

秋田県鹿角市を対象とした再生可能エネルギー 100%利用時のカーボンフットプリント

2022年2月25日(金)

伊坪研究室

学部4年

山口 慧士



0. 目次

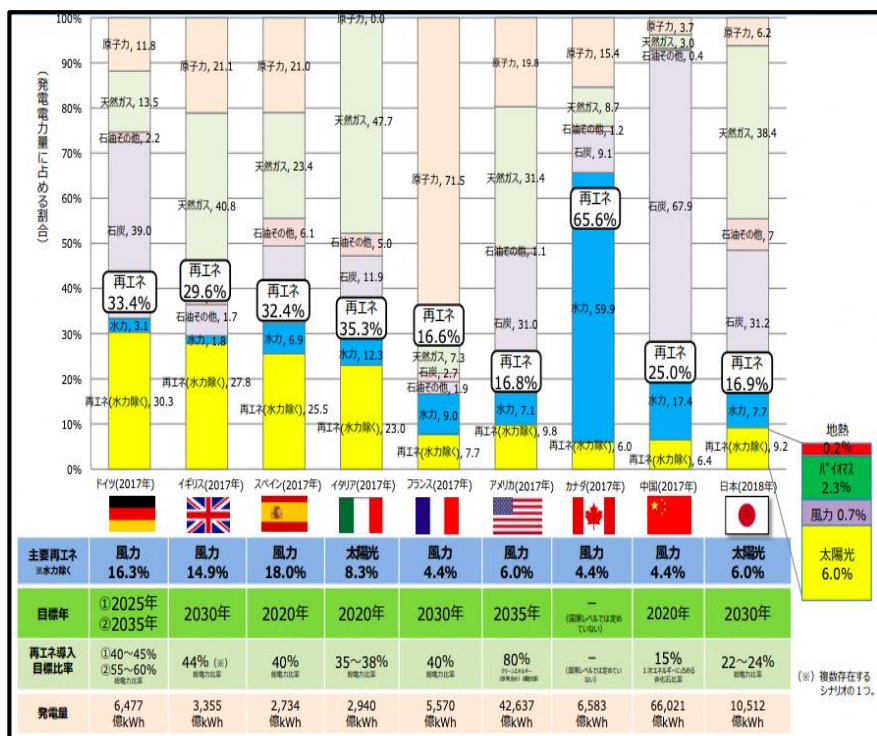
1. 背景
2. 研究目的
3. 研究方法
4. 結果
5. 結論
6. 課題と限界



1. 背景

- 2050年カーボンニュートラル^{A)}の実現
2020年10月に行われた所信表明演説において菅義偉前首相が宣言。2021年4月の気候変動サミットでは2030年度の温室効果ガス(以下、GHG)排出量の削減目標を46%に引き上げ。

➤ 国内外の再生可能エネルギー(以下、再エネ)の現状



資源エネルギー庁 | 国内外の再生可能エネルギーの現状と今年度の調達価格等算定委員会の議案(2020年9月)より

- 再エネや特定の地域を対象としたカーボンフットプリント(以下、CFP)に関する既存研究

文献名	著者	出典	公開年	概要
再生可能エネルギーによる地域社会の構造的再生の理論的枠組みの設定と有効性の確認 長野県飯田市の取り組みの分析	白井 信雄	サステナビリティ研究6巻 5-19ページ	2016	再エネの導入によって目指すべき地域社会の変革目標の理論的枠組の設定、その枠組みを用いて長野県飯田市の取り組みを分析し理論的枠組による地域分析の有効性の確認。
ライフサイクルの視点に立った横浜市のカーボンフットプリント	一杉 佑貴	東京都市大学伊坪研究室学士論文	2015	横浜市を対象とし、産業連関分析を用いてライフサイクル視点でCFP評価している。横浜市では組立を中心とした工業が盛んであることやエネルギー消費の負荷を製造業に割り当てていることから、製造業のCO ₂ 排出量が一番多かった。
農村地域における再生可能エネルギー導入と温室効果ガス削減について	松岡 彰博 進藤 金日子	農業農村工学会誌 79巻(2011)12号	2011	再エネを導入することの意義と必要性、農村地域に賦存する再生可能エネルギーのポテンシャル量と二酸化炭素排出量との関係の考察。

➤ 秋田県鹿角市の現状と課題



- ✓ 現状
 - ・人口:29,566人 (R3.3.31現在)
 - ・再生可能エネルギー自給率300%超
 - ・主要産業:農業、観光業
- ✓ 課題
 - ・市内のGHGに関するデータがなく、**市内のGHG排出量を可視化できる取り組みがない。**
 - ・人口が減少傾向の為、主要産業である**観光業と再エネを関連させた地域創生を進める。**



A) 二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの人為的な「排出量」から、植林、森林管理などによる人為的な「吸収量」を差し引いて、合計を実質的にゼロにすること。(環境省脱炭素ポータルより)



秋田県鹿角市について

基本情報

- ✓ 秋田県名物きりたんぽ発祥の地
 - ✓ 2つのユネスコ文化遺産と1つの世界遺産
 - ・大日堂舞楽(毎年1月2日に開催)
 - ・花輪ばやし(毎年8月19～20日に開催)
 - ・大湯環状列石(2021年7月27日に登録)
- 豊富な観光資源(観光業)と環境を結びつけた政策を検討。
- ✓ 市の面積の8割以上が森林
 - ✓ 再エネ由来の電力自給率が373.6%
 - ✓ カーボンニュートラルを達成し、エネルギー自立都市を目指す。



環境政策

- ✓ 第3次鹿角市環境基本計画
SDGsと関連付け、「自然とともに生き 未来を拓くまち・鹿角」を目指す。
市・事業者・市民が共同・連携しながら環境保全活動に取り組む。
- ✓ 鹿角市エネルギービジョンの策定
鹿角市の再エネの活用促進についての方向性
- ✓ ゼロカーボンシティ宣言(2022年3月を予定)
- ✓ 地方公共団体実行計画(区域施策編)を策定(2022年度)
CO₂削減の具体的方策を定める。

自治体排出量カルテ-鹿角市

自治体排出量カルテとは

環境省開示のデータ。地方公共団体の排出量に関する情報を包括的に整理した資料。排出量に関する定量データをグラフにより視覚的に得ることができる。

https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/karte.html

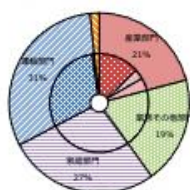
CO2排出量の傾向把握

【自治体排出量カルテ】(1/4)

鹿角市

○地方公共団体の部門・分野別排出量(標準的手法)

1) 排出量の部門・分野別構成比 平成17年度(2005年度)

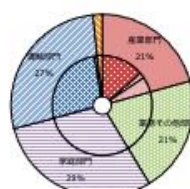


内訳(内訳)凡例

- 産業部門
- 建設業・鉱業
- 農林水産業
- 業務その他の部門
- 家庭部門
- 自動車
- 鉄道
- 船舶
- 一般廃棄物

部門	排出量 (千t-CO2)	構成比
計	283	100%
産業部門	59	21%
建設業	39	14%
建設業・鉱業	9	3%
農林水産業	12	4%
業務その他の部門	59	21%
家庭部門	77	27%
自動車	66	23%
鉄道	38	13%
船舶	49	17%
一般廃棄物	2	1%
廃棄物	0	0%
産業物分野(一般廃棄物)	5	2%

2) 排出量の部門・分野別構成比 平成25年度(2013年度)



内訳(内訳)凡例

- 産業部門
- 建設業・鉱業
- 農林水産業
- 業務その他の部門
- 家庭部門
- 自動車
- 鉄道
- 船舶
- 一般廃棄物

部門	排出量 (千t-CO2)	構成比
計	284	100%
産業部門	59	21%
建設業	39	14%
建設業・鉱業	5	2%
農林水産業	14	5%
業務その他の部門	59	21%
家庭部門	84	30%
自動車	75	27%
鉄道	33	12%
船舶	42	15%
一般廃棄物	3	1%
廃棄物	0	0%
産業物分野(一般廃棄物)	5	2%

3) 排出量の部門・分野別構成比 平成30年度(2018年度)

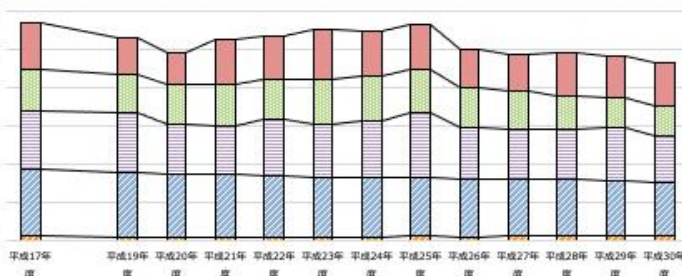


内訳(内訳)凡例

- 産業部門
- 建設業・鉱業
- 農林水産業
- 業務その他の部門
- 家庭部門
- 自動車
- 鉄道
- 船舶
- 一般廃棄物

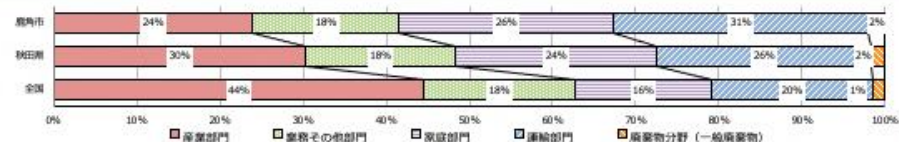
部門	排出量 (千t-CO2)	構成比
計	221	100%
産業部門	55	24%
建設業	36	16%
建設業・鉱業	5	2%
農林水産業	15	6%
業務その他の部門	41	18%
家庭部門	60	26%
自動車	71	31%
鉄道	30	13%
船舶	39	17%
一般廃棄物	2	1%
廃棄物	0	0%
産業物分野(一般廃棄物)	5	2%

4) 部門・分野別の温室効果ガス(CO2)排出量の経年変化(千t-CO2)



部門・分野	平成17年度 (千t-CO2)	平成18年度 (千t-CO2)	平成19年度 (千t-CO2)	平成20年度 (千t-CO2)	平成21年度 (千t-CO2)	平成22年度 (千t-CO2)	平成23年度 (千t-CO2)	平成24年度 (千t-CO2)	平成25年度 (千t-CO2)	平成26年度 (千t-CO2)	平成27年度 (千t-CO2)	平成28年度 (千t-CO2)	平成29年度 (千t-CO2)	平成30年度 (千t-CO2)
産業部門	283	265	246	263	267	277	275	284	251	244	245	241	212	212
建設業	39	42	42	60	36	65	59	39	30	49	36	34	36	36
建設業・鉱業	9	6	4	4	4	6	5	5	5	5	5	5	5	5
農林水産業	12	11	10	22	22	18	18	14	15	18	15	15	15	15
業務その他の部門	55	51	53	55	52	60	59	59	53	51	44	40	41	41
家庭部門	77	78	64	63	74	69	74	84	68	65	66	71	60	60
自動車	66	66	83	81	82	80	79	78	75	74	73	71	71	71
鉄道	38	33	35	35	34	34	34	33	32	31	31	30	30	30
船舶	49	47	47	44	44	43	42	42	41	41	41	40	39	39
一般廃棄物	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
廃棄物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
産業物分野(一般廃棄物)	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5

5) 部門・分野別構成比の比較(都道府県平均及び全国平均)





2.研究目的

目的①

再生可能エネルギー自給率300%超の秋田県鹿角市のCFPを評価し、カーボンフリー化を目指すためのマイルストーンを作成する。

産業連関分析によって再エネ0%利用時と再エネ100%利用時のGHG排出量を算定・比較し、再エネ100%利用による効果や電力由来のGHG排出が多い部門を特定する。

目的②

観光業に焦点を当て、環境活動に積極的な感動鹿角パークホテル様を対象としたCFPを評価し、再エネを100%利用した際の環境負荷を算定する。

算出した鹿角市の原単位と、現地で宿泊業を営む感動鹿角パークホテル様(以下、パークホテル)からご提供いただいた損益計算書を使用してGHG排出量を算定し、宿泊業における再エネ100%利用による効果を可視化する。



研究にあたって

現地に訪問し、ヒアリング・見学(2021年7月5日～6日)



↑ 鹿角市役所で打ち合わせ



↑ きりたんぽ鍋



↑ 研究対象の感動鹿角パークホテルに宿泊



↑ 至るところに水力発電所



↑ 三菱マテリアル所有の大沼地熱発電所を見学

- 鹿角市から一次データや基本情報のご提供、サポート
- 感動鹿角パークホテルから一次データのご提供、ヒアリングシートのご協力



研究・算定



3-1.研究方法(鹿角市CFP)

研究対象	秋田県鹿角市
評価範囲	鹿角市内と鹿角市の移出入に関わる市外 (市内で消費される電力の100%が再エネ由来になる想定をした場合のみこれを考慮しない)
対象物質	温室効果ガス(GHG)
機能単位	1年間当たりの鹿角市の経済活動
使用データ	・平成23年度鹿角市産業連関表 ・2015年度全国版産業連関表 ・2015年度産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)
計算式	$CFP=d(I-A)^{-1}f+E$

- GHG排出量の算定
鹿角市には直接排出量のデータがない為、全ての部門の直接排出量の値を3EIDの全国平均値を代用して算定を行った。

$$CFP=d(I-A)^{-1}f+E$$

CFP: GHG排出量[t-CO₂eq]

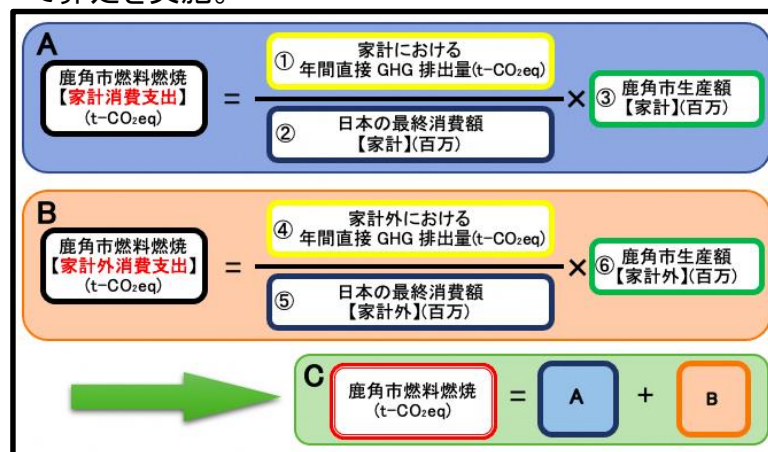
d: 直接GHG排出係数[t-CO₂eq/百万円]
(全国版産業連関表、3EIDを使用)

(I-A)⁻¹: レオンチェフ逆行列
(鹿角市産業連関表を使用)

f: 市内最終需要[百万円]
(鹿角市産業連関表を使用)

E: 燃料燃焼分の負荷

- 燃料燃焼分の負荷(E)の算定
鹿角市には燃料燃焼分のデータがない為、全国版産業連関表、3EIDの全国平均値、鹿角市産業連関表を用いて算定を実施。





3-2.研究方法(パークホテルCFP)

研究対象	感動鹿角パークホテル
評価範囲	パークホテル内で提供される料理やアメニティ類等の原材料調達から使用まで
対象物質	温室効果ガス(GHG)
機能単位	1ヶ月当たりの宿泊業経営(2021年5月1日～5月31日)
使用データ	・平成23年度鹿角市産業連関表 ・2015年度全国版産業連関表 ・2015年度産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID) ・感動鹿角パークホテル損益計算書(2021年5月分)
計算式	$CFP=d(I-A)^{-1}f'+E'$

➤ GHG排出量の算定

作成した排出原単位にご提供いただいた損益計算書の金額(百万円)を乗ずることで損益計算書に記載の各項目のGHG排出量を算出。

$$CFP=d(I-A)^{-1}f'+E'$$

CFP: GHG排出量[t-CO₂eq]

d: 直接GHG排出係数[t-CO₂eq/百万円]
(全国版産業連関表、3EIDを使用)

(I-A)⁻¹: レオンチェフ逆行列
(鹿角市産業連関表を使用)

f': ホテルの1ヶ月分の支出[百万円]
(パークホテル損益計算書を使用)

E': 燃料燃焼分の負荷

➤ 燃料燃焼分の負荷(E')の算定

パークホテルで使用しているガス・燃料の種類が明確な為、頂いた金額データを物量ベースのデータに変換し、温室効果ガス排出係数のデータを乗ずることによって算定を行った。

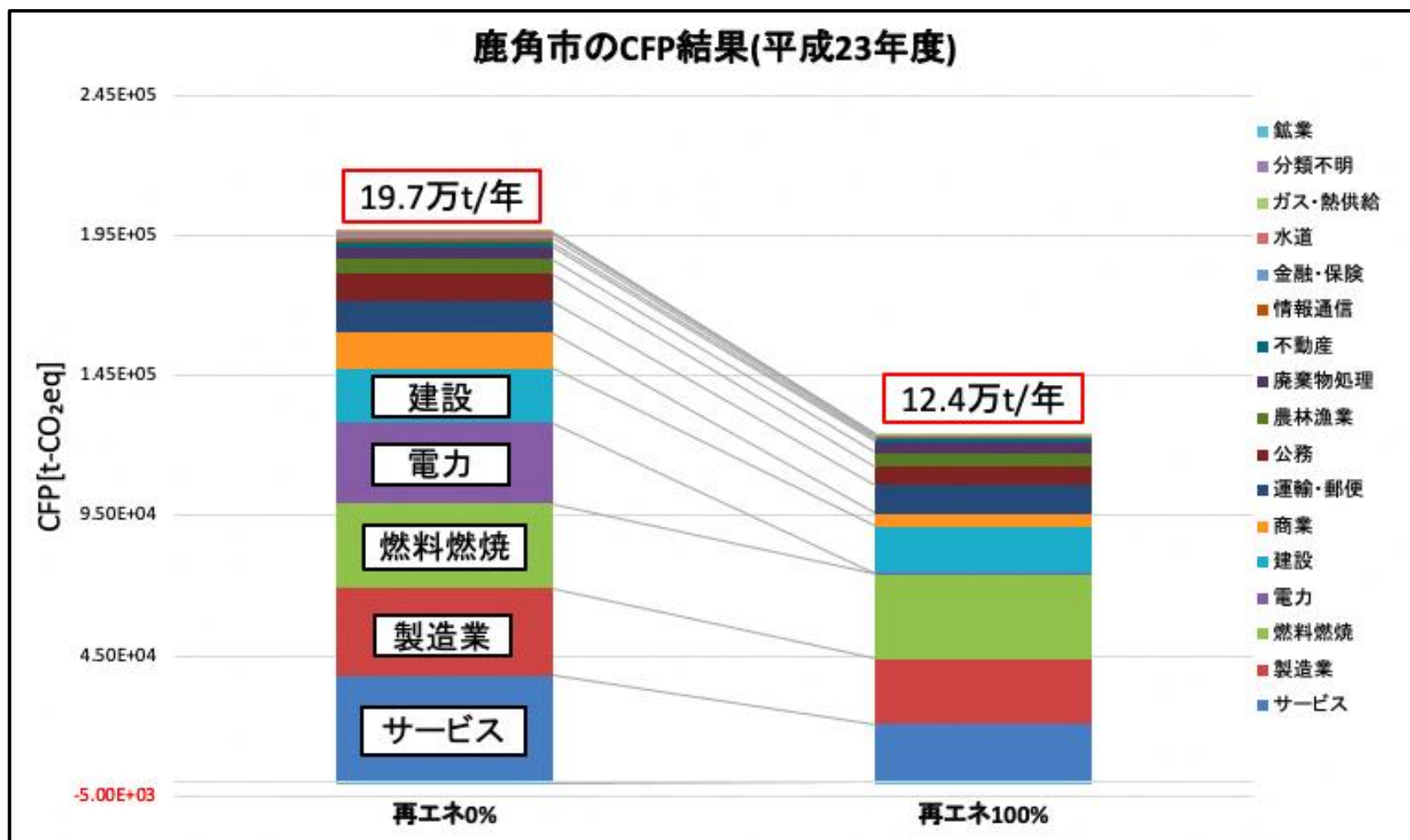
✓ 使用データ

- ・LPガス価格表
- ・ガスCO₂排出係数表
- ・石油製品価格調査表
- ・燃料の温室効果ガス排出係数

✓ ガス・燃料の種類と使用した数値

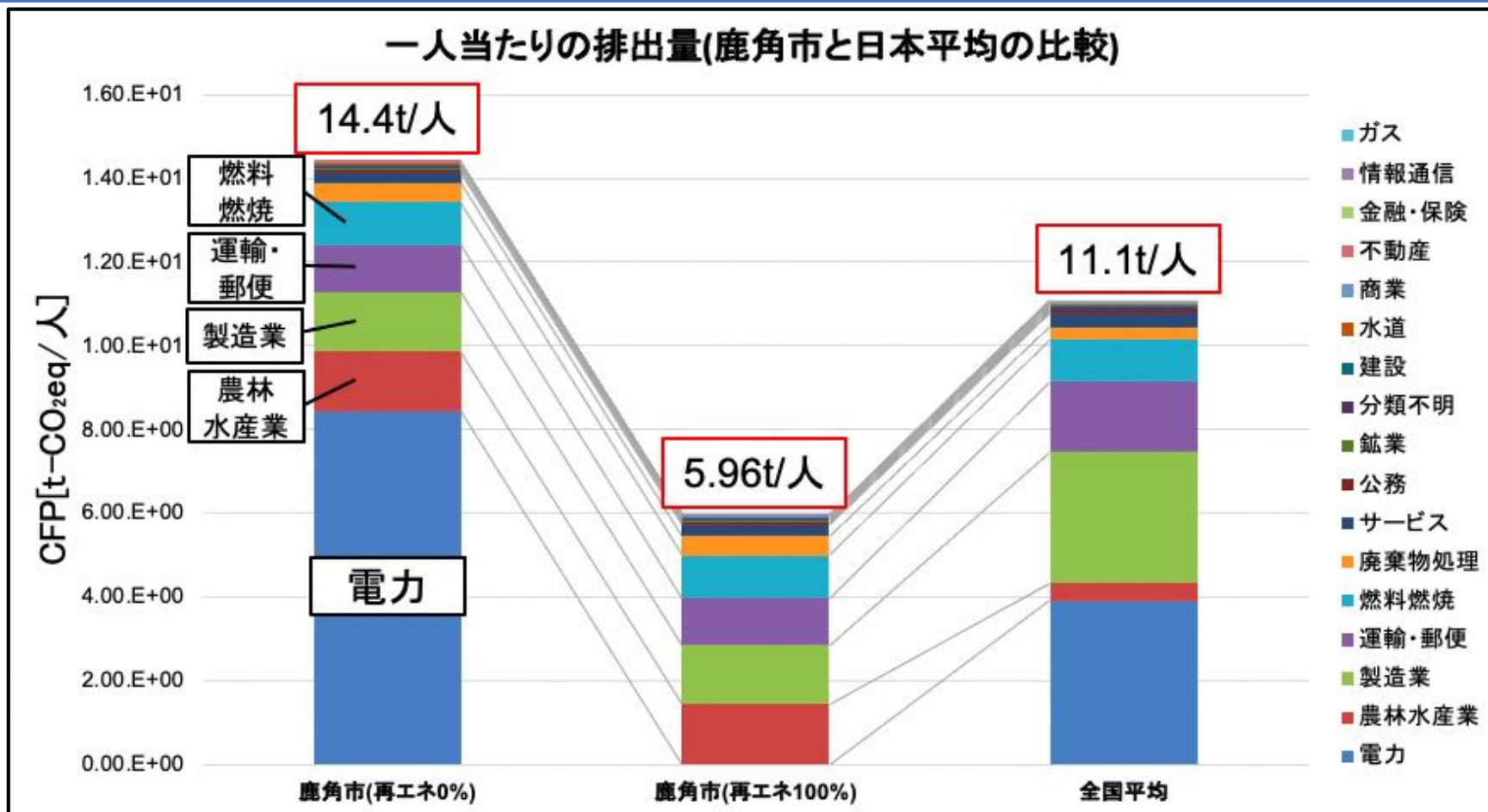
燃料の種類	価格(2021年5月)	排出係数
ガス(プロパンガス)	327,905(円/t)	3.0(tCO ₂ /t)
燃料(灯油)	68.7(円/L)	0.0685(kgCO ₂ /MJ)

4-1.結果(鹿角市CFP)



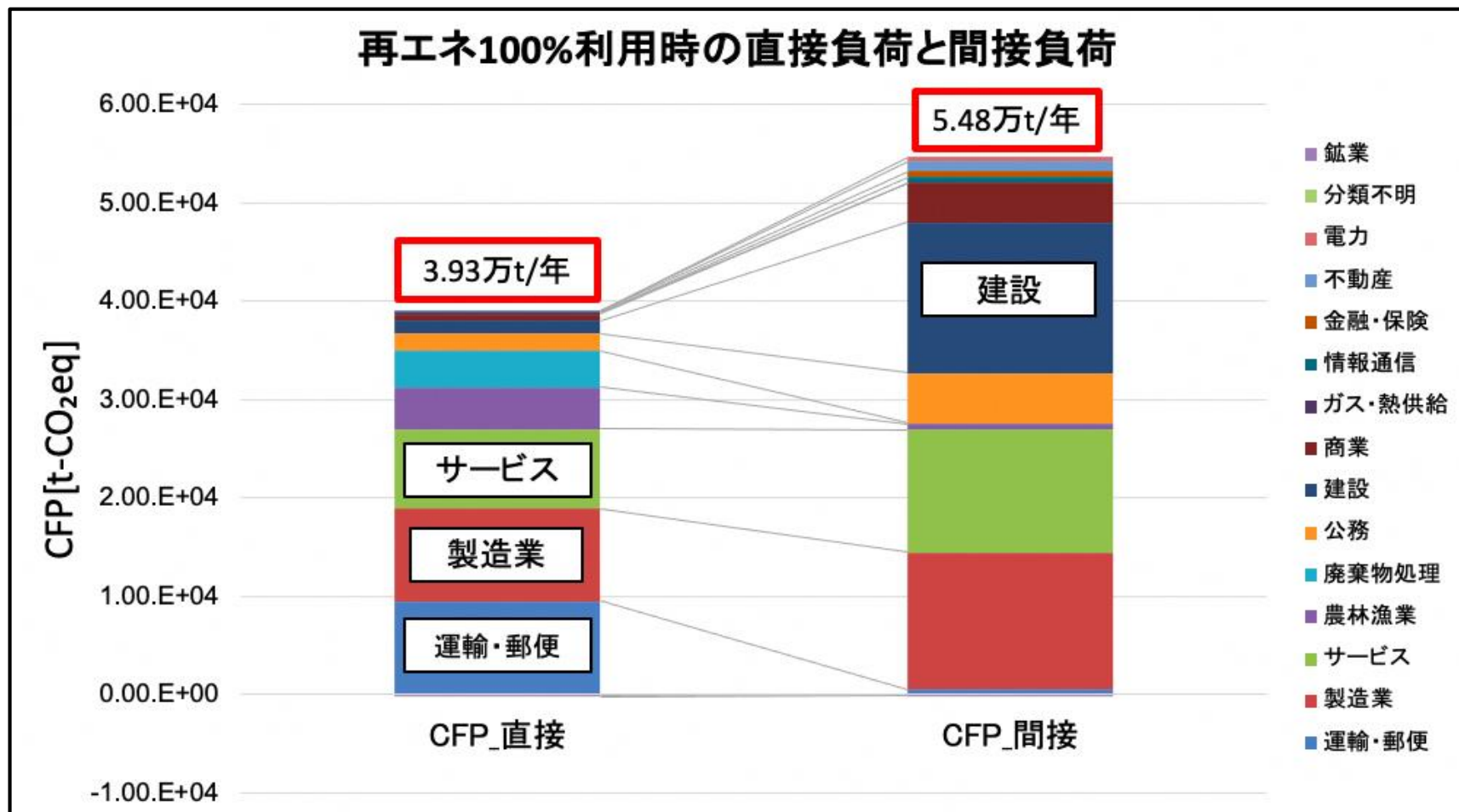
✓ 電力部門を除くと、特にサービスや製造業の部門でのGHG削減量が大きかった。

4-1.結果(鹿角市CFP)



- ✓ 日本平均と比較すると再エネ0%利用の場合は約30%多く、再エネ100%利用の場合は約45%少ないという結果になった。
- ✓ 市全体の排出量に対して鹿角市の人口が少なく、一人当たりの負荷が大きい。

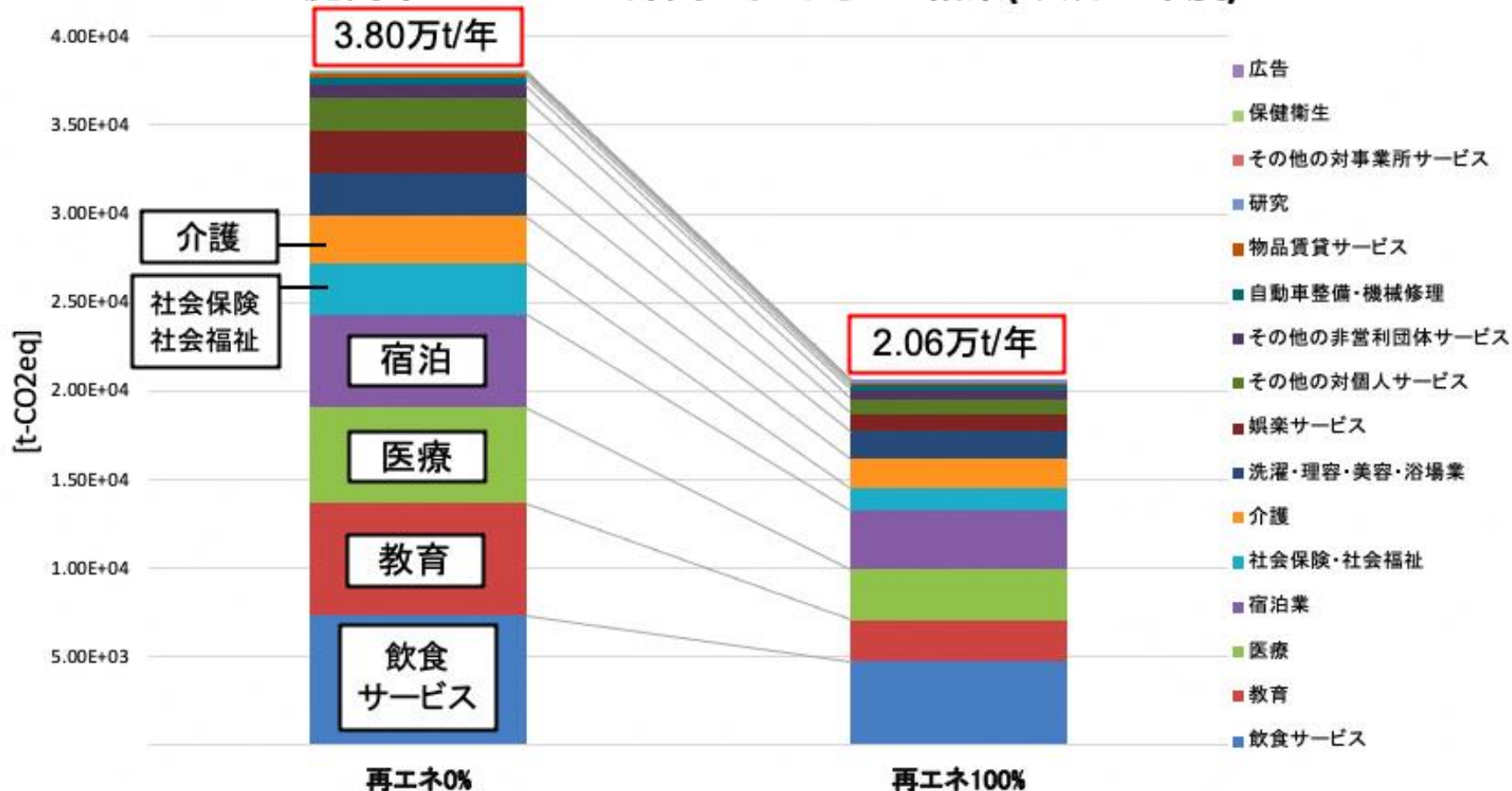
4-1.結果(鹿角市CFP)



✓ 建設、製造業、サービス部門における間接負荷が大きく、他部門からの購入に依存していることがわかる。

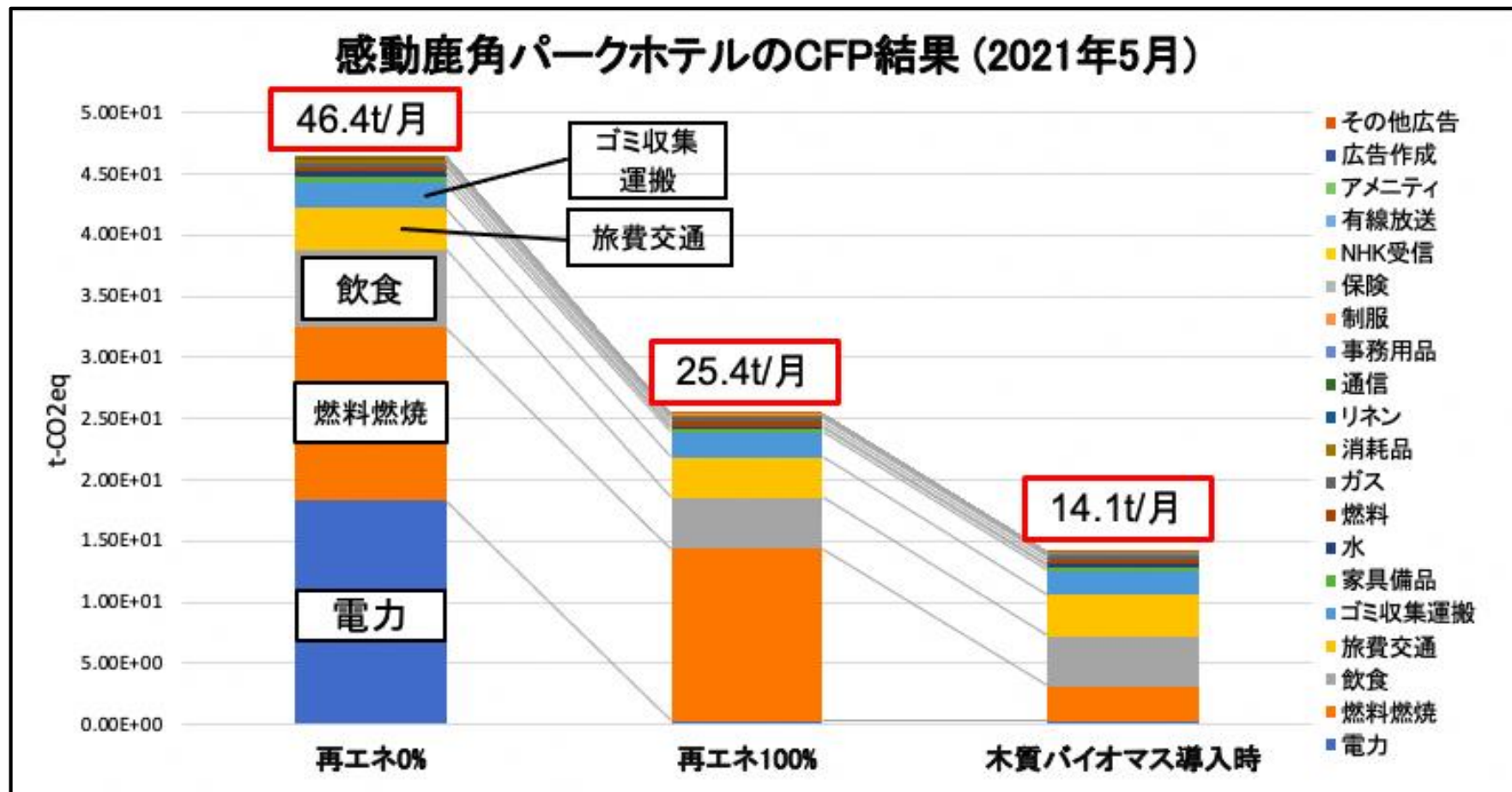
4-1.結果(鹿角市CFP)

鹿角市のサービス部門におけるCFP結果(平成23年度)



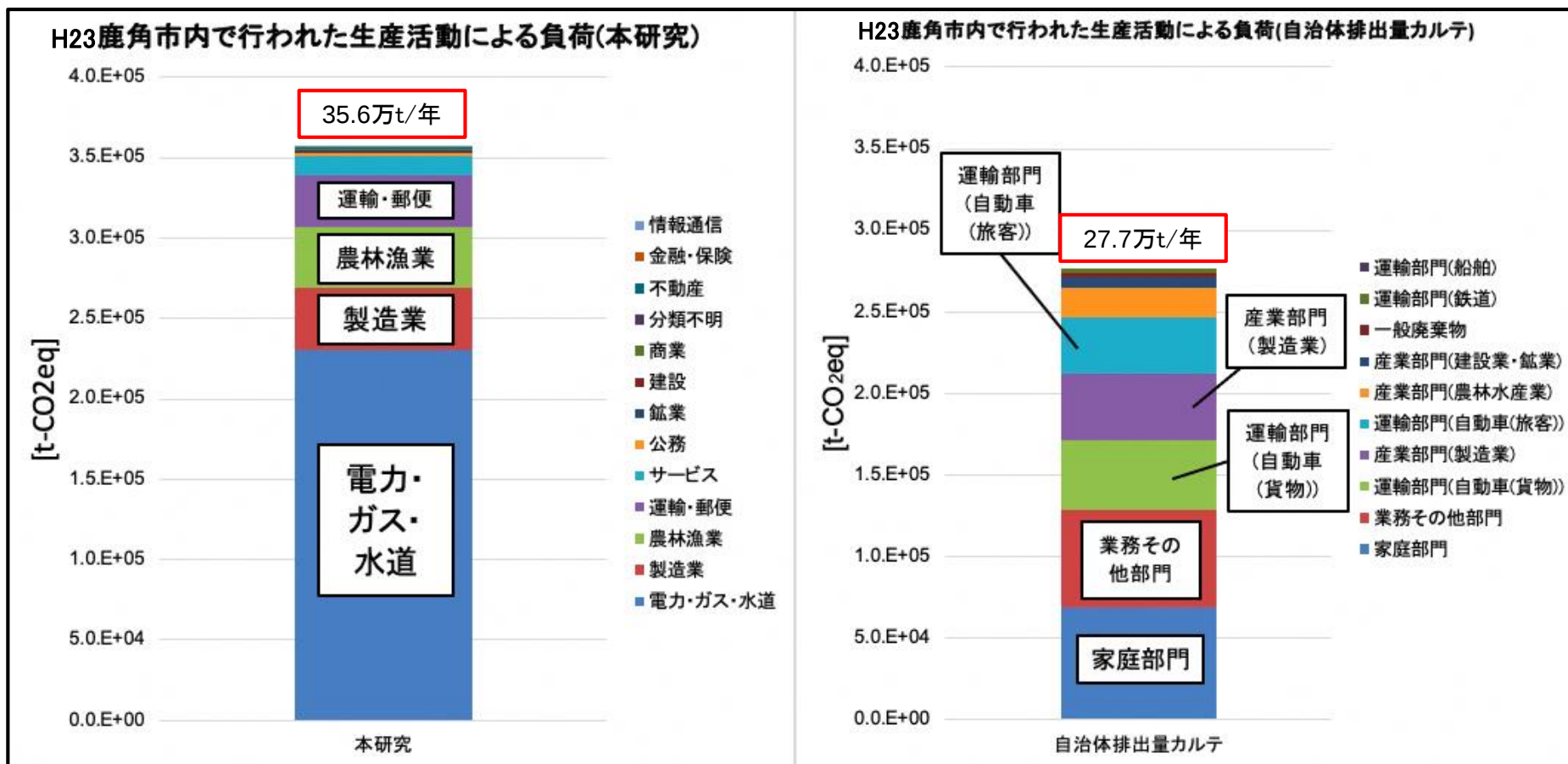
✓ 特に教育、医療、宿泊業、飲食サービスで削減量が大きかった。

4-2.結果(パークホテルCFP)



- ✓ 令和4年9月から木質バイオマス発電によってホテル内の電力を100%、熱を80%代替する予定。
→1ヶ月分の排出量は14.1t/月にまで減少(再エネ0%と比較すると約7割の削減)。

4-3.自治体排出量カルテとの比較



- ✓ 本研究の方が大きい結果が出ているのは、自治体排出量カルテの範囲にScope3が入っていない為。
- ✓ 自治体排出量カルテの方が運輸部門による負荷(特に自動車)が大きい。
→公共交通機関の運行本数が少なく、主な移動手段が自家用車であるため。



5.結論

鹿角市CFP

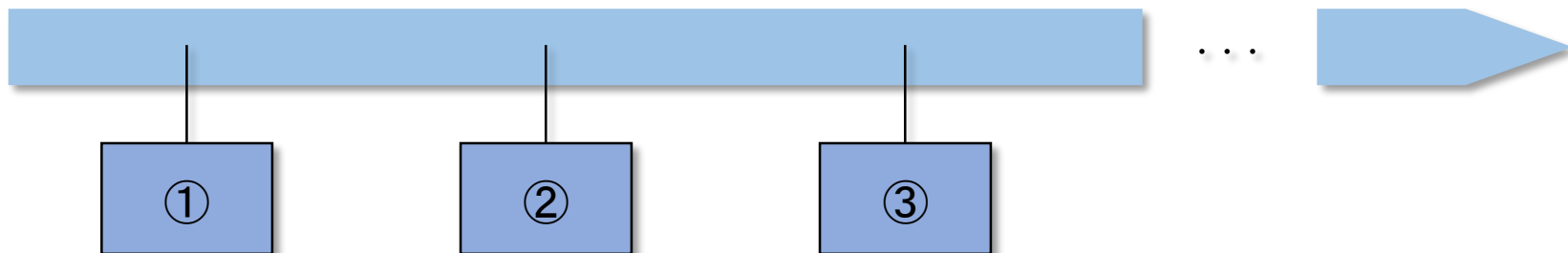
- ✓ 再エネを100%導入した場合、市内のGHG排出量は19.7万t/年から12.4万t/年の約37%削減効果があるという試算結果が得られた。
- ✓ 産業ごとのGHG排出量を見るとサービス部門が最も多い3.8万t/年だったが、再エネを100%導入することによって2.06万t/年に減少する(約46%の削減効果)。
- ✓ 市内での段階的な再エネ導入を進めていくにあたり、削減幅の大きかったサービス部門、特に宿泊業、教育、飲食サービス、医療部門へ優先して再エネを導入することが効率的であると考えられる。
- ✓ 間接負荷が大きかった部門でグリーン購入を推進することによって、さらなる市全体のGHG排出量削減につながると考えられる。

ホテルCFP

- ✓ 再エネを100%導入した場合、1ヶ月間のGHG排出量は46.4t/月から25.4t/月に減少する(約45%の削減効果)。
→今回対象とした感動鹿角パークホテル様の運営によるGHG排出量のうちの約1/3が電力由来のものであったため比較的大きな削減効果が見込める。
- ✓ 木質バイオマス発電によってホテル内の電力と熱を賄うことによるGHG排出量削減は大きな効果があると考えられる。



結果を基に作成したマイルストーン



① ・再エネ導入

→比較的負荷が大きかった**宿泊業、教育、飲食サービス、医療**に優先導入

・グリーン調達の推進

→間接負荷の高かった**建材、医薬品、食料品**や、家電製品等生活必需品から実施

→**定期的に実施状況の調査と公表**を行う

② 再エネ導入

→その他のサービスや製造業に導入を促進

③ 燃料燃焼による負荷を低減できる取り組みを実施

→パークホテルに設置している木質バイオマス発電のような**熱を代替できる仕組みを各事業所や施設に展開**



6.課題と限界

課題

- ✓ 直接排出量
鹿角市に直接排出量のデータがないことから全ての部門の直接排出量の値を3EIDの全国平均値を代用しており、本来の鹿角市が排出している直接排出量を反映できていない。
- ✓ 燃料燃焼分の負荷の算出
鹿角市に燃料燃焼分のデータが存在せず、全国版産業連関表、3EIDの全国平均値を代用している。

限界

- ✓ 再エネ100%利用時の排出量
電力部門の直接排出量を0と想定して計算を行っている。
- ✓ 鹿角市産業連関表の小分類
鹿角市の産業連関表の小分類は102部門となっているため、分析に限界がある。
- ✓ 感動鹿角パークホテルの算定
ご提供いただいた損益計算書が2021年5月のものとなっており、他月や一年を通した算定が行えていない。



参考文献

- ・ 環境省 脱炭素ポータル
< https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/ >
- ・ 資源エネルギー庁 今さら聞けない「パリ協定」何が決まったのか?私たちは何をすべきか?
< <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/ondankashoene/pariskyotei.html> >
- ・ 資源エネルギー庁 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討(令和3年1月27日)
< https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/036/036_005.pdf >
- ・ 環境省 再生可能エネルギー導入加速化の必要性
< <https://www.env.go.jp/earth/report/h26-01/chpt01.pdf> >
- ・ 株式会社かづのパワーフライヤー
< <https://www.city.kazuno.akita.jp/material/files/group/14/kppanhu.pdf> >
- ・ 一般社団法人産業環境管理協会, LCAの概要
< <http://www.jemai.or.jp/lca/dd4ht3000000076a-att/a1528715510852.pdf> >
- ・ International Organization for Standardization, ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework, 2006
< <https://www.iso.org/standard/37456.html> >
- ・ 一杉佑貴(2015), ライフサイクルの視点に立った横浜市のカーボンフットプリント, 東京都市大学 伊坪研究室学士論文
- ・ 松岡彰博, 遠藤金日子, 農村地域における再生可能エネルギー導入量と温室効果ガス削減について, 農業農村工学会誌 79巻(2011)12号, 2011
< https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsidre/79/12/79_925/pdf/-char/ja >
- ・ 白井信雄, 再生可能エネルギーによる地域社会の構造的再生の理論的枠組みの設定と有効性の確認 長野県飯田市の取り組みの分析, サステイナビリティ研究6巻 5-19ページ, 2016 < <http://doi.org/10.15002/00012977> >
- ・ e-Stat 平成27年(2015年)産業連関表
< <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200603&tstat=000001130583&cycle=0&year=20150&month=0> >



参考文献

- 南斉規介 (2019) 産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID), 国立研究開発法人国立環境研究所,
<<http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/index.html>>
- Keisuke Nansai, Jacob Fry, Arunima Malik, Naoki Kondo (2020), Carbon footprint of Japanese health care services from 2011 to 2015, Resources, Conservation & Recycling, 152, 104525.
- LPガス価格表-日本LPガス協会
<<https://www.j-lpgas.gr.jp/stat/kakaku/>>
- CO2排出係数-日本LPガス協会
<<https://www.j-lpgas.gr.jp/nenten/co2.html>>
- 石油価格調査-経済産業省 資源エネルギー庁
<https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html>
- 温室効果ガス排出係数(デフォルト値)-環境省
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/suishin_g/08.pdf>
- 総務省統計局人口推計
<<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/new.html>>
- 鹿角市HP-人口と世帯数の推移
<<https://www.city.kazuno.akita.jp/opendata/4627.html>>
- 第3次鹿角市環境基本計画
<<https://www.city.kazuno.akita.jp/material/files/group/8/kadunosikannkyoukihonnkeikaku3.pdf>>
- 環境省-自治体排出量カルテ
<https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/karte.html>

ご清聴ありがとうございました