

産業団地の熱電エネルギー需要の推計手法の 開発と福島県地域でのケーススタディ

大西 悟¹, 藤井 実², 牧 誠也², Dou Yi³, 土井 麻記子⁴, 菅原 日奈⁴, 塚本 祐樹⁵

¹正会員 国立研究開発法人国立環境研究所 福島地域協働研究拠点
(〒963-7700 福島県田村郡三春町深作10-2)
e-mail: onishi.satoshi@nies.go.jp

²正会員 国立研究開発法人国立環境研究所 社会システム研究領域 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

³正会員 東京大学未来ビジョン研究センター (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

⁴非会員 株式会社エックス都市研究所 (〒171-0033 東京都豊島区高田二丁目17番22号目白中野ビル6F)

⁵非会員 アジア航測株式会社 (〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-14-1 新宿グリーンタワービル 15F)

産業セクターの脱炭素は喫緊の課題である。国内においては、エネルギー多消費型産業の集積地の脱炭素化が重要になる一方、中小規模の産業団地においても脱炭素化にむけた取組みを検討していく必要がある。中小規模の産業団地は、地区としてのマネジメント機能は十分でないため、基礎的な情報基盤の整備から研究していく必要がある。そこで、本発表では、産業中分類、うち製造業の熱電エネルギー需要量を温度域も加味した推計し、産業団地スケールでの推計手法を開発し、地理情報システム上でデータベース化にむけた手法を設計した。そして、福島県地域を対象にケーススタディを行い、59の産業団地を対象とし、熱電需エネルギー需要量として、100-200℃において2,740TJ/年、200-500℃において2,825TJ/年、電力8,216TJ/年を算出し、地域ごとの特性を分析、推計手法を考察した。

Key Words: Carbon neutral, Industrial process, Heat temperature range, Energy demand estimation

1. はじめに

産業セクター、特に製造業部門の脱炭素は喫緊の課題である。この部門は、再生可能エネルギー（以下、再エネ）由来の電化だけでは達成が難しく、産業プロセスの熱利用を再エネ由来の原燃料に転換していく必要があり「hard-to-abate¹⁾」と評される。特に、2次エネルギーが電気であれ、熱であれ、動力以外の最終エネルギー需要では温度域が100℃～1,600℃以上と多岐にわたり、温度が高いものも含むため、温度域に合わせた対策の重要性が指摘されている²⁾。そこで、製造業部門の熱電エネルギー需要推計において温度域を加味する方法論の開発への期待が高まっている³⁾。国内でもNEDOをはじめ温度域を含めた熱需要に着目し、製造業部門での脱炭素化の方策を検討している⁴⁾。

最終エネルギー需要の温度域を区分する意義は、製造業種ごと、あるいはその集積地である産業団地ごとにおいて、適した方策を検討する基礎情報を得るためである。例えば、エネルギー多消費産業で用いる高温域は、後述するように500℃～1,600℃以上に多くのエネルギー需要があることが想定される。その場合、現在の化石燃料で高温蒸気を再エネで代替することは難しい。ただし、課

題も多いが、水素利用が検討されている⁵⁾。さらに、これら産業は、燃焼以外に、高炉の還元プロセス、セメントの脱炭酸プロセスからのCO₂排出が大きい。そのため、大規模な技術革新が必要となる。一方、同じく高温帯の熱需要を有する化学産業は、量的な制約があるものの、再エネ由来の原燃料での代替が可能な部分もある^{6,7)}。これらエネルギー多消費産業は、「経団連カーボンニュートラル行動計画⁸⁾」に代表されるように革新的技術の開発・導入を目指す方向性を示している⁹⁾。

一方、本発表では、主に100℃～500℃の温度域の最終エネルギー需要が多くなると想定される中小規模の産業団地に焦点をあてる。国内には、2021年現在、少なくとも554か所の産業団地があり¹⁰⁾、自治体にとっても、企業にとっても産業団地スケールでの対策の必要が迫られる。中小の産業団地は、エネルギー多消費産業の集積地と異なり、大型の予算や大規模投資が期待できない中、事業所と自治体が連携して、脱炭素化に向かう必要がある。中小企業白書(2020)¹¹⁾によると、工場の脱炭素対策は、主にエネルギー機器の効率化と電化の促進とされている。その効果は、一定程度、期待できる¹²⁾が、脱炭素化の文脈では十分とはいえない。国際的には、燃料の再エネ由来の原燃料への転換に着目する研究が増加して

おり、特に、廃棄物及び固形バイオマスの熱利用の重要性が提起されている¹⁵。既往研究は、国スケールの現状把握とポテンシャルの特定が主であるが、産業団地スケールでの研究を進展することで産業セクターの脱炭素化の方策が検討可能になる。

国内外において産業団地スケールでの脱炭素化を志向する研究は、これまで産業共生研究を基盤とし、明確に温度帯を扱った研究は少ない。既存の立地に基づく産業共生データベースの構築を試みたものが報告されているが、多様な業種や温度域の組み合わせを考慮し、原料の再エネ化を意図することでより実証的な検討の基盤となりうる。そのために、まずは、基礎的なデータベースや温度域に関する知見の蓄積が当面の研究課題となる。それにより、中小規模の産業団地において、地区として脱炭素化にむけたマネジメントをし、取組みを実践的に推進する情報と知見を提供しうる。地区でのマネジメントの有効性は、一部の事例¹⁶などで知見が報告されつつある。しかし、これらの動きは、緒についたばかりであり、各地域での展開が必要となる。その際に、こうした基礎的な情報を整備し、将来的にオープンデータとして公開すること¹⁷を念頭に置き、多くの産業団地に展開することは、国スケールでの脱炭素化にも資する。

そこで、本発表では、中小規模の産業団地の基礎的な立地、熱電エネルギー需要のデータベースの設計を目指し、まず、国内の産業団地の概況、産業セクターのエネルギー消費に係る統計量、対象地区の情報を整理した。それを基に、産業中分類ごとの熱・電需エネルギー需要量を推計し、熱需要に関しては、温対法の企業規模のGHG排出量とエネルギー消費統計等の統計値、既往研究・調査を組み合わせ、温度帯も加味した推計方法を提案した。そして、産業団地スケールでの推計手法を開発し、福島県の一部地域に適用し、地理情報システム上でデータベースする設計、図化し、推計手法を考察した。

2.産業団地の熱電エネルギー需要の推計手法

(1) 国内の産業団地の概況

本発表における中小規模の産業団地を定義する。まず、対比としてコンビナート型の産業団地を定義する。石油化学工業会は、石油化学コンビナートを「技術的・経済的合理性を追求するために、複数の企業が多面的かつ多段階的な化学的生産工程を限定した一定の地域内に分担形成して、その原料などの輸送をパイプラインで結合した生産体系」と定義する。そして、現在は統廃合が進み、15か所に集約されている。その他、鉄鋼コンビナートは、高炉一貫型の製鉄所の立地と関連している。

一方、中小規模の産業団地は、工場の集積地を意味し、

公共、民間等の開発主体が一定の区画の土地に工業用地として、必要な基盤を整備開発し、工場などを計画的に立地させた地域を指す¹⁶。製造物別、流通別、産業構造連携種・規模別、工業地域別といった区別をされることがある。

日本立地センターの報告では、2021年7月現在、国内には、554の産業団地（産業用地）があり、49,376(ha)の全体計画面積、28,602(ha)の分譲対象面積、10,587(ha)の分譲可能面積がある¹⁰。産業団地に関して、所在地、事業主体、面積、対象施設、交通アクセス、都市計画用途、ユーティリティの設備・価格等、連絡先がリスト化されており、有益な情報であるが、目的が企業誘致であるため、当然ながらすでに立地している企業のエネルギー需要の情報は含まれない。また、すべての産業団地を網羅しているわけではない点も留意が必要である。とはいえ、省庁・自治体の情報も含め、国内の産業団地を網羅的に整備している貴重な情報源となっており、本発表でも産業団地の立地特定に際して活用している。

(2) 産業部門のエネルギー消費に係る統計量

まず、用途別一次エネルギー量を統計値から整理する。エネルギー消費統計では、産業中分類ごとに電力（系統電力）、自家発電、燃料利用、受入蒸気、温水冷水の熱量が公表されている。ここで注意が必要なのが、燃料利用は石炭、原油、天然ガス等を企業が外部から購入した原料を熱量ベースで換算している。その用途、つまり自社内でのコージェネレーション・自家発電、生産用ボイラー、直接燃焼のいずれかに用いる割合は調査・報告の対象外となっている。一方、総合エネルギー統計では、各産業中分類での原料の自家発電・コージェネレーション、製造ボイラー、直接燃焼の割合を別途、調査し、統計値として報告している。これらを組み合わせ、産業中分類ごとに用途別の1次エネルギーを推計することは可能であり、例えば、富士経済（2022）¹²では、2つの統計資料を基に推計している。

本発表では、企業へのインプットとして、投入されている熱電エネルギー需要量を一次エネルギーとして想定し、最終エネルギー需要量の換算時に燃料利用の用途を勘案して推計する。まず、エネルギー消費統計の統計値を基準値として用いる。さらに、燃料利用について、発電と熱利用、原料利用の割合が大きい、エネルギー多消費産業（ここでは、パルプ・紙・紙加工品産業、化学産業、石油製品・石炭製品、窯業・土石産業、鉄鋼産業）については、総合エネルギー統計の値で補正した。ただし、将来的な脱炭素化を考えると、最終エネルギー需要の構成の変化も十分ありうるため、あくまで現状の統計値として推計し、産業セクターの脱炭素化を検討する一材料である点は、認識しておく必要がある。

一方、産業団地における最終エネルギー需要を推計する場合、統計値で推計、入手可能な熱量ベースの値を産業中分類ごとの活動規模・スケールに応じて按分する必要がある。産業中分類で入手可能な統計値である、事業所数、従業者数、製造品出荷額、原材料使用量で除することで原単位を算定する方法がある。これにより、必要な規模・スケールにおける統計値に、原単位を乗ずることによって最終エネルギー需要を推計することができる。富士経済(2022)¹²⁾は、この方法で原単位を算出している。Maki et al.(2021)¹⁷⁾は、3次メッシュの工業統計の経済情報をもとに蒸気需要を推計したため、この推計方法を基盤に報告している。

一方、各事業所の1次エネルギー使用量の推計は、エネルギー消費統計および総合エネルギー統計において個票を公表していないため、別の方法が必要である。各事業所の1次エネルギー使用量を代替する指標として、温対法における算定・報告・公開制度(以下、SHK制度)に則った各事業所の温室効果ガス排出量の個票がある¹⁸⁾。報告義務のあるScope1,2は、各事業所が外部から購入する一次エネルギーを元に算定する¹⁹⁾ため、それらが強く相関することが推測される。大西ら(2013)¹⁹⁾において、エネルギー消費統計から算定した原単位を用いて算出すると表記されているが、その算定方法が不明瞭であるため、次節において記述する。これによって、各事業所の熱電エネルギー需要を温水・冷水、蒸気、電気ごとに推計することが可能になる。Dou et al.(2018)²⁰⁾は、道路ネットワークを用いて焼却熱の工場利用の分析した際、個別の事業所の情報を用いた方法を採用している。

一方、こうして推計した値については、各事業所の積み上げ値に依拠し、熱電需要に係る原単位も推計値であることから、その妥当性を確認することは難しい。そこで、地域スケールでは、都道府県エネルギー消費統計は、産業部門の最終エネルギー需要のうち、燃料ベースのエネルギー需要量、電力消費量が把握できるため、熱電需要の量的な推計を検証する一つのデータ群になりうる。

3) 産業部門の熱需要の温度帯の区分

産業セクターの脱炭素化においては、熱需要の温度帯が決定的に重要である²¹⁾。IEA(2021)の産業プロセスにおける熱利用に関する報告書²¹⁾は、低温熱、高温熱に関する文献レビューを行っている。この報告を引用し、追加的な情報を加えた表-1を整理した。熱を温度帯で区分する目的は、まずは熱需要の把握の精度を上げることにある。次に再生可能エネルギーへの代替を検討することにある。よって、IEA(2021)¹⁾の報告の着眼点は、需要の把握のしやすさと代替技術や改善策の検討の両面であり、これに応じて温度区分が多様になっている。

ここでの参考文献および関連文献から温度の上限区分に関する知見を整理する。100℃以下の温水あるいは冷水は、蒸気ではないという点、様々な熱供給減によって代替可能という点で、他の温度帯と区別する場合が多い。ARENAの報告²²⁾において、150℃区分を用いているのは、太陽熱給湯器への期待のためである。200℃の上限区分は、産業用ヒートポンプの効率向上を見込んだものである。また、Battaille et al.(2018)²³⁾の報告は、250℃の上限区分を設けている。これは、地熱利用の産業セクターでの利用²⁴⁾を想定しているためである。400℃および500℃の上限区分は、いくつかの文献で見解が分かれているが、いずれも廃棄物及び固形バイオマスの燃料利用を想定し、区分している。国内で検討されている焼却熱の産業利用は、一般的な廃棄物発電時の高压蒸気(4MPa, 400℃)を想定しているが、藤井(2022)⁷⁾が提示するように500~550℃での蒸気供給も可能である。固形バイオマスの燃焼温度も同様の傾向である²⁵⁾。一方で、需要側の温度域についての検討も必要であり、富士経済(2022)¹²⁾の報告はその点で有益であるが、100℃~500℃の熱需要の温度帯が業種やプロセスによって多様であることがむしろ明確になっている。いずれにせよ、どの報告をとっても、200℃~500℃の熱需要の温度帯は、電化が難しく、廃棄物及び固形バイオマスによるGHG削減にむけて重要と位置付けている。今後、国際的な動向を見据えなが

表1：産業セクターの需要温度域の区分

*IEA(2021)¹⁾のTable2をもとに、温度帯別の色分け、対象地域、本発表での区分を加筆

Reference	温度帯域				対象地域 (調査年)
Naegler et al.-2015	<100℃	100-500℃	500-1000℃	>1000℃	EU(2012)
Philibert(2017)	<150℃	150-400℃	>400℃		世界(2006-2012)
Battaille et al.-2018	<250℃	250-1000℃	>1000℃		需要予測なし
McKinsey & Co-2018	<100℃	100-500℃	500-1000℃	>1000℃	世界(2015)
Malico et al-2019	<100℃	100-200℃	200-500℃	>500℃	EU(2017)
ARENA-2019	<150℃	150-250℃	250-800℃	>800℃	オーストラリア (2016-17)
Madeddu et al-2020	<100℃	100-400℃	400-1000℃	>1000℃	EU(2015)
Lenz et al-2020	<100℃	100-200℃	200-500℃	500-1000℃ 1000℃ 1500℃	ドイツ(2013)
本発表での 区分	<100℃	100-200℃	200-500℃	>500℃	福島県一部地域

ら、定義していく必要がある。

以上のレビューを基に、本発表では、次の区分を置

まず、100℃以下の熱需要として、温水・冷水のエネルギー需要量を用いる。また、地熱利用などの技術・経済的な評価を十分に明らかになっていないため、産業用ヒートポンプ利用を想定し、200℃温度帯に区分を採用する。一方、廃棄物及び固形バイオマスによる熱利用は、500℃を上限温度帯とする。よって、蒸気の100℃～200、及び200-500℃を温度区分とする。500℃以上の熱利用は、前述の通り、エネルギー多消費産業が主であるが、今後の拡張を鑑み、対象とする。

(4) 熱電エネルギー需要推計及びデータベース作成方法

熱電エネルギー需要推計の計算フローを図-1に示す。

まず、前述の各事業所の SHK 制度による報告値を基に、事業所を特定し、そのうち製造業の産業中分類を特定する。ここで、各事業所のエネルギー起源燃料 CO₂ を格納する。この値にエネルギー消費統計を基に算定した産業中分類ごとの原単位、つまり年間 CO₂ 排出量あたりのエネルギー需要量 (GJ/t-CO₂) を掛け合わせることで、各事業所のエネルギー需要量 (TJ/年) を推計する。さらに、エネルギー消費統計にて産業中分類ごとの燃料、温水冷水、購入・自家発電力、外部蒸気の利用割合の原単位を算出し、燃料については、生産用ボイラー、コージェネ利用、直接燃焼の割合から蒸気及び電力の需要量を補正し算出した原単位を乗ずる。さらに、蒸気に関しては、前項で述べた温度帯別の割合を算出するため、温度区分が一致し、かつ産業ごとの蒸気利用割合が参照可能な Lenz et al., (2020)²⁰ の割合を用いる。ただし、ドイツの事

例であること、分類が日本の産業中分類と異なることなど、課題も多く、国内の事情に合わせた蒸気温度割合の検討の必要がある点は指摘しておく。この推計フローにより、各事業所の熱電エネルギー需要量の推計が可能であり、温度帯も含めた推計値 (TJ/年/各事業所) を求めることができる。

一方、各事業所の推計値は、業種によっては機密性もあり、なおかつ操業状態を正しく反映しているわけではため、産業団地スケールで集計することで地域特性を分析することを試みる。そこで、各事業所の立地情報 (ポイント) と自治体が定める産業団地 (ポリゴン) を紐づけ、それらをデータベース化する。これにより、自治体、産業団地、各事業所の3層のデータベースを構築することができ、個別の事業所の情報ではなく、地域スケールでの熱電エネルギー需要を推計し、将来的に脱炭素化にむけた基礎情報とすることができる。

3. 福島県地域でのケーススタディの結果と考察

(1) 対象となる産業団地および工場の特定

対象地域は、福島県のうち、こおりやま広域連携中枢都市圏 (以下、「こおりやま広域圏」と表記) 及び隣接する産業都市であるいわき市とする。こおりやま広域圏は、郡山市とその周辺の16市町村で構成される東北六県で圏域人口 (652,178 人) が最大で、連携市町村数が最多である²⁰。このように、国内でも事例の少ない複数市町村の圏域であり、産業構造も多様であることから、将来的に廃棄物及び固形バイオマスの利活用も検討する行政圏域といえる²⁰。一方、工業の中心地域はいわき市であるため、いわき市を含む計17市町村のうち、自治体が定める産業団地があり、かつSHK報告の対象事業者がそこに立地している地域を分析する。

産業団地については、いわき市で12か所、郡山市で8箇所、それ以外の15市町村で39箇所を特定した。これは前述の日本立地センターの表及びイノベーションコースト構想、こおりやま広域圏の報告²⁰より抽出した。一方、SHK報告に対象事業者として、いわき市に44事業所、郡山市に27事業所、それ以外の15市町村に56事業所を対象としている。なおSHK報告の個票を、秘匿性を考慮し、最新年度 (2020年度) から過去5年のうち、1年度をランダムに選び、対象とした。また、これらは、GIS上で紐づいており、自治体、産業団地、事業所が格納されている。ただし、本発表では、産業団地ごとの推計が可能であることを確認したうえで、市町村スケールでの結果の分析をした。

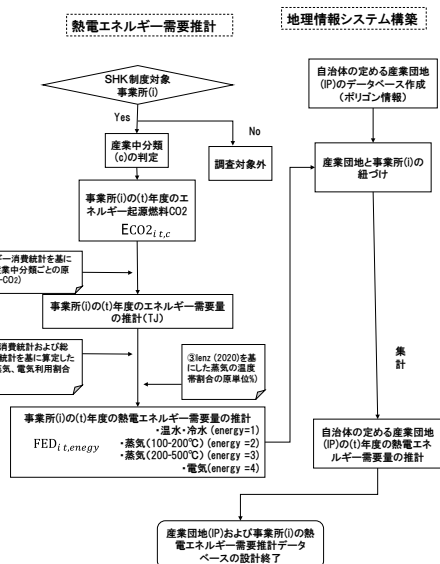


図-1: 産業団地での熱電エネルギー需要推計フロー

(2) 産業別の熱電エネルギー消費量の推計結果

熱電エネルギー需要の推計結果を表-2に示す。いわき市は、200-500℃の蒸気需要が2,435(TJ/年)あり、他地域と比較して、この温度域の熱需要が大きいことが確認できた。なお、熱電エネルギーの観点からは、特に化学工場、非鉄金属製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業が集積した産業団地が多い。郡山市は、電力需要以外では、100℃以下の熱需要が多い。いわき市同様に化学工場の集積がある一方、電力多消費型産業や食品加工製造業といった比較的溫度域の低い産業が集積している結果といえる。それ以外の市町村の集計では、100-200℃の溫度域が1,577(TJ/年)となっており、他地域よりも割合が大きい。これは、パルプ・紙・紙加工品製造業の立地の影響と考えられる。

また、GISにて出力した例を図-2に示す。

表-2：市町村別産業団地での熱電エネルギーの推計値

溫度域 [単位:TJ/年]	100℃<	100- 200℃	200- 500℃	500℃<	電力	総計
いわき市	367	1,120	2,434	5,595	4,634	14,150
郡山市	170	116	331	1,339	818	2,775
その他地域	553	1,577	376	1,115	3,293	6,912
総計	1,090	2,813	3,141	8,050	8,744	23,837

(3) 考察

事業所、産業団地、市町村の情報を統合し、熱電エネルギー需要の推計手法を提案し、福島県地域でのケーススタディを実施した。その妥当性を確認するため、今回の積み上げによる推計値と統計値との比較をする。都

道府県別エネルギー消費統計の福島県・製造業の電力寄与損失・排出量配分は、約23,000(TJ/年,2019年度値)、電力・熱配分後消費・排出量では約71,000(TJ/年,2019年度値)である。前者が電力需要、後者が最終エネルギー需要を代表している。今回のケーススタディでは、最終エネルギー需要として約24,000(TJ/年)の累積推計値を算定した。この差が生じた要因は、県内で他に主だった産業集積地である福島市と会津若松市を対象外としている点から一概に妥当性が確認できたとはいえない。ただし、福島県のエネルギー需要の統計値と大きく外れることはなく、今後、推計手法の妥当性を確認できたため、より詳細な分析への展開が期待できる。

推計結果の分析とGISの出力は、市町村単位にとどめた。推計自体は、産業団地ごと、溫度帯域ごとの熱電エネルギー需要を明記することができるが、秘匿性の観点を鑑み、公表、分析は控えたが、適切な方法を検討していく。特に200-500℃の溫度域を、廃棄物及び固形バイオマスによって代替することを検討する際、需要の地理的な分布は重要な情報となるため、産業団地ごとの分析が可能になった段階で、報告していく。

本発表では、福島県の一部地域を対象に実施したが、少なくとも国内域への空間的に拡大可能である。それにより、すでに進行しつつある再エネポテンシャルをオープンデータ化する動き及び民生・業務部門の需要分析に関するデータの蓄積と連動していくことが望ましい。産業部門に関するデータベースは整備時に、溫度帯別の熱需要の地理的分布を推計し、蓄積していくことは、他の

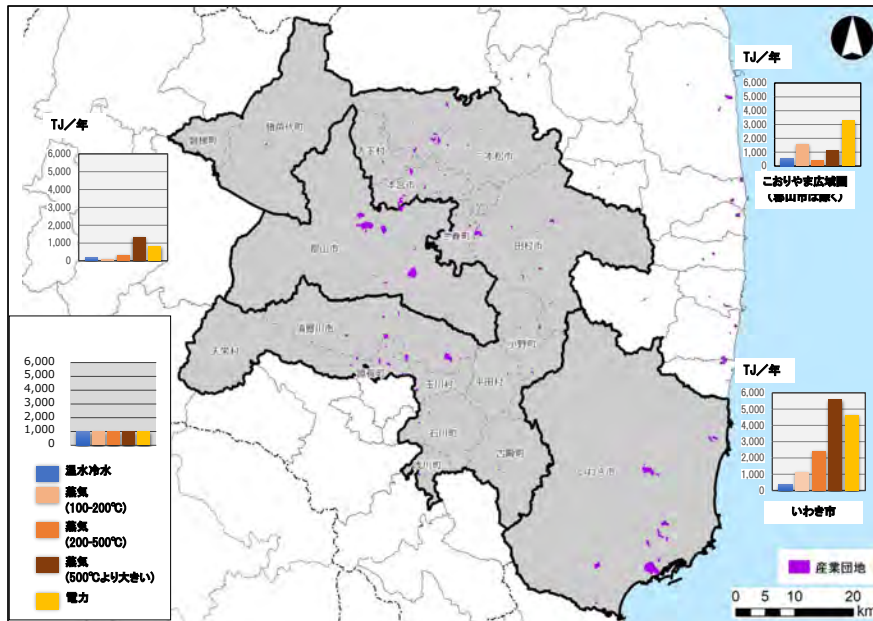


図-2：福島県一部地域における熱電エネルギー需要の推計とGIS出力

データベースとの統合も踏まえて、地域循環共生圏の形成の支援に役立てることを志向していくことが重要になる。

5. 結論

産業中分類ごとの熱・電エネルギー需要量を推計し、温度帯も加味した推計し、産業団地スケールでの推計手法を開発し、地理情報システム上でデータベースする設計をした。福島県の一部地域でケーススタディをすることにより、温度帯別の熱需要の推計値が算定可能であることを示した。その妥当性については精査が必要であり、また、産業団地スケールへの展開には課題が残るものの、行政界での統計値との差異の確認や産業団地の秘匿性の取り扱いを検討する課題を解決していくことで地域循環共生圏の基礎データベースとなりうる点も指摘した。

しかし、そもそもの産業中分類別の温度帯熱需要の原単位の事業所規模別のばらつきなど考慮すべき点も多く、引き続き研究が必要である。

謝辞本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20211002, JPMEERF22CN202)により実施した。ここに関係者への謝意を示す。

REFERENCES

- 1) Åhman M. : Unlocking the “Hard to Abate” Sectors. World Resources Institute <https://www.wri.org/climate/expert-perspective/unlocking-hard-abate-sectors> .2021;3., Access in 2022.6.22
- 2) Thiel GP, Stark AK. : To decarbonize industry, we must decarbonize heat. *Joule*. 2021;5(3):531-50.
- 3) Schipfer OOF. : Decarbonizing industrial process heat: the role of biomass. IEA Bioenergy Task 40. 2021;1-24.
- 4) 新エネルギー・産業技術総合開発機構技術戦略研究センター (TSC) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) : 熱エネルギー分野の技術戦略策定に向けて。2020年11月。
- 5) Liu W, Zuo H, Wang J, Xue Q, Ren B, Yang F. : The production and application of hydrogen in steel industry. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2021;46(17):10548-69.
- 6) 藤井実 : 廃棄物のエネルギー利用の高効率化に向けた展望。廃棄物資源循環学会誌。2019;30(4):233-8.
- 7) 藤井実 : リサイクル困難な低品位廃棄物の大規模熱利用システムの提案。廃棄物資源循環学会誌, Vol. 33, No. 2, pp. 136 - 143, 2022
- 8) 日本経済団体連合会 : 経団連カーボンニュートラル行動計画ー2050年カーボンニュートラルに向けたビジョンと 2021年度フォローアップ結果 (2020年度実績) 2022年3月30日。
- 9) 小澤暁人, 八戸由佳. : 脱炭素社会の実現に向けたイノベーション事例の構造化。エネルギー・資源学会

- 論文誌。2021;42(4):224-32.
- 10) 日本立地センター : 2021年度版産業用地ガイド産業用地ガイド。2021年11月。
 - 11) 中小企業庁. : 2020年版中小企業白書・小規模企業白書概要。中小企業庁; 2020.
 - 12) 株式会社富士経済. : 産業施設におけるエネルギー消費の実態総調査 2022. 2022.
 - 13) 相川高信. : エネルギーの脱炭素化に果たすバイオエネルギーの役割と課題。日本 LCA 学会誌。2022;18(1):3-10.
 - 14) 大西悟, 藤井実, 後藤尚弘. : 産業都市における地域循環共生圏形成にむけた障壁の実態解析と対応策の考察ー熱 EIP 事業を対象としてー。土木学会論文集 G (環境)。2021;77(6):II_235-II_46.
 - 15) 大西悟 : 地域循環共生圏の形成への LCA 研究の貢献にむけて。日本 LCA 学会誌。2021;17(4):212-20.
 - 16) 経済産業省 : 工場立地法, 2017.
 - 17) Maki S, Ohnishi S, Fujii M, Goto N, Sun L. : Technical and economic analysis of potential steam supply from waste treatment plants to industries in Aichi Prefecture, Japan. *Optimization and Engineering*. 2021;22(3):1755-82.
 - 18) 環境省 : 地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における平成 30 年度温室効果ガス排出量の集計結果の公表について。官公庁環境専門資料。2022;56(3):15-7.
 - 19) 大西悟, 藤田壮, 藤井実, 董亮, 戸川卓哉 : 産業都市での地区内熱供給による環境改善効果の評価システム。土木学会論文集 G (環境)。2013;69(6):II_227-II_37.
 - 20) Dou Y, Ohnishi S, Fujii M, Togawa T, Fujita T, Tanikawa H, et al. : Feasibility of developing heat exchange network between incineration facilities and industries in cities: Case of Tokyo Metropolitan Area. *Journal of cleaner production*. 2018;170:548-58.
 - 21) Lenz V, Szarka N, Jordan M, Thrän D. : Status and perspectives of biomass use for industrial process heat for industrialized countries. *Chemical Engineering & Technology*. 2020;43(8):1469-84.
 - 22) Keith Lovegrove DA, Roman Bader, Stephen Edwards, Michael Lord, Ahmad Mojiri, Jay Rutovitz, Hugh Saddler, Cameron Stanley, Kali Urkalan : Muriel RENEWABLE ENERGY OPTIONS FOR INDUSTRIAL PROCESS HEAT. 2019.
 - 23) Bataille C, Åhman M, Neuhoff K, Nilsson LJ, Fishedick M, Lechtenböhmer S, et al. : A review of technology and policy deep decarbonization pathway options for making energy-intensive industry production consistent with the Paris Agreement. *Journal of Cleaner Production*. 2018;187:960-73.
 - 24) Colin McMillan RB, Michael McKellar, Piyush Satharwall, Mark Ruth, and Shannon Bragg-Sitton. : Generation and Use of Thermal Energy in the U.S. Industrial Sector and Opportunities to Reduce its Carbon Emissions. 2016.
 - 25) Malico I, Pereira RN, Gonçalves AC, Sousa AM. : Current status and future perspectives for energy production from solid biomass in the European industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019;112:960-77.
 - 26) 辻岳史, 戸川卓哉, 大場真 : 中小規模市町村の気候変

動対策に係る基盤と推進体制 こおりやま広域連携
中枢都市圏を事例として. 環境情報科学論文集 Vol
34 (2020 年度 環境情報科学研究発表大会); 2020: 一
般社団法人 環境情報科学センター.

27) 郡山市：こおりやま広域連携中枢都市圏ビジョン.
2022 年 3 月.

(Received March 28, 2022)

(Accepted August 22, 2022)

Estimation method for heat electric energy demand in industrial parks Development and case studies in the Fukushima Prefecture area

Satoshi OHNISHI, Minoru FUJII, Seiya MAKI, Dou Yi, Makiko DOI, Hina
SUGAWARA, Yuuki Tsukamoto

Decarbonization of the industrial sector is an urgent issue. It is necessary to consider efforts toward decarbonization in small and medium-sized industrial parks. Small- and medium-sized industrial complexes do not have sufficient management functions as districts, so it is necessary to conduct research starting with the preparation of basic database infrastructure. Therefore, in this presentation, we will estimate the energy demand for heat and electric for energy each middle class of industry, make an estimate that takes temperature rages into account, develop an estimation method on an industrial complex scale, and design a database on a geographic information system. Then, a case study was conducted in the part of Fukushima Prefecture area, targeting 59 industrial parks for which the scale of activity could be specified. We calculated 2,825 TJ/year and 8,216 TJ/year electricity, and considered the characteristics of each region.