）－

I. エネルギー転換

- 再生可能エネルギーを主力電源に
- デジタル技術を用いた強靱な電力ネットワークの構築
- 低コストな水素サプライチェーンの構築
- 革新的原子力技術／核融合の実現
- CCUS／カーボンリサイクルを見据えた低コストでのCO₂分離回収

II. 運輸

- 多様なアプローチによるグリーンモビリティの確立

III. 産業

- 化石資源依存からの脱却（再生可能エネルギー由来の電力や水素の活用）
- カーボンリサイクル技術によるCO₂の原燃料化など

IV. 業務・家庭・その他・横断領域

- 最先端のGHG削減技術の活用
- ビッグデータ、AI、分散管理技術等を用いた都市マネジメントの変革
- シェアリングエコノミーによる省エネ／テレワーク、働き方改革、行動変容の促進
- GHG削減効果の検証に貢献する科学的知見の充実

V. 農林水産業・吸収源

- 最先端のバイオ技術等を活用した資源利用及び農地・森林・海洋へのCO₂吸収・固定
- 農畜産業からのメタン・N₂O排出削減
- 農林水産業における再生可能エネルギーの活用&スマート農林水産業
- 大気中のCO₂の回収

図1-1-4 革新的環境イノベーション戦略の5分野16課題（出典：経済産業省ホームページ）

また、わが国では、各地域が環境・エネルギー分野だけではなく、経済・交通・レジリエンス等の分野を含めて、自立・分散型の社会を形成して相互に支え合う「地域循環共生圏」の概念が提唱

¹ G20 の要請を受け、金融安定理事会により、気候関連の情報開示及び金融機関の対応をどのように行うかを検討するために設立された、気候関連財務情報開示タスクフォース（Task Force on Climate-related Financial Disclosures）

されている（2018年4月）。図1-1-5に、地域循環共生圏のイメージを示す。

以上の考え方は、2021年10月のエネルギー基本計画改定や、地球温暖化対策計画の改定にも反映された。



図1-1-5 地域循環共生圏のイメージ（出典：環境省ホームページ）

なお、わが国でも、気候変動の激甚化は認識されており、太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの導入が進みつつあるものの、既存のインフラが高経年化する中で、火力電源への新規投資が停滞し、エネルギー需給もひっ迫の兆しがある。供給源として期待される再生可能エネルギー電源の開発に関しては、風力や地熱について立地促進へ向けた制度見直し等が進められているものの、同電源の太宗を担う太陽光発電は、各地で地質・環境保全・景観等立地上の課題に直面しつつあり、需給バランス制御の困難さや、縮小していく固定価格買取制度（以下「FIT制度」）と相俟って、普及のペースを維持できるかが試されている。そのような中で、再生可能エネルギー発電設備を有効活用するため、自家消費型設備の導入、蓄電池・電気自動車・水素製造といった余剰電力活用技術の導入、電力系統制御技術の高度化といった取り組みが進められている。

1-2. わが国のエネルギー需給動向

資源エネルギー庁が発表した令和2年度（2020年度）のエネルギー需給実績によれば、わが国の最終エネルギー消費は、図1-1-6に示すとおり12,089PJ（ペタジュール、12,089×10⁹MJ）で、2013年度に比べて14.2%減少し、2019年度と比べても6.6%減少した。エネルギー源別では、石炭の減少率が特に大きいですが、直近の5年間漸増してきた再生可能・未利用エネルギーも、2019年度比で

5.5%減少となった。これは、新型コロナウイルス感染拡大に伴う事業活動や運輸における減少で、消費量全体が縮小したためと推測される。なお、産業・業務部門や運輸部門の減少に対して、家庭部門は在宅時間増の影響などから2019年度比で4.8%増加となった。エネルギー白書2021では、新型コロナウイルス感染症が、短期的な需要変化に加え、オンライン化による移動回避など永続的な影響要因となる可能性がある」と指摘している。

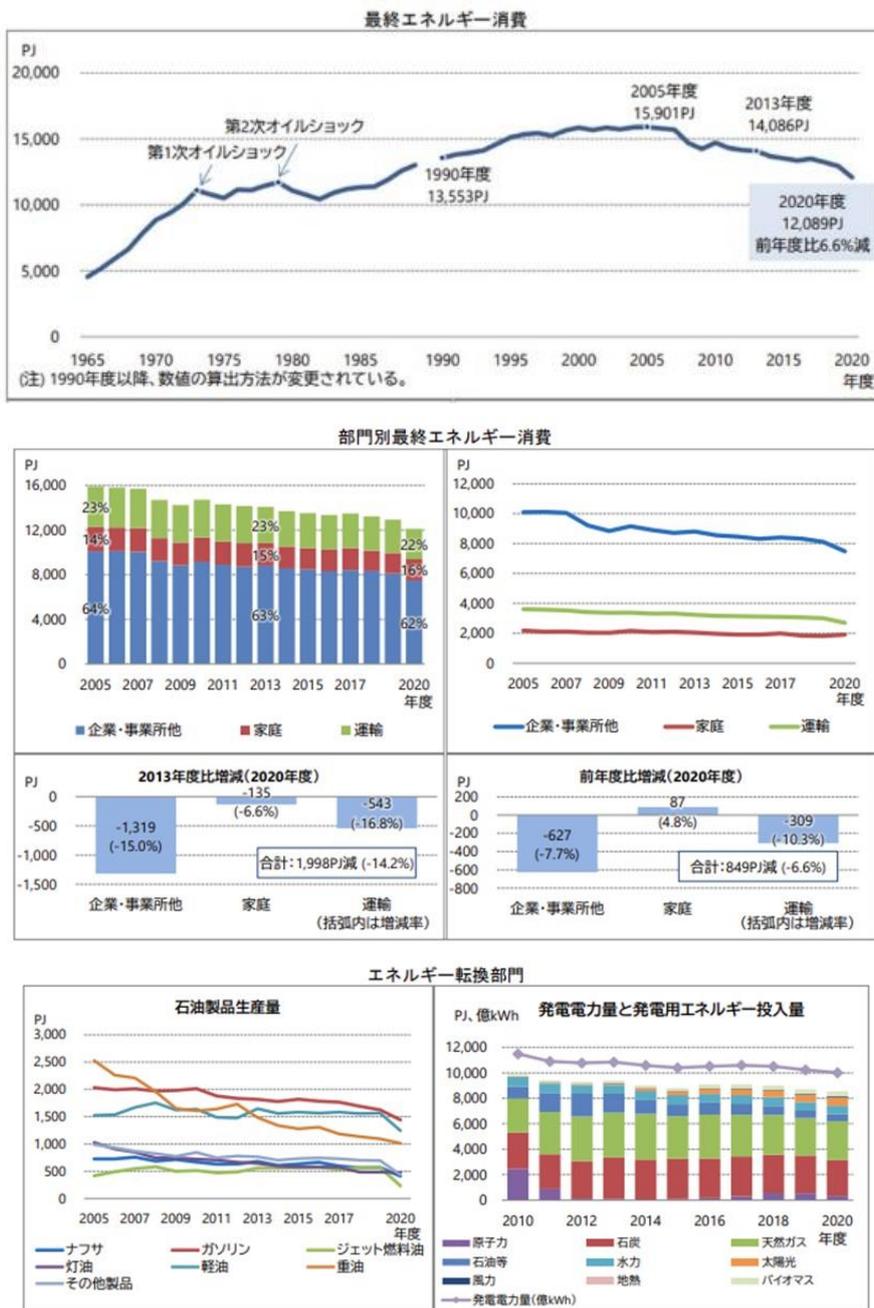


図1-1-6 令和2年度エネルギー需給実績（抜粋）

(出典：令和2年度(2020年度)エネルギー需給実績速報（経済産業省）)

発電電力量に関しては、2013年度に比べて7.7%減少し、2019年度と比べても2.1%減少した。電源別では、2019年度比で原子力・石炭火力が減少し、再生可能エネルギーと天然ガス火力がやや増加した。エネルギー白書2021では、各国のカーボンニュートラル宣言に加え、民間でも脱炭素化に向けた取組（ESG投資²、RE100³）が加速した結果、産業・業務用部門でサプライチェーンの企業に対しても脱炭素化が求められることにより、排出量クレジット活用のほか、再生可能エネルギー源調達のニーズが増えたとしている。

1-3. わが国の温室効果ガスの排出状況

環境省が発表した令和2年度（2020年度）の温室効果ガス排出量（速報値）によれば、わが国の温室効果ガス排出量（CO₂換算）は、図1-1-7に示すとおり11億4,900万トンで、2013年度に比べて18.4%減少し、2019年度と比べても5.1%減少した。このうちCO₂排出量は10億4,400万トンで、2019年度比6,370万トン（5.8%）減、2013年度比で2億7,360万トン（20.8%）減となった。

CO₂排出量のうち、エネルギー転換部門（発電所・製油所等）の排出量は、2019年度比で2.8%減り、2013年度比で19.8%減った。産業部門、運輸部門、業務その他部門の排出量も減少した。家庭部門も2013年度比で7.5%減っているものの、2019年度比では4.6%増加した（エネルギー転換部門排出分を他部門へ配賦後は、2019年度比4.9%増、2013年度比で19.3%減となった）。これは、エネルギー需給動向と同様、新型コロナウイルス感染拡大に伴う事業活動や運輸量の減少を反映し、家庭部門においては在宅時間増の影響によるものと考えられる。

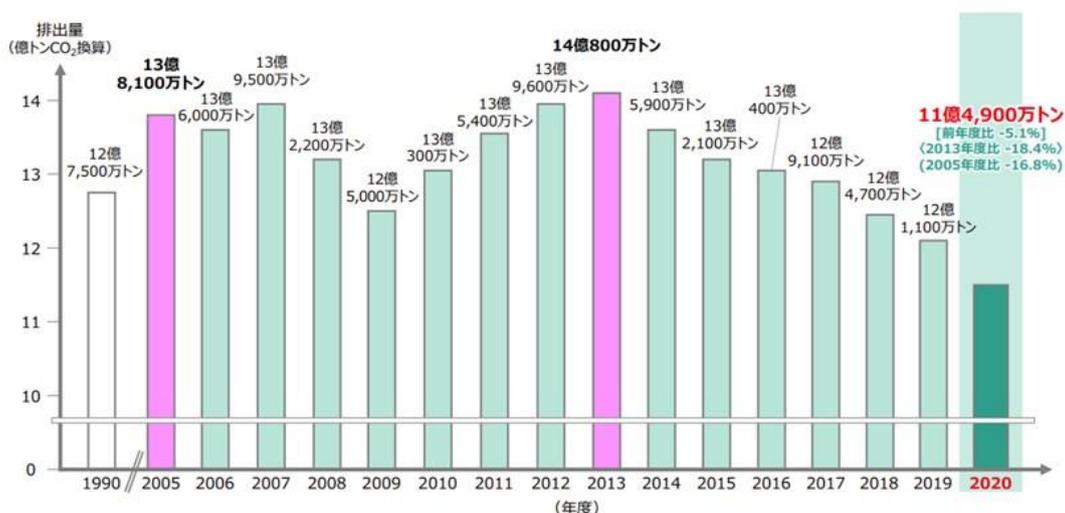


図1-1-7 わが国の温室効果ガス総排出量（2020年度速報値）

（出典：2020年度（令和2年度）の温室効果ガス排出量（速報値）について（環境省））

令和3年版環境白書では、2020年の世界の温室効果ガス排出量の対前年減少率が、リーマンショック時よりも大きくなると見込んでいるほか、図1-1-8に示すとおり、新型コロナウイルス感染症拡大

² 社会的責任投資：従来の財務情報だけでなく、環境（Environment）・社会（Social）・ガバナンス（Governance）要素も考慮した投資

³ 企業が自らの事業の使用電力を100%再生可能エネルギーで賄うことを目指す活動

による外出自粛とテレワーク拡大が、ワーク・ライフスタイルを変化させたとしており、家庭部門の電力消費量増加と一般廃棄物排出量増加、データ通信量の増加、事業所からの一般廃棄物排出量減少といった事象を生じたと指摘している。さらに、気候変動の激甚化や、これに関連した感染症拡大等の傾向にも言及している。

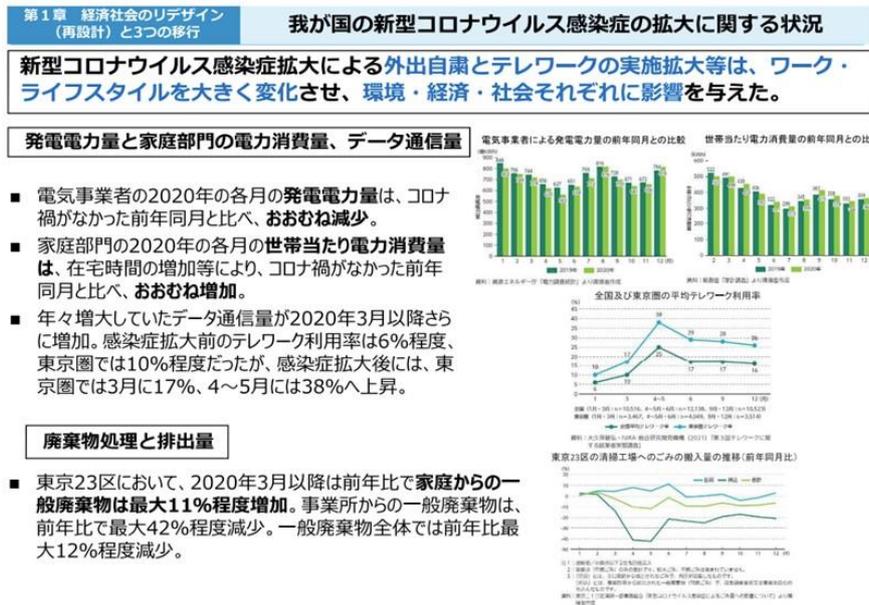


図1-1-8 わが国の新型コロナウイルス感染症の拡大の影響
(出典：令和3年版環境白書（抜粋）（環境省）)

1-4. わが国のエネルギー政策動向と2050年に向けた課題

世界的に脱炭素へ向けた動きが加速する中、新型コロナウイルス感染症拡大で、エネルギー消費量や温室効果ガス排出量は一時的に減少したが、2030年温室効果ガス排出46%削減、2050年カーボンニュートラルを実現するためには、さらに抜本的な排出削減が必要となる。

そのような中で2021年10月に策定された第6次エネルギー基本計画は、2050年カーボンニュートラルに向けた政策展望と、それを踏まえた2030年度に向けた政策対応から構成されている。「脱炭素」と「3E+S⁴」の追求が重要テーマである。

具体的には、2030年度の温室効果ガス排出46%削減に向けて、再生可能エネルギーの主力電源化を徹底し、再生可能エネルギー最優先の原則で取り組み、最大限の導入を促すとしている。その一方で、地域と共生する形での適地の確保、太陽光や風力などの自然変動電源の増大に伴う調整力の確保等の電力システムの柔軟性の向上、コストの安定化および低減、インフラ高経年化への対応といった、普及拡大へ向けた課題に着目しており、これに対応するために、需要サイドでは、再生可能エネルギー電力の出力変動に対応したデマンドリスポンスや電化、供給サイドでは火力電源の削減と再生可能エネルギーの調整力化等を進めるとしている。また、再生可能エネルギー以外では、化石燃料とアンモニアや水素の混焼、二酸化炭素回収・貯留（CCS）やカーボンリサイクルに

⁴ 安全性(Safety)を大前提とし、自給率(Energy Security)、経済効率性(Economic Efficiency)、環境適合(Environment)を同時達成する取り組み

も言及しており、水素を新たな資源として位置付けたほか、今回初めて、水素・アンモニア発電が、2030年の電源構成の1%を目指すとした。

2050年に向けては、カーボンニュートラル実現のため、水素・アンモニア発電や二酸化炭素回収・有効利用・貯留（CCU（Carbon dioxide Capture and Utilization）あるいはCCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage））、カーボンリサイクル、製造業等における電化や水素・合成メタン・合成燃料の活用などによる脱炭素化、二酸化炭素直接回収（DACCS（Direct Air Carbon Capture and Storage））やバイオマスエネルギー起源二酸化炭素の回収・貯留（BECCS（Bioenergy with Carbon Capture and Storage））、森林吸収源など、あらゆる選択肢を追求する、としている。これらの総合的な政策を着実かつ速やかに進めていく必要がある。

1-5. 2050年に向けた長期戦略と課題、将来展望

1-5-1. 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略：環境省」

2021年10月のエネルギー基本計画の改定と同時に、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」も、IPCCの「1.5°C特別報告書」を勘案して改定された。

同戦略は、パリ協定では努力目標であった「気温上昇を1.5°Cに抑制」の実現を強く意識した内容となったが、改定前から引き続き、各ステークホルダーが、以下のような要素を踏まえ、それぞれの目指す社会の姿を描き、それに向かって行動を起こし、その目指す社会の姿を共有することが重要としている。また、この5つの基本的な考え方（ビジョン）をベースに、表1-1-2に示す5分野で施策の方向性が示されている。

①SDGs⁵の達成

脱炭素社会への移行において、SDGsに掲げられた気候変動以外の目標とのコベネフィット（共通便益）の最大化を目指す。

②イノベーションを継続させる基盤としての「共創」

長期的な社会変革に向けたニーズを共有し、多様な知がぶつかり合うことを繰り返すことにより、「共創」的にイノベーションを生み出し続ける。

③Society5.0との連携

「デジタル革命と多様な人々の想像・創造力の融合によって、社会の課題を解決し、価値を創造する社会」としての「Society5.0」により、デジタル化を通じて、エネルギー、モビリティ等の分野を超えた相互作用を通じて気候変動対策に貢献する。

④地域循環共生圏

人口減少・少子高齢化が進む我が国においては、特に地域の活力を高める成長戦略が重要である。このため、各地域が地域資源を持続可能な形で最大限活用し自立・分散型の社会を形成しつつ、より広域的なネットワークを構築し、地域における脱炭素化と環境・経済・社会の統合的向上によるSDGsの達成を図る「地域循環共生圏」の創造を目指す。同時に、この持続可能な地域の在り方を世界に提示することにより、国際社会のロールモデルとなることを目指す。

⁵ Sustainable Development Goals：国際連合が、持続可能な開発に向けて定めた17項目の目標

⑤課題解決先進国

国内の都市や農山漁村を含む地域での成功モデルを発信・横展開し、「課題解決先進国」となることを目指す。

表1-1-2 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」における各分野の施策の方向性
(出典：「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」(環境省))

分野	施策の方向性(概要)
(1) エネルギー	再生可能エネルギー最優先の原則 徹底した省エネ 電源の脱炭素化/可能なものは電化 水素、アンモニア、原子力などあらゆる選択肢を追求
(2) 産業	徹底した省エネ 熱や製造プロセスの脱炭素化
(3) 運輸	2035年乗用車新車は電動車100% 電動車と社会システムの連携・融合
(4) 地域・暮らし	地域課題の解決・強靱で活力ある社会 地域脱炭素に向け家庭は脱炭素エネルギーを作って消費
(5) 吸収源対策	森林吸収源対策や DACCS の活用

また、分野別の施策の方向性と同時に、重点的に取り組むべき、以下のような分野横断的な施策も示されている。

1. イノベーションの推進(技術、経済社会、ライフスタイル)
2. グリーン・ファイナンスの推進
3. ビジネス主導の国際展開・国際協力
4. 予算(グリーンイノベーション基金)
5. 税制
6. 規制改革・標準化
7. 成長に資するカーボンプライシング
8. 人材育成
9. 気候変動適応によるレジリエントな社会づくりとの一体的な推進
10. 政府及び地方公共団体の率先的取組
11. 科学的知見の充実

このうち、「1. イノベーションの推進」において、今後の産業としての成長が期待される重要分野であって、2050年カーボンニュートラルを目指す上で取組が不可欠なものが、「(1) 技術のイノベーション」にまとめられている。ここでは、エネルギーシステムと直接的な関連性が深い、以下のような事業・分野が取り上げられている。

洋上風力、太陽光、地熱、水素、燃料アンモニア、次世代熱エネルギー産業、原子力産業、自動車・蓄電池、次世代電力マネジメント、廃棄物発電・熱利用・バイオガス化・排ガスの固定化、住まいと移動のトータルマネジメント

1-5-2. 各分野の対策・施策の現状と将来展望

本研究報告書の第二編「エネルギー需給評価プラットフォームの改良」においては、1-5-1に示した各分野の対策や、分野横断的な施策のうち、中部圏の各所で、地域として取り組める可能性がある以下のものを、需給評価プラットフォームに盛り込んだ。各分野の現状と将来展望について、概観する。

① 太陽光発電

わが国の太陽光発電は、平地面積当たりの導入量が世界一であるなど、再生可能エネルギーの主力として導入が拡大し、2021年9月末時点で、FIT制度対象の累積設備導入量は約63GW（ $63 \times 10^6 \text{kW}$ ）に達した。また、自家消費や地産地消を行う分散型エネルギー源として、レジリエンスの観点でも活用が期待されており、カーボンニュートラルの実現に向けては、更なる導入拡大が不可欠である。第6次エネルギー基本計画においては、2030年における太陽光発電の設備容量を103.5~117.6GWとしたほか、(一社)太陽光発電協会では、2050年の目標導入量を300GWと試算⁶している。

一方で、FIT制度開始当初は年間7~8GWあった設備導入量は、事業規律の強化・産業の適正化の結果、足下の認定量で1.5GWと、当初の1/5程度まで低下している。

こうした状況を踏まえ、更なる導入拡大に向けては、適正な事業者による、地域と共生した形での事業実施を大前提に、既存のシリコン太陽電池では設置困難な場所でも設置可能な次世代型太陽電池の技術開発等が必要である。技術開発以外では、地域で受容可能な、太陽光パネルの設置場所を見極めて導入を進めることが必要となる。環境省では、2020年6月から、「再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS)」を公開して、市区町村別の導入ポテンシャルを確認できる情報を提供しているほか、2021年5月の地球温暖化対策推進法改正により、地方公共団体実行計画(区域施策編)を定める市町村は、再生可能エネルギーを利用して地域の脱炭素化を進める「促進区域」を定めるよう努めることとなった。太陽光発電については、例えば耕作放棄地等の未利用地の活用や、作物・耕作条件等を検討の上で既存耕地上に太陽光パネルを併設する「営農型太陽光発電(ソーラーシェアリング)」の拡大についても、検討が必要である。

② 蓄電池

蓄電池は、再生可能エネルギー等の電力需給調整力となる定置用、電気自動車等に搭載される車載用、情報端末等の小型電気機器に搭載される民生用があり、脱炭素化やデジタル化を進める上で不可欠なツールとなっている。

このうち定置用蓄電池の2019年度における累積導入規模は、第4回定置用蓄電システム普及拡大検討会(経済産業省)資料4によると、再生可能エネルギー併設・系統用が1.2GWh（ $1.2 \times$

⁶ JPEA ビジョン・PV OUTLOOK 2050 (2020年5月、(一社)太陽光発電協会)

10⁶kWh)、家庭用が 2.4GWh、通信基地局用や中・大型無停電電源装置（UPS）を含む業務・産業用が 6.0GWh、あわせて 9.6GWh としている。しかし、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けては、①太陽光発電で触れたとおり、太陽光発電だけでも現状の 5 倍の導入量が必要と見込まれており、定置用蓄電池に関しても、これに対応した普及が必要となると考えられる。

他方で、2018 年度における蓄電池の市場規模は、定置用が 0.3 兆円、車載用が 2.1 兆円、民生用が 1.6 兆円で、車載用が全体の半分以上を占めており、定置用の普及拡大に向けては、製造から設置に至るコストの低減や、活用の改善等の課題が指摘されている。

そこで、2021 年 6 月に策定された「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においては、定置用と車載用を総合した、以下のような目標が示された。

- ・ 2030 年までのできるだけ早期に
 - － 国内の車載用蓄電池の製造能力を 100GWh まで高めるとともに、
 - － 電気自動車とガソリン車の経済性が同等となる車載用の電池パック価格 1 万円/kWh 以下、
 - － 太陽光併設型の家庭用蓄電池が経済性を持つシステム価格 7 万円/kWh 以下（工事費込み）
 - － 工場等の業務・産業部門に導入される蓄電池が経済性を持つシステム価格 6 万円/kWh（工事費込み）を目指す
- ・ 家庭用、業務・産業用蓄電池の合計で 2030 年までの累積導入量約 24GWh を目指す
- ・ 2030 年以降、更なる蓄電池性能の向上が期待される次世代電池の実用化を目指す

また、これに関連して、現行リチウムイオン電池の 2 倍以上の体積エネルギー密度実現を目指す次世代電池の開発や、蓄電池のリユース・リサイクルの促進等にも言及している。

③水素およびカーボンニュートラル燃料の製造・利用

2021 年 3 月にまとめられた「今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理（案）」（経済産業省）によれば、現在、国内では副生水素等が石油製油所等で約 193.2 万トン／年製造されると推計される。水素は、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて、再生可能エネルギーの余剰電力による水素製造、需給調整のための発電にとどまらず、輸送用燃料や、高温分野を中心とした産業用燃料等、幅広い分野で活用が期待されている。

「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」および「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」でも、燃料電池自動車等の燃料として活用が始まった水素を新たな資源と位置付け、世界市場を視野に、導入拡大に向けた以下のような目標を掲げた。

- ・ 2030 年に供給コスト 30 円/Nm³（現在の販売価格の 1/3 以下）、2050 年に水素発電コストをガス火力以下である 20 円/Nm³程度以下にする等、化石燃料に十分な競争力を有する水準となることを目指す。
- ・ 目標量に関しては、国内水素市場を早期に立ち上げる観点から、2030 年に水素導入量を最大 300 万トンとすることを目指す。うち、クリーン水素（化石燃料+CCUS／カーボンリサイクル、再生可能エネルギー等から製造された水素）の 2030 年供給量は約 42 万トン以上を目指す。加

えて、2050年には2,000万トン程度の供給量を目指す。

また、これらを実現するための、水素の製造・輸送・消費の各段階での技術改善やコスト低減にも言及している。

このほか、クリーン水素と空気中の窒素から合成するアンモニアや、クリーン水素と回収したCO₂から合成するメタン等の「カーボンニュートラル燃料」への注目が高まりつつあり、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」および「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」では、2030年時点では、年間300万トン（水素換算で約50万トン）、2050年には年間約3,000万トン（水素換算で約500万トン）の燃料アンモニアの国内需要を想定するとともに、製造や輸送・貯蔵の大規模化や高効率化、専焼化といった技術開発と、国際的なサプライチェーン構築を進める、としている。水素とCO₂からメタンを合成するメタネーションは、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」において、2030年時点では、既存インフラへ合成メタンを1%注入（年間28万トン）、2050年には90%（年間2,500万トン）を合成メタンに置き換え、同年時点で現在の液化天然ガス（以下「LNG」）価格と同水準を目指す、としている。

④スマートコミュニティ

再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、電力需給の空間的ギャップ（大需要地と発電適地の間の距離）と時間的ギャップ（需要量と発電量とのズレ）が拡大し、系統混雑や電力品質問題が深刻化することが懸念される。こうした課題に効果的に対応すべく、必要となる規制の維持・見直しに加えて、電力需給の予測・運用・制御のさらなる高度化が求められる。

わが国では、地域のエネルギー需要と、需要側の分散型エネルギー源を、高度なデジタル技術で制御することによって最適な運用を行うスマートコミュニティの実証が行われてきた。スマートコミュニティは、再生可能エネルギー、燃料電池・コージェネレーション、蓄電池といった分散型エネルギー源と、エネルギー需給を制御するエネルギーマネジメントシステム（EMS）、さらに電力の場合はこれらを接続する電力ネットワークで構成されるが、さらに個別の建物で需給制御するネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）やネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）、特定エリアで需給制御するマイクログリッドも、社会実装へ向けた取り組みが行われている。特に最近では、需給の調整力として、定置式の分散型エネルギー源や需要側機器（家電、給湯等）に加え、住宅・建築物と電気自動車間の充放電や電力消費に着目した、V2H（Vehicle to Home）やV2G（Vehicle to Grid）と呼ばれる取り組みも始まっている。

以上のような、スマートコミュニティとこれに関連する各技術・サービスの社会実装が一層進むことで、エネルギー利用の脱炭素化、高効率化とともに、災害等による停電の発生確率や影響範囲の抑制、復旧の早期化といったレジリエンス向上にもつながることが期待される。

1-6. 2050年のエネルギー需給

これまで第1章では、地域における将来のエネルギー需給動向を考える前提となる、脱炭素強化に向けた国内外の政策動向と、カーボンニュートラル実現に向けた課題と施策の方向性について、実現するのに必要な新技術の観点を踏まえて概観してきた。

地域のエネルギーシステムも、2050年カーボンニュートラルに向けた政策・経済の流れに対応していく必要がある。また、新型コロナウイルスの感染拡大がもたらした、ライフスタイルの変化と社会経済のデジタル化進展についても、考慮に入れる必要がある。

今後も、再生可能エネルギーの普及加速が必要であることは言うまでもないが、太陽光や風力等の自然変動電源の容量増大に伴い、電力需給のミスマッチも拡大が見込まれる。また、高温が必要な製造業等、電化以外の選択肢が必要なエネルギー需要も存続する。

そのため、2050年のエネルギー需給については、第6次エネルギー基本計画に定めるとおり、再生可能エネルギーの主力電源化に伴って、コージェネレーション・燃料電池などの分散電源、蓄電池や電気自動車調整力を提供し、調整後も余剰となった電力等で水素・アンモニア・合成メタン等のカーボンニュートラル燃料を製造・活用する流れが考えられる。さらに、地域内や建物内では、電気・熱・カーボンニュートラル燃料といったエネルギー源が、通信とともにネットワーク化されて、デジタル技術による需給制御で高効率に活用されるなど、現状で考え得るあらゆる手段を総動員して組み合わせる事で、カーボンニュートラルをめざすものと考えられる。

こうした2050年のエネルギー需給の姿について、生産・供給・消費の流れ全体については図1-1-9に示す「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」におけるカーボンニュートラルの産業イメージ（経済産業省）が、地域内における姿については、図1-1-10および図1-1-11に示すスマートコミュニティのイメージ（経済産業省および環境省）が、これに近いものと考えられる。

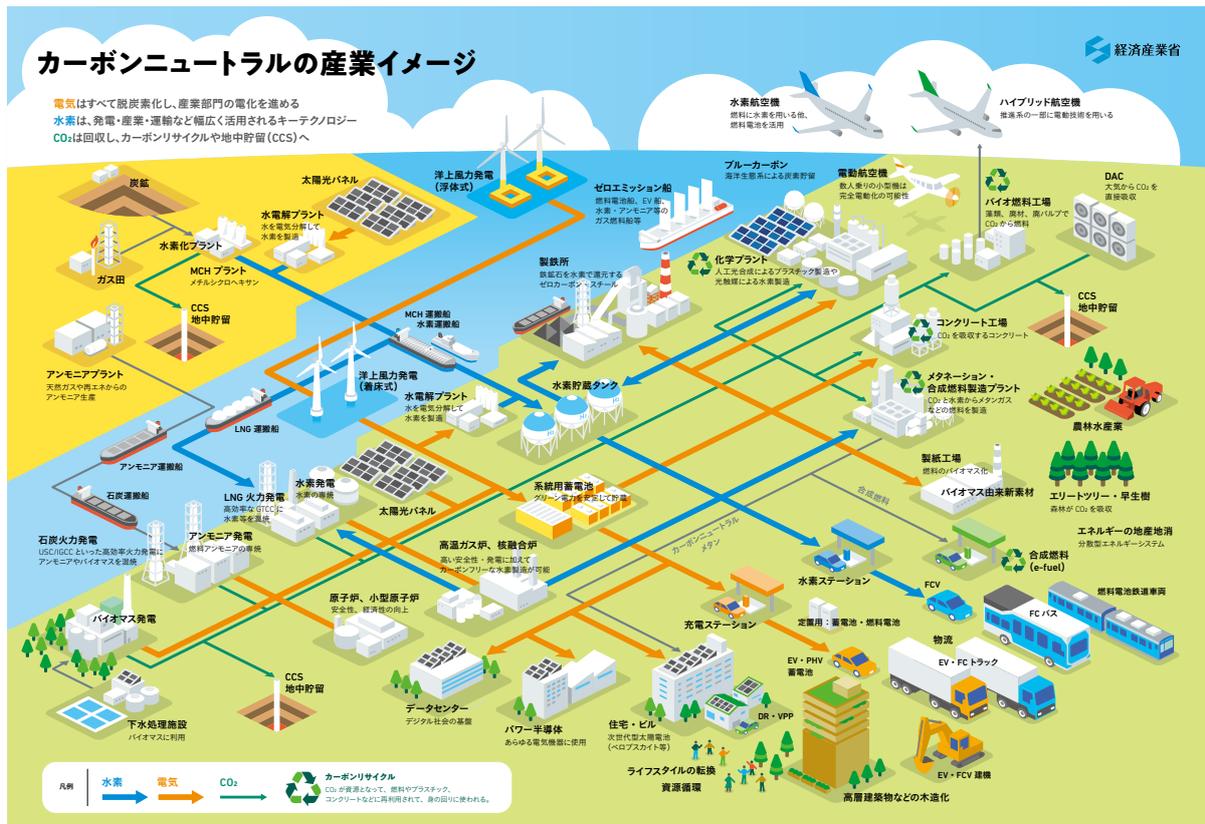


図1-1-9 カーボンニュートラルの産業イメージ（出典：経済産業省ホームページ）

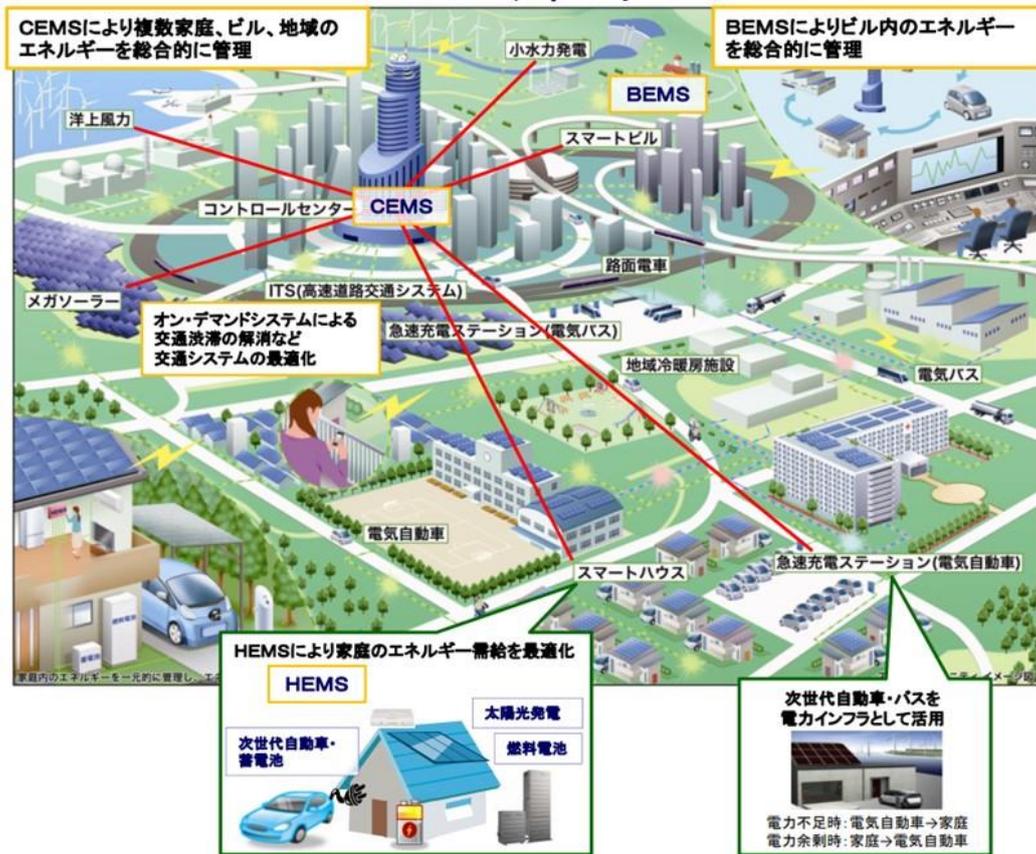


図1-1-10 スマートコミュニティのイメージ (都市モデル)

(出典：経済産業省ホームページ)

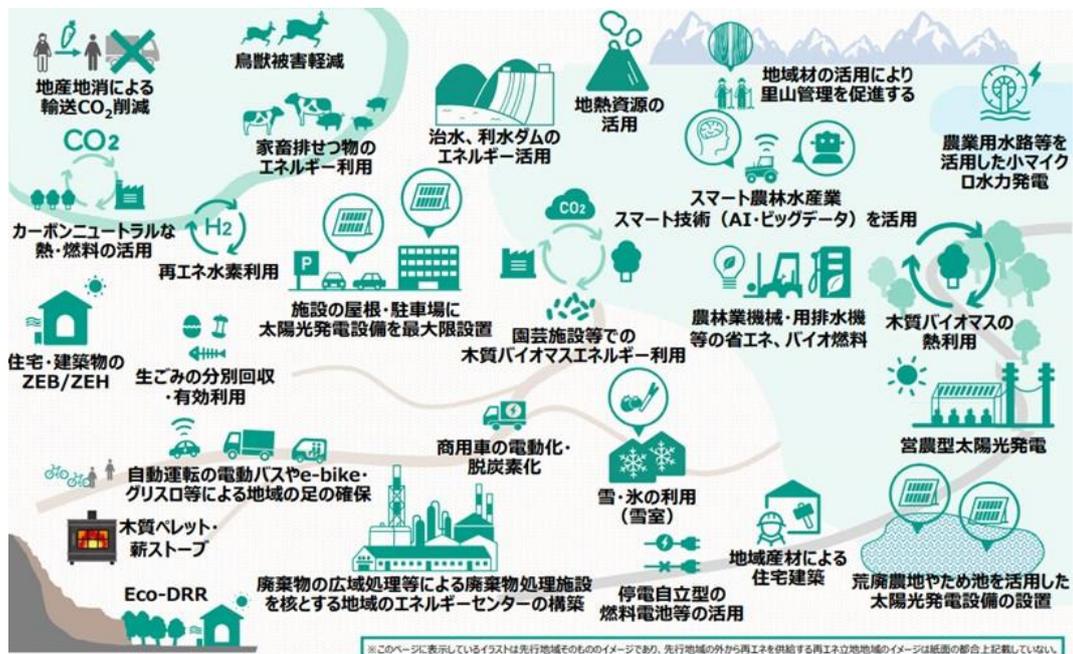


図1-1-11 スマートコミュニティのイメージ (農山村モデル)

(出典：環境省「地域脱炭素ロードマップ」より「脱炭素先行地域」のイメージ (農山村))

第2章：最新の实証サイト、先行研究等の調査結果

2-1. システム開発に関する最新の取り組み

わが国が「脱炭素」と「3E+S」を追求する上では、今後も再生可能エネルギーのさらなる導入が必要になると見込まれており、地域のエネルギーシステムにおいても、脱炭素に貢献しつつ、災害時を含めて供給確保ができ、地産地消で地域循環も促進できる仕組みの導入が期待されている。本項では、複数地点における先進的な取組事例について紹介する。

なお、再生可能エネルギーの主力として導入が拡大している太陽光発電を主電源とした、災害時に自立運転が可能なマイクログリッドの導入検討が多数進んでおり、中部地域においても、岐阜県八百津町（NTTアノードエナジー株式会社）、岐阜県恵那市（日本ガイシ株式会社／中部電力ミライズ株式会社）、長野県飯田市（中部電力株式会社）などの地点において検討されている。第二編においては、太陽光発電が大量導入された場合の地域の電力需給について検討していく。

2-1-1. 地域資源を活用した自治体による熱電併給事業：千葉県睦沢町、むつざわスマートウェルネスタウン株式会社、株式会社 CHIBA むつざわエナジー

（1）背景と目的

2050年のカーボンニュートラルをめざして、わが国では、今後も再生可能エネルギーのさらなる導入が必要になると見込まれる。他方で、系統連系が困難な地域を中心に、太陽光発電等の自然変動電源導入に伴う電力需給のミスマッチへの対応が課題となる。また、エネルギーシステム全体として、3E+Sを追求していく必要もある。

そのため、地域のエネルギーシステムにおいても、脱炭素に貢献しつつも、災害時を含めて供給確保でき、地産地消で地域循環も促進できるものが、望ましい姿の一つと言える。

本項では、地域の活性化を目的として、地域の資源である水溶性天然ガスを活用したコージェネレーションと、太陽光発電等の再生可能エネルギーを組み合わせたマイクログリッドにより、道の駅と住宅街へ電力と熱の供給を実施している、千葉県睦沢町の取り組みを概観する。

（2）むつざわスマートウェルネスタウン拠点形成事業

千葉県睦沢町では、かねてから少子高齢化・人口減少の課題を認識し、2015年10月に策定した「睦沢町 まち・ひと・しごと創生 人口ビジョン・総合戦略」において、活力にあふれた地域の創出に向けて、「雇用の創出」、「流入人口の拡大」、「子育て支援」、「健康・幸福で持続可能なまちづくり」といった施策の方針を打ち出した。

同戦略において、「むつざわスマートウェルネスタウン拠点形成事業」（以下「本事業」）は、健康支援型の道の駅と住宅が一体化した「誰もが健康でいきいきと生活できるための拠点」を開発するものとして、中核的事業に位置づけられた。

本事業の基本理念は、以下の通りである。

- ① 先進予防型のまちづくりの中核拠点となる「健康支援型の道の駅」をテーマに、健康に必要な4要素「食」「憩」「運動」「参加」のメニューを提供する新しい拠点機能となる施設の整備・運営を行う。
- ② 町内の人々が何度も来たくなる施設とサービスがあり、町外からも多くの集客が見込める施設の整備・運営を行う。
- ③ 地域資源（天然ガス）を有効に活用した地産地消のエネルギーサービスが可能となる施設の整備・運営を行う。
- ④ 町外を含む災害時の後方支援が可能となる施設の整備を行う。
- ⑤ 地域優良賃貸住宅には、子育て世代を中心に高齢者にも対応した住宅を建設し、定住及び世代間交流が促進される施設の整備・運営を行う

本事業は、PFI事業として2017年3月に事業者を決定して着工し、2019年9月にむつざわスマートウェルネスタウンがオープンした。図1-2-1に、むつざわスマートウェルネスタウンの計画平面図を示す。

なお、睦沢町では2016年6月に自治体新電力である「株式会社CHIBAむつざわエナジー」を設立しており、むつざわスマートウェルネスタウンのオープンに伴って、同タウンエリアでの面的なエネルギーサービス事業（発電、送配電および熱供給事業）を開始した。

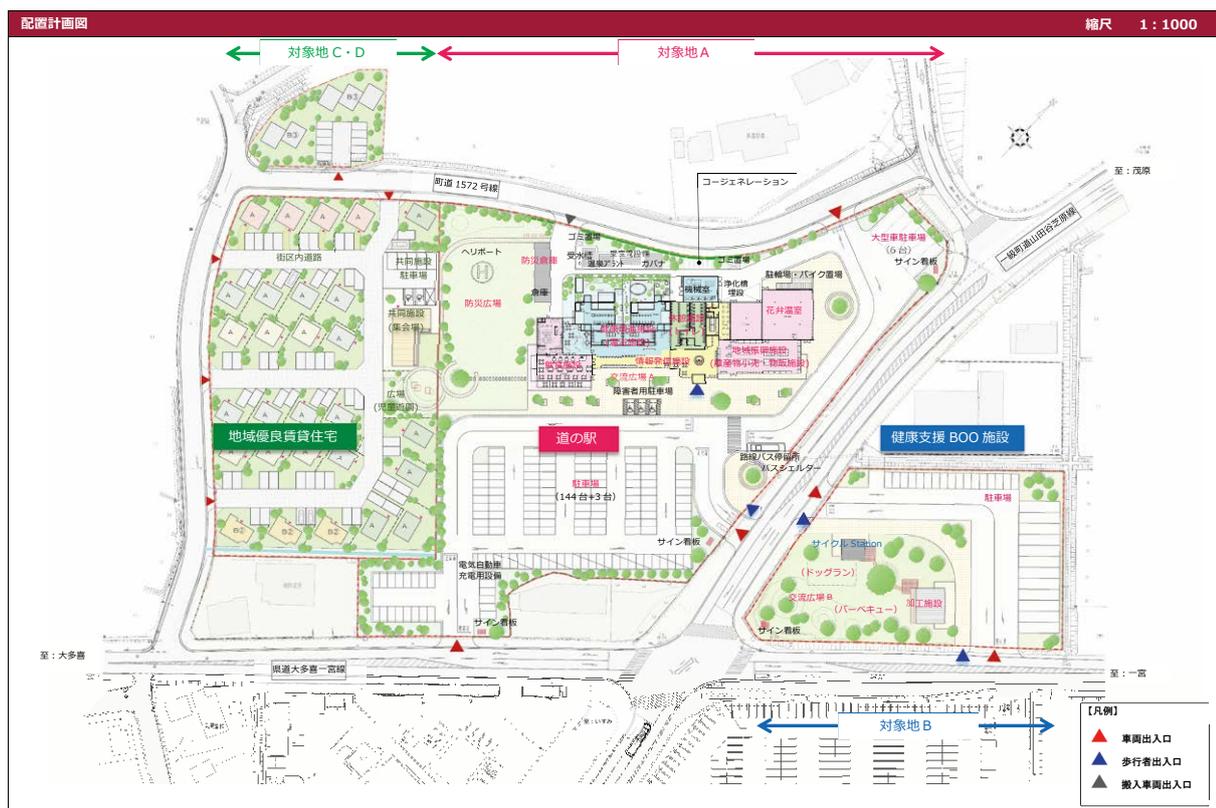


図1-2-1 むつざわスマートウェルネスタウン計画平面図（出典：千葉県睦沢町ホームページ）

（3）事業概要

- ① むつざわスマートウェルネスタウンの事業概要（表1-2-1 参照）

表 1-2-1 むつざわスマートウェルネスタウンの事業概要（出典：千葉県睦沢町ホームページ）

項目	内容
構成する施設の所在地	千葉県長生郡睦沢町森字上耕地 2 番 1
全体敷地面積	約 28,635.36 m ²
構成する施設の名称	【道の駅】： むつざわスマートウェルネスタウン・道の駅・つどいの郷 【地域優良賃貸住宅】： むつざわスマートウェルネスタウン住宅
維持管理・運営事業者	むつざわスマートウェルネスタウン株式会社（特定目的会社）

② むつざわスマートウェルネスタウンにおける面的なエネルギーサービス事業の概要

自治体新電力である株式会社 CHIBA むつざわエナジーが、むつざわスマートウェルネスタウンエリアで実施している面的なエネルギーサービス事業（発電、送配電および熱供給事業）の概要は表 1-2-2 および図 1-2-2 の通りで、エリア内で自立分散型エネルギー源による、マイクログリッドを構成している。

表 1-2-2 むつざわスマートウェルネスタウンにおける面的なエネルギーサービス事業の概要（出典：経済産業省「平成 30 年度地域の特性を活かしたエネルギーの地産地消促進事業費補助金」実績報告書）

項目	内容
供給対象延床面積	23,824 m ²
活用するエネルギー	地元産水溶性天然ガス、太陽光、太陽熱、系統電力
主要なエネルギー設備	ガスエンジンコージェネレーション： 80kW×2 台 排熱利用ボイラ： 756kW 太陽光パネル： 20kW、太陽熱温水器： 37kW
供給エネルギーと供給方法	電気（地中埋設の自営線でタウンエリア全体へ供給） 温水（温水配管で道の駅の温浴施設へ供給）
省エネ効果見込み	省エネルギー率 21%

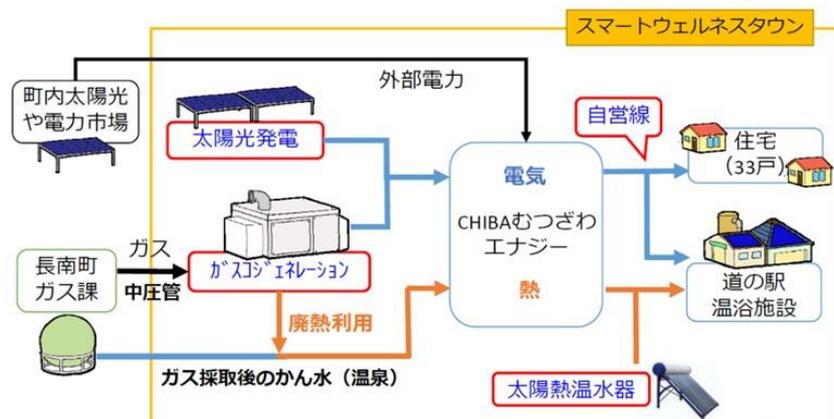


図 1-2-2 むつざわスマートウェルネスタウンにおけるマイクログリッドシステムの概要（出典：地域循環共生圏事例集（環境省））

また、上記のエネルギーサービス事業は、図 1-2-3 に示すとおり、以下のような先導性・新規性を有している。

・ 水溶性天然ガス採取後のかん水をガスエンジン廃熱で加温して温泉利用：

地元産の天然ガスは水溶性で、天然ガス採取後にかん水が発生する。むつざわスマートウェルネスタウンでは、このかん水をガスエンジン廃熱で加温して温泉利用することで、天然ガスの100%地産地消を実現している。国内でも珍しい事例と言える。

・ 系統連系困難な地域でガスエンジンコージェネレーションや太陽光発電などの分散型電源を最大限導入するために自営線を敷設：

むつざわスマートウェルネスタウンの周辺は、送配電容量等の環境により、一般送配電の系統への電力逆潮流に制約がある。そのため、エリア全体でまとめて系統連系して、エリア内は自営線で接続して需給制御することによって、ガスエンジンコージェネレーションや太陽光発電などの分散型電源を最大限活用するとともに、系統への逆潮流を抑制している。なお、自営線敷設により、エリア内の電灯需要（住宅・街路灯）の託送料金負担を回避する効果も期待できる。

・ 熱電併給型のマイクログリッドを地域資本の新電力会社が手がけた全国初の事例：

電力のほか、熱供給のサービスも担う地域新電力としては、全国初の事例である。

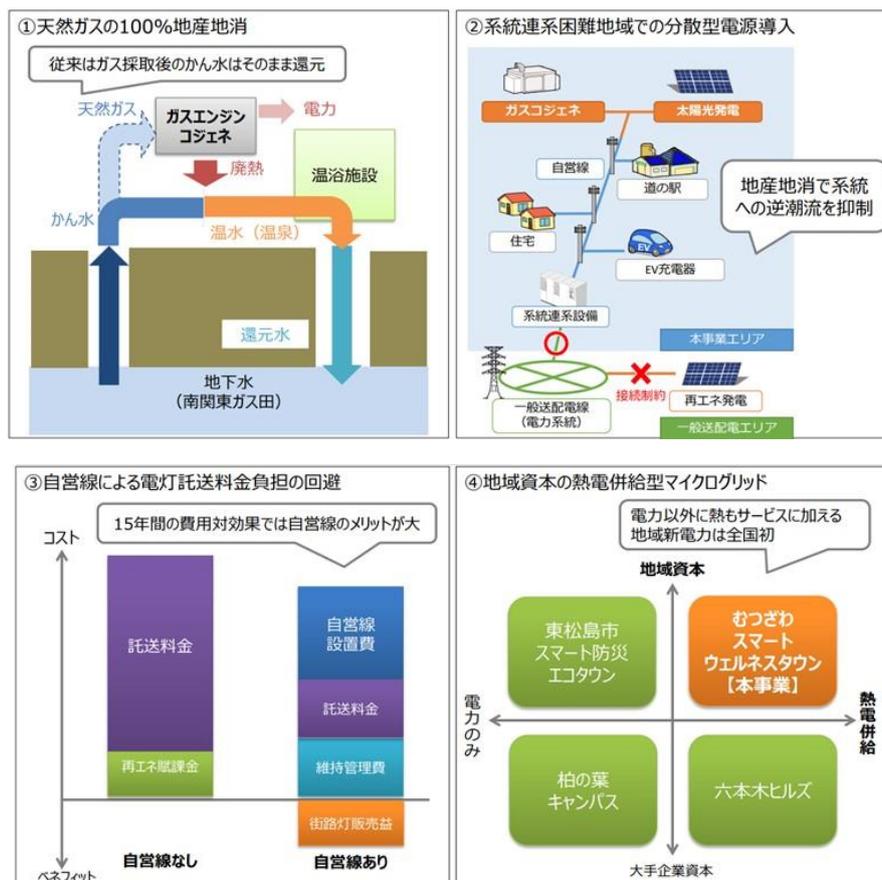


図 1-2-3 むつざわスマートウェルネスタウンにおける面的なエネルギーサービス事業の特長
 (出典：経済産業省「平成 30 年度地域の特性を活かしたエネルギーの地産地消促進事業費補助金」実績報告書)

(4) 運営開始後のレジリエンス実証事例

株式会社 CHIBA むつざわエナジーが、むつざわスマートウェルネスタウンエリアでエネルギー供給を開始した直後の2019年9月9日、襲来した台風15号によって千葉県等で大規模な停電が発生し、むつざわスマートウェルネスタウンも一時的に停電した。同社では、被害状況を確認し、エリア内は電線の地中化を行っていたためほとんど被害がないことを確認した後、9日午前9時頃にはガスコジェネレーションを再起動して、道の駅及び住宅への送電を開始した。10日午前10時頃にはガスコジェネレーションの廃熱等により水道水を加温して、道の駅にて温水シャワーを無料提供した。こうして、停電が復旧する9月11日まで、自立したエネルギー供給を継続した(図1-2-4)。

本件は、マイクログリッドにより、周辺の施設が停電する中でも道の駅及び住宅に電力を供給することができ、防災エネルギー拠点として機能した、実証的な事例と言える。



図1-2-4 2019年台風15号襲来後のむつざわスマートウェルネスタウンの対応状況

(出典：地域循環共生圏事例集(環境省))

**2-1-2. 再エネ地産地消による域内循環創出・地域づくりイノベーション事業： 北海道
石狩市**

(1) 背景と目的

地域では、脱炭素の他に、レジリエンス向上、地域振興、交通サービスの維持・拡充等、多様な課題が存在する。そこで、地域のエネルギーシステムを構築するにあたっては、こうした課題解決に貢献し得る仕組み作りが求められる。また、2050年に向けては、再生可能エネルギー電源や、同電源による水素製造・活用まで視野に入れる必要がある。

本項では、持続可能な地域づくりを目的として、地域の再生可能エネルギー100%の電源を活用して、企業誘致、交通サービス導入やライフライン確保を目指したマイクログリッドを構築中の、「石狩版地域循環共生圏」実現へ向けた取り組みを概観する。

(2) 「石狩版地域循環共生圏」構築へ向けた取り組み

北海道石狩市は、かねてから分散型エネルギーをはじめとする地域の多様なエネルギー資源を活用した産業振興を検討してきた。表 1-2-3 に示す通り、同市では6年余りにわたって、工業団地内の熱供給インフラ等の検討にはじまり、LNG 基地から発生する未利用冷温熱の活用、地震等災害に対応するレジリエンスの向上、グリーン化・デジタル化といった要素を織り込みながら、最終的に「石狩版地域循環共生圏」の構想をまとめ上げた。

表 1-2-3 「石狩版地域循環共生圏」構想策定に至る主な流れ
(出典：北海道石狩市ホームページ)

時 期	実施内容
2013年 12月	「石狩スマートエネルギーコミュニティ構想 (ISEC) 研究会」を設置： 総務省の「分散型エネルギーインフラプロジェクト導入可能性調査事業」の工業団地中心モデルとして、工業団地内の熱供給インフラ等を検討。
2017年 3月	「石狩市水素戦略構想」を策定： 再生可能エネルギーから製造する水素等による水素サプライチェーンを構築して、輸送・物流用や産業用の燃料としての活用をめざすもの。
2018年 3月	「石狩湾新港地域におけるスマートエネルギー構想」を策定： 国土交通省の「まち・住まい・交通の一体的な創蓄省エネルギー化」を図る先導的なモデル構想として策定。再生可能エネルギー、LNG 基地から発生する未利用冷温熱などの多様なエネルギー資源を活用した高効率なエネルギーシステムを構築することで、環境に配慮した工業団地を実現するとともに、企業誘致、地域産業活性化および雇用創出につなげるもの。
2019年 3月	「石狩市における再エネエリア設定を軸とした地産エネルギー活用マスタープラン」を策定： 経済産業省の「平成 30 年度地域の特性を活かしたエネルギーの地産地消促進事業費補助金 構想普及支援事業」として、石狩市と、情報通信・電力・ガス各社が共同で策定。スマートエネルギー構想に「再エネ 100%ゾーン」やレジ

	リエンスの考え方を織り込んだもの。
2020年 3月	「石狩市石狩湾新港エリアにおける地域マイクログリッド構築に向けたマスタープラン」を策定： 経済産業省の「平成30年度補正予算 災害時にも再生可能エネルギーを供給力として稼働可能とするための蓄電池等補助金（地域マイクログリッド構築支援事業のうちマスタープラン作成事業）」として、石狩市と、電力供給関連企業、港管理組合が共同で策定。災害時にも自立的な電力供給を可能とする地域マイクログリッドの構築を行い、「災害に強い石狩湾新港エリアの構築」と「石狩湾新港エリアの電力需給のスマート化」の達成を目指すもの。
2020年 3月	「石狩版地域循環共生圏」の構築を発表： 地域の再生可能エネルギーの地産地消を通じて、環境保全と地域活性化を目指すもの。

(3) 事業概要と実施体制

①事業概要

「石狩版地域循環共生圏」構想の全体イメージは、図 1-2-5 の通りである。石狩市は、エネルギー基地（風力・バイオマス・LNG等）、物流拠点（港、倉庫）、情報産業のほか、後背地の札幌市まで含めた都市機能という大きなポテンシャルを有する。このポテンシャルを活用して、域内にエネルギーの循環と経済の循環を形成することによって、脱炭素・レジリエンス向上・産業振興・公共交通サービスの維持と拡充といった、地域課題の解決を図るものである。再生可能エネルギーの活用という面では、「再エネ100%ゾーン」による企業誘致、再エネ発電事業者の立地、広域でのバイオマス調達といった特徴を、産業・交通分野では、公共交通空白地帯への新交通サービス展開、電気自動車（EV）や燃料電池自動車（FCV）への転換・製造時にCO₂を排出しないカーボンフリー水素の活用といった特徴を有する。

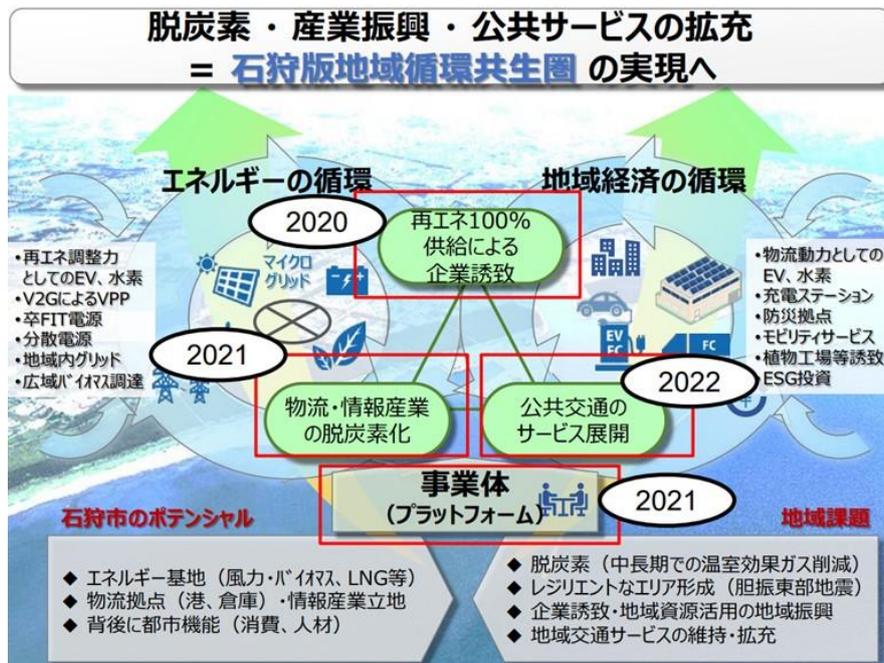


図 1-2-5 「石狩版地域循環共生圏」構想の全体イメージ
(出典：地域循環共生圏事例集（環境省）)

このうち、エネルギーの循環をめざす部分に関しては、「石狩市における再エネエリア設定を軸とした地産エネルギー活用マスタープラン」において、図 1-2-6 のようなシステム概要と、表 1-2-4 のような設備構成案が提示されている。対象エリア内で、自営線による自立したネットワークを構築して、AI 技術により再生可能エネルギーや蓄電池を制御して、需給の最適化を図るものである。

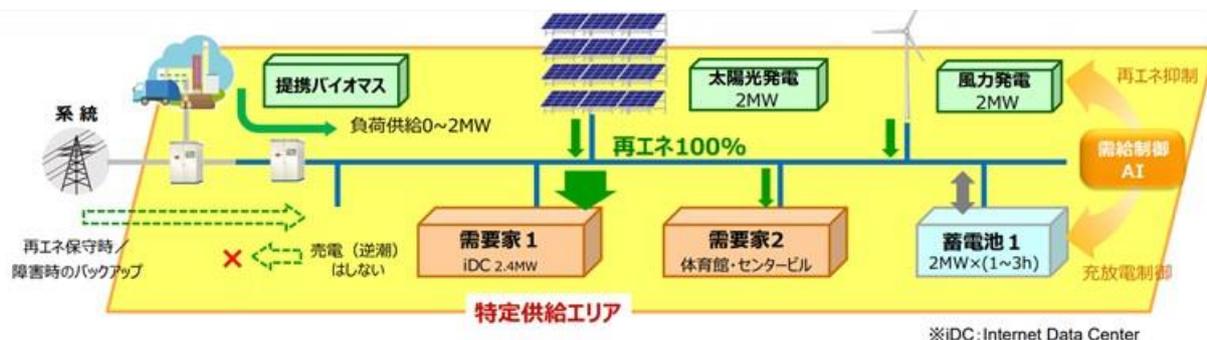


図 1-2-6 エネルギーマネジメントシステムの概要

(出典：経済産業省「平成 30 年度地域の特性を活かしたエネルギーの地産地消促進事業費補助金 構想普及支援事業」成果報告書)

表 1-2-4 エネルギーマネジメントシステムの構成

(出典：経済産業省「平成 30 年度地域の特性を活かしたエネルギーの地産地消促進事業費補助金 構想普及支援事業」成果報告書)

項目	出力、容量、用途、台数等		備考
対象需要	データセンター（予定）定格 2,400kW		<ul style="list-style-type: none"> 合成需要：最大 2,000 ~ 2,500kW（データセンター満床時） 年平均需要：1,000 ~ 2,000kW
	センタービル（予定）定格 180kW		
	体育館 契約電力 50kW		
EMS システム	需給予測 AI 及び制御最適化 AI の活用		
電源・熱源	太陽光	定格 2,000kW（余剰時、抑制）	
	風力	定格 2,000kW（余剰時、抑制）	
	バイオマス	0~2,000kW 程度（不足時、購入量）	
蓄電池	2,000kW×3h		
その他	自営線：5km 雪氷冷房併用：省エネ性能を最大化する（PUE ⁷ 1.2 未満とする）予定		

⁷ Power Usage Effectiveness：データセンターのエネルギー効率

②事業スキーム

環境省「令和元年度地域の多様な課題に応える脱炭素型地域づくりモデル形成事業」において、石狩市は、同市が事業統括役として、地域関係者との連絡・調整を行うとともに、設立予定の地域サービス会社（SPC）への参画等を行い、電力会社が電源開発促進の協力、再エネ関連産業育成支援・連携、地域密着型ビジネス開発支援・連携、情報提供等を行い、金融機関・再生可能エネルギー企業・運輸系企業が資金・電源・公共交通サービスの提供を行うことを想定している。具体的には、図 1-2-7 のような事業スキームをめざしている。

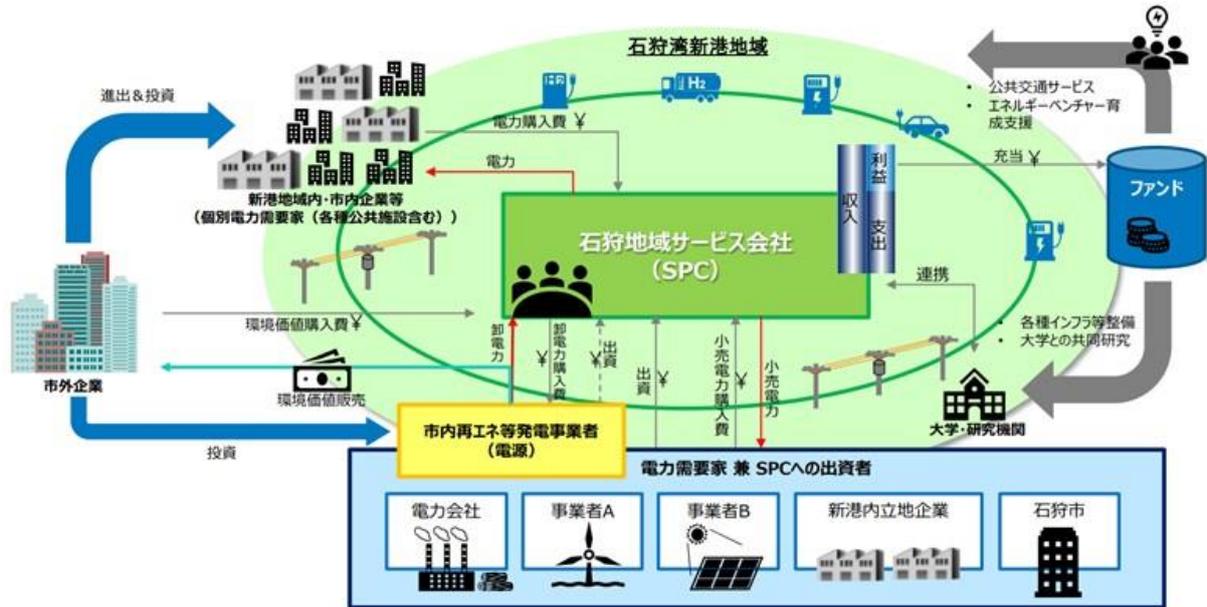


図 1-2-7 需給一体型ビジネスモデル

(出典：環境省「令和元年度地域の多様な課題に応える脱炭素型地域づくりモデル形成事業」選定事業団体公開資料)

(4) 今後の予定

石狩市が、環境省「令和元年度地域の多様な課題に応える脱炭素型地域づくりモデル形成事業」において想定した、地域循環共生圏の実現に向けた主要なステップは表 1-2-5 の通りとなっている。

表 1-2-5 「石狩版地域循環共生圏」実現に向けた主要なステップ (2021 年以降)

(出典：環境省「令和元年度地域の多様な課題に応える脱炭素型地域づくりモデル形成事業」選定事業団体公開資料)

時期	実施内容
2021 年～	再エネ事業体（地域サービス会社）設立
2022 年～	再エネのモビリティの活用開始（新たな公共交通サービスの開始）
2040 年	再エネ 100%供給による企業誘致、物流・情産業の脱炭素化、公共交通サービスの展開による石狩版地域循環共生圏の実現

2-1-3. 清掃工場排ガスからの二酸化炭素分離回収・活用（CCU）事業： 佐賀県佐賀市

（1）背景と目的

カーボンニュートラルを実現する手法としては、再生可能エネルギー等の非化石エネルギー源への転換のほかに、化石燃料等の燃焼で発生した CO₂ を回収して貯留する CCS や、CO₂ を回収して資源として利活用する CCU が挙げられる。

現在、CCS は、化石燃料の採掘地や、事業用火力発電所のような CO₂ の大規模発生源周辺で検討や実証が行われている場合が多いと見られ、地域の中で発生した CO₂ をその場で回収する取り組みは、ほぼ例が無いと思われる。また、回収した CO₂ を、資源としてどのように活用していくかについては、現在もさまざまな技術開発が進行中である。

本項では、バイオマス産業都市構想の一環として、清掃工場の排ガスから CO₂ を回収して、植物工場や微細藻類の培養に活用している、佐賀県佐賀市の取り組みを概観する。

（2）佐賀市のバイオマス産業都市構想について

佐賀県佐賀市では、2008 年に「佐賀市環境基本計画」を策定し、2010 年には「佐賀市環境都市宣言」を行い、市民、事業者、行政などが協力して、自然環境との調和に配慮したまちづくりに取り組んでいる。まちづくりの推進に当たっては、まちなみ、景観、農用地や森林など、地域の人にとって暮らしやすい環境を守るため、行政と市民、事業者などの連携を図ることにより、計画的な土地利用や秩序ある開発を推進している。

同市では、上記のようなまちづくりを進めるうえで、特にバイオマス資源を活用することにより、環境に配慮したまちづくりに努めていく方針のもと、2014 年 7 月に「佐賀市バイオマス産業都市構想」を策定した。「バイオマス産業都市構想の策定によって、市民、事業者、行政がそれぞれの立場で、省資源、省エネルギーの推進や廃棄物の少ない循環型社会の構築を目指し、「共助」と「協働」をキーワードに取組みを図る」、としている。

同構想の全体概要は図 1-2-8 のとおりで、ごみ処理施設や下水処理施設など既存の施設を活用しつつ、市が仲介役を果たし企業間の連携を実現しながら、「廃棄物であったものがエネルギーや資源として価値を生み出しながら循環するまち」を目指すべき将来像としている。

バイオマス産業都市を具現化するために事業化するプロジェクトは、以下の 6 件である。

- ・ 清掃工場二酸化炭素分離回収事業
- ・ 木質バイオマス利活用事業
- ・ 下水浄化センターエネルギー創出事業
- ・ 微細藻類培養によるマテリアル利用及び燃料製造事業
- ・ 家畜排せつ物と事業系食品残さとの混合堆肥化事業
- ・ 事業系食品残さと有機性汚泥の混合利用事業

本事例で紹介する清掃工場二酸化炭素分離回収事業は、6 事業の一つに位置づけられている。



図 1-2-8 佐賀市バイオマス産業都市構想の全体概要
 (出典：佐賀県佐賀市ホームページ)

(3) 清掃工場排ガスからの二酸化炭素分離回収・活用 (CCU) 事業の概要と実施主体

① 清掃工場二酸化炭素分離回収事業実現に至る経緯

市町村合併により、佐賀市には 2007 年時点で 4 箇所のごみ焼却施設が存在した。これらの施設の運営経費の節減を目的として焼却施設の統合を計画、実行し、2014 年に佐賀市清掃工場へのごみ処理業務統合が完了した。現在の佐賀市清掃工場の概要を表 1-2-6 に示す。

表 1-2-6 佐賀市清掃工場の概要 (出典：環境省廃棄物処理技術情報 (令和元年度版))

項目	数値・仕様等
年間処理量 (t/年度)	73,802.12
施設全体の処理能力 (t/日)	300
処理方式	ストーカ式 (可動)
焼却熱の利用方法	温水、蒸気、発電
発電能力 (kW)	4,500
廃熱回収能力 (MJ)	655,200,000

ごみ焼却施設の統合により、佐賀市清掃工場のごみ処理量増加が見込まれたため、立地地域におい

ては迷惑施設と思われがちな清掃工場を歓迎される施設へと転換するべく、清掃工場の焼却熱利用(表1-8)に加えて、さらに新たな付加価値を生み出す検討を行った。その検討過程の中で、ごみ焼却時に発生するCO₂に着目し、そのCO₂を施設園芸・植物工場・藻類培養の資源として活用することで、清掃工場周辺に新たな産業を創出するアイデアが生まれた。

清掃工場でのごみ処理の排ガスからCO₂を取り出し、産業利用することは全国でも例がなかったため、同市ではまず小型の試験機を設置して、2013年度から2014年度までCO₂の安全性や費用対効果の実証的な検討を行った。その結果、野菜の生育促進効果や食品としての安全性を確認できたため、CO₂分離回収設備の実プラントを設置し、2016年8月から運用開始した。

②事業概要

佐賀市バイオマス産業都市構想においては、佐賀市清掃工場とCO₂分離回収設備を組み合わせた事業イメージを、図1-2-9のとおり示している。

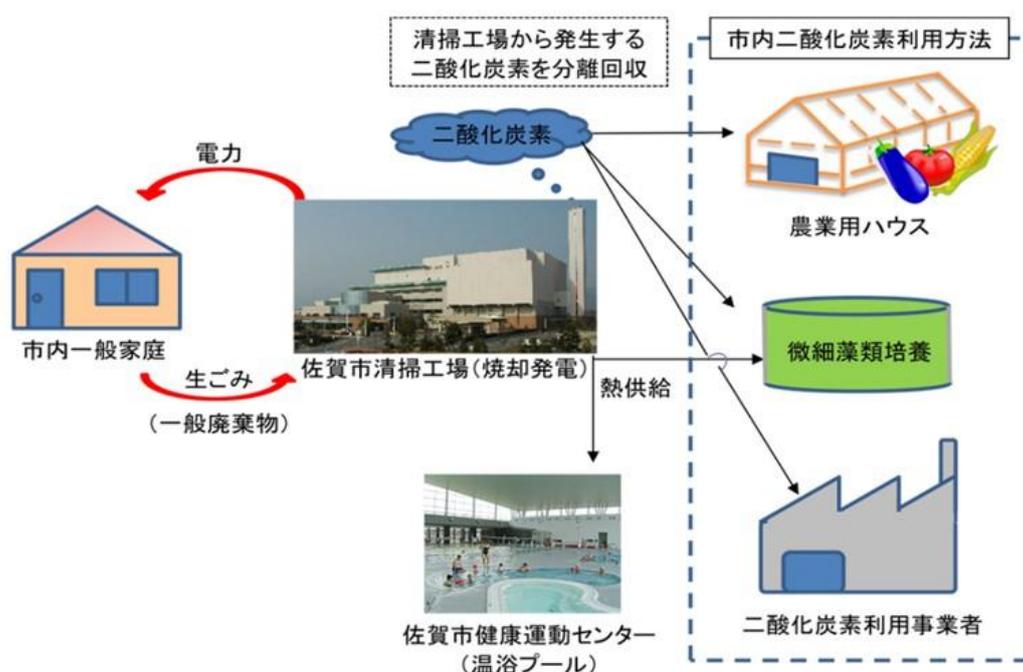


図 1-2-9 佐賀市清掃工場二酸化炭素分離回収事業イメージ
(出典：佐賀市バイオマス産業都市構想)

佐賀市清掃工場のCO₂分離回収設備は、ごみ焼却で発生する排ガス(CO₂濃度12%)から、1日10tのCO₂(濃度約100%)を分離回収することができる。回収したCO₂は、純度99.5%以上であり、パイプラインを通じて気体のまま植物工場や藻類培養施設へ供給され、活用される。

なお、本設備では、アミン系吸収液を使用し、図1-2-10のようなサイクルで排ガスからCO₂を分離回収している。吸収液からCO₂を分離する際には、清掃工場の焼却熱を活用している。

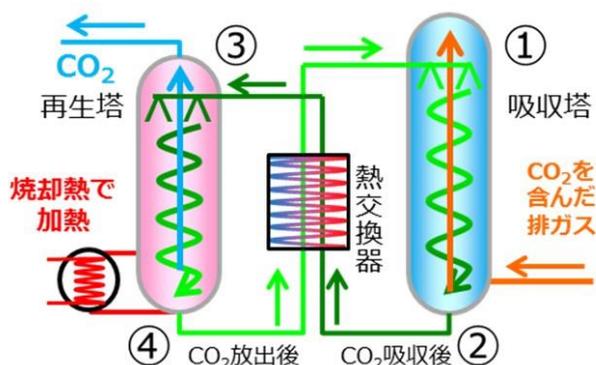


図 1-2-10 設備写真と CO₂ 分離回収のしくみ
(出典：佐賀県佐賀市ホームページ)

【図 1-2-10 に示す CO₂ 分離回収サイクル】

- (図中①) 吸収塔で低温の吸収液が CO₂ を吸収。
- (図中②) CO₂ を吸収した吸収液を吸収塔から再生塔へ移動。
- (図中③) 再生塔内で温められた吸収液が CO₂ を放出。CO₂ は貯留タンクへ移動。
- (図中④) CO₂ を放出した吸収液は再び吸収塔へ。

③実施主体

佐賀市清掃工場二酸化炭素分離回収事業において、CO₂ の分離回収と供給は佐賀市が実施し、植物工場や藻類培養施設においては、各々の事業者が CO₂ の供給を受けて操業している。

(4) まとめ・今後の展開

佐賀市では、地域のごみを焼却したエネルギーを回収するとともに、排ガス中の CO₂ を「資源」と捉えて回収している。言うなれば地産地消型の CCU で、エネルギー・資源の地域内循環も実現している。また、「CO₂ を活用した植物の光合成促進」という、確立された技術を用いることで、比較的順調に事業の実現に至ったものと考えられる。今後、新たに高効率・低コストな CO₂ 活用の技術が開発された場合は、さらに関連の産業が拡大する可能性を秘めている。

また、清掃工場は全国に存在し、植物工場等も全国に立地可能であるため、本事業の技術は、立地・運営上の条件が整えば、他地域でも展開が可能と考えられる。

2-1-4. 地域バイオマスを活用したエネルギー地産地消事業： 愛知県半田市、株式会社 ビオクラシックス半田

(1) 背景と目的

地域の課題は、その場所によって様々である。半田市では従来より畜産臭気・農業担い手不足・ごみ削減の課題を抱えており、事業者は施設園芸におけるエネルギー源（化石燃料の価格変動）に課題を抱えていた。再生可能エネルギーは複数あるが、中でもバイオガス発電は畜産系・食品系の廃棄物を原料として利用可能であり、電気・熱などのエネルギーに加えて肥料生産も可能で、農業と通じた取組みとする事で半田市および事業者の課題解決に有効である事に着目した。

また、廃棄物処理のような顕在化した課題は、対応の優先度・緊急性が高いと考えられ、廃棄物削減のみならず、エネルギー回収等多面的な価値を引き出すことができることから、地産地消型の地域エネルギーシステムと言える。

本項では、廃棄物の削減・活用、農業者の育成、新規な電源の創出等を目的として、家畜ふん尿等を地域のバイオマス資源と捉えて、これを原料としたバイオガス発電を行うことによって、電力利用をはじめ、排熱・排ガスを利用した植物工場操業や、発酵消化液の液肥利用、畜産ふん尿の臭気低減をめざす、愛知県半田市での取組みを概観する。

(2) 愛知県半田市のバイオマス産業都市構想について

①愛知県半田市の農業

愛知県半田市における農業は、市西部を中心に営まれており、表 1-2-7 に示す通り、畜産が占める割合が大きい。また、表 1-2-8 に示す通り、畜産は大規模な経営体が多く、1戸あたりの市町村別飼養頭羽数は、乳用牛、肉用牛、採卵鶏とも愛知県下で第1位となっている。

表 1-2-7 愛知県半田市の農業産出額（2019年 推計）

（出典：農林水産省ホームページ「わがマチ・わがムラー市町村の姿」）

	耕種	畜産	合計
農業産出額（千万円）	112	657	769

表 1-2-8 愛知県半田市の家畜飼養農家数、頭羽数の推移

（出典：愛知県半田市ホームページ「半田の農業について」）

	乳用牛	戸数	肉用牛	戸数	豚	戸数	採卵鶏	戸数
1998年	5,200	54	6,300	38	10,100	7	154,400	9
2003年	5,160	49	7,080	31	10,700	6	357,000	8
2008年	5,023	39	7,418	29	8,536	4	635,000	5
2013年	4,944	33	7,477	27	8,905	3	677,582	5
2018年	4,088	26	6,370	27	6,487	4	649,037	6

②愛知県半田市におけるバイオマスの利用状況と課題

図 1-2-11 に、愛知県半田市における、バイオマスの賦存量と利用量を示す。バイオマス全体に占める廃棄物系バイオマスの割合が多いことが見て取れる。さらに、廃棄物系バイオマスの 77%が畜産ふん尿であり、畜産が盛んな同市の農業の特徴を反映しているものと考えられる。

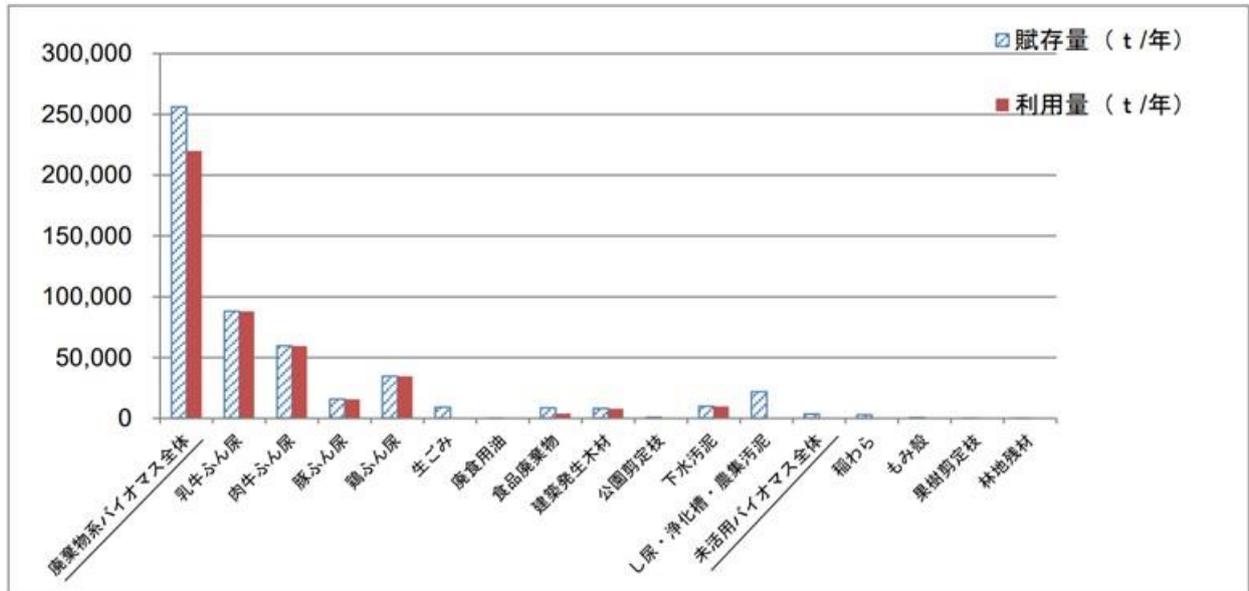


図 1-2-11 愛知県半田市のバイオマス賦存量と利用量（出典：半田市バイオマス産業都市構想）

これまで同市では、畜産ふん尿について、農家や堆肥化事業者（半田市グリーンベース生産組合）等によって全量堆肥化処理され、市内外に販売してきた。しかしながら、水分が多い畜産ふん尿を、ハウスで送風乾燥する工程が臭気問題を引き起こす一因となっており、この臭気の低減が喫緊の課題となっていた。

同市では、2002 年度から 2004 年度にかけて、畜産ふん尿を始めとするバイオマスをメタン発酵させ、発生したバイオガスで発電、発酵残渣は炭化するフィージビリティスタディを行ったが、事業化は困難という結果に至った。その後も、ふん尿乾燥後の堆肥の市外への運搬、消臭システムの設置、消臭資材の購入等に対する補助や、臭気低減対策・監視方法に関する大学との共同研究を実施してきたが、最終的に「臭気問題を解決するため、別の資源化を検討する必要がある」ことをあらためて認識した。

③「半田市バイオマス産業都市構想」の策定

「第 6 次半田市総合計画（計画期間：平成 2011 年度～2020 年度）」では、半田市の目指すべき将来の都市像を「次代へつなぐ市民協働都市・はんだ」としており、この都市像を実現するためのまちづくりの目標として、以下の 3 点を掲げている。

- ・協働による自立した地域経営のまち
- ・地域資源を生かし魅力ある文化を創造・発信し続けるまち
- ・安全で快適な環境のもとで安心して暮らせるまちづくり

また、上記の三方針に沿って、「畜産臭気対策」、「資源循環型地域社会の形成や廃棄物の処理」、「環境保全型農業の推進」、「災害時に備えた施設整備・対策の推進」といった施策を掲げている。

同市では、以上の経緯を踏まえるとともに、同市のバイオマスを活用する事業化プロジェクトの実現により、表 1-2-9 および図 1-2-12 に示す将来像を目指す「半田市バイオマス産業都市構想」を、2016年7月に策定した。

表 1-2-9 バイオマス活用事業化プロジェクト（出典：半田市バイオマス産業都市構想概要版）

項目	内容（要約）
1) 畜産ふん尿等を利用したバイオガス発電プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 畜産ふん尿、食品廃棄物、生ごみを利用したメタン発酵によるバイオガス発電 災害時の市民への電力供給
2) 排熱・排ガスを利用した植物工場プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 排熱、排ガス（CO₂）を熱源、植物育成促進用として利用し、環境制御型植物工場ではトマトなどを栽培 新しい農業の確立と普及、次世代を担う農業者の育成
3) 消化液の液肥利用プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 消化液の耕作放棄地等への散布及び飼料作物等の栽培
4) 畜産ふん尿の臭気低減プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 畜産ふん尿をメタン発酵施設で受け入れ臭気を低減 従来の臭気対策に加え、固液分離を促進し、総合的な対策により臭気を低減

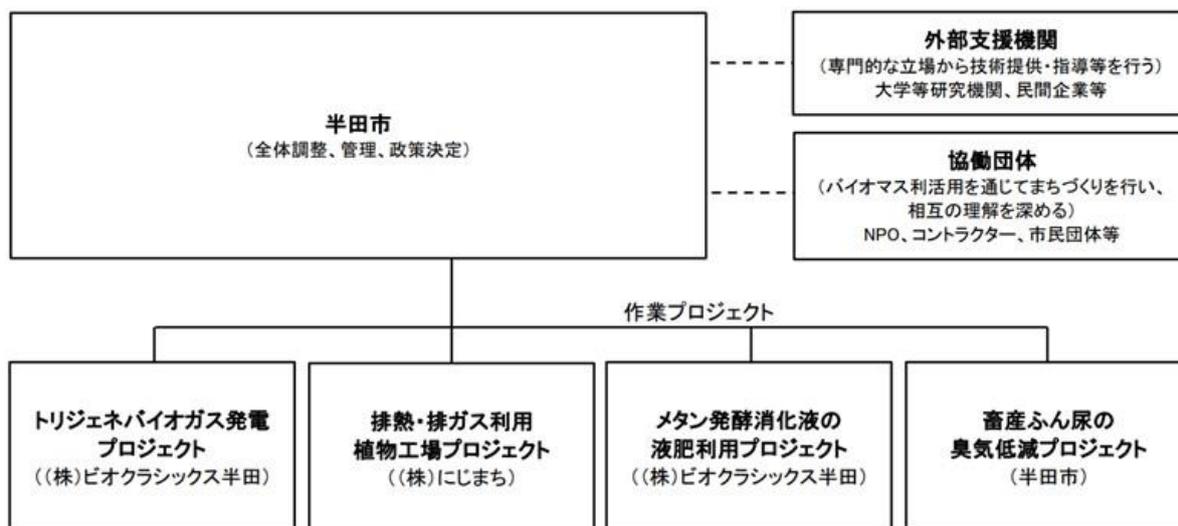


図 1-2-12 バイオマス活用のイメージ（出典：半田市バイオマス産業都市構想概要版）

(3) 事業化プロジェクトの実施体制と、各プロジェクトの概要

①事業化プロジェクトの実施体制

半田市バイオマス産業都市構想が策定された後、4件の事業化プロジェクトの実現に向けて、中核となる畜産ふん尿等を利用したバイオガス発電（トリジェネバイオガス発電）プロジェクトを遂行する、株式会社ビオクラシックス半田が、2017年2月に設立された。このほか、2013年から同市でミニトマトのハウス栽培に取り組んできた株式会社じまち等、関係者によって、図1-2-13に示す推進体制が構築された。



※ 各作業プロジェクトは、互いに連携、情報交換を行い補完していく

図1-2-13 事業化プロジェクトの推進体制

(出典：半田市バイオマス産業都市構想中間評価報告書（愛知県半田市）)

②-1 各プロジェクトの概要（トリジェネバイオガス発電）（表1-2-10および図1-2-14 参照）

表1-2-10 トリジェネバイオガス発電プロジェクトの概要

(出典：半田市バイオマス産業都市構想中間評価報告書（愛知県半田市）)

項目	内容
施設名	バイオぐるファクトリーHANDA
所在地	愛知県半田市松堀町
事業主体	株式会社ビオクラシックス半田
処理対象物	半田市内で発生する牛ふん尿および 同市内・愛知県内で発生する廃食品・廃飲料等
処理方式	湿式中温メタン発酵、湿式高温メタン発酵
処理能力	100t/日（牛ふん尿10t※、廃食品・廃飲料等90t） （※半田市内で発生する牛ふん尿の約2.5%に相当）
発電能力	800kW（マイクロガスタービン）
発電量	6,460,135kWh/年
成果物	電気、蒸気・CO ₂ 、液肥・乾燥肥料



図 1-2-14 ビオぐるファクトリーHANDA全景

(出典：半田市バイオマス産業都市構想中間評価報告書（愛知県半田市）)

②-2 各プロジェクトの概要（排熱・排ガス利用植物工場）（表 1-2-11 および図 1-2-15 参照）

表 1-2-11 排熱・排ガス利用植物工場プロジェクトの概要

(出典：半田市バイオマス産業都市構想中間評価報告書（愛知県半田市）)

項目	内容
所在地	愛知県半田市松堀町
事業主体	株式会社にじまち
事業概要	トリジェネバイオガス発電の排熱・排ガスを利用し、高糖度トマトなどを栽培する。



図 1-2-15 排熱・排ガス利用植物工場の全景イメージ（提供：株式会社ビオクラシックス半田）

②-3 各プロジェクトの概要（メタン発酵消化液の液肥利用）（表 1-2-12 参照）

表 1-2-12 メタン発酵消化液の液肥利用プロジェクトの概要

（出典：半田市バイオマス産業都市構想中間評価報告書（愛知県半田市））

項目	内容
事業主体	コントラクター（今後決定）
計画区域	愛知県半田市内及び周辺地域
事業概要	トリジェネバイオガス発電のメタン発酵から排出される消化液をバイオ液肥化し、地域の農地に散布をする。

②-4 各プロジェクトの概要（畜産ふんの臭気低減）（表 1-2-13 参照）

表 1-2-13 畜産ふんの臭気低減プロジェクトの概要

（出典：半田市バイオマス産業都市構想中間評価報告書（愛知県半田市））

項目	内容
事業主体	半田市の畜産農家、半田市、地元企業
計画区域	半田市西部地域
事業概要	畜産ふん尿の含水率低減を図るため、固液分離を導入し、処理する。 （固形分はたい肥化・液分はメタン発酵バイオガス施設で処理）

（4）事業化プロジェクトの進捗状況と今後の展開

2021年12月に半田市が発表した「半田市バイオマス産業都市構想中間評価報告書」では、各事業化プロジェクトの進捗状況・課題・今後に向けて、以下のとおりまとめられている。

全体としては、トリジェネバイオガス発電施設完成が、当初計画より1年半遅れた（2021年10月）ため、スケジュールが若干移動したものの、軽微な変更の上で、引き続き4件の事業化プロジェクトを推進していく予定である。

4件の事業化プロジェクトは、畜産廃棄物を地域の資源と位置付けて活用し、エネルギー・CO₂・肥料等の新たな価値を生み出して地域へ還元するもので、地域の特色を活かした地域循環の事例として、注目される。

①トリジェネバイオガス発電プロジェクトの進捗状況

ア．進捗状況

（進捗の指標と進捗状況）

バイオガス発電施設の計画、設計、調達、建設等の進捗管理	完成
バイオガス発電施設の試運転、性能確認	完了
バイオガス発電施設の維持管理・運営・各種数値計測	実施中
売電先との交渉、契約	完了
生ごみ、食品廃棄物及び畜産ふん尿の収集体制の整備	実施中

各種許認可の取得に時間を要し、当初計画書からは1年半の遅れが生じたほか、工事中も湧水・台風・新型コロナウイルス感染症対策といった影響を受けたが、バイオガス発電施設は、2021年10月に完成した。

イ. 課題

- ・建設コストと事業性確保： 資材高騰や社会情勢変化のリスク
- ・家畜ふん尿・生ごみの調達： 一般・産業廃棄物は施設完成後の処分業許可取得後に調達契約となるため、スムーズな調達が課題
- ・液肥利用先の確保： 利用実験で有効性確認、農家の理解と販路確保

ウ. 今後に向けて

本プロジェクトを起点として、地域内循環の仕組みを構築すると共に、市内の再エネ電源や公共施設を含め、官民連携によるレジリエンス強化を図るとともに、エネルギーの地産地消を目指した「地域新電力」についても調査・研究を行う予定である。

2022年に実施予定のバイオガス発電施設におけるブラックアウト対策工事により、災害等による外部電源喪失時の自己復旧や市民への余剰電力供給を可能とすると同時に、地域新電力の自営線を介した災害拠点施設への送電を検討する。

②植物工場プロジェクトの進捗状況

ア. 進捗状況

エネルギー需給元となるバイオガス発電施設の状況に合わせ、2023年度の栽培開始に向けて現在建設工事中である。

イ. 課題

- ・建設コストと事業性確保： 投資回収に長期間を要すること、エネルギーの効率的な利用方法
- ・販売先の確保： 新型コロナウイルス感染症等の外的要因を受けにくい販売先確保

ウ. 今後に向けて

隣接するバイオガス発電施設からは、蒸気、排ガスが持つ熱、排ガス中のCO₂が供給され、植物工場内のエネルギーマネジメントにも利用する。また、スマート農業を取り入れた安定的で先進的な施設栽培を行う。

事業者の(株)にじまち常滑農場では、高品質な自社ブランド農作物として一定の評価を得ている。新型コロナウイルス感染拡大の影響により、野菜の販売先の休業や閉店等の事態が発生しているが、インターネット販売や直売所にて消費者へ直接販売する事でその影響を最小化すると同時に、逆に販路拡大にもつながっている。本プロジェクトでは、サステイナブルで脱炭素型のブランド農作物として販売を計画しているが、外的要因の影響を最小限とする販路確保が重要であると考えている。

③液肥利用プロジェクトの進捗状況

ア. 進捗状況

バイオガス発電施設の消化液（バイオ液肥）の成分がまだ不安定であり、肥料登録は未完了。液肥散布は2021年度に肥効分析、2022年度に散布実験（半田市・阿久比町・南知多町・碧南市）を実施する予定であり、有効性を明確にして、今後推進していく。

イ. 課題

- ・液肥利用調査： 先行事例の調査、運搬・散布方法の調査・検討
- ・生産農家への周知： 関係自治体や大学等研究機関との研究会開催、生産者へのPR活動、バイオガス発電施設や公共施設等での市民向け無料配布方法の検討

ウ. 今後に向けて

半田市内の農家や市民へ向けた認知度向上の為、公共施設や市民農園等での無償提供等の取組みを検討する。また、市内の耕作放棄地を有効活用して飼料米や牧草栽培等による畜産業との連携を検討する。

市内の農業高校で液肥栽培を行った農作物を生徒が調理するなど産官学連携の取組みも検討する。

④畜産ふん尿の臭気低減プロジェクトの進捗状況

ア. 進捗状況

これまでに、臭気の強い施設をある程度特定した。ふん尿の含水率を低減することが臭気対策として最も有効な方法であるため、今後、ふん尿の「固液分離」普及に向けたモデル事業として、本プロジェクトを推進する。

イ. 課題

- ・酪農農家への周知： 畜産ふん尿の固液分離のメリット周知、固液分離機器の導入調査

ウ. 今後に向けて

半田市内の畜産臭気低減と環境負荷低減のため、モデル農家を選定してふん尿の固液分離装置による臭気低減効果の検証を行う。また、「トリジェネバイオガス発電プロジェクト」、「液肥利用プロジェクト」と連携した取組みを推進するため、酪農組合と連携するなどにより、農家への認知度向上に努める。

2-2. エネルギー需給評価プラットフォーム構築に関する先行研究

2-2-1. 地域の熱・電力エネルギー需要量の推定と全国データベース作成： 東北大学大学院工学研究科技術社会システム専攻中田研究室

(1) 背景と目的

2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、地域エネルギーシステムに再生可能エネルギーを大量導入するにあたっては、柔軟かつ効率的に需給を調整できることが必要である。電力需給調整の一環として、エネルギー需要管理を進めるためには、各地域の電力需要の時間変動と空間分布を詳細に把握することが必要である。また、今後の再生可能エネルギー普及に伴い、熱需要の一部が電力需要へ移行する可能性に留意する必要がある。

そこで、東北大学大学院工学研究科技術社会システム専攻中田研究室では、国勢調査や全国地理データベースにおける250m四方に区分された世帯数・建物情報データと熱需要原単位を組み合わせ、年間温熱需要を推計するとともに、全国の1時間単位電力需要データと人口統計を組み合わせ、市町村単位の電力需要変動を推計した。

地域のエネルギー需要を推計・データベース化した研究事例として、以下に概要を紹介する。なお、本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構の「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」における、研究開発項目A「IoE 社会のエネルギーシステムのデザイン」のうち、A-③「地域エネルギーシステムデザインのガイドラインの策定」の一環として実施された。図1-2-16に、ガイドライン策定のイメージを示す。

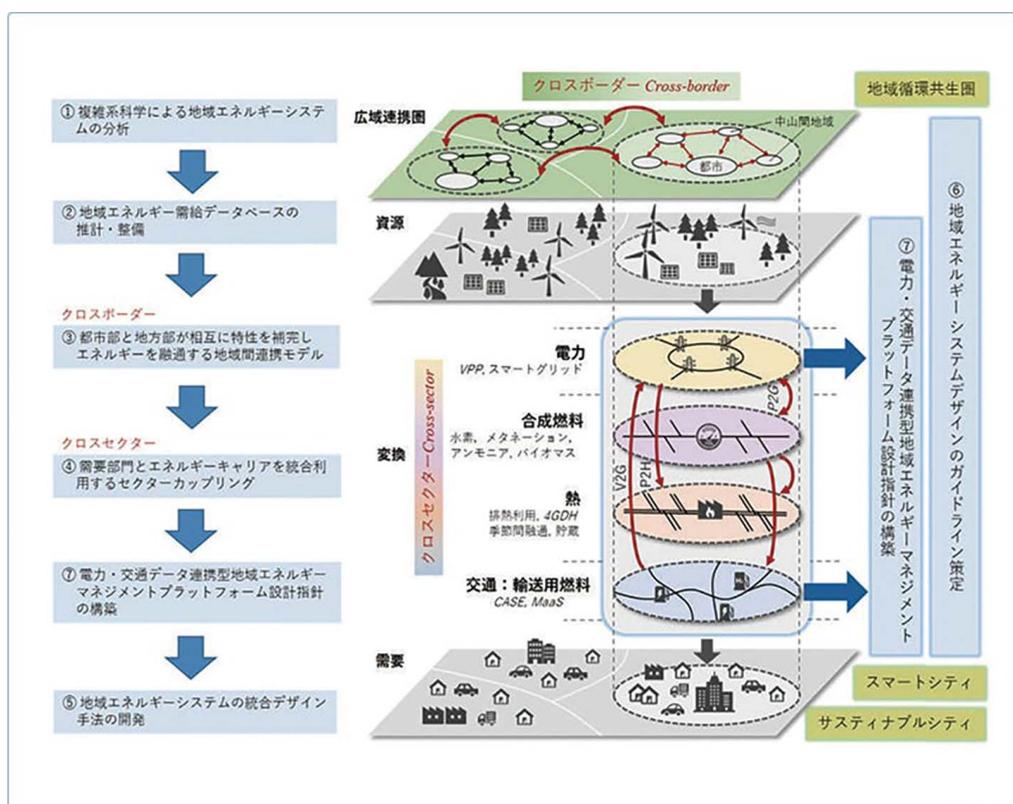


図 1-2-16 「地域エネルギーシステムデザインのガイドラインの策定」のイメージ
(出典：SIP ホームページ (国立研究開発法人 科学技術振興機構))

(2) 全国の温熱需要の推計について

再生可能エネルギーの大量導入にあたっては、発生する余剰電力を熱や輸送用エネルギーに転換して利用する手法が考えられる。そのため、暖房・給湯・厨房等の温熱需要を把握することは、余剰電力活用のポテンシャルを検討する上で重要であることから、以下のとおり推計を実施した。

①推計手法

全国を 250m のメッシュで区分して、家庭部門および業務部門の温熱需要をメッシュ単位で推計する。ここで、温熱需要は暖房需要と給湯需要、厨房需要の合計値とする。推計の手法を図 1-2-17 に示す。(図中青色の項目は利用した統計および各種データ、白色の項目はそれをもとに作成したデータを示す。)

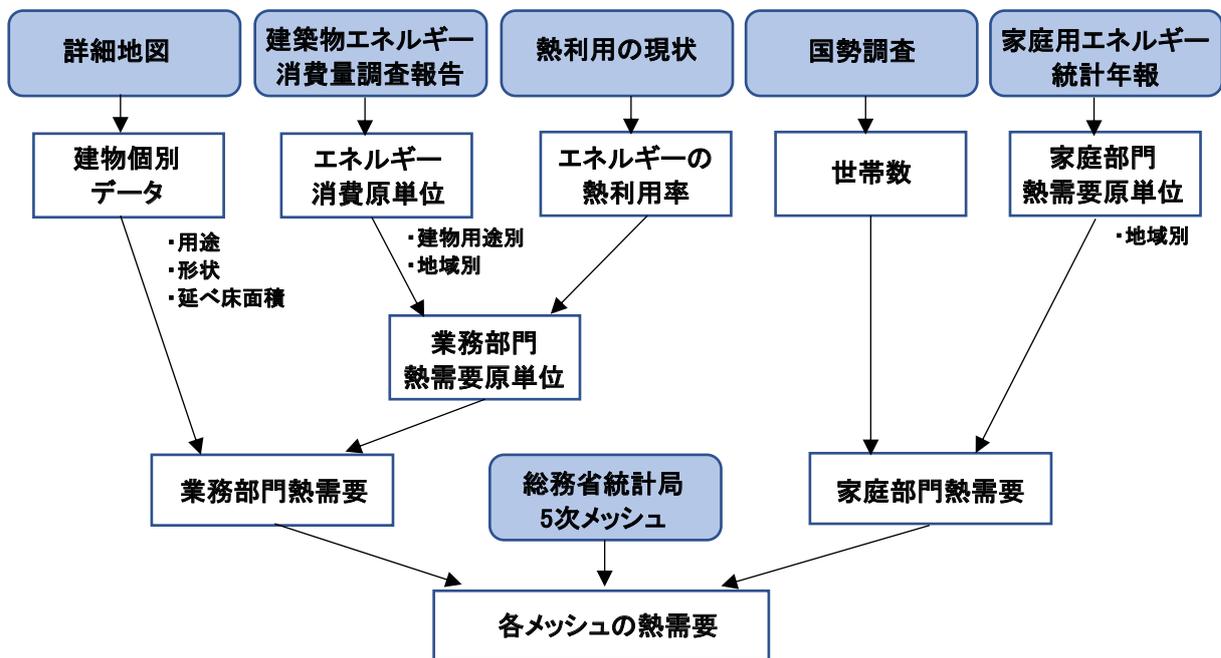


図 1-2-17 温熱需要の推計手法

(出典：第 40 回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集)

家庭部門の温熱需要は、国勢調査から 250m メッシュごとの世帯数データを抽出し、家庭用エネルギー統計年報の地域別熱需要原単位を乗じて推計した。

業務部門の温熱需要は、Esri 社の ArcGIS Geo Suite 詳細地図から建物の用途および延べ床面積を抽出し、建築物エネルギー消費量調査報告および資源エネルギー庁の資料から算出した熱需要原単位を乗じて推計した。

②推計結果

図 1-2-18 に家庭部門の推計結果を示す。全国の総温熱需要量は 1.20EJ (エクサジュール、 1.20×10^{12} MJ) であった。関東や大阪、名古屋などの平野部や、山形、甲府などの盆地部に温熱需要が集中している。家庭部門は、人口の分布と強い相関関係があると考えられる。

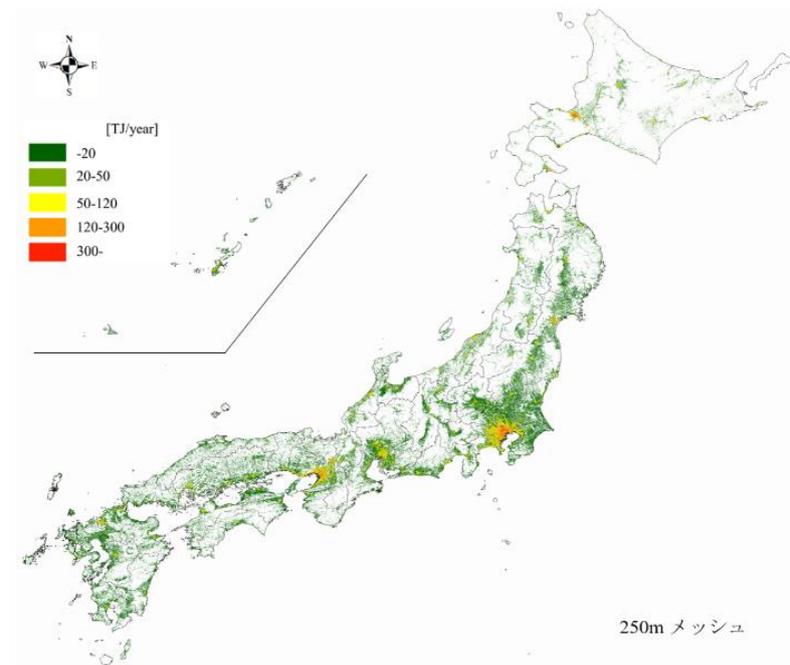


図 1-2-18 家庭部門の温熱需要マップ（全国）

（出典：第 40 回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集）

図 1-2-19 に業務部門の推計結果を示す。全国の総温熱需要量は 2.12EJ であった。家庭部門に比べ建物の絶対数が少ないものの、建物一つあたりの温熱需要量が多いため、合計値では業務部門の方が上回る結果となった。

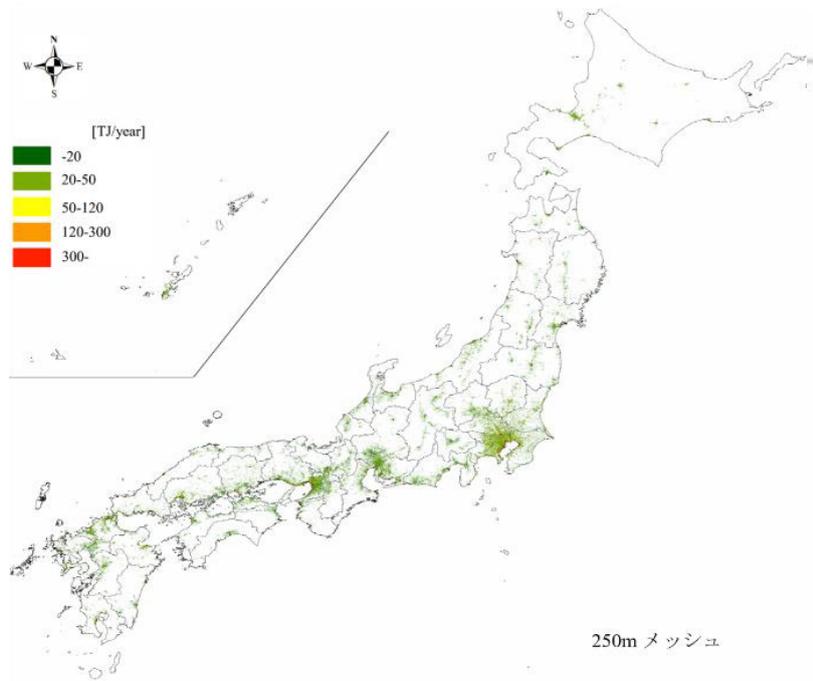


図 1-2-19 業務部門の温熱需要マップ（全国）

（出典：第 40 回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集）

③考察および課題

中田研究室では、図 1-2-18 および図 1-2-19 中の、温熱需要密度が高い、橙色および赤色で示した地域について、地域熱供給や温熱需要の電化を導入する価値があると指摘している。具体的には、東京湾沿岸部や大阪湾沿岸部などの都市部をはじめ、盛岡市や新潟市、金沢市など地方部の県庁所在地周辺も、高い温熱需要密度を示している。

資源エネルギー庁の資料によれば、家庭部門のエネルギー消費量（温熱以外の消費量を含む）は 1.77EJ で、今回の温熱需要推計値（1.20EJ）はこれよりも 33%小さく、業務部門のエネルギー消費量は 2.05EJ で、今回の温熱需要推計値（2.12EJ）はこれよりも 3%大きかった。いずれも、温熱需要のみを対象とした今回の推計の方が小さくなるはずなので、家庭部門の推計値は妥当と言える一方、業務部門の値は適切ではないと考えられる。中田研究室では、「温熱需要原単位設定上の課題」や「地方部における地図情報の欠損」といった要因を指摘している。

また、今回の推計値は年間合計値であって、「電力需給変動の推計に組み込むためには、1 時間ごとの時系列データを推計する手法の開発が今後の課題」としている。

（3）市町村別電力需要変動の推計について

①推計手法

全国 1,741 市町村別の電力需要を、主要 10 電力会社の 1 時間値データを用いて、按分法により推計した。通常は、按分指標として、業務部門については延べ床面積や従業員数が、家庭部門については世帯数が使用されるが、今回の推計では市町村別に全部門の電力需要を一括で推計するため、簡易化のため人口比を用いた。

また、推計値の精度を確かめるために、東北電力宮古変電所から送電されていると考えられる岩手県宮古地域を対象に、変電所の変圧器データをもとに作成した実測値と本推計による推計値を比較した。

②推計結果

各市町村の 8,760 時間分の電力需要を推計した。電力需要が最も小さい 5 月と、最大の 8 月の同日・同時刻の結果を図 1-2-20、図 1-2-21 に示す。人口の多い市町村に高い電力需要があることが読み取れるが、5 月と 8 月を比較すると需要量の違いがほとんど見られないことがわかる。

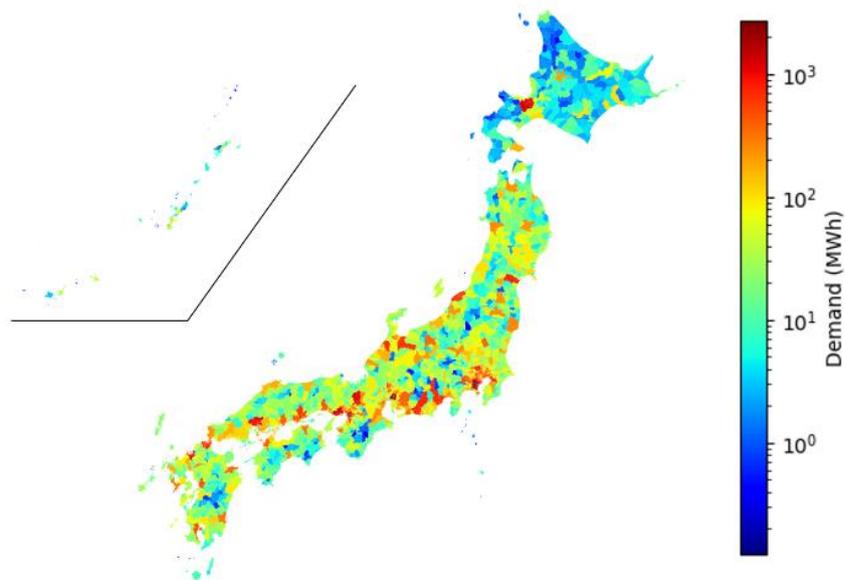


図 1-2-20 2019年5月15日12:00の市町村別電力需要
 (出典：第40回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集)

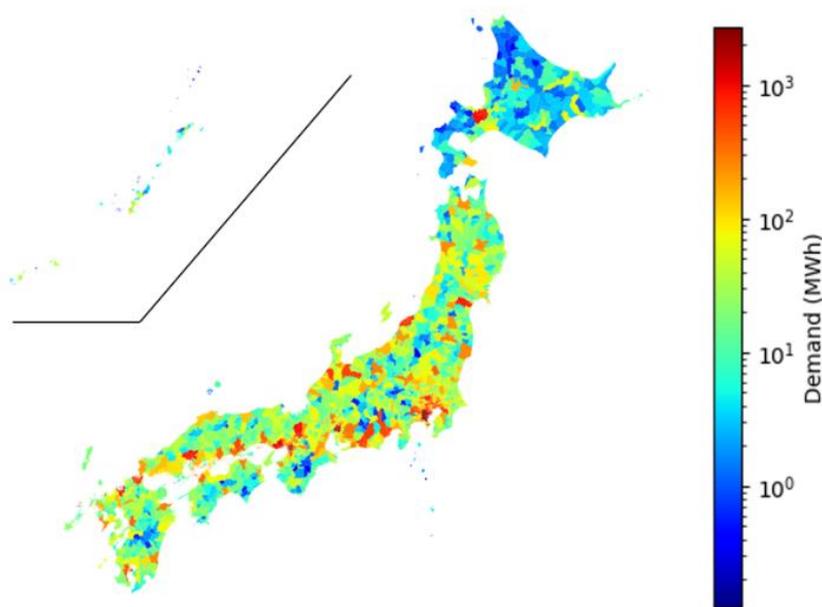


図 1-2-21 2019年8月15日12:00の市町村別電力需要
 (出典：第40回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集)

図 1-2-22 に代表地域（宮城県仙台市、宮城県名取市、沖縄県石垣市）の年間電力需要の変化を示す。いずれも相対的には5月と8月で大小関係が逆転する事は無く、これが需要量の変動が見られない原因だと考えられる。また、仙台市および名取市の変動の傾向が同様である点について、中田研究室では、「按分されるもとのデータが同じ東北電力管内全域のものであるため、本推計では、同一電力会社管内の市町村間の有意な比較が困難である」と分析している。

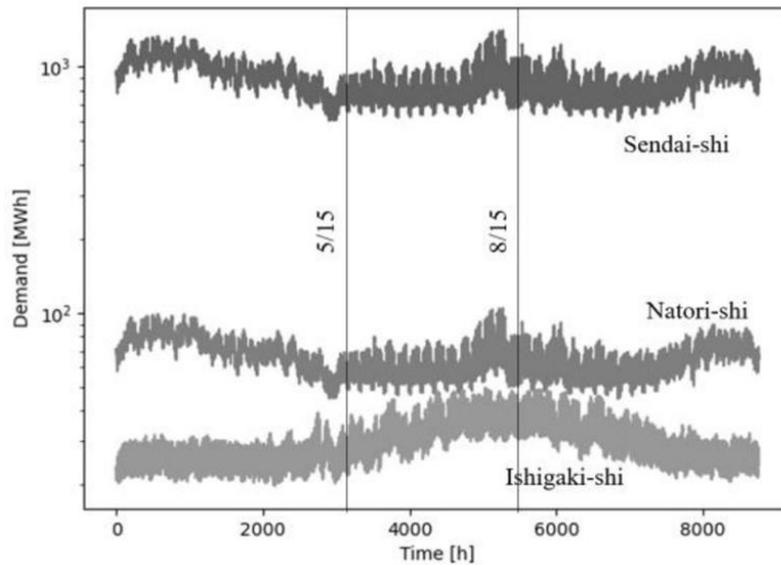


図 1-2-22 年間電力需要変動（代表地域）

（出典：第 40 回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集）

③考察および課題

図 1-2-23、図 1-2-24 に、岩手県宮古地域における推計値および実測値の時間変動を示す。ここで宮古地域とは、宮古変電所から送電していると見込まれる宮古市、久慈市、岩泉町、山田町、大槌町、田野畑村、普代村、野田村の計 8 市町村とする。推計値と実測値の共通点としては、冬季の朝晩の電力需要が高く、5 月の電力需要が全体的に少ないことが挙げられる。他方で、夏季の需要パターンが相互に異なっている。

推計値は昼間、実測値は夕方から夜間にかけて需要が高い。中田研究室では、モデルとした宮古地域が、東北電力管内全域と比べて、家庭部門の電力シェアが高いために差異が生じたものと分析している（表 1-2-14 参照）。すなわち、「各地域の産業構造を考慮した推計手法の開発が今後の課題」としている。

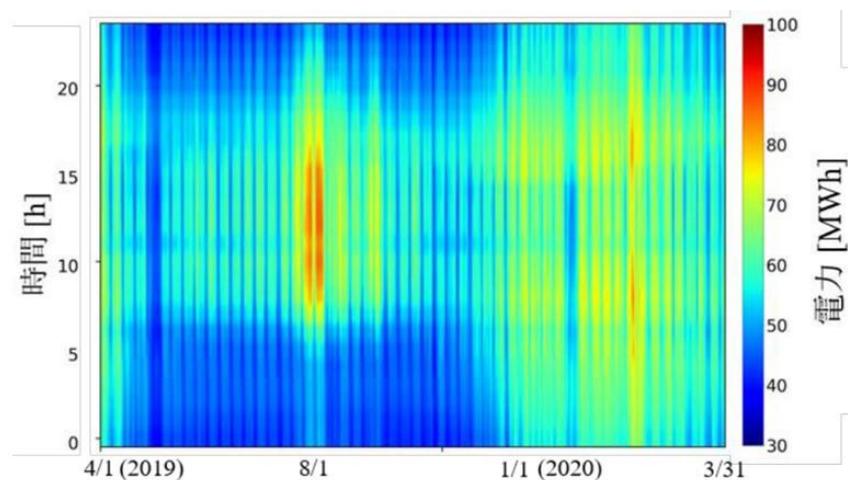


図 1-2-23 宮古地域の年間電力需要変動（推計値）

（出典：第 40 回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集）

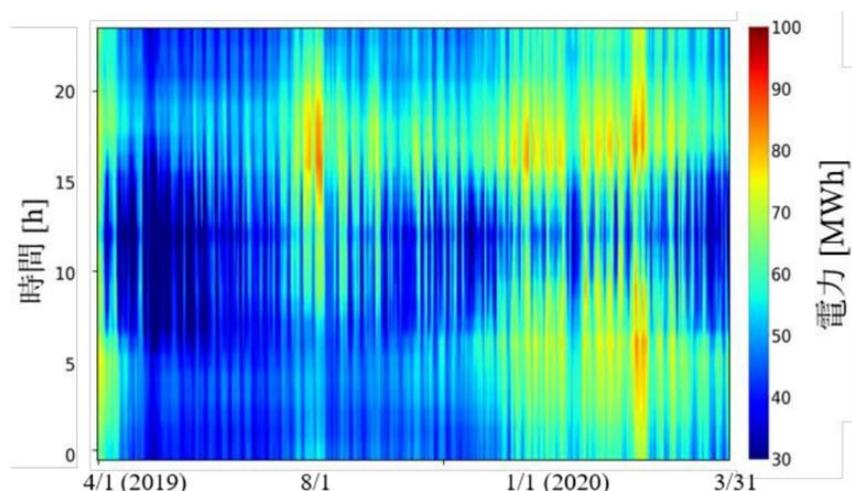


図 1-2-24 宮古地域の年間電力需要変動（実測値）
 （出典：第 40 回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集）

表 1-2-14 東北地方および宮古地域の需要部門別シェア割合
 （出典：第 40 回エネルギー・資源学会 研究発表会 講演論文集）

	産業部門	業務部門	家庭部門	計
東北地方	54%	21%	25%	100%
宮古地域	40%	24%	36%	100%

（４）まとめと今後の課題

本研究では、地域のエネルギー需要の推計・データベース化を試み、全国を 250mメッシュで区分した年間温熱需要と、市町村別電力需要変動を 1 時間単位で推計することができた。他方で、中田研究室では、推計精度向上へ向けた今後の課題として、以下の 3 点を挙げた。

- ・ 業務部門の温熱需要原単位の設定法または原単位法以外の熱需要推計手法の開発
- ・ 熱需要の時系列推計手法の開発
- ・ 産業構造などの地域性を考慮した電力需要推計手法の開発

「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>」においても、参考としていきたい。

【第二編】

第二編：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

第1章：検討概要

パリ協定への対応として2030年に温室効果ガス46%削減(2013年比)が目標とされ、さらに2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、エネルギー利用効率の向上、再エネ導入拡大、CO₂回収利用貯留技術の利用、グリーン/ブルー水素の調達など様々な対策が必要になる。表2-1-1に示すように各機関より様々な対策シナリオが示されているが、いずれも燃料需要からシフトして増加した電力需要を再エネ発電、原子力、CCS付き火力等によって賄うことによるCO₂排出削減への期待が大きい。中でも太陽光発電(以下、PV)については年間300~400TWh(3,000~4,000億kWh)の電力供給が期待されており、これを実現するには200~300GW(2~3億kW)を導入する必要がある。そのためには、第6次エネルギー基本計画を踏まえ、個々の地域についても数十年先を見据えたエネルギー需給のグランドデザインを描くことが重要である。

そこで、2018～2019 年度に実施された本研究のフェーズ I では、地域ごとの人口動態、土地利用計画、産業立地などを考慮して将来のエネルギー需給に関する情報を整理し、様々なステークホルダーが共通の情報に基づき地域におけるエネルギー需給のグランドデザインを検討するため地域エネルギー需給評価プラットフォームを構築した。図 2-1-1 に示すように、本プラットフォームでは、人口変化や新技術の普及に関するシナリオを設定し、対応するデータを作成して入力すると、電力・エネルギー需給に関する各種指標（エネルギーサービス需要、CO₂ 排出量、蓄電池等の新規設備の必要量など）が計算され、これらを様々なステークホルダーが分析・評価し、全体で合意が得られる望ましいシナリオを議論する。本プラットフォームは、500m 四方の 4 次メッシュごとに電力需要や PV 出力の時間変化を計算し、これを各配電用変電所の供給エリアや市区町村ごとに集計することで、残余電力負荷（＝電力需要需要－PV 出力）の変動特性等を評価するものである。フェーズ I では、本プラットフォームを用いた検討例として、複数の将来シナリオについて PV 有効利用による各市区町村における CO₂ 排出量削減の可能性等を評価した。

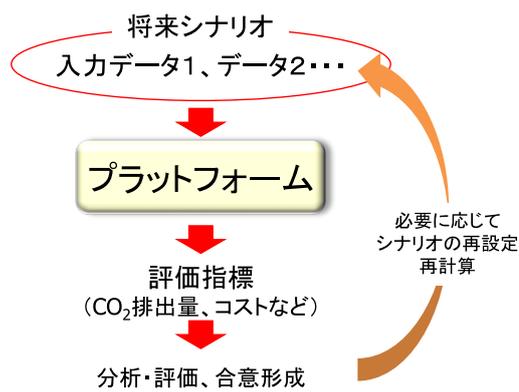


図 2-1-1 プラットフォーム利用のイメージ

一方、上記のようにカーボンニュートラルの実現に向けて PV をはじめとする再エネ発電に対する期待はさらに高まっている。2021 年 9 月現在、全国の PV 導入量は約 63 GW であり、その約 80%

表 2-1-1 2050 年シナリオ分析の結果比較（標準的なシナリオを抽出）

	RITE (参考値のケース)	国立環境研究所	自然エネルギー財団	デロイト・トーマツコンサルティング	日本エネルギー経済研究所 (標準ケース)
分析における想定	モデルの特徴	世界モデル GIS 最適化 電力需給：地域別はなし 時間解像度：1 時間（電流モデル）	日本モデル 一般均衡・技術積上・電源モデルの組み合わせ GIS 最適化（技術積上・電源モデル） 電力需給：全国 10 地域（電流モデル） 時間解像度：1 時間（電流モデル）、他は 1 年	世界・地域モデル 総エネルギーシステムコスト最小化 エネルギー（電力・熱・運輸）需給：全国 9 地域 時間解像度：1 時間（電流モデル）	日本モデル GIS 最適化 電力需給：全国 351 ノード 時間解像度：4 季節、4 時間帯
	マクロフレーム	GDP 成長率：30 年まで 1.6% 成長、50 年まで 0.4% 成長（SSP2 シナリオ）	GDP 成長率：30 年まで 1.7% 成長、50 年まで 0.5% 成長（内閣府成長実現ケース、SSP2 シナリオ参照）	人口減少（2050 年 - 20%）を自発に、必要レベルを一定割合で減少	部門別で差種・用途ごとのサービス需要を推計 人口動態を反映
	電力システムの想定	エネルギー統合費用を考慮 (蓄電池、系統増強あり) DR は考慮 水素製造など P2G を考慮	電力需給は 1 時間の解像度で分析し、地域間融通、系統増強、出力抑制などは考慮。 V2G は考慮せず。	電力・熱・燃料の製造・貯蔵・配送を時間ごとに需給バランス「柔軟な需要」（グリーン水素製造等、EV のスマートチャージ・V2G）を活用、プロシミュラの動きをモデルに取り込み	電力需給における統合費用を考慮 蓄電池、系統増強あり DR、V2G（充電のみ）を考慮 水素製造など P2G を考慮
	技術・需要想定	エネルギー 500m の技術を想定し積み上げ	モデル内において 600 の技術を想定し積み上げ 民生：電力 7-9割 + 新熱供給 運輸：自動車 8-10 割電動化 + エアロ・ドローン・産廃・物流効率改善 産業：電力・水素 + マテリアル利用効率改善	民生・産業部門は P2G で必要のサービスレベルを想定、その後モデルに定義される技術導入で、電力・エネルギー転換を想定 運輸はモード別のエネルギー消費 + そのエネルギー転換を別途算定 高効率熱源指向のグリーン水素の 50% を輸入	P2G PV2G (充電のみ) 等のセクター・カブリッジを想定 再生エネ、火力、原子力等の電力供給、蓄電池、水素等のエネルギー貯蔵 給湯、空調等の需要インプット
エネルギー供給分析 (2050)	一次エネルギー供給量	再生 14.2EJ 再エネ 22%、原子力 10%、化石燃料 46%、水素等 21% 最終エネルギー消費：31% 減 (2015 年比) 電化率：46%	再生 14.67-65%、原子力 7%、化石燃料 14-15%、新燃料輸入 12-13% 最終エネルギー消費：42-49% 減 (2019 年比) 電化率：49-51%	再生 11.1EJ 国内再生 4.68%、輸入グリーン水素等 26%、国内再生 11%、輸入グリーン電力 6% 最終エネルギー消費：54% 減 (2020 年比) 電化率：約 41%	再生 13.9EJ 再生 37%、原子力 13%、天然ガス 39%、水素・アンモニア等 16% 最終エネルギー消費：約 20% 減 (2020 年比) 電化率：約 41%
	電力需要	発電量：1.4 兆 kWh/年 電力最終消費は 25% 増 (2015 年比) DACCS 用の電力需要が総電力需要の 3% 程度ある	発電量：1.4-1.6 兆 kWh/年 水素製造用の需要が 6000 兆 kWh 程度	再生 100% 総電力需要：1,470TWh、51% 増 (2020 年比) [内訳] 一般電力需要：679TWh、熱需要：230TWh、運輸需要：100TWh、水素製造：431TWh、送電損失等：30TWh	再生 100% 電力最終消費は約 11% 増 (2020 年比) 例えば、水素製造用の電力需要が総電力需要の約 3% 程度ある
	電源構成	再生 54%、原子力 10%、CCS 火力 23%、水素等 13%	再生 76-74%、原子力 8-9%、CCS 火力 9-10%、アンモニア 6-7%	[発電量] 太陽光 48%、風力 18%、洋上 18%、水力・地熱・バイオガス 8%、グリーン電力輸入 8% [設備容量] 太陽光 524GW、風力 188GW、洋上 63GW、水力・地熱・バイオ 28GW 再生エネは LCOE 2050 年、2020 年比で減速 太陽光 地上 3.6円/履積 4.6円 太陽光 地上 4.5円、洋上 6.8円 ポテンシャル：地域別に風況、日照、陸域、浮体式パドル・イオマス等を考慮、ポテンシャルによる発電設備容量の上限を決定 想定根拠：蓄熱曲線によるコスト削減を見込む世界価格に列して、採算点での収支改善設定 ※割引率：7%	再生 70%、原子力 10%、CCS 火力 20% 再生エネ (ストローク) 太陽光 住宅 8.7-13.0円、メガソーラー 3.5-9.0円 風力 陸上 5.5-17.8円、洋上 11.0-28.2円 ポテンシャル：地点別に風況・日照を考慮 (一層価格に反映) 想定根拠：発電コスト検証 WG の数値を用いる ※割引率：3% ※変動再生に限り、出力抑制等の実施に発電能力を考慮している
	電源想定	再生エネ (フロー) 太陽光 9-15円 風力 10-22円 ポテンシャル：地域別に風況・日照を考慮 (一層価格に反映) 想定根拠：蓄熱曲線からコスト削減を見込む ※割引率：8%	再生エネ (フロー) 太陽光 6円 風力 陸上 9円、洋上 13円 ポテンシャル：容量・上限を考慮 (一層価格に反映) 想定根拠：IRENA のコスト・WG の蓄積データ ※割引率：LCOE 推計 3%、発電率 10%	再生エネ (ストローク) 太陽光 地上 3.6円/履積 4.6円 太陽光 地上 4.5円、洋上 6.8円 ポテンシャル：地域別に風況、日照、陸域、浮体式パドル・イオマス等を考慮、ポテンシャルによる発電設備容量の上限を決定 想定根拠：蓄熱曲線によるコスト削減を見込む世界価格に列して、採算点での収支改善設定 ※割引率：7%	再生エネ (フロー) 太陽光 地上 6-8円、履積 7-11円 風力 陸上 6-13円、洋上 11-18円 ポテンシャル：地点別に風況・日照を考慮 (一層価格に反映) 想定根拠：再生エネ蓄熱曲線からコスト削減を見込む ※割引率：3%
経済指標 (2050)	蓄電池等の想定	蓄電池：870GWh (1.5万円/kWh) 系統増強：21GW (3-20万円/kW)	蓄電池：70GWh (1.5万円/kWh) 系統増強：1.2GW (3-20万円/kW)	蓄電池 2050 年コスト、2020 年比で減速 蓄電池実用：42GW、178GWh (8.2千円/kWh)、蓄電池フロー：77億、45GW、276GWh V2G: 30GW、180GWh 揚水発電：30GW、180GWh 地熱連立系統 92GW (施設含め)、国際連立系統：20GW、水素製造設備需要：73GW	蓄電池：約 37GWh (15万円/kWh) 系統増強：約 20GW (1.2万円/MW/km) V2G (充電のみ)：約 107TWh
	電力境界費用	25円/kWh	(分析対象としていないため本分析では非開示)	(平均費用の最小化を目的として設定しており、境界費用は評価事項にない)	23円/kWh
	電力平均費用	13円/kWh (概算値)	12円/kWh ※原子力を除く	9.18円/kWh	12円/kWh
	エネルギーコスト	エネルギー総コスト 110円/年 → 130円/年 (2015年 → 2050年)	再生エネ、蓄電池、新燃料、CCUS のコスト 11-13円/年 (2050年)	エネルギーシステム総コスト 25円/年 → 18円/年 (2020年 → 2050年) ※電力・熱供給の資本費用・運用費用、燃料、系統運用	エネルギーシステム総コスト 8.0円/年 → 18円/年 (2020年 → 2050年) ※発電設備、系統、蓄電池、燃料費等

※各団体で対象技術のバウンダリーや計算方法が異なるため、単純比較できない点に留意。

(出典 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 (第 45 回会合) 資料 1)

は配電系統に接続されている。しかし、PV の出力は、従来の電力需要に対して時間的・空間的ミスマッチが大きい。このため、将来的に 300 GW の PV の多くが配電系統に接続されるのであれば、配電設備の容量制約により、状況に応じて出力抑制を行うノンファーム型接続の PV が主体になると考えられる。そこで、カーボンニュートラル（以下 CN）実現に向けて PV 出力を有効活用するためには、燃料需要からのシフトによって新たな電力需要を創出し、余剰電力を削減することが重要である。

このような状況を踏まえて、地域全体の視点から各配電エリアや市区町村におけるエネルギー需給における PV の寄与を適切に評価するためには、各市区町村における PV 導入量を市区町村独自の視点・計算方法で積み上げるのではなく、全国 300 GW の PV 導入実現のために各市区町村に配分すべき導入量を一律のルールで設定する必要がある。また、燃料需要から電力需要へのシフトについても、フェーズ I で十分に考慮できていなかった産業部門や運輸部門を考慮するとともに、電力シフトが難しい分野で必要となる水素等の CN 燃料需要を把握し、どの程度を余剰電力によって賄うべきかを評価することが重要である。その結果に基づき、個々の市区町村における CN 燃料需要や余剰電力による CN 燃料供給量を踏まえ、社会コスト削減の観点から、効果的な CN 燃料の製造・流通設備のあり方を議論することが重要である。

これらの検討に資するため、本研究のフェーズ II では、全国で 300 GW の PV が導入される状況で各市区町村への導入配分を決定する手法を構築した。また、産業部門の電力需要、燃料需要について、より実態に即した状況を反映するため、エネルギー管理指定工場リストや都道府県別の最終エネルギー統計などに基づき工場の位置や電力・燃料需要に関するデータベースを構築した。また、運輸部門については、本研究グループがこれまでに構築した交通センサスに基づき各市区町村における電気自動車（以下、EV）充電パターンを計算するモデルの結果を本プラットフォームに反映した。

これらの改良を加えた地域のエネルギー需給解析プラットフォームを用いた検討例として、第 4 章では愛知県岡崎市、岐阜県八百津町内の配電エリアを対象として、将来の CN 燃料需要を推定するためのベースとなる現状の燃料需要を推定するとともに、同エリアにおける電力需要、PV 出力に基づき計算される余剰電力によって CN 燃料が製造される状況を想定し、CN 燃料の需給バランスについて検討した。さらに第 5 章では、同様の検討を中部 5 県の各市区町村を対象として行い、市区町村間での CN 燃料の輸送が必要になることを示し、そのインフラ整備に関する検討のためのデータを整理した。

第2章：地域エネルギー需給評価プラットフォームの精緻化

2-1. 計算手順の概要と見直しの全体像

フェーズ I で構築した地域エネルギー需給評価プラットフォームは、各種統計情報やエネルギーサービス需要原単位に基づき 500m 四方の 4 次メッシュごとに電力需要や PV 出力の時間変化を計算し、これを各配電用変電所の供給エリアや市区町村ごとに集計することで、PV 大量導入時の残余電力負荷（＝電力需要需要－PV 出力）の変動特性等を評価するものである¹。各市区町村における将来の人口変化に伴う民生部門の電力・燃料需要の変化、EV の普及等に伴う燃料需要から電力需要へのシフト率等など、各種シナリオを外生的に設定することで、様々な将来シナリオに対応した電力・燃料需要を推定することができる。

フェーズ II では、エネルギー供給サイドに関して、カーボンニュートラル実現に向けた各機関による将来シナリオを参考に将来の全国 9 エリアにおける再エネ導入量の想定を見直し、中部エリアの位置づけを示した。また、各配電エリア・市区町村のエネルギー需給における PV の寄与を適切に評価するため、各市区町村の PV 導入量について、市区町村独自の視点・計算方法で積み上げるのではなく、全国 300 GW の PV 導入実現のために各配電エリア・各市区町村に配分すべき導入量を一律のルールで設定する手法を構築した。本手法については第 3 章にて詳しく説明する。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、中部エリア内の配電用変電所の位置を同定し、これに基づきフェーズ I と同様の手法にて各配電エリアを再計算した。

なお、エネルギー供給サイドに関して、風力発電については、フェーズ I と同様に本プラットフォームでは考慮していない。これは、将来的な導入増に占める洋上風力の割合が大きいこと、陸上風力の場合でも各サイトの規模が大きく特別高圧配電線への連系となるためである。ただし、市区町村単位のエネルギー需給解析では考慮すべきであり、今後対応を検討する。また、地熱発電については、環境省等の調査によれば中部エリアにおけるポテンシャルは大きくないことから、フェーズ I と同様に考慮していない。バイオマス発電については、事業用発電所における利用が主体になると想定し、ゴミ発電についても、大半が配電網へ連系していないと見られるため、フェーズ I と同様に考慮していない。

一方、エネルギー需要サイドに関して、まず、再エネ大量導入に対応するための各部門における燃料需要から電力需要へのシフト率に関する想定を見直した。また、産業部門における電力需要・燃料需要をより現実に即して推定するため、エネルギー管理指定工場リストに記載の工場や大規模商業施設等について、都道府県別最終エネルギー統計などに基づき計算した個々に電力需要・燃料需要、住所、対応メッシュ番号等のデータベースを構築した。運輸部門に関しては、乗用車の EV 化による充電需要を考慮するため、道路交通センサスに基づき各市区町村における EV 充電需要を計算するモデルの結果を反映した。

2-2. 地域エネルギー需給評価プラットフォームの概要

2-2-1. 民生部門の電力・燃料需要の計算方法

フェーズ I にて構築した地域エネルギー需給評価プラットフォームでは、次のように時刻 t にお

¹ 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－報告書－，(2020)

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(2-2-1)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 η_{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、フェーズ I では街路灯、日常的に使用頻度が低い EV による余剰電力に応じた充放電を考慮したが、フェーズ II では 2-4 節に示すように日常的に使用される EV の充電需要も考慮した。

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

民生部門については、電力以外のエネルギー需要は燃料需要であると想定し、(2-2-1)式の S_j^k の代わりに(2-2-2)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。

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

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 η_{jE}^k をそれぞれ表 2-2-1～表 2-2-4 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、2-4 節に示すわが国のカーボンニュートラルのシナリオ想定を考慮し、 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。

戸建・集合住宅の F_j 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 m²、30～49 m²、50～69 m²、70～99 m²、100～149 m²、150 m² 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_j については、業種別の全国延

表 2-2-1 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 2-2-2 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 2-2-3 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 2-2-4 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

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、 $r_1(t)$ 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、2-5節に示すように、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フェーズIより見直している。また、各4次メッシュにおける $D_E(t)$ および $D_F(t)$ を市区町村単位で集計することで、各市区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。

2-2-2. 産業部門の電力・燃料需要の計算方法

フェーズIで構築した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、100m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 R^{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2-2-1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2-2-1に示す時間パターンを適用している。

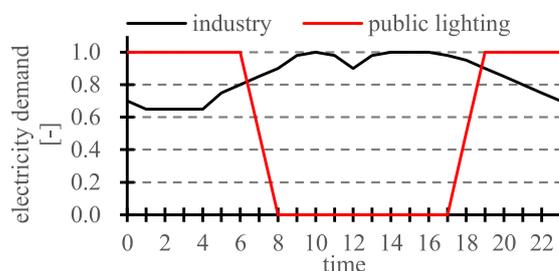


図2-2-1 産業部門、公衆街路灯の電力需要パターンの想定

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_2 排出量 $A[t-CO_2]$ 、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_2 排出原単位 C を用いて(2-2-3)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 $0.367 kg-CO_2/kWh$ を用いた。

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

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(2-2-1)式の D_E^I として計上する。特高受電の場合は、市区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、(2-2-1)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(2-2-4)式によって求めた。CO₂排出原単位 C [t・CO₂/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。

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

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(2-2-5)式によって計算した。その際、第4章のように岡崎市や八百津町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、第5章における検討では全ての配電エリア・市区町村について一律 1.25 とした。なお、各配電エリア・市区町村について産業の燃料/電力需要比に関するデータベースを構築中であり、今後の検討に反映する予定である。

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

2-2-3. EV 充電需要の計算方法

フェーズ I では、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 が電力システム全体の電力需給調整として活用される際の充放電を考慮した。これに加えてフェーズ II では日常的な利用頻度が高い EV の走行用エネルギーのための充電需要を考慮した。

後者については、交通センサス等に基づき市区町村別に計算される充電需要の時系列データ²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、これを各市区町村について集計したものである²。

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、文献 2 の計算による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区町村の年間の充電パ

² 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)

ターンを計算する。次に、各市区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、上述のように第3節・第4節の検討では、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³⁴。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、住宅等の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た。後述の第4章、第5章の検討では充電促進時間帯が適用された状況を想定している。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、市区町村における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。

なお、上述のように、フェーズIIでは配電エリア単位・市区町村単位で民生部門・産業部門の電力・燃料需要を計算している。本来であれば運輸部門についても電力需要・燃料需要を計算すべきであるが、現時点では上記のように現状の全ての乗用車（個人用・法人用）がEV化した場合の充電需要のみを考慮しており、乗用車以外については電力・燃料需要は計算対象外である。トラックやバス等はEVではなく燃料電池自動車や水素エンジン自動車への移行も期待されるため、個々の配電エリアや市区町村における運輸部門の燃料需要を考慮すべきであり、今後の課題である。

2-2-4. 残余電力負荷の計算方法

まず、将来のPV導入シナリオに基づき各配電エリアにおけるPV導入量を想定する。PV導入ポテンシャルは環境省によって公開されているが、本研究のように例えば全国300 GWの導入を想定する場合、これを所定の方法にて各市区町村や配電エリアに配分する必要がある。そこで第3章に詳述するように、土砂災害特別警戒区域・土砂災害警戒区域、ソーラーシェアリングの単位面積当たりの導入実績、工業統計調査における各工業地区の建築面積などを考慮し、各種統計情報に基づき各市区町村についてPVの導入形態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、ソーラーシェアリング、耕作放棄地、工場)の導入配分を決定する手法を構築した。

本手法を用いて設定した各配電エリアにおける PV 導入量に最寄りのアメダス地点における 2016 年度の日照時間(1 時間値)から計算した傾斜面日射量を導入量に乗じて PV 出力を計算する。これを上述の電力需要から差し引き、各配電エリアの残余電力負荷を計算する。なお、残余電力負荷が負の場合は、配電用変電所から上位系統への逆潮流が発生していることを表す。変電所容量の 80% まで逆潮流可能とし、超過分だけ PV 出力が余剰になるとした。

上述のように、各市区町村における電力需要については、配電エリアの場合と同様に、4 次メッシュ単位で計算される電力需要を集計して計算する。しかし、残余電力負荷や上位系統への逆潮流電力、後述のように想定する配電エリア用の蓄電池や水素製造用電力需要については、上述のような配電設備の容量制約によって各配電エリア単位で決まるものであり、メッシュ単位で計算できない。そこで本モデルでは、一つの配電エリアが複数の市区町村に含まれる場合、後述のように各配電エリアにおける太陽光発電の導入量を世帯数比で想定していることを考慮し、逆潮流電力についても世帯数比で該当する市区町村に案分して算出する。

2-3. 再エネ導入量・分布の見直し

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 1,400 TWh 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、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 300 GW 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 45 GW と想定した。

PV 以外の再エネ発電については、本プラットフォームでは上述のように直接的には扱わないが、2050 年カーボンニュートラルに資する再エネ導入量に関する規模感を持つため、中部以外のエリアも含めて、表 2-2-5 に示すように想定した。風力発電(以下 WT)については、風力発電協会のビジョン V4.3 の 75 GW に対し、各電力エリアの洋上 WT の容量に比例して合計 25 GW の洋上 WT を増加した。ただし、北海道については、北本連系線容量の増加が必要になることを考慮して洋上 WT

表 2-2-5 各電力エリアにおける発電設備容量の想定

発電設備	合計	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州
太陽光	294.8	17.4	37.6	75.8	44.6	10.1	38.3	23.5	12.5	34.9
陸上風力	37.3	3.9	10.5	1.5	2.8	1.6	4.8	3.1	1.6	8.1
洋上風力	62.1	5	17.6	17.3	11.7	0	0	0	1.2	9.3
地熱	11.4	1	6.7	1.1	0.3	0	0	0	0	2.3
原子力	25.4	1.5	5.5	7.1	2.5	1.7	2.4	1.4	0.9	2.3
揚水	28.1	1	0.46	12.1	4.2	0.22	5.6	2.1	0.69	2.4
蓄電池	21.9	1.3	2.8	5.6	3.3	0.75	2.8	1.7	0.92	2.6

は5 GWとした。また、ポテンシャルが小さい北陸、関西および中国エリアの洋上WTは0 GWとした。地熱発電は環境省ゾーニングに基づき各電力エリアの容量を想定し（全国11 GW）、原子力は60年寿命における2050年の容量（約23 GW）を想定した。揚水発電の容量は基準年相当の全国28 GWとし、簡単のため貯蔵容量は一律8時間分とした。これに加えて、揚水発電との合計容量が50 GWになるようにPV容量比例で各エリアの導入容量を想定し、揚水発電と区別せずに扱った。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。

2-4. 各部門における燃料需要から電力需要へのシフトの想定の見直し

フェーズ I においては、都市ガスインフラの有無に応じて将来的な民生部門のエネルギー需要における電力シェアを用途に応じて10~100%と設定した。しかし、民生部門のように個々の需要家の規模が非常に小さい場合、需要家単位のCO₂回収は極めて困難である。このため、民生部門におけるカーボンニュートラルを実現するためには、水素等のCN燃料の使用やCN燃料や再エネ発電由来の電力の使用が不可欠である。

そこでフェーズ II 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、民生部門の全ての需要家において電力シェア100%（燃料需要から電力需要への100%シフト）を想定した。また、20%の人口減少と20%のエネルギー効率向上を考慮した。

産業部門については、フェーズ I では電力シフトを考慮していなかったが、2050年カーボンニュートラルの実現に向け、産業部門における燃料需要から電力需要へのシフトは重要である。そこでフェーズ II では、産業部門の各業種について、表2-2-6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きことを考慮して³、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。なお、第3節および第4節では、産業部門全体としての電力シフト率が40%の場合に関する検討例を示している。

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。電力シフトは主に乗用車の

表 2-2-6 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%

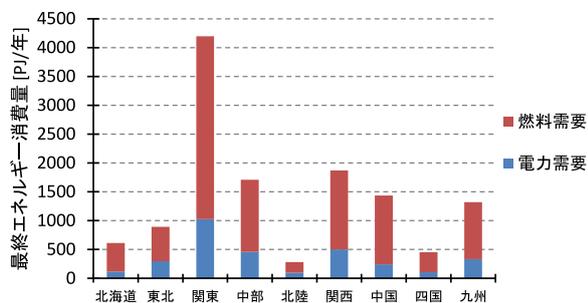
*エネルギー消費量による加重平均

³ O. Roelofsen, et.al: “What electrification can do for industry”, McKinsey & Company Plugging in (2020)

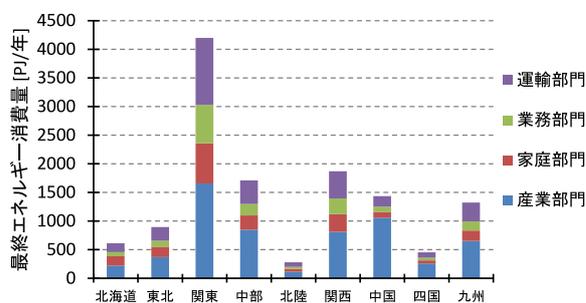
EV化によるものとし、現状のガソリン/ディーゼル車の燃費を 10 km/L、EV の電費を 6 km/kWh として、シフト分の電力需要を計算した。なお、第 3 節および第 4 節では、運輸部門の電力シフト率が 60% の場合に関する検討例を示している。この場合、概ね 100% の乗用車が EV 化した状況を想定していることになる。ただし、上述のように各配電エリア・市区町村単位で電力シフトされなかった分の運輸部門の燃料需要の計算についてはフェーズ II では考慮されていない。

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。

各電力エリアにおける現状および将来における部門別の電力・燃料需要を図 2-2-1 および図 2-2-2 に示す。現状では、例えば東北エリアと中国エリアとを比較すると、電力需要に関しては東北エリアの方が大きいですが、燃料需要を含めると中国エリアの方が大きい。一方、将来的には、電力シフト

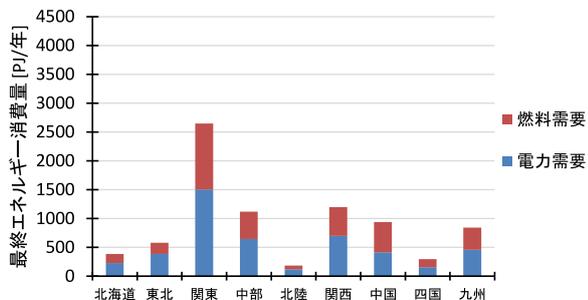


(a) 電力・燃料消費の内訳

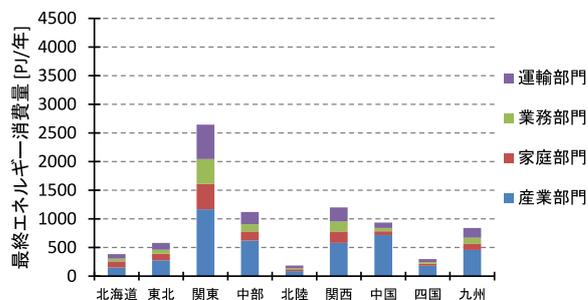


(b) 部門別エネルギー消費の内訳

図 2-2-1 各電力エリアにおける現状の最終エネルギー消費量の想定



(a) 電力・燃料消費の内訳



(b) 部門別エネルギー消費の内訳

図 2-2-2 各電力エリアにおける将来の最終エネルギー消費量の想定

率の増加により、最終エネルギー消費は現状よりも減少して 8.2 EJ となるが、年間電力需要は 1,290 TWh、1,480 TWh、最大値は 216 GW と増加する。全国平均と比較して、北海道、中国エリアの倍率は大きく、東北、北陸エリアの倍率は小さい。特に産業部門が大きい中国エリアにおいて電力需要が大きく増加し、東北エリアよりも大きくなる。

2-5. 配電エリアの見直し

上述のように計算される各 4 次メッシュにおける $D_E(t)$ および $D_F(t)$ を配電エリア単位で集計し、配電エリアごとに年間の電力需要の 1 時間値を算出する。配電エリアの設定について、フェーズ I では地図情報に基づき配電用変電所の位置を同定していたのに対し、フェーズ II では、一般送配電事業者による系統容量に関する公開情報⁴に基づき、中部エリア内に計 861 ヶ所（長野：141、岐阜：129、静岡：136、愛知：340、三重：115）の配電用変電所の位置を同定した。そして、フェーズ I と同様に、同定した配電用変電所が位置するメッシュを中心に、その周辺のメッシュを順に追加することで各配電エリアを新たに設定し直した⁵。このようにして計算される配電エリアは必ずしも実際の配電エリアとは同じではないが、配電エリアごとに本プラットフォームを用いて現状の電力需要を計算したところ、概ね年間ピークは各配電変電所の設備容量以下となることを確認している。

各市区町村における電力需要については、配電エリアの場合と同様に、4 次メッシュ単位で計算される電力需要を集計して計算する。しかし、残余電力負荷や上位系統への逆潮流電力、後述のように想定する配電エリア用の蓄電池や水素製造用電力需要については、上述のような配電設備の容量制約によって各配電⁵エリア単位で決まるものであり、メッシュ単位で計算できない。そこで本プラットフォームでは、一つの配電エリアが複数の市区町村に含まれる場合、後述のように各配電エリアにおける太陽光発電の導入量を世帯数比で想定していることを考慮し、逆潮流電力についても世帯数比で該当する市区町村に案分して算出する。

⁴ 中部電力パワーグリッド系統空容量マッピング

https://powergrid.chuden.co.jp/goannai/hatsuden_kouri/takuso_kyokyu/rule/map/

⁵ 北山隼他：「様々な配電用変電所供給エリアにおける住宅用分散型電源大量導入時のネット電力負荷に関する統計的評価」，第 33 回エネルギー・資源学会研究発表会，No.13-2 (2014)

第3章：太陽光発電の導入量配分手法

3-1. 検討概要

2-2-3節で論じたように、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300 GW規模、中部エリアで45 GW規模で導入することが必要となる。そうした大規模なPVの導入による電力・エネルギーシステムへの影響を検討する上では、PVの導入分布の想定が非常に重要となる。フェーズIの検討においては、中部エリアで24 GWのPVを各配電エリアに対して延床面積150m²以上の戸建住宅数、ないし戸建・集合を合わせた住宅数に比例して配分していた。しかし、中部エリアでのPV導入量を現状の4倍近くに相当する45 GWに増加させる場合には、土地利用上の制約や配電網の制約などがより顕在化することが考えられる。そこで、本章ではPVの中部エリア内での配分のさせ方について検討する。

土地利用の制約を考慮する方法としては、各種のメッシュ統計データから直接配電エリアへのPV導入可能量を推定することも考えられるが、本検討ではまず市区町村ごとのPV導入ポテンシャルを算定し、次に中部エリアでの導入量45 GWを各市区町村に配分し、それをさらに配電エリアに配分するという手法を採用した。市区町村とその統計に着目した理由は以下のとおりである。第一に、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く、土地利用に際して多くの統計情報が利用可能と考えられるからである。第二に、市区町村が土地利用に関する様々な意思決定の権能を有し、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。第三に、市区町村という区分は典型的には配電エリア数エリア分の規模であり、都道府県と比較すると各配電エリアの個別の情報に近い空間分解能の情報を扱えるからである。なお、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表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。

本検討の流れは以下のようなになる。中部地方全体での各市区町村を見ての議論に加えて、具体的な検討を進めるにあたって代表市区町村を選定した。特に、表2-3-1に代表市区町村の特徴を示す。愛知県岡崎市は自動車産業が盛んであるとともに、西部には広大な農地、東部には山林を抱える多様な地形をもった中核市である。岐阜県八百津町は、機械製造業が盛んであり、面積の約8割が山林である中山間地の街である。愛知県名古屋市東区は人口密度が1万人/ km²を超える人口密集地である。特に、岡崎市と八百津町には適宜情報提供やヒアリングをさせていただきながら検討を進めた。そうした個別市区町村での検討を適宜中部地方全体での検討にフィードバックを行った。

表2-3-1 代表市区町村の概要

	愛知県岡崎市	岐阜県八百津町	愛知県名古屋市東区
人口/面積	約39万人/387km ²	約1万人/129km ²	約8万人/7.7km ²
住宅戸数 (戸建・長屋/集合)	132,580戸 (81,940/50,640)	5,898棟 (5,872/26)(推定)	41,330戸 (6,740/34,590)
製造品等出荷額(億円)	23,452	602	4,679
PV導入実績	約107 MW	約21 MW	数MW(名古屋市全体で 235 MW)
市区町村の特徴	地方中核市	中山間地	都心部

3-2. PV 導入ポテンシャル計算

3-2-1. 市区町村単位での PV 導入ポテンシャル

第二編2章でも紹介したように、PVをはじめとする再エネの導入ポテンシャルに関しては、環境省が既に公開している⁶。しかし、環境省のポテンシャル調査では住宅用以外のPV導入ポテンシャルの多くが都道府県となっている点、PV導入ポテンシャルが現時点のものとなっており、将来の住宅数などの変化を反映していないため、本検討ではまず独自にPV導入ポテンシャルの計算を試みた。本章の以降の検討では、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。

<検討対象>

住宅以外の導入ポテンシャルに関しては、本検討では特に導入量が大きい工業屋根、ソーラーシェアリング、耕作放棄地に対象を絞った上で、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2-3-2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

⁶ 株式会社エックス都市研究所・アジア航測株式会社：「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」(2020)

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⁷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/m²、0.083 kW/m²に増加している。詳細な比較は割愛するが、本検討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。

表 2-3-2 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
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 2-3-1 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⁸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、残存率の設定には、後述するように、愛知県岡崎市において 2050 年の住宅残存率を簡易に推定した結果、木造で 50%、非木造で 56%となったことを参考とした。

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⁹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¹⁰（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。

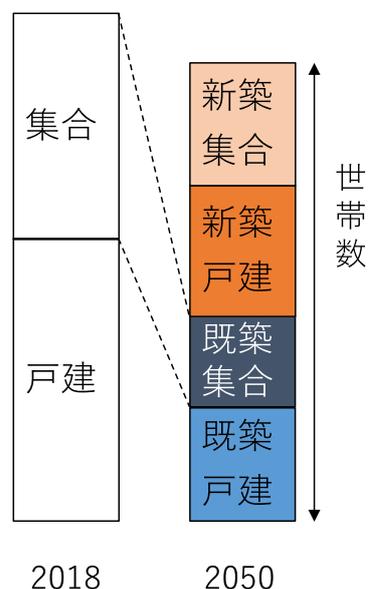


図 2-3-1 住宅数のイメージ

⁷ 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

⁸ 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」

⁹ 国土交通省「建築着工統計調査(年計) 第 17 表 着工新設住宅: 利用関係別、建て方別(戸数、床面積の合計)」

¹⁰ 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)

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。

工場については、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¹¹を、その地区に含まれる市区町村の製造品出荷額¹²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。

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¹³および耕作放棄地の面積¹⁴を 2050 年における設置可能面積とした。

<導入ポテンシャルの計算結果>

中部地方の設置形態別の導入ポテンシャルを県ごとに集計したものを図 2-3-2 に示す。中部地方全体での導入ポテンシャルは合計で 89.7 GW となった。設置形態別の内訳はソーラーシェアリングが最も多く 44.3 GW (49.5%)、次いで耕作放棄地が 24.0 GW (26.7%)、新築戸建 8.2 GW (9.2%)、既築戸建 6.2 GW (6.9%)、工場 4.1 GW (4.6%)、新築集合 1.9 GW (2.1%)、既築集合 0.9 GW (1.0%) であった。

県別にみると、長野と愛知がそれぞれ 24.5 GW、24.0 GW と比較的大きな導入ポテンシャルを占めたが、その内訳は大きく異なる。愛知は住宅・工場の屋根の導入ポテンシャルが 10 GW を超える一方、長野は導入ポテンシャルの 90%をソーラーシェアリングと耕作放棄地が占めた。岐阜・静岡・三重でもソーラーシェアリングと耕作放棄地の割合がそれぞれ 79%、76%、82%と高かった。各市区町村における導入ポテンシャルは付録 1 に一覧で示す。

参考に、図 2-3-3 に環境省による導入ポテンシャルの試算例を示す¹⁵。県ごとの傾向は概ね類似した結果となっている。住宅用での導入ポテンシャルが本試算の方が小さい理由は、2050 年に向けた建物数・世帯数の減少を考慮している点、および指標あたりの導入量の差に起因する。農地の導入ポテンシャルに関しても、環境省の導入ポテンシャルの方が指標あたりの導入量が多いため、導入量が多くなっている。

3-2-2. 代表市区町村における導入ポテンシャル

11 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」

12 経済産業省大臣官房調査統計グループ「2019 年工業統計表 地域別統計表データ 3. 市区町村別産業中分類別統計表 従業者 4 人以上の事業所に関する統計表（事業所数、従業者数、現金給与総額、原材料使用額等、製造品出荷額等及び粗付加価値額）」

13 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

14 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

15 図 2-3-3 の「工場等」は、発電所・工場・物流施設のレベル 3 の導入ポテンシャルを指す。住宅用等はシナリオ 3、公共系建築物はレベル 3、農地はレベル 2 の導入ポテンシャルをそれぞれ図示してある。なお、静岡県に関しては県のポテンシャルの 0.6 倍を示している。

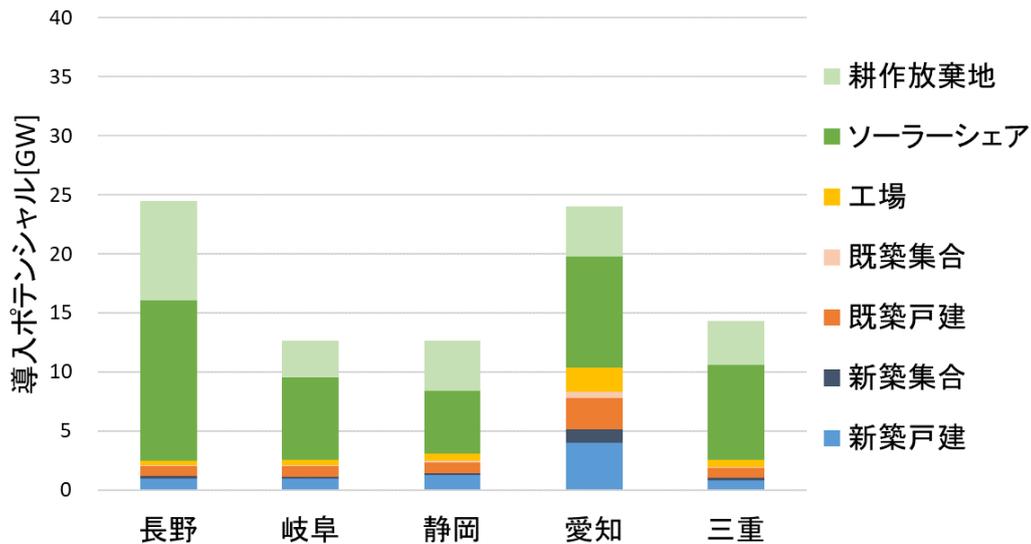


図 2-3-2 中部地方の設置形態別の導入ポテンシャル

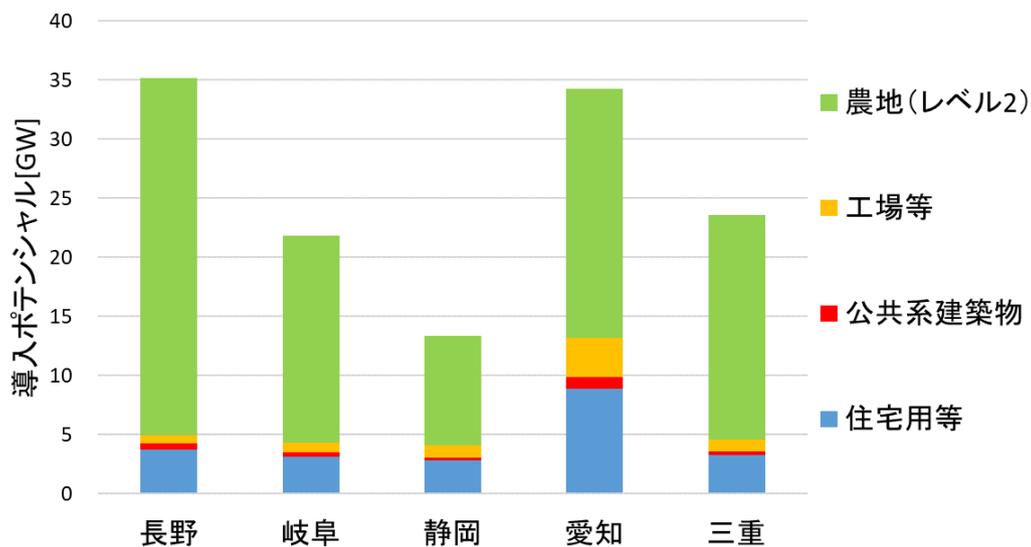


図 2-3-3 環境省ポテンシャル調査における導入ポテンシャル

市区町村の区分での議論だけでは、市区町村内の配電エリアを直接的に扱う議論は難しい。そこで本検討では、代表市区町村として市内に住宅密集地や森林など多様な地域が存在する愛知県岡崎市、中山間地域であり既に PV が多く導入されている岐阜県八百津町、住宅や商業施設が密集した都心部である名古屋市東区を選出し、各地域の具体的な条件を考慮した検討を行った。その際、岡崎市と八百津町に関しては、市区町村の中での地域や小学校区（岡崎市）、地区（八百津町）などの統計資料に基づいて、より細かい地理的分解能での導入ポテンシャル算出を行った。表 2-3-3 に、代表市区町村での検討の際に設定した、各設置形態の単位量あたりの導入量を示す¹⁶。

¹⁶ 新築戸建住宅と既築戸建住宅に関しては、2019年6月末時点での固定価格買取制度の岡崎市、八百津町、名古屋市の10kW未満の新規認定平均、移行認定平均をそれぞれ用いた。

表 2-3-3 代表市区町村における各設置形態の単位量あたりの導入量

	岡崎市	八百津町	東区
新築戸建住宅	4.7 kW/戸	5.3 kW/戸	4.5 kW/戸
新築集合住宅	1.5 kW/世帯	2.0 kW/世帯	0.8 kW/世帯
既築戸建住宅	4.0 kW/戸	4.3 kW/戸	4.0 kW/戸
既築集合住宅	1.0 kW/世帯	1.0 kW/世帯	0.5 kW/世帯
非住宅建物	0.5 MW/ha	0.5 MW/ha	—
ソーラーシェアリング	0.195 MW/ha		
耕作放棄地	0.5 MW/ha		

以降、各代表市区町村における導入ポテンシャルの算出方法と算出結果を示す。

<愛知県岡崎市>

岡崎市では、まず市内全域における既築住宅数の推定を行った。岡崎市では岡崎市ポータルサイトの「6-30 住宅の種類・構造・建築の時期別住宅数」から築年数別の住宅のストックに関する情報を取得した。耐震基準により昭和45年以前に建てられた住宅にはPVが設置されないと仮定し、表2-3-4のように建築年数別ストックと持家系の建てられた年数と築年数ごとのストック率を参考にした年数別残存率を乗ずることで、2050年におけるPV設置可能な残存戸数および世帯数を推定した。年数別残存率は、各ストックの2013年時点での推定残存率と2050年の推定残存率の比として求めた。なお、戸建住宅数は木造住宅数の1.25倍と想定した。

新築戸建住宅については、岡崎市ポータルサイトの「6-14 構造別着工建築物の状況(年別)」にある2012年～2017年の平均新築木造住宅数の1.25倍を2021年における新築戸建住宅数と仮定し、「住宅着工レポート」を参考に年率1.7%で着工数が減少するとして2050年までの累計棟数を計算した。

新築集合住宅について、まず岡崎市の「次期総合計画策定支援業務 人口推計報告書」より市の2050年総世帯数が198,363世帯であり、2013年の総世帯数143,753と戸数135,870の差を引くことで2050年の総戸数が190,480と推定した。さらに、前述した既築住宅と新築戸建住宅の戸数を引くことにより、新築集合住宅の世帯数を67,381世帯と推定した。

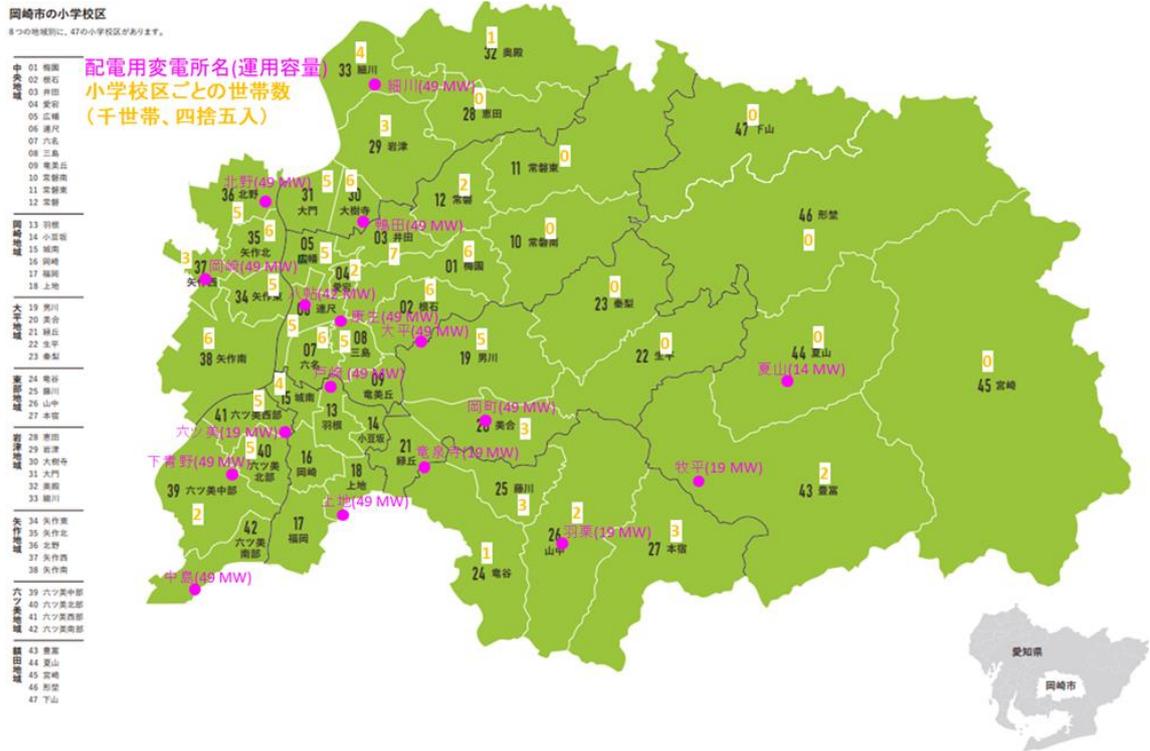


図2-3-4 岡崎市における小学校区と配電用変電所の位置
(岡崎市の小学校区のマップと中部電力の変電所の公開情報を元に筆者作成)

岡崎市内には17の配電用変電所が存在するため、対応する各配電エリアを想定し、各配電エリアの導入ポテンシャルを算定した。中部エリア全体の配電エリアの想定は2-2-5節で行っているが、岡崎市内の検討を小学校区の統計と紐づけて議論するため、岡崎市の個別の検討においては2-2-5節では別の想定を行った。図2-3-4に配電用変電所の容量（以下、配変容量）と小学校区ごとの世帯数を示す。配電エリアの世帯数に関しては、市内に存在する17の配電用変電所にそれぞれ対応する小学校区を想定した。なお、各小学校区の2050年における世帯数については、2050年の岡崎市全体の推定世帯数を2020年の世帯数比および2050年の地域ごとの推定人口比を用いて按分した。各配変容量に関しては、中部電力「154kV以下系統変電所運用容量等一覧表（愛知県東部 三河方面）」の運用容量の値を用いた。

配電エリアと小学校区の対応づけにあたっては、類似の運用容量の配電エリアに近い人口になる

表 2-3-4 岡崎市における建築年数別ストックと 2050 年の残存率

	総数	～S55	～H2	～H7	～H12	～H17	～H22	～H25.9
木造	35,340	7,500	7,160	2,430	2,410	2,720	2,710	910
防火木造	42,610	5,660	6,670	4,800	5,490	5,550	7,250	2,740
鉄筋・鉄骨 コンクリート造	40,890	4,380	7,650	5,960	5,440	4,740	6,550	1,630
鉄骨造	16,980	810	3,130	2,120	2,060	2,370	3,140	940
残存率	—	0.42	0.38	0.35	0.41	0.48	0.60	0.73

よう心がけた。例えば、配変容量42～49 MWの配電エリアに関しては、農地が多くを占める下青野配電エリアが2050年人口1.7万人となったが、それ以外は2.4万人から3.6万人となっている。

工場について、岡崎市統計ポータル「5-7 製造事業所の敷地面積・建築面積(年別)」より岡崎市の工場の総建築面積を取得した。それを各小学校区の世帯数比で按分した。

ソーラーシェアリングおよび耕作放棄地については、それぞれ前述の2015年農林業センサスの経営耕地面積と耕作放棄地面積が旧区分の村ごとに集計されている。そのため、旧額田郡の地図を参考に旧区分の村と各配電エリアに対応を目視で設定した上で、それぞれ経営耕地面積と耕作放棄地面積を計算した。

岡崎市における各配電エリアの導入ポテンシャルの解析結果を図2-3-5に示す。岡崎市全体での導入ポテンシャルは1,257 MWである。内訳はソーラーシェアリングが417 MW (33%) で最も大きく、次いで新築戸建が220 MW (18%)、耕作放棄地が217 MW (17%) である。工場も含めた屋根置きを導入ポテンシャルの合計は623 MW (50%) である。

配電エリア毎にみると、住宅密集地に位置する戸崎・上地変電所は導入ポテンシャルの大半が住宅をはじめとする屋根置きに占められ、配電エリアあたりの導入量は配変容量49 MWの配電エリアとしては小さい。一方、西部の豊かな農業地帯の中に位置する岡崎・下青野変電所においては、ソーラーシェアリングの導入ポテンシャルが特に多く、導入ポテンシャル全体も大きい。加えて、広大な面積を有する東部の牧平・夏山配電エリアにおいても、配変容量に対してソーラーシェアリングと耕作放棄地の大きな導入ポテンシャルが存在することが確認された。

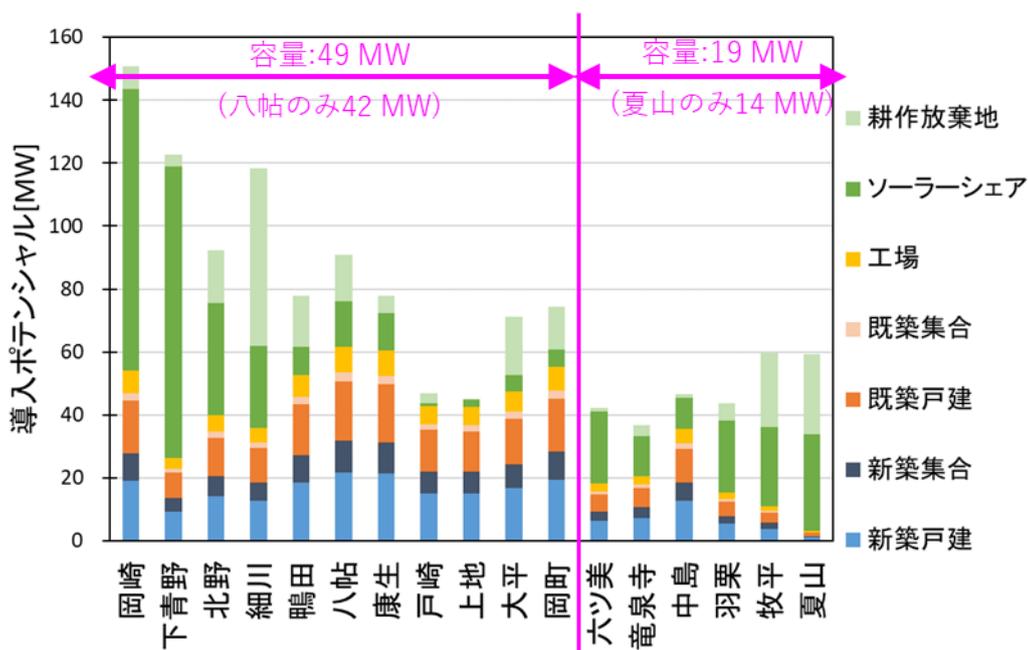


図 2-3-5 岡崎市の 17 配電エリアにおける導入ポテンシャル

<岐阜県八百津町>

町内に存在する配電用変電所は1つであるが、町内には図2-3-6に示す6つの地区がある。各地区の特徴を考慮したPV導入量配分を考えるため、地区ごとに導入ポテンシャルを算出し集計した。



図2-3-6 八百津町における6地区（八百津町のホームページから）

新築戸建住宅については、2015年から2020年の地区ごとの新築木造棟数の平均値を2021年における新築戸建住宅数と想定し、「住宅着工レポート」の地方圏・低位を参考に年率3.8%で減少すると想定した。新築集合住宅については、高齢者向け住まいも含め、2021年から10世帯用の住宅が毎年1棟ずつ、計30棟建設されると想定し、各地区の2020年の人口比で按分した。

既築住宅について、フェーズIの2050年の推定世帯数から上記の新築世帯数を引いて計算した。

ソーラーシェアリングと耕作放棄地については、前述の2015年農林業センサスにより地区ごとの面積を得た。

八百津町においては非住宅系建物の導入ポテンシャルを考慮した。非住宅系建物の延床面積一覧に対し、用途ごとに平均階数を設定し屋根面積を計算し、うち5割を設置可能面積と仮定した。附属家や工場・倉庫・市場、その他の屋根面積が比較的多いのが特徴であるが、築年数の多い建物も多いと推定され、実際にどの程度PV導入が可能かは未知数な部分も少なくない。なお、八百津町の和知地区では、2021年6月に今仙電機の岐阜工場が屋根置きで1.0 MW(パネル容量1.18 MW)の自家消費型太陽光発電システムを運開している。

地区への配分としては、土蔵と附属家は2050年も同じ屋根面積として経営耕地面積比例で各地区へ按分し、それ以外の非住宅系建物は2020年と2050年の人口比に応じて屋根面積を減少させたうえで2050年の人口比で各地区へ按分した。

図2-3-7に八百津町における各地区の導入ポテンシャルを示す。農業の盛んな和知地区においてソーラーシェアリングの導入ポテンシャルが大きくなり、導入ポテンシャル全体も最も大きくなる。また耕作放棄地の導入ポテンシャルは山間の集落である久田見地区が最も多くなっている。なお、八百津町における固定価格買取制度のPVの20kW以上の認定量（発電容量）が最も多いのも久田見地区である。

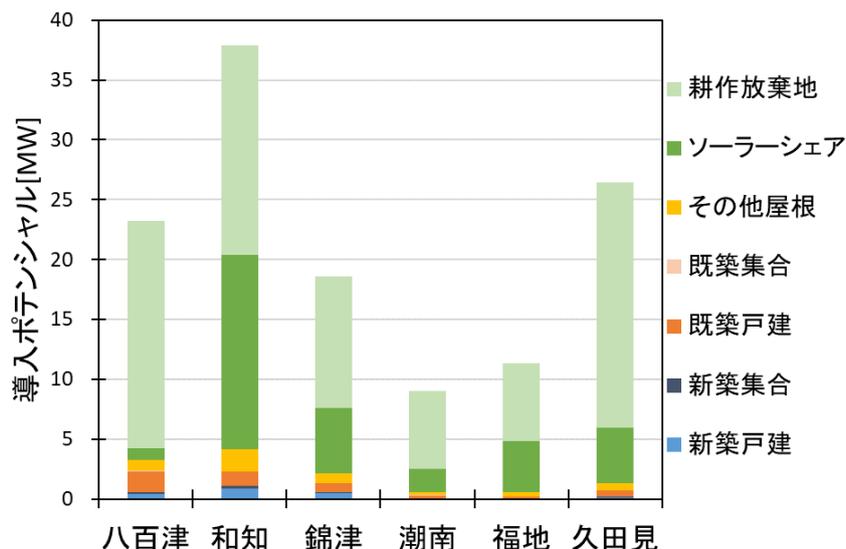


図 2-3-7 八百津町の6地区における導入ポテンシャル

<愛知県名古屋市東区>

新築住宅について、建設着工統計より2012年から2019年における戸建および共同住宅の着工新設住宅戸数の平均値を用いて2020年の新築戸建住宅戸数および新築集合住宅世帯数を想定した。それらに「住宅着工レポート」を参考にそれぞれ年率2.1%および年率2.3%で着工数が減少すると仮定して、2050年までの新築戸建住宅戸数2,847戸および新築集合住宅世帯数25,028世帯と推定した。既築住宅について、耐震基準により昭和45年以前に建てられた住宅はPVが設置されないと仮定し、岡崎市と同様に建築年数別ストックと年数別残存率を乗ずることで2050年におけるPV設置可能な残存戸数および世帯数を戸建1,938戸、集合16,977世帯と推定した。なお、残存戸数のうち1割は空き家となりPV設置不可能と仮定した。

東区においては導入ポテンシャルの大部分を建築物が占めると考えられるため、その他の建築物として製造業、小売業、学校関係の3区分についても簡単な導入ポテンシャル推計を行った。

製造業について、統計より平成28年の従業員30人以上の事業所における有形固定資産の敷地面積の半分に0.5 MW/haで設置可能と仮定した。また、従業員4人以上30人以下の事業所についても4～9人の場合は3 kW/事業所、10～19人は5 kW/事業所、20～29人は10 kW/事業所のPVを設置可能と仮定し、これらの合計を製造業の屋根置きが占める導入ポテンシャルとした。

小売業について、統計で得た分類別の売場面積と想定階数を用いて合計の屋根面積を推定し、その半分に0.5 MW/haで設置可能と仮定した。

学校関係について、保育園および幼稚園は1園あたり20 kW、小中学校および高校は各カテゴリにおいて既にPVが導入されている学校の平均導入量を1校あたりの導入量とし、現在の校数に乗じて導入ポテンシャルを推定した。また、大学の導入ポテンシャルは0.5 MWと仮定した。また、前述の2015年農林業センサスより経営耕地および耕作放棄地の面積を得た。

図2-3-8に東区における導入ポテンシャルを示す。合計の導入ポテンシャルは60 MWとなった。特徴として、導入ポテンシャルは全てルーフトップPVとなっている。新築戸建住宅よりも新築集合住宅の方が導入ポテンシャルが大きく、また既築住宅の導入ポテンシャルの和も新築戸建住宅より大きくなっている。他方、農地関連の導入ポテンシャルは非常に小さい。したがって、名古屋市東区のような人口密集地でPV導入量を増加させる上では、新築集合住宅、既築住宅および工場や学校関係の屋根上のPV導入をいかに促進できるかが重要であることが確認できる。

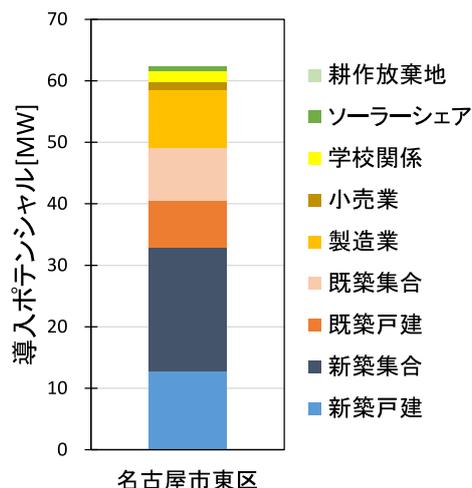


図 2-3-8 名古屋市東区のポテンシャル

<代表市区町村間での比較>

岡崎市・八百津町・名古屋市東区を比較すると、名古屋市東区の導入ポテンシャルは岡崎市の戸崎・八帖・康地といった岡崎市の都心部周辺の配電エリア、住宅地が広がる上地配電エリアの導入ポテンシャルと類似しているが、名古屋市東区の方が戸建よりも集合住宅の導入ポテンシャルが相対的に多くなっている。

他方、岡崎市の中でも多くを山林が占める額田郡にある夏目配電エリアや牧原配電エリアは、八百津町の中で農業が盛んな和知地区と類似しており、ソーラーシェアリングの比率が最も高く、住宅関連の導入ポテンシャルが低くなっている。

3-3. 市区町村への配分

3-3-1. 中部エリア全体での配分手法

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。

八百津町の土砂災害ハザードマップの一部を図2-3-9に示す。図の赤色および黄色の範囲は土砂災害特別警戒区域ないし土砂災害警戒区域に指定され、建築物が損壊し住民の生命や身体に危害が生ずる恐れがあり、中でも前者はその影響が著しいとされている。本研究では土砂災害ハザードマップおよびGoogleストリートビューを用いて八百津町の農地および耕作放棄地のうち警戒区域に入らないエリアの割合を6割程度とみなし、これを前述した活用率の上限として扱うことにした。なお、岐阜県八百津町は山間部であるため中部地方の中でも災害リスクを十分に考慮できていると考えられる。

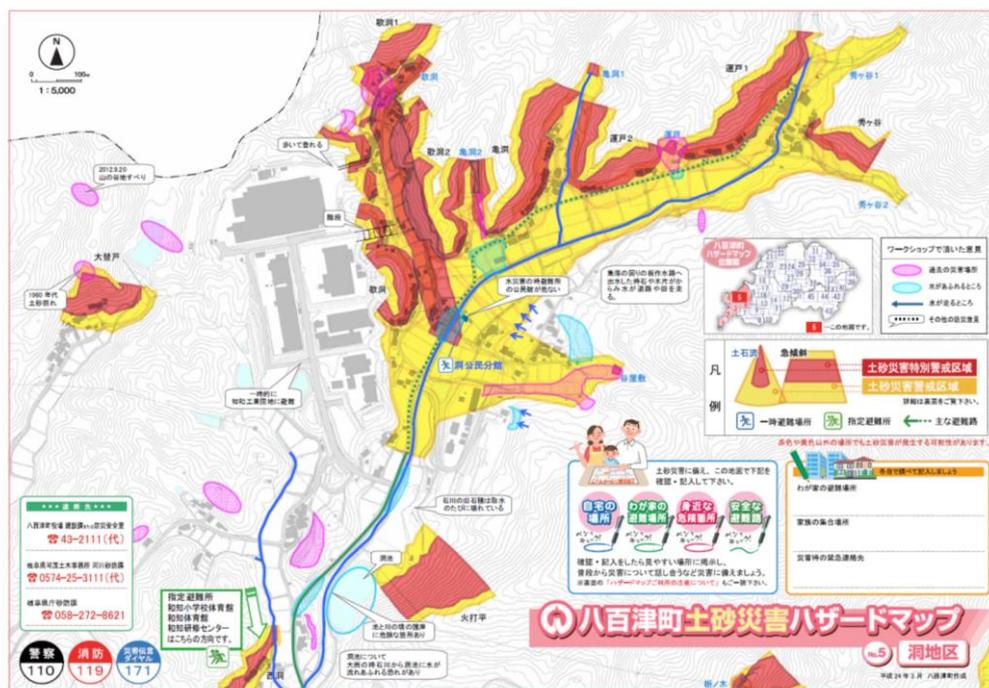


図 2-3-9 八百津町における土砂災害ハザードマップの例
(八百津町のホームページから)

次に、中部地方で 45 GW 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 2-3-5 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

参考までに、表 2-3-5 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 2-3-5 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
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

3-3-2. 中部エリア全体での配分結果

図 2-3-10 に中部地方における設置形態別の導入ポテンシャルと配分量のグラフを示す。合計の配分量は 45.7 GW となり、県別にみると導入量が多い順に愛知県 13.7 GW、長野県 11.6 GW、静岡県 7.4 GW、三重県 6.9 GW、岐阜県 6.2 GW となった¹⁷。

ここで、住宅と工場への配分量を合わせて、屋根置きと呼ぶことにする。ソーラーシェアリングの活用率を抑えたことにより、どの県でも屋根置きの導入比率が相対的に上昇した。愛知では 58% が屋根置きの導入であるが、それ以外の県ではソーラーシェアリングと耕作放棄地への配分が多く、両者は概ね同程度である。中部地方全体で見ると、屋根置きが合計で 16.1 GW（うち半分の 8.1 GW が新築戸建）、ソーラーシェアリングが 14.8 GW、耕作放棄地が 14.2 GW と、だいたい三分の 1 ずつの配分量となった。

¹⁷ 2021 年 6 月に策定された長野県ゼロカーボン戦略では、太陽光発電を全ての建物の屋根に設置することが想定され（78 万件）、2050 年の PV 発電量は約 22 PJ とされた。これは設備利用率 13% で計算すると約 5.4 GW に相当する。対して、本検討での長野県への配分量 11.6 GW はこのほぼ 2 倍に相当する。これは農地への PV 導入も想定した上で、中部全体の必要量を配分したためである。

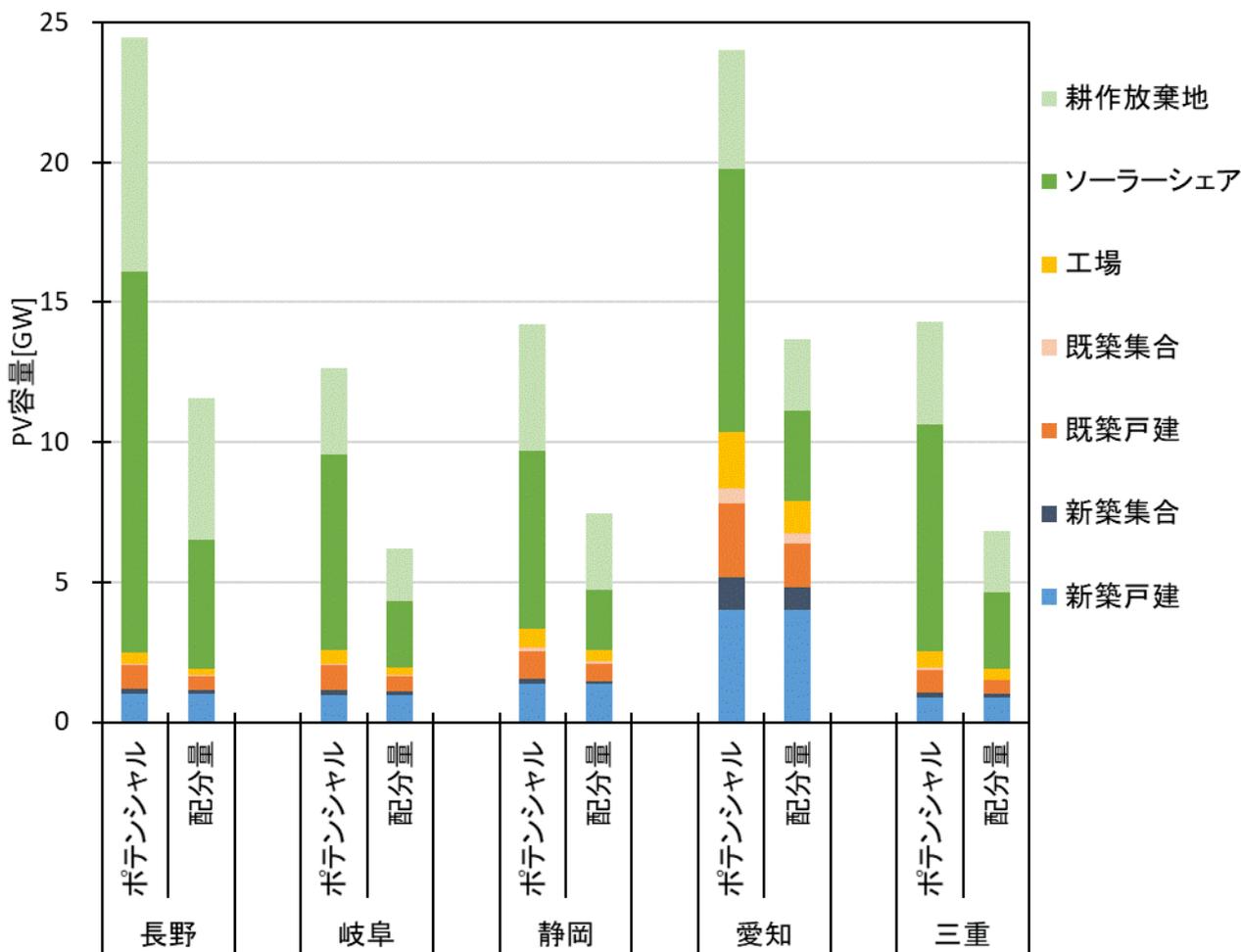


図 2-3-10 中部地方の設置形態別の導入ポテンシャルと量

各市区町村の導入ポテンシャルと配分量を散布図にしたものを図 2-3-11 に示す。ここで、配分量を導入ポテンシャルで除した値を平均活用率と定義する。オレンジの破線は平均活用率の上限 1.0 と下限 0.34 に対応しており、新築戸建住宅の比率が高いほど 1.0 に、ソーラーシェアリングの比率が高いほど 0.34 の線に近づく。凡例は、2050 年における世帯数密度が 500 世帯/km²以上（人口密度に換算すると概ね 1,000 人/km²強）と高い市区町村（61 市区町村）、50 世帯/km²（同 100 人/km²強）～500 世帯/km²と中程度の市区町村（93 市区町村）、50 世帯/km²未満と低い市区町村（84 市区町村）に対応する。

政令指定都市が区単位で集計されているため、配分量が大きい市区町村は中核市や農業が盛んな市が多くなるが、これらは世帯数密度が中程度の市区町村が多いことが分かる。また、世帯数密度が高い市区は配分量に占める戸建住宅の比率も高い傾向があり、平均活用率が相対的に高くなっていることも確認できる。配分量が 1,000 MW を超えたのは、長野県長野市と愛知県豊田市であった。

他方、世帯数密度の低い市区町村は町村部や比較的小規模な市が多い。これらの中には総面積は広い市区町村も少なくないが、大部分が山林であるため、配分量はそれほど多くはない。世帯数密度の低い市区町村の中で配分量が 500 MW を超えたのは、農業が盛んな上野盆地を抱える伊賀市のみである。

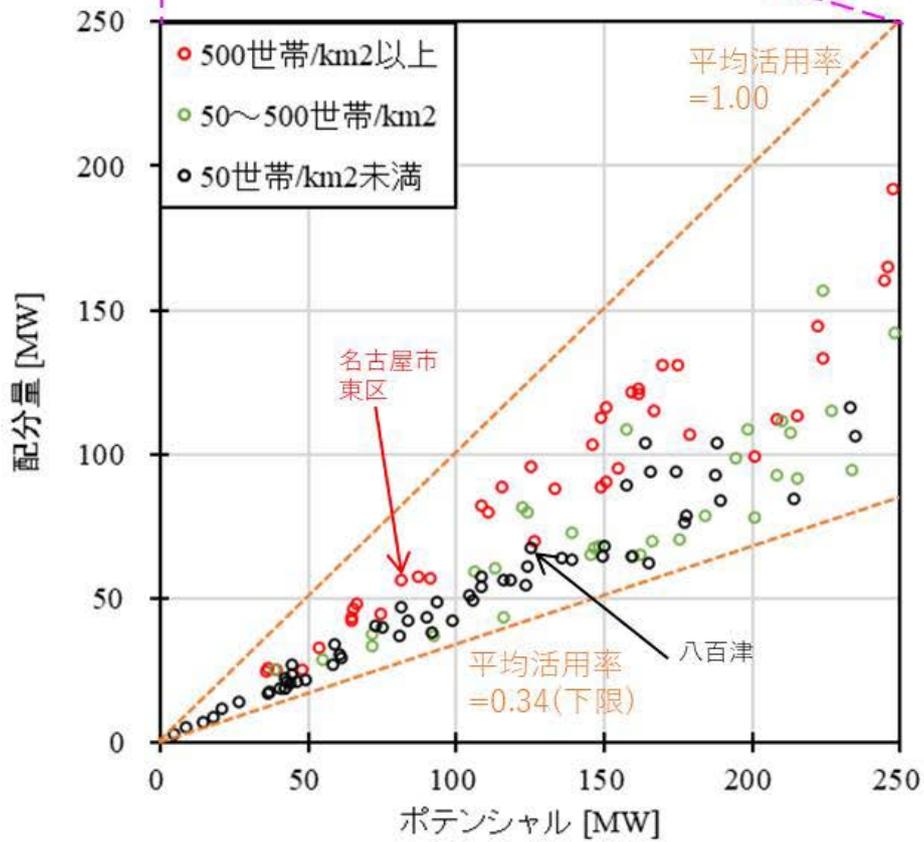
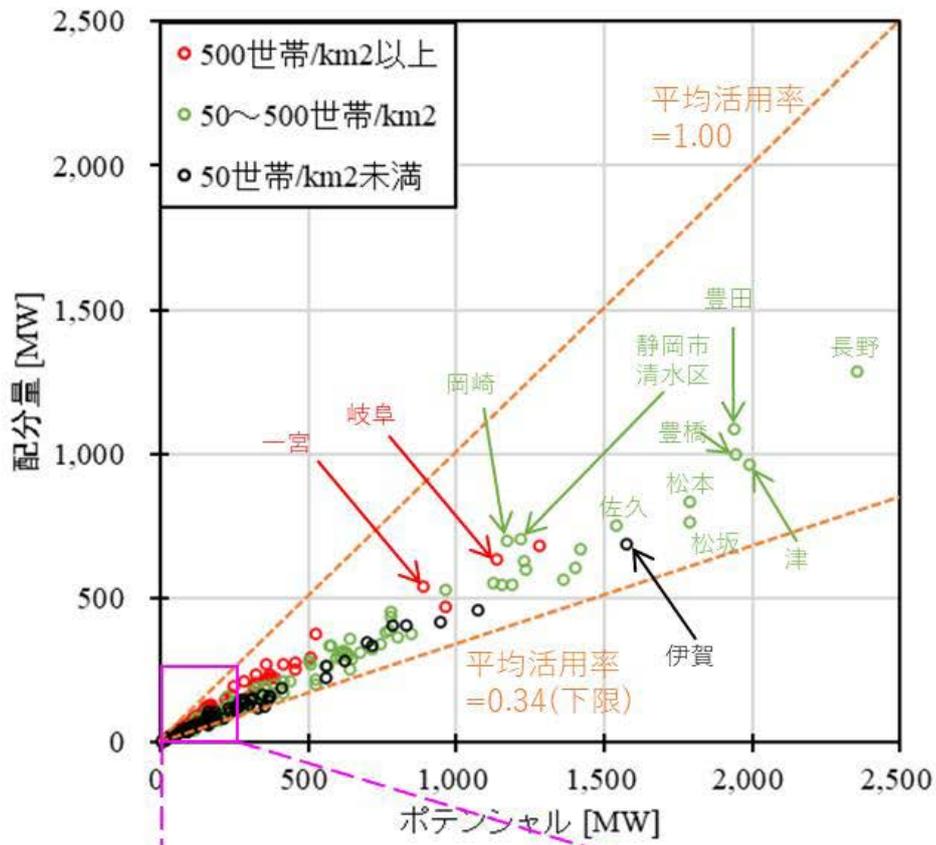


図 2-3-11 各市区町村の導入ポテンシャルと配分量比較（上が全体、下がその拡大図）

図 2-3-12 に各市区町村への PV 配分量の描画したものを示す。マップの描画には、MeshDataView3D¹⁸を用いた。また、付録の付表 1 に、各市区町村の導入ポテンシャル、配分量および 2019 年 6 月時点での導入量を一覧で示す。図 2-3-12 から、導入量の多い市区町村は長野県長野市・松本市・佐久市、愛知県豊田市・岡崎市・豊橋市、三重県津市・伊賀市・松本市など、面積がある程度広く、かつ人口も 10 万人近くかそれ以上が連なっている。農業が盛んにおこなわれてきた地域が多い。面積が 200 km²以下の比較的小さい市区町村に絞ってみると、愛知県田原市・西尾市や静岡県磐田市・藤枝市、三重県鈴鹿市といった農業が盛んな市が多いが、愛知県一宮市のように人口密度が高く、屋根置き太陽光の多い市もある。

図 2-3-13 に市区町村の現状（2019 年 6 月時点）の認定量と、将来の配分量を県別に比較したグラフを示す。県別にみると、静岡県が現状の認定量に対して将来の配分量が特に多くなり、三重県が相対的に少ないことが見て取れる。静岡県の将来の配分量が多くのあるのは、現在あまり導入が進んでいないソーラーシェアリングや耕作放棄地の比率が高いことが一因と考えられる。同県の静岡市清水区、浜松市北区、静岡市葵区は、将来の配分量が現状の認定量の 10 倍を超える市区町村の中で、配分量が中部の第 1 位から第 3 位である。他方、三重は千葉大学等による永続地帯の調査¹⁹でも太陽光発電による自給率ランキング全国 2 位となっており、既に太陽光発電比率が相対的に高いことが、増加量が相対的に低く見える原因と考えられる。

関連して、配分量よりも 2019 年 6 月時点での導入量が多い市区町村が、長野県諏訪市・三重県鳥羽市・三重県度会町と 3 つあった。これらはいずれもゴルフ場ないし山林という導入ポテンシャル計算から除外した土地に、数十 MW のメガソーラーが立地している。こうした本検討が対象とした設置形態以外での導入がすでに進んでいるエリアは、本稿が想定した導入ポテンシャルを活用することでさらに導入量を増やすことができる。

¹⁸ 桐村喬「メッシュデータの可視化ツール「MeshDataView3D」の開発と活用方法」, E-journal GEO, Vol.16, No.1, pp.176-186 (2021)

¹⁹ 千葉大学倉坂研究室, ISEP : 「永続地帯 2020 年度版報告書—都道府県分析」(2021)

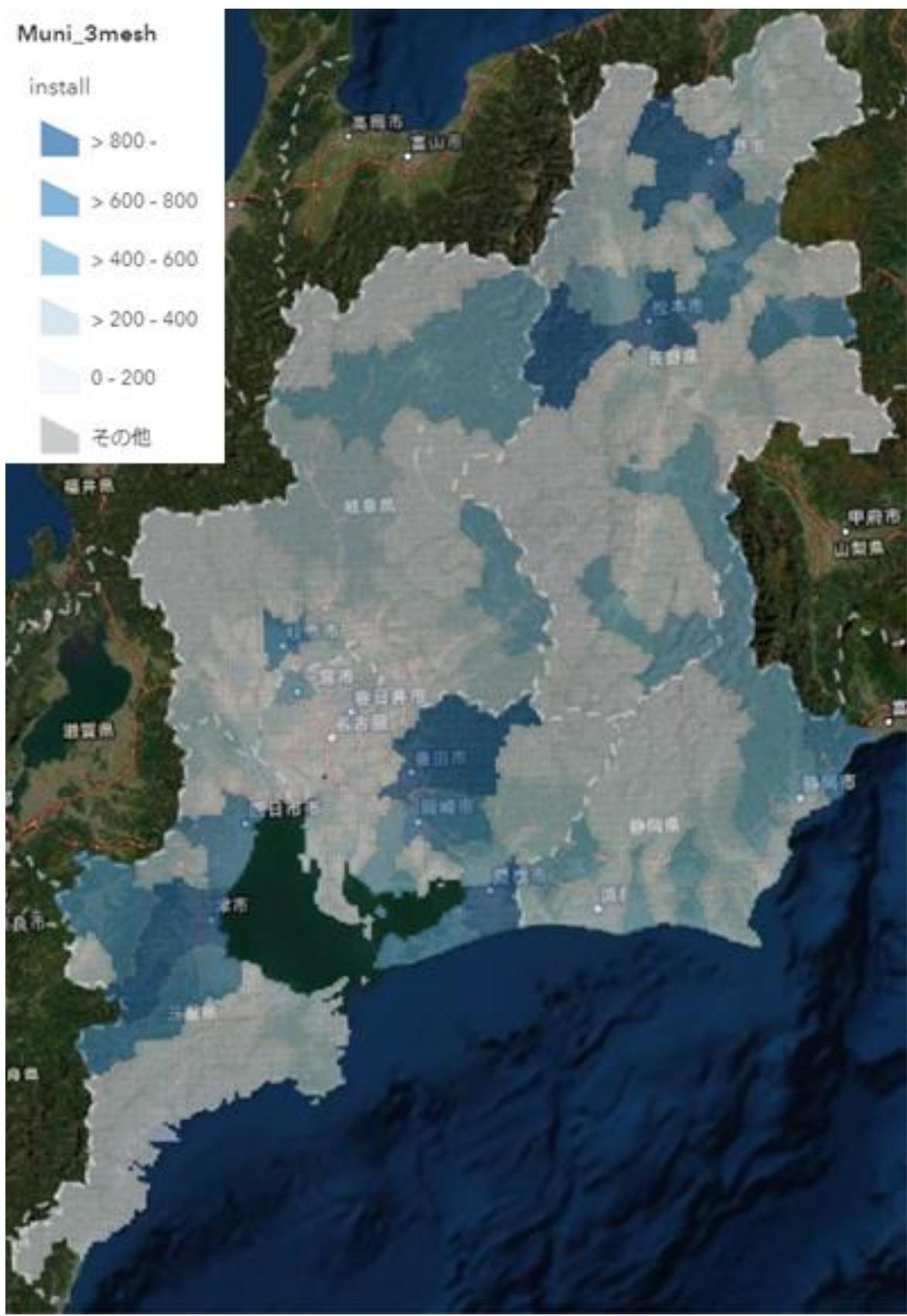


図 2-3-12 各市区町村への PV 配分量 (凡例の単位 : MW)

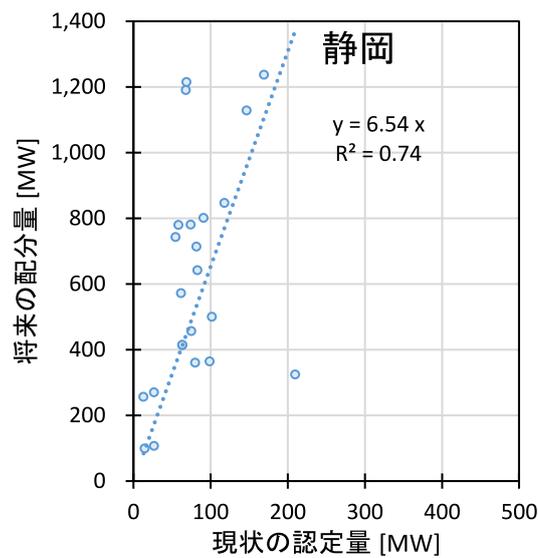
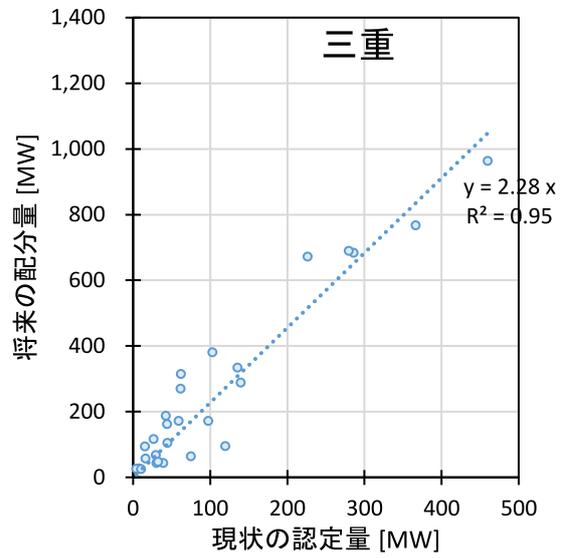
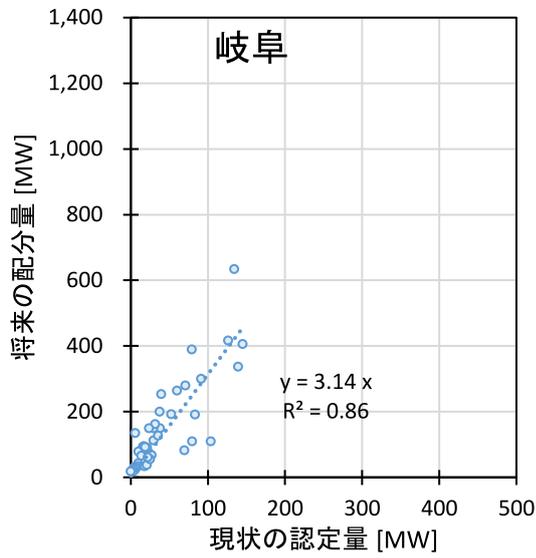
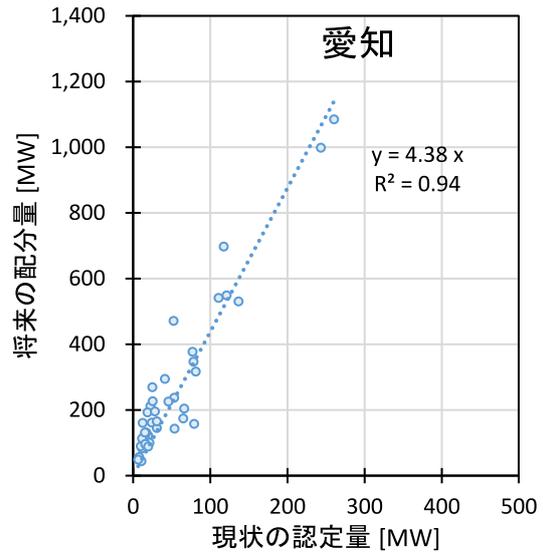
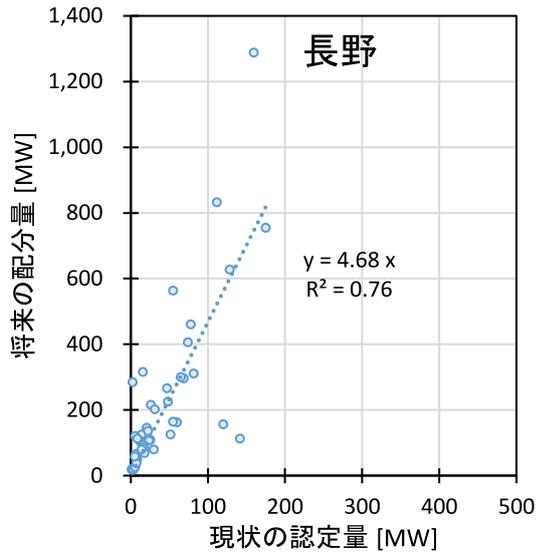


図 2-3-13 市区町村の現状の認定量と将来の配分量の比較

<活用率に関する感度解析>

3-3-3. フェーズ I における導入量との比較

フェーズ I においては、2019 年 6 月時点での固定価格買取制度の認定容量 11 GW と、追加分を延床面積 150m² 以上の戸建住宅数、ないしすべての戸建住宅数と集合住宅数の和を用いて按分することにより、各市区町村での配分量を計算した。中部エリアでの 45 GW を全ての戸建住宅数と集合住宅数の和に基づいて配分した結果と、本検討での配分結果を市区町村ごとに表したものを図 2-3-14 に示し比較する。

本研究の配分結果が先行研究のものを下回った市区町村は、住宅への導入が中心となる 500 世帯/km² 以上の人口密集地が多いことが見て取れる。こうした市区町村では、フェーズ I での配分量では導入ポテンシャルを超過しているところが少なくなく、実際には導入困難な配分量となっていた可能性が高い。

逆に、本研究の手法では中山間地域が多いと考えられる 50 世帯/km² 未満の市区町村の多くにおいて、農地関連での導入量を考慮することで配分量が大幅に増加している。2050 年の世帯数当たりの PV 配分量が 50 kW 以上になった市区町村が 24 箇所存在する。

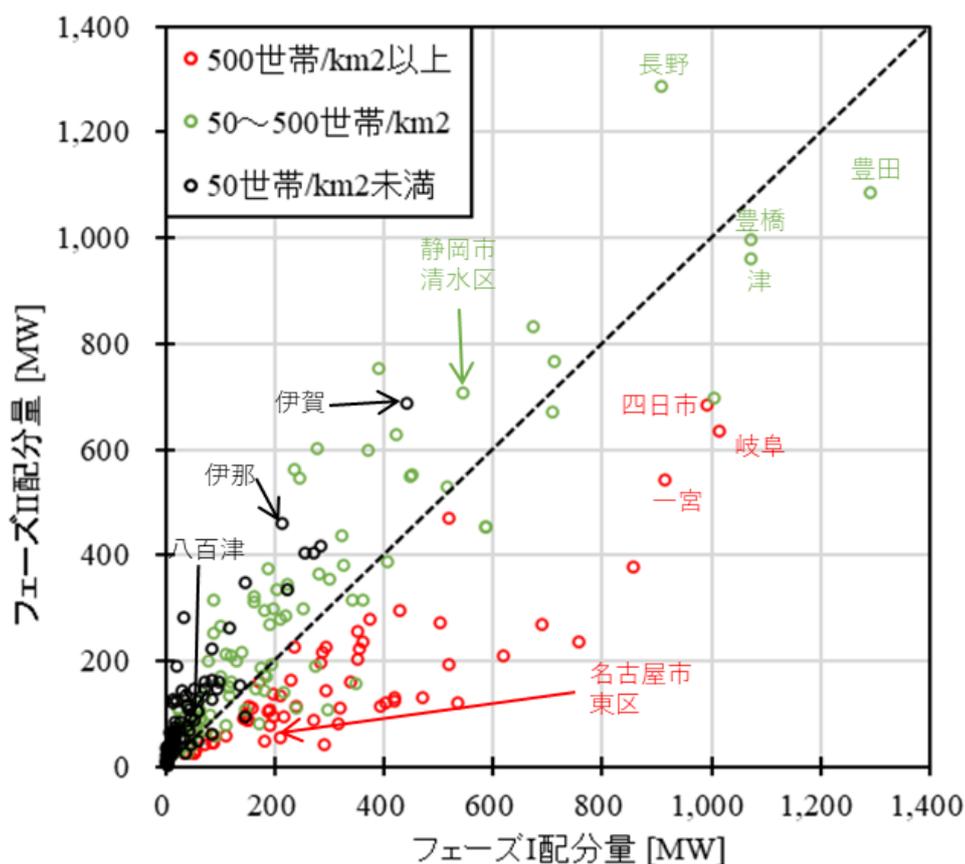


図 2-3-14 フェーズ I と本研究における各市区町村の導入量の比較
(図 2-3-11 とは軸のスケールが異なる点に注意)

3-3-4. 代表市区町村での配分量

表 2-3-5 で設定した活用率での代表市区町村での配分量の計算結果を示す。その際、岡崎市と八百津町に関しては、市区町村内の分布を考慮するため、導入ポテンシャルと同様に岡崎市では配電エリアごと、八百津町では地区ごとの配分量を分析する。

<愛知県岡崎市>

岡崎市の各配電エリアへの配分量を図 2-3-15 に示す。岡崎市への配分量は 744 MW である。全体の内訳は、新築戸建が 220 MW (30%)、その他の住宅が合計 202 MW (27%)、工場が 50 MW (7%)、ソーラーシェアリング 142 MW (19%)、耕作放棄地 130 MW (17%) となった。

配変容量 42~49 MW の配電エリア内の導入量は 33~76 MW であり、図 2-3-5 の導入ポテンシャルと比較すると配電エリア間の差が小さくなる。これは、元々導入ポテンシャルが偏っていたソーラーシェアリングの活用率が相対的に小さいためである。配分量が多い配電エリアは、ソーラーシェアリングの多い岡崎配電エリアと、耕作放棄地の多い細川配電エリアである。同様に、配変容量 14~19 MW の配電エリアでの PV 導入量は 22~31 MW であった。

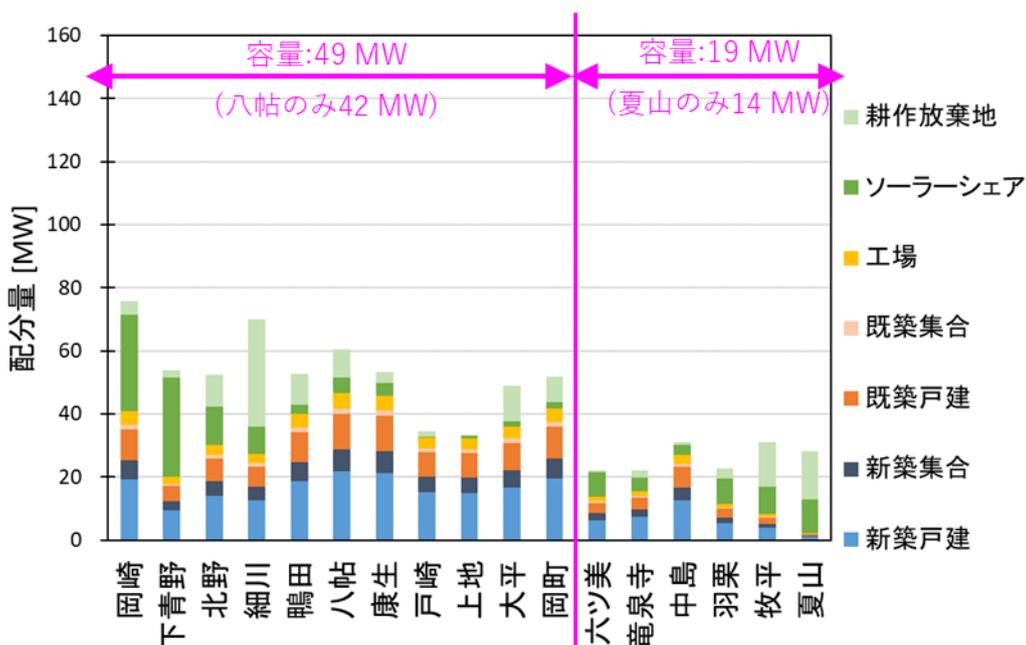


図 2-3-15 岡崎市の 17 配電エリアにおける配分量

<岐阜県八百津町>

八百津町の地区ごとの解析結果を図 2-3-16 に示す。八百津町への配分量は 68 MW であり、そのうちの 49 MW (71%) を耕作放棄地が占め、11.4 MW がソーラーシェアリングとなった。したがって、耕作放棄地への導入を着実に進めていくことが重要となる。地区別では、ソーラーシェアリングの多い和知地区と、耕作放棄地の多い久田見地区、八百津地区の導入量が多い結果となった。

なお、配電線の制約は基本的に見ていないが、久田見地区は中心部からでも八百津変電所まで約 11 km 離れているため、久田見に導入された 15 MW の PV の発電電力を送るには多回線化や特高線路の活用、ないしは相当量のローカルな出力制御が必要と考えられる。出力制御の回避に蓄電・水素製造などを活用することも考えられる。

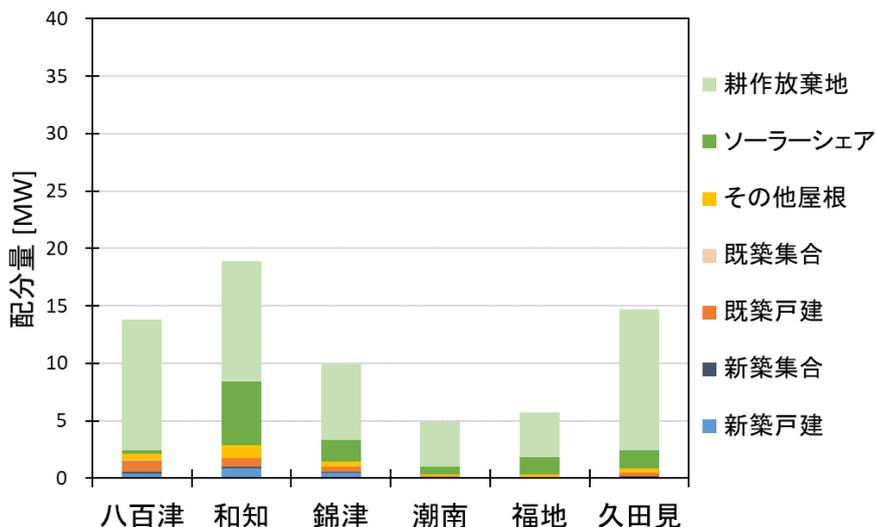


図 2-3-16 八百津町の 6 地区における配分量

<愛知県名古屋市東区>

名古屋市東区の地区ごとの解析結果を図 2-3-17 に示す。東区全体での配分量は 44.4 MW となり、そのうちの 26.8 MW (60%) を新築住宅、9.8 MW (22%) を既築住宅が占め、屋根置き合計は 44.1 MW (99%) となった。新築では戸建住宅よりも集合住宅への配分量が多くなり、新築集合住宅にいかにして PV の導入を進めていくかが重要な課題であることが確認された。新築住宅のみならず既築住宅での導入も重要になることが確認された。

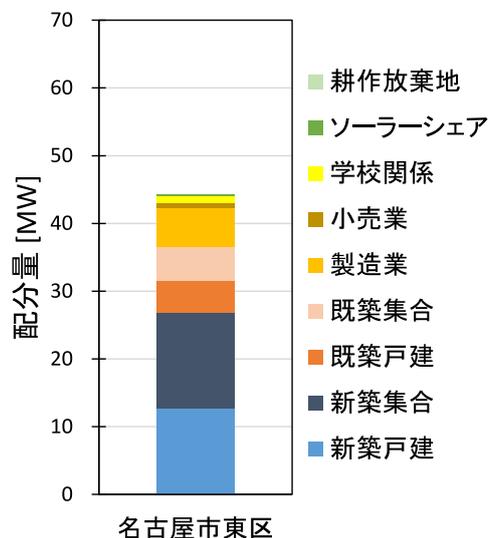


図 2-3-17 名古屋市東区の配分量

3-4. 配電エリアへの配分

3-4-1. 概要

次に各市区町村への配分量を、配電エリアに再配分することを考える。その際問題となるのは、配電エリア単位で利用可能な統計が限られるということである。本節では、これまでの検討で使用してきた 4 次メッシュデータに基づいて、2-2-5 節で想定した中部地方の各配電エリアに各市区町村における設置形態別の配分量を按分する。なお、実際には特高接続される PV も存在するが、それらも地理的にはどこかの配電エリア内に存在する。そのため、本節では特高接続される PV も特に区別せず、45 GW の全てを配電エリアに配分されている状況を想定して検討を行う。

配分は設置形態ごとに行う。住宅関連は各市区町村への配分量を配電エリアごとの世帯数比で按分した。工場に関しても、世帯数との相関がある程度期待されるため、住宅と同様に世帯数比で按分した。

他方、中部全体で 45 GW の導入量のうちソーラーシェアリングおよび耕作放棄地が多くを占めるため、これらの導入量の按分方法について検討を進めた。

初めに、代表市区町村においてソーラーシェアリングおよび耕作放棄地の導入量を各エリアに配分する手法とその結果を示す。次に、中部地方における配電エリアの想定方法を示し、中部全体における配分手法とその結果を電力システムや土地利用の観点から考察する。

3-4-2. 代表市区町村における導入配分検討

ソーラーシェアリングと耕作放棄地の配電エリアへの配分手法を以下に示す。市区町村内のソーラーシェアリングと耕作放棄地の導入量に対して、その一定割合を世帯数比例で按分し、残りを面積比例で按分することとした。岡崎市内の 17 配電エリアについて、上記の按分手法を適用した結果と各配電エリアで算出された導入ポテンシャルと比較することにより、配電エリアへの配分手法の妥当性を確認した。また、八百津町は実際には八百津変電所から町内全域に給電されているが、ここでは町内の 6 地区を疑似的に配電エリアと考えて、配分手法の検証を行った。岡崎市と八百津町で世帯数比例で按分する量と面積比例で按分する量をいくつか検討した結果、市区町村への配分量の半分を世帯数比例で、残り半分を面積比例で配分する方法が最も導入ポテンシャルに対する配分量が均等に近かったため、以下では市区町村への配分量の半分を世帯数比例で、残り半分を面積比例で配分する方法配分を用いた結果を示す。

<愛知県岡崎市>

図 2-3-18 に各配電エリアの平均活用率で示す。平均活用率が 1 を超えると配分過多であることを示すが、全ての配電エリアで配分量は導入ポテンシャルを下回っていることが確認できる。なお、配分量が 0.9 を超えたエリアは戸崎・上地・岡町配電エリアであり、いずれも導入ポテンシャルに占める屋根置き比率が高い。逆に、配分量が導入ポテンシャルの 24%にとどまった下青野配電エリアは、導入ポテンシャルに占めるソーラーシェアリングの比率が最も高い。

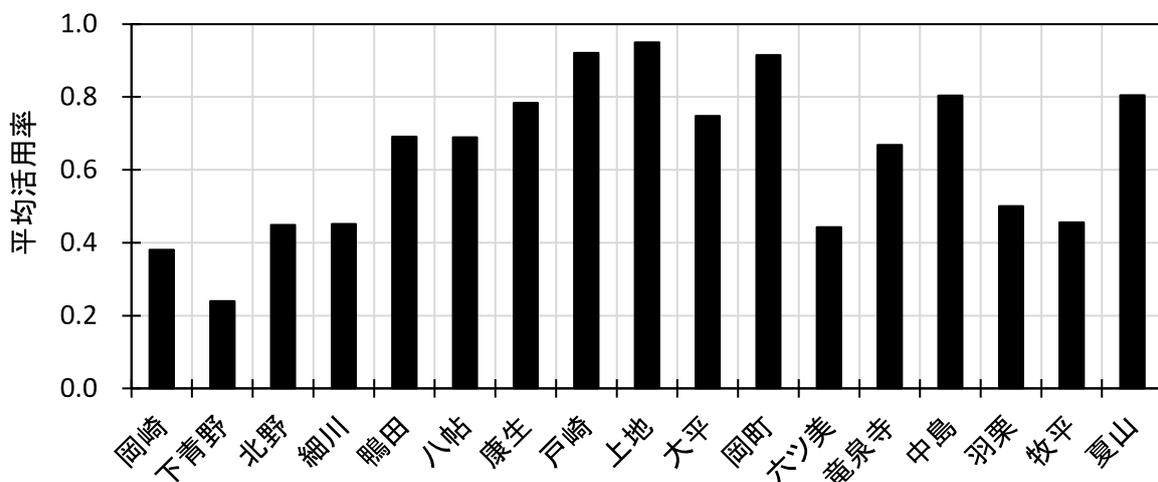


図 2-3-18 岡崎市内での配電エリアにおけるポテンシャルに対する配分量の比率

＜岐阜県八百津町＞

図 2-3-19 に八百津町の 6 地区における平均活用率を示す。八百津町においても、上記の按分手法で各地区への導入量が導入ポテンシャル以内におさまることが確認された。なお、元々導入ポテンシャルが多く農地比率の高い和知で比率が小さくなる一方、元々の導入ポテンシャルが比較的少なく、面積が相対的に広く山林の多い潮南で比率が高い傾向が見て取れる。

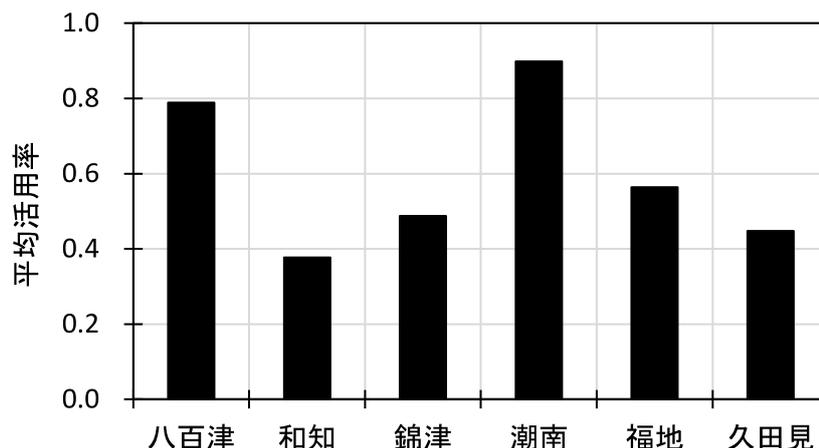
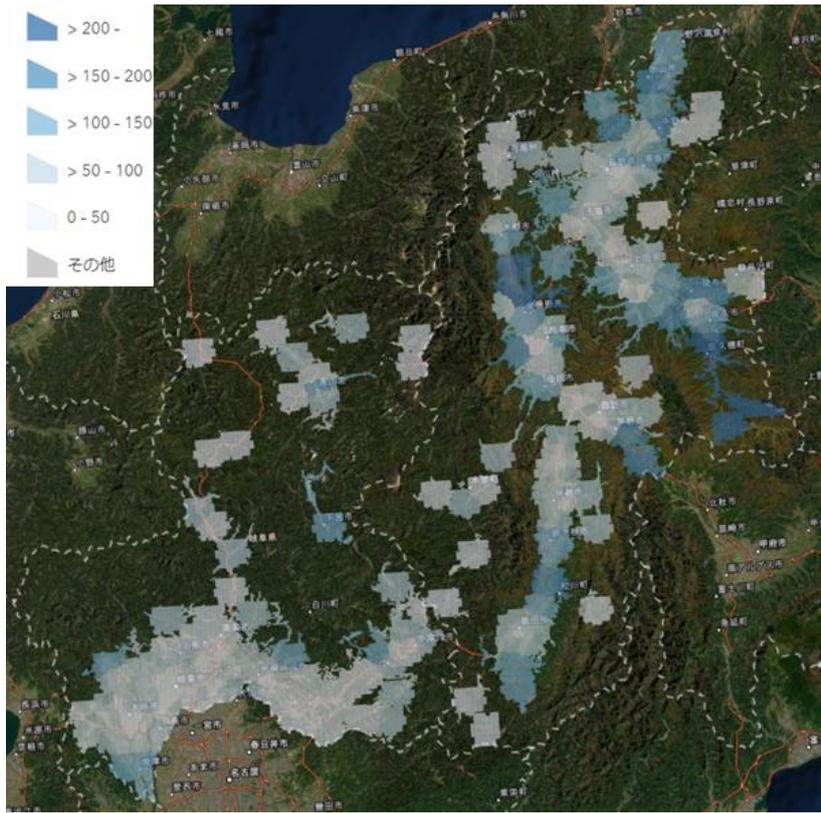


図 2-3-19 八百津町の各地区におけるポテンシャルに対する配分量の比率

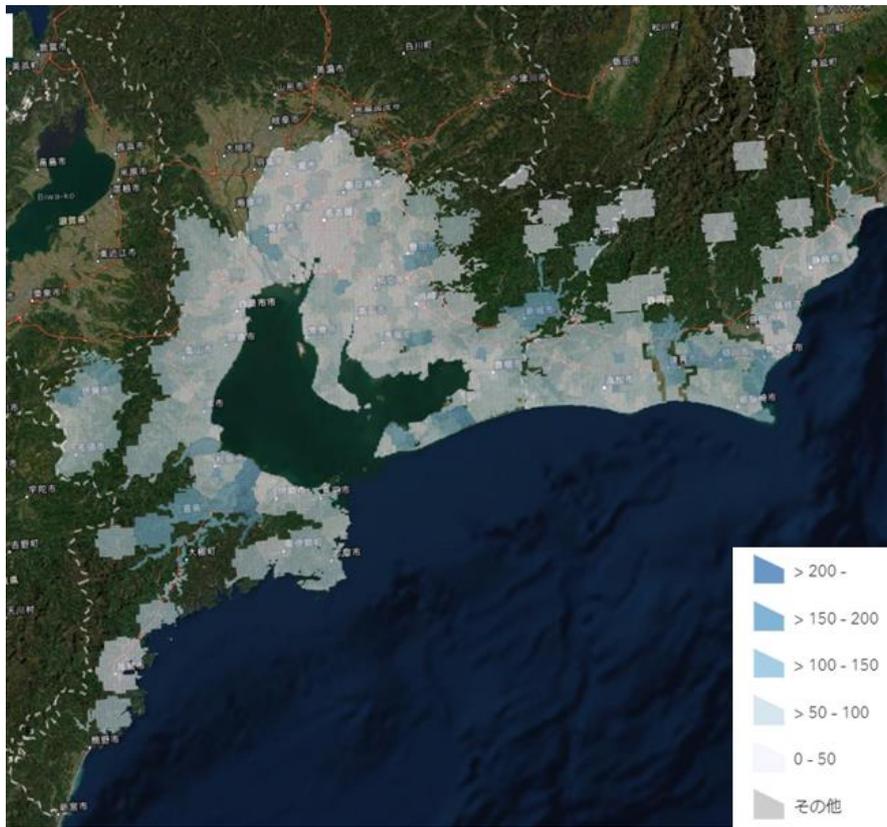
3-4-3. 中部エリア全体での配分結果

中部エリア全体での配分結果を確認する。図 2-3-20 に各配電エリアへの配分量を、描画の都合上 2 つに分けてマップ上に示す。なお、簡単な配分手法を用いているため、農地が偏っている場合などは実際には導入ポテンシャルを超えて配分されている配電エリアも一部存在する。また、対象県内で配色されていない部分はどの配電エリアに含まれていない部分であり、山林などで居住者がいない、あるいはどの配電エリアにもアルゴリズム上割り振られなかった部分である。

配分量が 100 MW を超えるエリアは、長野県・岐阜県では県全体に広く分布している。愛知県では、西部・渥美半島、新城市など農業が盛んな地域に分布している。静岡県では南西部の茶畑が多いエリアに見られる。全体として、郊外や山間地域の農地が豊富なエリアへの導入量が多いことが確認できる。このようなエリアにおいては、現存する配電用変電所の間隔が広いため、想定される配電エリアが占めるメッシュ数が多くなることが一因と考えられる。



(a) 長野県と岐阜県



(b) 静岡県、愛知県、三重県

図 2-3-20 各配電エリアへの PV 配分量[MW]

図 2-3-21 に上位 10 配電エリアの配分量分布を示す。PV 導入量の上位 10 配電エリアのうち、8 エリアは長野県、2 エリアは三重県であった。いずれもソーラーシェアリングと耕作放棄地の配分量が多いが、1 位を除いてはソーラーシェアリングが耕作放棄地よりも多いか、同程度の配分量となっている。

図 2-3-22 に配分量を都道府県別に箱ひげ図にしたものを示す。各県の箱の上位と下位は、それぞれ上位 25%、下位 25%の値を示す。バーの上端・下端はそれぞれ最大値、最小値を示すが、最大値に関しては第 3 四分位数+四分位範囲×1.5 のデータは外れ値として個別にプロットされている。×印で平均値が示されている。

平均値は長野県が 81.1 MW と高く、三重県 58.9 MW、静岡県 52.2 MW、岐阜県 47.5 MW と続き、愛知県が 39.9 MW で最も低い。他県と比較して、長野県が中央値に対して上位の分布が広い傾向にある。また、外れ値を除いた最大値も長野県が 195 MW と他県よりも高くなっている。

図 2-3-23 に、配分量のヒストグラムを示す。配分量が 20 MW～60 MW の配電エリアが全体の 52.6%を占める。一方、100 MW を超える配電エリアも 77 (8.9%) 存在し、うち 42 は長野県にある。

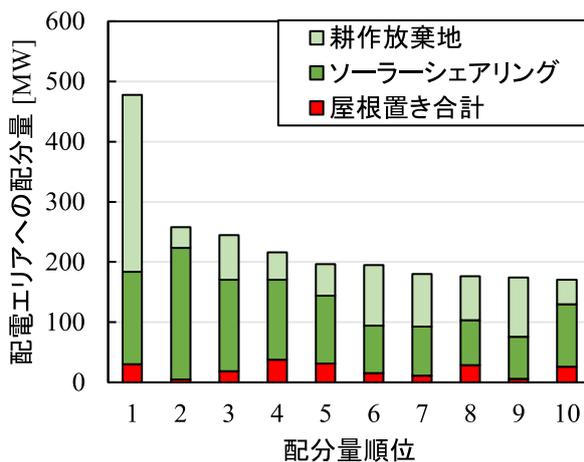


図 2-3-21 PV 配分量上位 10 配電エリアの内訳

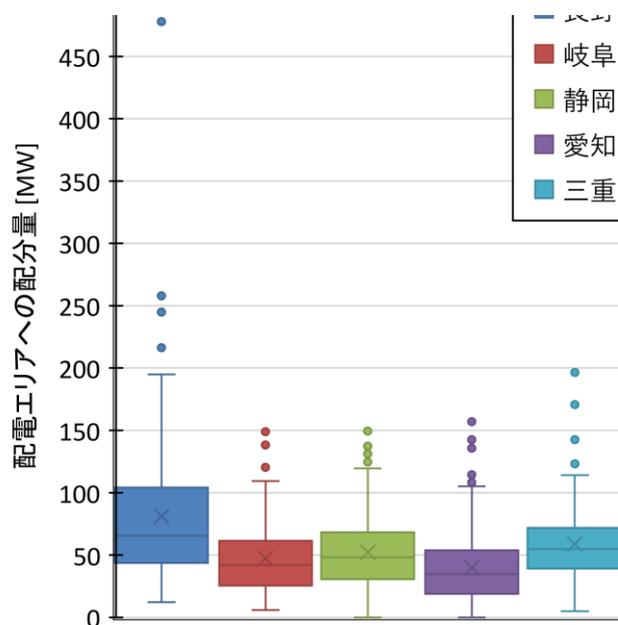


図 2-3-22 配電エリアへの配分量の県別箱ひげ図

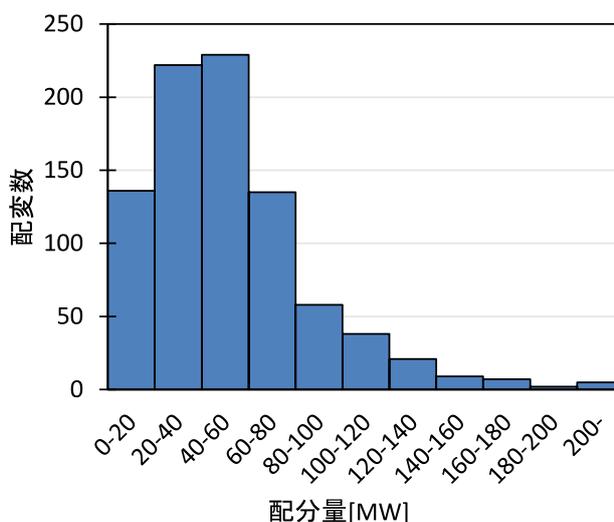


図 2-3-23 配電エリアへの配分量のヒストグラム

<配電設備容量との関係>

各配電エリアへの配分量を、配電用変電所の設備容量を横軸として散布図にしたものを図 2-3-24 に示す。設備容量に対し、配分量が 5 倍以上となるエリアが 49、10 倍以上となるエリアが 11 存在した。設備容量が 20 MW 未満の配電エリアにも 100 MW を超える PV が配分されているところが少なくない。これは本質的には需要が少ない配電エリアにソーラーシェアリングや耕作放棄地を中心に導入ポテンシャルが大きいことに起因すると考えられる。このような需要に対して配分量がはるかに大きいエリアでは、配電エリア内で電気として自家消費できる量は限られると考えられる。

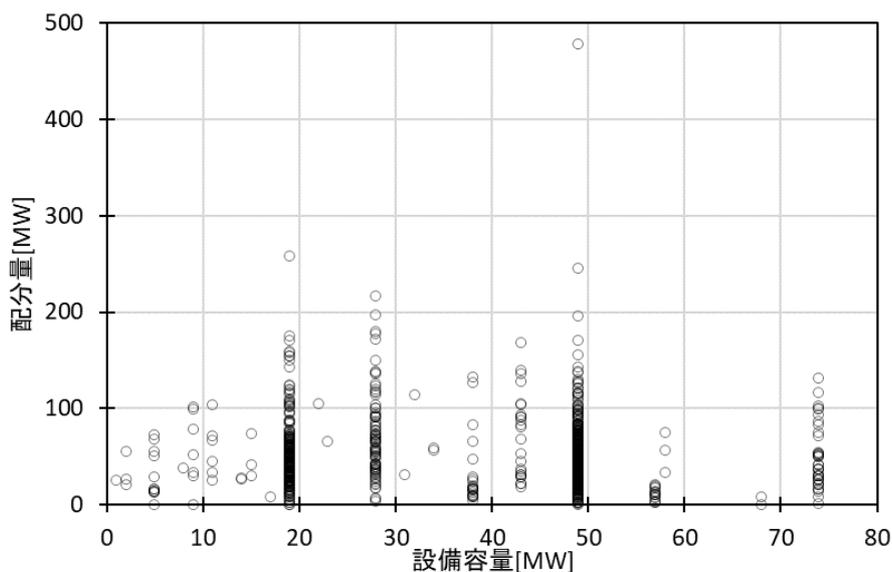


図 2-3-24 中部地方の各配電エリアへの配分結果

今回は中部全体で一律の活用率を想定したが、配電容量や需要が大きい配電エリアにおいて、PV の導入ポテンシャルに対する活用率や配分量を増加させることで、既存の配電設備を有効活用しやすい PV 導入につながられると考えられる。

配電エリアの設備容量を大きく超過するエリアへの対処法としては、特定の部分を中心に送電網に直接接続することや、配電用変電所と配電線の増強により対処することが考えられる。この場合、送配電設備の増強には時間と費用がかかるので、本検討で示したような将来の PV 配分を見据えながら増強場所を設定し、増強したエリアへの PV 導入を促進することで増強後の設備の有効活用につながると考えられる。そうした場所の選定には、土地利用や都市計画の観点から地元住民、地元企業をはじめとする多様なステークホルダーの参画が重要になり、それらをコーディネートする市区町村の役割は重要となる。特に、市街地以外ではソーラーシェアリングや耕作放棄地をはじめとする未利用地・低利用地への導入が多くなると考えられるため、意思決定への農家や地元住民の参加は特に重要と考えられる。

別の対処法としては、蓄電池や電気自動車により、地域の電力需要に対して活用することも考えられる。さらには、余剰電力によって CN 燃料を製造することにより、地域の電力以外の需要まで供給することも考えられる。この点は第二編の 4 章と 5 章で具体的な検討を行う。

コラム. 将来の蓄電池の導入量

代表市区町村である岡崎市と八百津町に関して、需要家側の必要性からいくつかの設置形態について、将来の蓄電池導入量についても推定を試みた。土地面積により導入ポテンシャルが規定される PV とは異なり、蓄電池は様々な目的に使用される可能性があり、かつ特定の用途においても導入量の幅が非常に大きい。ここでは、定置用蓄電システム普及検討会の報告（以下、同報告）²⁰を参考にしながら、需要家側の必要性からいくつかの設置形態を想定した。設置対象は、住宅（新築戸建・新築集合・既築戸建・既築集合）、避難所（学校も含まれている）、コンビニ、スーパーマーケット、工場、病院、診療所、歯科診療所、通信基地局である。なお、同報告によれば 2019 年末時点では通信基地局・UPS が国内の定置用蓄電池の累積導入量の 62%を占める。

単位導入量については、戸建住宅、工場数(30人以上)、診療所・歯科診療所は同報告に準拠した。集合住宅は戸建住宅より電力需要や設置スペースが小さいと考え、5 kWh/世帯とした。同報告において店舗向けが一律で 25 kWh/箇所となっているのを参考に、コンビニ・スーパーマーケット、従業員 4~29 人の事業所の単位導入量を設定した。避難所については同報告では 15 kWh/箇所となっているが、東三河地域防災協議会の受託研究²¹を参考に 200 kWh/箇所とした。病院については、病院設備の非常用発電機の容量が平均 33.0 VA/m²だったという調査結果²²と、1994 年から 2018 年の病院床面積が 67 m²/床だったという調査結果²³から、負荷率を 50%、蓄電池容量を 24 時間分として計算した。通信基地局・UPS は、同報告の累積導入規模 6.0 GWh を全国の携帯基地局数で除した。

指標に関しては、住宅関連は PV の導入ポテンシャル計算時と同じである。その他の指標については、各種の統計情報から収集した。病院の床面積は、日本医師会の地域医療情報システムの情報を参考にした。通信基地局・UPS は岡崎市・八百津町それぞれの携帯基地局数を乗じた。

住宅への導入率は、PV の各設置形態での活用率の半分と想定した。避難所と病院は優先的に蓄電池を設置すべき場所と考えて導入率を 1 とし、それ以外は 0.5 とした。

表の 2-3-6 に指標と導入量、図 2-3-25 に導入量のグラフを示す。岡崎市では、導入量の大部分を住宅が占めることになる。次いで、病院・診療所、特に病院の導入量が多く、工場が続く結果となった。他方、八百津町の場合には工場の導入量が最も多く、住宅と避難所が同程度の導入量となった。

しかし、PV の余剰電力対策の観点では、全体の合計は岡崎市の PV 配分量 744 MW、八百津町の 68 MW の定格出力と比較すると、それぞれ 0.82 時間分、0.28 時間分に過ぎず、夜間への需要シフト用にも全く足りない。

電気自動車 (EV) に搭載された蓄電池そのものの容量は、定置用蓄電池の導入量に比べてはるかに大きい。仮にその半分相当が蓄電池同様に使えたと仮定すると、PV 定格出力に対し岡崎市では 6.4 時間分に相当し、夜間への需要シフトには十分である。他方、八百津町では 0.86 時間分に過ぎ

²⁰ 三菱総合研究所「定置用蓄電システム普及拡大検討委員会の結果とりまとめ」第4回定置用蓄電システム普及拡大検討会 資料4 (2021)

²¹ 見目喜重「災害時における再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの有効活用について」2019-2020 年度 東三河地域防災協議会 受託研究 研究成果報告書 (2021)

²² 蒲田剛：「病院の電力供給計画」電気設備学会誌, Vol.34, No.7, pp.448-451 (2014)

²³ 伊藤雅俊他：「病院の1床当たりの床面積の年代別推移と決定要因に関する考察」, 経営情報イノベーション研究, Vol.9, pp.67-97 (2020)

ない。ソーラーシェアリングや耕作放棄地で発電を行う人たちが、固定価格買取制度への対応や将来の各種電力市場での収入向上のために蓄電池を導入すること、更には送配電事業者が系統対策の一環として蓄電池を設置することなど、様々な観点から導入の方法を議論する必要がある。

なお、EVがどの程度電力システムに貢献できるかは、充放電のインフラ（家庭や職場、系統で充電可能か、さらに放電まで可能か）や接続の有無などに大きく依存する。日中に職場で充放電が可能であればPVの余剰電力削減に大きく貢献することが期待される²⁴。ただし、EVが多い配電エリアとPVが多い配電エリアが異なる点にも留意が必要である。

表 2-3-6 蓄電池の導入量算定に使用した指標と導入量の試算結果

導入指標	単位導入量[kWh]	導入率	岡崎市		八百津町	
			指標	導入量[MWh]	指標	導入量[MWh]
新築戸建住宅世帯数	7	0.50	46,888	164	350	1.2
新築集合住宅世帯数	5	0.35	67,381	118	300	0.5
既築戸建住宅世帯数	7	0.30	47,584	100	1,521	3.2
既築集合住宅世帯数	5	0.30	28,627	43	169	0.3
避難所	200	1.00	105	21	23	4.6
コンビニ	20	0.50	170	2	3	0.03
スーパーマーケット	40	0.50	39	1	2	0.04
工場数（4人～29人）	25	0.50	551	7	31	0.4
工場数（30人以上）	1,000	0.50	136	68	14	7.0
病院病床数	27	1.00	2,706	72	48	1.3
診療所数	30	1.00	236	7	7	0.2
歯科診療所数	30	1.00	163	5	3	0.09
通信基地局	17	1.00	808	13	21	0.3
合計				607		18.8
(参考)EV	50	1.00	190,480	9,524	2,340	117.0

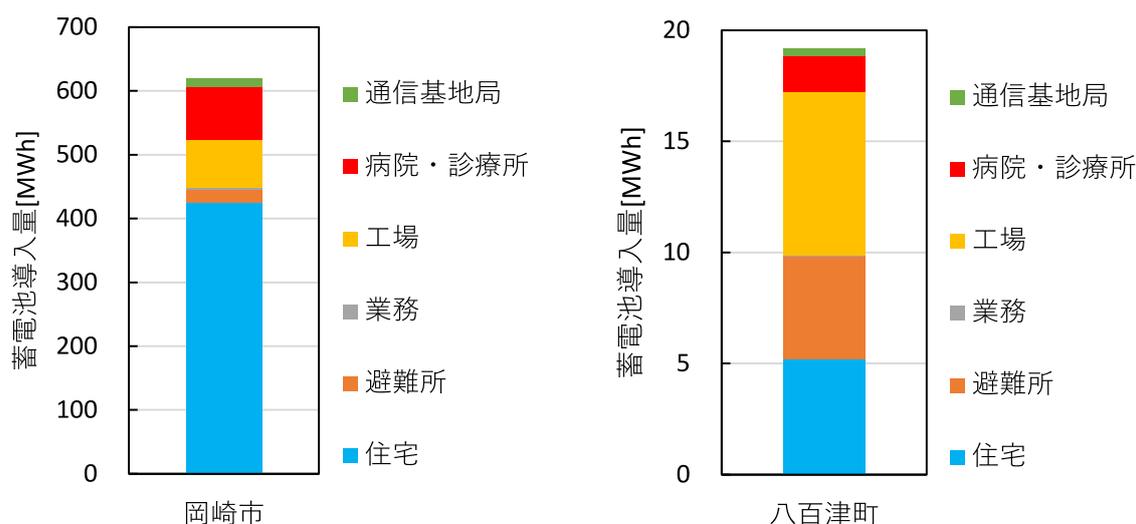


図 2-3-25 蓄電池の導入量の試算例

²⁴ 今中政輝他：「事業所における大容量太陽光発電の有効活用に対する電気自動車の退社前放電の有用性」エネルギー・資源学会論文誌，Vol.42, No.6, pp.393-402 (2021)

3-5. 3章のまとめ

本章では、代表市区町村でのより具体的な検討を参考にしながら、中部全体の 45 GW の太陽光発電を市区町村および配電エリアに配分する手法を提案し、配分結果について分析を行った。検討は市区町村での PV 導入ポテンシャルの算出、導入ポテンシャルと活用率を用いた市区町村への配分量の算出、市区町村の配分量の配電エリアへの再配分の 3 段階で行った。

PV の 7 つの設置形態を仮定し、市区町村単位での統計に基づいて 2050 年の世帯数および戸数、面積などを推定し市区町村ごとに PV 導入ポテンシャルを算出した。中部エリア全体の導入ポテンシャルは 89.7 GW となり、その約半分がソーラーシェアリングであることを確認した。

次に、全国 300 GW に相当する中部地方 45 GW の PV 導入を想定し、設置形態ごとの活用率を設定することで各市区町村への配分を行った。中部全体では、屋根置き合計、ソーラーシェアリング、耕作放棄地への配分量が概ね 1/3 ずつになることを確認した。絶対量で見ると、中核市や農業が盛んな市への配分量が多くなることを確認された。

さらに、各市区町村の配分量を配電エリアへと再配分を行った。都道府県別に見ると、長野県が 1 配電エリアあたりの PV 配分量が平均 81 MW となり、中部全体の配分量上位 10 位までのうち 8 配電エリアを長野県が占めるなど、配電エリアあたりの配分量が多い傾向が示された。中部全体で配電用変電所の設備容量の 5 倍を超える市区町村が 49 にのぼるなど、需要規模や設備容量をはるかに上回る PV 導入量となる配電エリアが多く発生することが確認された。

更には、導入量が多くなった配電エリアにおいてはエネルギー需給などの観点から関連研究へと考察が広がっていく可能性があり、今後の研究の検討課題になると考えられる。

第4章：市区町村における余剰電力による CN 燃料供給可能性の検討例

4-1. 計算対象

第3章において検討対象とした愛知県岡崎市と岐阜県八百津町について、本プラットフォームを用いて現状および将来の電力需要・燃料需要を計算し、余剰電力によるカーボンニュートラル燃料（CN 燃料）の供給可能性を検討した。フェーズ I では、産業部門については各配電エリアにおける電力需要のみを計算対象としたが、フェーズ II では 2-2-2 項に示した方法にて燃料需要も計算した。なお、特高受電するような大規模な需要家についてはエネルギー管理指定工場等に基づき別途データベースを構築しており、市区町村単位の検討の際に適宜利用する。

岡崎市のエネルギー管理指定工場のうち、温対法報告がある工業・事業場は 12 件であり、温対法報告がない工場・事業場は 16 件である。岡崎市のエネルギー管理指定工場の業種は機械製造業、食品飲料製造業等であり、配電接続の産業にも十分存在すると考えられるため、岡崎市は特高受電の燃料/電力需要比 1.24 を用いる。また、八百津町はエネルギー管理指定工場が存在しないため、都道府県別最終エネルギー統計より、岐阜県の機械製造業の燃料/電力比 1.29 を産業全体の燃料/電力需要比とする。岐阜県の業種別の燃料/電力比を表 2-4-1 に示す。また、燃料別のカーボン原単位を表 2-4-2 に、愛知県の業種別カーボン原単位を表 2-4-3 に示す。

表 2-4-1 岐阜県の業種別燃料/電力比

業種	燃料/電力比
機械製造業	1.29
食品飲料製造業	3.79
繊維工業	11.21
プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	1.28
他サービス業	1.08

表 2-4-2 燃料別カーボン原単位

燃料	CO ₂ 排出原単位 [t-CO ₂ /GJ]([t-C/GJ])
一般炭	0.0905 (0.0247)
原油	0.0685 (0.0187)
天然ガス	0.0495 (0.0135)

表 2-4-3 愛知県の業種別カーボン原単位

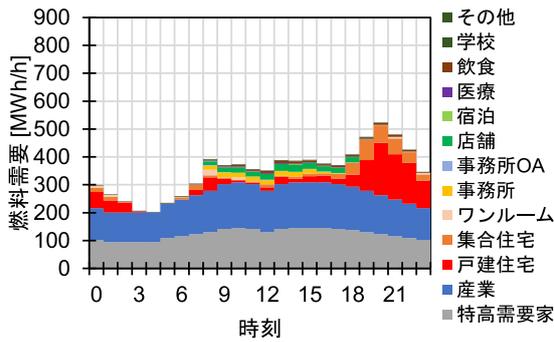
業種	CO ₂ 排出原単位 [t-CO ₂ /GJ]([t-C/GJ])
機械製造業	0.0521 (0.0142)
食品飲料製造業	0.0539 (0.0147)
繊維工業	0.0550 (0.0150)
プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	0.0602 (0.0164)
他サービス業	0.0657 (0.0179)

4-2. 現状の電力需要・燃料需要

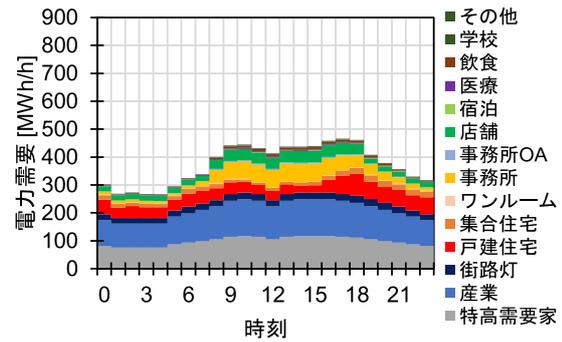
中間期、夏期、冬期の代表日（5月18日、8月10日、12月21日）における燃料重要・電力需要の1時間値および各月の積算値を図 2-4-1～図 2-4-4 に示す。燃料需要の月変化に関する参考として、電力・ガス取引監視等委員会による中部・北陸地域全体の 2017 年度月別の都市ガス需要²⁵を図 2-4-2(a)および図 2-4-4(a)に折れ線グラフで示す。中部・北陸地域全体の都市ガス需要は家庭、商業、工業、その他で分類して集計されている。図 2-4-2 の岡崎についてはこれら全分類の1月の合計値を 100%として規格化して示している。図 2-4-4 の八百津町については、大きな産業がないことを考慮し、工業の都市ガス需要を除いた1月の合計値を 100%として規格化して示している。

上述のように本モデルでは需要家別・用途別の電力・燃料需要の時間変化は同じであるが、各需要家における用途別の電力・燃料需要の比率が異なるため、全体としての電力・燃料需要の時間変化は異なる。特に、第2章で示したように住宅の暖房需要における電力比率を低く（燃料比率を高く）想定しているため、図 2-4-1(c)および図 2-4-3(c)に示すように、岡崎市・八百津町ともに燃料需要は 20 時台を中心に大きい。図 2-4-1(a)および図 2-4-3(a)に示すように中間期においても同様であるが、これは厨房や給湯によるものである。

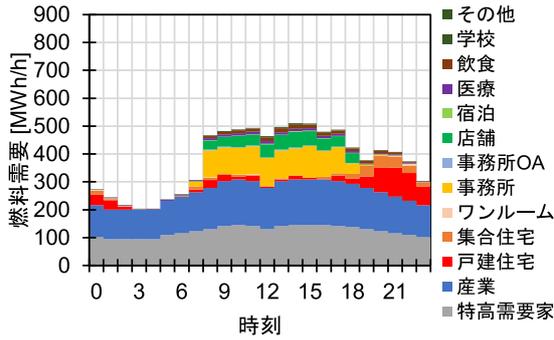
²⁵ 新電力ネット；ガス需要の遷移，(2021) https://pps-net.org/gas_sale



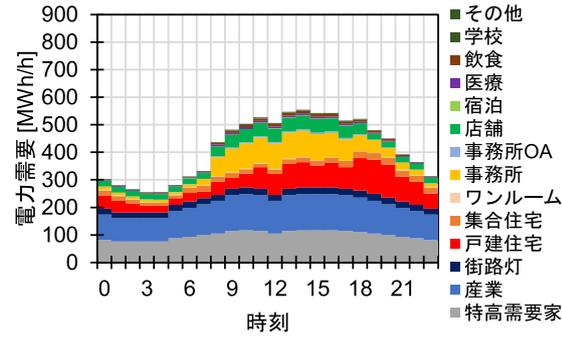
(a) 燃料需要 (5月18日)



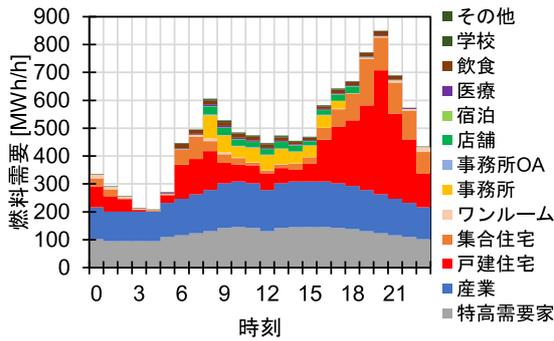
(b) 電力需要 (5月18日)



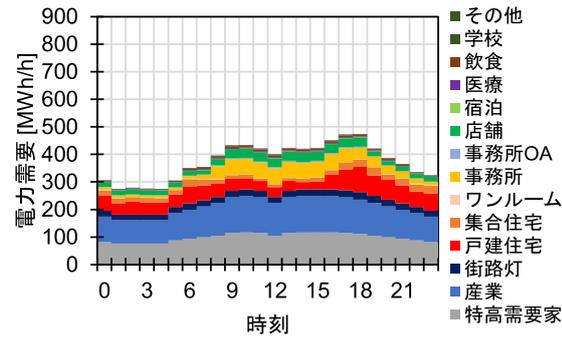
(c) 燃料需要 (8月10日)



(d) 電力需要 (8月10日)

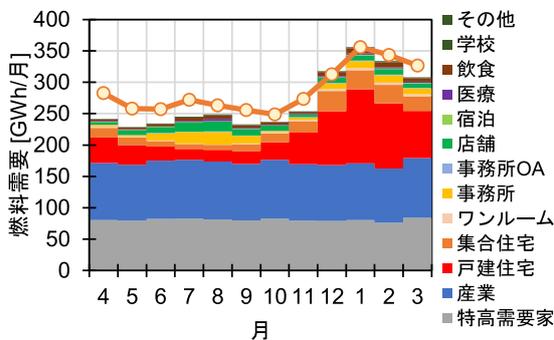


(e) 燃料需要 (12月21日)

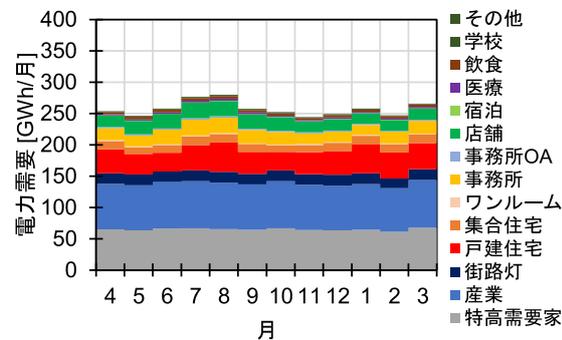


(f) 電力需要 (12月21日)

図 2-4-1 愛知県岡崎市における代表日の燃料需要・電力需要の時間変化

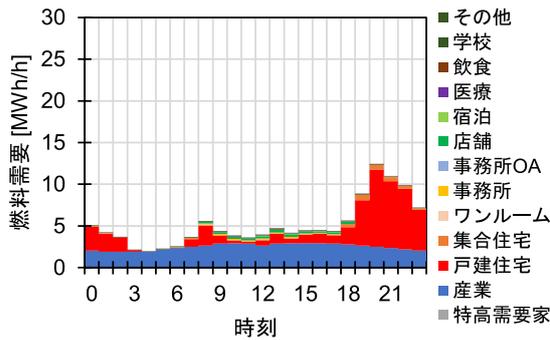


(a) 燃料需要

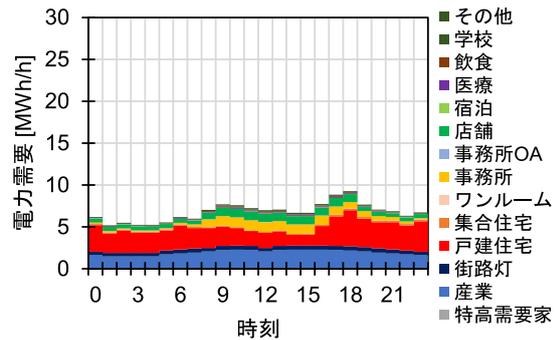


(b) 電力需要

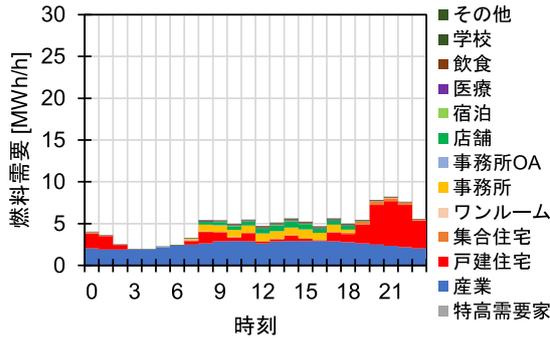
図 2-4-2 愛知県岡崎市における月別の燃料需要・電力需要



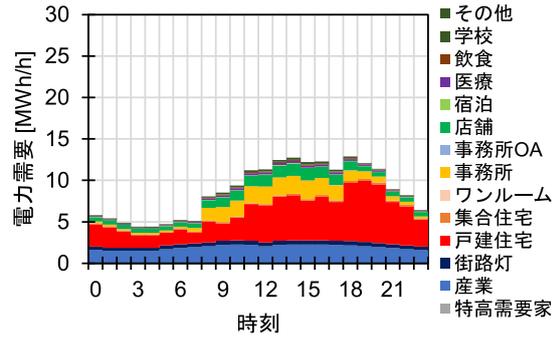
(a) 燃料需要 (5月18日)



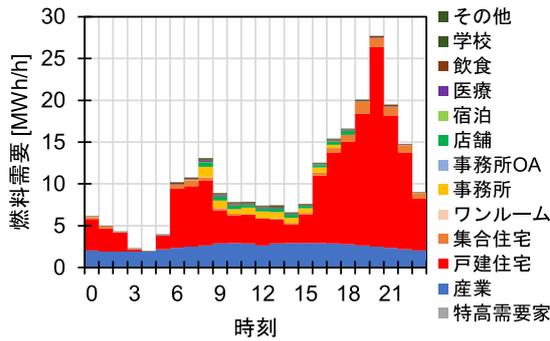
(b) 電力需要 (5月18日)



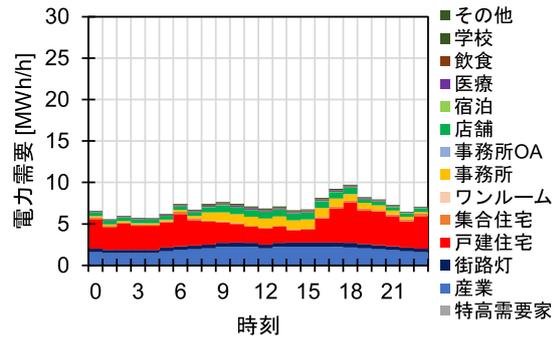
(c) 燃料需要 (8月10日)



(d) 電力需要 (8月10日)

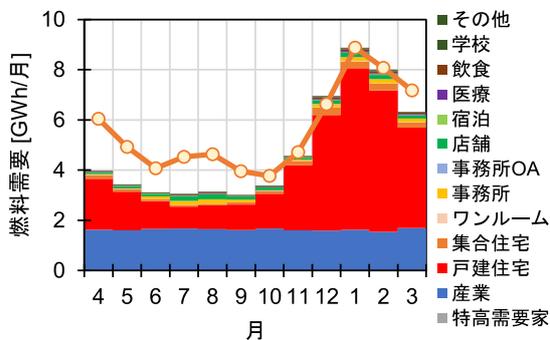


(e) 燃料需要 (12月21日)

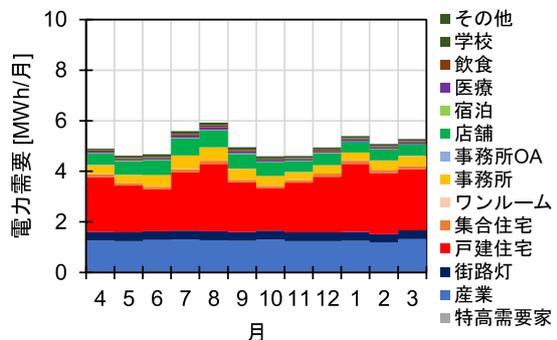


(f) 電力需要 (12月21日)

図 2-4-3 岐阜県八百津町における代表日の燃料需要・電力需要の時間変化



(a) 燃料需要



(b) 電力需要

図 2-4-4 岐阜県八百津町における月別の燃料需要・電力需要

図 2-4-2(a)および図 2-4-3(a)に示すように、岡崎市および八百津町ともに、冬期における暖房・給湯需要が大きいため、電力需要と比較して燃料需要の季節変化は大きい。ただし、都市ガスインフラのある岡崎市の場合、業務部門における燃料シェアが八百津町よりも高く夏期の冷房における燃料需要が大きいこと、特高配電に接続する大規模工場等の燃料需要が年間を通じて大きいことから、燃料需要の季節変化は八百津町よりも小さい。その結果、岡崎市においては月別の電力／燃料需要の比率の変化は八百津町よりも小さい。逆に言えば、八百津町の場合、電力／燃料需要比は冬期において非常に小さく、中間期や夏期に大きい。

なお、両図に参考値として示した電力・ガス取引監視等委員会による月別の中部・北陸地域全体の都市ガス需要との比較からわかるように、本モデルで計算した燃料需要の季節変化は概ね妥当と考えられる。八百津町の夏期において本モデルの計算値と都市ガス需要の実績値との差が大きいのが、これは八百津町では相対的に住宅の割合が多く、冬期の暖房・給湯需要が大きいためと考えられる。

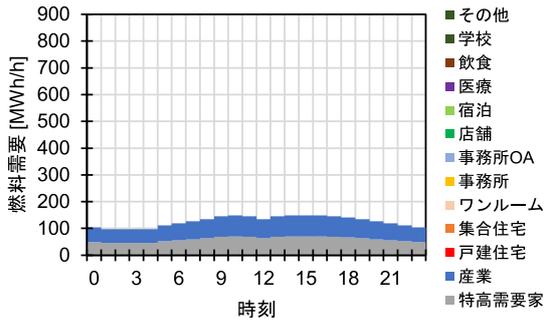
一方、電力需要については、夏期・冬期において大きいものの、燃料需要と比較すれば季節変化は小さい。ただし、都市ガスインフラのある岡崎市と比較して、都市ガスインフラのない八百津町については業務部門における電力シェアを大きく設定していること、および上述のように冬期における燃料需要が大きいことから、中間期や夏期における電力需要は燃料需要よりも大きい。岡崎市の場合も基本的には同様の傾向であるが、電力需要、燃料需要ともに季節変化は八百津町よりも小さい。

4-3. 将来の PV 発電電力量と電力需要・燃料需要

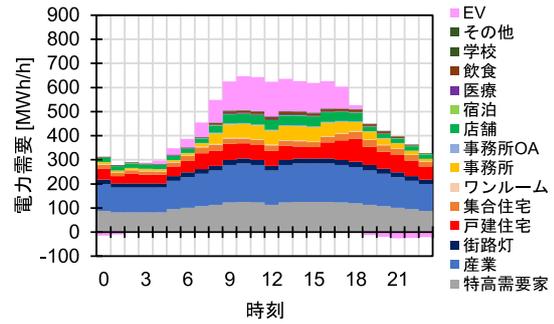
将来シナリオとして民生部門の燃料需要から電力需要へのシフト率 100%、産業部門の電力シフト率 40%とエネルギー効率向上 20%を想定し、岡崎市および八百津町における将来の電力需要、燃料需要の時間パターンを計算した。上述の中間期、夏期、冬期の代表日における将来の燃料重要・電力需要の 1 時間値および各月の積算値を図 2-4-5～図 2-4-8 に示す。なお、常的に利用される EV の充電需要については、現時点では愛知県のみ考慮可能なため、八百津町について日常的な利用頻度が小さい EV による充放電のみを考慮している。

民生部門における将来の電力シフト率を 100%と想定しているため、燃料需要は産業部門のみである。また、産業部門の電力シフト率 40%、エネルギー効率向上 20%と想定しているため、特に現状において産業部門が小さい八百津町における燃料需要は非常に小さい。一方、電力需要については、COP の高いエアコン・ヒートポンプ給湯機の利用、ヒートポンプ給湯機は PV の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ことから、図 2-4-1 および図 2-4-3 に示したような燃料需要とは異なり暖房・給湯のための冬期夕方の急増は限定的である。むしろ、第 2-2-3 項に示したように PV 出力が大きな昼間の余剰電力に対応する EV 充電促進時間帯を想定しているため、冬期であっても昼間にピークが発生する。ただし、日射量に応じて EV の充電促進時間帯が変化することを想定しているため、冬期の充電促進時間帯は短く、12 時前後に充電需要が集中している。

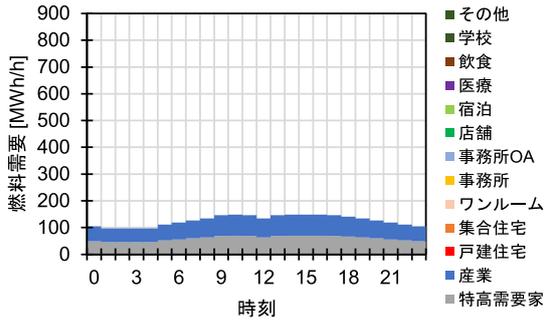
なお、民生部門における将来の電力シフト率を 100%と想定したが、人口変化に伴うエネルギー需要の変化、電化に伴う効率向上などにより、将来の岡崎市の電力需要は図 2-4-2(b)に示した現状の 30%増である。このうち 15%分は EV 充電によるものである。八百津町の場合、EV 充電需要を考慮できていないこと、人口減少が大きいことなどにより、年間の電力需要は図 2-4-4(b)に示した現状の 85%程度である。ただし、EV 充電需要を考慮すれば、電力需要は現状と同程度になると考えられる。



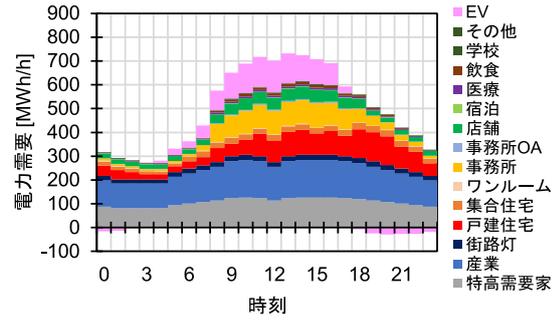
(a) 燃料需要 (5月18日)



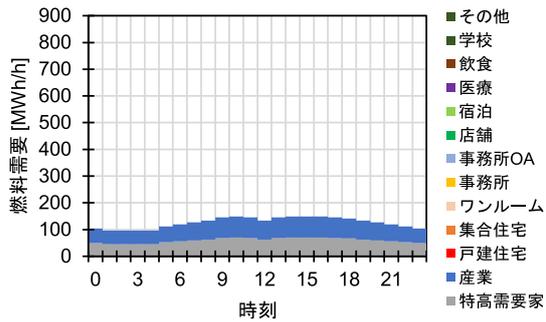
(b) 電力需要 (5月18日)



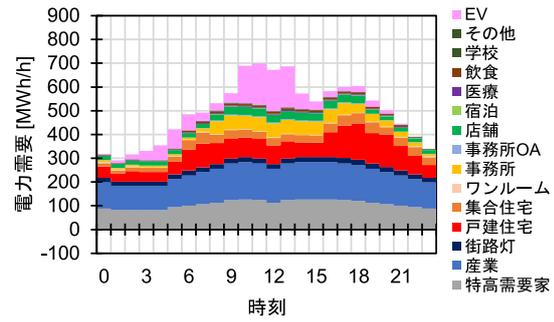
(c) 燃料需要 (8月10日)



(d) 電力需要 (8月10日)

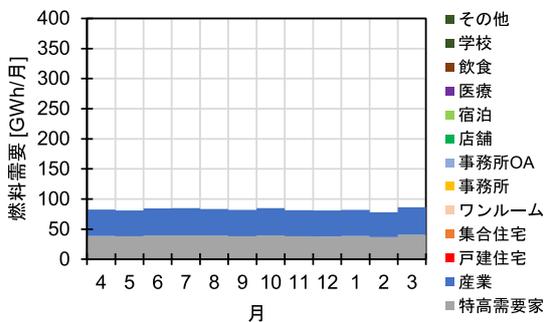


(e) 燃料需要 (12月21日)

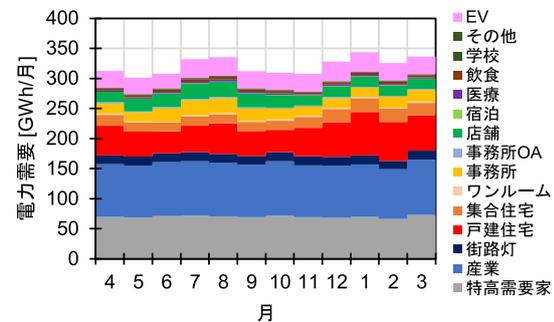


(f) 電力需要 (12月21日)

図 2-4-5 愛知県岡崎市における代表日の燃料需要・電力需要の時間変化

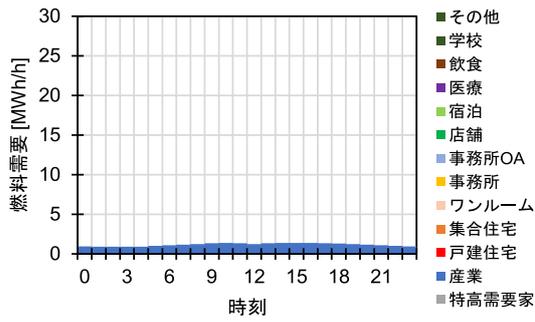


(a) 燃料需要

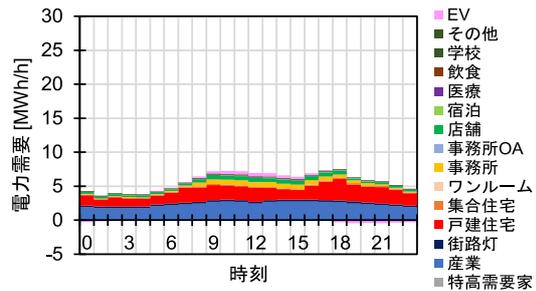


(b) 電力需要

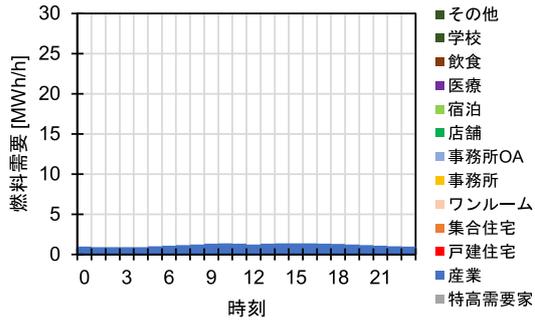
図 2-4-6 愛知県岡崎市における月別の燃料需要・電力需要



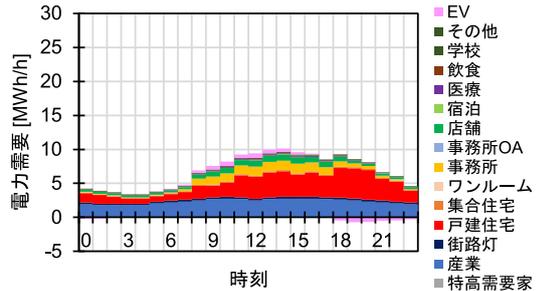
(a) 燃料需要 (5月18日)



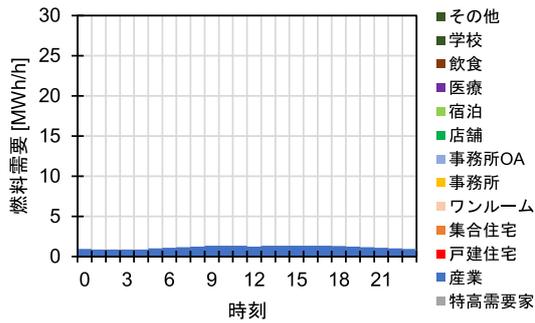
(b) 電力需要 (5月18日)



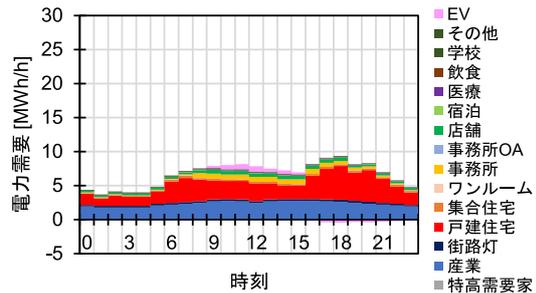
(c) 燃料需要 (8月10日)



(d) 電力需要 (8月10日)

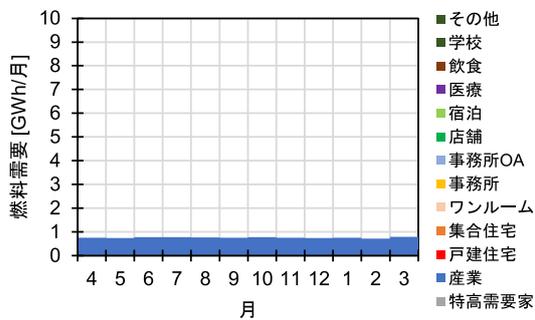


(e) 燃料需要 (12月21日)

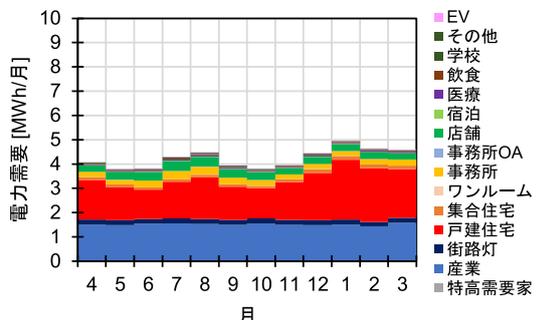


(f) 電力需要 (12月21日)

図 2-4-7 岐阜県八百津町における代表日の燃料需要・電力需要の時間変化



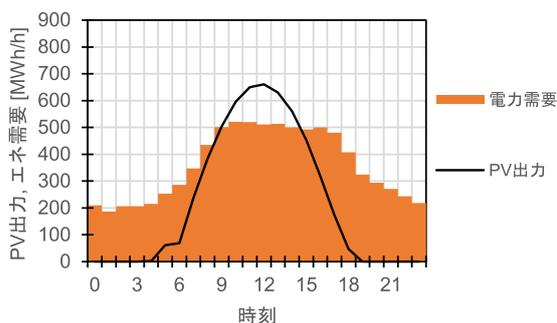
(a) 燃料需要



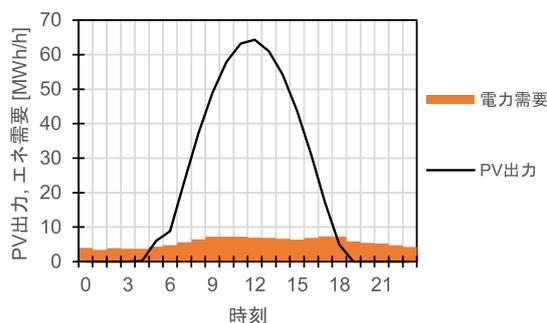
(b) 電力需要

図 2-4-8 岐阜県八百津町における月別の燃料需要・電力需要

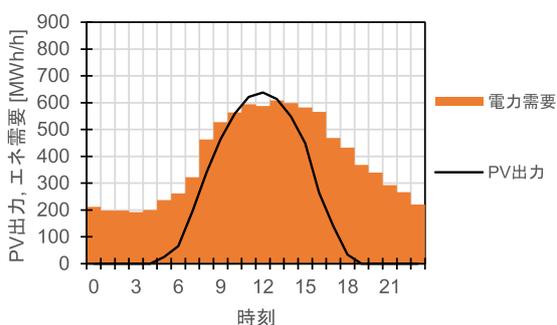
このような将来の電力需要に対し、第3章で想定した岡崎市および八百津町における将来のPV導入量693 MWおよび67.5 MWによるPV出力パターンを計算し、将来の残余負荷および余剰電力の時間パターンを計算し、余剰電力による水素等CN燃料の製造量と上述の燃料需要とを比較した。図2-4-9に上記の代表日における電力需要とPV出力を示す。高压配電線に接続するPVのみを考慮しているため、電力需要は特高受電分を除外している。同図の代表日はいずれも概ね晴れでPV出力は大きいものの、岡崎市については特高電力需要を除いた高压配電分の電力需要に対してPV出力の余剰電力はほとんど発生しない。一方、八百津町においては、年間の最大需要が11 MW程度に対して6倍の容量のPV導入を想定しているため、毎日非常に大きな余剰電力が発生する。



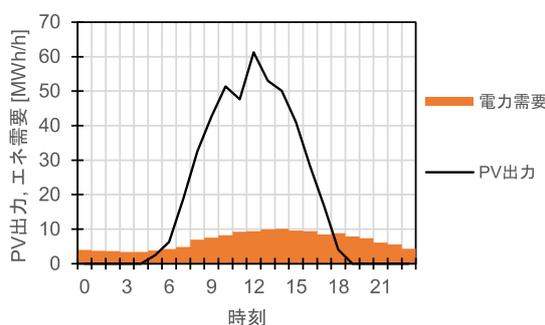
(a) 愛知県岡崎市 (5月18日)



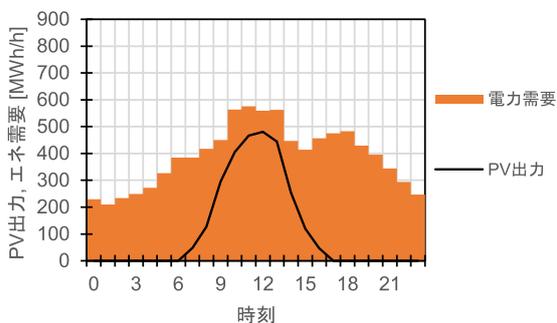
(b) 岐阜県八百津町 (5月18日)



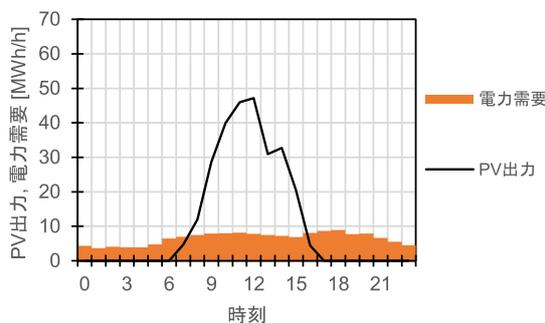
(c) 愛知県岡崎市 (8月10日)



(d) 岐阜県八百津町 (8月10日)



(e) 愛知県岡崎市 (12月21日)



(f) 岐阜県八百津町 (12月21日)

図2-4-9 愛知県岡崎市、岐阜県八百津町における代表日における高压配電電力需要とPV出力の時間変化 (PV導入量 岡崎市: 693 MW、八百津町: 67.5 MW)

なお、第3章で示した方法では、全国一律に新築戸建住宅の100%、既築住宅の60%、工場屋根の60%にPVが導入されると想定し、全国300GWの導入量を各市区町村に配分する。このため、八百津町のような市区町村における導入量を減らすためには、工場屋根へのPV導入割合を増やすことや、第3章では考慮していないビル壁面へのPV設置を想定する必要がある。一方で、第3章で示したように八百津町のような市区町村において電力需要を非常に大きく超過するPV導入が必要になる場合、余剰電力が配電用変電所の容量を超過する、あるいは配電用変電所に至るまでの配電線容量を超過するような場合は、全ての余剰電力を上位系統に逆潮流することはできない。このような場合、余剰電力によって蓄電池を充電し、夜間に利用することや、余剰電力によってCN燃料を製造することが考えられる。そこで、下記2通りについて、八百津町における日々の電力需給、その際のPV出力の余剰電力を計算した。

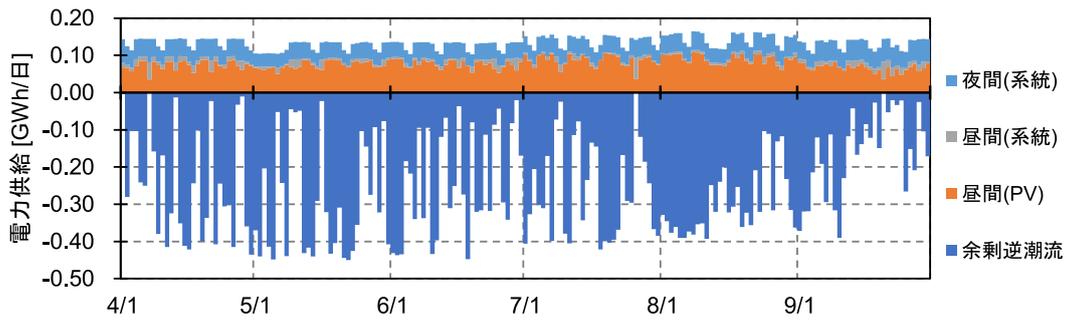
Case-1：昼間の余剰電力は全て上位系統に逆潮流され、夜間の電力需要は上位系統から供給

Case-2：昼間の余剰電力のうち夜間の電力需要分を蓄電池にて充電（充放電効率90%）して夜間に使用し、余剰分は上位系統に逆潮流。夜間の電力需要に対して充電量が不足する場合は上位系統から供給

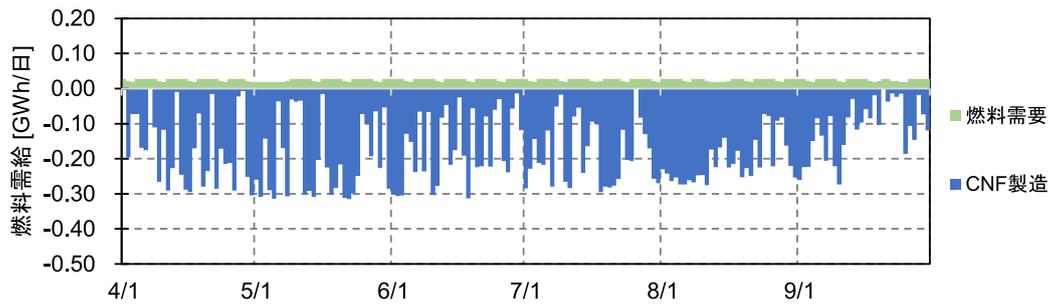
上位系統への逆潮流電力は八百津町としての電力需給バランスの点で余剰となる電力である。上述の八百津町の燃料需要が将来的にCN燃料によって代替されると想定すれば、エネルギー地産地消の観点から余剰電力によってCN燃料を製造・供給することが考えられる。そこで、変換効率70%で余剰電力からCN燃料が製造されると想定し、日々の燃料需要と比較した。なお、ここでの検討では、CN燃料の製造コストは考慮しておらず、単に供給可能量と需要との量的なバランスを評価していることに注意されたい。また、本プラットフォームでは、各配電エリアに導入される蓄電池の充放電を考慮して配電エリアごとの余剰電力を計算できるが、将来的な蓄電池導入のあり方については様々な形態が考えられるため、本報告書では第一段階の検討として、配電エリア単位の需給バランスを考慮せず、八百津町全体の電力需要からPV出力を差し引いて余剰電力を計算した。

図2-4-10および図2-4-11にCase-1およびCase-2における日々のPVおよび上位系統からの電力供給量、CN燃料供給可能量、燃料需要を示す。図2-4-10に示すCase-1の電力需給については、昼間の余剰電力の充電による夜間利用分の凡例は「夜間（蓄電池）」である。図2-4-11のCase-2の電力需給においては、「夜間（蓄電池）」は発生せず、その分だけ（充放電効率を考慮して）余剰電力が増加する。また、余剰電力によってCN燃料が製造されるとすれば、その分だけCN燃料の供給可能量も増加する。また、図2-4-12に、八百津町におけるCase-1、Case-2の電力需給の場合に余剰電力によって供給可能な月別および年間のCN燃料を同月の燃料需要に対する割合で示す。

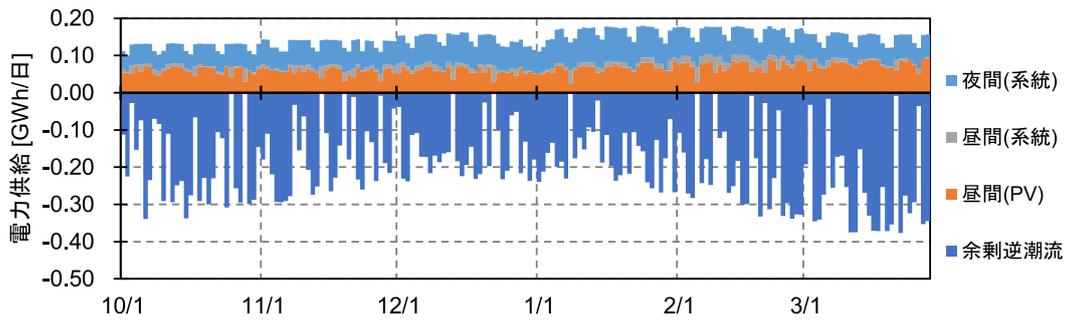
八百津町の場合、PV出力の余剰電力が大きく、民生部門の電力シフト100%によって燃料需要は非常に小さい。このため、Case-2のように大容量の蓄電池を導入し、夜間の電力需要分だけ昼間の余剰電力を貯蔵したとしても、年間を通じて余剰電力によるCN燃料供給可能量はCN燃料需要の数倍に達する。ただし、Case-2の場合、9月20日の台風接近とその後の前線の停滞によってPV出力が小さくCN燃料の供給が必要よりも小さい日が数日間続いた。このような状況に対応するため、Case-2では30,000Nm³程度の水素貯蔵設備が必要となる。Case-1ではCN燃料供給不足が発生する日が連続することはなかったが、一日あたりの最大の不足量に対応するため、8,000Nm³程度の水素貯蔵設備が必要になると考えられる。



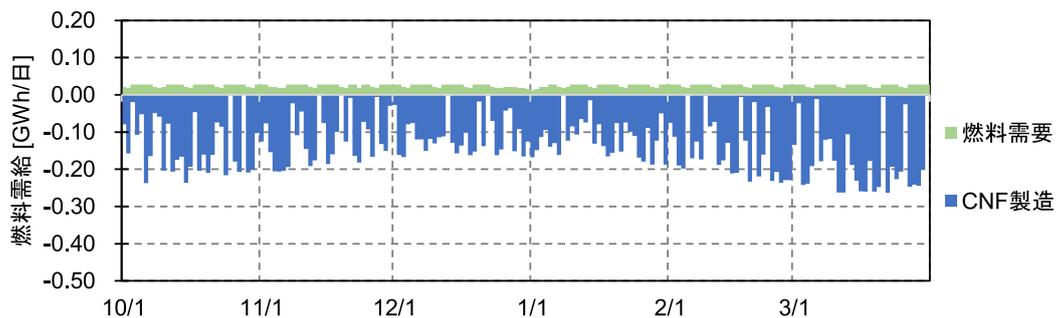
(a) 電力供給 (4月1日～9月30日)



(b) 燃料需給 (4月1日～9月30日)

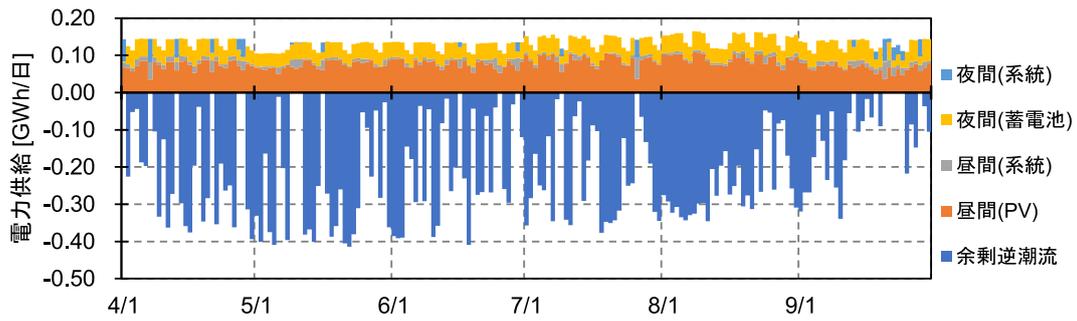


(c) 電力供給 (10月1日～3月31日)

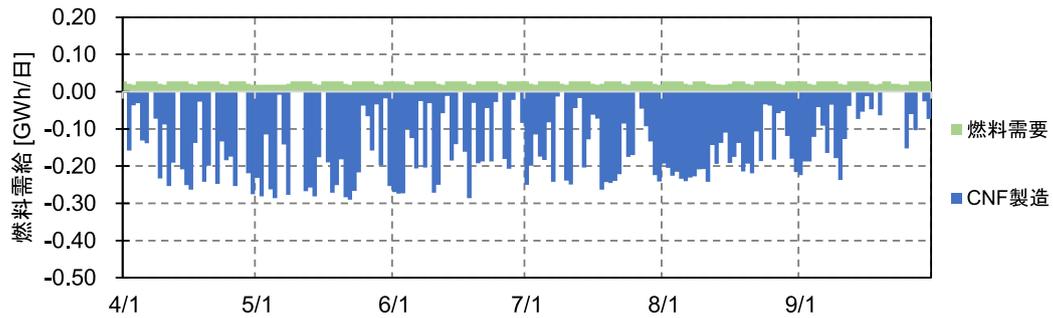


(d) 燃料需給 (10月1日～3月31日)

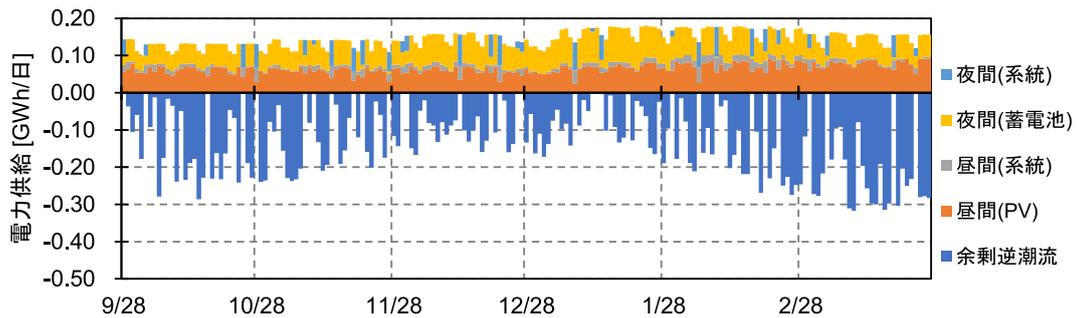
図 2-4-10 岐阜県八百津町における Case-1 の電力需給における日積算の PV・系統電力供給、燃料需要および余剰電力による CN 燃料供給可能量



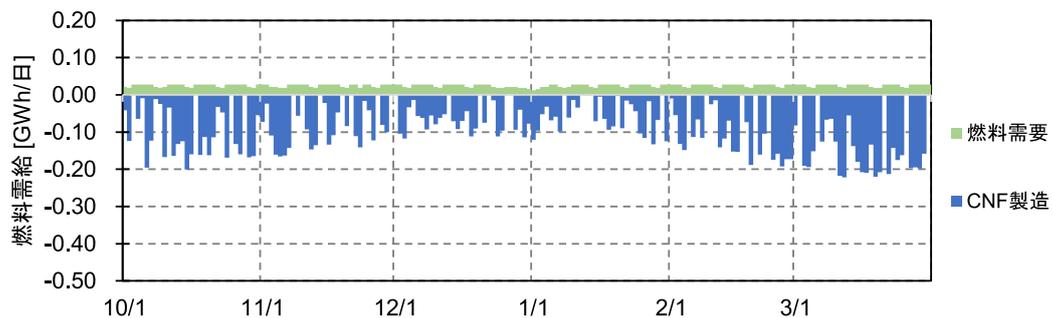
(a) 電力供給 (4月1日～9月30日)



(b) 燃料需給 (4月1日～9月30日)



(c) 電力供給 (10月1日～3月31日)



(d) 燃料需給 (10月1日～3月31日)

図 2-4-11 岐阜県八百津町における Case-2 の電力需給における日積算の PV・系統電力供給、燃料需要および余剰電力による CN 燃料供給可能量

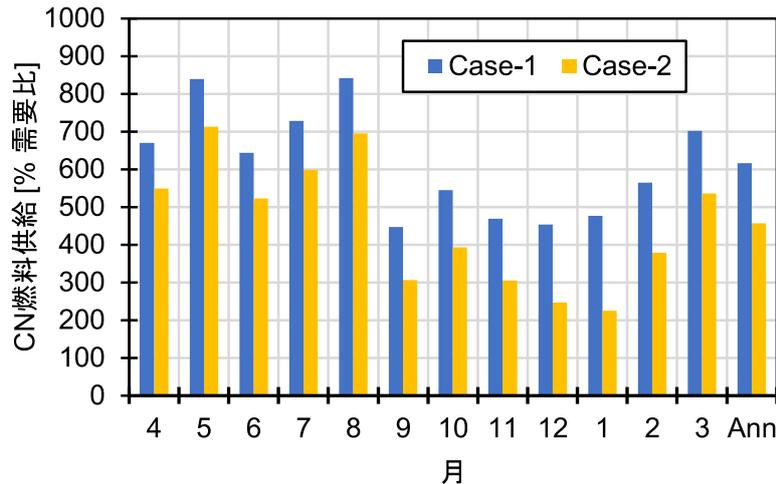


図 2-4-12 将来の八百津町の電力需要に対する余剰電力による月別 CN 燃料供給可能量（燃料需要比）

なお、同様の検討を岡崎市においても実施した結果、Case-1 では年平均で CN 燃料の 2%程度を余剰電力によって供給できたが、Case-2 では全く供給できないことを確認している。

なお、カーボンニュートラルに対応するためには、CN 燃料を製造しても残る余剰電力を有効活用することが不可欠である。このうち、配電線・変電所容量を超過しない分については上位系統に逆潮流されると考えられるが、これらを超過する分については、配電線・変電所容量を増強して上位系統への逆潮流電力を増加、CN 燃料等を製造して他エリアに供給などの対応が必要になる。どのような対応が有効であるかについては、八百津町や岡崎市を対象として行った検討を他の市区町村や配電エリアを対象として実施し、余剰電力、CN 燃料等の時間・空間分布を把握した上での検討が必要である。本プラットフォームはこのような検討に資するために開発したものであり、その第一段階の検討として、第 5 章では、中部地域内の各市区町村について、八百津町、岡崎市と同様に年間の CN 燃料の需要に対する余剰電力の割合を評価している。

4-4. おわりに

全国 300 GW、中部エリア 45 GW の PV が導入された状況を想定し、愛知県岡崎市、岐阜県八百津町における日々の電力需給における余剰電力を計算した。また、余剰電力によって CN 燃料が製造されると想定し、供給可能な CN 燃料と燃料需要とを比較した。その結果、岐阜県八百津町の場合、年平均で余剰電力によって CN 燃料需要の数倍の供給が可能であること確認した。ただし、台風接近等によって数日間連続して CN 燃料供給が需要よりも小さい場合があるため、数万 Nm³程度の CN 燃料貯蔵設備が必要になることを示した。また、CN 燃料を製造しても多くの余剰電力が存在するため、配電線・変電所容量を増強して上位系統への逆潮流電力を増加するか、CN 燃料等を製造して他エリアに供給などの対応が必要になることから、このような検討を他の市区町村についても行き、将来的に大量導入される PV の余剰電力をどのように有効活用するか、その中で八百津町のような農山村地も含めて、どのように CN 燃料を製造・供給など、有効なインフラ整備のあり方について更なる検討が必要である。

第5章：各市区町村における電力需給の将来像に関する検討例

5-1. 検討内容

フェーズ II で再構築した地域エネルギー需給評価プラットフォームを用いて、中部5県の各市区町村（静岡県は富士川以西）について、将来の電力需要、EV 充電需要（ただし愛知県のみ）、燃料需要、PV 導入量、PV 発電電力量、PV 出力による余剰電力、余剰電力による CN 燃料の供給可能量等を評価した。

5-1-1. 電力需要

図 2-5-1～2-5-5 に各市区町村における将来の電力需要および現状に対する変化率を示す。ただし、ここでの電力需要には特高受電する大規模な需要家分は含まれない。第2章で示した方法によって計算される電力需要は概ね人口に比例するものの、愛知県のように業務部門や産業部門の割合が市区町村によって異なると必ずしも電力需要は人口に比例しない。各図(b)に示すように、愛知県を除いて、現状の人口が少ない市区町村においては、将来的な燃料需要から電力需要へのシフトを考慮しても、効率向上や人口減少によって電力需要は減少する場合が多い。

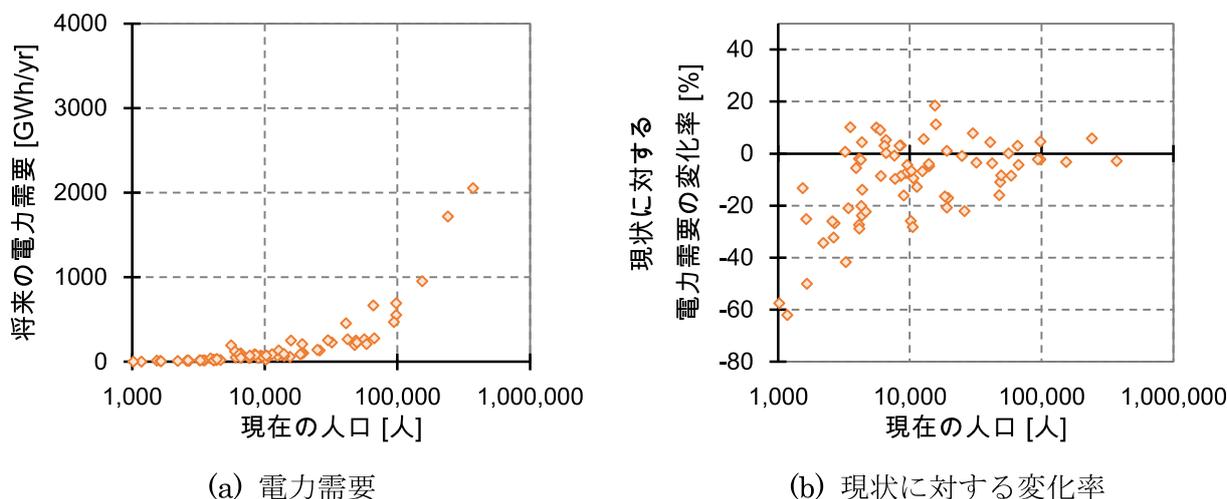


図 2-5-1 長野県の各市区町村における将来の電力需要

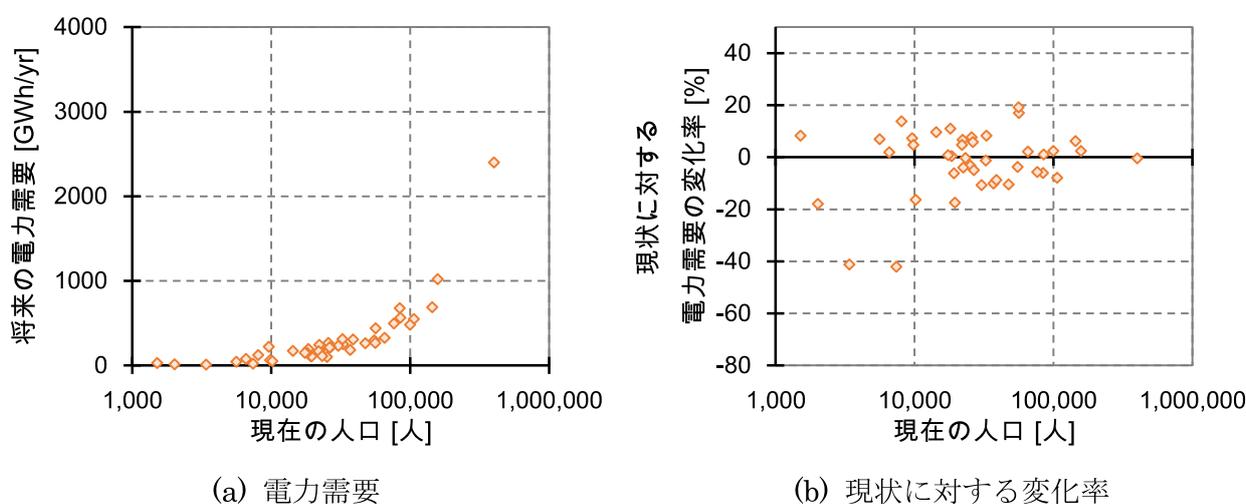
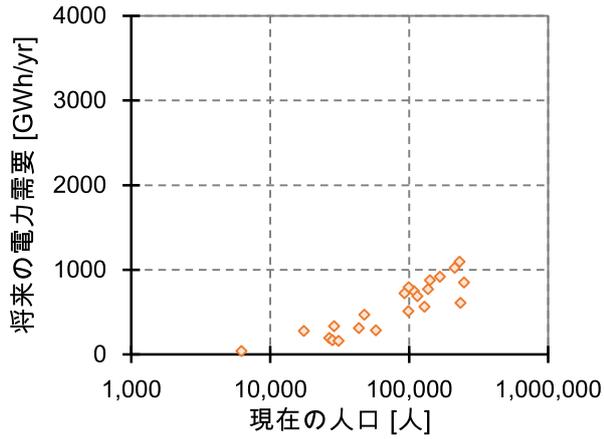
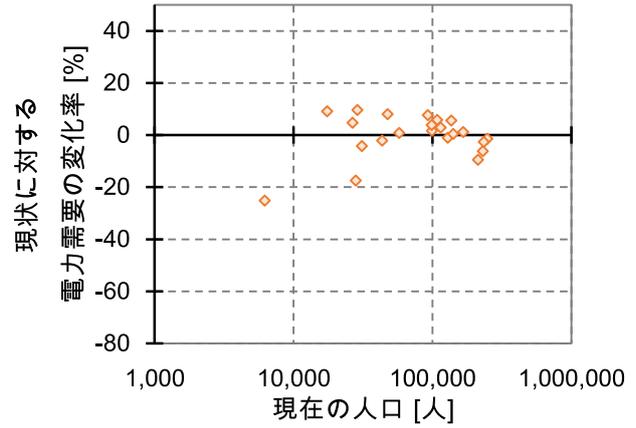


図 2-5-2 岐阜県の各市区町村における将来の電力需要

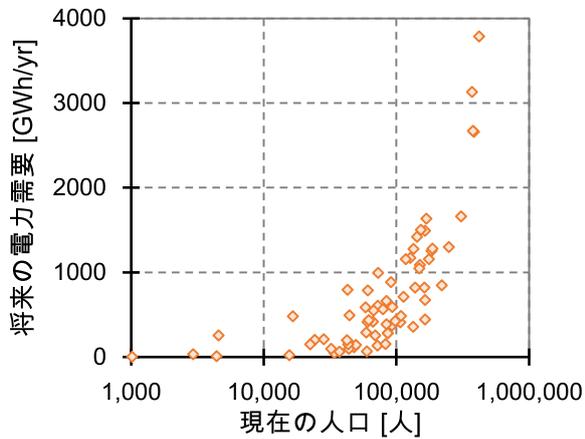


(a) 電力需要

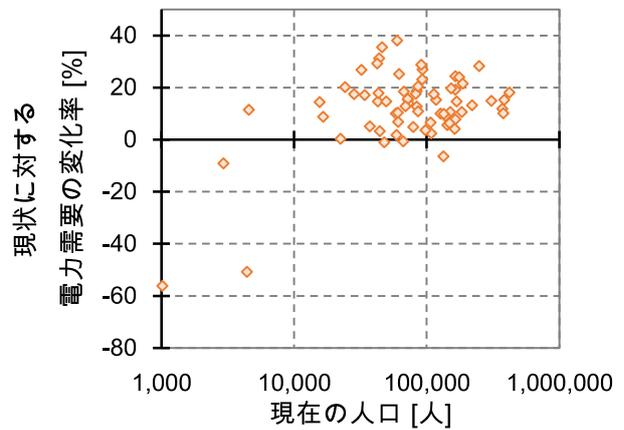


(b) 現状に対する変化率

図 2-5-3 静岡県の各市区町村（富士川以西）における将来の電力需要

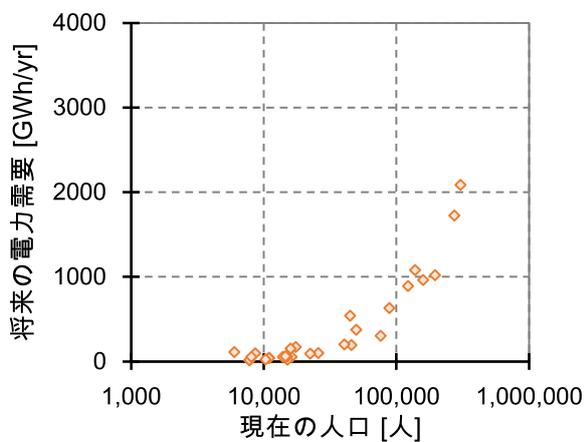


(a) 電力需要

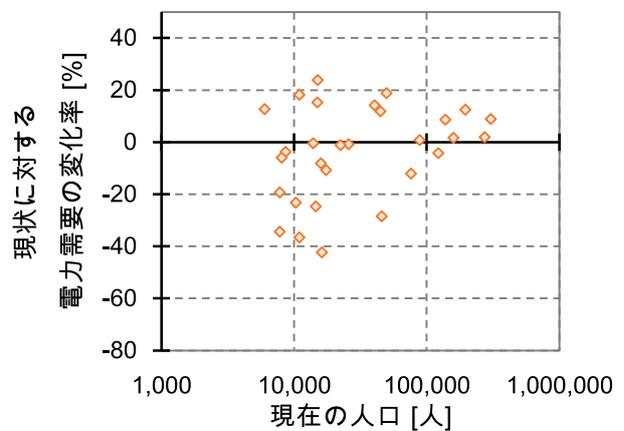


(b) 現状に対する変化率

図 2-5-4 愛知県の各市区町村における将来の電力需要



(a) 電力需要



(b) 現状に対する変化率

図 2-5-5 三重県の各市区町村における将来の電力需要

5-1-2. EV 充電需要

図 2-5-6 に愛知県の各市区町村における将来の EV 充電需要を示す。同図(a)は現在の人口との関係、同図(b)は将来の電力需要（特高需要家分を除く）との関係を表す。愛知県全体としては将来の電力需要に占める EV 充電需要は 11%程度である。ただし、人口が少ない市区町村においては相対的に EV 充電需要の割合が大きく 15%~20%となる。現状の人口との関係では将来の電力需要に占める EV 充電需要の割合はばらつきが大きい、同図(b)に示すように将来の電力需要との関係ではばらつきは小さい。

ただし、自宅等の EV 基地における充電設備の設置状況により、市区町村における EV 充電需要は大きく変化すると考えられる。また、昼間の太陽光発電の余剰電力の有効活用の観点からは、通勤等で利用される EV の勤務先での充電が望ましい。そのような状況の場合、産業部門の割合が大きく勤務先となる市区町村において EV 充電需要が大きく増加する可能性がある。

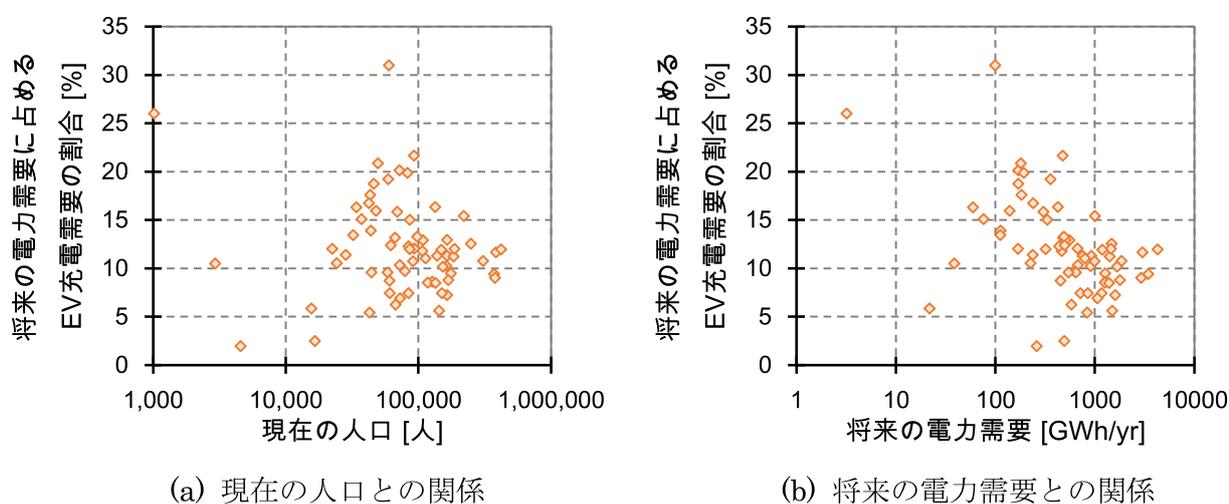


図 2-5-6 愛知県の各市区町村における将来の EV 充電需要

5-1-3. 燃料需要

図 2-5-7～2-5-11 に各市区町村における将来の燃料需要および現状に対する変化率を示す。民生部門については、燃料需要から電力需要へのシフト率を 100%と想定しているため、ここで示される燃料需要は高圧配電に接続する産業部門の需要家（工場）によるものである。なお、ここでの燃料需要は、上述の電力需要と同様に、特高受電する大規模な需要家分は含まれない。

岐阜県の市町村の場合、図 2-5-7(b)に示すように、燃料需要は、平均して現状の 15%程度に減少する。一方、産業部門の比率が大きい愛知県の各市区町村においては、ばらつきは大きく、また減少率は岐阜県の市町村よりも小さいものの、平均すると現状の 25%程度に減少することになる。特高受電する大規模需要家の燃料需要や EV 化が難しいトラック等大型車両の燃料需要を考慮すれば、燃料需要の減少率は同図の値よりも大きいと考えられるが、八百津町のような農山村地では工場等の大規模需要家は少なく、これに伴ってトラック等による運輸需要も小さいと考えられる。したがって、再エネ電源の大量導入に対応して民生部門および運輸部門の燃料需要がそれぞれ 100%、60%も電力シフトするような状況では、各市区町村における燃料需要は大きく減少すると考えられる。

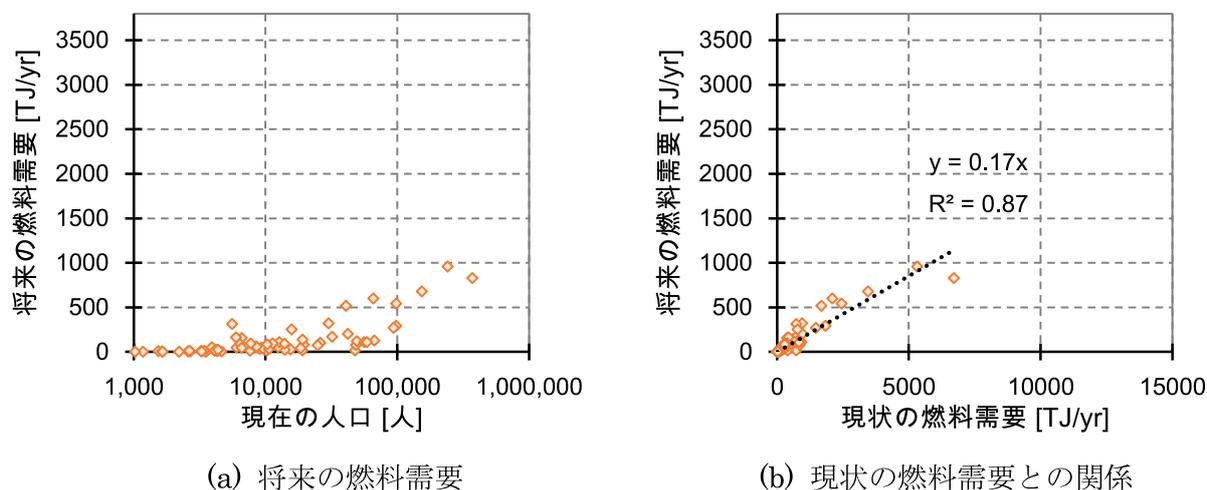


図 2-5-7 長野県の各市区町村における将来の燃料需要

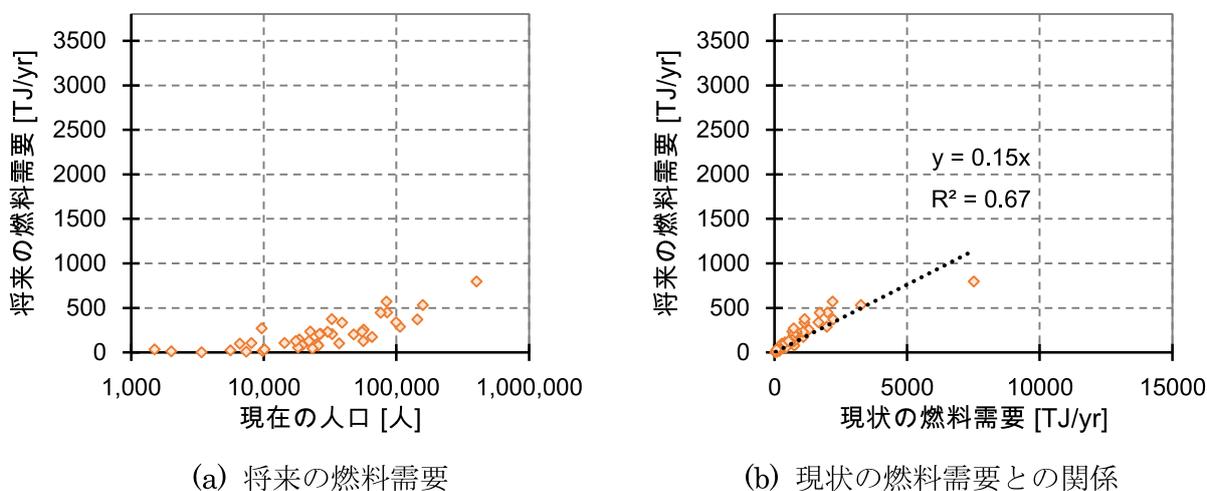
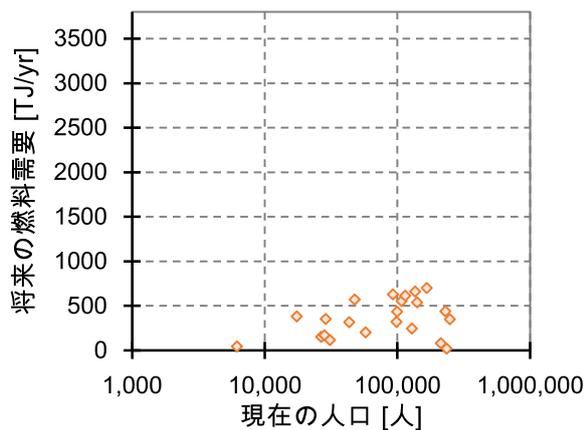
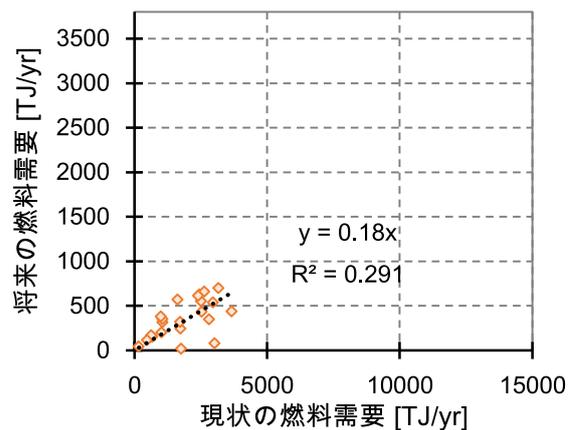


図 2-5-8 岐阜県の各市区町村における将来の電力需要

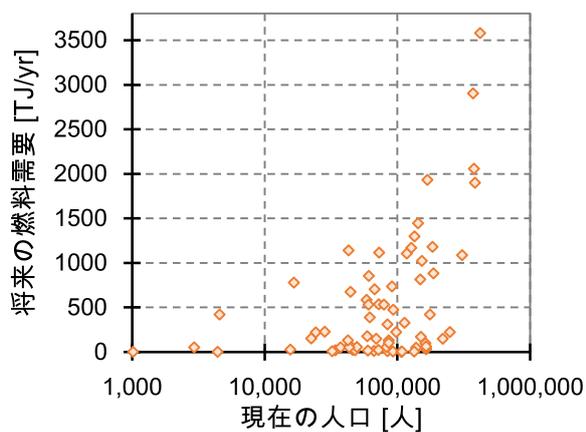


(a) 将来の燃料需要

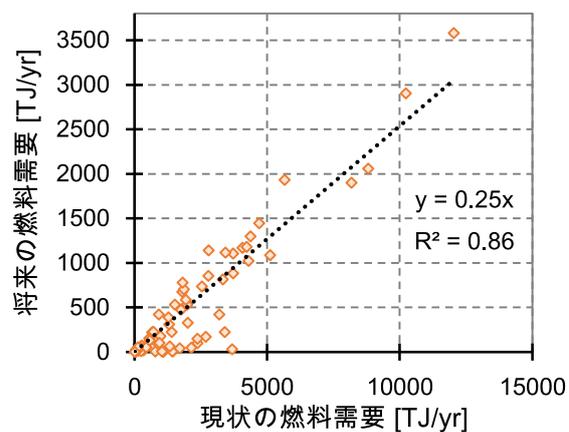


(b) 現状の燃料需要との関係

図 2-5-9 静岡県の各市区町村（富士川以西）における将来の電力需要

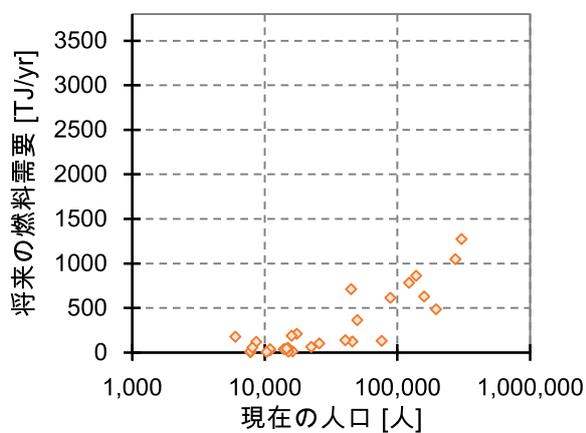


(a) 将来の燃料需要

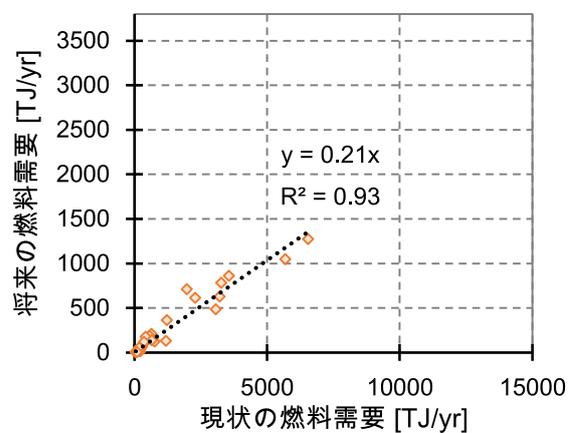


(b) 現状の燃料需要との関係

図 2-5-10 愛知県の各市区町村における将来の電力需要



(a) 将来の燃料需要

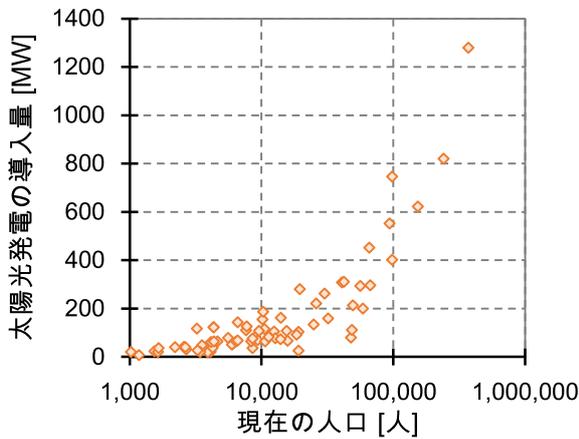


(b) 現状の燃料需要との関係

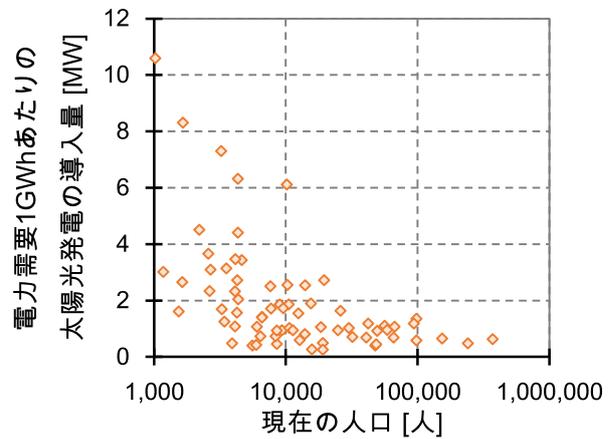
図 2-5-11 三重県の各市区町村における将来の電力需要

5-1-4. 太陽光発電の導入量

図 2-5-12～2-5-16 に各市区町村における将来の太陽光発電の導入量を示す。各図(b)は将来の電力需要 1 GWh (100 万 kWh) あたりの導入量を表す。図 2-5-12 の長野県の人口が少ない市町村の場合、太陽光発電の導入量は大きくないものの、発電電力量は電力需要の数倍に達する。岐阜県、静岡県、三重県の市区町村については人口あたりの導入量は長野県と同程度であるが、電力需要が長野県よりも大きいため、各図(b)に示す電力需要 1 GWh あたりの導入量は長野県よりも小さい。この傾向は愛知県において顕著であり、電力需要 1 GWh あたりの導入量が 1MW を超える市区町村は限られる。

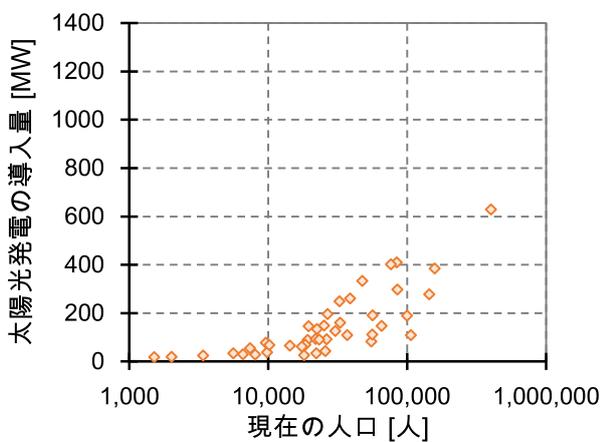


(a) 導入量

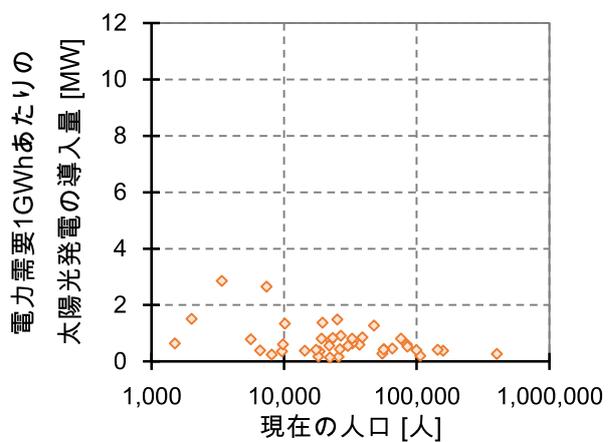


(b) 電力需要 1GWh あたりの導入量

図 2-5-12 長野県の各市区町村における将来の太陽光発電の導入量

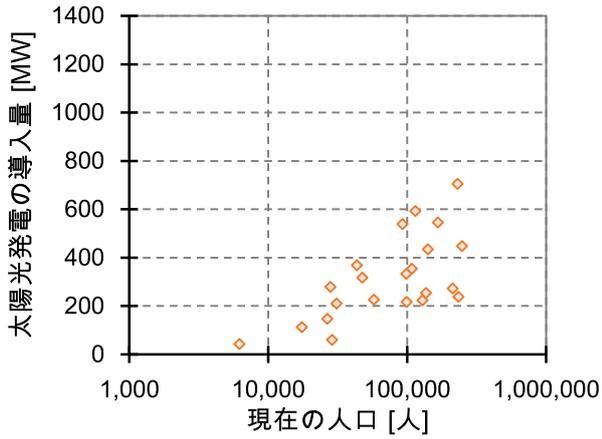


(a) 導入量

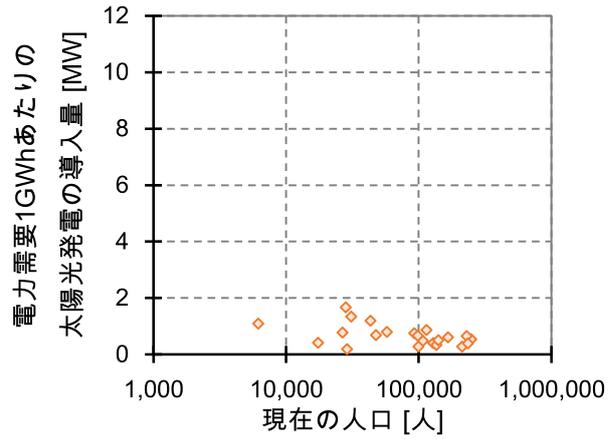


(b) 電力需要 1GWh あたりの導入量

図 2-5-13 岐阜県の各市区町村における将来の太陽光発電の導入量

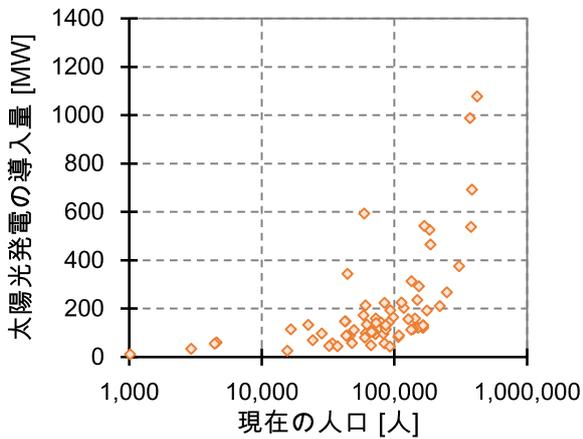


(a) 導入量

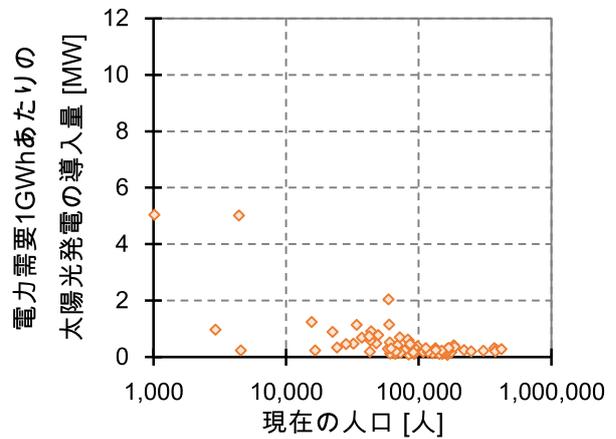


(b) 電力需要 1GWh あたりの導入量

図 2-5-14 静岡県の各市区町村（富士川以西）における将来の太陽光発電の導入量

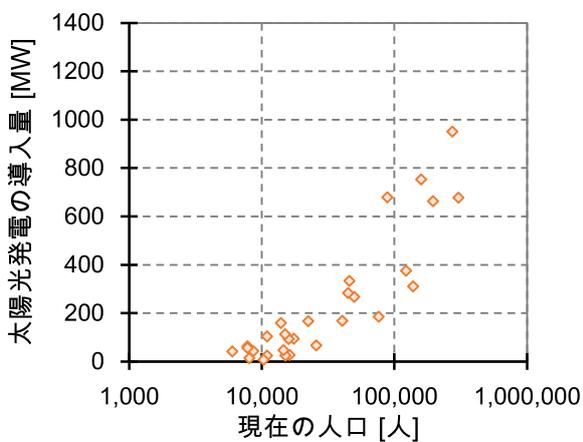


(a) 導入量

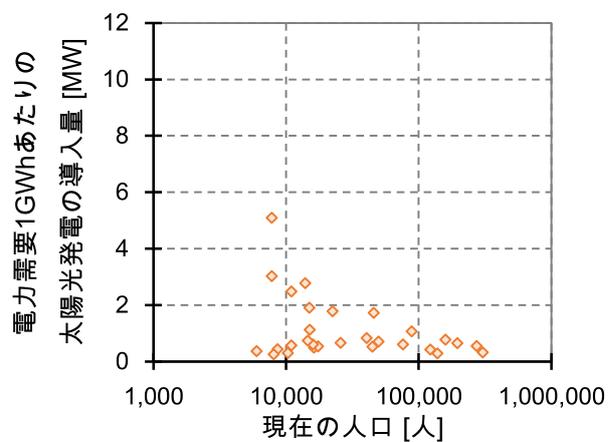


(b) 電力需要 1GWh あたりの導入量

図 2-5-15 愛知県の各市区町村における太陽光発電の導入量



(a) 導入量



(b) 電力需要 1GWh あたりの導入量

図 2-5-16 三重県の各市区町村における将来の太陽光発電の導入量

5-1-5. 太陽光発電の発電電力量

図 2-5-17～2-5-21 に各市区町村における将来の太陽光発電の年間の発電電力量を示す。各図(b)は将来の電力需要と PV 発電電力量との関係を表す。各図の縦軸は前項で示した設備容量に概ね 1,500 時間に乗じた値に対応するため、各図(a)のプロットの分布は図 2-5-17～2-5-22(a)と同様である。図 2-5-17～2-5-21 の(b)からわかるように、年間の積算値で見れば、愛知県を除いて PV 発電電力量と電力需要は概ね同程度となる市区町村が多い。ただし、第 4 節で示した八百津町のように、各時間帯の PV 出力と電力需要とを比較すれば、PV 出力が余剰となる時間帯が非常に多い。このため、個々の市区町村において年間を通じて PV 出力を有効活用するためには、大容量の蓄電設備を導入し、昼間の PV 出力余剰を充電して夜間に利用する必要がある。また、本研究では考慮できていない特高受電の大規模な需要家の電力需要、愛知県を除いて考慮できていない EV 充電需要を考慮すると、多くの市区町村において有効可能な PV 発電電力量は電力需要よりも小さくなる。一方で、PV 出力余剰を他の市区町村で利用する場合には、八百津町に関して論じたように送配電設備の増強が必要である。

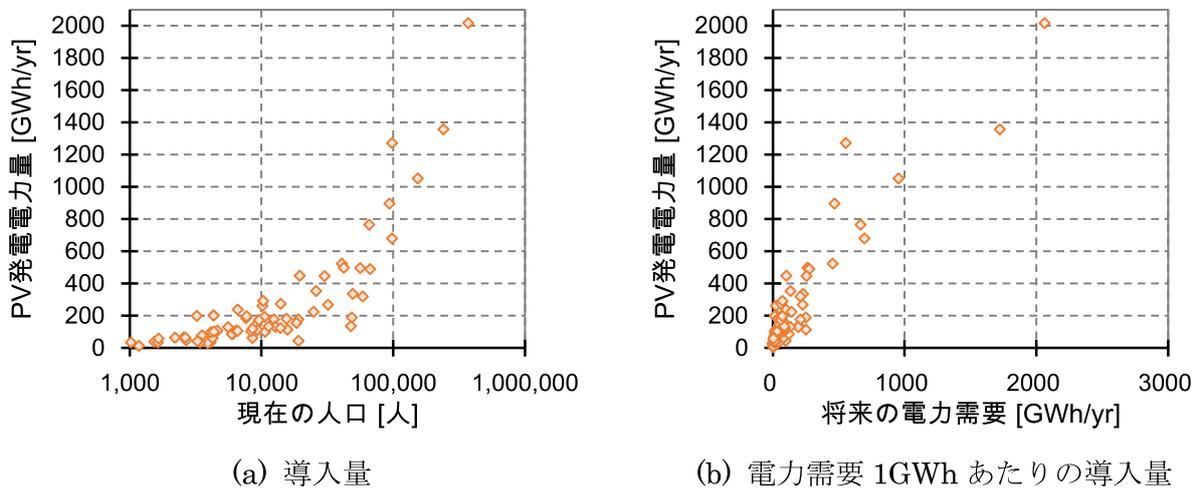


図 2-5-17 長野県の各市区町村における将来の太陽光発電の発電電力量

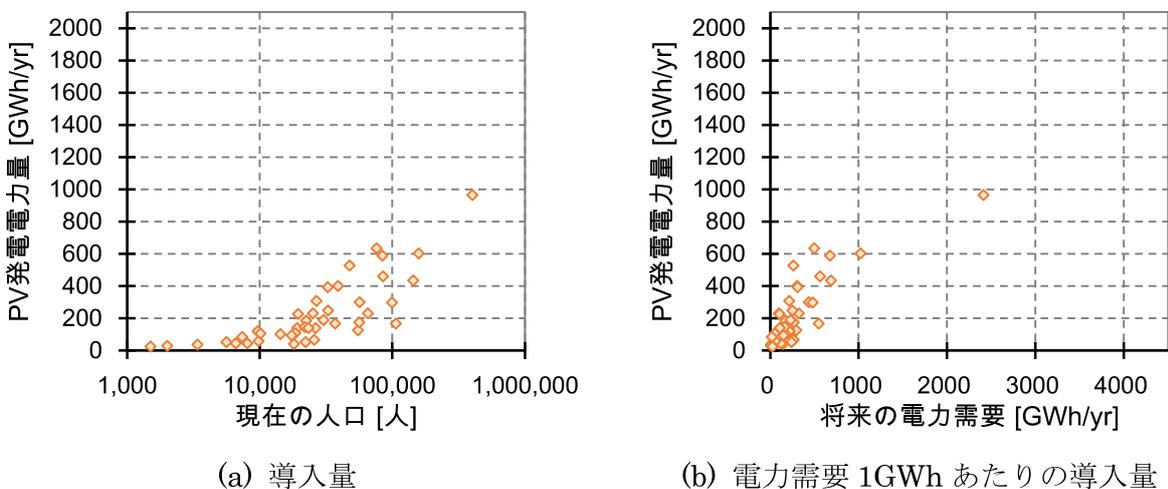
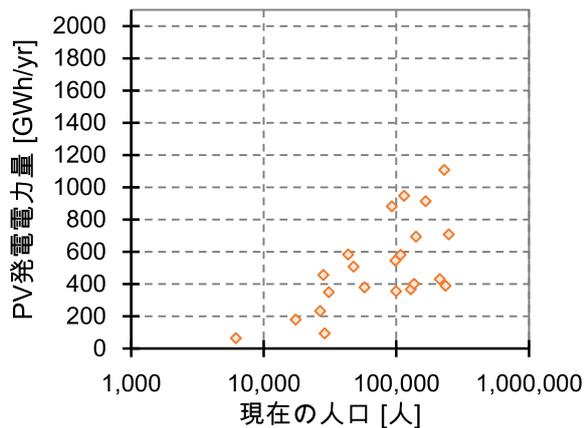
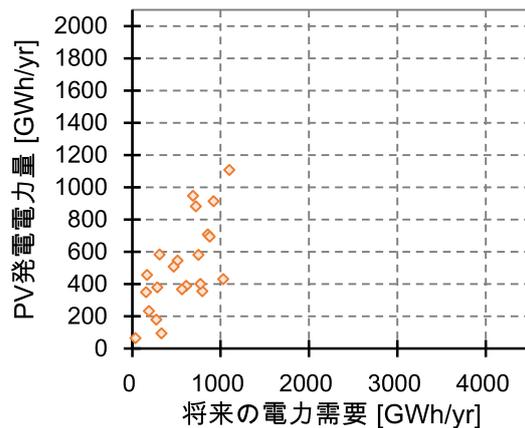


図 2-5-18 岐阜県の各市区町村における将来の太陽光発電の発電電力量

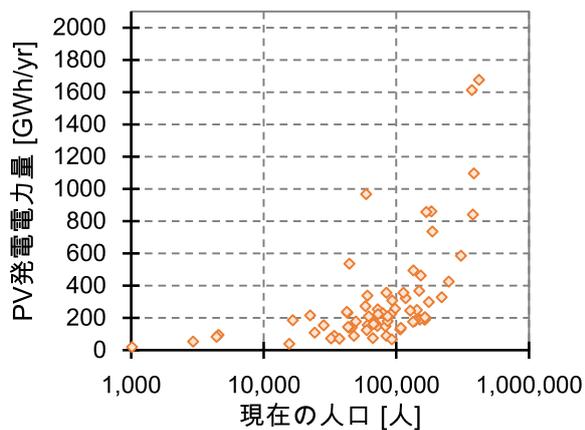


(a) 導入量

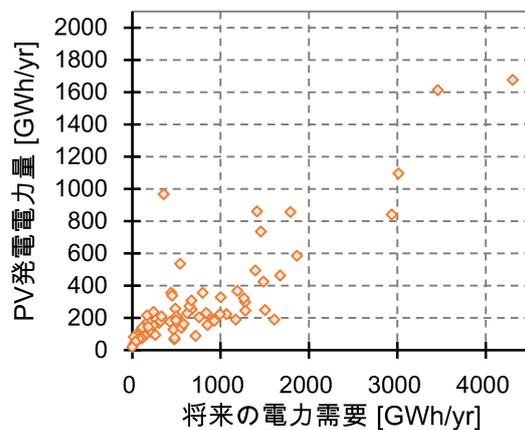


(b) 電力需要 1GWh あたりの導入量

図 2-5-19 静岡県の各市区町村（富士川以西）における将来の太陽光発電の発電電力量

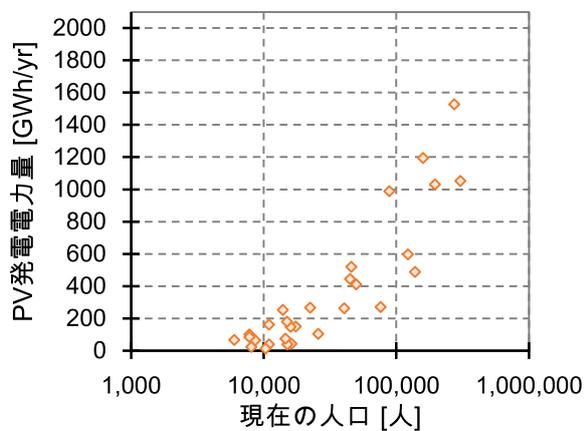


(a) 導入量

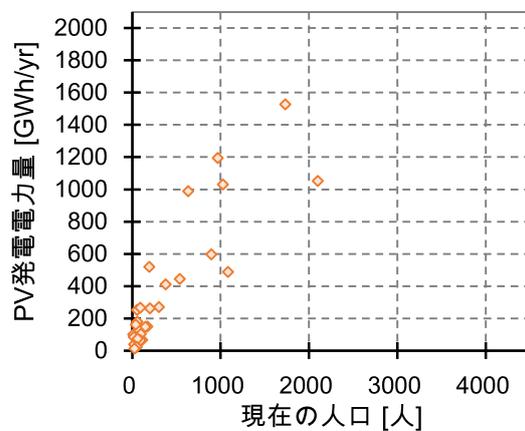


(b) 電力需要 1GWh あたりの導入量

図 2-5-20 愛知県の各市区町村における将来の太陽光発電の発電電力需要



(a) 導入量



(b) 電力需要 1GWh あたりの導入量

図 2-5-21 三重県の各市区町村における将来の太陽光発電の発電電力量

5-1-6. 将来の電力需要に対する余剰電力

図 2-5-22～2-5-26 に各市区町村における将来の電力需要に対する太陽光発電からの電力供給の余剰電力を示す。ここでの余剰電力は、第 4 章における岡崎市や八百津町に関する検討と同様に、現状のエネルギー需要から推定される将来の年間 8,760 時間の電力需要に対する PV 出力の超過分を積算したものである。一方で、上述のように将来的に燃料需要の電力シフトが進展したとしても、各市区町村において CN 燃料需要が発生するため、この余剰電力は水素等の CN 燃料製造のポテンシャルとみなすことができる。上述のように相対的に電力需要が小さい長野県の小規模な市町村では、余剰電力は将来の電力需要の数倍に達する。岐阜県、静岡県、三重県の各市区町村においても、将来の電力需要と同程度以上の余剰電力が発生すると考えられる。ただし、愛知県においては、余剰電力が発生しない市区町村が多い。一方、本研究で想定しているように将来的に民生部門・運輸部門の燃料需要が大幅に電力シフトする状況では、上述のように、各市区町村における燃料需要は大きく減少する。そこで、次項では第 4 章と同様に、CN 燃料の製造コストは考慮せず、単に量的バランスの観点から余剰電力による CN 燃料の供給量と CN 燃料需要とを比較する。

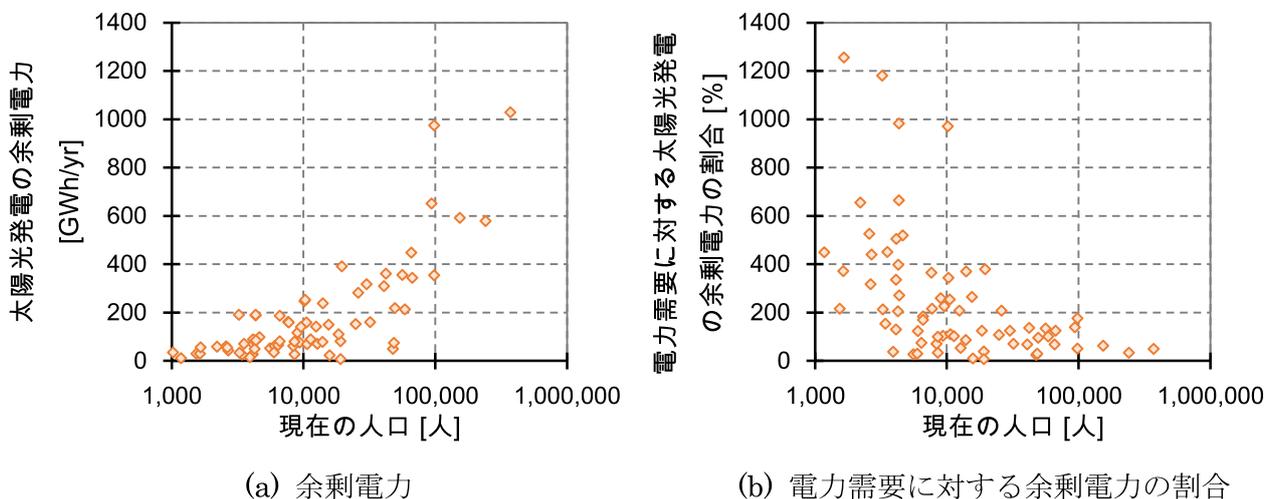


図 2-5-22 長野県の各市区町村における余剰電力

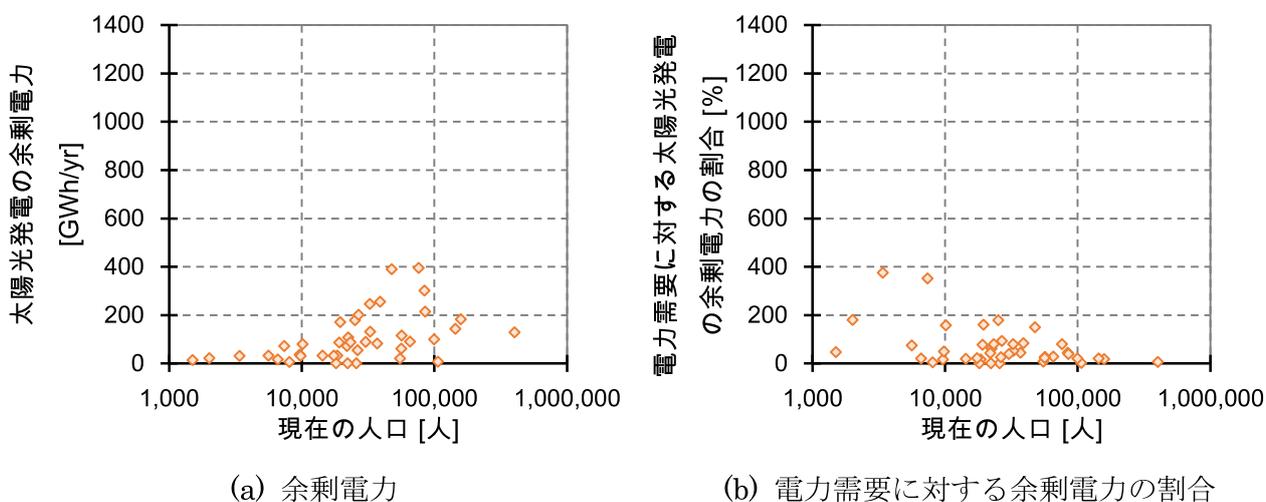
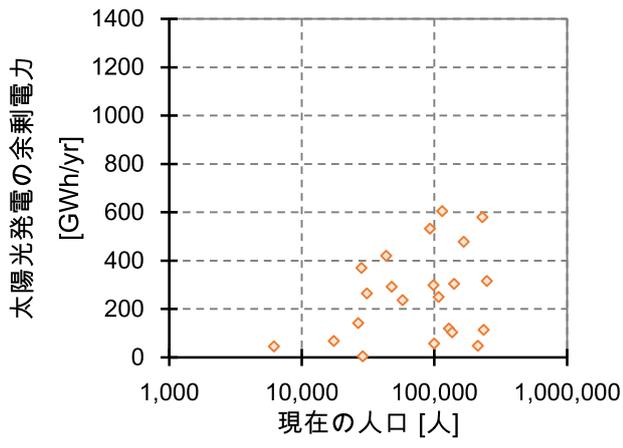
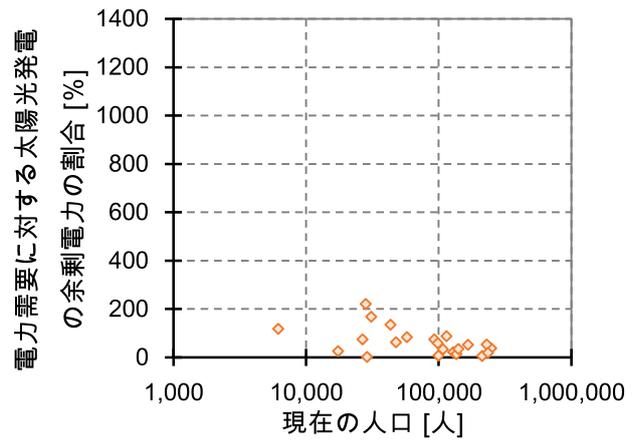


図 2-5-23 岐阜県の各市区町村における将来の余剰電力

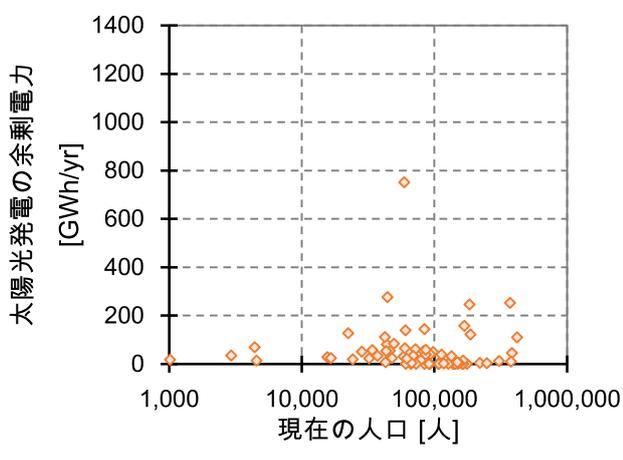


(a) 余剰電力

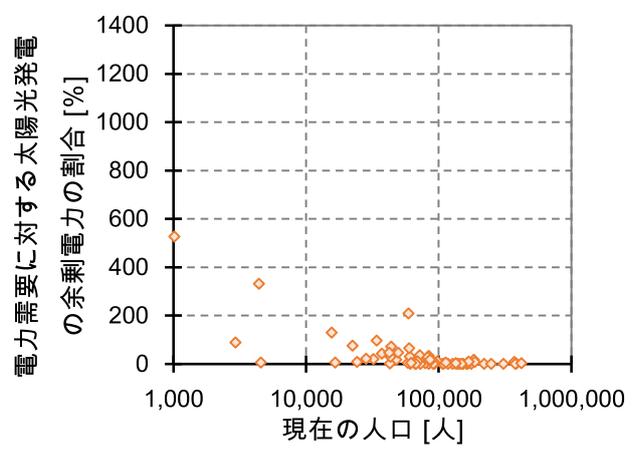


(b) 電力需要に対する余剰電力の割合

図 2-5-24 静岡県各市区町村（富士川以西）における将来の余剰電力

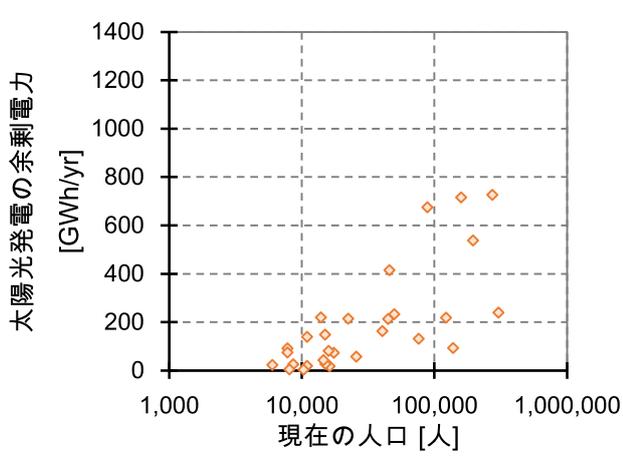


(a) 余剰電力

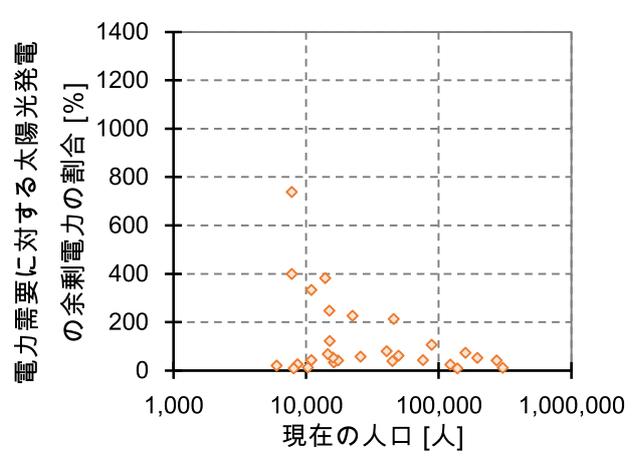


(b) 電力需要に対する余剰電力の割合

図 2-5-25 愛知県各市区町村における将来の余剰需要



(a) 余剰電力



(b) 電力需要に対する余剰電力の割合

図 2-5-26 三重県各市区町村における将来の余剰電力

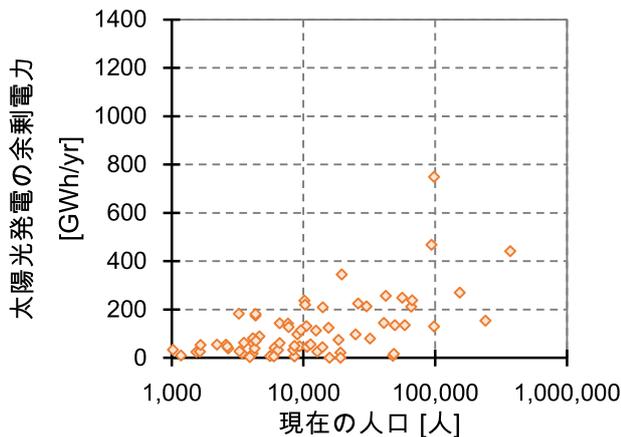
5-1-7. 水素等 CN 燃料の製造ポテンシャル

第4章にて岡崎市および八百津町を対象とした検討と同様に、中部エリア内の各市区町村について、下記の2通りの電力需給における余剰電力によるCN燃料製造量とCN燃料需要とを比較した。

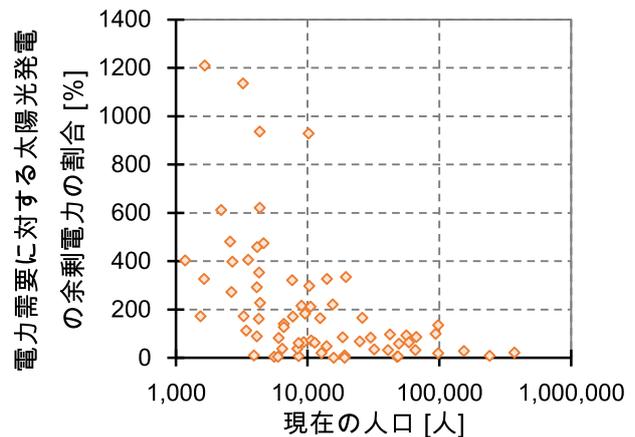
Case-1：昼間の余剰電力は全て上位系統に逆潮流され、夜間の電力需要は上位系統から供給

Case-2：昼間の余剰電力のうち夜間の電力需要分を蓄電池にて充電して夜間に使用し、余剰分は上位系統に逆潮流。夜間の電力需要に対して充電量が不足する場合は上位系統から供給

Case-1における各市区町村の余剰電力は前項で示した図2-5-22～図2-5-26に対応する。Case-2における各市区町村の余剰電力を図2-5-27～図2-5-31に示す。各図(b)は前項と同様に将来の電力需要に対する余剰電力の割合を表す。なお、ここでの蓄電池は、定置用、EVなどを特に区別せず、夜間の電力需要分を充電できるだけの蓄電池が何からのかたちで利用できることを想定したものである。Case-1に対応する前項の図2-5-22～図2-5-26との比較より、各市区町村において大量の蓄電池を導入して夜間の電力供給に利用すると、余剰電力は長野、岐阜、静岡、愛知、三重の各県における市区町村の平均でそれぞれ68%、34%、37%、18%、46%に減少する。

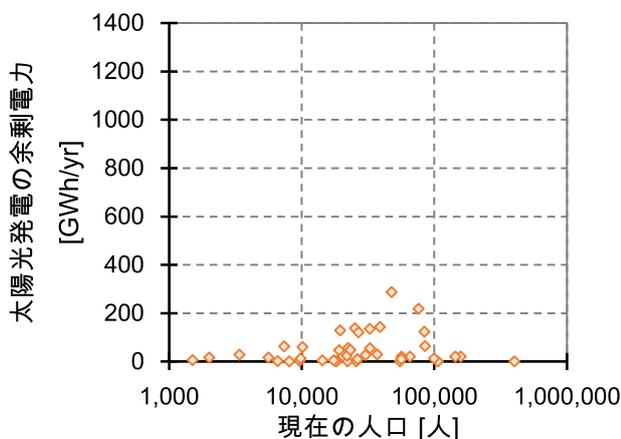


(a) 余剰電力

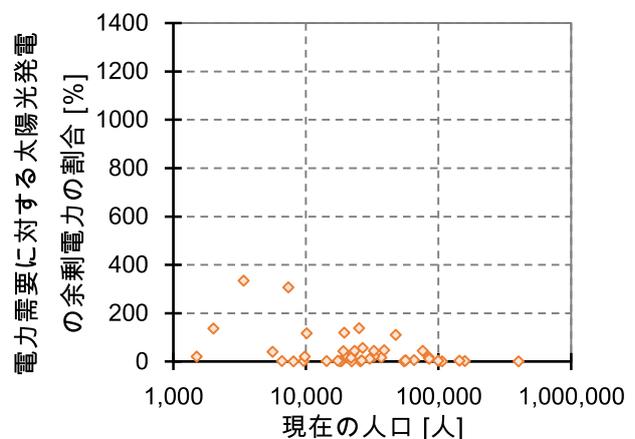


(b) 電力需要に対する余剰電力の割合

図2-5-27 長野県の各市区町村における余剰電力 (Case-2)

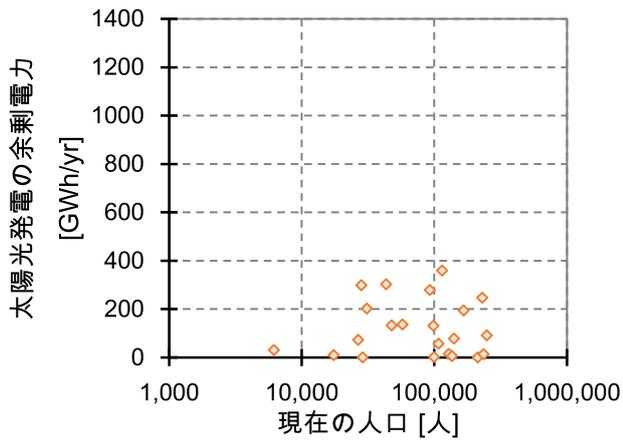


(a) 余剰電力

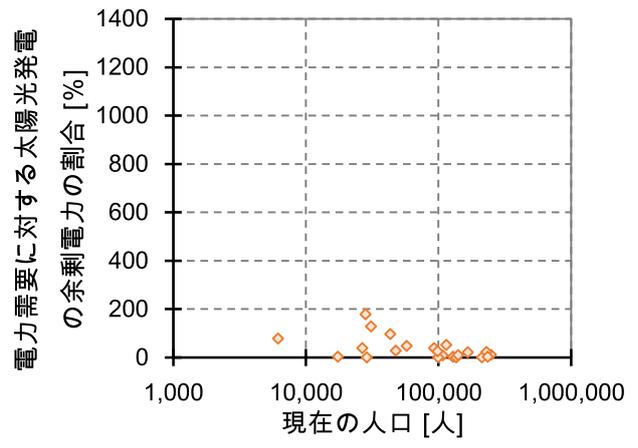


(b) 電力需要に対する余剰電力の割合

図2-5-28 岐阜県の各市区町村における将来の余剰電力 (Case-2)

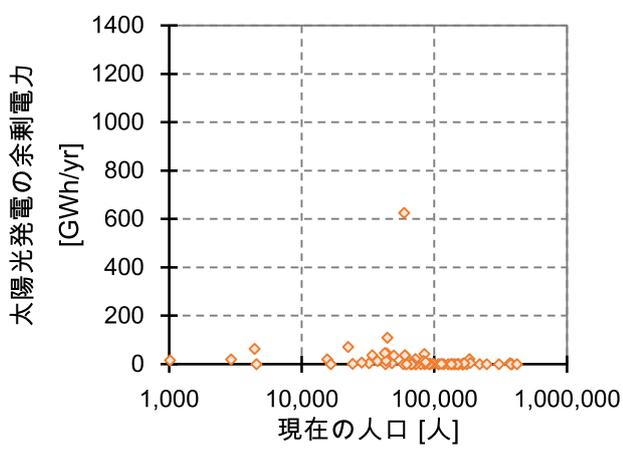


(a) 余剰電力

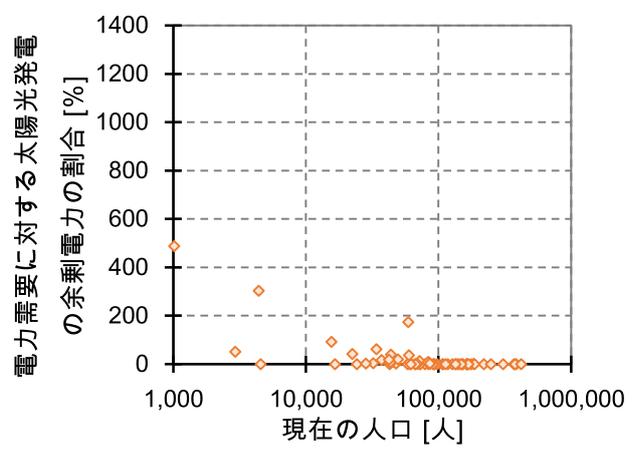


(b) 電力需要に対する余剰電力の割合

図 2-5-29 静岡県の各市区町村（富士川以西）における将来の余剰電力（Case-2）

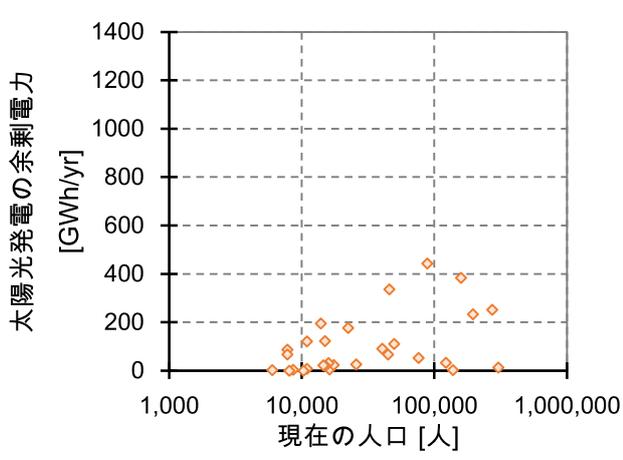


(a) 余剰電力

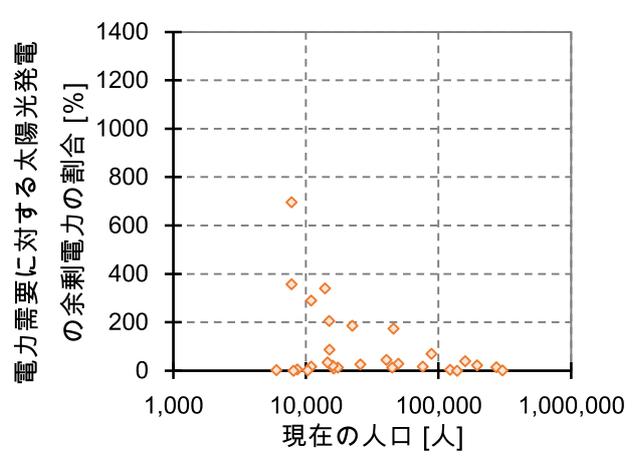


(b) 電力需要に対する余剰電力の割合

図 2-5-30 愛知県の各市区町村における将来の余剰電力（Case-2）



(a) 余剰電力



(b) 電力需要に対する余剰電力の割合

図 2-5-31 三重県の各市区町村における将来の余剰電力（Case-2）

Case-2 について、各市区町村における電力供給の内訳（昼間の PV、夜間の蓄電池、昼間の系統、夜間の系統）を県ごとに集計した結果を図 2-5-32 に示す。昼間の余剰電力を蓄電池に充電して夜間に利用できる場合、長野、岐阜、静岡、三重の各県では、将来の電力需要のうちそれぞれ 78%、57%、66%、66%を PV 発電電力量によって賄うことができる。ただし、上述のように本研究では将来の電力需要に特高受電する大規模需要家の電力需要および EV 充電需要は考慮できていないことに注意されたい。一方、愛知県の場合、EV 充電需要を考慮していることもあり、PV 発電電力量によって賄うことができる将来の電力需要は 35%にすぎない。

不足分は系統からの供給となるが、その一部は他の市区町村における PV 出力余剰によって賄うことも可能である。そこで、各市区町村について集計した PV 発電時間帯において系統から供給される電力と PV 出力余剰を図 2-5-33 に示す。送配電設備の制約がなければ、各市区町村における PV 出力余剰を他の市区町村に供給することで、昼間に系統から供給する必要のある電力量の 66%を他の市区町村の PV 出力余剰によって賄うことができる可能性がある。

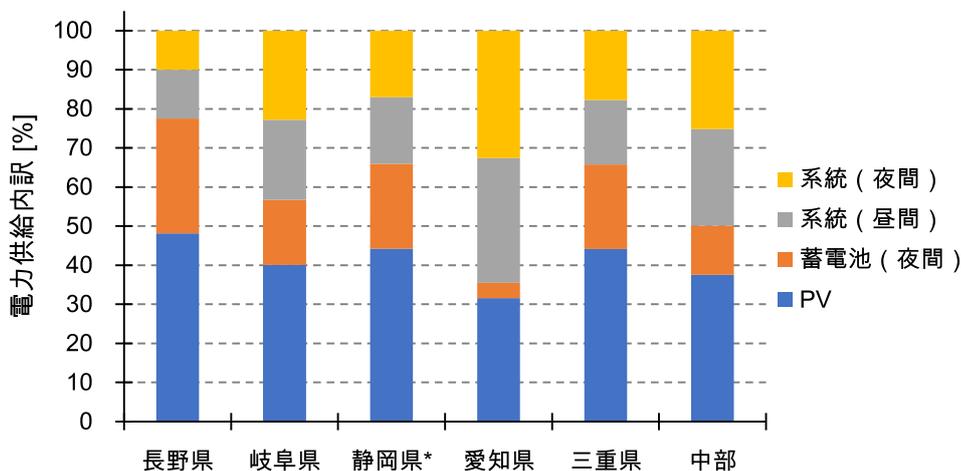


図 2-5-32 Case-2 の電力需給における各県の市区町村における電力供給の内訳

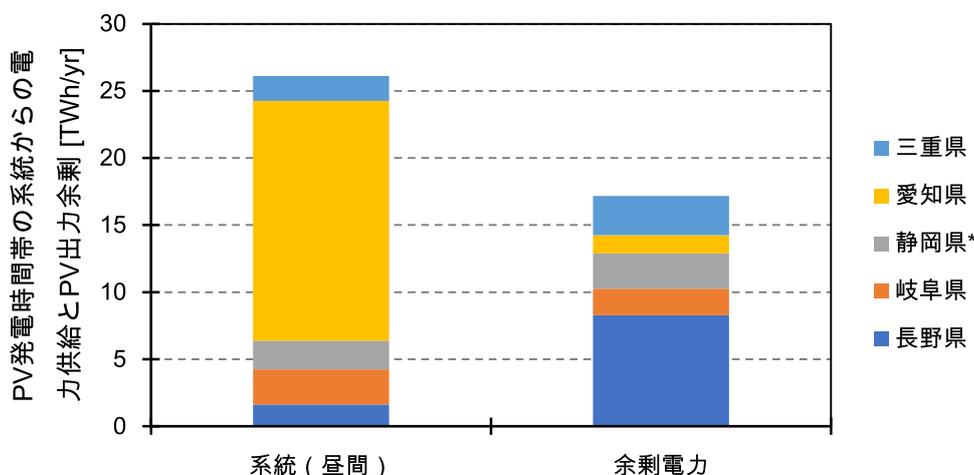


図 2-5-33 Case-2 の電力需給における各県合計の PV 発電時間帯における系統からの電力供給と PV 出力余剰

上記の結果から計算される各市区町村における CN 燃料の供給量を図 2-5-34~2-5-38 に示す。また、CN 燃料需要と余剰電力による CN 燃料供給量の県別の合計値を図 2-5-39 に示す。ただし、CN 燃料需要には、特高受電する大規模需要家および運輸部門で電化されなかった分の CN 燃料需要は含まれない。一方、第 4 章では将来の PV 導入量についても高压配電に接続されるもののみを考慮したが、ここでは特別高压配電に接続されるものも含めている。また、愛知県以外については、余剰電力の計算において EV 充電需要は考慮されていない。なお、CN 燃料需要に対する供給可能量が 1,000%以上となる市区町村もあるが、図中は割愛している。

長野県内の多くの市町村では、上述のように PV 導入量が大きいため、Case-1、2 のいずれの電力需給においても PV 出力余剰による CN 燃料供給可能量は CN 燃料需要を大きく上回る。逆に、愛知県内の多くの市区町村では、相対的に PV 導入量が小さいため、Case-1、2 のいずれにおいても、PV 出力余剰による CN 燃料供給下の量は CN 燃料需要を大きく下回る。

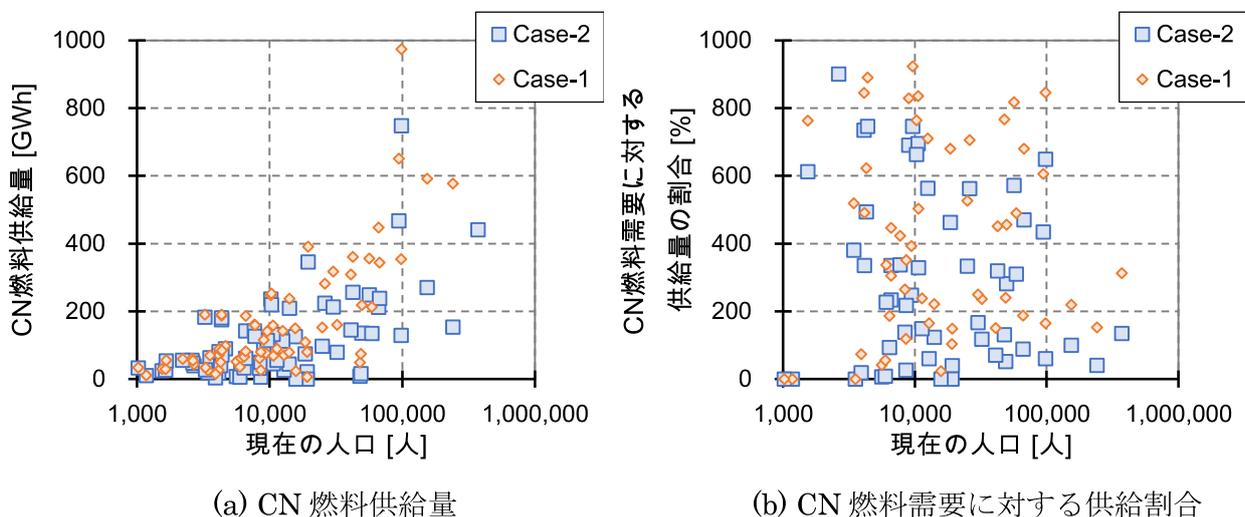


図 2-5-34 長野県の各市町村における PV 出力余剰による CN 燃料供給可能量

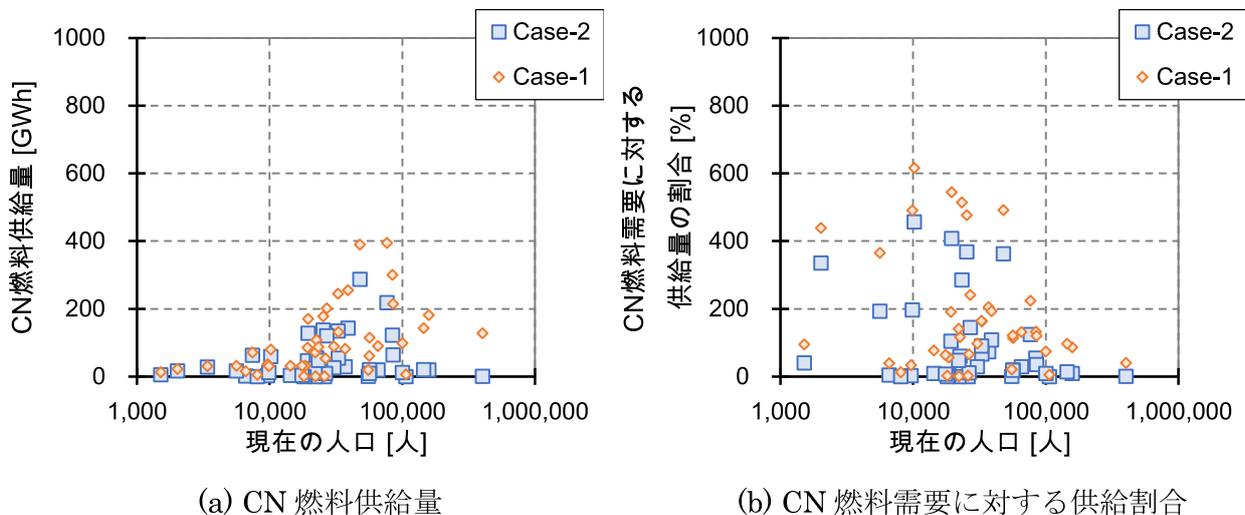
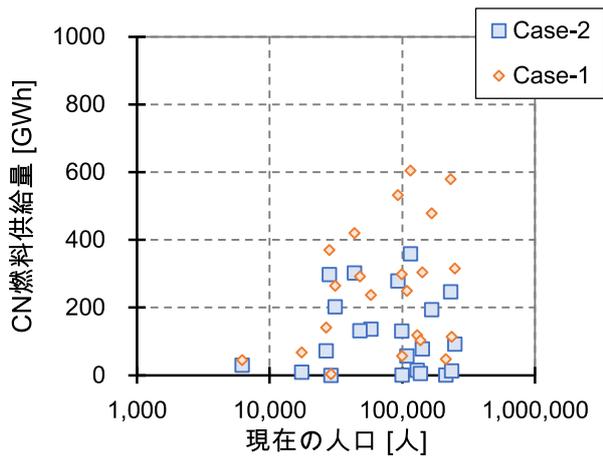
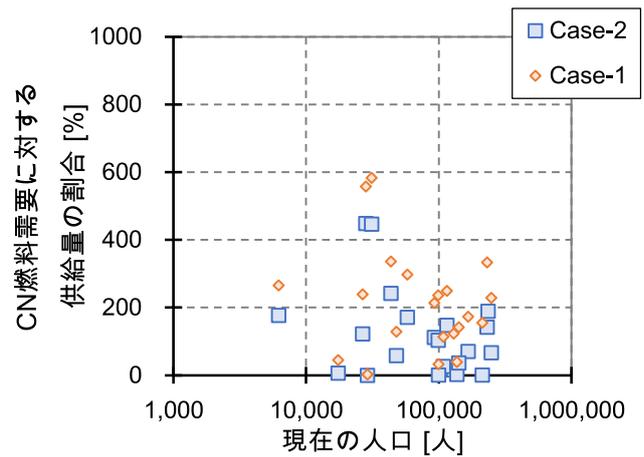


図 2-5-35 岐阜県県の各市町村における PV 出力余剰による CN 燃料供給可能量

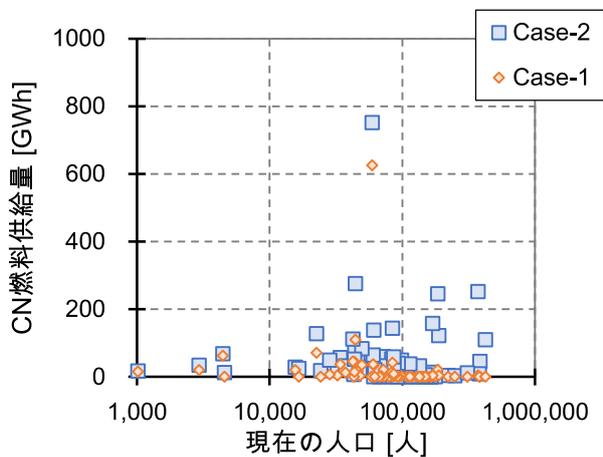


(a) CN 燃料供給量

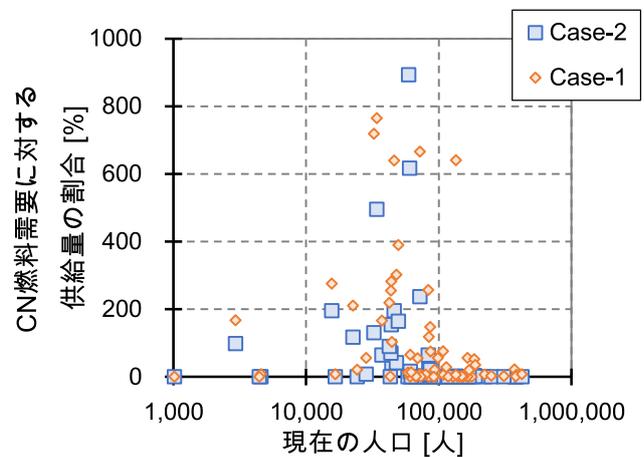


(b) CN 燃料需要に対する供給割合

図 2-5-36 静岡県の各市区町村（富士川以西）における PV 出力余剰による CN 燃料供給可能量

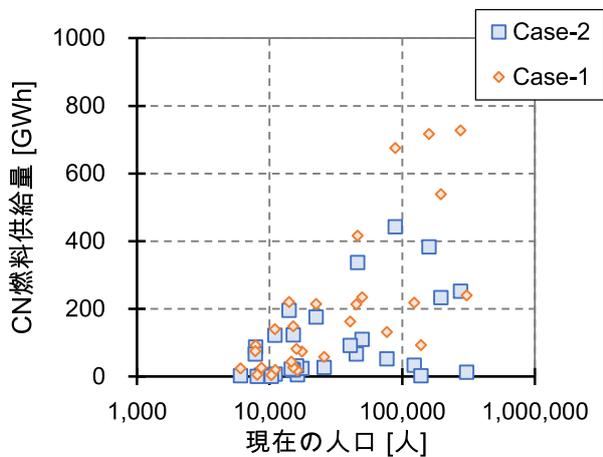


(a) CN 燃料供給量

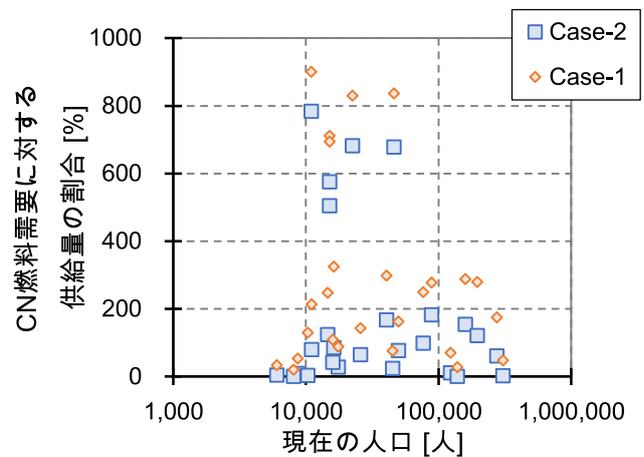


(b) CN 燃料需要に対する供給割合

図 2-5-37 愛知県の各市区町村における PV 出力余剰による CN 燃料供給可能量



(a) CN 燃料供給量



(b) CN 燃料需要に対する供給割合

図 2-5-38 三重県の各市区町村における PV 出力余剰による CN 燃料供給可能量

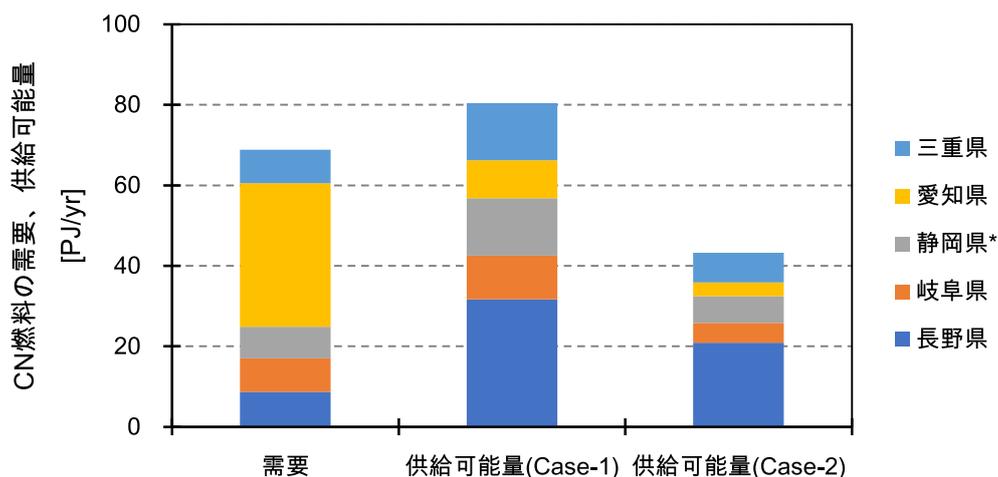


図 2-5-39 各県における CN 燃料需要と PV 出力余剰による CN 燃料供給可能量

一方、岐阜県、静岡県（富士川以西）、三重県については、各県の合計値としては、Case-1 による CN 燃料供給量は需要よりも大きいですが、Case-2 の CN 燃料供給量は需要よりも小さい。愛知県の場合、人口が大きな市区町村においては、前項までに示したように PV 出力余剰がほとんど発生しないため、Case-1 の電力需給においても CN 燃料を供給することはできない。

このように、愛知県を除けば、PV 出力の余剰電力による CN 燃料の供給可能量は、高压配電に接続する産業需要の CN 燃料需要と概ね同程度である。本研究では上述のように特高受電する大規模な需要家については電力需要・燃料需要ともに考慮できていないことに留意する必要があるものの、上記の結果より、将来的に全国で 300GW の PV が導入され、民生部門の燃料需要の 100%電力シフトする状況では、高压配電系統に接続する産業部門の需要家ごとに CN 燃料製造装置を導入し、周辺の PV による余剰電力を用いて CN 燃料を製造するような状況となることが考えられる。また、これにより、高压配電系統における PV 大量導入に伴う設備容量制約の影響を緩和することが期待される。

なお、愛知県を除いて EV 充電需要を考慮できていない。これらを考慮すると余剰電力も減少するため、岐阜県、静岡県（富士川以西）、三重県の Case-1 においても CN 燃料供給量は需要よりも小さくなる可能性がある。逆に、特高受電する大規模な需要家を考慮すると、CN 燃料需要は上記の図に示した値よりも大きくなるものの、長野県の産業部門については機械製造業の割合が他県と比較して非常に大きく、特高受電する大規模な需要家を考慮しても CN 燃料需要の増加は限定的と考えられる。これらの結果より、中部エリア全体でみれば、将来的に長野県における PV 出力余剰によって製造される CN 燃料を愛知県に輸送する状況が考えられる。その方法として、送配電設備を増強して電力として輸送し愛知県内で CN 燃料を製造することが望ましいと考えられる。ただし、長野県内の CN 燃料需要に対する CN 燃料製造設備の年間の稼働率向上のためには、一定規模の CN 燃料は長野県から愛知県に陸送されることも考えられ、PV をはじめとする再エネ発電の余剰電力による CN 燃料の製造・供給のあり方については更なる検討が必要である。

5-2. まとめ

中部5県の各市区町村について、将来の電力・燃料需要、PV出力余剰、これによるCN燃料供給可能量等を評価し、以下の結果が得られた。

- ・ 愛知県を除いて、現状の人口が少ない市区町村においては、将来的な燃料需要から電力需要へのシフトを考慮しても、効率向上や人口減少によって電力需要は減少する場合が多い。
- ・ 将来のEV充電需要が電力需要に占める割合について愛知県の各市区町村について評価した結果、人口が少ない市区町村においては15%~20%、人口が多い市区町村は10%以下となった。ただし、昼間の太陽光発電の余剰電力の有効活用の観点からは、産業部門の割合が大きく勤務先となる市区町村においてEV充電需要が大きく増加する可能性がある。
- ・ 将来的に民生部門の燃料需要が100%電力シフトすることを想定すれば、各市区町村の燃料需要は、現状に対して平均して15%程度に大きく減少する。ただし、この値には特高受電する大規模需要家の燃料需要やEV化が難しいトラック等大型車両の燃料需要が含まれておらず、更なる検討が必要である。
- ・ 全国300GWのPVが一律のルールで各市区町村に配分された状況では、年間の積算値で見れば、愛知県を除いてPV発電電力量と電力需要は概ね同程度となる市区町村が多い。
- ・ ただし、各時間帯のPV出力と電力需要とを比較すれば、PV出力が余剰となる時間帯が非常に多いため、1時間単位で各市区町村の電力需給を計算したところ、多くの市区町村において、電力需要をPVの出力によって賄いつつ、その余剰電力によって供給可能なCN燃料は、高压配電系統に接続する産業部門の需要家におけるCN燃料需要と同程度となる。
- ・ CN燃料の需給バランスは市区町村によって異なり、余剰電力有効活用のためには市区町村間でのCN燃料の融通が必要である。
- ・ 特に、中部エリア全体の視点からは、長野県から愛知県へのCN燃料の輸送が必要となる。
- ・ その方法として、送配電設備を増強して余剰電力を送電して愛知県内でCN燃料を製造するのか、長野県内でCN燃料を製造し陸送するのかについては更なる検討が必要である。

本研究では、このような検討に資する地域の電力・燃料需給に関するデータを概ね整備できた。今後は、これらを利用し、さらに将来的なコストを考慮して、余剰電力の製造・供給のあり方、前提となるPV導入分布のあり方等について、引き続き検討する。

第6章：まとめ

6-1. 結論

カーボンニュートラルの実現に資するため、将来的に 300 GW もの PV が導入されるような状況において、各配電エリアや市区町村におけるエネルギー需給における PV の寄与を適切に評価するためには、各市区町村における PV 導入量について、独自の視点・計算方法で積み上げるのではなく、一律のルールで各市区町村の配分量を設定する必要がある。また、大量導入される PV の発電電力を有効活用するためには、燃料需要からのシフトによって新たな電力需要を創出することが重要である。

このような検討に資するため、愛知県岡崎市や岐阜県八百津町についての実態調査等をふまえ、各市区町村について想定する PV 導入量や産業部門の燃料需要の計算、道路交通センサスに基づく EV 充電需要の計算などを本研究のフェーズ I で構築した地域エネルギー需給評価プラットフォームに適用するとともに、様々な機関から提案されているカーボンニュートラル実現に向けた各種シナリオを考慮して前提条件の見直しを行った。

そして、これらの改良を加えた地域エネルギー需給評価プラットフォームを用いて、愛知県岡崎市、岐阜県八百津町を対象として、将来の CN 燃料需要を推定するためのベースとなる現状の燃料需要を推定するとともに、全国で 300 GW の PV が導入される状況について、電力需要、PV 出力に基づき計算される余剰電力による CN 燃料の供給可能量との需給バランスを評価した。また、同様の検討を中部 5 県の各市区町村を対象として行い、CN 燃料の需給バランスは市区町村によって様々であり、余剰電力有効活用のためには、市区町村間での CN 燃料の融通、特に長野県から愛知県への CN 燃料の輸送が大きくなり、そのためのインフラ整備のあり方について更なる検討が必要であることなどを示した。

6-2. 今後の課題

本研究では、将来的に太陽光発電が大量導入され、民生部門を中心に燃料需要が電力需要に大きくシフトした状況を想定し、各市区町村における電力・燃料の需給バランスを評価した。その結果、市区町村間における将来的な電力・燃料融通のためのインフラ整備のあり方を検討するに資する地域の電力・燃料需給に関するデータを概ね整備できた。今後は、これらを利用し、さらに将来的なコストを考慮して、余剰電力の製造・供給のあり方、前提となる PV 導入分布のあり方等について、引き続き検討する。ただし、本研究では、特別高圧配電線に接続するような大規模な需要家における電力需要や CN 燃料需要、EV 充電需要や EV 化が難しい大型車両における CN 燃料需要については十分に考慮できていない。前者については、産業部門についてはエネルギー管理指定工場リスト、都道府県別最終エネルギー統計などに基づき工場の位置や電力・燃料需要に関するデータベースまでは概ね構築できたため、今後、これを地域エネルギー需給評価プラットフォームに反映し、更に実態に即した検討を行う。後者についても、各市区町村における EV 充電需要の計算方法については概ね構築できたため、他県にもモデルを適用して EV 充電需要を計算する。また、本手法を EV 化が困難な大型車両にも適用し、これらにおける CN 燃料需要を推定する。

このようにして各市区町村における将来の部門別の電力・燃料需要に関するデータ整備を進め、その結果に基づき、各市区町村における将来の電力・燃料の製造・輸送のためのインフラ整備のあり方について、経済性も踏まえて更に検討を進める。

付録 1 : 各市区町村の PV 導入ポテンシャル、配分量、2019 年 6 月時点での認定量

付表 1 に、各市区町村の PV 導入ポテンシャル、配分量とその内訳、および固定価格買取制度での 2019 年 6 月時点での認定量を一覧にして示す。

付表 1 : 導入ポテンシャル、配分量とその内訳、2019 年 6 月時点での認定量 (MW)

市区町村名	導入ポテンシャル	配分量計	屋根置き	ソーラーシェアリング	耕作放棄地	2019.6 導入量
長野県						
20201 長野市	2,356	1,287	337	268	681	159.8
20202 松本市	1,789	832	228	383	221	111.8
20203 上田市	1,229	627	153	185	289	128.6
20204 岡谷市	124	80	45	5	30	18.6
20205 飯田市	786	405	85	108	212	74.4
20206 諏訪市	210	112	43	31	38	141.7
20207 須坂市	440	215	45	78	92	26.2
20208 小諸市	627	311	38	95	177	81.7
20209 伊那市	1,072	460	65	257	137	78.1
20210 駒ヶ根市	374	162	35	91	35	60.2
20211 中野市	678	315	36	130	148	15.9
20212 大町市	559	225	21	149	54	48.5
20213 飯山市	621	283	14	119	150	2.4
20214 茅野市	597	296	59	99	138	68.8
20215 塩尻市	638	300	77	126	96	65.3
20217 佐久市	1,543	754	102	255	397	175.4
20218 千曲市	383	201	58	54	89	31.5
20219 東御市	566	265	29	104	132	47.4
20220 安曇野市	1,361	563	101	359	102	55.0
20303 小海町	266	125	2	47	76	14.4
20304 川上村	355	125	3	116	7	51.7
20305 南牧村	330	120	2	102	16	6.0
20306 南相木村	41	19	0	7	12	1.5
20307 北相木村	36	17	0	6	11	3.7
20309 佐久穂町	310	155	5	42	109	120.3
20321 軽井沢町	164	104	46	13	44	12.5
20323 御代田町	213	108	22	33	52	25.4
20324 立科町	308	145	4	54	87	21.0

付表 1：導入ポテンシャル、配分量とその内訳、2019年6月時点での認定量（MW）（続き）

市区町村名	導入ポテンシャル	配分量計	屋根置き	ソーラーシェアリング	耕作放棄地	2019.6 導入量
長野県(続き)						
20349 青木村	94	49	3	11	35	8.6
20350 長和町	178	79	2	37	39	30.2
20361 下諏訪町	39	25	15	1	10	5.9
20362 富士見町	349	163	12	65	87	55.0
20363 原村	260	112	8	62	41	9.0
20382 辰野町	187	93	19	29	44	16.1
20383 箕輪町	296	135	28	62	45	22.8
20384 飯島町	214	85	7	59	18	15.9
20385 南箕輪村	148	68	22	33	13	17.9
20386 中川村	150	65	3	34	29	6.9
20388 宮田村	92	37	8	26	2	7.6
20402 松川町	235	106	9	48	50	24.0
20403 高森町	184	79	9	45	24	14.3
20404 阿南町	108	57	2	10	45	5.6
20407 阿智村	109	54	4	16	34	2.9
20409 平谷村	5	3	0	0	2	1.7
20410 根羽村	27	14	0	3	11	1.9
20411 下條村	106	49	3	19	27	7.1
20412 売木村	18	9	0	3	5	0.3
20413 天龍村	15	7	0	2	5	0.7
20414 泰阜村	42	23	1	4	18	0.9
20415 喬木村	105	51	4	16	31	5.2
20416 豊丘村	135	64	5	24	35	4.4
20417 大鹿村	46	21	0	9	12	0.2
20422 上松町	49	22	2	10	10	0.6
20423 南木曾町	42	19	2	9	8	1.7
20425 木祖村	61	30	1	8	21	0.3
20429 王滝村	9	5	0	1	4	3.3
20430 大桑村	44	21	3	8	10	5.5
20432 木曾町	233	116	5	33	79	22.9
20446 麻績村	84	42	1	11	29	3.5
20448 生坂村	43	21	1	6	15	2.4
20450 山形村	160	64	6	44	14	8.0

付表 1：導入ポテンシャル、配分量とその内訳、2019年6月時点での認定量（MW）（続き）

市区町村名	導入ポテンシャル	配分量計	屋根置き	ソーラーシェアリング	耕作放棄地	2019.6 導入量
長野県(続き)						
20451 朝日村	92	38	3	23	12	7.7
20452 筑北村	124	61	1	18	42	8.1
20481 池田町	176	70	6	48	17	6.1
20482 松川村	265	109	6	68	35	7.2
20485 白馬村	177	77	6	42	29	0.4
20486 小谷村	75	40	1	7	32	0.0
20521 坂城町	139	73	17	17	39	12.1
20541 小布施町	162	65	7	45	13	5.6
20543 高山村	150	68	4	30	34	4.7
20561 山ノ内町	189	84	4	40	39	1.9
20562 木島平村	159	65	2	41	21	0.6
20563 野沢温泉村	59	27	1	11	15	0.1
20583 信濃町	299	128	4	68	57	4.6
20588 小川村	73	40	1	5	35	0.5
20590 飯綱町	410	189	5	76	109	5.6
20602 栄村	81	37	1	15	21	0.0
岐阜県						
21201 岐阜市	1,136	634	385	187	62	134.6
21202 大垣市	774	388	179	153	57	79.2
21203 高山市	947	416	71	216	129	126.5
21204 多治見市	158	109	91	5	13	103.9
21205 関市	609	300	88	105	107	91.5
21206 中津川市	831	406	82	139	185	145.1
21207 美濃市	158	89	20	10	59	21.2
21208 瑞浪市	198	109	32	22	55	79.8
21209 羽島市	307	149	62	66	22	38.2
21210 恵那市	715	336	47	132	158	139.5
21211 美濃加茂市	353	192	68	45	79	52.7
21212 土岐市	123	82	57	4	22	69.7
21213 各務原市	457	279	174	41	64	70.9
21214 可児市	328	190	111	36	44	83.5
21215 山県市	286	149	21	34	93	29.8

付表 1：導入ポテンシャル、配分量とその内訳、2019年6月時点での認定量（MW）（続き）

市区町村名	導入ポテンシャル	配分量計	屋根置き	ソーラーシェアリング	耕作放棄地	2019.6 導入量
岐阜県(続き)						
21216 瑞穂市	208	112	63	38	11	29.8
21217 飛騨市	283	134	18	50	66	5.8
21218 本巣市	372	162	31	88	44	31.7
21219 郡上市	563	263	29	104	131	60.2
21220 下呂市	252	126	21	36	70	35.7
21221 海津市	642	253	27	178	49	39.7
21302 岐南町	65	42	31	7	4	9.6
21303 笠松町	54	33	22	6	4	9.1
21341 養老町	524	200	22	154	23	37.5
21361 垂井町	208	93	31	49	12	16.1
21362 関ヶ原町	61	29	5	10	14	4.2
21381 神戸町	166	70	22	44	4	14.2
21382 輪之内町	201	78	10	58	10	10.1
21383 安八町	145	65	14	33	19	13.8
21401 揖斐川町	364	149	15	94	40	23.9
21403 大野町	233	95	19	64	12	17.2
21404 池田町	215	92	24	54	14	19.1
21421 北方町	39	25	18	4	3	6.0
21501 坂祝町	55	29	9	8	12	7.3
21502 富加町	72	33	6	14	13	18.2
21503 川辺町	71	37	9	10	19	21.0
21504 七宗町	44	23	2	5	17	5.5
21505 八百津町	125	68	8	11	49	27.1
21506 白川町	123	55	3	26	26	25.3
21507 東白川村	42	19	1	9	9	4.0
21521 御嵩町	113	61	21	14	26	22.4
21604 白川村	37	18	1	6	11	0.3
静岡県						
22100 静岡市						206.1
22101 葵区	781	451	211	92	148	
22102 駿河区	414	273	196	26	52	
22103 清水区	1,215	707	248	97	362	

付表 1：導入ポテンシャル、配分量とその内訳、2019年6月時点での認定量（MW）（続き）

市区町村名	導入ポテンシャル	配分量計	屋根置き	ソーラーシェアリング	耕作放棄地	2019.6 導入量
静岡県(続き)						
22130 浜松市						627.3
22131 中区	324	237	211	10	16	
22132 東区	364	225	133	36	56	
22133 西区	642	356	94	66	196	
22134 南区	360	218	110	32	75	
22135 北区	1,191	546	99	248	198	
22136 浜北区	572	334	115	53	166	
22137 天竜区	270	147	25	25	97	
22209 島田市	742	343	96	163	84	54.5
22211 磐田市	1,128	551	192	215	144	146.7
22212 焼津市	456	255	143	65	48	74.9
22213 掛川市	1,237	599	141	226	232	169.3
22214 藤枝市	780	436	147	87	203	58.1
22216 袋井市	801	366	104	180	82	91.0
22221 湖西市	500	280	105	44	131	101.8
22223 御前崎市	414	211	29	56	127	63.1
22224 菊川市	713	322	54	156	112	81.4
22226 牧之原市	847	374	65	184	125	117.8
22424 吉田町	106	59	34	14	12	26.7
22429 川根本町	99	42	2	23	17	14.7
22461 森町	256	114	17	56	41	12.9
愛知県						
23100 名古屋市						
23101 千種区	161	121	121	0	0	19.4
23102 東区	81	57	56	0	0	7.6
23103 北区	161	123	121	1	1	15.2
23104 西区	160	121	119	0	2	14.7
23105 中村区	151	116	115	1	1	14.4
23106 中区	64	44	44	0	0	10.6
23107 昭和区	108	82	82	0	0	11.5
23108 瑞穂区	116	89	88	0	0	9.9
23109 熱田区	66	48	48	0	0	6.5

付表 1：導入ポテンシャル、配分量とその内訳、2019年6月時点での認定量（MW）（続き）

市区町村名	導入ポテンシャル	配分量計	屋根置き	ソーラーシェアリング	耕作放棄地	2019.6導入量
愛知県(続き)						
23110 中川区	283	212	201	8	2	22.4
23111 港区	245	160	133	17	10	12.3
23112 南区	149	113	111	0	1	11.6
23113 守山区	247	192	185	2	6	18.9
23114 緑区	356	268	243	7	19	25.1
23115 名東区	170	131	128	1	3	17.1
23116 天白区	175	131	126	3	2	15.2
23201 豊橋市	1,945	998	404	342	253	243.6
23202 岡崎市	1,175	697	426	142	130	117.3
23203 一宮市	887	541	363	103	75	110.7
23204 瀬戸市	224	157	126	7	25	79.1
23205 半田市	327	204	144	29	31	66.0
23206 春日井市	524	376	319	16	41	77.0
23207 豊川市	962	531	217	130	183	136.7
23208 津島市	201	99	52	42	6	21.4
23209 碧南市	303	161	103	54	5	23.9
23210 刈谷市	507	294	201	65	28	41.2
23211 豊田市	1,938	1,084	556	224	305	260.5
23212 安城市	967	471	258	205	8	52.4
23213 西尾市	1,154	549	197	245	107	121.1
23214 蒲郡市	261	144	79	39	26	30.7
23215 犬山市	248	142	83	29	30	53.7
23216 常滑市	315	174	68	43	63	65.0
23217 江南市	246	165	93	7	64	30.7
23219 小牧市	372	236	180	27	29	53.4
23220 稲沢市	620	317	143	108	66	81.2
23221 新城市	699	347	44	105	198	78.4
23222 東海市	376	226	151	35	40	25.4
23223 大府市	321	195	126	28	41	28.1
23224 知多市	385	225	111	34	81	45.8
23225 知立市	155	95	72	21	2	16.2
23226 尾張旭市	125	96	88	3	5	15.7
23227 高浜市	133	88	75	10	3	19.5

付表 1：導入ポテンシャル、配分量とその内訳、2019年6月時点での認定量（MW）（続き）

市区町村名	導入ポテンシャル	配分量計	屋根置き	ソーラーシェアリング	耕作放棄地	2019.6導入量
愛知県(続き)						
23228 岩倉市	87	58	46	9	4	11.9
23229 豊明市	179	107	68	21	19	21.5
23230 日進市	222	145	101	19	25	23.3
23231 田原市	1,403	603	116	329	158	171.8
23232 愛西市	527	218	51	143	24	37.4
23233 清須市	146	104	84	6	13	14.0
23234 北名古屋市	167	115	100	14	2	20.9
23235 弥富市	351	150	47	92	11	29.3
23236 みよし市	261	136	71	46	20	28.8
23237 あま市	224	133	94	33	6	23.9
23238 長久手市	111	80	63	4	12	14.6
23302 東郷町	151	90	53	16	22	13.4
23342 豊山町	37	26	23	2	0	4.2
23361 大口町	127	70	43	18	9	14.7
23362 扶桑町	91	57	38	10	9	10.5
23424 大治町	65	47	41	5	0	7.0
23425 蟹江町	75	45	33	10	1	8.8
23427 飛島村	165	62	12	49	1	13.8
23441 阿久比町	195	99	33	35	32	25.5
23442 東浦町	215	114	52	36	26	35.1
23445 南知多町	227	115	10	29	77	21.2
23446 美浜町	265	134	18	37	78	74.3
23447 武豊町	149	89	54	16	20	47.9
23501 幸田町	303	150	70	60	20	19.3
23561 設楽町	118	56	2	20	34	7.7
23562 東栄町	59	34	1	2	31	1.8
23563 豊根村	21	12	0	1	11	0.4
三重県						
24201 津市	1,990	962	290	382	291	460.0
24202 四日市市	1,282	683	373	206	104	285.9
24203 伊勢市	764	380	115	134	131	102.9
24204 松阪市	1,787	766	160	441	166	366.4

付表 1：導入ポテンシャル、配分量とその内訳、2019年6月時点での認定量（MW）（続き）

市区町村名	導入ポテンシャル	配分量計	屋根置き	ソーラーシェアリング	耕作放棄地	2019.6 導入量
三重県(続き)						
24205 桑名市	614	314	138	113	63	62.3
24207 鈴鹿市	1,420	672	223	297	152	226.3
24208 名張市	358	187	74	54	59	42.5
24209 尾鷲市	45	27	12	2	14	7.5
24210 亀山市	506	269	79	61	129	61.9
24211 鳥羽市	166	94	10	9	75	119.7
24212 熊野市	174	94	12	16	65	15.4
24214 いなべ市	645	287	75	141	71	139.7
24215 志摩市	579	334	30	24	279	135.6
24216 伊賀市	1,575	689	103	353	233	279.7
24303 木曾岬町	116	43	4	35	4	39.2
24324 東員町	146	67	29	35	4	29.5
24341 菰野町	389	172	43	94	35	97.4
24343 朝日町	48	25	14	10	2	4.4
24344 川越町	36	24	20	4	1	10.3
24441 多気町	372	162	18	84	59	44.2
24442 明和町	416	171	22	110	39	59.2
24443 大台町	90	43	5	15	24	30.4
24461 玉城町	282	116	20	74	22	26.8
24470 度会町	139	64	4	28	31	75.1
24471 大紀町	116	56	3	18	35	16.4
24472 南伊勢町	188	104	3	13	88	44.8
24543 紀北町	82	47	11	4	32	32.7

おわりに

持続的社会的実現に資するエネルギー需給のあり方について議論を深めるためには、わが国全体として適切な方向性を示すとともに、地域固有の特徴をどのように活かしていくかを考えることが重要である。その際、個々の地域の課題を考える人にとってはその課題が最大の関心事であるが、そこに注目しすぎると、しばしば全体像を見失う可能性がある。そこで、個々の地域における様々な課題の違いを把握・共有し、全体最適化と個々の最適化をどのように折り合いをつけていくかを考える視点を常に持つことが重要である。

そのような観点から、2018～19年度に「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」が実施され、様々なステークホルダーが共通の情報に基づきそれぞれの立場で次世代に向けた地域の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」が構築された。今回、その続編として、各市町村における人口動態や土地利用に関する実態を反映し、より現実に応じた検討を行うことを目的として同調査研究のフェーズIIが2020～21年度に実施された。

フェーズII実施期間中の2020年10月26日、菅前内閣総理大臣による所信表明演説において我が国が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、本研究においてもこれを踏まえて検討することとなった。具体的には、将来に関して、太陽光発電の導入量300GW、民生部門の燃料需要から電力需要へのシフト率100%などを想定した。フェーズIにおける太陽光発電の導入想定は150GWと今回の半分であったが、「大きすぎるのでは？」との意見もある中で設定したものであった。また、民生電力需要シフト率100%についてはフェーズIにおいても議論されたが、2050年温室効果ガス80%削減を念頭とする中で検討対象外とされた。いずれも、国としての明確な目標設定は無いものの、「2050年のカーボンニュートラル実現」という目標の大きさに鑑み、温室効果ガス排出100%削減を前提とすることで、フェーズIIの検討を進めるにあたっては、これらをはじめとして様々な将来想定を大胆に行った。

フェーズIIでは、各市町村の実態を踏まえてプラットフォームを改良するため、岡崎市、岐阜県八百津町から様々な情報をご提供いただき、大いに活用させていただいた。この場をお借りして感謝申し上げます。また、エネルギー管理指定工場リストや系統容量マッピングなどの各種公開情報を統合したデータベース構築した。大変地道な作業の連続であったが、フェーズIIの検討を通じてこのようなデータベースの重要性を改めて認識した次第である。

今後、本プラットフォームを活用し、地域におけるエネルギーシステムの最適化に関して様々な情報を発信していきたいと考えている。これらの情報を様々なに皆様に活用していただくためには、本プラットフォームの更なる改善が重要であり、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、本報告書の作成に当たり、コロナ禍の中で、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
エネルギー最適化検討研究会 座長
加藤 丈佳

「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

2022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。



●この冊子の印刷には再生可能エネルギーを使用しています。



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/>