

【SDGs 特集 / SDGs Special Feature Article】

日本の都市におけるカーボンニュートラルの 取り組みについての一考察

A Consideration on Carbon Neutral Initiatives in Japanese Cities

アジア成長研究所主任研究員 田村 一軌

Asian Growth Research Institute (AGI), Associate Professor TAMURA Kazuki

要旨

本稿では、日本の温室効果ガス排出量と、国内大都市の例として北九州市の温室効果ガス排出量を概観したうえで、市レベルの温室効果ガス排出量推計手法の問題点を指摘した。すなわち、全国あるいは都道府県の排出量を、市内の活動量によって按分する現在の方法では、市の施策や市民の取り組みの効果を適切に反映し、効果を分析することが不可能である。そこで、家庭・業務・運輸の各部門における詳細なエネルギー消費量の把握に向けた取り組みや技術動向について整理した。カーボンニュートラルを達成するためには、データの収集・分析から始める必要がある。

キーワード：カーボンニュートラル、排出量推計、都市活動による温室効果ガス排出

Abstract

This paper provides an overview of greenhouse gas (GHG) emissions in Japan and, as an example of a major city, GHG emissions in Kitakyushu City. It highlights issues in current methods for estimating GHG emissions at the municipal level. Specifically, the current approach, which allocates national or prefectural emissions based on local activity levels, fails to appropriately reflect or analyze the impacts of municipal policies and citizen initiatives. In response, the paper reviews efforts and technological trends aimed at detailed monitoring of energy consumption across the residential, commercial, and transportation sectors. Achieving carbon neutrality requires starting with the collection and analysis of accurate data.

Keywords : Carbon Neutral, Emission Estimation, GHG Emissions from Urban Activities

1. はじめに

近年、大雨や酷暑などの異常気象が増加傾向にあるように感じる。実際、気象庁（2023）によれば、日本における3時間100mm以上の大雨の年間発生回数は、1976～85年の平均が155回であったのに対し、2013～22年の平均は254回までに増加している。気象庁（2023）は、2023年6月から7月にかけての大雨事例の要因について「長期的な温暖化に伴う水蒸気量の増加傾向の影響で雨量が増大した可能性がある」と述べている。さらにIPCC（2022）によれば、1850～1900年に平均して10年に1回発生するような大雨の頻度が、温暖化が1℃進んだ現在ではおよそ1.3倍になっており、将来温暖化が2℃進むと1.7倍に、4℃進むと2.7倍になることが予測されている。

地球が温暖化する原因として「温室効果」が挙げられる。地球は二酸化炭素や水蒸気などの温室効果ガスで覆われており、これが太陽からのエネルギーで温められた地球表面から放射される熱の宇宙空間への放出をある程度防ぐことで、地球の気温が保たれている。ところが温室効果ガスが増えすぎると、温室効果が強くなり、本来宇宙空間へ放出される熱が逃げ場を失い、地表面の温度が上昇してしまう。

したがって、温室効果ガスの排出を制限し、地球の温室効果を抑制することは、地球の持続可能性にとって極めて重要である。カーボンニュートラルとは、二酸化炭素などの人間の活動に伴う温室効果ガスの排出量と、その吸収量とを均衡させることを意味する。産業革命以降、人類は、石炭や石油などの化石燃料を燃焼させることで、エネルギーを獲得すると同時に大気中に二酸化炭素を放出してきた。温室効果を抑制するために、カーボンニュートラルの取り組みによって、温室効果ガスの増加傾向を改善することが期待されている。

2. 温室効果ガスは排出量の推移と現状

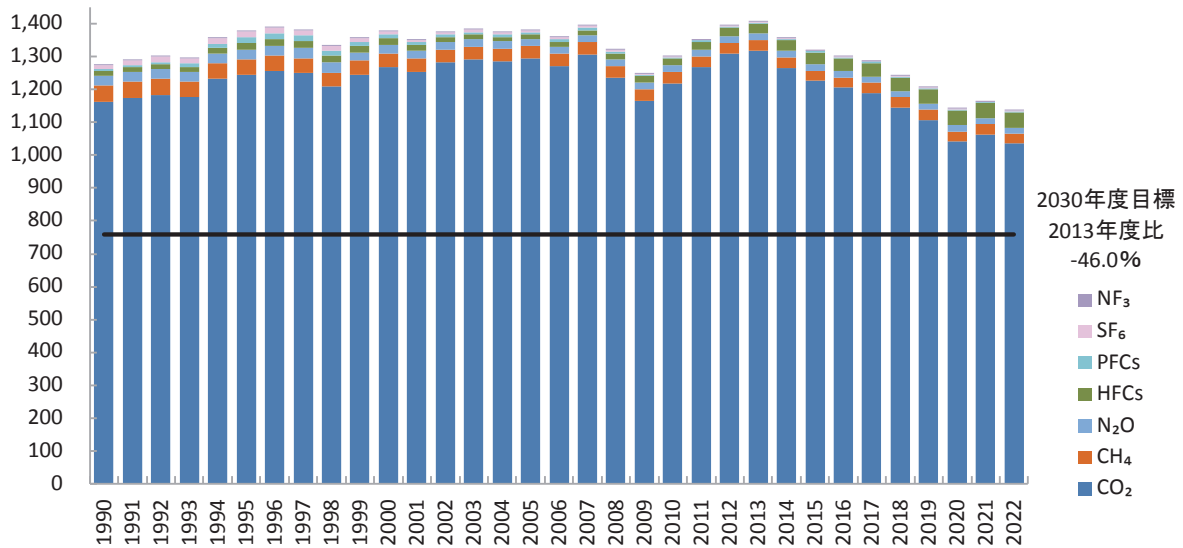
2.1 日本の温室効果ガス排出量の推移とその特徴

日本の温室効果ガスインベントリ（温室効果ガス等の排出・吸収に関する目録）が、国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスによって毎年編集・公表されている。その報告書（国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス編，2024b）を見ると、日本における温室効果ガス等の排出・吸収について、かなり広範囲にわたって詳細なデータを収集し、インベントリを編集していることがわかる。

インベントリのデータを見ると、1990年以降増加傾向にあった二酸化炭素排出量は2013年度の年間1,318百万トンを経過ピークに減少傾向にあることがわかる（図1）。2022年度の排出量は年間1,037百万トンで、これは2013年度の21.3%減に相当する。しかし、政府の目標である「2030年度において、温室効果ガス46%削減（2013年度比）」には到達していない。

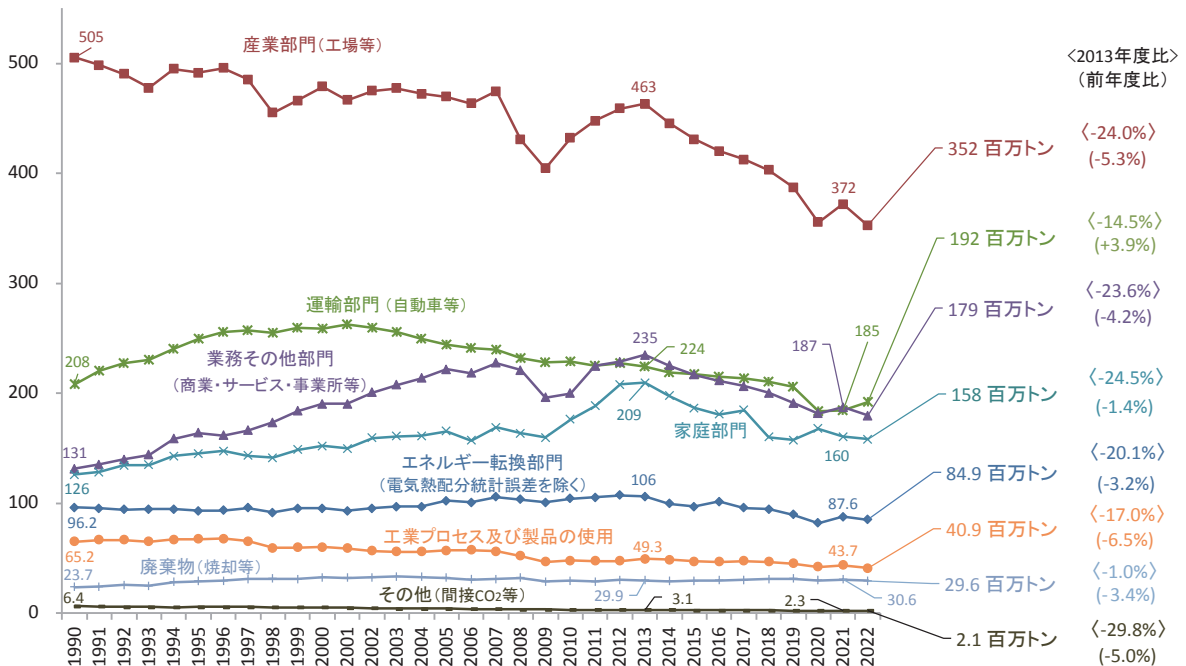
温室効果ガス排出量の9割以上を占めているのが二酸化炭素である。二酸化炭素排出量の部門別の排出量の推移（図2）を見ると、最も排出量が多いのが産業部門であり、この部門が2022年度の日本の二酸化炭素排出量のおよそ3分の1（34.0%）を占めていることがわかる。そして、それに続

図1 日本の温室効果ガス排出量の推移（単位：百万トン CO₂ 換算）



(出所) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス (2024a)

図2 CO₂ の部門別排出量（電気・熱配分後）の推移（単位：百万トン CO₂）



(出所) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス (2024a)

く自動車等の運輸部門が18.5%，商業・サービス・事業所等の業務その他部門が17.3%，家庭部門が15.3%となっている。これら3部門を合計すると51.1%となり，産業部門の排出量を上回り，さらには日本全体の排出量の過半数となる。この3部門はいずれも「都市」的な活動に起因するものなのだから，都市における二酸化炭素排出削減の取り組みが重要視されるのも当然のことであろう。

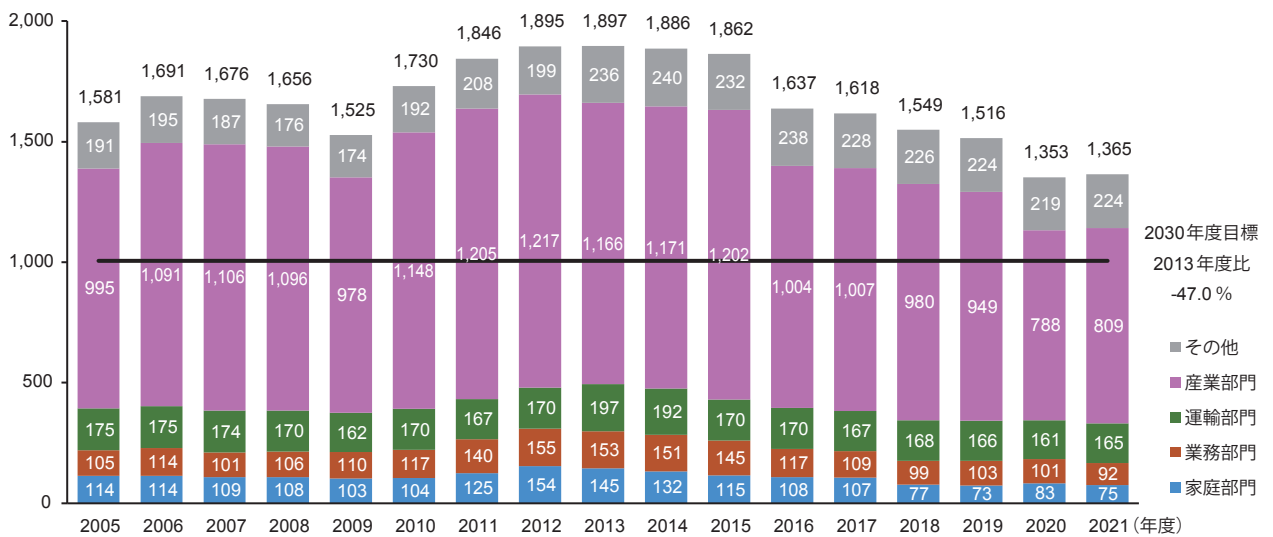
2.2 北九州市における温室効果ガス排出量の推移とその特徴

次に，日本の大都市における二酸化炭素排出量の推移について，北九州市を例に見てみよう。北九州市は，深刻な公害を克服した歴史を持ち，2011年には「環境未来都市」に，2018年には「SDGs 未来都市」にそれぞれ選定されるなど，全国の自治体に先駆けて都市の持続可能な発展に積極的に取り組んでいる（岸本，2011）。

北九州市の温室効果ガス排出量の推移を図3に示す。日本全体の温室効果ガス排出量の推移と同様に，北九州市においても2013年度の1,897万トン进行ピークに減少傾向にあることがわかる。しかし2021年度においても，市の温室効果ガス排出量削減の目標値である「2030年までに2013年度比で47%削減（北九州市，2021）」を達成する水準を上回っている。

北九州市の温室効果ガス排出量の97.7%を二酸化炭素が占めている。部門別の二酸化炭素排出量の内訳を見ると，産業部門の比率が最も高く，排出量全体のおよそ6割（2021年度で60%）を占めている。日本の平均と比べて，その比率はかなり高いが，官営八幡製鐵所に端を発する北九州市の工業都市としての性格が現れているといえる。したがって，「都市」的な活動による排出量の比率は4分の1弱（2021年度で24.9%）であり，日本の平均と比べると低くなっている。

図3 北九州市の温室効果ガス排出量の推移（単位：万トンCO₂）



（出所）2012年度以前は北九州市（2021）に，2013年度以降は北九州市（2024）により作成。

2.3 自治体レベルの排出量推計方法

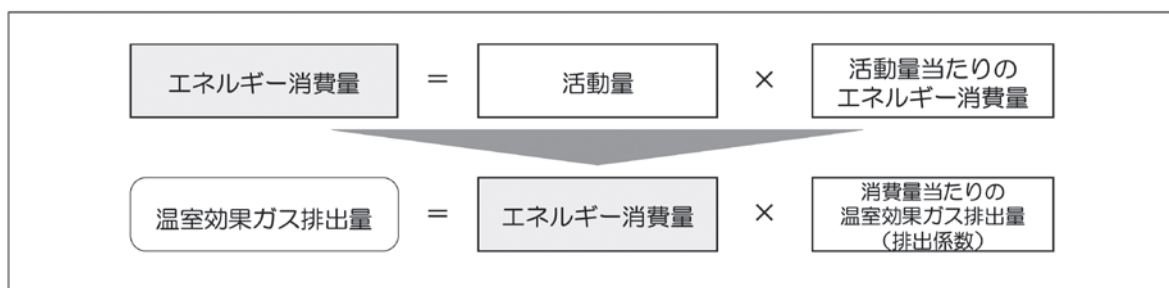
自治体が排出削減あるいはカーボンニュートラルの取り組みを推進する上で、現状の温室効果ガス排出量を把握することは極めて重要である。将来目標を設定するためだけでなく、削減のための計画を立案したり、その政策の効果を計測したりするためには、できるだけ正確な、そしてできるだけリアルタイムに近い排出量を把握することが望ましい。

北九州市の温室効果ガス排出量の推計方法（図4）をみると、市内の温室効果ガス排出量は、市内の「エネルギー消費量」に「消費量あたりの温室効果ガス排出量（排出係数）」を掛けて算出している。そして「エネルギー消費量」は、市内の「活動量」に「活動量あたりのエネルギー消費量」を掛けて算出されている。以下では、家庭部門の温室効果ガス排出量推計を例に、北九州市における温室効果ガス排出量の推計方法を北九州市（2021）にもとづいて説明する：

- ①家庭部門の排出量推計においては、「活動量」として「世帯数」が採用されている。
- ②「北九州市の家庭部門エネルギー消費量」は、「北九州市の世帯数」に、「福岡県の世帯数あたり家庭部門エネルギー消費量」を掛けて算出する（これはすなわち、福岡県の家庭部門エネルギー消費量を、世帯数の比率によって按分しているのに等しい）。
- ③「北九州市の家庭部門温室効果ガス排出量」は、「北九州市の家庭部門エネルギー消費量」に「排出係数」を掛けて算出される。

これと同様に、業務部門は「業務施設延べ床面積」を、運輸部門は「自動車保有台数」、産業部門は「就業者数」や「製造品出荷額等」をそれぞれ「活動量」として、福岡県や全国のエネルギー消費量を按分する形で、北九州市の温室効果ガス排出量が算定されている。このことからわかるのは、自治体内での二酸化炭素排出削減の取り組み等による削減効果が、その自治体の排出量の推計値に反映されにくい構造になっている、ということだ。なぜならば、「排出係数」は、エネルギー種別ごとに全国一律の値を使用するので、自治体の温室効果ガス排出量の推計値を下げるためには、残る変数のうちで自治体の施策が影響する「(都道府県の)活動量あたりのエネルギー消費量」を下げる必要があるからだ。しかしこの値は、都道府県全体の平均的な効果としてしか計算式のなかに反映されないため、たとえ北九州市の排出量を大幅に削減したとしても、その排出量推計値への影響が薄められてしまうことになる。

図4 北九州市の温室効果ガス排出量推計方法



(出所) 北九州市（2021），p. 参-55

実際、北九州市が地球温暖化対策実行計画の進捗を環境審議会に報告した資料（北九州市，2024）をみると、そのなかで市内の温室効果ガス排出量の減少要因を分析しているのだが、そこには「再エネの拡大等による電力のCO₂排出原単位の改善や、省エネの取組等によりエネルギー消費原単位（世帯あたりのエネルギー消費量）が改善したこと等により、CO₂排出量が減少した。」と記述されている。これは家庭部門の例だが、他の部門についてもほぼ同様の分析となっている。つまり、北九州市域からの排出量減少には、全国あるいは福岡県の「原単位」の変化が影響した、というのが結論になってしまっている。先ほど見たような方法で市域からの排出量を推計している限り、これ以上の分析は不可能であろう。

なお、このような排出量の推計を行っているのは北九州市だけではない。全国や都道府県の排出量を部門別の活動量で按分する方法は、環境省のマニュアル（環境省，2024a）において「標準的手法」とされており、多くの自治体で採用されていると思われる。

3. 市域からの温室効果ガス排出量把握の可能性

カーボンニュートラル実現を目指すためには、計画を立て、実行し、検証し、改善するというPDCAサイクルを回すことが効果的であることは言うまでもない。そして、その計画や検証の段階においては、市域から温室効果ガスが現在どのくらい排出されているのか、正確に把握することが不可欠である。しかしながら、国や県の排出量を按分によって推計するという現在採用されている方法では、自治体の取り組みについての有用な分析ができないことは、前節でみたとおりである。

一方で、現在ではICTの進展にともない、エネルギー消費に関する詳細なデータを収集可能な状況が生まれつつある。国や県の排出量を、市内の活動量によって按分するのではなく、個々の活動における排出量を積み上げるという、いわば逆方向の排出量推計の可能性について、以下では、「都市」的な活動に関連する家庭・業務・運輸の部門ごとに検討する。

3.1 家庭部門

九州電力送配電（株）は、2016年3月から管内においてスマートメーターの本格的な設置を開始していたが、2024年3月末時点において、一部取り替え作業が困難な場所などを除く全ての顧客（約863万台）に設置が完了したと発表した（九州電力送配電株式会社，2024）。これについて九州電力送配電（株）は「スマートメーターの導入により、30分ごとの電気の使用状況の把握が可能となり、電気料金の抑制や節電に役立つ」としている。これにより、市内の家庭で消費される電力については、（原理的には）詳細に把握することが可能になっているといえる。水道やガスについても、電力と同様にスマートメーターの普及が期待されるが、現時点ではいずれも実証実験段階であるようだ。

また、HEMS（ホームエネルギーマネジメントシステム：Home Energy Management System）の普及も、地域のエネルギー消費量を把握するツールの有力な候補の1つである。HEMSとは、

家庭でのエネルギー使用状況を、専用のモニターやパソコン、スマートフォン等に表示することにより、家庭における快適性や省エネルギーを支援するシステムのことであり、これが普及すれば、地域のエネルギー消費量把握につながることを期待される。しかし、2022年度における九州でのHEMS使用率は2.5%（全国は2.7%）にとどまっている（環境省、2024b）。

3.2 業務部門

BEMS（ビルエネルギーマネジメントシステム：Building Energy Management System）は、業務用ビルなど建物内のエネルギー使用状況や設備機器の運転状況を、ITを利用して把握し、需要予測に基づく負荷を勘案して最適な運転制御を自動で行うもので、エネルギーの供給設備と需要設備を監視・制御し、需要予測をしながら、最適な運転を行うシステムである。HEMSと同様に、この普及によって、地域のエネルギー消費量を把握できる可能性が高まると考えられるが、2022年度における普及率は22.5%にとどまっている（地球温暖化対策推進本部、2024）。

その他のツールとして、業務部門における地域のエネルギー消費量を把握する観点から注目すべき取り組みである、北九州市によるグリーントランスフォーメーション（GX）の取り組みの1つを紹介したい。北九州市内の企業や大学などを中核とする組織「北九州 GX 推進コンソーシアム」は、カーボンニュートラルの実現と地域産業のグリーン成長を目指す取り組みを進めているが、そのなかで、希望する北九州市内の会員企業に対してCO₂排出量可視化ツールを無償提供している（北九州 GX 推進コンソーシアム、2024）。この可視化ツールは、民間企業によって開発されたものであるが、これを市内企業2,000社に無償で提供するものである。2024年12月時点では、コンソーシアム参加企業等270社・者のうち、32社の利用にとどまっているが、今後の利用拡大が期待される。

3.3 運輸部門

自動車の燃費向上の取り組みにおいては、車両のエネルギー効率を高める技術開発だけでなく、近年ではITS（高度道路交通システム：Intelligent Transport Systems）を用いた渋滞回避やエコ・ドライブ支援など、ICTによる情報取得とその活用も重要な役割を果たすようになった。ETCなど、車両と外部が通信する仕組みも普及しており、最近では車両の走行履歴（位置情報）や挙動履歴（急ハンドルや急ブレーキ）などがプローブ情報として収集され、道路交通行政に活用されている。今後のさらなる自動車のICT化によって、あらゆる車載機器やセンサーから得られた情報を収集・活用することで、さらなる道路走行環境の向上も期待されているが、その中には燃料使用状況のデータも含まれるだろう。

自動車以外では、新しい都市内交通の手段として、電動マイクロモビリティの利用も拡大しつつある。北九州市内でも、2010年3月から電動アシスト自転車の、2024年10月からは電動キックボードのシェアリングサービスが稼働している。これらのサービスにおいては、サービスを利用した移動の履歴が、GPSから得られた位置情報とともに閲覧できることが多く、その移動距離

や時間だけでなく、もし同じ距離を自動車で移動した場合と比べて削減されたCO₂の排出量などを数字で示すなどの機能を持っている（OpenStreet 株式会社，2024；株式会社LUUP，2024）。

4. おわりに

本稿では、日本の温室効果ガス排出量と、国内大都市の例として北九州市の温室効果ガス排出量を概観したうえで、自治体レベルの温室効果ガス排出量推計手法の問題点を指摘した。さらに、家庭・業務・運輸部門における自治体レベルのエネルギー消費量の把握に向けた取り組みや技術動向について簡単に整理した。

前節における詳細な排出量データの入手可能性の議論では、自治体レベルよりもさらに細かな、世帯や個人レベルでのデータの取得について言及した。しかし、自治体レベルの排出量を把握するという目的のためだけであれば、そこまで細かなデータは必要ない。例えば、市内の自動車交通によるエネルギー消費量を把握したいのであれば、車両単位のエネルギー消費量を把握し、市内の自動車についてそれを足し上げるよりも、市内にある燃料販売店における販売量を集計した方が、データの入手も容易であるし、データの誤差も小さくなるだろう。にもかかわらず、あえて個人レベルでのデータ取得について言及したのは、都市住民が、自分たちでコントロール可能なデータを集計することに意味があるのではないかと考えたからだ。

前述したように北九州市は深刻な公害を克服した歴史を持つが、その過程においては戸畑地区の婦人会が重要な役割を果たしたことが知られている（神崎，2016）。その活動の特徴について、神原（2020）は4つの項目に整理しているが、その4つ目に、「様々な調査データにもとづく『住民要求（市民の声）』として、企業や行政との直接的な対立を避けながら公害対策を働きかけるといった柔軟な姿勢をとっていたこと」を挙げている。また小堀（2024）は、「戸畑の婦人会の反公害運動の最大の意義は、自分たちが大気汚染の健康被害者であることを地道な調査を通じて確信し、その調査内容を具体的に発信したことであった」と述べている。つまり、自分たちでデータを収集・分析し、それらを科学的・客観的に提示するという活動を通して、自分たちの暮らす地域のより良い環境を手に入れてきたのである。北九州市がSDGs未来都市として自治体環境政策のトップランナーであると見なされているその源流には、戸畑地区の婦人会における地道なデータ分析の取り組みがあったという事実は、カーボンニュートラルに取り組む現代の我々に大きなヒントを与えてくれているのではないだろうか。

参考文献

- IPCC（2022）「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書（AR6）第1作業部会（WG1）報告書 政策決定者向け要約（SPM）暫定訳（2022年12月22日版）」（<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>）
- OpenStreet 株式会社（2024）「OpenStreetの“まちづくり”などにおけるデータ利活用について」（<https://note.com/openstreet/n/n2ea4f8d168ca>）

- 株式会社 LUUP (2024) 「使いこなしてる？ LUUP アプリの “あの” 便利機能まとめ」 (<https://lp.luup.sc/letter/posts/app-guide-240402>)
- 環境省 (2024a) 『地方公共団体実行計画 (区域施策編) 策定・実施マニュアル (算定手法編)』 (https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/manual3.html)
- 環境省 (2024b) 『令和4年度 家庭部門の CO₂ 排出実態統計調査 資料編 (確報値)』 (https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateiCO2tokei_00004.html)
- 神崎智子 (2016) 「北九州の公害克服の歴史を動かした戸畑婦人会の活動」『アジア女性研究』25, pp. 73～91 (<https://www.kfaw.or.jp/publication/ajia-josei-kenkyu/2520163-2.html>)
- 神原理 (2020) 「戸畑婦人会による公害反対運動から得られる示唆」『専修大学社会科学研究所月報』686・687, pp. 53～61 (<https://doi.org/10.34360/00011429>)
- 岸本千佳司 (2011) 「戦後北九州市における持続可能な地域づくりー公害克服からスマートコミュニティ創造へ『北九州方式』の展開ー」『東アジアへの視点』22, pp. 23～36
- 気象庁 (2023) 「令和5年梅雨期の大雨と7月後半以降の顕著な高温の特徴と要因について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～」 (https://www.data.jma.go.jp/cpd/longfcst/extreme_japan/index.html)
- 北九州市 (2021) 『北九州市地球温暖化対策実行計画』 (https://www.city.kitakyushu.lg.jp/contents/002_00008.html)
- 北九州市 (2024) 『北九州市地球温暖化対策実行計画の進捗報告 (令和5年度実績) について』 (<https://www.city.kitakyushu.lg.jp/contents/00101261.html>)
- 北九州 GX 推進コンソーシアム (2024) 「CO₂ 排出量可視化ツールを2,000社に無償提供します！」 (<https://ktq-gx.com/news/1215/>)
- 九州電力送配電株式会社 (2024) 「スマートメーターの設置完了について」 (https://www.kyuden.co.jp/td_news_notice_240507.html)
- 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス (2024a) 「日本の温室効果ガス排出量データ (1990～2022年度) (確報値)」 (<https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/index.html>)
- 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス編 (2024b) 「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」 (<https://www.nies.go.jp/gio/aboutghg/inde4x.html>)
- 小堀聡 (2024) 「青空がほしい再訪ー高度成長期戸畑の婦人会による反公害運動の道のりー」『人文學報』122, pp. 403～451 (<https://doi.org/10.14989/289588>)
- 地球温暖化対策推進本部 (2024) 『2022年度における地球温暖化対策計画の進捗状況』 (<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/index.html>)