温暖化対策に伴う北海道全体及び各市町村における温室効果ガス排出量の推計と施策の考察

斎藤　實[1]・石井　一英[2]・落合　知[3]・Geun-Yong HAM[4]

[1]非会員　北海道大学修士課程　大学院工学院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
E-mail: makoto.saito2000@gmail.com

[2]正会員　北海道大学教授　大学院工学研究院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
E-mail: k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

[3]正会員　北海道大学特任助教授　大学院工学研究院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
E-mail: ochiai.satoru@eng.hokudai.ac.jp

[4]正会員　北海道大学助教授　大学院工学研究院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
E-mail: geun-yong.ham@eng.hokudai.ac.jp

本研究では国や北海道が定めている主な施策を取り上げ，その目標を達成した場合の 2050 年の北海道及び各市町村の排出量の推計を行うこととした．環境省地方公共団体実行計画策定・実施マニュアルに基づきエネルギー起源 CO_2排出量及び非エネルギー起源 GHG 排出量の現況推計を行った．経団連予測の実質 GDP 及び労働人口を用いたシナリオと北海道の過去の実質 GDP を用いた 2 つシナリオで対策無しの BAU を推計した．国や北海道の 2030 年までの計画書等を基に施策を設定し，2050 年の排出量を推計した．解析の結果，今後の施策導入の基礎となる国や道が定める脱炭素施策目標値を用いた全道と各市町村の CO_2排出量推計ができ，2050 年に向けたさらなる目標の明確化や上乗せが必要であると考えられた．

Key Words: *climate change mitigation, emission reduction, Hokkaido, municipalities, renewable energy*

1. はじめに

2015年12月，第21回国連気候変動枠組条約締約国会議において，世界共通の長期目標として世界全体の気温上昇を2℃より十分下回るよう，さらに1.5℃までに制限する努力を追求することを目的としたパリ協定が合意された[1]．これを受けて2020年10月，日本政府は2050年までにカーボンニュートラル実現を目指すことを宣言した[1]．カーボンニュートラルは温室効果ガス（以下，GHGと略記）排出量から吸収量を差し引きし，実質的な排出量をゼロとすることを意味している．これに向けた削減目標として，日本は中期目標として2030年度にGHG排出量2013年度比-46%を目指すことを表明している[2]．また，地球温暖化対策の推進に関する法律に基づき都道府県及び各市町村は地方公共団体実行計画（以下，実行計画と略記）を策定することを求めている．この実行計画は「事務事業編」と「区域施策編」の2つで構成されている．

「事務事業編」は全ての都道府県及び市町村に策定が義務付けられている．一方で「区域施策編」は，全ての都道府県，指定都市及び中核市（施行時特例市を含む）に策定が義務付けられているが，それ以外の市町村に策定は義務付けられていない[3]．

環境省の調査によると，区域施策編の策定義務のない団体のうち，区域施策編を策定・改定していない団体における未策定・未改訂の理由としては，「計画を策定・改定するための人員が不足している」が最も多く，「地球温暖化対策に関する専門的知識が不足している」，「計画に盛り込む対策の予算等の確保が難しい」，「対策・施策の効果の見積もりや評価が難しい」，「最新の技術情報や知見が不足している」と続く[3]．

2050年にカーボンニュートラルを達成するという国の目標を達成するためには，都道府県だけではなく，市町村も含めた日本の全地域で取り組むことが必要であるた

め，策定義務のない団体においても区域施策編の策定を進めることが望まれる．

GHG排出量とそのための対策や施策に関する既往研究について述べる．パリ協定以前は，低炭素社会に向けた施策の考察・分析などの研究が主だった．五味ら[4]は財政上の制約まで考慮したロードマップ構築手法とそのための定量推計ツールを開発し，滋賀県に適用することで，政府や民間などの実施主体別に費用を検討した．河瀬ら[5]は，世界を35の国・地域に区分し，その地域ごとのGHG削減目標達成のフィージビリティを検討した．そして，大城ら[6]は日本全体を10地域に区分し，2050年までにGHG80％減を達成するために必要となる対策導入量・費用を定量化するとともに，電力系統対策による再生可能エネルギー導入拡大の効果について検討した．

一方，パリ協定以後，日本政府のカーボンニュートラル宣言の元、実行計画の策定の策定が求められるようになってからは、松橋ら[7]は，全国市区町村ごとに家庭部門と運輸（旅客）部門についてCO_2排出量の推計を行った．また，重ら[8]も東北地方の市町村について，2050年ゼロカーボンシティを実現するために森林によるCO_2吸収量と再生可能エネルギーによるCO_2排出削減量の両方を考慮した排出量把握方法を提案と推計を行ったなど，市町村ごとのGHG排出量とその削減策に関する研究が見られるようになった．

しかし，各市町村にとっては区域施策編を策定するために各部門の現況のGHG排出量を推定し，そして削減シナリオを国や都道府県の目標に応じて作成し，シナリオ適用時の将来のGHG排出量を推計することが求められている．また都道府県の立場からは，各市町村のカーボンニュートラルを達成することも重要であるが，地域連携や融通による各都道府県範囲でのカーボンニュートラル達成も重要である．

そこで本研究では，北海道でのカーボンニュートラルを、各市町村の地域連携や融通により達成する検討材料を提供するという立場で、国や北海道が定めている主な施策を取り上げその目標を達成した場合の2050年の北海道及び各市町村の排出量を推計することを目的とした．

2. 温室効果ガス排出量推計

(1) 推計の流れ

本研究では，北海道全体及び各市町村における2022年の現況推計，ならびに2025～2050年まで5年ごとの将来推計を行う．

推計対象部門を決定し，対策なしの BAU シナリオを設定し将来エネルギー需要量を推計する．次に，温暖化対策である①ZEB・ZEH，②EV・FCV，③電化を導入した場合の目標値を設定し，対策がある場合の将来エネルギー需要量を推計する．そしてその将来エネルギー需要量に対して再生可能エネルギー（以下，再エネと略記）を導入し，賄いきれなかったエネルギー量を化石由来エネルギーで補うことによって再エネ導入後の将来 GHG 排出量を推計した．なお，吸収源（森林，農地土壌）は公表値を用いた．

a) 対象部門の決定

GHG排出量の推計対象の排出部門は地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実行マニュアル[9]（以下，

表-1 各BAUシナリオにおける排出量推計方法

	部門・分野			経団連			過去統計
				2021-2030	2031-2040	2041-2050	2021-2050
エネルギー起源CO_2	産業部門	製造業　年率（%）		0.4	-0.41	-0.62	0.6
		建設業・鉱業　年率（%）		-0.76	-1.27	-1.25	3.2
		農林水産業　年率（%）					-0.8
	業務その他部門　年率（%）						0.4
	家庭部門			世帯数予測			
	運輸部門	自動車		人口予測			
		鉄道					
		船舶					
		航空					
	エネルギー転換部門			再エネ導入量から推計			
非エネルギー起源CO_2	燃料の燃焼部門	燃料の燃焼　年率（%）		0.4	-0.41	-0.62	0.6
		自動車走行		人口予測			
	工業プロセス分野　年率（%）			0.4	-0.41	-0.62	0.6
	農業部門	耕作　年率（%）		-0.76	-1.27	-1.25	-0.8
		畜産　年率（%）					
		農業廃棄物　年率（%）					
	廃棄物分野	焼却処分	一般廃棄物	人口予測			
			産業廃棄物				
		埋立処分	一般廃棄物				
			産業廃棄物				
		排水処理	工場排水処理施設　年率（%）	0.4	-0.41	-0.62	0.6
			終末処理場	人口予測			
			し尿処理施設				
			生活排水処理施設				
		原燃料使用等		埋立処分と焼却処分由来のCO_2排出量と連動して算出			
	代替フロン等4ガス分野　年率（%）			0.4	-0.41	-0.62	0.6

計画マニュアルと略記）に基づき決定し，各種統計より推計を行った．

b) BAU シナリオ

将来推計では，**表-1**の2つのBAUシナリオに基づいて2025～2050年まで5年ごとの将来排出量を推計した．

経団連シナリオについては，日本経済団体連合会が作成した「グローバルJAPAN －2050年シミュレーションと総合戦略－」[10]を参照した．このシナリオでは2030年代以降GDPがマイナス成長となるとしている．産業部門（製造業），燃焼の燃焼部門（燃料の燃焼），工業プロセス分野，廃棄物分野（工業排水処理施設），代替フロン等4ガス分野は，実質GDP予測と等しい年率で使用量が変化すると考えた．また産業部門（建設業・鉱業，農林水産業），業務その他部門，農業部門については経団連の労働人口予測と等しい年率でエネルギー使用量が推移すると考えた．

一方，過去統計シナリオについては，北海道の道民経済計算年報[11]を基に推計を行った．過去の北海道の実質GDPの推移が今後も同じ傾向で続いていくと仮定して，産業部門，業務その他部門，燃焼の燃焼部門（燃料の燃焼），工業プロセス分野，農業部門，廃棄物分野（工業排水処理施設），代替フロン等4ガス分野が過去の実質GDPの平均年率と等しい年率で使用量が推移すると考えた．平均年率については2011年から2019年の実質GDPからそれぞれの部門・分野別に年率を算出した．

また，いずれのシナリオについても家庭部門は世帯数予測に基づき，運輸部門，燃料の燃焼部門（自動車走行），廃棄物分野（焼却処分，埋立処分，終末処理場，し尿処理施設，生活排水処理施設）は人口予測に基づき推計を行った．世帯数予測については「日本の世帯数の将来推計（都道府県別推計）」[12]を参考にしたが，都道府県別の世帯数予測が 2040 年までしかなかったため，北海道の人口と世帯数の関係から 2045 年及び 2050 年の世帯数は予測した．北海道全体での 1 人当たりの世帯数を算出し，それに「北海道人口推移・将来推計人口【北海道】」[13]の市町村別の人口推移を乗じて市町村ごとの世帯数とした．各市町村の人口予測については「北海道人口推移・将来推計人口【北海道】」[13]を参考にした．

表-2　分野ごとの主な温暖化対策・施策

部門	主な対策・施策
産業部門	○省エネ設備の導入とエネルギー利用の効率化の促進 ○再生可能エネルギーの導入促進
業務その他部門	○省エネ設備の導入とエネルギー利用の効率化の促進 ○再生可能エネルギーの導入促進 ○建築物の省エネ化（ZEB）
家庭部門	○省エネ設備の導入とエネルギー利用の効率化の促進 ○再生可能エネルギーの導入促進 ○住宅の省エネ化（ZEH）
運輸部門	○次世代自動車の導入促進 ○エコドライブや公共交通機関の利用促進 ○物流の効率化・脱炭素化
エネルギー転換部門	○再生可能エネルギーの導入拡大に向けた環境の整備 ○省エネ設備の導入とエネルギー利用の効率化の促進

エネルギー転換部門については将来再エネ導入量から推計を行った．

c) 温暖化対策

推計対象とする温暖化対策については，**表-2**のように，北海道地球温暖化対策推進計画[14]（以下，対策計画と略記）に基づいて①業務その他，家庭部門の建築物，住宅の省エネ化（ZEB，ZEH），②運輸部門の次世代自動車の導入促進（EV，FCV），③業務その他，家庭部門の省エネ設備の導入とエネルギーの効率化の促進，④産業，業務その他，家庭部門の再エネの導入促進の 4 つを，目標値が定まっており推計可能であるという観点から本研究の推計対象とした．なお，産業部門の「省エネ設備の導入とエネルギー利用の効率化の促進」や運輸部門の「エコドライブや公共交通機関の利用促進」，「物流の効率化・脱炭素化」，エネルギー転換部門については推計の対象外とする．

d) 再エネ導入

導入する再エネについては電力，熱生産の再エネをそれぞれ電力分野，熱分野に分類して推計を行う．対象とする再エネ種については対策計画[14]中の再エネ種別の目標値を参考にして決定した．**表-3**に北海道の再エネ導入目標を示す．本研究では，電力分野について太陽光（非住宅），陸上風力，洋上風力，中小水力，バイオマス，地熱，廃棄物を推計対象とした．また，熱分野についてはバイオマス熱利用，地熱，雪氷冷熱，温度差熱，太陽熱，廃棄物熱を推計対象とした．電力分野における太陽光（住宅）発電についてはZEB，ZEH関連技術のため，二重に計上しないよう推計の対象外とする．

再エネのポテンシャルデータがあるものについては，再生可能エネルギー情報提供システム[15]（以下，REPOSと略記）や新エネルギー賦存量等推計支援ツール[16]（以下，推計ツールと略記）の市町村別のポテンシャルデータを使用して推計した．**表-4**に市町村別再エネポテンシャル推計方法を示す．電力分野は，REPOS[15]に掲載されている太陽光土地系，陸上風力，中小水力，地熱（フラッシュ 150℃以上，バイナリー120～150℃，バイナリー

表-3　北海道の 2030 年度再エネ導入目標値

	エネルギー種別の2030年度目標（百万kWh）	
電力分野 新エネの導入目標 （発電電力量）	太陽光（非住宅）	3140
	太陽光（住宅）	400
	陸上風力	4188
	洋上風力	3965
	中小水力	4133
	バイオマス	2811
	地熱	629
	廃棄物	1189
	エネルギー種別の2030年度目標（TJ）	
熱分野 新エネの導入目標 （熱利用量）	バイオマス熱利用	8078
	地熱	3561
	雪氷冷熱	65
	温度差熱	2692
	太陽熱	9
	廃棄物熱	6555

53～120℃以上）の市町村別の発電電力量をポテンシャルとして推計を行う．また熱分野は，REPOS[15]に掲載されている太陽熱の市町村別利用可能熱量，推計ツール[16]に掲載されているバイオガス（家畜糞尿，汚泥，食料残渣），木質バイオマスの市町村別の熱利用量をポテンシャルとして推計を行う．バイオガス（家畜糞尿）については，推計ツール[16]で参照されている北海道農政事務所の統計データ[17]を最新のデータに差し替えてポテンシャルの推計を行った．

ポテンシャルデータのない電力分野の洋上風力，廃棄物と熱分野の地熱，雪氷冷熱，温度差熱，廃棄物熱については，北海道での目標値を市町村ごとに按分することによって，市町村別の再生可能エネルギーポテンシャル量とした．

(2) 2022 年度の現況推計方法

2022 年度の現況推計については計画マニュアル[9]中の方法のうち，公開情報から多くの市町村で適用可能な推計方法と記載されている係数を原則として用い推計した．

GHG 排出量は北海道または国全体の排出量から各部門・分野における活動量で按分を行うことで市町村別に推計した．産業部門（製造業，建設業・鉱業，農林水産業），業務その他部門，家庭部門の排出量は都道府県別エネルギー消費統計[18]から推計した．運輸部門の自動車分野（貨物・旅客）は自動車燃料消費量調査[19]から推計した．推計はガソリン，軽油，LPG の燃料ごとに車種分類を考慮し行った．LPG については，自動車燃料消費量調査[19]は固有単位が kL 表示であるため自交総連の資料[20]をもとに，CO_2排出係数を 1.67 t-CO_2/kL とした．運輸部門（鉄道，船舶）は総合エネルギー統計[21]から推計した．推計に用いた排出量に関する統計が国全体の排出量を示

表-4 市町村別再エネポテンシャル推計方法

	エネルギー種	市町村別推計方法
電力分野	太陽光（非住宅）	REPOS「太陽光土地系_年間発電電力量」
	陸上風力	REPOS「陸上風力_年間発電電力量」
	洋上風力	公表値を按分（北海道「環境影響評価対象案件」の最大設備容量）
	中小水力	REPOS「中小水力河川_年間発電電力量」
	バイオマス	推計ツール
	地熱	REPOS「地熱蒸気フラッシュ150℃以上_発電電力量」、「地熱バイナリー120～150℃_発電電力量」、「地熱低温バイナリー53～120℃_発電電力量」の合算値
	廃棄物	公表値を按分（人口）
熱分野	バイオマス熱利用	推計ツール
	地熱	公表値を按分（電力分野地熱の発電電力量）
	雪氷冷熱	公表値を按分（北海道「垂直積雪量」）
	温度差熱	公表値を按分（人口）
	太陽熱	REPOS「太陽熱_利用可能熱量」
	廃棄物熱	公表値を按分（人口）

表-5 エネルギー起源 CO_2の按分に用いる活動量

部門・分野			道全体のエネルギー使用量	按分
産業部門	製造業		都道府県別エネルギー消費統計[18]	工業統計調査[27]
	建設業・鉱業		都道府県別エネルギー消費統計[18]	経済センサス活動調査[50]
	農林水産業		都道府県別エネルギー消費統計[18]	経済センサス活動調査[50]
業務その他部門			都道府県別エネルギー消費統計[18]	経済センサス活動調査[50]
家庭部門			都道府県別エネルギー消費統計[18]	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[33]
運輸部門	自動車		自動車燃料消費量調査[19]	市町村別保有車両数年報[34]
	鉄道		総合エネルギー統計[21]	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[33]
	船舶		総合エネルギー統計[21]	港湾統計[25]
	航空		航空管理状況調書[31]	
エネルギー転換部門			北海道点検報告書[32]	市町村別の再エネ導入率に基づき推計
燃料の燃焼部門	燃料の燃焼		大気汚染物質排出量総合調査[24] 温室効果ガス排出・吸収量等の算定と報告[25]	工業統計調査[27]
	自動車走行		自動車燃料消費量調査[18]	市町村別保有車両数年報[24]
工業プロセス分野			温室効果ガス排出量・算定・報告・公表制度[26]	工業統計調査[27]
農業部門	耕作		作物統計調査[28]	
	畜産		畜産統計[30]	
	農業廃棄物		作物統計調査[29]	
廃棄物分野	焼却処分	一般廃棄物	一般廃棄物処理実態調査[22]	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[23]
		産業廃棄物	北海道産業廃棄物処理状況調査[23]	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[23]
	埋立処分	一般廃棄物	一般廃棄物処理実態調査[22]	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[23]
		産業廃棄物	北海道産業廃棄物処理状況調査[23]	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[23]
	排水処理	工場排水処理施設	工業統計調査[27]	工業統計調査[27]
		終末処理場	下水道統計	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[23]
		し尿処理施設	一般廃棄物処理実態調査[22]	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[23]
		生活排水処理施設	一般廃棄物処理実態調査[22]	住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査[23]
	原燃料使用等		温室効果ガス排出量・算定・報告・公表制度[26]	埋立処分と焼却処分由来のCO_2排出量と連動して算出
代替フロン等4ガス分野			温室効果ガス排出量・算定・報告・公表制度[26] フロン類算定漏洩量報告[28]	工業統計調査[27]

すものだったため，運輸部門（鉄道，船舶）は日本全体と各市町村の活動量の比率をもとに推計した．

燃料の燃焼部門（自動車走行），一般廃棄物，産業廃棄物，排水処理（終末処理場，し尿処理施設，生活排水処理施設）については自動車燃料消費量調査[19]，一般廃棄物処理実態調査[22]，産業廃棄物処理状況調査[23]を用いて北海道全体の排出量を推計した後，人口別に按分を行った．また燃料の燃焼部門（燃料の燃焼），工業プロセス分野，排水処理（工場排水処理施設），代替フロン等4ガス分野については大気汚染物質排出量総合調査[24]，温室効果ガス排出・吸収量等の算定と報告[25]，温室効果ガス・排出量・算定・報告・公表制度[26]，工業統計調査[27]，フロン類算定漏洩量報告[28]を用いて，農業部門については作物統計調査[29]，畜産統計[30]を用いて北海道全体の排出量を推計した．**表-5**にエネルギー起源CO_2の按分に用いる活動量を示す．運輸部門（航空），エネルギー転換部門については市町村ごとの按分をせず，運輸部門（航空）は空港管理状況調書[31]から北海道全体のCO_2排出量を推計した．またエネルギー転換部門については，北海道の点検結果報告書[32]から2019年度の排出量を2022年度の排出量とした．吸収源についても点検報告書[32]から2019年度における北海道の実績値を用いて2022年度の排出量，吸収量として2022年度の実質排出量を推計した．

(3) 将来推計方法

表-1の各シナリオの推計方法を用いて現況推計から年率等を乗じ，現状の温暖化対策に加えて何も行わない場合の将来のエネルギー需要量を推計する．その後，温暖化対策を行った後の将来のエネルギー需要量を推計する．

a) ZEB及びZEH

ZEBについては業務その他部門，ZEHについては家庭部門に関するエネルギーとし，都道府県別エネルギー統計の各部門での合計エネルギー量が建築物，住宅の一次エネルギー消費量と等しいとする．一次エネルギー削減率から各部門における燃料種別エネルギー使用量を推計した．

b) EV及びFCV

本研究では，次世代自動車の導入をEV，FCVの二つに絞って推計を行った．EV，FCVは導入することで削減される運輸部門（貨物，旅客）排出量と導入に伴い必要となる電力需要について考える必要がある．まず運輸部門（貨物，旅客）の排出量の推計についてだが，市町村別保有車両数年報[34]の自動車台数と各年における人口予測[13]から年別自動車台数予測を推計し，年別自動車台数予測に対するEV，FCVの導入率を乗じてEV，FCVの自動車台数とした．また，現況推計で求めた運輸部門（貨物，旅客）排出量から各市町村の自動車一台当たりの排出量を求め，自動車一台当たりの排出量にEV，FCVの自動車導入台数を乗じてEV，FCV導入による排出量の削減量を推計した．EVの導入に伴い必要となる電力需要は，自動車燃料消費統計[35]から算出した北海道の一台当たりの平均走行距離をEVの電費[36]で除し，自動車台数予測を乗じて推計した．またFCVの導入に伴い必要となる電力需要量は，報告書[37]に記載されているFCV一台当たりの必要な電力量と自動車台数予測に乗じて推計した．EV電力需要量とFCV電力需要量の和に電力排出係数を乗じて電力需要に伴う排出量を推計した．また，EVおよびFCV導入による排出量の削減量をEV，FCV導入前排出量から引き，電力需要に伴う排出量を加えることでEV，FCV導入後運輸部門（貨物，旅客）排出量を推計した．

c) 電化

本研究では業務その他，家庭における暖房，給湯のそれぞれ電化率を考慮する．

最初に，経済産業省による用途別のエネルギー消費割合[38]を用いてZEB，ZEH導入後エネルギー使用量のうち給湯，暖房に使われるエネルギーを算出する．家庭部門におけるエネルギー使用量に対する暖房のエネルギー使用量の割合を25.36%，給湯は28.36%と設定．業務部門については暖房，給湯のエネルギー使用量の割合を16.03%と設定した．

そしてそれぞれの用途に用いられるエネルギーから電化後電力使用量を推計し，その後燃料種別の電化後エネルギー使用量を推計するものとする．なお，業務その他，家庭部門における暖房，給湯における電化した分の電力量は電力に加算されるとする．

d) 再エネ

ここで，石炭，石炭製品，原油，軽質油製品，重質油製品，石油ガス，天然ガス，都市ガス，熱を熱需要とし，電力需要については再生可能・未活用エネルギーと電力のエネルギー使用量を電力需要量とみなして，再生可能エネルギーの導入の効果を推計する．熱需要については，熱需要に対する導入した熱分野再エネ合計熱量の割合だけ，熱需要の燃料種別エネルギー使用量が減少すると考えた．

e) 将来電力排出係数とエネルギー転換部門の排出量の算定法及び吸収源について

エネルギー転換部門の排出量の算出方法は，計画マニュアル[9]の方法ではなく以下の計算を行った．ほくでんの2021年度における電力排出係数0.549kg-CO_2/kWh[39]，2021年度における電源構成再エネ比率21%[40]の値を使用して推計する．北海道の電力需要に対する再エネの割合と同じ割合だけ電力供給者も導入すると考えた．エネルギー転換部門の排出量については，都道府県別エネルギー消費統計[18]の電力最終エネルギー消費の102,207 TJと

点検結果報告書[32]の2019年度エネルギー転換部門排出量の 283 万 t-CO_2の値の比を使用した．この比率が北海道での電力需要に対する再エネ率によって変化すると仮定した．

森林吸収源については，水谷の「北海道各市町村の温室効果ガス排出・吸収量比の推計と再生可能エネルギー導入効果に関する研究」[41]の森林吸収量の結果を用いた．しかし，研究結果は2030年度北海道目標値である 850 万 t-CO_2を超えていたため，本研究では合計が北海道の公表値と一致するように水谷の研究結果[41]の市町村別森林吸収量を用いて按分した．

また，農地土壌における吸収については，北海道の公表値を市町村別の農地土壌面積[29]を用いて按分した．

(4) 目標値の設定

次に，温暖化対策の導入率，導入量を設定し，温暖化対策を行った結果を比較する．本研究では北海道や国が現在設定している各年度の公表値を用いて北海道の各年度の排出量を推計する．年度別目標値を**表-6**にまとめた．

まず ZEB と ZEH については北海道で定められている公表値がなかった．そこで経済産業省が作成した「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」[42]より「ストック平均で ZEH・ZEB 基準の水準の省エネ性能が確保」とは，ストック平均で住宅については一次エネルギー消費量を省エネ基準から 20%程度削減，建築物については用途に応じて 30%又は 40%程度削減されている状態」とあることから，ZEB 一次エネルギー削減率の 2050 年目標値を 35%，ZEH 一次エネルギー削減率の 2050 年目標値を 20%とした．他の年度についての一次エネルギー削減率の目標値等は定められていないため，2025 年から削減率を比例配分した．

EV および FCV については対策計画[14]において，北海道での 2030 年目標値で FCV9,000 台と設定されていた．しかし，2030 年の EV 目標値及び 2050 年目標値が定められていなかったため，自動車技術会将来ビジョン[43]より 2030 年の EV 導入率を 50%とし，2050 年度の EV 導入率を 71%，FCV は 9%とした．ZEB および ZEH と同様にその他の目標値が設定されていない年度については，目標値が設定されている年度まで比例配分した．

次に，電化率については，「2050 年脱炭素社会実現に向けたシナリオに関する一分析」[44]より業務その他部門暖房，給湯の 2050 年目標値をそれぞれ 97%，92%，家庭

表-6 年別目標設定値一覧（太字は公表値を用いた目標値）

項目			2025	2030	2035	2040	2045	2050
一次エネルギー削減率(%)	ZEB		5.83	11.7	17.5	23.3	29.1	**35.0**
	ZEH		3.33	6.67	10	13.3	16.7	**20.0**
電化率(%)	業務その他部門	暖房	58.2	65.9	73.7	81.5	89.2	**97.0**
		給湯	58.2	64.9	71.7	78.5	85.2	**92.0**
	家庭部門	暖房	25.3	36.3	47.2	58.1	69.1	**80.0**
		給湯	25.3	35.9	46.4	56.9	67.5	**78.0**
APF	業務その他部門	暖房	5.50	5.79	6.07	6.36	6.64	**6.93**
		給湯	3.00	3.18	3.36	3.54	3.72	**3.9**
	家庭部門	暖房	6.20	6.51	6.82	7.13	7.44	**7.75**
		給湯	3.00	3.22	3.44	3.67	3.89	**4.11**
次世代自動車導入率(%)	EV		26.59	**50.0**	55.3	60.5	65.8	**71.0**
	FCV		0.074	**0.155**	2.37	4.58	6.79	**9.0**
再生可能エネルギー導入量(TJ)	電力分野	合計	**57277**	**72198**	72198	72198	72198	72198
		太陽光土地系	8968	**11304**	11304	11304	11304	11304
		陸上風力	11961	**15077**	15077	15077	15077	15077
		洋上風力	11324	**14274**	14274	14274	14274	14274
		中小水力	11804	**14879**	14879	14879	14879	14879
		バイオガス・木質バイオマス	8028	**10120**	10120	10120	10120	10120
		地熱	1796	**2264**	2264	2264	2264	2264
		廃棄物	3396	**4280**	4280	4280	4280	4280
	熱分野	合計	**18357**	**20960**	20960	20960	20960	20960
		バイオガス・木質バイオマス	7075	**8078**	8078	8078	8078	8078
		地熱	3119	**3561**	3561	3561	3561	3561
		雪氷冷熱	56.93	**65**	65	65	65	65
		温度差熱	2358	**2692**	2692	2692	2692	2692
		太陽熱	7.9	**9.0**	9.0	9.0	9.0	9.0
		廃棄物	5741	**6555**	6555	6555	6555	6555
吸収源（万t-CO_2）	森林		**750**	**850**	850	850	850	850
	農地土壌		**206**	**276**	276	276	276	276

部門暖房，給湯の2050年目標値をそれぞれ80%，78%として推計を行った．その他の機器，家電等については目標値が設定されていなかったため，本研究では暖房，給湯の電化のみを考えるものとする．またそれぞれの機器の熱変換効率について暖房はエアコン，給湯は電気ヒートポンプに電化されるものと仮定して，三菱カタログの通年エネルギー消費効率である APF[44),45),46)]を参考にして熱変換効率を決定した．これらのAPFについても2050年には性能が向上するものと考えて，「2050年脱炭素社会実現に向けたシナリオに関する一分析」[47)]を参照にして，業務その他部門暖房，給湯の向上率をそれぞれ23%，30%，家庭部門暖房，給湯の向上率をそれぞれ 25%，37%としてAPFの効率向上を考慮して2050年度の推計を行った．ZEB及びZEHと同様にその他の電化率及びAPFの目標値が設定されていない年度については，目標値が設定されている年度まで比例増加するように設定した．

そして再生可能エネルギーについては，対策計画[14)]において 2025 年，2030 年目標値について定められていたが，これらについては 2050 年目標値がなかった．そのため，2030年の目標値である電力分野 72,198 TJ（太陽光（非住宅），陸上風力，洋上風力，中小水力，地熱，バイオガス・木質バイオマス，地熱，廃棄物），熱分野 20,960 TJ（バイオマス熱利用，太陽熱）を2030年度から2050年度までの目標値として排出量の推計を行った．

REPOS[15)]と推計ツール[16)]より推計された北海道全体での再生可能エネルギーのポテンシャルに対する北海道全体での目標値の割合を算出し，その割合に市町村別のポテンシャルを乗じることで，北海道全体での目標値を達成したときの市町村別の排出量を推計した．

吸収源についても目標値が 2025 年と 2030 年しか定められていないため，2030 年から 2050 年については 2030 年度目標値を用いて推計を行った．

3. 温室効果ガス排出量推計結果と考察

(1) BAU シナリオ

図-1 に BAU シナリオにおける排出量推移を示す．まず 2022 年の現況推計についてだが，2013 年度排出量が吸収源を考慮して 6,268 万 t-CO_2なのに対し，2022 年度排出量は，5,957 万 t-CO_2と推計され削減率が 4.96%という結果になった．

次に将来推計についてだが，2022年における排出量において家庭部門の排出量が，業務その他部門よりも多いのに対して 2050 年度過去統計シナリオでは業務その他部門が家庭部門の排出量を上回っている．これは，人口

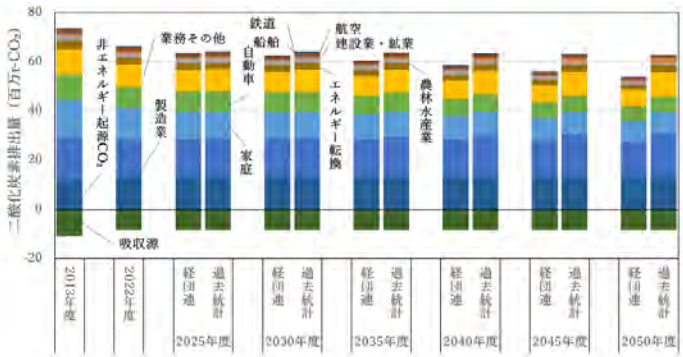


図-1 BAU シナリオにおける排出量推移

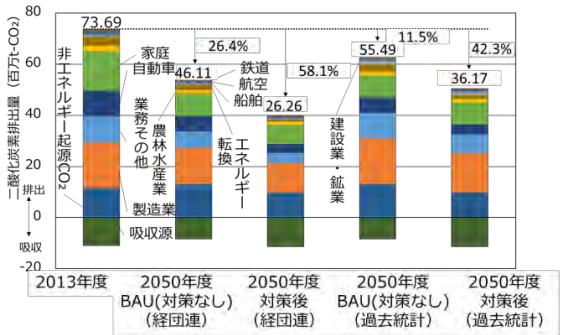


図-2 シナリオ別 BAU 排出量と温暖化対策後排出量の比較

減少に伴う世帯数の減少が原因と考えられる．一方，経団連シナリオでは，家庭部門の排出量の方が業務その他部門より 145 万 t-CO_2 多いという結果であった．これは将来推計の方法がシナリオで異なることが原因であると考えられる．経団連シナリオでは労働人口予測で推計しているのに対し，過去統計シナリオでは実質 GDP 予測で推計を行っている．経団連の資料によると，人口減少や老齢化に伴い労働人口は減少すると推計されている．したがって労働人口予測で推計している経団連シナリオでは，家庭部門の排出量と同様に減少しているため，2050 年においても家庭部門のほうが業務その他部門より多い排出量になっていると考えられる．他にも経団連シナリオでは建設業・鉱業，農林水産業でも労働人口予測を用いて推計を行っているため，過去統計シナリオに比べて全体の排出量は大きく減少している．

(2) 北海道全体の排出量

a) 対策前後の比較

図-2 にシナリオ別 BAU 排出量と温暖化対策後排出量の比較を示す．BAU シナリオの推計では，経団連シナリオの 2050 年の BAU 排出量の削減率は 26.4%，過去統計シナリオでは 11.5%にとどまったのに対し，2050 年について目標値通りに温暖化対策を行うことにより削減率が経団連シナリオで 58.1%，過去統計シナリオで 42.3%削減できることが分かり，温暖化対策を行うことにより更なる削減効果があることが明らかになった．特にどちらのシナリオにおいても自動車の削減率が高く，2013 年度排出量と 2050 年度対策後の排出量と比較すると，経団連シナリオにおいて 66.0%，過去統計シナリオにおいて 60.8%の削減率となっている．一方でいずれのシナリオにおいても船舶の排出量の削減率が最も小さく，この原因として 2013 年度排出量より 2022 年度排出量の方が大きいことが考えられる．

本研究では産業部門における対策を考慮していないため，産業部門での削減があまり見られない．しかし，業務その他部門の排出量の削減率がどちらのシナリオでも大きいことが分かる．これは，家庭部門より ZEB の目標値が高いこと，そして電化率が大きく設定されていることが原因として考えられる．

b) 年度別の比較

図-3 に経団連シナリオにおける BAU 排出量と温暖化対策後排出量の年別比較，**図-4** に過去統計シナリオにおける BAU 排出量と温暖化対策後排出量の年別比較を示す．北海道では 2030 年度に排出量を 48%削減する目標を掲げているが，経団連シナリオにおいて 2030 年度削減率は 35.3%，過去統計シナリオでは 32.9%となった．本研究では，ZEB，ZEH や EV，FCV，電化率の目標値については 2050 年の目標値のみを用いており，2050 年まで普及が同じ割合で進んでいくものと仮定して推計を行っている．しかし，実際はコスト面などを考慮すると普及は指数関数的に進んでいくものと考えられるため，実際には削減率は推計結果よりも小さいものと考えられ

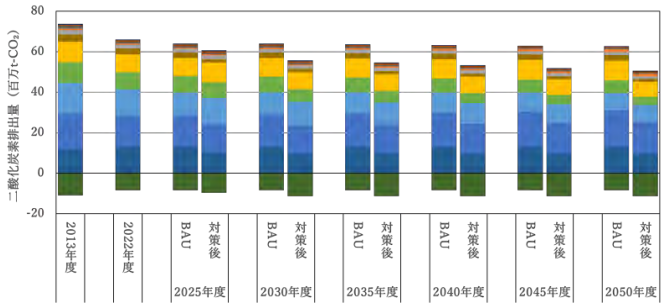


図-3 経団連シナリオにおける BAU 排出量と温暖化対策後排出量の年別比較

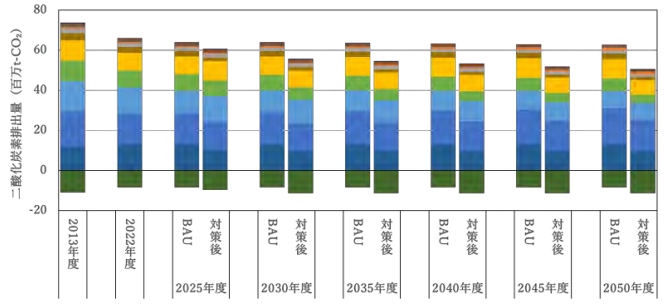


図-4 過去統計シナリオにおける BAU 排出量と温暖化対策後排出量の年別比較

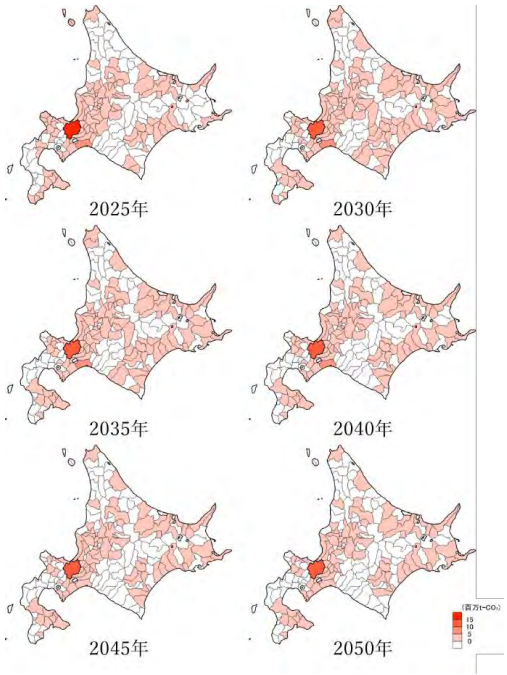


図-5 経団連シナリオにおける温暖化対策後の年別市町村別排出量分布

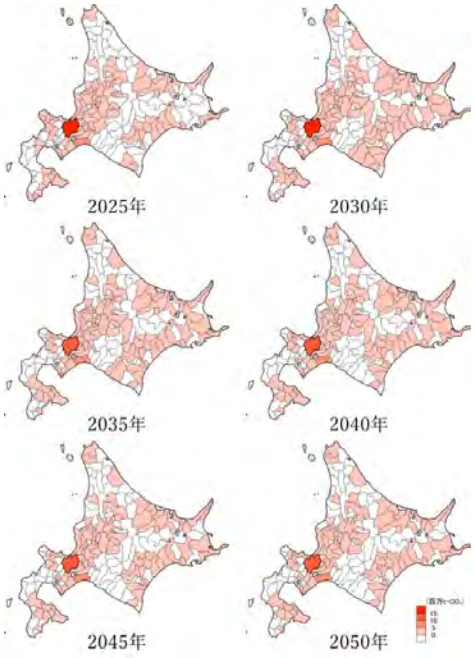


図-6 過去統計シナリオにおける温暖化対策後の年別市町村別排出量分布

る.

c) 各市町村の排出量

図-5に経団連シナリオにおける温暖化対策後の年別市町村別排出量分布，**図-6**に過去統計シナリオにおける温暖化対策後の年別市町村別排出量分布を示す．2050年度における札幌市の排出量は経団連シナリオで951万t-CO_2，過去統計シナリオで1,156万t-CO_2となっており，依然として排出量が多くなっている．一方，排出量がマイナスとなった地域も多くあり，北海道内で排出量の地域偏在性があることが分かり， 全道の脱炭素のためには，市町村の融通が重要であることを示した．特に排出量がマイナスになった地域の特徴として，森林吸収量が多い，再エネの導入量が多いという特徴がみられた．また工業などの産業が発達していないことから，排出量自体が少ないという特徴も見られた．

4. 結論

本研究により，今後の施策導入の基礎となる国や道が定める脱炭素施策目標値を用いた全道と各市町村のCO_2排出量推計を行うことができた．本研究では，ZEBとZEH，EVとFCV，電化率，再エネの導入などの温暖化対策を考慮して推計を行った．しかし，実際には次世代自動車もプラグインハイブリッド車などの車種や産業部門における電化，推計対象外とした再エネ種について検討しなければより正確な排出量を推計することができない．またこのような温暖化対策の普及率についても，実際の普及は指数関数的に普及していくものと考えられるため，これらについても検討する必要がある．

また市町村別排出量の推計により，市町村で実質排出量をゼロにする取組も大切であるが，全道の脱炭素のためには，市町村の融通が重要であることを示した．札幌市等のような都市部での排出量が多い一方で，排出量がマイナスとなる地域が多数存在する．

本研究の推計結果では，2050年にカーボンニュートラルを達成するには，温暖化対策のさらなる削減目標の明確化や上乗せが必要であると考えられる．

REFERENCES

1) 外務省: 2020年以降の枠組み：パリ協定, https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000119.html [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of Foreign Affairs：Paris Agreement]

2) 国・地方脱炭素会議：地域脱炭素ロードマップ, 2021 [アクセス日: 2023/1/23] [National-Region zero carbon council: Roald map for zero carbon in region, 2021.]

3) 環境省大臣官房環境計画課: 地方公共団体の気候変動対策, ちょうせい, 103号, pp.38-46, 2020 [アクセス日 2023/1/23]

[Ministry of the Environment：Countermeasures on climate change in local municipalities, Chosei, 103, pp.38-46, 2020.]

4) 五味馨, 金再奎, 松岡譲：地方自治体における費用負担を考慮した低炭素社会へのロードマップ構築手法の開発, 土木学会論文集, 67 巻 6 号, pp. 225-234, 2011.[Gomi, K.,Kim, J.and Matsuoka, Y.:A methodology for developing a roadmap towards local low-carbon society considering implementation cost, Vol.67, Issue6, pp. 225-234, 2011.]

5) 河瀬玲奈, 松岡譲：世界の 2050 年における温室効果ガス排出削減目標達成の可能性に関する考察,土木学会論文集,エネルギー・資源学会論文誌, 68 巻 5 号, pp. 33-40, 2012.[Kawase, R. and Matsuoka, Y.:Analysis of feasibility for achieving global GHG emission reduction target in 2050, Vol.68, Issue5, pp. 33-40, 2012.]

6) 大城賢, 増井利彦：わが国を対象とした多地域エネルギー技術選択モデルによる 2050 年までの温室効果ガス削減シナリオ分析, 35 巻 4 号, pp. 31-39,2014. [Oshiro, K.and Masui, T.:Analysis of long-term mitigation scenarios in Japan using multi-regional end-use model, Vol.35, Issue4, pp. 31-39, 2014.]

7) 松橋啓介, 石河正寛：家庭と乗用車から生じる市区町村別 CO_2排出量に関する考察,都市計画論文集, 53 巻 3 号, pp. 913-918, 2018. [Matsuhashi, K.and Ishikawa, M.:Astudy on municipal CO_2 emissions from household and passenger-car, Vol.53, Issue3, pp. 913-918, 2018.]

8) 重浩一郎, 坂巻隆史, 西村修：ゼロカーボンシティ実現に向けた再生可能エネルギー導入量と森林吸収量を考慮した市町村の二酸化炭素排出推計, エネルギー・資源学会論文誌, 42 巻 3 号, pp. 158-165, 2021. [Shige, k., Sakamaki, T., Nishimura, O.：Estimation of municipalities' CO_2 emissions for realization of the "Zero carbon cities" considering the amount of renewable energy nad the forest absorption, Vol.42, Issue3, pp. 158-165, 2021.]

9) 環境省大臣官房環境計画課：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）, 2022[アクセス日 2023/1/23] [Ministry of the Environment：Manual for formulation and implementation of execution plan in local municipalities, 2022.]

10) 一般社団法人日本経済団体連合会 21 世紀政策研究所グローバル JAPAN 特別委員会: グローバル JAPAN　—2050 年シミュレーションと総合戦略—, p. 89, 92, 2012 [アクセス日 2023/1/23] [Nihon Keizai dantai rengokai 21seiki seihu kenkyuujyo gurrobaru JAPAN tokubetsu iinkai：Global JAPAN – 2050 simulation and complicated strategy- p. 89, 92, 2012]

11) 北海道経済企画局経済企画課: 「令和元年度道民経済計算年報」2 主要系列表　経済活動別道内総生産, 2019, https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kks/ksk/tgs/keisan-kakuhou.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefecture：Reiwa 1 nendo domin Keizai keisann nenpo, 2syuyou keiretsuhyou, Keizaikatudoubetsu dounaiseisann, 2019]

12) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の世帯数の将来推計（都道府県別推計）, 2019, https://www.ipss.go.jp/pp-pjsetai/j/hpjp2019/gaiyo/data.asp [アクセス日 2023/1/23] [National institute of population and security research：Nihon no setaisuu no syourai suiei, 2019.]

13) 北海道総合政策部: 北海道人口推移・将来推計人口【北海道】, 2022, https://www.harp.lg.jp/opendata/dataset/695.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefecture：Hokkaido jinko suii・syourai suikei jinko, 2022]

14) 北海道環境生活部ゼロカーボン推進局気候変動対策課: 北海道地球温暖化対策推進計画（第 3 次）本編［改訂版］, 2022 [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefecture：Hokkaido chikyu ondanka taisaku suishin keikaku (the 3rd), 2022.]

15) 環境省: 再生可能エネルギー情報提供システム[REPOS（リーポス）], https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/42.html#csvdata [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of the Environment：Renewable energy potential system]

16) 北海道環境・エネルギー局環境・エネルギー課: 新エネルギー賦存量等推計支援ツール, 2012, https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/zcg/fuzonryou_soft.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefecture：Support tool for estimating potential of new energy,etc., 2012]

17) 北海道農政事務所：食と農林水産データライブラリー, 畜産, 2022, https://www.maff.go.jp/hokkaido/toukei/kikaku/database/tikusan/tikusan.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido agricultural administration office：Data library on food, agriculture, forestry, and fisheries, 2022]

18) 経済産業省：2019 年度都道府県別エネルギー消費統計, 2019, https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/results.html#headline2 [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of Economy、Trade and Industry：2019 nendo todouhuken betsu enerugi syohi toukei, 2019]

19) 国土交通省：自動車燃料消費量調査第 8 表, 2019, https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00600370&tstat=000001051698&cycle=8&year=20211&month=0&result_back=1&tclass1val=0 [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of Land、Infrastructure and Transport：Jidosha nenryou shohiryou chousa dai 8 hyo, 2019]

20) 自交総連：燃料種別による CO_2排出量の計算について, 2007, http://www.jikosoren.jp/seisaku/co2/co2-3.html [アクセス日 2023/1/23] [Jiko Souren：Nenryosyubetsu ni your CO_2 haisyutu no keisan ni tsuite, 2007.]

21) 経済産業省資源エネルギー庁：2020 年度総合エネルギー統計, 2020, https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline2 [アクセス日 2023/1/23] [The Agency for Natural Resources and Energy in the Ministry of Economy, Trade and Industry：2020 nendo sogo enerugi toukei, 2020.]

22) 環境省：一般廃棄物処理実態調査, https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/ [アクセス日 2023/6/15] [Ministry of the Environment：Ippan haikibutsu syori jittai chosa]
23) 環境省：産業廃棄物処理状況調査, https://www.env.go.jp/recycle/waste/sangyo.html [アクセス日 2023/6/15] Ministry of the Environment： Sangyo haikibutsu syori jyokyou chousa]
24) 環境省：大気汚染物質排出量総合調査, https://www.env.go.jp/air/osen/kotei/index.html [アクセス日 2023/6/15] [Ministry of the Environment：Taikiosen bussshitsu haisyuturyou sougou chosa]
25) 環境省：温室効果ガス排出・吸収量等の算定と報告, https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/ [アクセス日 2023/6/15] [Ministry of the Environment：Onshitsukoukagasu haisyutsu・kyuusyuuryou tou no santei to houkoku]
26) 環境省：温室効果ガス排出量・算定・報告・公表制度, https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/result [アクセス日 2023/6/15] [Ministry of the Environment：Onsitsukoukagasu haisyuturyo・santei・houkoku・kouhyou seido]
27) 経済産業省:：工業統計調査 2020 年確報地域別統計表, 2021, https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2/r02/kakuho/chiiki/index.html [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of Economy, Trade and Industry：Kogyo toukei chosa 2020 nen Kakuhou chiiki betsu toukei hyo, 2021.]
28) 環境省：フロン類算定漏洩量報告, https://www.env.go.jp/earth/furon/operator/result.html [アクセス日 2023/6/15] [Ministry of the Environment：Furon rui santei roueiryou houkoku]
29) 農林水産省：作物統計調査, https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/ [アクセス日 2023/6/15] [Ministry of Agriculture、Forestry and Fisheries：Sakumotsu toukei chosa]
30) 農林水産省：畜産統計調査, https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/ [アクセス日 2023/6/15] [Ministry of Agriculture、Forestry and Fisheries：Chikusan toukei chosa]
31) 国土交通省：令和 3 年航空管理状況調書, 2021, https://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000185.html [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of Land、Infrastructure and Transport：Reiwa 3 nen kouku kanri jyoukyou chosho, 2021.]
32) 北海道環境生活部ゼロカーボン推進局気候変動対策課：「北海道地球温暖化対策推進計画」に基づく令和２(2020)年度の施策等の実施状況に係る道の点検結果報告書, 2021 [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefecture：Hokkaido chikyu ondanka taisaku suishin keikaku ni motoduku Reiwa 2 nendo no sesaku tou no jissi jyokyou ni kakaru dou no enkenn kekka houkokusyo, 2021]
33) 北海道総合政策部計画局統計課：令和 4 年住民基本台帳人口・世帯数【地域行政局市町村課調べ】, 2022, https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/tuk/900brr/index2.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefecture：Reiwa 4nen jyuumin kihon daiho jinko・setaisuu, 2022.]
34) 北海道運輸局：市区町村別保有車両数年報, 2019, http://wwwtb.mlit.go.jp/hokkaido/touroku/04_siryou_toukei/toukei.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido Department of Transportation：Shityoson betsu hoyu syaryousuu nenpo, 2019]
35) 国土交通省：自動車燃料消費量調査第 9 表, 2021, https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00600370&tstat=000001051698&cycle=8&year=20211&month=0&result_back=1&tclass1val=0 [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of Land、Infrastructure and Transport：Jidousya nenryou shouhiryou chosa dai 9 hyou, 2021.]
36) 北海道：平成 23 年度緊急雇用創出事業による電気自動車（EV）導入普及啓発事業報告書, pp. 4-8, 2011 [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefeture：Heisei 23 nendo kinkyu koyou sousyutu jigyou niyoru EV dounyuu hukyuu keihatsu jigyou houkokusyo, pp.4-8, 2011.]
37) 北海道経済連合会産業振興委員会水素プロジェクトチーム：北海道における水素社会の形成に向けて～CO_2フリー水素の一大供給地を見据えて～, p. 3, 2018 [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido keizai rengokai sangyoushinkou iinkai suiso project team：Hokkaido niokeru suiso shayakai no keisei ni mukete～CO_2 free suiso no ichidaikyoukyuuchi wo misuete～, p.3, 2018/]
38) 経済産業省資源エネルギー庁：第 2 節　部門別エネルギー消費の動向, 2018, https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2020html/2-1-2.html [アクセス日 2023/1/23] [The Agency for Natural Resources and Energy in the Ministry of Economy, Trade and Industry：Dai 2 setsu bumonbetsu enerugi syohi no doko, 2018.]
39) 北海道電力株式会社： 当社の CO_2排出実績について, 2021, https://www.hepco.co.jp/corporate/environment/global_warming/results_co2.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido Electric Power Co., Inc.：Tousya no CO_2 haisyutu jisseki ni tsuite, 2021.]
40) 北海道電力株式会社：電源構成・CO_2排出係数, https://www.hepco.co.jp/corporate/company/ele_power.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido Electric Power Co., Inc.：Dengen kousei・CO_2 haisyutsu keisu,]
41) 水谷圭佑, 石井一英, 落合知, 石川志保：北海道各市町村の温室効果ガス排出・吸収量比の推計と再生可能エネルギー導入効果に関する研究, 第 50 回環境システム研究発表会, p.192, 2022 [Mizutani, K, Ishii, K., Ochiai, S., Ishikawa, S.: Study on estimation of the ratio of greenhouse gas emission and absorption and the effects of introducing renewable energy in each municipality, Hokkaido, Proceedings of 50th Annual Meeting of Environmental Systems Research 2022, p. 192, 2022]
42) 経済産業省: 脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会, 2021 [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of Economy、Trade and Industry：Datsutansosyakai ni muketa

jyuutaku・kenchikubutsu no syou ene taisaku tou no arikata kentokai, 2021.]

43) 公益社団法人自動車技術会: 自動車技術会将来ビジョン ~2050 年チャレンジ~, 2018 [アクセス日 2023/1/23] [Society of Automotive Engineers of Japan, Inc. ：Jidousha gijyutukai syourai vision – 2050 challenge-, 2018.]

44) 三菱重工サーマルシステムズ株式会社：ルームエアコン 2022, p. 2, 2022, https://www.mhi-mth.co.jp/catalogue/index.php?mode=browse&contentsNumber=599 [アクセス日 2023/1/23] [Mitsubishi heavy industries thermal systems, Ltd. ：Room aircon 2022, p.2, 2022.]

45) 三菱電機株式会社： 三菱エコキュート総合カタログ, p.6, 2018, http://www.ryowatechno.co.jp/personal/eco_01.pdf [アクセス日 2023/1/23] [Mitsubishi Electric：Mitsubishi eko kyuto sougou katarogu, p. 6, 2018.]

46) 三菱重工サーマルシステムズ株式会社：寒冷地向け店舗・オフィス用パッケージエアコン, p. 10, 2022, https://www.mhi-mth.co.jp/catalogue/index.php?mode=browse&contentsNumber=601 [アクセス日 2023/1/23] [Mitsubishi heavy industries thermal systems, Ltd. ：Kanreichi muke tenpo・office you pakkegi eakon, p. 10, 2022.]

47) 国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム： 2050 年脱炭素社会実現に向けたシナリオに関する一分析, 2021[アクセス日 2023/1/23] [National Institute For Environmental Studies, AIM project team：2050 nendo datsutanso syakai jitugen ni muketa sinario ni kansuru iti bunseki, 2021.]

48) 北海道環境生活部環境保全局環境政策課：環境影響評価案件, 2023, https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/ksk/assesshp/relevant_projects.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefecture：Kankyo eikyo hyouka anken, 2023.]

49) 北海道建設部住宅局建築指導課： 垂直積雪量, 2022, https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/ksd/kijun/sekisetu.html [アクセス日 2023/1/23] [Hokkaido prefecture：Suichoku sekisetsu ryo, 2022.]

50) 総務省統計局：平成 26 年経済センサス-基礎調査参考表３, 2016, https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200552&tstat=000001072573&cycle=0&tclass1=000001077419&tclass2=000001080237&tclass3val=0 [アクセス日 2023/1/23] [Statistic Bureau、Ministry of Internal Affairs and Communications：Heisei 26 nen keizai sensasu – kiso chosa sankou you 3, 2016.]

51) 国土交通省：港湾統計, 2022, https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00600280&tstat=000001018967&cycle=7&year=20200&month=0&result_back=1&tclass1val=0 [アクセス日 2023/1/23] [Ministry of Land、Infrastructure and Transport：Kouwan toukei, 2022.]

(Received June19, 2023)
(Accepted August 21, 2023)

ESTIMATION OF GREENHOUSE GAS EMISSION AND MITIGATION MEASURES IN HOKKAIDO PREFECTURE AND EACH MUNICIPALITY

Makoto SAITO, Kazuei ISHII, Satoru OCHIAI and Geun-Yong HAM

In this study, considering the main measures set by the national government and Hokkaido prefecture, we estimated the GHG emissions in Hokkaido and each municipality in 2050, assuming that the targets are achieved. The Current estimates of energy-derived CO_2 emissions and non-energy-derived GHG emissions were made based on the Ministry of the Environment's Manual for Formulation and Implementation of Action Plans for Local Governments. BAU without countermeasures was estimated under two scenarios: one using the Keidanren forecast of real GDP and working population, and the other using Hokkaido's historical actual GDP. GHG emissions in 2050 were estimated by setting measures based on the national and Hokkaido government's plans up to 2030. As a result of the analysis, we estimated GHG emissions for all Hokkaido and each municipality using the decarbonization measure targets set by the national and prefectural governments as a basis for the introduction of future measures, and it was considered necessary to further clarify and improve the targets toward 2050.