

令和2年度
先端的な情報通信技術等を活用した廃棄物処理
システムによる脱炭素化支援事業検討委託業務

報告書

令和4年2月

応用地質株式会社

目次

1. 業務の概要	1-1
1.1 業務の目的	1-1
1.2 本事業の位置付け	1-1
1.3 業務実施内容	1-3
(1) 本業務の目的と基本方針	1-3
(2) 支援ツール構築の基本的な考え方	1-3
(3) 実施内容	1-4
2. 調査対象団体の概要	2-1
2.1 調査対象団体の選定	2-1
2.2 調査対象団体の清掃事業の概要	2-2
(1) 調査対象団体の人口および面積等の状況	2-2
(2) 調査対象団体における計画収集人口と排出量の実態	2-3
(3) 調査対象団体における収集運搬の形態	2-5
(4) 調査対象団体における形態別廃棄物運搬量および職員数	2-7
(5) 調査対象団体における生活系可燃ごみ収集運搬量と収集車両との関係	2-8
(6) 調査対象団体における廃棄物処理施設	2-8
2.3 調査対象団体の清掃事業における課題	2-10
(1) 公開情報から収集した課題	2-10
(2) 課題の類型化	2-11
3. 収集運搬効率化ルートの実走行調査および課題の抽出	3-1
3.1 調査対象団体の実走行ルート	3-1
(1) 町田市	3-1
(2) 三郷市	3-3
(3) 松山市	3-6
(4) 三春町	3-9
(5) 石垣市	3-12
3.2 実走行調査の実施方法	3-15
(1) 調査方法	3-15
(2) 安全管理	3-16
3.3 実走行調査の結果	3-18
(1) 町田市	3-18
(2) 三郷市	3-25
(3) 松山市	3-31
(4) 三春町	3-41
(5) 石垣市	3-47
3.4 実走行調査のまとめおよび課題検討	3-55
(1) 実走行調査で見出された課題	3-55
(2) 対策方法	3-56
(3) 実走行調査による調査対象団体の特徴・モデル化	3-57
4. ごみ集積所の最適化に向けた現状調査および課題の抽出	4-1
4.1 調査内容	4-1
(1) 概要	4-1
(2) 調査の方法	4-1
(3) 調査の解析手法	4-2
4.2 AI画像解析によるごみ収集量の推定	4-3
(1) ごみ収集動画の解析手法	4-3
(2) ごみ収集動画の解析	4-7
4.3 目視によるごみ収集量の計測	4-9
(1) 調査の手法	4-9
(2) 調査対象エリア	4-9
(3) 調査対象車両	4-9
(4) 調査結果	4-11
4.4 集積所の属性分析	4-13
(1) 調査の手法	4-13
(2) 調査結果	4-15
(3) ごみ排出状況と関係整理	4-17
4.5 ごみ集積所位置・収集作業時間にもとづくごみ収集量の推定	4-19
(1) 調査の手法	4-19
(2) 調査結果	4-21
5. ごみ集積所の最適化手法の構築	5-1
5.1 ごみ集積所のごみ収集量推定手法の検討	5-1
(1) 収集データ	5-1
(2) ごみ集積所毎のごみ収集量解析方法	5-1
5.2 収集ブロックの再構成の検討手法	5-3
(1) 再構成案1：2つの収集ブロックの統合	5-3
(2) 再構成案2：2つの収集ブロックの再構成	5-4
(3) 再構成案3：3つの収集ブロックの再構成	5-5
5.3 走行データを入手できない場合の収集ブロックの再構成の検討手法	5-6

(1) 収集データ	5-6
(2) 再構成案1：2つの収集ブロックの統合	5-6
(3) 再構成案2：2つの収集ブロックの再構成	5-6
(4) 再構成案3：3つの収集ブロックの再構成	5-7
6. 収集運搬効率化手法等の再検討および支援ツールの見直し	6-1
6.1 脱炭素化およびごみ収集作業効率化の向上のための支援ツールの検討および改良	6-1
(1) 改良案1：区間ごとに平均速度の設定（「収集ルート検索支援ツール」の改良）	6-3
(2) 改良案2：通過できない区間の指定（「収集ルート検索支援ツール」の改良）	6-4
(3) 改良案3：通過地点の順番を指定（「収集ルート検索支援ツール」の改良）	6-5
6.2 二酸化炭素排出量算定方法検討および支援ツールの改良	6-6
(1) 燃料使用量から二酸化炭素量排出量の算定（満タン法）	6-6
(2) 平均旅行速度別原単位を用いた二酸化炭素排出量等の算定（原単位法）	6-7
(3) 満タン法および原単位法の比較	6-9
(4) 本年度業務における算定方法	6-11
(5) 二酸化炭素排出量予測手法	6-11
(6) 支援ツール（燃料消費量解析ツール）の改良	6-16
6.3 支援ツール（収集・積載状況確認ツール）の構築	6-17
(1) 使用データ	6-17
(2) 構築手順	6-17
6.4 支援ツール（収集ブロック再編成検討支援ツール）の構築	6-18
(1) 使用データ	6-18
6.5 ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減する機器、ツール等の使用実態、技術開発、改良等の情報収集ととりまとめ	6-19
(1) ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減する機器、ツールの技術体系	6-19
(2) 各機器、ツールの技術動向	6-20
7. 収集運搬効率化ルートの再構築	7-1
7.1 走行データ収集	7-1
7.2 収集運搬効率化ルートの検討	7-4
(1) 再構成案1：2つの収集ブロックの統合	7-4
(2) 再構成案2：2つの収集ブロックの再構成	7-7
(3) 再構成案3：3つの収集ブロックの再構成	7-10
8. 見直した収集運搬効率化ルートの実走行による再調査および課題の再抽出	8-1
8.1 調査対象団体の実走行ルート	8-1
(1) 町田市	8-1
(2) 三郷市	8-5
(3) 松山市	8-9
(4) 三春町	8-13
(5) 石垣市	8-18
8.2 実走行調査の結果	8-22
(1) 町田市	8-22
(2) 三郷市	8-28
(3) 松山市	8-35
(4) 三春町	8-43
(5) 石垣市	8-53
8.3 実走行調査による結果、課題および対策案	8-61
(1) 実走行調査の結果	8-61
(2) 支援ツールの課題および対策案	8-63
9. 二酸化炭素削減効果等の評価	9-1
9.1 二酸化炭素削減効果等の評価	9-1
(1) 走行ルートの変更による効果	9-1
(2) 収集ブロックの再構成による効果	9-2
9.2 一般廃棄物収集運搬業務の効率化の検討手法の整理	9-3
(1) 実走行試験で適用したシステム	9-3
(2) システム導入等を行わず効率化を促す方法	9-6
9.3 一般廃棄物収集運搬業務の効率化に向けての方向性	9-7
10. 検討会の運営	10-1
10.1 検討会の概要	10-1
(1) 検討会の目的	10-1
(2) 運営内容	10-1
(3) 有識者	10-1
10.2 検討会開催内容	10-2
(1) 検討会の開催日程	10-2
(2) 議事内容	10-5

1. 業務の概要

1.1 業務の目的

「地球温暖化対策計画」(令和3年10月22日閣議決定)に基づき、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指し、さらに「2050年カーボンニュートラル」の実現を目指すために、我が国全体のGHG排出量の約3%を占める廃棄物処理分野のさらなる脱炭素化が求められている。また、国内全体の労働力人口が減少する中で、市区町村等が実施する一般廃棄物処理について、特に担い手不足等が課題となっている。その解決策の一つとして、「第4次循環型社会形成推進基本計画」(平成30年6月閣議決定)等において、収集運搬の効率化・省力化等へのIoT・AI、センシング技術の活用が掲げられている。

市区町村等が実施する一般廃棄物収集運搬業務については、特に担い手の逼迫の観点から効率化に関するニーズがあり、IoT・AI等の活用による集中管理や効率化による脱炭素化が期待されている。

本業務は、単なる収集運搬ルート効率化による脱炭素化(燃費等の削減)だけではなく、IoT・AIなどの先端技術を用いて廃棄物処理全体の工程に活用することで脱炭素化を図る業務である。例えば、処理施設での自動運転システムや最終処分場での施設管理システムと一連で運営管理できるように、収集運搬でのごみ収集量やごみ質などをIoT・AIを使って調査・分析し、収集運搬集中管理システムを構築することにより廃棄物処理全体の脱炭素化につながる基礎的なものとする。また、多種多様な地域の特性に対応した汎用性の高いモデルを構築し、その成果をガイダンスとしてとりまとめ、広く市町村等に周知・普及させることを目的としている。

今年度は、昨年度に策定した理論上の収集運搬効率化ルートを検証し、地域特性に対応した収集運搬効率化ルートの構築等によるモデルを構築することを主目的とし、収集運搬効率化ルートを実走行により調査し、得られた情報を分析・検証して、ガイダンス策定に向けての知見を整理する。

1.2 本事業の位置付け

「地球温暖化対策計画」(平成28年5月閣議決定)では、廃棄物処理における取組みの一環として、「ごみの収集運搬時に車両から発生する温室効果ガスの排出抑制を推進」と明記されている。

「平成30年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO₂対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査(環境省)」では、2030年、2050年に向けた社会経済と廃棄物処理システムの技術要素と将来像の展開イメージ(図1.2-1～図1.2-2)が示されている。ICT活用等による収集運搬作業の効率向上による脱炭素・省CO₂型の廃棄物処理システムの構築の必要性が明記されている。



図 1.2-1 現状と将来社会の姿を踏まえた低炭素・省CO₂型処理システムの技術メニュー例

出典:「平成30年度廃棄物処理システムにおける低炭素・省CO₂対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査(環境省)」(図III-11)を一部改変

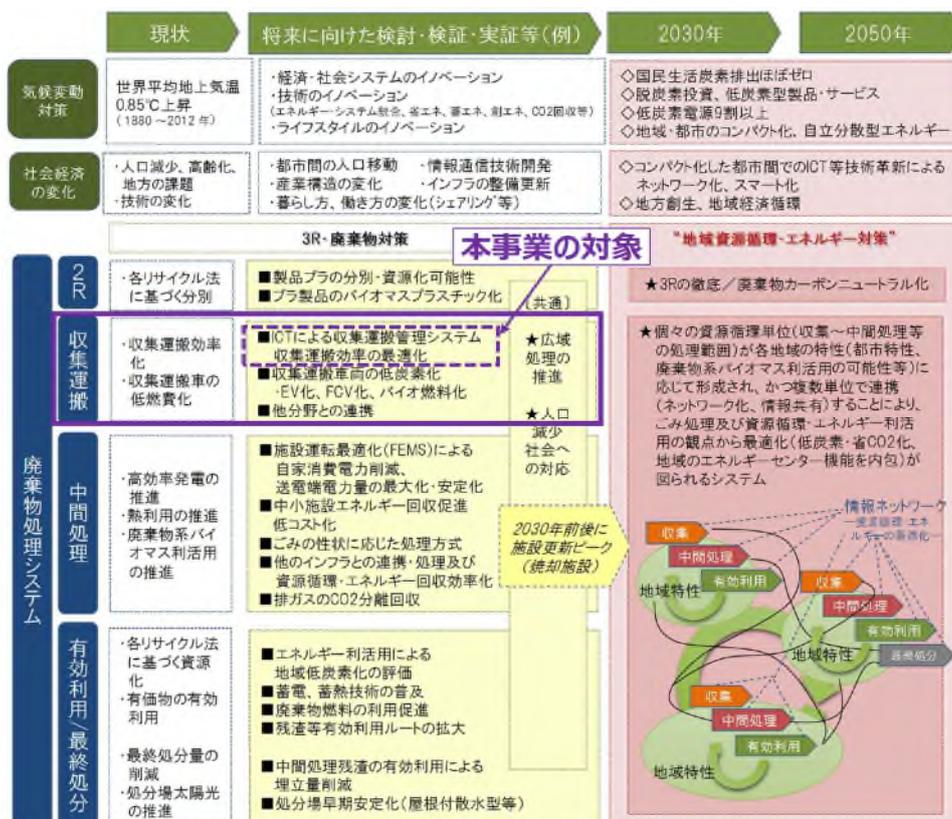


図 1.2-2 各分野の将来社会の姿を踏まえた廃棄物処理システムの展開イメージ例

出典:「平成30年度廃棄物処理システムにおける低炭素・省CO₂対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査(環境省)」(図III-12)を一部改変

1.3 業務実施内容

(1) 本業務の目的と基本方針

本事業は、一般廃棄物収集運搬業務の効率化、ひいては我が国全体の脱炭素化に資するため、多種多様な地域の特性に対応した汎用性の高いモデルを構築し、その成果をガイドランスとしてとりまとめ、広く市町村等に周知・普及させることを目的としている。

そこで本業務は、収集運搬の効率化による脱炭素化モデル事業の検討を主目的とし、一般廃棄物収集運搬作業の最適化を行うための支援ツールを試作し、それを仮運用することで効果を検証・分析を行う。

業務実施に当たり、下記の3点を基本方針とした。

- ①基本方針1：現状 → 収集運搬ルート見直し → ごみ集積所（収集ブロック）見直しの3段階で走行ルートを見直すことで収集運搬の抜本的な見直しにつなげる。
- ②基本方針2：二酸化炭素排出量は、①速度、②距離、③重量の3つのパラメータで決定されることから、類型化精度を高めることで、収集運搬の効率化による脱炭素化の実現可能性を評価する。
- ③基本方針3：支援ツールを使用して机上の収集運搬効率化ルートを実走行することで、ルートの課題を明らかにして、支援ツールの改良を行う。ごみ集積所の実態を把握し、ごみ収集量の評価を行い、収集運搬の運用方法の見直しにつなげる。

(2) 支援ツール構築の基本的な考え方

先端的な ICT 等を活用した作業効率化・脱炭素化に向けて、主に以下の3つの観点から調査・検討し、支援ツールの構築を行った。

1) 一般廃棄物収集運搬効率化ルートの実走行調査および課題の抽出

「令和元年度 先端的な情報通信技術等を活用した廃棄物処理システムによる低炭素化支援事業検討委託業務」（以下、「R 元年度業務」という）で構築した、理論上の収集運搬効率化ルートの課題を明らかにするため、収集運搬効率化ルートの実走行と比較対象となる平時の収集業者が走行しているルートの実走行調査を行う。実走行調査では、机上では把握できない走行ルートの状況や収集作業のボトルネックや、ごみ集積所の障害等を把握して理論と現実のギャップを究明する。

2) 一般廃棄物収集運搬効率化手法等の再検討および支援ツールの見直し

実走行調査により判明した課題を分析し、地域特性や実状に応じた収集運搬効率化手法等の再検討および支援ツールを見直す。あわせて、ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減する機器、ツール等の使用実態、技術開発、改良等の動向を収集し、とりまとめる。

3) ごみ集積所の現状調査および課題の抽出、ごみ集積所の効率的な配置手法、支援ツールの改良・構築

ごみ集積所の利用状況を把握する。ごみ集積所の効率化に向けて現状から見出せる、地域特性を反映した課題を抽出する。ごみ集積所の位置、ごみ収集量の推定、ごみ収集量を考慮したごみ集積所の判定解析手法を検討する。収集ブロックの統廃合、配置の効率化に向けた手法の構築および支援ツールの機能検討・試作を行う。

(3) 実施内容

本業務では次の項目について実施した。

- 1) 調査対象団体の決定
- 2) 収集運搬効率化ルートの実走行調査および課題の抽出
- 3) 収集運搬効率化手法等の再検討および支援ツールの見直し
- 4) 収集運搬効率化ルートの再構築
- 5) ごみ集積所の最適化に向けた現状調査および課題の抽出
- 6) ごみ集積所の最適化手法の構築
- 7) 見直した収集運搬効率化ルートの実走行による再調査および課題の再抽出
- 8) 二酸化炭素削減効果等の評価
- 9) 検討会の設置・運営

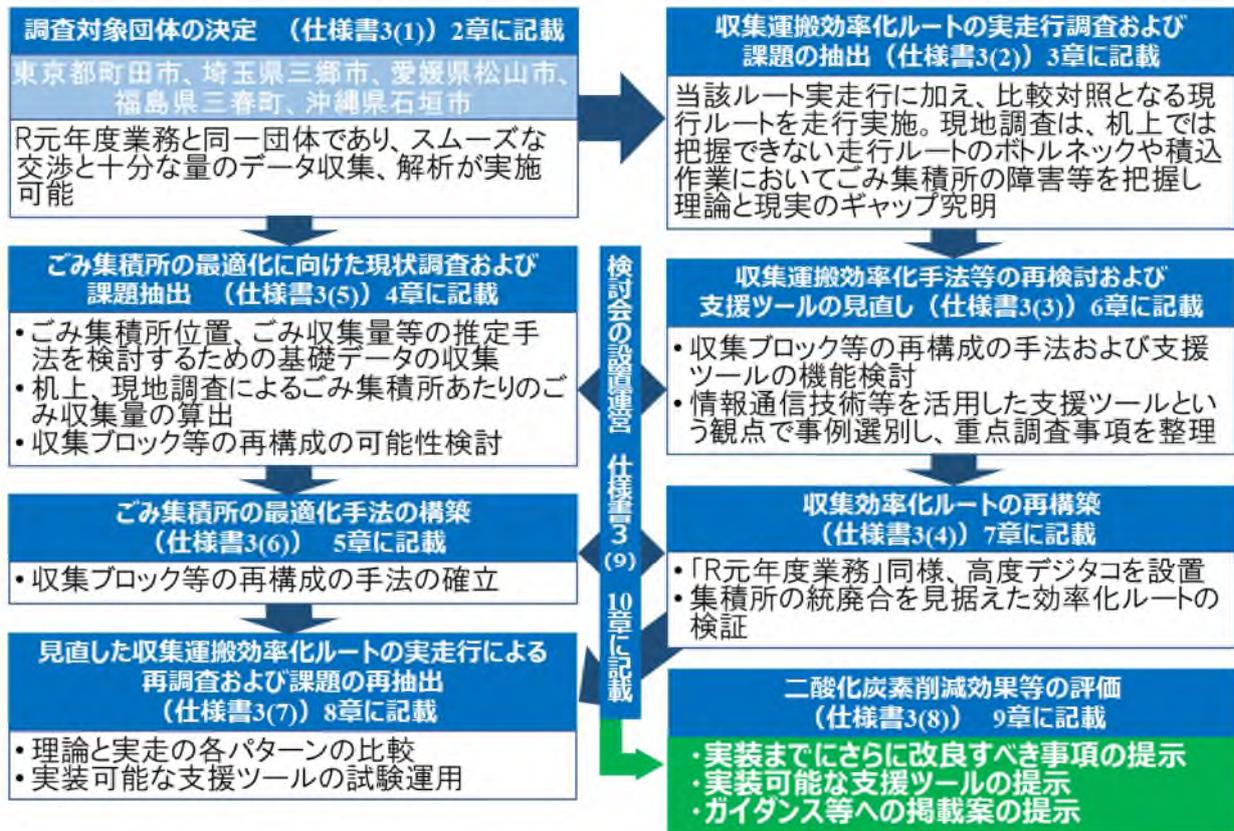


図1.3-1 業務フロー

1) 調査対象団体の決定

調査対象として、多種多様な様態別に対応したモデルを構築できる要素を持った一般廃棄物収集運搬業務を行っている団体を5団体選定することとした。

調査対象団体の選定にあたっては、地区の人口規模、土地利用状況、収集ルート of 範囲・走行距離等を考慮し、市街地、過疎地等といったように特徴が区別できるよう選定するものとした。

2) 収集運搬効率化ルートの実走行調査および課題の抽出

理論上構築した収集運搬効率化ルートの課題を明らかにするため、当該ルートの実走行に加えて、比較対照となる現行ルート走行を行った。現地調査では、机上では把握できない走行ルート上のボトルネックやごみ収集作業においてごみ集積所の障害等を把握して理論と現実のギャップを究明することとした。

3) 収集運搬効率化手法等の再検討および支援ツールの見直し

R 元年度業務で検討した収集運搬効率化手法等について、再検討および支援ツールの見直しを行うこととした。さらに、収集ブロック再編成等の手法および支援ツールの機能検討を行った。

ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減する機器、ツール等を、情報通信技術等を活用した支援ツールという観点で事例を選別し、重点的に調査する事項を整理した。

4) 収集運搬効率化ルートの再構築

R 元年度業務からの連続性を持ったデータ回収により再現性を高めることで、支援ツールの改良に活かすこととした。収集運搬効率化ルートの再構築にあたっては、過年度の経験を踏まえて高度データロガー等の最新・高精度の測定機器を活用し、地域特性を把握可能な効率的なデータ収集作業を行った。

5) ごみ集積所の最適化に向けた現状調査および課題の抽出

机上調査および現地調査結果から、調査対象団体の地域性を反映した個別データを収集し解析することで、調査対象団体の収集ブロック等の再編成の手法を検討することとした。得られた結果から、R 元年度業務からの継続的な検討経緯を踏まえて、地域特性を反映した課題を明確にした。

6) ごみ集積所の最適化手法の構築

5) で実施した調査で収集、整理したデータ、結果を活用し、ごみ集積所の位置、ごみ収集量の推定、ごみ収集量を考慮したごみ集積所の判定解析手法を検討することとした。収集ブロック等の再編成に向けた手法の構築および支援ツールの機能検討・試作を行うこととした。解析手法検討は、国立環境研究所の助言のもとで実施することで、最新の知見を解析手法に反映させた。

7) 見直した収集運搬効率化ルートの実走行による再調査および課題の再抽出

実走行による再調査は、R 元年度業務で構築した「理論上構築した収集運搬効率化ルート」の課題抽出で明らかとなった理論と現実のギャップを解消するために導入する支援ツールと収集ブロック等の再編成の効果を定量的に検証できる調査を行うこととした。そのため、理論と実走の各パターンの比較目的を明確にしたうえで分析を進めた。

8) 二酸化炭素削減効果等の評価

一般廃棄物収集運搬業務の効率化の検討手法を整理するとともに手法毎による二酸化炭素削減効果（メリット・デメリット）とコストの比較を行った。

9) 検討会の設置・運営

上記1)～8)の内容について専門的見地から助言を得るため、学識経験者、関連団体等の有識者をメンバーとする検討会を設置、運営を行った。

検討会は、合計3回開催した。新型コロナウイルス感染拡大を受けて、ハイブリッド開催とした。

2. 調査対象団体の概要

2.1 調査対象団体の選定

多種多様な収集運搬形態、地域特性に対応可能な汎用性の高い収集運搬モデルを構築できるよう、表 2. 1-1 に示す観点から、調査対象団体を選定した。

表 2. 1-1 調査対象団体の選定の観点

調査対象団体選定における観点			
基本的 考え方	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 一般廃棄物収集運搬業務を行っている団体を、人口規模、土地利用状況、収集ルートの範囲・走行距離等を考慮し、市街地、過疎地等といったように特徴が区別できる。 ✓ 単に収集運搬のみではなく、多様な廃棄物処理を実現した団体を選定することで、廃棄物処理システム全体としての脱炭素化支援の情報を収集できる。 		
	要素	要素の詳細	選定における検討内容
観点を構成 する要素	人口密度	市街地、過疎地、市街地・過疎地共存	ごみ集積所の密度、移動距離、交通渋滞等
	ごみ排出量	重量、排出頻度、分別方法	収集時間への影響
	収集方式	ごみ集積所方式、戸別収集方式、併用	収集時間の構成
	運営方法	直営、委託	効率の違い

表 2. 1-1 の調査対象団体の選定の観点と、廃棄物行政上の特徴を踏まえ選定した調査対象団体とその特徴を表 2. 1-2 に、調査対象団体の位置図を図 2. 1-1 に示す。

人口密度が高い都市的地域のモデルとして「町田市（東京都）」および「三郷市（埼玉県）」を、また対照的な農村的地域として「三春町（福島県）」および「石垣市（沖縄県）」を、さらに中間的地域として「松山市（愛媛県）」の合計 5 自治体を、それぞれ選定した。

表 2. 1-2 選定した調査対象団体とその特徴

調査対象団体	自治体状況	集積所密度	交通渋滞	収集方式	面積
町田市（東京都）	市街地	高い	多い	ごみ集積所	狭い
三郷市（埼玉県）	市街地	高い	多い	ごみ集積所	狭い
松山市（愛媛県）	市街地／過疎地	高い／低い	多い／少ない	ごみ集積所	広い
三春町（福島県）	過疎地	低い	少ない	ごみ集積所	狭い
石垣市（沖縄県）	過疎地	低い	少ない	戸別収集	広い



図 2. 1-1 調査対象団体位置図

2.2 調査対象団体の清掃事業の概要

(1) 調査対象団体の人口および面積等の状況

表 2. 2-1 に各調査対象団体の人口および面積等の状況を整理した。5つの調査対象団体のうち、人口が最も多いのは愛媛県松山市であるが、面積も最大であり、人口密度に換算すると 1,191 人/km² と中位に位置する。

人口密度は、東京都町田市が5つの調査対象団体で最も多く、人口集中地区（DID）が自治体面積に占める割合も最も大きくなっている。人口密度が低い福島県三春町、沖縄県石垣市では人口集中地区が自治体面積に占める割合が 0～2%と非常に小さく、農用地、山林・原野が自治体面積の7割程度を占めている。人口密度が多い自治体においても、例えば東京都町田市では土地が東西方向に長いこと、埼玉県三郷市では焼却・資源化処理の一部を熊谷市の事務組合施設に委託していることから、ごみの運搬距離は長くなっている。なお、主要統計と市町統計とで自治体面積が異なる場合があるのは、調査主体が異なることによるものである。

表 2. 2-1 調査対象団体の人口および面積等の状況

項目	単位 区分	都市的地域		中間的地域	農村的地域		
		東京都	埼玉県	愛媛県	福島県	沖縄県	
		町田市	三郷市	松山市	三春町	石垣市	
主要 統計	人口	人	431,079	142,145	511,192	17,018	47,637
	面積	km ²	71.55	30.13	429.35	72.76	229.15
	人口密度	人/km ²	6,024.9	4,717.7	1,190.6	233.9	207.9
	平均年齢	歳	47.4	46.4	47.5	51.2	43.9
	世帯総数	世帯	192,015	60,829	241,234	5,977	22,033
	世帯人数	人/世帯	2.25	2.34	2.12	2.85	2.16
市 町 統計	面積	km ²	71.55	30.22	429.40	72.76	229.15
	人口集中地区	km ² (%)	45.61 (64)	18.51 (61)	68.71 (16)	0.00 (0)	5.15 (2.2)
	農用地	km ² (%)	6.71 (9.4)	4.23 (14)	87.16 (20)	24.81 (34)	69.30 (30)
	山林・原野	km ² (%)	8.51 (12)	0.06 (0.2)	97.20 (23)	26.60 (37)	93.77 (41)
	地勢	-	東西22.3km 南北13.2km 半島のように 神奈川県に突 き出ている	東西5.6km 南北9.5km	東西40.3km 南北42.9km	東西12.5km 南北15.7km	石垣島北東端 から野底半 島、平久保半 島が突き出 ている

出典：2020年都道府県・市区町村別主要統計表（国勢調査），総務省統計局

(2) 調査対象団体における計画収集人口と排出量の実態

調査対象団体における計画収集人口および排出量の実態を表 2.2-2 に整理した。なお「人口」と「計画収集人口」の差異は使用している統計情報が異なること、およびそれらの基準年が異なることに起因している。

表 2.2-2 調査対象団体の計画収集人口・排出量の実態

項目	単位 区分	都市的地域		中間的地域	農村的地域		
		東京都	埼玉県	愛媛県	福島県	沖縄県	
		町田市	三郷市	松山市	三春町	石垣市	
人口	人	431,079	142,145	511,192	17,018	47,637	
人口密度	人/km ²	6,024.9	4,717.7	1,190.6	233.9	207.9	
計画 収集 人口 ・ 排出 量	計画収集人口	人	429,058	142,309	511,537	17,052	49,712
	ごみ総排出量	t/年	120,594	48,672	144,733	6,042	22,023
	計画収集量	t/年	87,086	45,222	110,955	5,033	19,320
	直接搬入量	t/年	22,816	863	33,778	909	2,703
	集団回収量	t/年	10,692	2,587	0	100	0
	1人1日当たり のごみ排出量	g/人・日	768	934	773	968	1,210
生活系ごみ	生活系ごみ	g/人・日	643	693	613	743	667
	事業系ごみ	g/人・日	125	241	160	225	544

出典：2020年 都道府県・市区町村別主要統計表（国勢調査），総務省 統計局
令和元年度 一般廃棄物処理実態調査結果，環境省 環境再生・資源循環局



図 2.2-1 ごみ総排出量と1人1日あたりのごみ排出量の比較

表 2. 2-3 には各調査対象団体における生活系ごみおよび事業系ごみの内訳を整理した。括弧内の数値は、各項目値（年間値）を「1人1日あたりのごみ排出量」に換算したものである。

表 2. 2-3 調査対象団体の生活系および事業系ごみの内訳

項目	単位 区分	都市的地域		中間的地域	農村的地域	
		東京都	埼玉県	愛媛県	福島県	沖縄県
		町田市	三郷市	松山市	三春町	石垣市
人口密度	人/km ²	6,024.9	4,717.7	1,190.6	233.9	207.9
計画収集人口	人	429,058	142,309	511,537	17,052	49,712
ごみ総搬入量	t/年	121,086 (773)	49,008 (943)	144,733 (775)	6,053 (973)	22,023 (1,214)
生活系ごみ搬入量	t/年	101,503 (648)	36,450 (702)	114,756 (615)	4,648 (747)	12,128 (668)
収集量+直接搬入量	t/年	90,319 (577)	33,527 (645)	114,756 (615)	4,537 (729)	12,128 (668)
可燃ごみ	t/年	64,370 (411)	28,072 (540)	85,989 (461)	2,907 (467)	8,227 (453)
不燃ごみ		7,258 (46)	986 (19)	1,547 (8)	191 (31)	1,098 (61)
資源ごみ		15,325 (98)	3,570 (69)	21,270 (114)	1,265 (203)	2,228 (123)
混合ごみ		0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
その他ごみ		133 (1)	28 (1)	175 (1)	16 (3)	0 (0)
粗大ごみ		3,233 (21)	871 (17)	5,775 (31)	158 (25)	575 (32)
集団回収量		t/年	11,184 (71)	2,923 (56)	0 (0)	111 (18)
事業系ごみ搬入量 (収集量+直接搬入量)	t/年	19,583 (125)	12,558 (242)	29,977 (161)	1,405 (226)	9,895 (545)
可燃ごみ	t/年	19,315 (123)	12,197 (235)	28,804 (154)	1,238 (199)	7,611 (419)
不燃ごみ		0 (0)	228 (4)	0 (0)	113 (18)	386 (21)
資源ごみ		268 (2)	133 (3)	380 (2)	28 (4)	1,184 (65)
その他ごみ		0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
粗大ごみ		0 (0)	0 (0)	793 (4)	26 (4)	714 (39)

※括弧内の数値は各項目値の計画収集人口1人あたり換算値（単位：g/人・日）

出典：令和元年度 一般廃棄物処理実態調査結果，環境省 環境再生・資源循環局

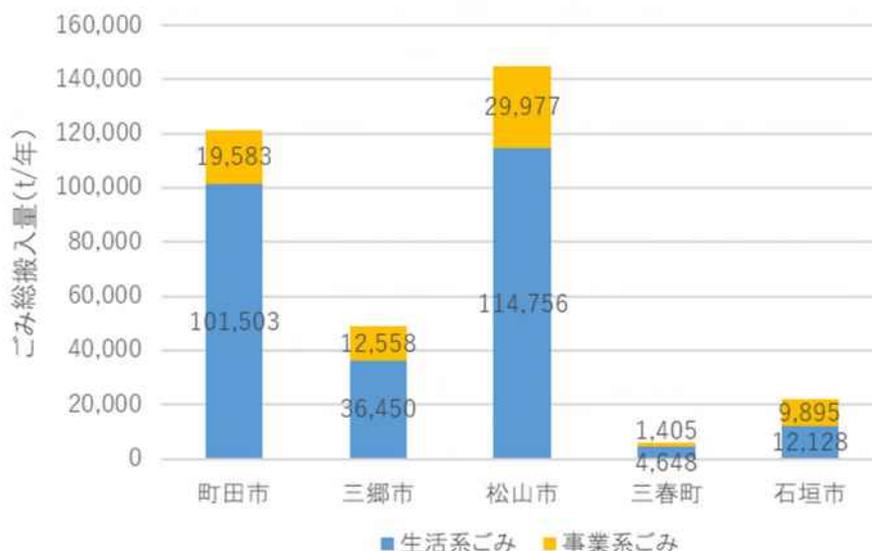


図 2. 2-2 生活系ごみと事業系ごみ搬入量の比較

(3) 調査対象団体における収集運搬の形態

各調査対象団体における一般廃棄物の収集運搬実態に関して、生活系ごみを表 2.2-4 に、また事業系ごみを表 2.2-5 にそれぞれ整理した。生活系の一般廃棄物においては、直営での収集運搬を行っている団体は町田市、松山市、三春町となっているが、それらの団体においても直営と委託の併用となるなど、直営による収集運搬は限定的となっている。事業系については、町田市の可燃ごみ以外はすべて収集無し、もしくは許可となっている。

表 2.2-4 調査対象団体の生活系ごみの収集形態

項目	都市的・中間的・農村的地域の区分						
	都市的		中間的		農村的		
	東京都 町田市	埼玉県 三郷市	愛媛県 松山市	福島県 三春町	沖縄県 石垣市		
生活系	可燃ごみ	直営or委託	直営/委託	委託	直営/委託	委託	
		収集回数(回/週)	2	2	2	2	2
		収集方式	ステーション/各戸収集	ステーション	ステーション	ステーション	各戸収集
	不燃ごみ	直営or委託	委託	委託	直営/委託	委託	
		収集回数(回/月)	2	2	1	1	4
		収集方式	ステーション/各戸収集	ステーション	ステーション	ステーション	各戸収集
	紙・紙バック ・紙製容器包装	直営or委託	委託	委託	委託	委託	
		収集回数(回/月)	4	2	3	2	4
		収集方式	ステーション	ステーション	ステーション	ステーション	各戸収集
	金属類	直営or委託	収集無し	収集無し	委託	委託	
		収集回数(回/月)	—	—	3	2	4
		収集方式	—	—	ステーション	ステーション	各戸収集
	ガラス類	直営or委託	収集無し	委託	委託	委託	
		収集回数(回/月)	—	2	3	2	4
		収集方式	—	ステーション	ステーション	ステーション	各戸収集
	ペットボトル	直営or委託	委託	委託	委託	委託	
		収集回数(回/月)	2	2	2	2	4
		収集方式	ステーション	ステーション	ステーション	ステーション	各戸収集
容器包装プラ ・白色トレイ	直営or委託	委託	収集無し	委託	委託		
	収集回数(回/月)	4(一部地域のみ)	—	4	2	4	
	収集方式	ステーション/各戸収集	—	ステーション	ステーション	各戸収集	
布類	直営or委託	委託	委託	収集無し	委託		
	収集回数(回/月)	4	2	—	2	—	
	収集方式	ステーション	ステーション	—	ステーション	—	
生ごみ	直営or委託	収集無し	収集無し	収集無し	収集無し		
	収集回数(回/月)	—	—	—	—	—	
	収集方式	—	—	—	—	—	
剪定枝	直営or委託	直営	収集無し	収集無し	収集無し		
	収集回数(回/月)	2	—	—	—	—	
	収集方式	ステーション	—	—	—	—	
その他のごみ	直営or委託	委託	委託	収集無し	委託		
	収集回数(回/月)	2	2	—	1	4	
	収集方式	ステーション	ステーション	—	ステーション	各戸収集	
粗大ごみ	直営or委託	委託	委託	直営/委託	直営		
	収集回数(回/月)	不定期	4	不定期	1	4	
	収集方式	各戸収集	各戸収集	各戸収集	各戸収集	各戸収集	

出典：令和元年度 一般廃棄物処理実態調査結果、環境省 環境再生・資源循環局

表 2.2-5 調査対象団体の事業系ごみの収集形態

項目		都市的地域		中間的地域	農村的地域		
		東京都 町田市	埼玉県 三郷市	愛媛県 松山市	福島県 三春町	沖縄県 石垣市	
事業系	可燃ごみ	直営or委託or許可	直営/委託/許可	許可	収集無し	許可	許可
		収集回数(回/週)	2	不定期	—	不定期	不定期
		収集方式	各戸収集	各戸収集	—	その他	各戸収集
	不燃ごみ	直営or委託or許可	収集無し	許可	収集無し	許可	許可
		収集回数(回/月)	—	不定期	—	不定期	不定期
		収集方式	—	各戸収集	—	その他	各戸収集
	紙・紙パック ・紙製容器包装	直営or委託or許可	収集無し	許可	収集無し	許可	許可
		収集回数(回/月)	—	不定期	—	不定期	不定期
		収集方式	—	各戸収集	—	その他	各戸収集
	金属類	直営or委託or許可	収集無し	収集無し	収集無し	許可	許可
		収集回数(回/月)	—	—	—	不定期	不定期
		収集方式	—	—	—	その他	各戸収集
	ガラス類	直営or委託or許可	収集無し	許可	収集無し	許可	許可
		収集回数(回/月)	—	不定期	—	不定期	不定期
収集方式		—	各戸収集	—	その他	各戸収集	
ペットボトル	直営or委託or許可	収集無し	許可	収集無し	許可	許可	
	収集回数(回/月)	—	不定期	—	不定期	不定期	
	収集方式	—	各戸収集	—	その他	各戸収集	
容器包装プラ ・白色トレイ	直営or委託or許可	収集無し	収集無し	収集無し	許可	許可	
	収集回数(回/月)	—	—	—	不定期	不定期	
	収集方式	—	—	—	その他	各戸収集	
布類	直営or委託or許可	収集無し	許可	収集無し	許可	収集無し	
	収集回数(回/月)	—	不定期	—	不定期	—	
	収集方式	—	各戸収集	—	その他	—	
生ごみ	直営or委託or許可	収集無し	許可	収集無し	収集無し	収集無し	
	収集回数(回/月)	—	不定期	—	—	—	
	収集方式	—	各戸収集	—	—	—	
剪定枝	直営or委託or許可	収集無し	収集無し	収集無し	収集無し	収集無し	
	収集回数(回/月)	—	—	—	—	—	
	収集方式	—	—	—	—	—	
その他のごみ	直営or委託or許可	収集無し	許可	収集無し	許可	許可	
	収集回数(回/月)	—	不定期	—	不定期	不定期	
	収集方式	—	各戸収集	—	その他	各戸収集	
粗大ごみ	直営or委託or許可	収集無し	許可	収集無し	許可	収集無し	
	収集回数(回/月)	—	不定期	—	不定期	—	
	収集方式	—	各戸収集	—	その他	—	

出典：令和元年度 一般廃棄物処理実態調査結果、環境省 環境再生・資源循環局

(4) 調査対象団体における形態別廃棄物運搬量および職員数

表 2.2-6 に、調査対象団体におけるごみ分別数、収集運搬の形態別運搬量および職員数を整理した。可燃ごみを直営でも収集しているのは、調査対象団体では町田市と松山市であり、いずれも排出量の 2 割程度を直営で回収している。

表 2.2-6 調査対象団体におけるごみ分別数、収集運搬の形態別運搬量および職員数

項目	単位 区分	都市的地域		中間的地域	農村的地域			
		東京都	埼玉県	愛媛県	福島県	沖縄県		
		町田市	三郷市	松山市	三春町	石垣市		
ごみの分別数	品目	22	7	11	17	9		
廃棄物処理 事業経費	合計	千円	9,039,494	1,068,827	6,449,590	319,566	508,405	
	計画収集人口当り	千円/人・年	21.1	7.5	12.6	18.7	10.2	
ごみ 収集量 (生活系)	可燃ごみ 計	t/年	63,665	28,072	85,234	2,708	7,917	
			直営	16,768	0	13,534	0	0
			委託 許可	46,897 0	28,072 0	71,700 0	2,708 0	7,917 0
	不燃ごみ 計	t/年	7,209	968	1,385	87	623	
			直営	5	0	154	0	0
			委託 許可	7,204 0	968 0	1,231 0	87 0	623 0
	資源ごみ 計	t/年	14,493	3,536	21,178	1,198	2,228	
			直営	574	0	39	0	0
			委託 許可	13,919 0	3,536 0	21,139 0	1,198 0	2,228 0
	その他ごみ 計	t/年	133	28	175	16	0	
			直営	0	0	175	16	0
			委託 許可	133 0	28 0	0 0	0 0	0 0
粗大ごみ 計	t/年	1,586	193	2,983	8	202		
		直営	0	0	2,922	8	0	
		委託 許可	1,586 0	193 0	61 0	0 0	202 0	
ごみ 収集量 (事業系)	可燃ごみ 計	t/年	0	12,197	0	1,016	7,073	
			直営	0	0	0	0	0
			委託 許可	0 0	12,197 0	0 0	1,016 0	7,073 0
	不燃ごみ 計	t/年	0	228	0	0	319	
			直営	0	0	0	0	0
			委託 許可	0 0	228 0	0 0	0 0	319 0
	資源ごみ 計	t/年	0	0	0	0	958	
			直営	0	0	0	0	0
			委託 許可	0 0	0 0	0 0	0 0	958 0
	その他ごみ 計	t/年	0	0	0	0	0	
			直営	0	0	0	0	0
			委託 許可	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
粗大ごみ 計	t/年	0	0	0	0	0		
		直営	0	0	0	0	0	
		委託 許可	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
合計 運搬数量	t/年	17,347	0	16,824	24	0		
		委託	69,739	32,797	94,131	3,993	10,970	
		許可	0	12,425	0	1,016	8,350	
従事職員数	技能職 (収集運搬)	人	89	0	105	0	0	
業者数	ごみ	件	30	7	153	4	7	
	収集運搬	人	357	111	1,432	18	97	

出典：令和元年度 一般廃棄物処理実態調査結果、環境省 環境再生・資源循環局

(5) 調査対象団体における生活系可燃ごみ収集運搬量とごみ収集車両との関係

表 2.2-7 に、生活系可燃ごみ収集運搬量とごみ収集車両との関係を整理した。調査対象団体の中で直営で収集運搬を行っているのは町田市と松山市の2市であり、ごみ収集車両1台・1日あたり運搬量はそれぞれ、1.8t/台・日、1.2t/台・日となった。生活系可燃ごみの収集運搬総量は、松山市が85,234tと最も多く、その他は順に、町田市が63,665t、三郷市が28,072t、石垣市が7,917t、三春町が2,708tであった。総量上位2市のみ直営による収集運搬を行っており、その量は総量の2~3割程度にあたる。

農村的地域である三春町、石垣市のごみ収集車両1台・1日あたり運搬量はその他地域の数値より低めであり、これは人口密度が低く、収集運搬効率が低いことが要因として考えられる。一方、町田市の委託についてはごみ収集車両1台・1日あたり運搬量が直営の半分程度と低い状況にある。

表 2.2-7 調査対象団体における可燃ごみ収集運搬量とごみ収集車両との関係

項目	単位 区分	都市的地域		中間的地域	農村的地域		
		東京都	埼玉県	愛媛県	福島県	沖縄県	
		町田市	三郷市	松山市	三春町	石垣市	
可燃ごみ 計		63,665	28,072	85,234	2,708	7,917	
	直営	16,768	0	13,534	0	0	
	委託	46,897	28,072	71,700	2,708	7,917	
収集車	直営	台	26	0	32	0	0
		t	54	0	42	0	0
	委託	台	137	39	96	12	17
		t	317	89	257	39	24
収集車1台・1日 あたり運搬量	直営	t/台・日	1.8	-	1.2	-	-
	委託	t/台・日	0.9	2.0	2.0	0.6	1.3

出典：令和元年度 一般廃棄物処理実態調査結果、環境省 環境再生・資源循環局

(6) 調査対象団体における廃棄物処理施設

表 2.2-8 に、調査対象団体における廃棄物処理施設の一覧を示した。町田市、三郷市、三春町においては、一部の施設を広域行政組合が管理し、近隣自治体と共用している。

特徴的な施設としては、町田市では剪定枝の資源化センターを有しており、剪定枝を使った堆肥化を行っている。また、同市では、2022年1月からは、町田市バイオエネルギーセンターが稼働している。同施設は、熱回収施設（焼却施設）、不燃粗大ごみ処理施設、乾式メタン発酵施設（バイオガス化施設）を有するごみ処理施設である。首都圏の自治体において乾式メタン発酵施設（バイオガス化施設）は初の取組であり、生ごみの減量の取組として、生ごみ処理機や堆肥化容器を活用した家庭での自家処理を奨める一方で、それでも出てしまった生ごみを資源化するために、バイオガス化施設が導入された。

三郷市にも堆肥化施設があり、事業系生ごみを分別回収し、堆肥化を行っている。また三春町では、田村広域行政組合の管理下ではあるが、田村西部環境センターにてプラスチックのRPF化を実施している。

表 2.2-8 調査対象団体における廃棄物処理施設一覧

項目	都市的地域		中間的地域	農村的地域	
	東京都	埼玉県	愛媛県	福島県	沖縄県
	町田市	三郷市	松山市	三春町	石垣市
焼却施設 (溶融施設含む)	町田市バイオエネルギーセンター 多摩清掃工場※ ※多摩ニュータウン環境組合	第一工場ごみ処理施設※ ※東埼玉資源環境組合	松山市南クリーンセンター 松山市西クリーンセンター 松山市北条クリーンセンター-(R1実績なし) 松山市中島クリーンセンター-(R1実績なし)	田村西部環境センター※ 田村東部環境センター※ ※田村広域行政組合	石垣市クリーンセンター
粗大ごみ処理施設	町田市バイオエネルギーセンター 多摩清掃工場※ ※多摩ニュータウン環境組合	三郷市不燃物処理場	松山市南クリーンセンター 松山市西クリーンセンター	田村東部環境センター※ ※田村広域行政組合	—
資源化等を行う施設	町田市剪定枝資源化センター 東京たまエコセメント化施設※ ※東京たま広域資源循環組合	堆肥化施設※ ※東埼玉資源環境組合	松山市中島リサイクルセンター	三春町沼之倉第2埋立地前処理施設 三春町空缶類選別圧縮施設 三春町清掃センター-資源ごみストックヤード	石垣市ストックヤード
ごみ燃料化施設	—	—	—	田村西部環境センター※ ※田村広域行政組合	—
保管施設	リレーセンターみなみ	—	—	三春町清掃センター-資源ごみストックヤード 田村東部環境センター※ ※田村広域行政組合	石垣市ストックヤード
最終処分場	日の出町二ツ塚廃棄物広域処分場※ ※東京たま広域資源循環組合	三郷市一般廃棄物最終処分場	松山市横谷埋立センター 松山市大西谷埋立センター	三春町沼之倉第2埋立地 一般廃棄物最終処分場※ ※田村広域行政組合	石垣市最終処分場
リユース・リペア施設	—	—	—	—	—
堆肥化施設	町田市剪定枝資源化センター	堆肥化施設※ ※東埼玉資源環境組合	—	—	—

※広域行政組合で管理する施設

出典：令和元年 一般廃棄物処理実態調査結果、環境省 環境再生・資源循環局（町田市については、令和4年1月より町田市バイオエネルギーセンターが稼働したため、修正）

2.3 調査対象団体の清掃事業における課題

(1) 公開情報から収集した課題

調査対象団体における清掃事業、特に収集運搬に関する課題とその対策方針について、各自自治体のホームページやごみ処理基本計画等の公開資料を基に抽出・整理した結果を表 2.3-1 に示す。

表 2.3-1 調査対象団体の清掃事業における課題と対応方針

	課 題	対策方針等
町田市	1ごみの発生抑制に向けた取組の推進(発生抑制、協働、生ごみ削減と資源化) 2資源化率の向上に向けたリサイクルの推進(分別の促進、資源量増加の仕組み) 4社会情勢や環境変化への対応(SDGs達成への啓発、廃棄物に係る最新動向への対応) 3資源ごみの安定的処理(資源化施設早期整備) 5災害対応能力の強化(体制整備、連携強化等) 6確実なごみ収集(効率的な収集・処理体制) 7コスト意識を持った施策展開(費用対効果等)	・市民、事業者との連携強化、協働による取組 ・家庭系ごみの減量(食ロス、プラごみ対策等) ・事業系ごみの減量(事業者への発生抑制、分別の協力を促す取組) ・環境に配慮した資源化施設を整備し、適正かつ安全な処理(エネルギー回収率の高いごみ焼却施設の整備等) ・社会的課題(災害、超高齢化等)への対応強化
三郷市	・1人1日あたりの家庭系ごみの排出量が全国平均より高く、一層の排出抑制が必要 ・リサイクル率の向上、刈り草・剪定枝の資源化施策の強化 ・集団資源回収量が減少傾向、回収量の向上 ・食ロス対策、生ごみリサイクルなど含めた総合的生ごみ削減策の展開 ・ごみ処理施設の老朽化対策、不法投棄防止	方針1:5Rが根付いた地域社会の形成 方針2:市民・事業者・市の役割分担とパートナーシップによる地域循環の推進 方針3:安心・安全で環境負荷が少なく、強靱な処理体制の構築
松山市	①ごみ減量:環境負荷を低減し、ごみ処理経費を削減するため一層のごみ減量推進が必要 ②リサイクル:循環型社会を一層進展させるためには、リサイクル推進も重要 ③ごみ処理体制:南クリーンセンターの老朽化への対応 ごみ処理の効率化	方針1.市民・事業者・行政のパートナーシップで、3Rを一層推進 →情報共有・普及啓発、循環社会の形成 方針2.排出から最終処分まで、適正処理を確保→排出ルート整備、指導・監視の徹底、収集/中間処理/最終処分の適正化 方針3.社会情勢の変化に対応した、持続可能なごみ処理体制構築→環境課題(気候変動等)、社会課題(人口減少等)への対応
三春町	近年ごみ排出量の増加に伴い焼却処理量の増加が進んでおり、炉への負担軽減に向けた対応が必要 ごみ処理の合理化・効率化	・ごみの減量や資源の分別徹底 ・焼却炉の長寿命化計画等検討(田村東部環境センターの老朽化に伴い処理能力が低下) ・焼却施設の統廃合(将来は施設を集約し1箇所とする計画)
石垣市	・ごみ排出量、排出抑制への取組(生活系、事業系ごみの排出抑制、手数料の適正化) ・収集運搬(ごみ問題に対する意識高揚、事業者への啓発、適正処理ルート確保等) ・中間処理及び最終処分(焼却施設の基幹改造、ストックヤード増設等) ・資源化への取組(品目見直し、蛍光灯資源化、生ごみ草木類の資源化等) ・大規模災害時におけるごみ等処理(災害時のごみ処理に関する事項の検討)	基本方針:①排出抑制、②資源化、③適正処理 (排出抑制策) ・ごみ処理手数料見直し ・マイバッグ運動の推進 ・エコ商品の購入・使用推奨 ・分別出前鋼材開催

出典:第2次町田市一般廃棄物資源化基本計画(令和3年3月)、三郷市一般廃棄物処理基本計画(令和2年3月)、松山市一般廃棄物(ごみ)処理基本計画(令和3年3月)、田村広域行政組合:一般廃棄物処理基本計画(平成27年3月)、石垣市一般廃棄物処理基本計画(平成30年3月)

(2) 課題の類型化

表 2.3-1 に示された課題について、本事業の目的である「収集運搬の効率化による脱炭素化モデル事業の検討のために、一般廃棄物収集運搬作業の最適化を行うための支援ツールを用いること」への適用性を検討するために、課題の類型化を行い調査対象団体の清掃事業における課題に対するニーズを検証した。結果は表 2.3-2 に示すとおりであり、本事業の収集運搬の効率化・脱炭素化のための支援ツールの試作・仮運用のための基礎情報とした。

表 2.3-2 調査対象自治体における課題の類型化

課題(ニーズ)	収集運搬の効率化(本事業)との関連性	
ごみ処理費用コスト削減	処理だけでなく収集運搬も効率化すること、収集運搬運営費や委託費を縮減	直接関連
SDGs 達成への貢献	収集運搬効率の向上に伴う、燃料消費量削減、大気環境保全等に貢献する。	
再資源化(リサイクル)率の向上	収集運搬の効率化により、回収量の向上・再資源化率の向上が期待	
ごみ回収効率・資源回収量の向上	収集運搬の効率化により回収量の向上が期待	
ごみ分別・排出ルールの特発	収集運搬の効率化に伴うごみ分別・排出ルールの検討と関連	
ごみ収集の安全性・利便性・経済性	収集運搬の効率化のためのツールにより安全性・利便性・経済性の向上が期待	
ごみ焼却処理量の増加 焼却炉負担軽減	収集運搬効率化による間接的なごみ排出量の減少を期待	間接関連
ごみ処理の合理化・効率化	収集運搬効率化による間接的なごみ処理の合理化・効率化を期待	
ごみ処理施設の長寿命化	ごみの広域処理等の施設のあり方に関して、ルート最適化等の収集運搬の効率化に合わせた検討が有効	
生ごみの再資源化、食ロス対策	収集運搬の効率化による生ごみの分別回収余力の創出	
大規模災害への備え	災害発生時にも機能する収集運搬システムの確立への適用を期待	
ごみ排出抑制の必要性	収集運搬効率化による間接的なごみ排出量の減少を期待	

3. 収集運搬効率化ルートの実走行調査および課題の抽出

3.1 調査対象団体の実走行ルート

調査対象団体における実走行調査の調査ルートの選定理由および特徴を記載する。

実走行調査は、R 元年度業務で構築した、理論上の収集運搬効率化ルート（以下、「効率化ルート」という）の課題を明らかにするため、比較対象となる平時の収集作業者が走行しているルート（以下、「現行ルート」という）についても調査を実施した。机上では把握できない走行ルートの状況、収集作業におけるボトルネック、ごみ集積所での障害等を把握して理論と現実のギャップを究明することとした。

なお、ここでは1車両での走行ルートを見直すことで効率化の検証を実施した。

(1) 町田市

調査対象として選定した業者は、おおむね午前中に1回、午後には1回処理施設にごみを搬入しているパターンが比較的多い。ごみ収集車両の多くは、まとまっている収集ブロックを回り処理施設に搬入している。調査対象とした現行ルートに関しては離れている2つの収集ブロックを事務所から近いところから収集している（図3.1(1)-2参照）。そのため、最後のごみ集積所から処理施設までの距離が長く、積載量が多い状態での走行距離および走行時間が長いことが分かった。

そこで、効率化ルートは、遠い収集ブロックから収集することと、収集ブロック内の距離を短くするルートを検討した。なお、現行ルート②と効率化ルート②では、2つの収集ブロック間が離れているため収集ブロック1、収集ブロック2とし、収集ブロック間の移動は移動区間と設定した。

実走行調査を実施した走行ルートを図3.1(1)-1～図3.1(1)-4に示す。

現行ルート①：事務所⇒収集ブロック（51箇所）⇒処理施設

現行ルート②：事務所⇒収集ブロック1（49箇所）⇒収集ブロック2（20箇所）⇒処理施設

効率化ルート①：事務所⇒収集ブロック（70箇所）⇒処理施設

現行ルート①の収集ブロック1の一部（19箇所）を含めている

効率化ルート②：事務所⇒収集ブロック1（20箇所）⇒収集ブロック2（30箇所）⇒処理施設

効率化ルート①に含めたごみ集積所を除いている



図3.1(1)-1 現行ルート①



図 3.1(1)-2 現行ルート②



図 3.1(1)-3 効率化ルート①



図 3.1(1)-4 効率化ルート②

(2) 三郷市

調査対象として選定した業者は、おおむね午前1回、午後1～2回処理施設にごみを搬入しているパターンが比較的多い。また、住宅街ではごみ集積所の間隔が密であるため戸別収集に近いこと、処理施設が市外にあるため、収集ブロックからの距離が長いことが特徴である。

そこで、走行距離を短くすることで走行時間を短縮し、二酸化炭素排出量の削減効果が大きくなるように効率化ルートを検討した。

現行ルート①の収集ブロック内の走行はすでに効率化されていることが分かったため、収集ブロックから処理施設までの移動区間の距離を短くすることで効率化を図った。現行ルート②は収集ブロック内の回り方および処理施設から収集ブロック、収集ブロックから処理施設の移動区間において距離を短くすることで効率化を図った。

実走行調査を実施した走行ルートを図3.1(2)-1～図3.1(2)-4に示す。

現行ルート①：事務所⇒収集ブロック（50箇所）⇒処理施設

現行ルート②：処理施設⇒収集ブロック（54箇所）⇒処理施設

効率化ルート①：事務所⇒収集ブロック（50箇所）⇒処理施設

効率化ルート②：処理施設⇒収集ブロック（54箇所）⇒処理施設



図3.1(2)-1 現行ルート①



図 3.1(2)-2 現行ルート②



図 3.1(2)-3 効率化ルート①



図 3.1 (2)-4 効率化ルート②

(3) 松山市

調査対象として選定した業者は、おおむね午前中に1回、午後には1回処理施設にごみを搬入しているパターンが比較的多い。ごみ収集車両の多くは、近接する収集ブロックを回り処理施設に搬入している。調査対象とした収集ルートは、1周目は事務所から遠いところの収集ブロックから(図3.1(3)-1参照)、2周目は事務所から近い収集ブロック(図3.1(3)-2参照)から収集している。

現行ルート①の事務所から収集ブロックまでの移動距離および収集ブロック内の距離を短くしたルートが効率化ルート①である。現行ルート②はすでに効率化されており現状のままとした。

ごみ搬入量からも現行ルート①と現行ルート②をまとめて収集することが可能であることが分かった。事務所から近いのは現行ルート②の収集ブロックである。遠い収集ブロックから収集する効率化ルート(現行ルート①⇒②)と近い収集ブロックから収集する効率化ルート(現行ルート②⇒①)の2つの効率化ルートと比較することで、削減効果を検証した。

実走行調査を実施した走行ルートを図3.1(3)-1～図3.1(3)-5に示す。

- 現行ルート① : 事務所 ⇒ 収集ブロック (4箇所) ⇒ 処理施設
- 現行ルート② : 処理施設 ⇒ 収集ブロック (6箇所) ⇒ 処理施設
- 効率化ルート① : 事務所 ⇒ 収集ブロック (4箇所) ⇒ 処理施設
- 効率化ルート(現行①⇒②) : 事務所 ⇒ 収集ブロック (10箇所) ⇒ 処理施設
- 効率化ルート(現行②⇒①) : 事務所 ⇒ 収集ブロック (10箇所) ⇒ 処理施設

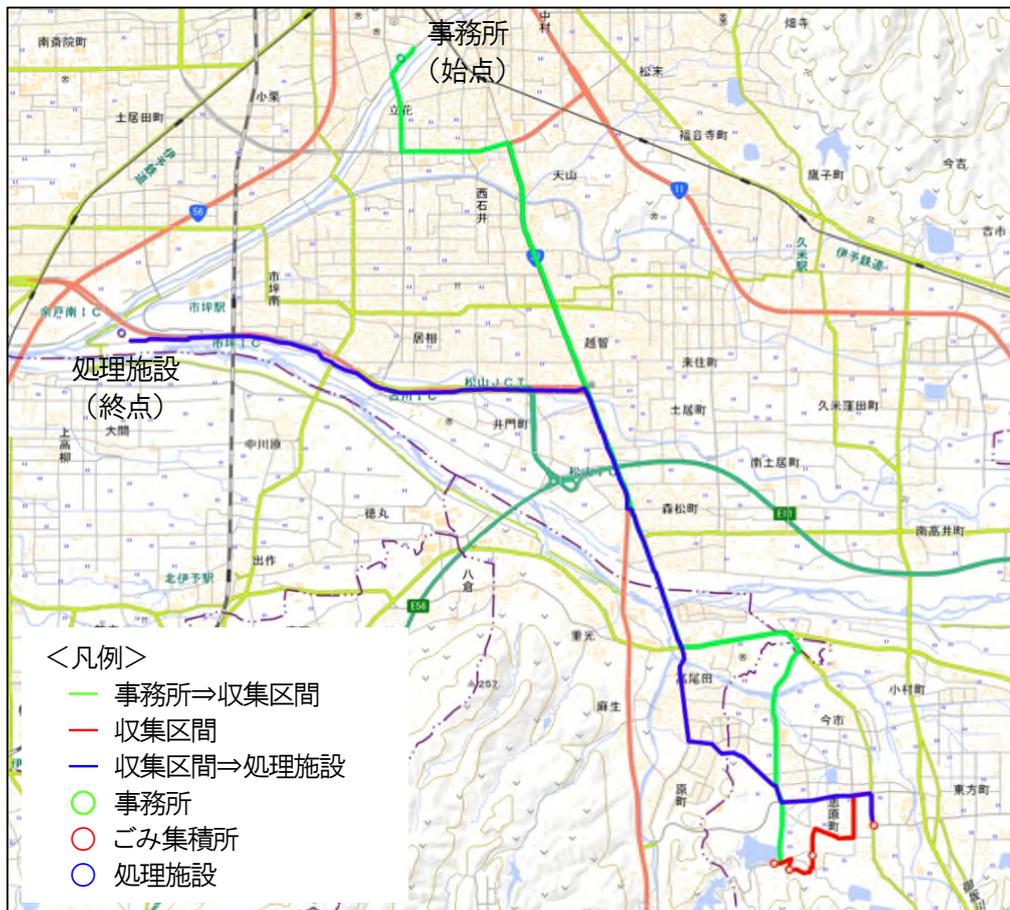


図3.1(3)-1 現行ルート①

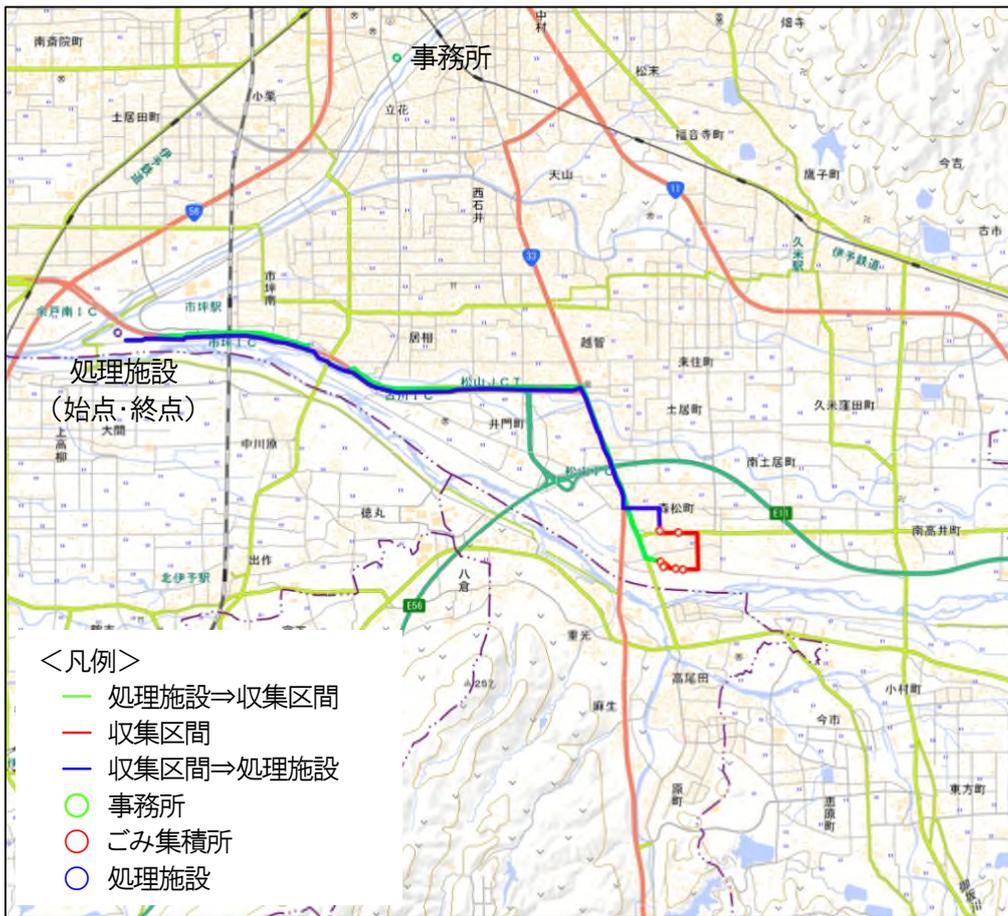


図 3.1(3)-2 現行ルート②

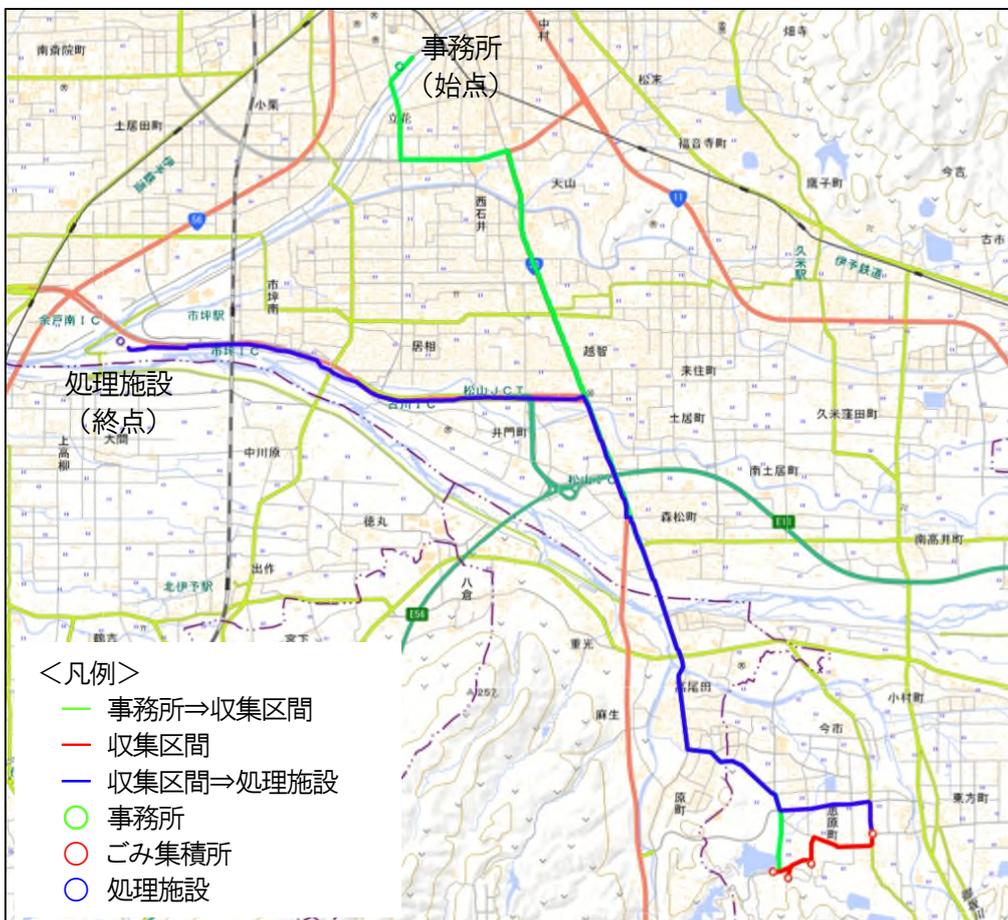


図 3.1(3)-3 効率化ルート①

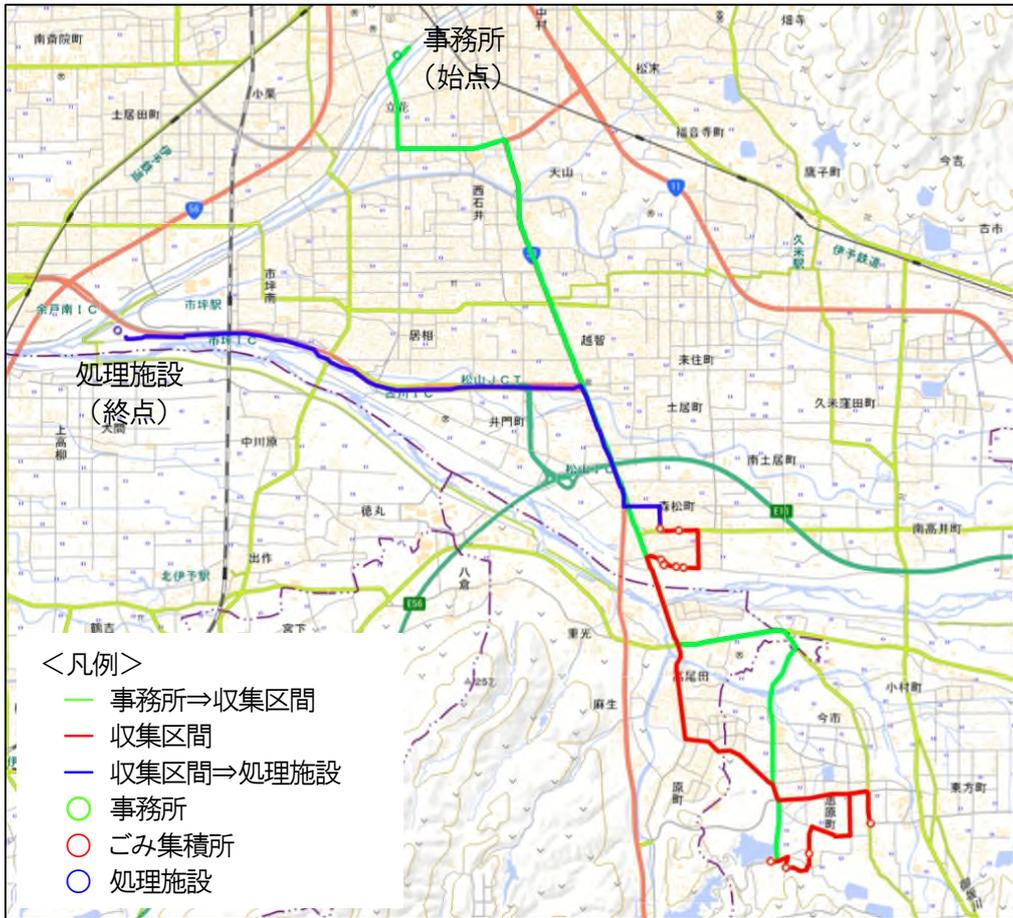


図 3.1(3)-4 効率化ルート (現行①⇒②)

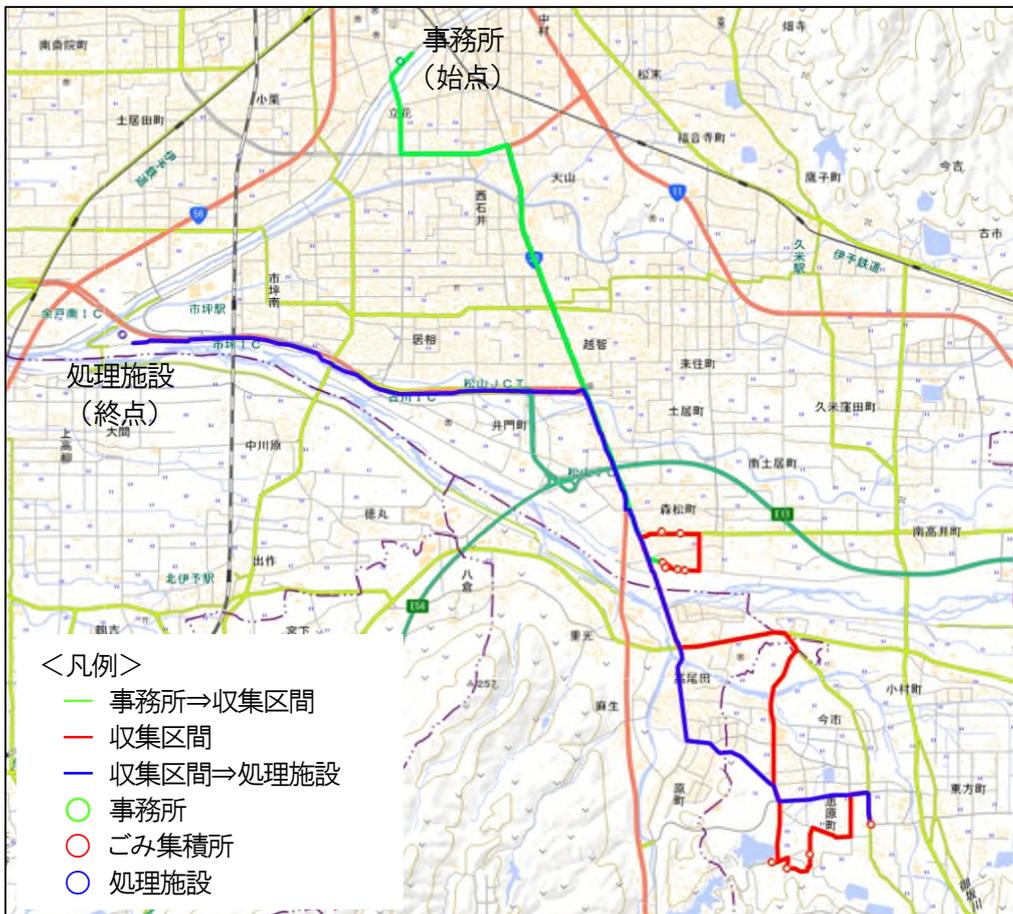


図 3.1(3)-5 効率化ルート (現行②⇒①)

(4) 三春町

調査対象として選定した業者は、おおむね午前から昼過ぎにかけて2回処理施設にごみを搬入しているパターンが多い。交通量やごみ集積所の密度は、都市的地域の調査対象団体より少なく、平均速度は比較的速くなることが分かった。また、ごみ集積所の間隔が長いいため収集区間の距離が長いことが特徴である。

そこで、移動距離を短くすることで走行時間を短縮し、二酸化炭素排出量の削減が大きくなるように効率化ルートを検討した。

現行ルート①はUターンによる距離の増加を少なくすることで移動距離を短くし、現行ルート②は収集ブロックから処理施設までの距離区間が短くなるようにした。

実走行調査を実施した走行ルートを図3.1(4)-1～図3.1(4)-4に示す。

現行ルート①：事務所 ⇒ 収集ブロック (29箇所) ⇒ 処理施設

現行ルート②：処理施設 ⇒ 収集ブロック (18箇所) ⇒ 処理施設

効率化ルート①：事務所 ⇒ 収集ブロック (29箇所) ⇒ 処理施設

効率化ルート②：処理施設 ⇒ 収集ブロック (18箇所) ⇒ 処理施設



図3.1(4)-1 現行ルート①

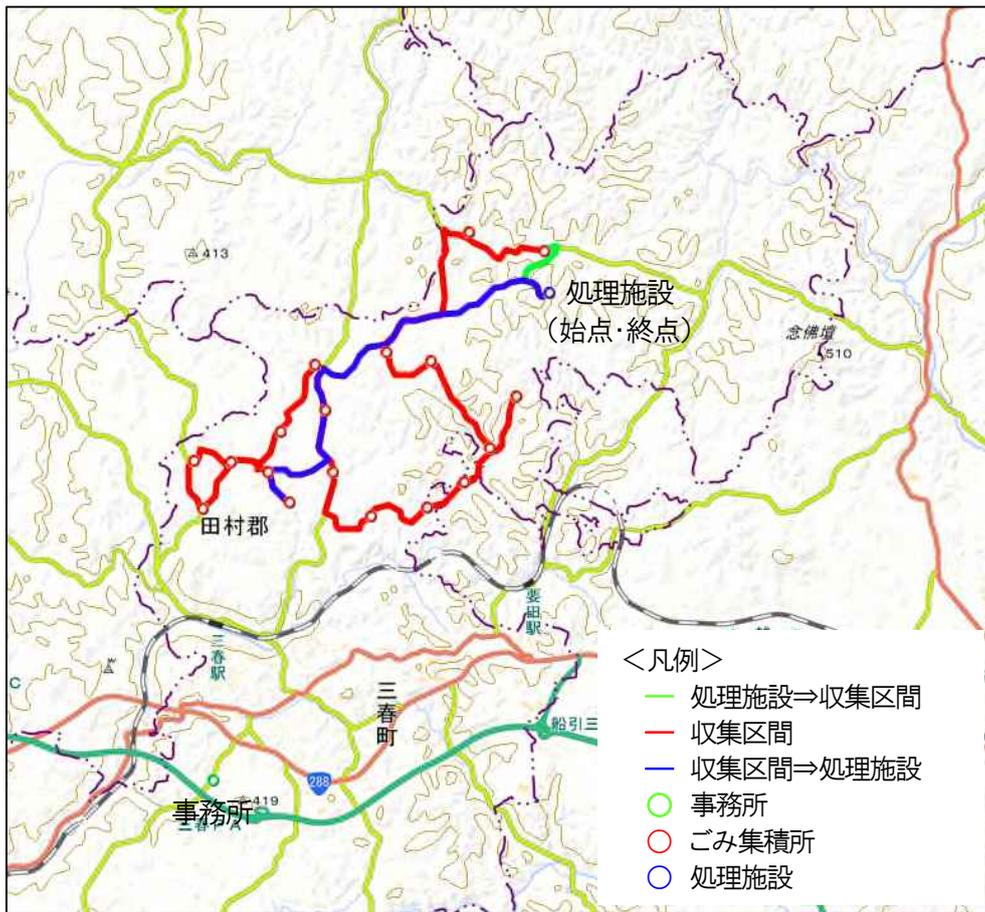


図 3.1(4)-2 現行ルート②

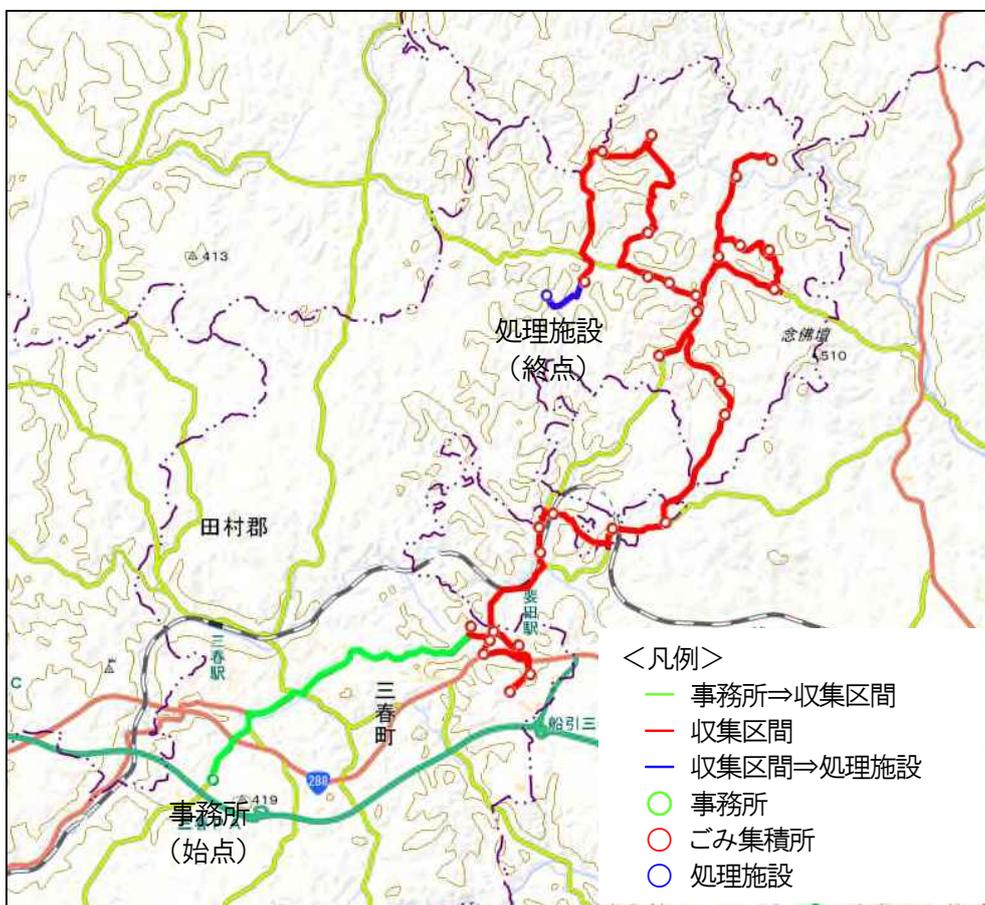


図 3.1(4)-3 効率化ルート①



図3.1(4)-4 効率化ルート②

(5) 石垣市

調査対象として選定した業者は、おおむね午前2回、午後に1回処理施設にごみを搬入しているパターンが比較的多い。交通量は、都市的地域の調査対象団体より少なく、平均速度は速くなることが分かった。戸別収集方式であることから、1軒ごとにごみ集積所があるとみなすことができ、ごみ集積所の密度は町田市、三郷市と同程度もしくは高いことが想定される。したがって、速度については、移動区間は三春町と、収集区間は町田市や三郷市と同程度であることが想定された。

効率化ルートは下記3点を考慮して選定した。

- ・収集ブロック内の移動距離の削減
- ・処理施設から遠い収集ブロックからの収集を開始する（重量の効果）
- ・移動区間の移動距離の削減

実走行調査を実施した走行ルートを図3.1(5)-1～図3.1(5)-5に示す。

現行ルート① : 事務所 ⇒ 収集ブロック ⇒ 処理施設

現行ルート② : 処理施設 ⇒ 収集ブロック ⇒ 処理施設

効率化ルート①-1 : 事務所 ⇒ 収集ブロック ⇒ 処理施設 : 収集ブロック内の移動距離削減

効率化ルート①-2 : 事務所 ⇒ 収集ブロック ⇒ 処理施設

: 処理施設から遠い収集ブロックからの収集開始

効率化ルート② : 処理施設 ⇒ 収集ブロック ⇒ 処理施設 : 移動区間の移動距離削減



図3.1(5)-1 現行ルート①



図 3.1(5)-2 現行ルート②



図 3.1(5)-3 効率化ルート①-1



図 3.1(5)-4 効率化ルート①-2



図 3.1(5)-5 効率化ルート②

3.2 実走行調査の実施方法

(1) 調査方法

通常のごみ収集車両（パッカー車）を使用することは、地元住民への混乱が生じることや試験用のごみ収集車両の確保が困難だったため、2t 車両（2t 平ボディ等）を用いて調査を実施することとした。2t 車両は、ごみ収集車両に模した試験車と模擬ごみを運搬するための補助車の2台用意した。

実走行調査は図 3.2(1)-1 に示すとおり、2t 車2台が適度な車間距離を保ちつつ走行し、ごみ集積所付近の安全な場所で停車する。停車したら模擬ごみに見立てたウェイトを補助車から試験車に移し替えていくことで、模擬的に家庭ごみの収集作業を行った。

調査中の走行データ（走行位置、車速加速度、走行距離等）を記録するため、2t 車2台には図 3.2(1)-2 に示す、R 元年度業務より使用しているデジタルタコグラフ（矢崎エネルギーシステム株式会社製）の設置を行った。また、模擬ごみとして代用したものはレンタルできるバリケード用鉄おもし（ウェイト）を用いた。なお、石垣市では適切なウェイトがなかったため、一定量の砂を詰めた土のう袋で代用した。それぞれの模擬ごみを写真 3.2(1)-1 に示す。



図 3.2(1)-1 実走行調査の模式図



図 3.2(1)-2 実走行調査で設置したデジタルタコグラフ

出典：矢崎エナジーシステム株式会社HP：<http://www.yazaki-keiso.com/pdf/catalog/dtg5.pdf>



写真 3.2(1)-1 模擬ごみ（左：バリケード用鉄おもし、右：土のう）

(2) 安全管理

実走行調査前には作業員全員で KY 活動を行い、作業の危険ポイントを抽出し事故防止対策に努めた。作業の変更等が生じた際は再度、作業員全員で KY 活動を行い作業手順の確認を実施した（図 3.2(2)-1 参照）。

新型コロナウイルス対策として、実走行調査中は地元の収集業者や住民の方と接触しないよう事前に収集時間を把握することで、調査時間帯をずらす等の対策を行った。万が一、調査中に収集業者のごみ収集車両を確認した際は一定の距離をとり収集業者の収集作業に支障がないよう配慮した。車内では定期的に窓を開け空気の循環および作業前、お昼休憩中、作業終了後に作業員の体調を確認し、KY 活動用紙記録に記録をおこなった。

自治体より、実走行調査を実施することを住民へ周知してほしい等の要望があった際は事前に広報誌へ調査を行う旨の掲載を行った（図 3.2(2)-2 参照）。

実走行調査中は、車両の前方、後方に調査中のマグネットシートを貼り付けること（写真 3.2(2)-1 参照）や作業員は、全員腕章をつけることで周囲に調査中であることを周知し、調査による住民の不安感の軽減に努めた。

3.3 実走行調査の結果

以下より各自治体で実施した実走行調査の結果を示す。結果は走行時間、走行距離、二酸化炭素排出量、速度の観点で述べた。

(1) 町田市

実走行調査は、各ルートそれぞれ2～3回の調査を実施している。調査の日程については以下のとおりである。以降より示す結果は2～3回走行した平均値である。

表 3.3(1)-1 実走行調査の日程

走行ルート	日時
現行ルート①	1回目:2021/12/20 10:50~13:01 (131分)
	2回目:2021/12/21 9:37~12:01 (144分)
現行ルート②	1回目:2021/12/21 12:57~16:15 (199分)
	2回目:2021/12/22 10:25~13:40 (195分)
	3回目:2021/12/23 6:37~ 9:44 (187分)
効率化ルート①	1回目:2021/12/22 6:33~ 9:37 (184分)
	2回目:2021/12/22 14:31~17:43 (192分)
	3回目:2021/12/23 10:24~13:16 (172分)
効率化ルート②	1回目:2021/12/20 13:50~16:27 (158分)
	2回目:2021/12/21 6:29~ 9:05 (156分)
	3回目:2021/12/23 14:18~16:46 (148分)

1) 走行時間

走行時間の比較結果を表 3.3(1)-2 および図 3.3(1)-1～図 3.3(1)-2 に示す。

効率化ルートは、事務所から遠い収集ブロックより先に収集するため、事務所から収集ブロックまでの移動区間の走行時間は現行ルートより約 42%増加した。最後のごみ集積所（収集ブロック）から処理施設までの移動区間の走行時間は約 38%削減された。全体的には、現行ルートと効率化ルートはほぼ変わらない結果となった。

表 3.3(1)-2 走行時間の比較結果

		走行時間(分)					合計
		移動区間	収集区間	移動区間	収集区間	移動区間	
		事務所⇒ 収集ブロック	収集ブロック 1	収集ブロック ⇒ 収集ブロック	収集ブロック 2	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①	20.3	53.1	-	-	22.6	96.0	
現行ルート②	7.5	57.8	31.4	17.1	17.0	130.6	
効率化ルート①	21.4	84.2	-	-	13.2	118.8	
効率化ルート②	18.2	16.2	25.1	37.8	11.5	108.8	
合計	現行	27.8	110.9	31.4	17.1	39.6	226.7
	効率化	39.6 (42%増加)	100.4 (42%増加)	25.1 (20%削減)	37.8 (127%増加)	24.7 (38%削減)	227.5 (0.4%増加)

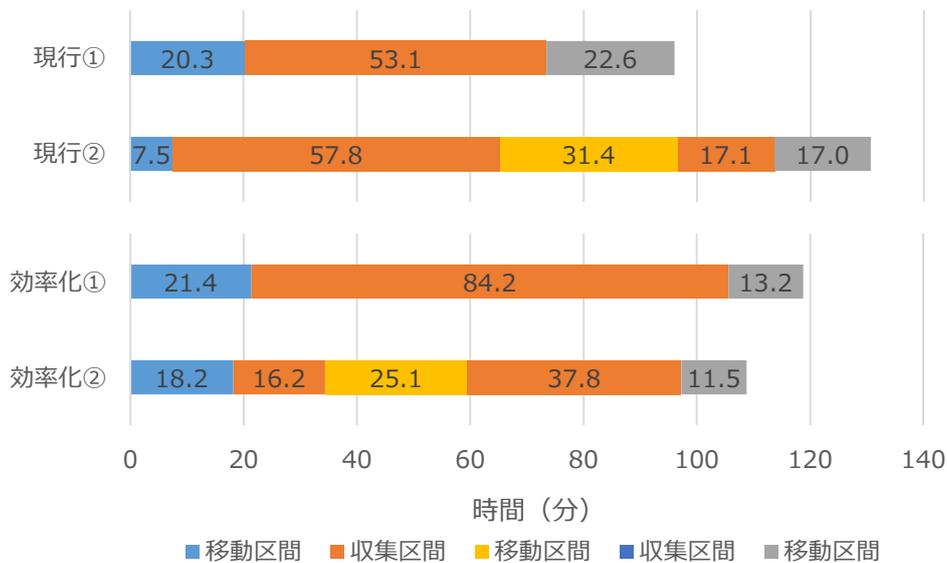


図 3.3(1)-1 各ルートの走行時間

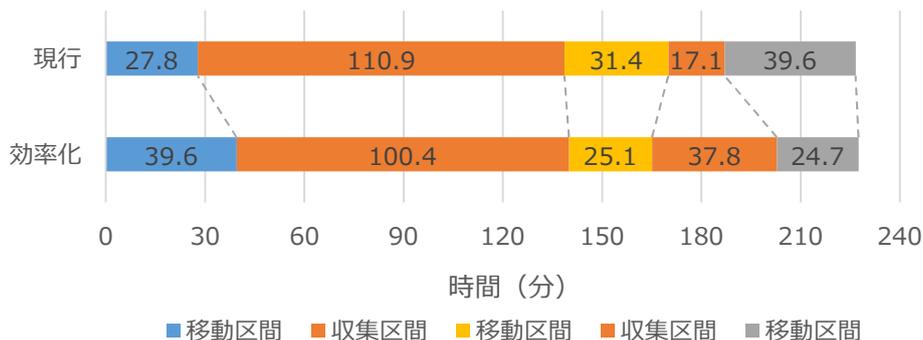


図 3.3(1)-2 走行時間の比較結果

2) 走行距離

走行距離の比較結果を表 3.3(1)-3 および図 3.3(1)-3～図 3.3(1)-4 に示す。

効率化ルートは、事務所から遠い収集ブロックより先に収集するため、事務所から収集ブロックまでの移動区間の走行距離は現行ルートより約 28%増加した。最後のごみ集積所（収集ブロック）から処理施設までの移動区間の走行距離は約 38%削減された。全体的には現行とほぼ変わらない結果となった。

表 3.3(1)-3 走行距離の比較結果

		走行距離(m)					合計
		移動区間	収集区間	移動区間	収集区間	移動区間	
		事務所⇒ 収集ブロック	収集ブロック 1	収集ブロック ⇒ 収集ブロック	収集ブロック 2	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①		7,535	6,129	-	-	7,801	21,465
現行ルート②		2,877	10,021	10,846	3,329	5,691	32,764
効率化ルート①		7,719	12,299	-	-	4,775	24,793
効率化ルート②		5,574	3,267	10,843	6,684	3,619	29,986
合計	現行	10,412	16,149	10,846	3,329	13,492	54,229
	効率化	13,293 (28%増加)	15,566 (4%削減)	10,843 (-)	6,684 (101%増加)	8,394 (38%削減)	54,779 (1%増加)

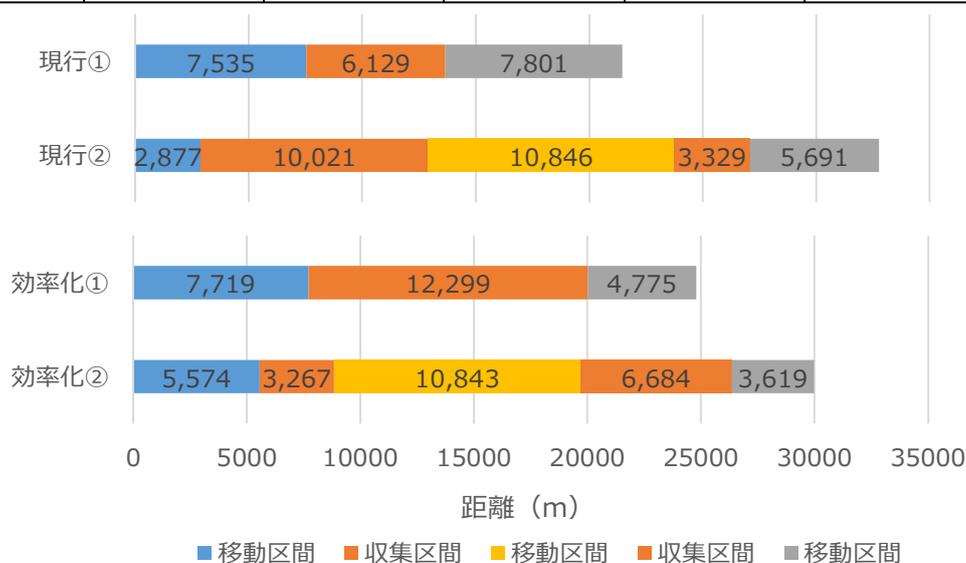


図 3.3(1)-3 各ルートの走行距離



図 3.3(1)-4 走行距離の比較結果

3) 二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量の比較結果を表 3.3(1)-4 および図 3.3(1)-5～図 3.3(1)-6 に示す。

走行時間および走行距離については、現行ルートと効率化ルートとほぼ変わらない結果であったが、効率化ルートの二酸化炭素排出量は全体的に約 3%削減効果があったという結果となった。収集ブロックから処理施設までの移動区間を短くしたことで、積載量が多い状態での走行する区間を減らすことができ、二酸化炭素排出量削減につながった。

表 3.3(1)-4 二酸化炭素排出量の比較結果

		二酸化炭素排出量(kg)					合計
		移動区間	収集区間	移動区間	収集区間	移動区間	
		事務所⇒ 収集ブロック	収集ブロック 1	収集ブロック ⇒ 収集ブロック	収集ブロック 2	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①		1.93	2.85	-	-	3.30	8.09
現行ルート②		0.73	4.43	4.31	2.02	2.75	14.24
効率化ルート①		1.99	6.45	-	-	2.28	10.72
効率化ルート②		1.52	1.33	3.29	3.37	1.53	11.04
合計	現行	2.66	7.29	4.31	2.02	6.05	22.33
	効率化	3.51 (32%増加)	7.78 (7%増加)	3.29 (24%削減)	3.37 (67%増加)	3.81 (37%削減)	21.76 (3%削減)

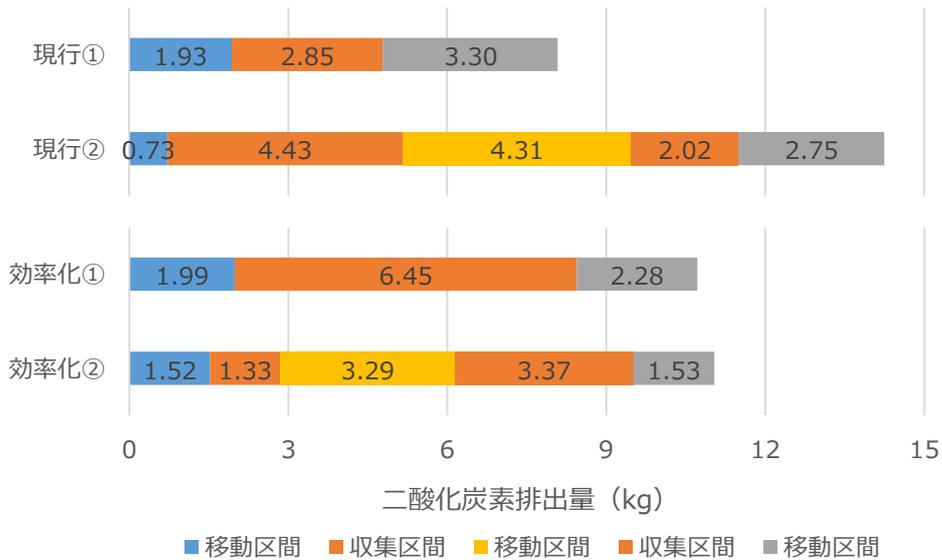


図 3.3(1)-5 各ルートの二酸化炭素排出量

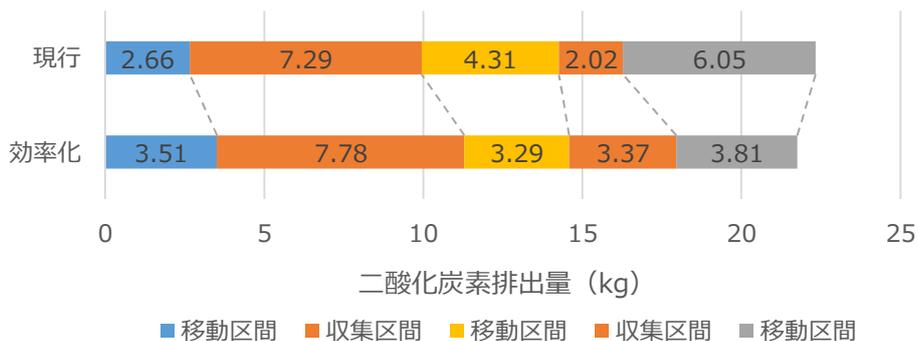


図 3.3(1)-6 二酸化炭素排出量の比較結果

4) 速度

各ルートの子速度の変動状況を図 3.3(1)-7~図 3.3(1)-10 に示す。

現行ルートと効率化ルートでは速度の傾向に大きな差は認められなかった。移動区間の速度と比較して収集区間の速度は低速（概ね時速 20km）であった。これは、ごみ集積所の密度が高いため、収集区間での平均速度が低下するためである。

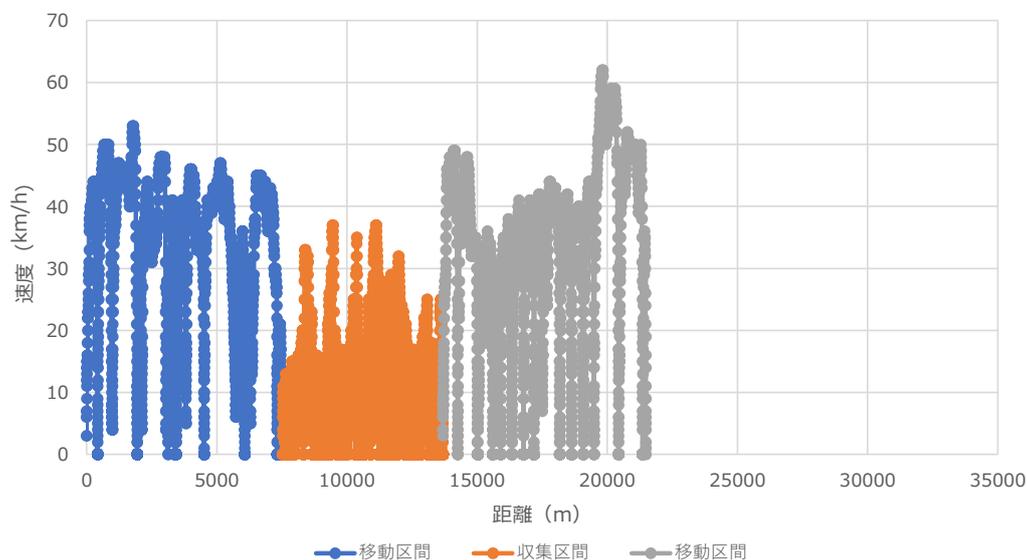


図 3.3(1)-7 速度の変動（現行ルート①：2021/12/20）

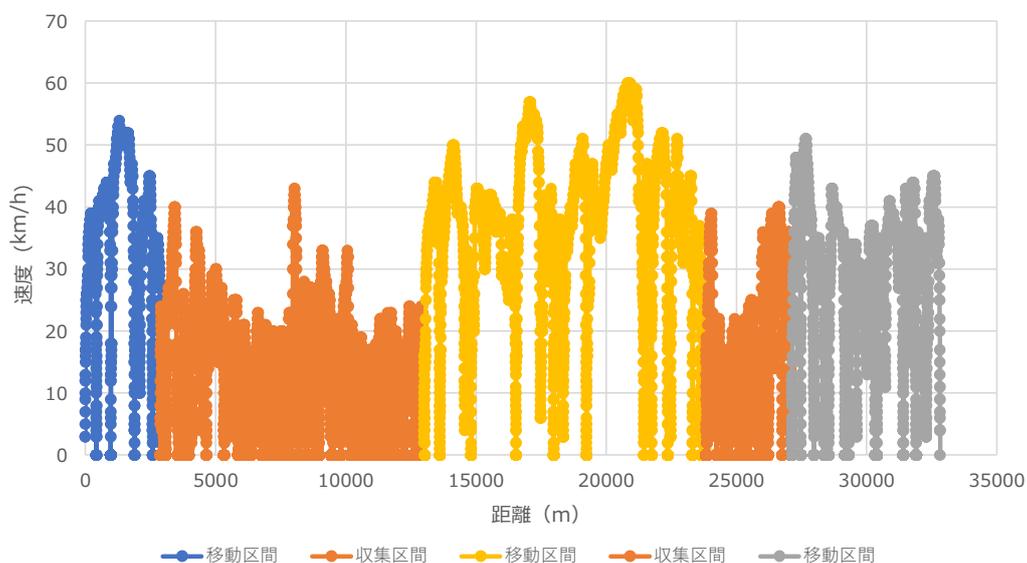


図 3.3(1)-8 速度の変動（現行ルート②：2021/12/22）

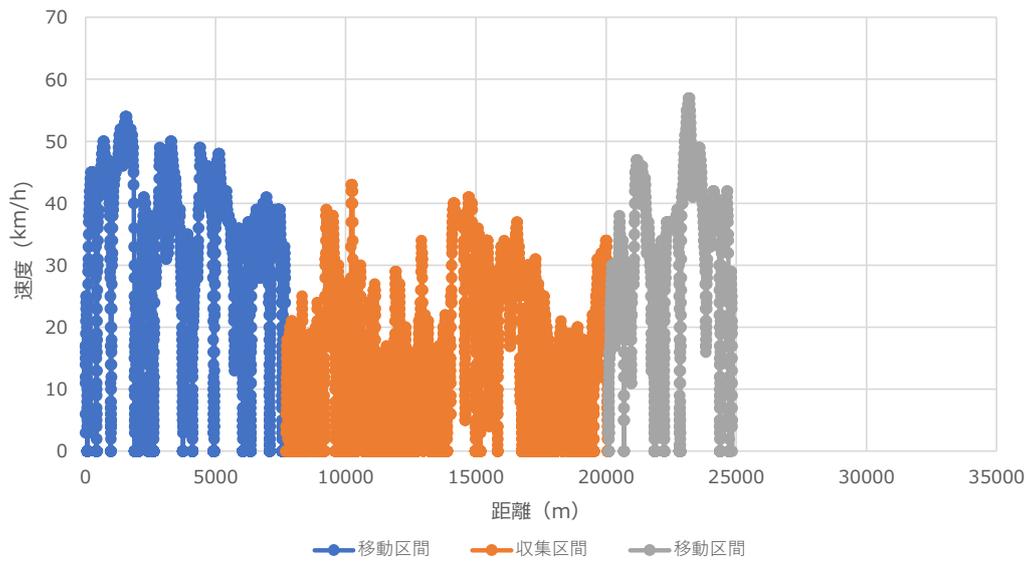


図 3.3(1)-9 速度の変動 (効率化ルート① : 2021/12/23)

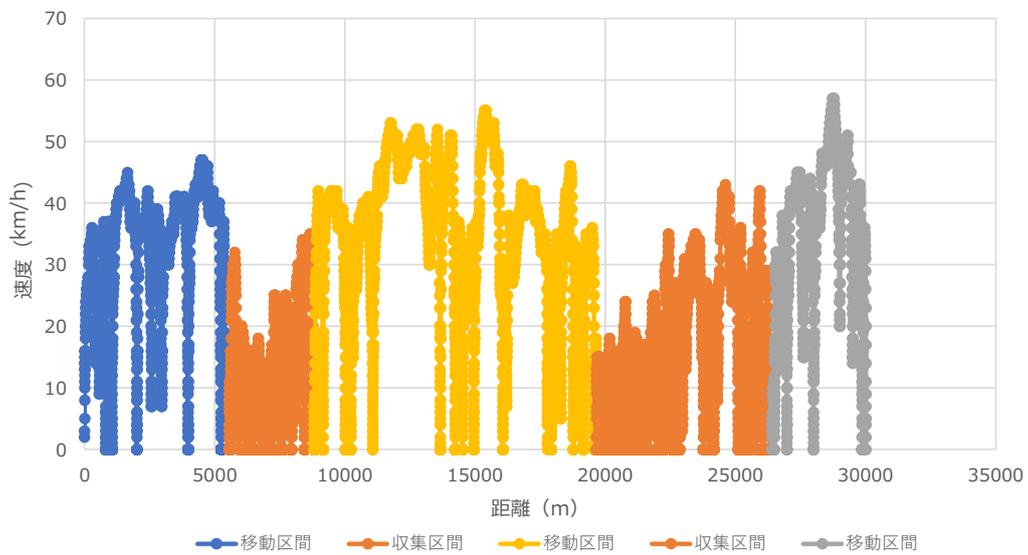


図 3.3(1)-10 速度の変動 (効率化ルート② : 2021/12/21)

5) 机上予測（走行距離）および実走行調査結果との比較

机上予測（走行距離）と実走行調査結果との比較結果を表 3.3(1)-5 に示す。

走行距離について、机上予測と実走行調査では大きな差はなく、全体的に約 4%以内におさまっている。実走行調査は、机上予測より短くなる傾向があった。机上予測と実走行調査で差があるのは主に収集区間であり、安全な場所でUターンをしたため距離が長くなってしまったと考えられる。

表 3.3(1)-5 机上予測した走行距離

	走行距離(m)					合計
	移動区間	収集区間	移動区間	収集区間	移動区間	
	事務所⇒ 収集ブロック	収集ブロック 1	収集ブロック ⇒ 収集ブロック	収集ブロック 2	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①	7,450 (-1.1%)	6,060 (-1.1%)	-	-	7,660 (-1.8%)	21,170 (-1.4%)
現行ルート②	2,900 (+0.8%)	9,720 (-3.0%)	10,450 (-3.7%)	2,930 (-12.0%)	5,550 (-2.5%)	31,550 (-3.7%)
効率化ルート①	7,650 (-0.9%)	11,880 (-3.4%)	-	-	4,690 (-1.8%)	24,220 (-2.3%)
効率化ルート②	5,520 (-1.0%)	3,260 (-0.2%)	10,530 (-2.9%)	6,360 (-4.8%)	3,560 (-1.6%)	29,230 (-2.5%)

※カッコ内は実走行調査結果との差の割合を示す

実走行調査による走行距離は、表 3.3(1)-3 に示す

(2) 三郷市

実走行調査は、各ルートそれぞれ3回実施している。調査の日程については以下のとおりである。以降より示す結果は3回走行した平均値である。

表 3.3(2)-1 実走行調査の日程

走行ルート	日時	
現行ルート①	1回目:2021/2/10	9:16~10:49 (92分)
	2回目:2021/2/12	8:47~10:16 (116分)
	3回目:2021/2/12	15:54~16:37 ※
現行ルート②	1回目:2021/2/10	11:14~13:09 (115分)
	2回目:2021/2/11	11:31~13:22 (111分)
	3回目:2021/2/12	13:08~14:57 (109分)
効率化ルート①	1回目:2021/2/10	14:12~15:54 (101分)
	2回目:2021/2/11	14:24~15:55 (91分)
	3回目:2021/2/11	16:35~17:24 ※
効率化ルート②	1回目:2021/2/10	16:14~18:22 (127分)
	2回目:2021/2/11	9:19~11:00 (100分)
	3回目:2021/2/12	10:35~12:34 (119分)

※事務所⇒収集区間 (1箇所目)、収集区間 (50箇所目) ⇒処理施設のみ実施

1) 走行時間

走行時間の比較結果を表 3.3(2)-2 および図 3.3(2)-1～図 3.3(2)-2 に示す。

現行ルートと効率化ルートの走行時間を比較すると、移動区間および収集区間の全ての区間でわずかながら効率化ルートの走行時間が増加してしまい、全体的には約 5%増加した。主に移動区間で走行時間が増加している。これは、移動区間の走行距離を短くするために選定していたルートが、時間帯によって渋滞したためである。

表 3.3(2)-2 走行時間の比較結果

	走行時間(分)			合計	
	移動区間	収集区間	移動区間		
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設		
現行ルート①	8.8	29.6	23.8	62.2	
現行ルート②	26.1	28.5	27.3	81.8	
効率化ルート①	8.4	32.7	26.5	67.6	
効率化ルート②	28.1	27.0	29.1	84.2	
合計	現行	34.9	58.1	51.1	144.0
	効率化	36.5 (5%増加)	59.7 (3%増加)	55.6 (9%増加)	151.8 (5%増加)

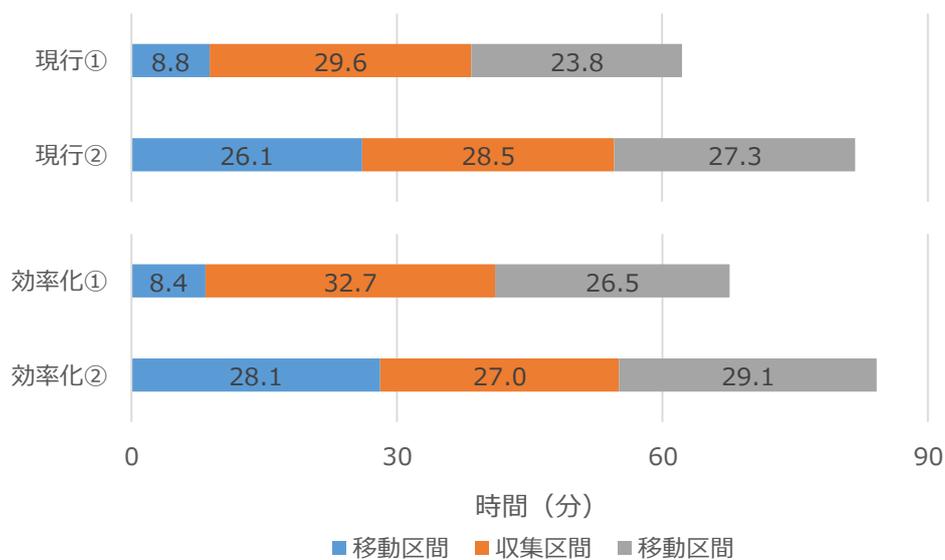


図 3.3(2)-1 各ルートの走行時間

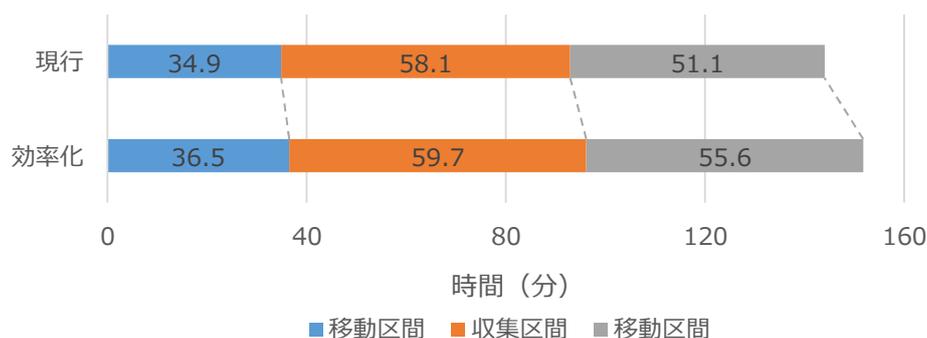


図 3.3(2)-2 走行時間の比較結果

2) 走行距離

走行距離の比較結果を表 3.3(2)-3 および図 3.3(2)-3～図 3.3(2)-4 に示す。

効率化ルートは、全ての区間において 3%～9%の削減となり、全体的には約 6%削減効果があったという結果となった。

表 3.3(2)-3 走行距離の比較結果

		走行距離(m)			合計
		移動区間	収集区間	移動区間	
		事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①		2,903	6,103	8,772	17,778
現行ルート②		9,349	6,692	9,695	25,736
効率化ルート①		2,680	6,112	8,228	17,020
効率化ルート②		8,504	6,278	8,982	23,764
合計	現行	12,252	12,795	18,467	43,514
	効率化	11,184 (9%削減)	12,390 (3%削減)	17,210 (7%削減)	40,784 (6%削減)

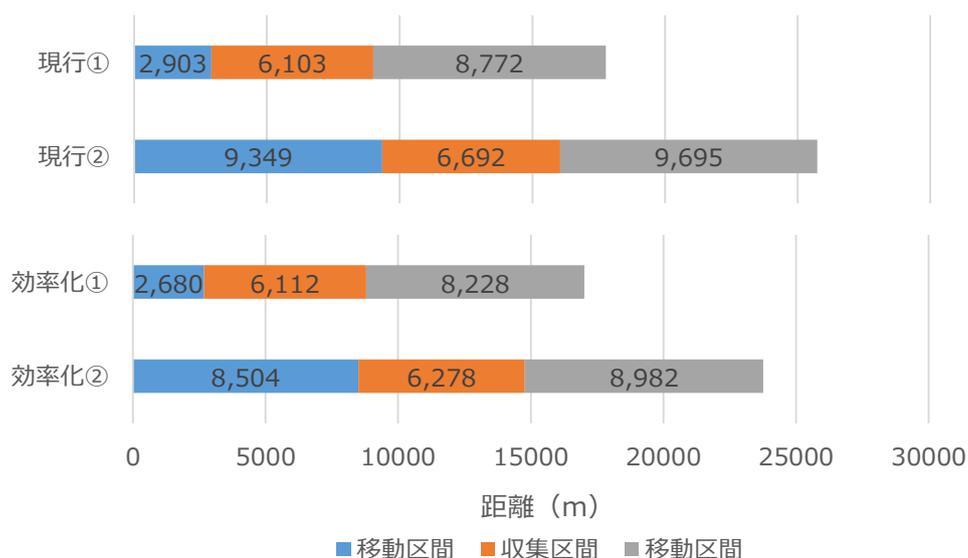


図 3.3(2)-3 各ルートの走行距離

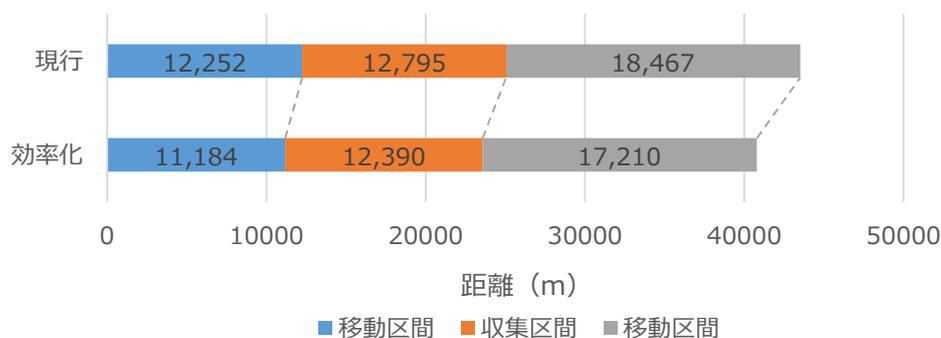


図 3.3(2)-4 走行距離の比較結果

3) 二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量の比較結果を表 3.3(2)-4 および図 3.3(2)-5～図 3.3(2)-6 に示す。

効率化ルートは、全ての区間において 3%～6%の削減となり、全体的には約 5%削減効果があったという結果となった。

表 3.3(2)-4 二酸化炭素排出量の比較結果

		二酸化炭素排出量(kg)			合計
		移動区間	収集区間	移動区間	
		事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①		0.79	2.83	4.25	7.88
現行ルート②		2.46	3.40	4.62	10.48
効率化ルート①		0.74	2.85	3.91	7.50
効率化ルート②		2.32	3.22	4.46	9.99
合計	現行	3.3	6.2	8.9	18.4
	効率化	3.1 (6%削減)	6.1 (3%削減)	8.4 (6%削減)	17.5 (5%削減)

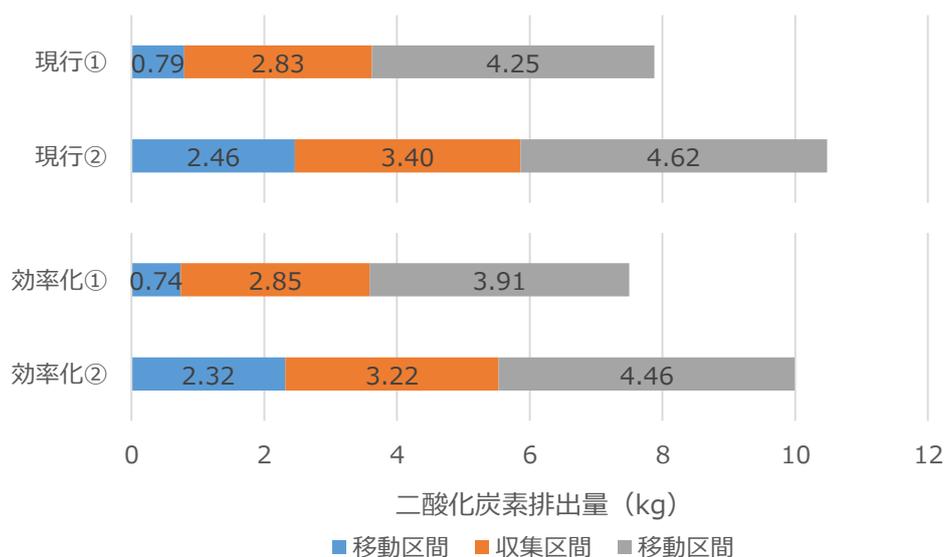


図 3.3(2)-5 各ルートの二酸化炭素排出量

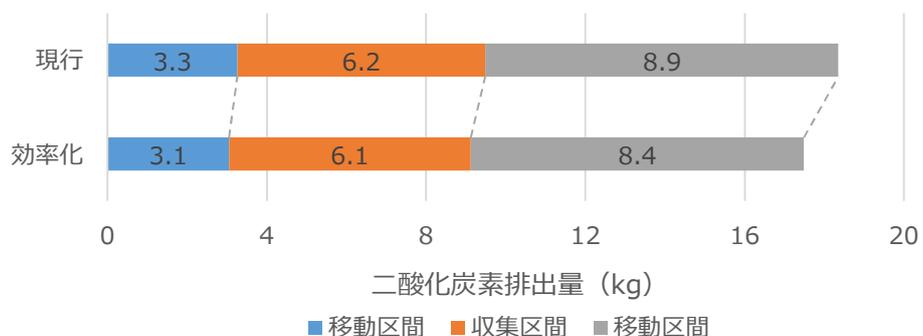


図 3.3(2)-6 二酸化炭素排出量の比較結果

4) 速度

各ルートの子速度の変動状況を図 3.3(2)-7~図 3.3(2)-10 に示す。

現行ルートと効率化ルートでは速度の大きな差は認められなかった。移動区間の速度と比較して収集区間の速度は低速(概ね時速 20km)であった。これは、ごみ集積所の密度が高いため、収集区間での平均速度が低下するためである。

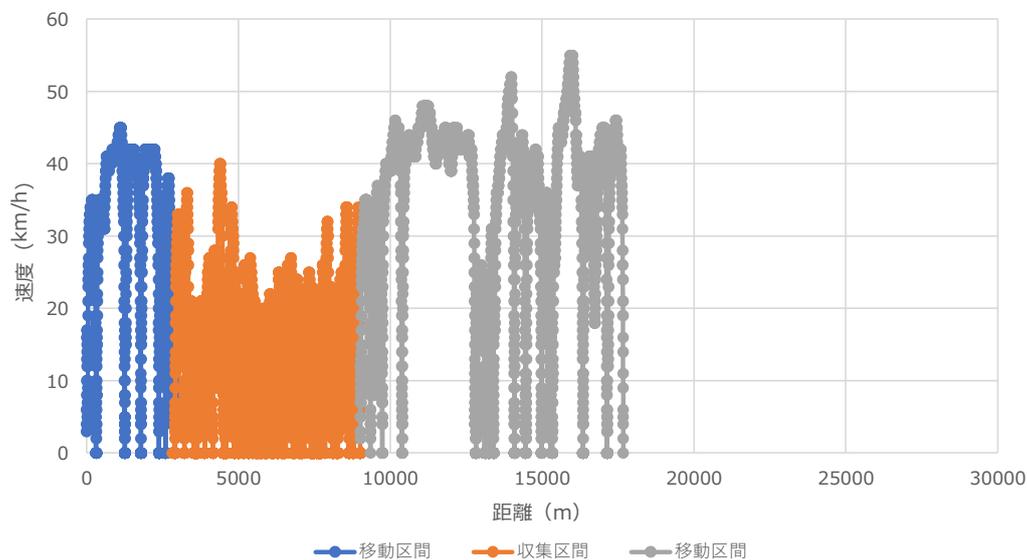


図 3.3(2)-7 速度の変動(現行ルート①: 2021/2/10)

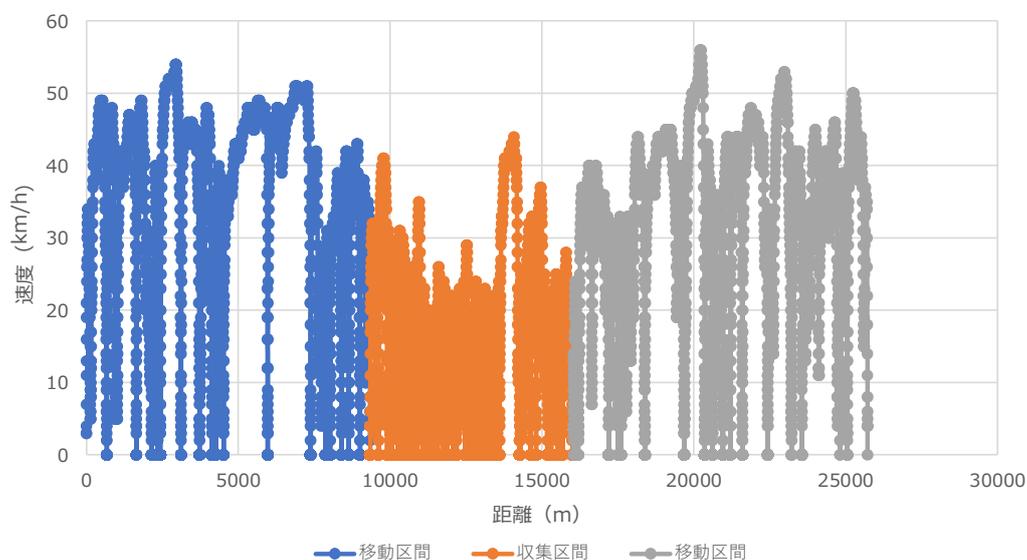


図 3.3(2)-8 速度の変動(現行ルート②: 2021/2/11)

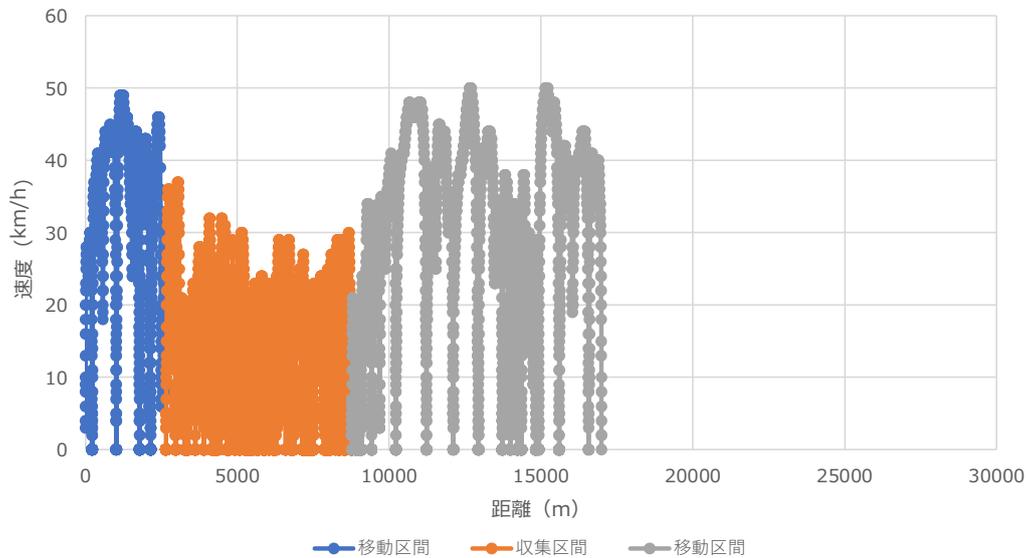


図 3.3(2)-9 速度の変動 (効率化ルート① : 2021/2/11)

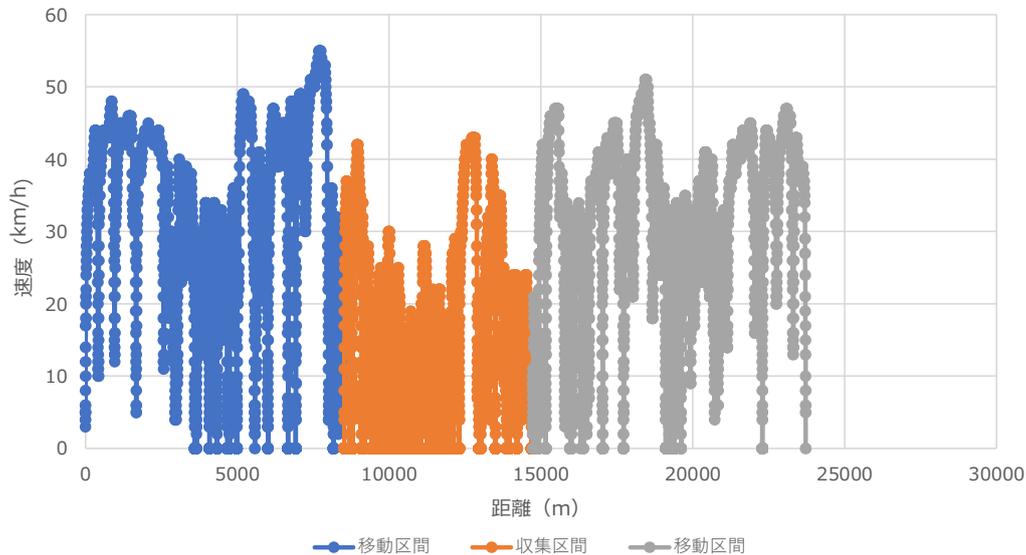


図 3.3(2)-10 速度の変動 (効率化ルート② : 2021/2/11)

5) 机上予測 (走行距離) および実走行調査結果との比較

机上予測 (走行距離) と実走行調査結果との比較結果を表 3.3(2)-5 に示す。

走行距離の机上予測と実走行調査では差があまりなく、全体的に約 3%以内におさまっている。

机上予測は概ね実走行調査より長くなる傾向があった。

表 3.3(2)-5 机上予測した走行距離

	走行距離(m)			合計
	移動区間	収集区間	移動区間	
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①	2,960(+2.0%)	6,660(+9.1%)	8,580(-2.2%)	18,200(+2.4%)
現行ルート②	9,520(+1.8%)	6,740(+0.7%)	9,840(+1.5%)	26,100(+1.4%)
効率化ルート①	2,760(+3.0%)	6,660(+9.0%)	7,840(-4.7%)	17,260(+1.4%)
効率化ルート②	8,280(-2.6%)	6,100(-2.8%)	8,690(-3.3%)	23,070(-2.9%)

※カッコ内は実走行調査結果との差の割合を示す

実走行調査による走行距離は、表 3.3(2)-3 に示す

(3) 松山市

実走行調査は、各ルートそれぞれ2～3回実施している。調査の日程については以下のとおりである。以降より示す結果は2～3回走行した平均値である。

表 3.3(3)-1 実走行調査の日程

走行ルート	日時	
現行ルート①	1回目:2020/12/2	9:31~10:41 (70分)
	2回目:2020/12/2	13:14~14:12 (85分)
	3回目:2020/12/4	14:45~15:52 (67分)
現行ルート②	1回目:2020/12/2	10:54~11:39 (45分)
	2回目:2020/12/2	14:23~15:04 (41分)
	3回目:2020/12/9	14:05~14:47 (41分)
効率化ルート①	1回目:2020/12/4	13:20~14:22 (62分)
	2回目:2020/12/9	13:00~13:58 (58分)
効率化ルート (現行①⇒②)	1回目:2020/12/4	9:25~10:47 (83分)
	2回目:2020/12/9	9:15~10:35 (81分)
効率化ルート (現行②⇒①)	1回目:2020/12/4	11:13~12:36 (83分)
	2回目:2020/12/9	11:01~12:15 (74分)

1) 走行時間

走行時間の比較結果を表 3.3(3)-2 および図 3.3(3)-1～図 3.3(3)-2 に示す。

効率化ルート①は、全区間において削減効果があり、全体的には約 8%削減効果があったという結果となった。

効率化ルート（現行①⇒②）および効率化ルート（現行②⇒①）では、2つの収集ブロックを1回のごみ収集作業で実施している。そのため、2つの収集ブロックで収集作業の実施や現行ルートより遠回りする区間により収集区間の走行時間は増加する。一方、効率化ルートの移動区間は収集ブロックから処理施設間の移動回数が、2回から1回になるため、走行時間は減少する。全体で約 30%の削減が認められた。

表 3.3(3)-2 走行時間の比較結果

	走行時間(分)			合計	
	移動区間	収集区間	移動区間		
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設		
現行ルート①	27.9	6.9	22.3	57.0	
現行ルート②	15.1	6.4	13.3	34.8	
効率化ルート①	24.5	6.5	21.4	52.5	
効率化ルート (現行①⇒②)	27.9	25.2	13.1	66.2	
効率化ルート (現行②⇒①)	17.4	23.8	21.7	62.9	
比較	現行①	27.9	6.9	22.3	57.0
	効率化①	24.5 (12%削減)	6.5 (5%削減)	21.4 (4%削減)	52.5 (8%削減)
	現行*	42.9	13.2	35.6	91.8
	効率化ルート (現行①⇒②)	27.9 (35%削減)	25.2 (90%増加)	13.1 (63%削減)	66.2 (28%削減)
	効率化ルート (現行②⇒①)	17.4 (60%削減)	23.8 (80%増加)	21.7 (39%削減)	62.9 (32%削減)

※現行ルート①および②の合計値

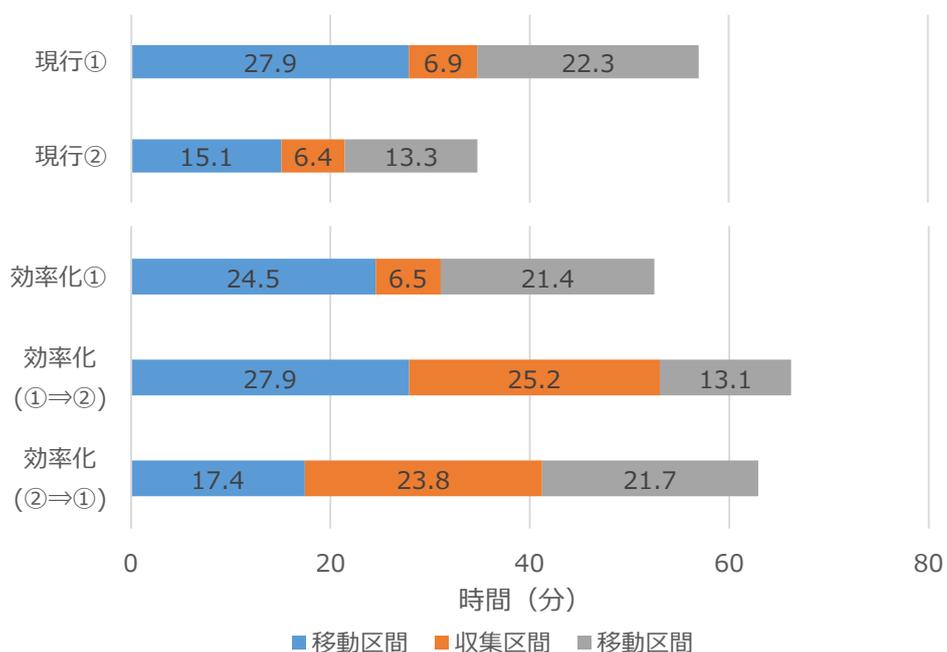


図 3.3(3)-1 各ルートの走行時間

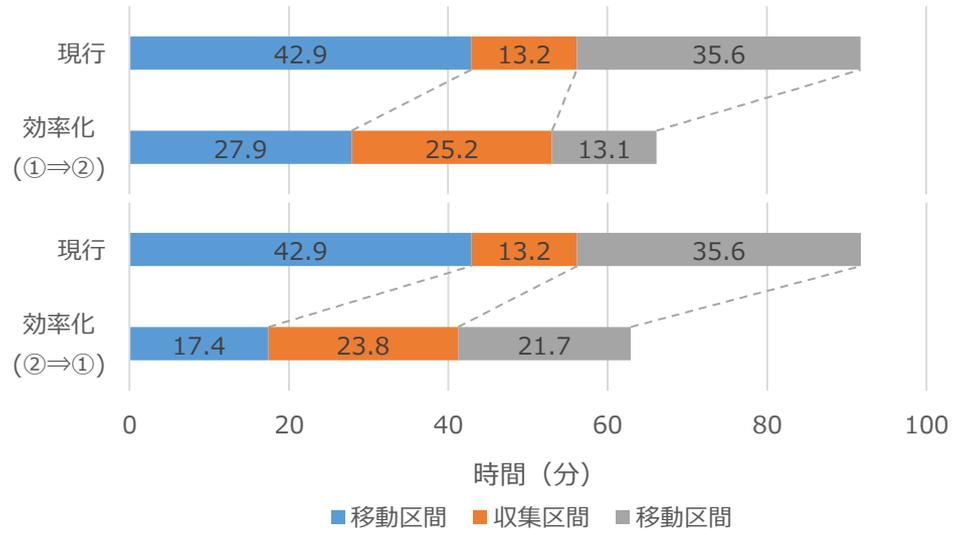
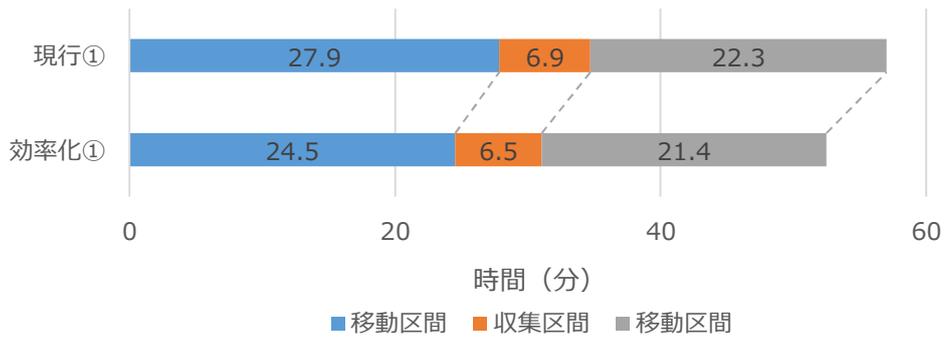


図 3.3(3)-2 走行時間の比較結果

2) 走行距離

走行距離の比較結果を表 3.3(3)-3 および図 3.3(3)-3～図 3.3(3)-4 に示す。

効率化ルート①は、全区間において削減効果があり、全体的には約 8%削減効果があったという結果となった。

効率化ルート（現行①⇒②）および効率化ルート（現行②⇒①）では、2つの収集ブロックを1回のごみ収集作業で実施している。そのため2つの収集ブロックで収集作業の実施や現行ルートより遠回りする区間により収集区間の走行距離は増加する。一方、効率化ルートの移動区間は収集ブロックから処理施設間の移動回数が、2回から1回になるため、走行距離は減少する。全体で約 32%の削減が認められた。

表 3.3(3)-3 走行距離の比較結果

	走行距離(m)			合計	
	移動区間	収集区間	移動区間		
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設		
現行ルート①	10,327	2,134	9,682	22,143	
現行ルート②	5,946	1,227	5,816	12,988	
効率化ルート①	9,339	1,503	9,637	20,479	
効率化ルート (現行①⇒②)	10,137	7,300	5,891	23,327	
効率化ルート (現行②⇒①)	5,841	8,466	9,726	24,032	
比較	現行①	10,327	2,134	9,682	22,143
	効率化①	9,339 (10%削減)	1,503 (30%削減)	9,637 (0.5%削減)	20,479 (8%削減)
	現行※	16,273	3,360	15,498	35,131
	効率化ルート (現行①⇒②)	10,137 (38%削減)	7,300 (117%増加)	5,891 (62%削減)	23,327 (34%削減)
	効率化ルート (現行②⇒①)	5,841 (64%削減)	8,466 (152%増加)	9,726 (37%削減)	24,032 (32%削減)

※現行ルート①および②の合計値

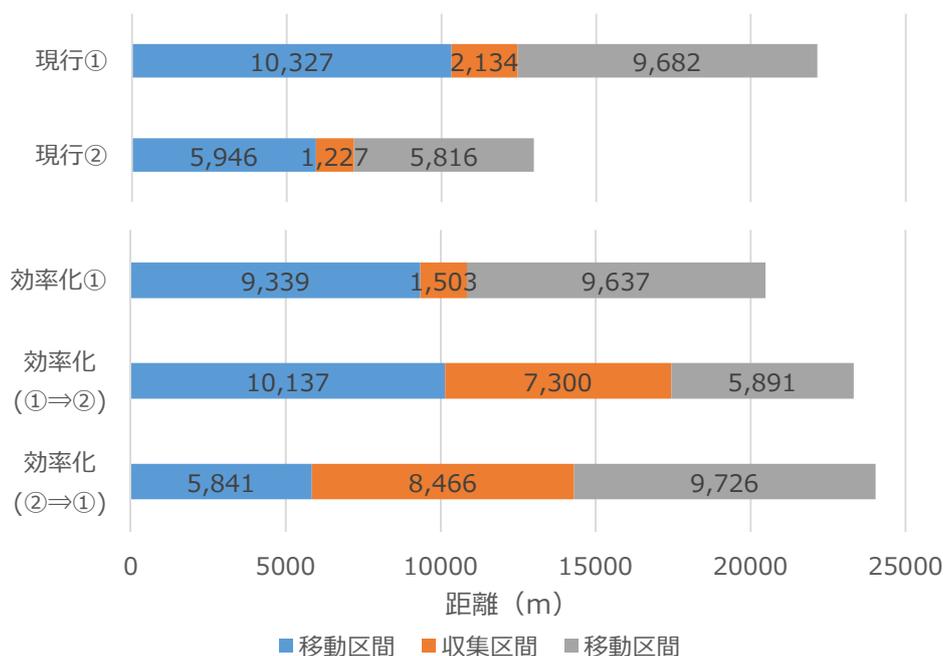


図 3.3(3)-3 各ルートの走行距離

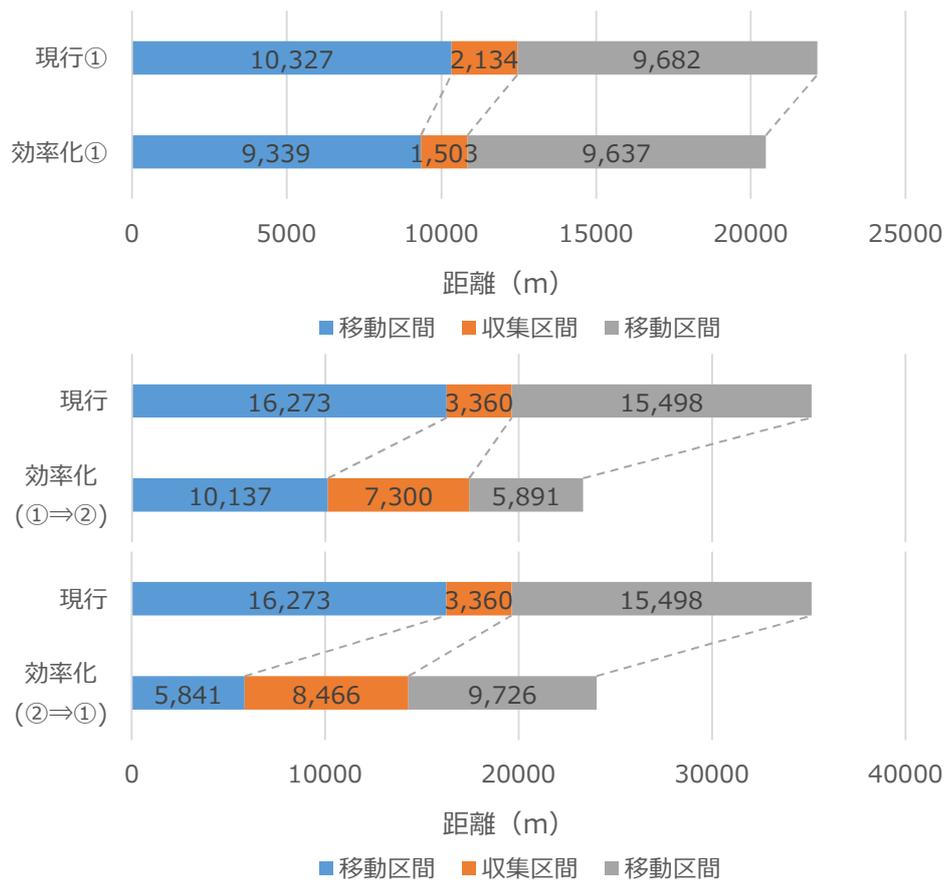


図 3.3(3)-4 走行距離の比較結果

3) 二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量の比較結果を表 3.3(3)-4 および図 3.3(3)-5～図 3.3(3)-6 に示す。

効率化ルート①は、全区間において削減があり、全体的には約 9%削減効果があったという結果となった。

効率化ルート（現行①⇒②）および効率化ルート（現行②⇒①）では、2つの収集ブロックを1回のごみ収集作業で実施している。そのため2つの収集ブロックで収集作業の実施や現行ルートより遠回りする区間により収集区間の二酸化炭素排出量は増加する。一方、効率化ルートの移動区間は収集ブロックから処理施設間の移動回数が、2回から1回になるため、二酸化炭素排出量は減少する。

効率化ルート（現行①⇒②）のルートは、処理施設から遠い収集ブロックから収集作業を行っている。効率化ルート（現行②⇒①）のルートは、逆に処理施設から近い収集ブロックから収集作業を実施している。効率化ルート（現行①⇒②）の二酸化炭素排出量は、効率化ルート（現行②⇒①）よりも少ない。積載量が多い状態で走行する区間を減らすことができ、二酸化炭素排出量削減につながった。

表 3.3(3)-4 二酸化炭素排出量の比較結果

	二酸化炭素排出量(kg)			合計	
	移動区間	収集区間	移動区間		
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設		
現行ルート①	3.19	0.96	3.97	8.12	
現行ルート②	1.80	0.58	2.13	4.51	
効率化ルート①	2.87	0.69	3.87	7.42	
効率化ルート (現行①⇒②)	3.05	3.40	2.78	9.23	
効率化ルート (現行②⇒①)	1.80	3.69	4.72	10.21	
比較	現行①	3.19	0.96	3.97	8.12
	効率化①	2.87 (10%削減)	0.69 (28%削減)	3.87 (3%削減)	7.42 (9%削減)
	現行※	4.99	1.54	6.10	12.63
	効率化ルート (現行①⇒②)	3.05 (39%削減)	3.40 (121%増加)	2.78 (54%削減)	9.23 (27%削減)
	効率化ルート (現行②⇒①)	1.80 (64%削減)	3.69 (140%増加)	4.72 (23%削減)	10.21 (19%削減)

※現行ルート①および②の合計値

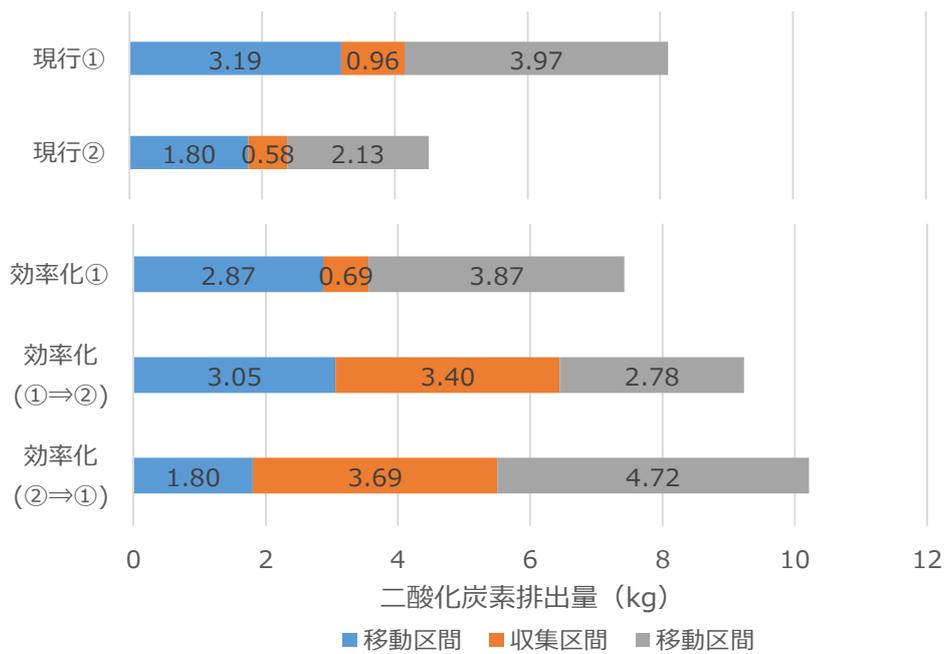


図 3.3(3)-5 各ルート之二酸化炭素排出量

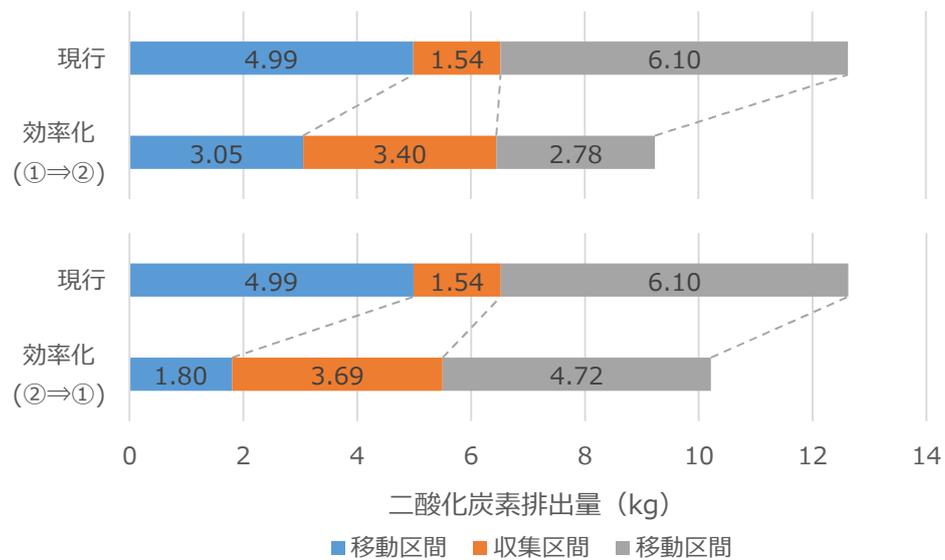
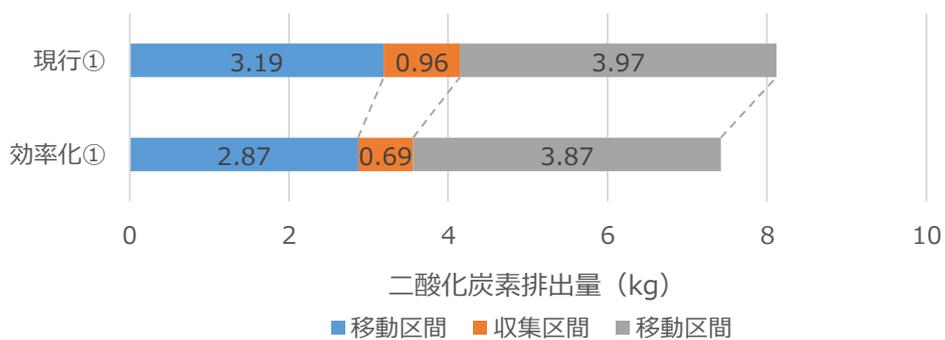


図 3.3(3)-6 二酸化炭素排出量の比較結果

4) 速度

各ルートでの速度の変動状況を図 3.3(3)-7～図 3.3(3)-11 に示す。

現行ルートと効率化ルートでは速度の傾向に大きな差は認められなかった。移動区間の速度と比較して収集区間の速度は低速（概ね時速 30km）であった。ごみ集積所の密度が、町田市や三郷市と比較して低いため、収集区間での平均速度が両市より速くなっている。

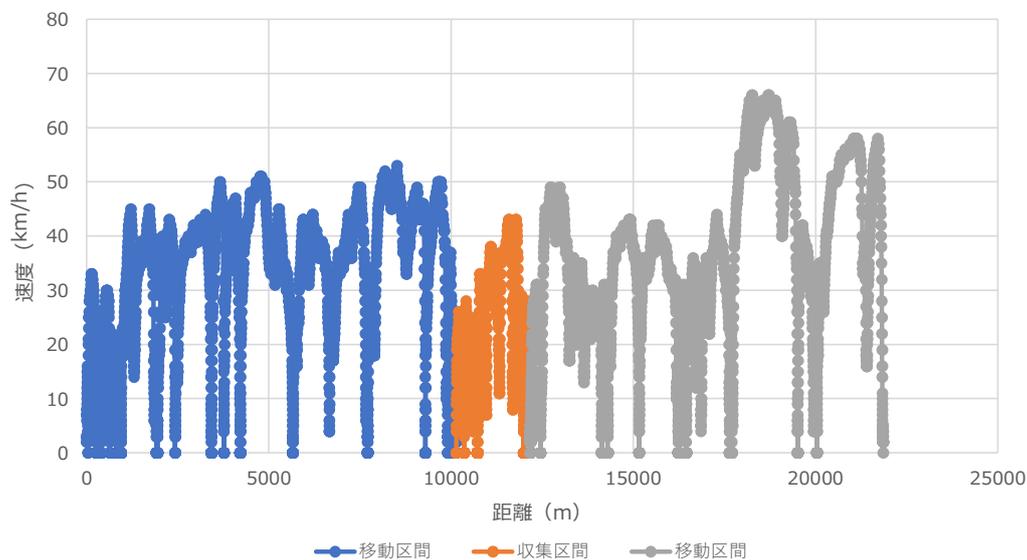


図 3.3(3)-7 速度の変動（現行ルート①：2020/12/4）

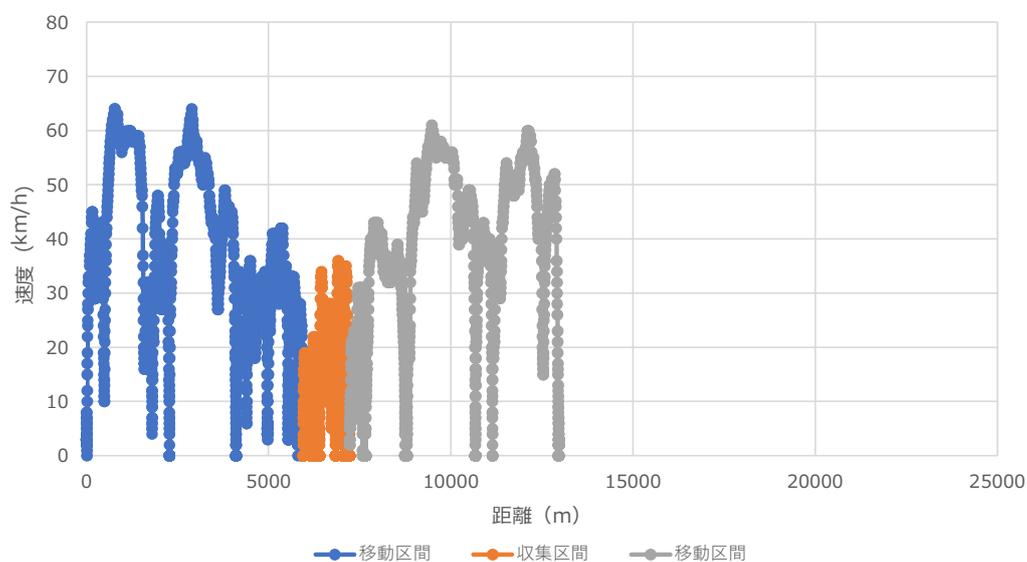


図 3.3(3)-8 速度の変動（現行ルート②：2020/12/2）

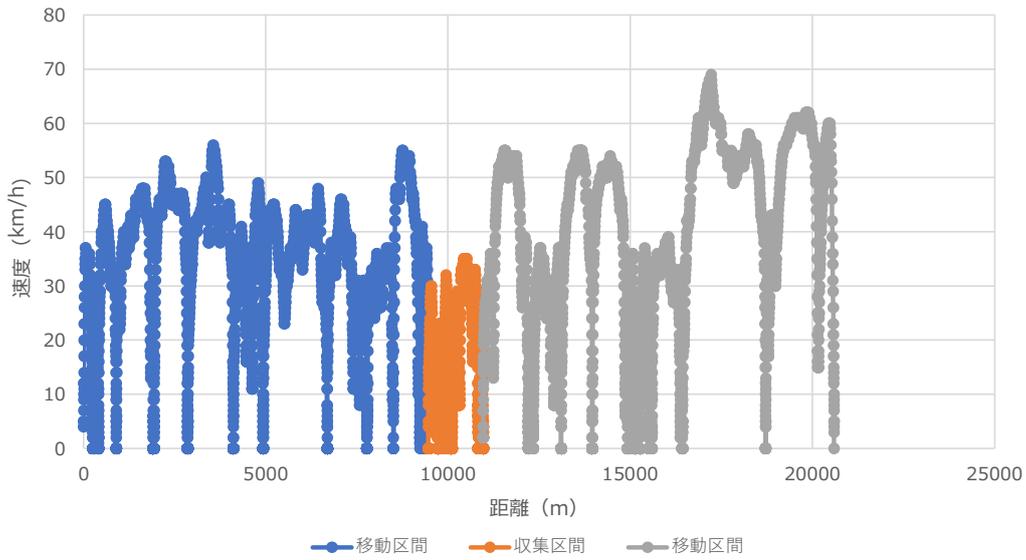


図 3.3(3)-9 速度の変動 (効率化ルート① : 2020/12/4)

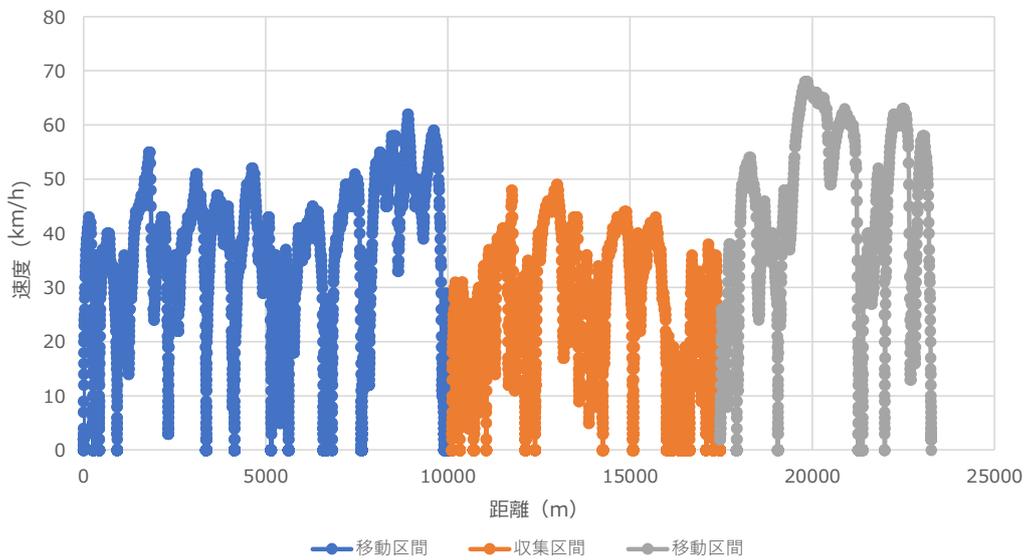


図 3.3(3)-10 速度の変動 (効率化ルート (現行①⇒②) : 2020/12/4)

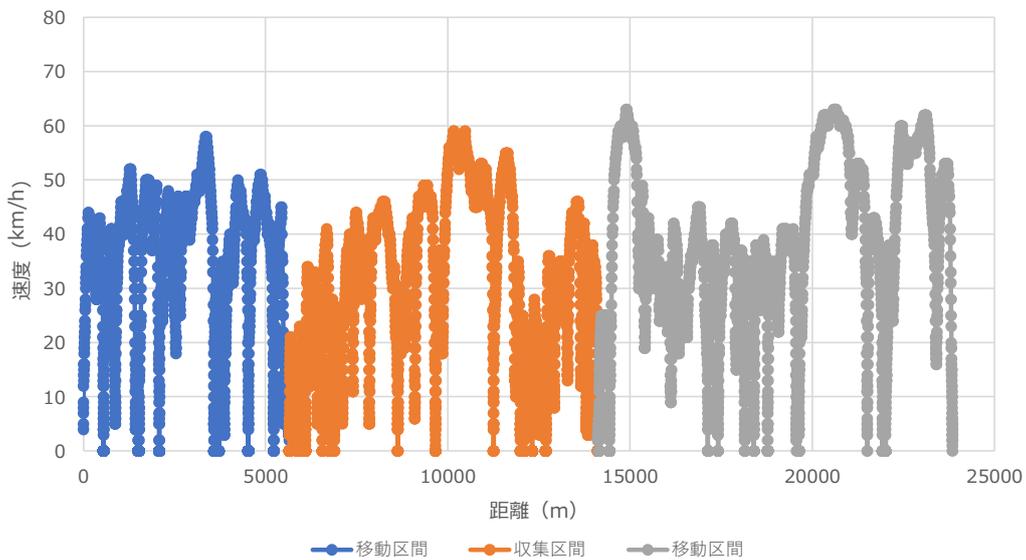


図 3.3(3)-11 速度の変動 (効率化ルート (現行②⇒①) : 2020/12/9)

5) 机上予測（走行距離）および実走行調査結果との比較

机上予測（走行距離）と実走行調査結果との比較結果を表 3.3(3)-5 に示す。

走行距離の机上予測と実走行調査では差があまりなく、全体的に約 2%以内におさまっている。

表 3.3(3)-5 机上予測した走行距離

	走行距離(m)			合計
	移動区間	収集区間	移動区間	
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①	9,940(-3.7%)	2,070(-3.0%)	9,730(+0.5%)	21,740(-1.8%)
現行ルート②	6,030(+1.4%)	1,180(-3.8%)	5,860(+0.8%)	13,070(+0.6%)
効率化ルート①	9,310(-0.3%)	1,490(-0.9%)	9,740(+1.1%)	20,540(+0.3%)
効率化ルート (現行①⇒②)	9,930(-2.0%)	7,260(-0.5%)	5,860(-0.5%)	23,050(-1.2%)
効率化ルート (現行②⇒①)	6,030(+3.2%)	7,900(-6.7%)	9,710(-0.2%)	23,640(-1.6%)

※カッコ内は実走行調査結果との差の割合を示す

実走行調査による走行距離は、表 3.3(3)-3 に示す

(4) 三春町

実走行調査は、各ルートそれぞれ3~4回実施している。調査の日程については以下のとおりである。以降より示す結果は3~4回走行した平均値である。

表 3.3(4)-1 実走行調査の日程

走行ルート	日時	
現行ルート①	1回目:2021/1/13	16:52~18:55 (123分)
	2回目:2021/1/14	11:49~13:45 (116分)
	3回目:2021/1/15	9:27~11:08 (101分)
現行ルート②	1回目:2021/1/13	10:46~11:55 (69分)
	2回目:2021/1/14	8:16~ 9:25 (69分)
	3回目:2021/1/15	8:02~ 9:02 (60分)
効率化ルート①	1回目:2021/1/13	14:40~16:26 (106分)
	2回目:2021/1/14	14:21~16:06 (105分)
	3回目:2021/1/15	11:53~13:29 (96分)
	4回目:2021/1/15	14:00~15:40 (100分)
効率化ルート②	1回目:2021/1/13	12:09~13:16 (67分)
	2回目:2021/1/14	9:39~10:44 (65分)
	3回目:2021/1/14	16:24~17:34 (70分)

1) 走行時間

走行時間の比較結果を表 3.3(4)-2 および図 3.3(4)-1～図 3.3(4)-2 に示す。

収集ブロックまでの移動区間と収集区間で走行時間が増加してしまったが全体的には約 6%削減効果があったという結果となった。

事務所から収集ブロックの移動区間では、距離を短くするために信号の多い市街地を通過し、信号待ちで走行時間が増加したと考えられる。収集区間では、距離を短くするために道路幅の狭い道路を通過することになり、慎重な運転となり速度が低下し、走行時間が増加したと考えられる。

表 3.3(4)-2 走行時間の比較結果

		走行時間(分)			合計
		移動区間	収集区間	移動区間	
		事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①		8.7	61.5	8.3	78.5
現行ルート②		2.9	32.8	10.3	46.0
効率化ルート①		9.5	59.0	2.1	70.5
効率化ルート②		3.0	38.8	5.0	46.8
合計	現行	11.6	94.3	18.6	124.5
	効率化	12.5 (約 8%増加)	97.8 (約 4%増加)	7.0 (約 62%削減)	117.3 (約 6%削減)

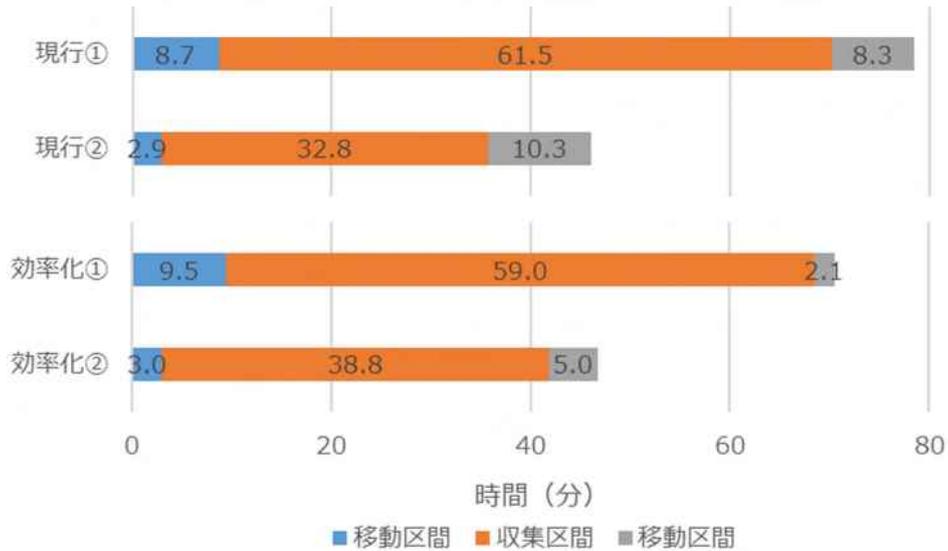


図 3.3(4)-1 各ルートの走行時間



図 3.3(4)-2 走行時間の比較結果

2) 走行距離

走行距離の比較結果を表 3.3(4)-3 および図 3.3(4)-3～図 3.3(4)-4 に示す。

収集区間で走行距離が増加してしまいましたが、全体的には約 10%削減効果があったという結果となった。主に距離が増加したのは効率化ルート②の収集区間である。収集区間と移動区間（収集ブロックから処理施設）の合計で、効率化ルートが現行ルートより短縮になるようにルート検索を行ったためである。

表 3.3(4)-3 走行距離の比較結果

	走行距離(m)			合計	
	移動区間	収集区間	移動区間		
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設		
現行ルート①	5,187	25,307	4,104	34,598	
現行ルート②	1,291	17,546	6,197	25,034	
効率化ルート①	4,563	25,199	842	30,604	
効率化ルート②	1,310	18,882	2,743	22,935	
合計	現行	6,478	42,853	10,301	59,631
	効率化	5,873 (約 9%削減)	44,081 (約 3%増加)	3,585 (約 66%削減)	53,539 (約 10%削減)

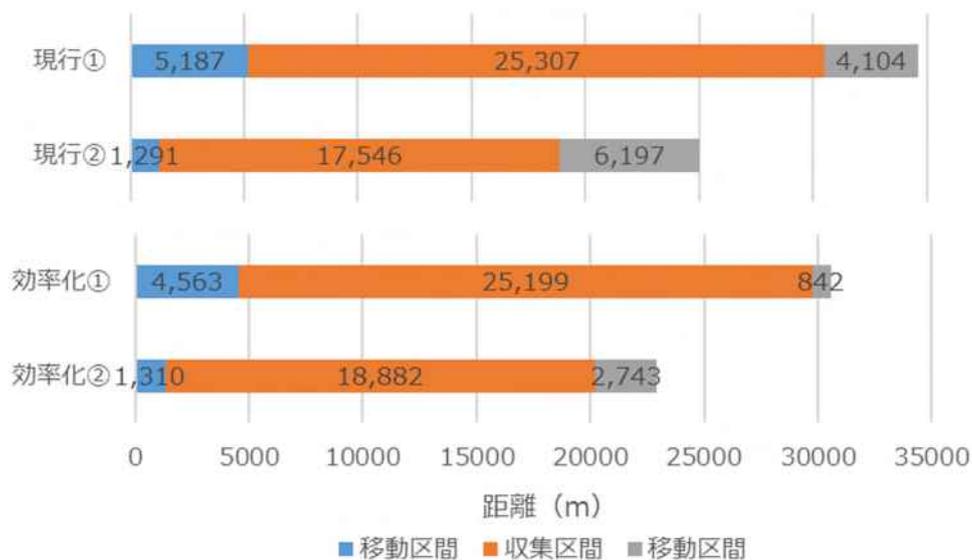


図 3.3(4)-3 各ルートの走行距離



図 3.3(4)-4 走行距離の比較結果

3) 二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量の比較結果を表 3.3(4)-4 および図 3.3(4)-5～図 3.3(4)-6 に示す。

収集区間で二酸化炭素排出量が増加してしまっただが、全体的には約 10%削減効果があったという結果となった。増加となった原因は距離の増加に比例したためと考えられる。収集ブロックから処理施設までの距離を短くしたことで積載量が多い状態での走行距離を減らすことができ、全体的には二酸化炭素排出量削減につながった。

表 3.3(4)-4 二酸化炭素排出量の比較結果

	二酸化炭素排出量(kg)			合計	
	移動区間	収集区間	移動区間		
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設		
現行ルート①	1.49	11.24	2.18	14.92	
現行ルート②	0.43	6.39	2.55	9.37	
効率化ルート①	1.39	11.22	0.49	13.10	
効率化ルート②	0.43	7.07	1.17	8.67	
合計	現行	1.92	17.64	4.73	24.29
	効率化	1.82 (約 6%削減)	18.29 (約 4%増加)	1.66 (約 6%削減)	21.77 (約 10%削減)

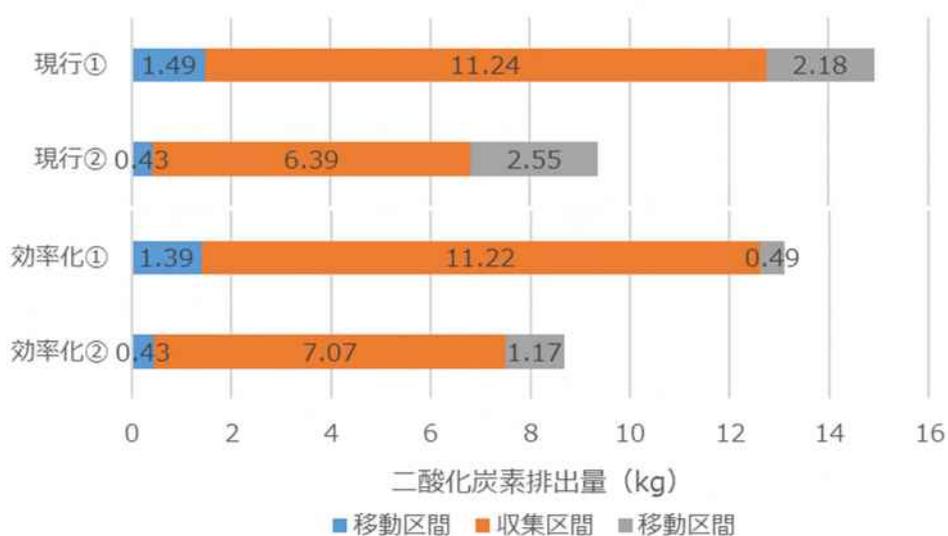


図 3.3(4)-5 各ルートの二酸化炭素排出量



図 3.3(4)-6 二酸化炭素排出量の比較結果

4) 速度

各ルートの子速度の変動状況を図 3.3(4)-7~図 3.3(4)-10 に示す。

現行ルートと効率化ルートでは速度の大きな差は認められなかった。また、移動区間と収集区間で速度の大きな差は認められなかった。これはごみ集積所の間隔が長いため、収集区間の速度は移動区間とほぼ同程度であったと考えられる。

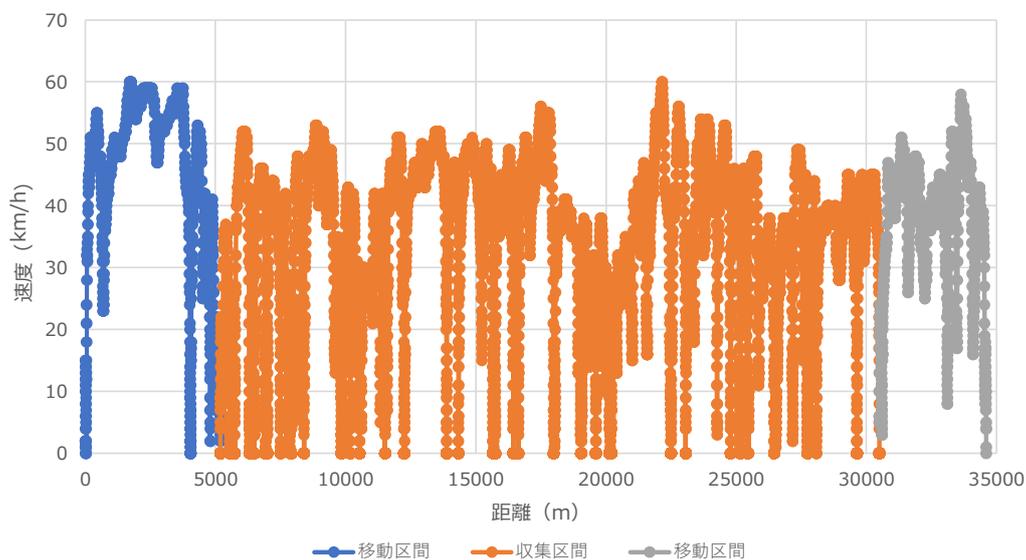


図 3.3(4)-7 速度の変動 (現行ルート① : 2021/1/15)

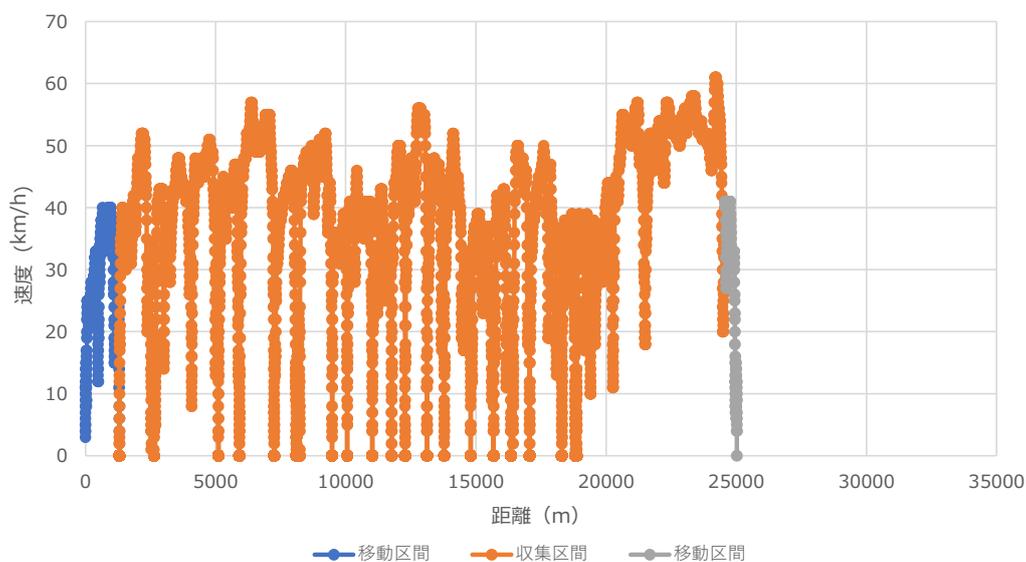


図 3.3(4)-8 速度の変動 (現行ルート② : 2021/1/14)

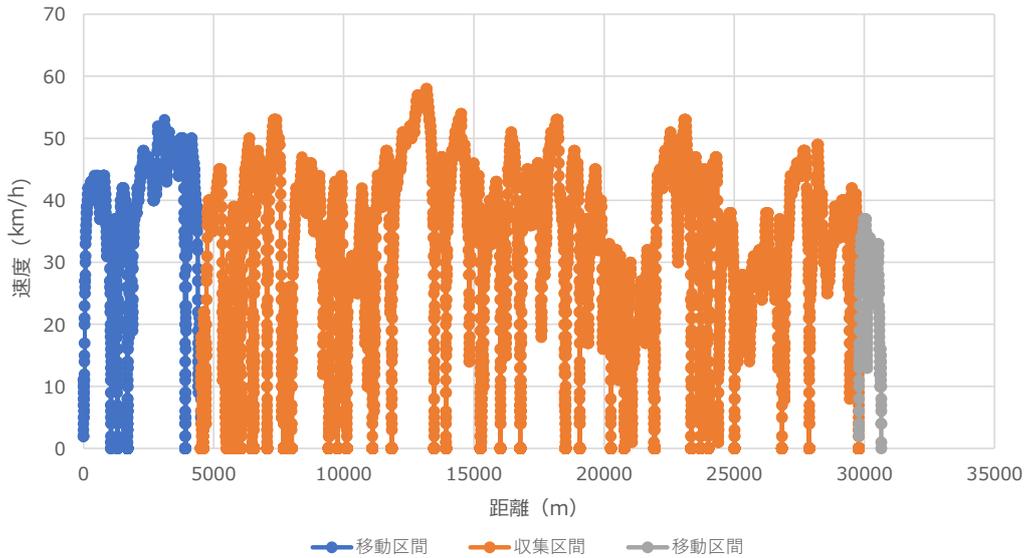


図 3.3(4)-9 速度の変動 (効率化ルート① : 2021/1/15)

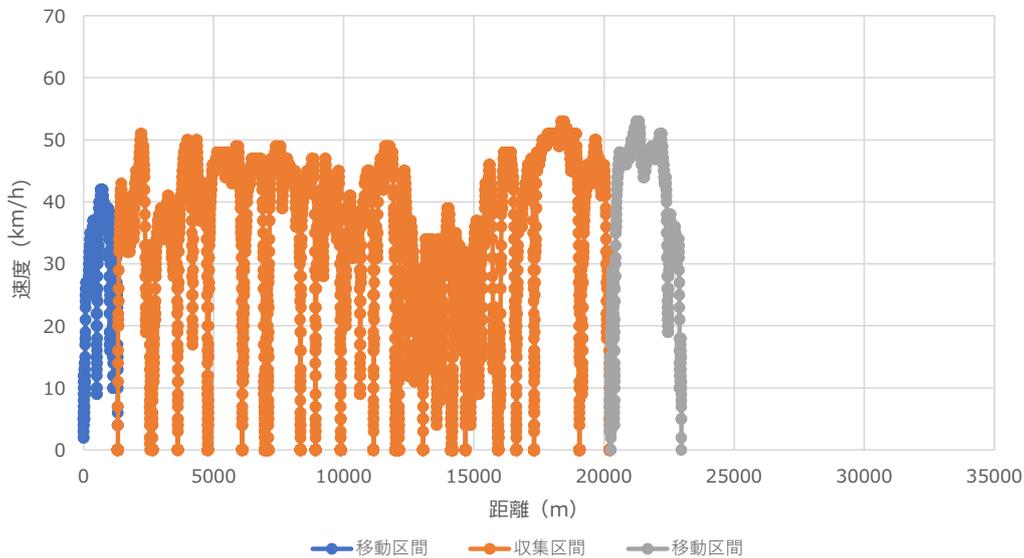


図 3.3(4)-10 速度の変動 (効率化ルート② : 2021/1/14)

5) 机上予測 (走行距離) および実走行調査結果との比較

机上予測 (走行距離) と実走行調査結果との比較結果を表 3.3(4)-5 に示す。

走行距離の机上予測と実走行調査では差があまりなく、全体的に約 8%以内におさまっている。机上予測は概ね実走行調査より短くなる傾向がある。

表 3.3(4)-5 机上予測した走行距離

	走行距離(m)			合計
	移動区間	収集区間	移動区間	
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①	4,920(-5.1%)	23,400(-7.5%)	3,730(-9.1%)	32,050(-7.4%)
現行ルート②	1,180(-8.6%)	16,740(-4.6%)	5,790(-6.6%)	23,710(-5.3%)
効率化ルート①	4,270(-6.4%)	24,670(-2.1%)	790(-6.1%)	29,730(-2.9%)
効率化ルート②	1,180(-9.9%)	17,930(-5.0%)	2,480(-9.6%)	21,590(-5.9%)

※カッコ内は実走行調査結果との差の割合を示す

実走行調査による走行距離は、表 3.3(4)-3 に示す

(5) 石垣市

実走行調査は、各ルートそれぞれ3回実施している。調査の日程については以下のとおりである。以降より示す結果は3回走行した平均値である。

表 3.3(5)-1 実走行調査の日程

走行ルート	日時	
現行ルート①	1回目:2021/4/20	7:33~ 9:06 (93分)
	2回目:2021/4/20	14:23~15:48 (85分)
	3回目:2021/4/22	7:28~ 9:04 (96分)
現行ルート②	1回目:2021/4/20	16:06~17:21 (75分)
	2回目:2021/4/21	14:08~15:32 (84分)
	3回目:2021/4/22	15:48~17:10 (82分)
効率化ルート①-1	1回目:2021/4/20	11:57~13:24 (86分)
	2回目:2021/4/21	7:30~ 9:08 (98分)
	3回目:2021/4/22	9:32~11:07 (95分)
効率化ルート①-2	1回目:2021/4/20	9:46~11:14 (88分)
	2回目:2021/4/21	11:25~12:58 (93分)
	3回目:2021/4/22	11:38~13:13 (95分)
効率化ルート②	1回目:2021/4/21	9:27~10:49 (82分)
	2回目:2021/4/21	15:50~17:11 (82分)
	3回目:2021/4/22	14:16~15:37 (81分)

1) 走行時間

走行時間の比較結果を表 3.3(5)-2 および図 3.3(5)-1~図 3.3(5)-2 に示す。

効率化案1(効率化ルート①-1および効率化ルート②)では収集ブロックから処理施設への移動距離で約5%増加してしまいが、全体的には約3%削減効果があったという結果となった。効率化案2(効率化ルート①-2および効率化ルート②)では事務所から収集ブロックへの移動距離と収集ブロックで約3%増加してしまい、全体的には現行ルートとほぼ変わらない結果となった。

移動区間、収集区間とも現行ルートより短くした、効率化案1での削減効果が低い原因は、道路幅の狭い道路を通過することになり、慎重な運転となり速度が低下したことによる。

効率化ルート①-2では、処理施設から遠い収集ブロックから収集作業を行うルートを選択した結果、移動区間(事務所から収集ブロック)および収集区間が、現行ルートより増加し、全体に走行距離が増加したことによる。

表 3.3(5)-2 走行時間の比較結果

	走行時間(分)			合計	
	移動区間	収集区間	移動区間		
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設		
現行ルート①	6.2	51.1	11.4	68.6	
現行ルート②	13.0	33.6	13.9	60.5	
効率化ルート①-1	6.3	46.7	13.3	66.2	
効率化ルート①-2	8.4	53.7	8.1	70.1	
効率化ルート②	12.7	33.5	13.3	59.6	
合計	現行 [※]	19.2	84.7	25.3	129.1
	効率化案1 (効率化①-1+効率化②)	19.1 (1%削減)	80.1 (5%削減)	26.6 (5%増加)	125.8 (3%削減)
	効率化案2 (効率化①-2+効率化②)	21.1 (10%増加)	87.1 (3%増加)	21.5 (15%削減)	129.7 (0.4%増加)

※現行ルート①および②の合計値

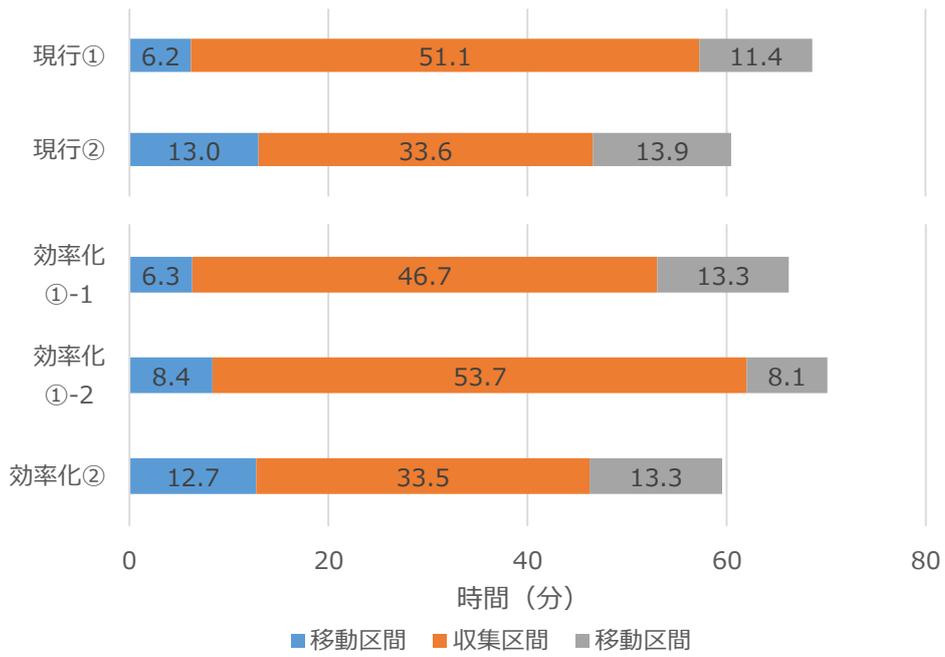


図 3.3(5)-1 各ルートの走行時間

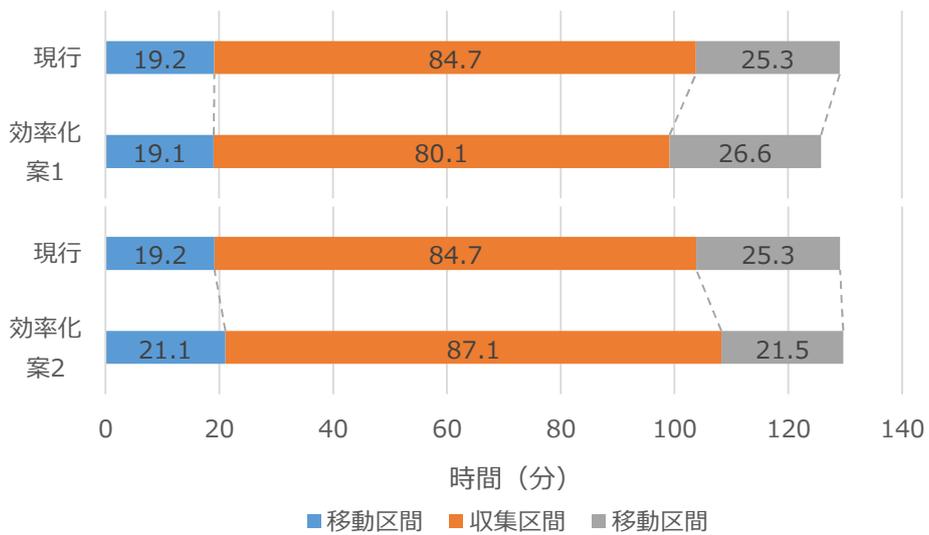


図 3.3(5)-2 走行時間の比較結果

2) 走行距離

走行距離の比較結果を表 3.3(5)-3 および図 3.3(5)-3～図 3.3(5)-4 に示す。

効率化案 1 (効率化ルート①-1 および効率化ルート②) では、全ての区間において 5%～9%の削減となり、全体的には約 6%削減効果があったという結果となった。

効率化ルート①-2 では、処理施設から遠い収集ブロックから収集作業を行うルートを選択した結果、移動区間 (事務所から収集ブロック) および収集区間が、現行ルートより増加し、全体的に走行距離が増加した。

表 3.3(5)-3 走行距離の比較結果

	走行距離(m)			合計	
	移動区間	収集区間	移動区間		
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設		
現行ルート①	4,059	9,644	6,286	19,989	
現行ルート②	6,335	4,007	6,403	16,745	
効率化ルート①-1	4,053	9,123	5,869	19,045	
効率化ルート①-2	5,559	10,125	4,576	20,261	
効率化ルート②	5,818	3,686	5,737	15,241	
合計	現行※	10,394	13,651	12,689	36,734
	効率化 案 1 (効率化①-1+効率化②)	9,871 (5%削減)	12,810 (6%削減)	11,605 (9%削減)	34,286 (7%削減)
	効率化 案 2 (効率化①-2+効率化②)	11,377 (10%増加)	13,811 (1%増加)	10,313 (20%削減)	35,502 (3%削減)

※現行ルート①および②の合計値

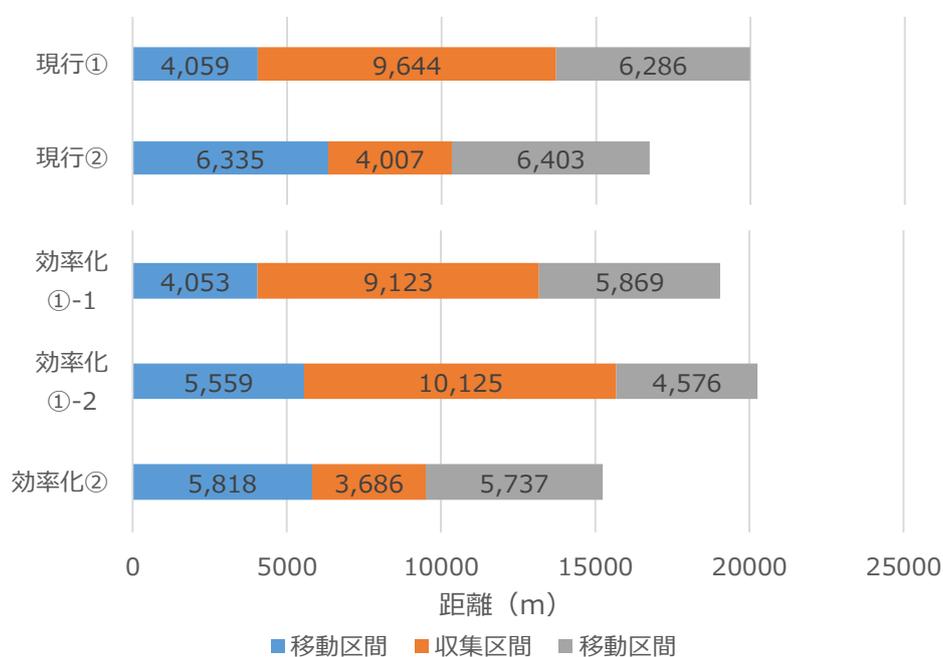


図 3.3(5)-3 各ルートの走行距離

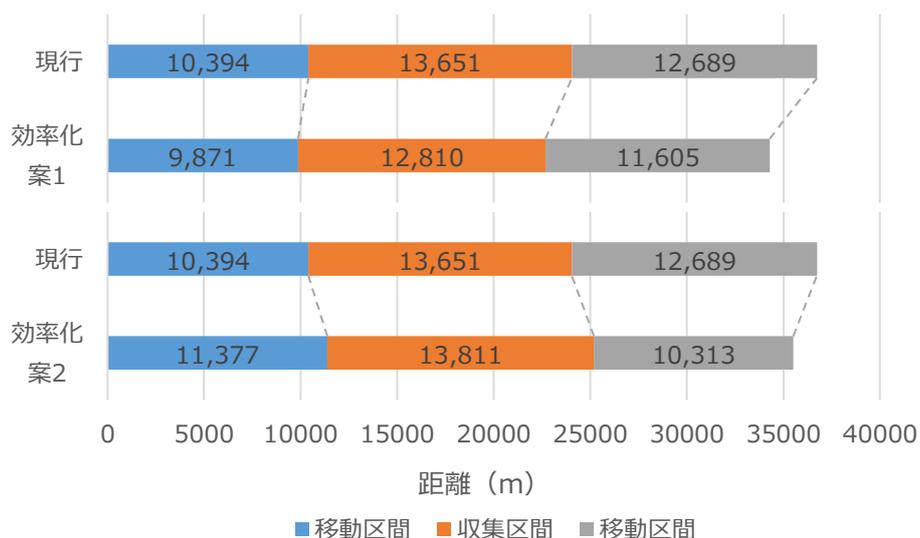


図 3.3(5)-4 走行距離の比較結果

3) 二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量の比較結果を表 3.3(5)-4 および図 3.3(5)-5～図 3.3(5)-6 に示す。

効率化案 1 では、全区間で削減効果があり、全体的には約 3%削減効果があったという結果となった。

効率化案 2 の効率化ルート①-2 では、事務所から収集ブロックの移動区間および収集区間で、現行ルートより増加している。距離の増加による二酸化炭素排出量の増加効果は、処理施設から遠い収集ブロックから収集して積載量が多い状態での走行を減らすことによる削減効果より大きいことが考えられる。

表 3.3(5)-4 二酸化炭素排出量の比較結果

		二酸化炭素排出量(kg)			合計
		移動区間	収集区間	移動区間	
		事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①		1.11	5.33	3.13	9.57
現行ルート②		1.87	3.01	3.42	8.31
効率化ルート①-1		1.12	5.18	3.24	9.54
効率化ルート①-2		1.52	6.34	2.27	10.13
効率化ルート②		1.85	2.85	3.17	7.87
合計	現行※	2.98	8.35	6.55	17.87
	効率化案 1 (効率化①-1+効率化②)	2.97 (0.5%削減)	8.03 (4%削減)	6.41 (2%削減)	17.40 (3%削減)
	効率化案 2 (効率化①-2+効率化②)	3.37 (13%増加)	9.19 (10%増加)	5.44 (17%削減)	18.00 (0.7%増加)

※現行ルート①および②の合計値

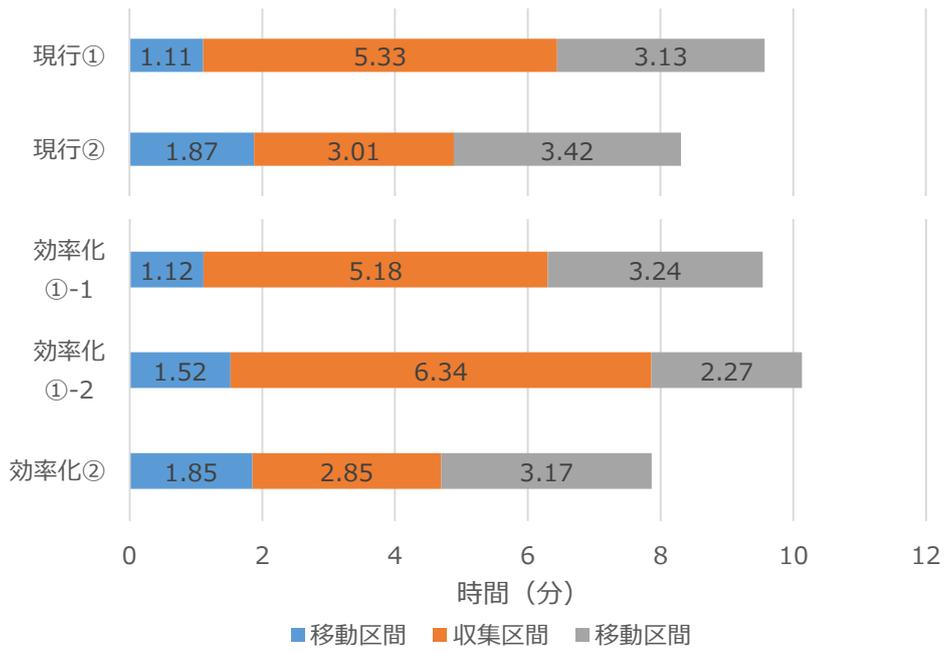


図 3.3(5)-5 各ルートの二酸化炭素排出量

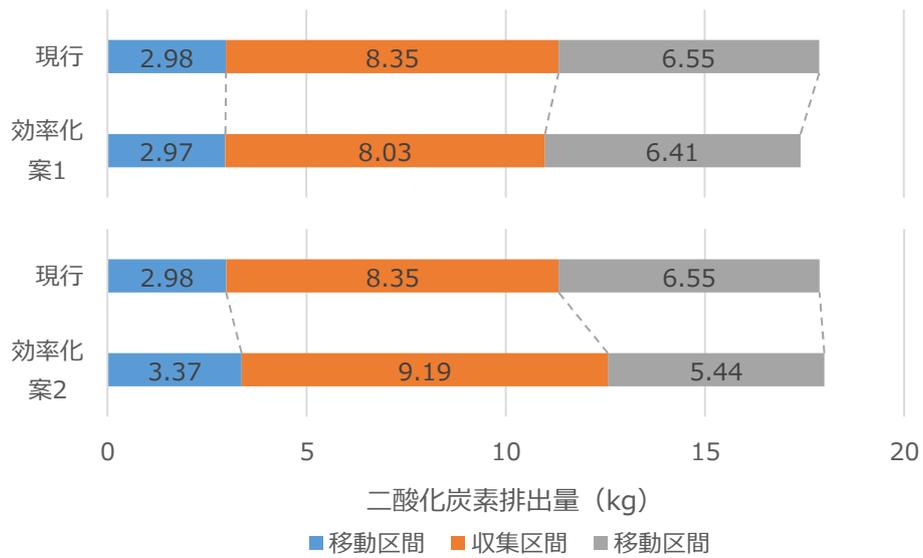


図 3.3(5)-6 二酸化炭素排出量の比較結果

4) 速度

各ルートの子速度の変動状況を図 3.3(5)-7～図 3.3(5)-11 に示す。

現行ルートと効率化ルートでは速度の大きな差は認められなかった。

移動区間と収集区間では速度は大きく異なっている。

移動区間では概ね時速 40～50km であるが、収集区間では低速（概ね時速 15 km）であった。戸別収集方式であるため、町田市や三郷市のごみ集積所が密に配置されている状況と同程度であるためと考えられる。

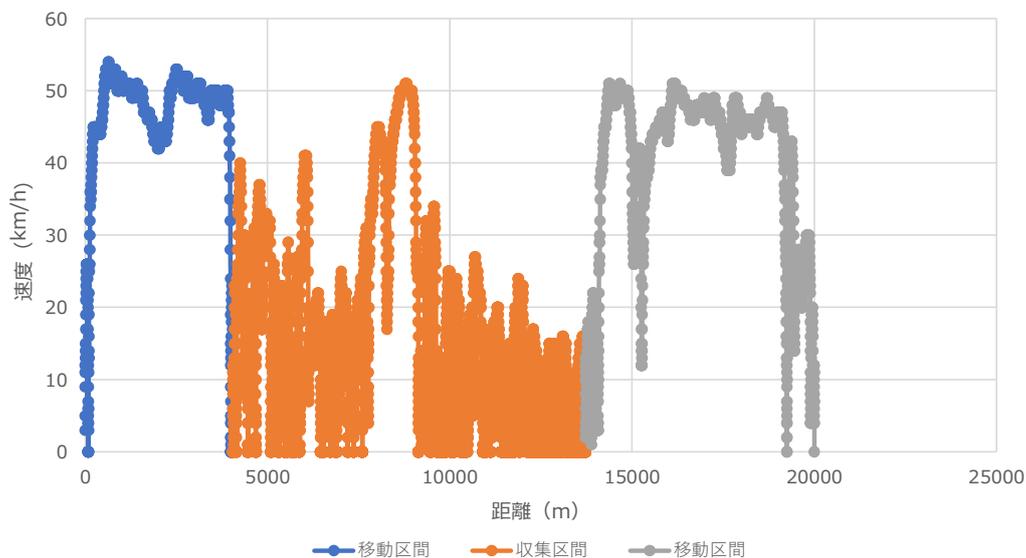


図 3.3(5)-7 速度の変動 (現行ルート① : 2021/4/20)

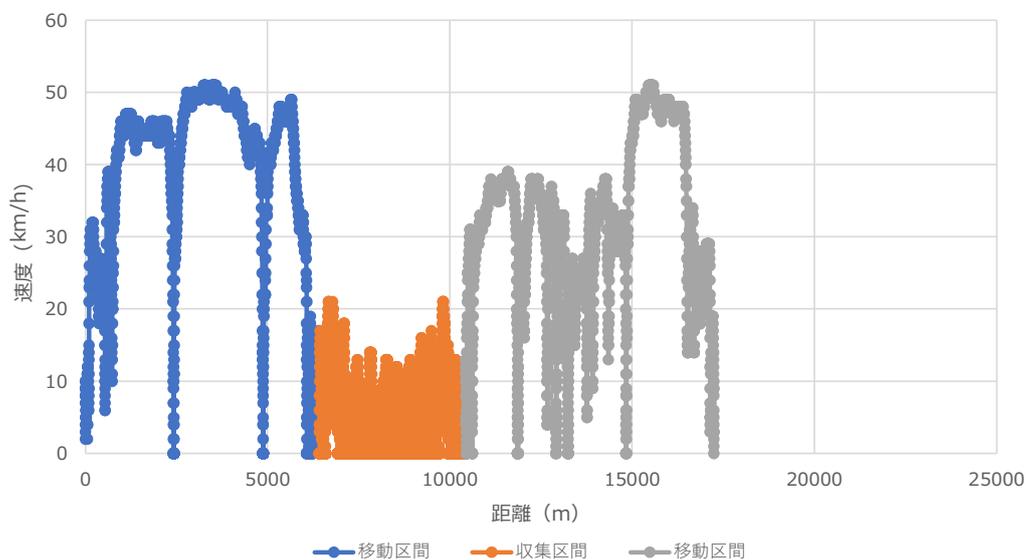


図 3.3(5)-8 速度の変動 (現行ルート② : 2021/4/21)

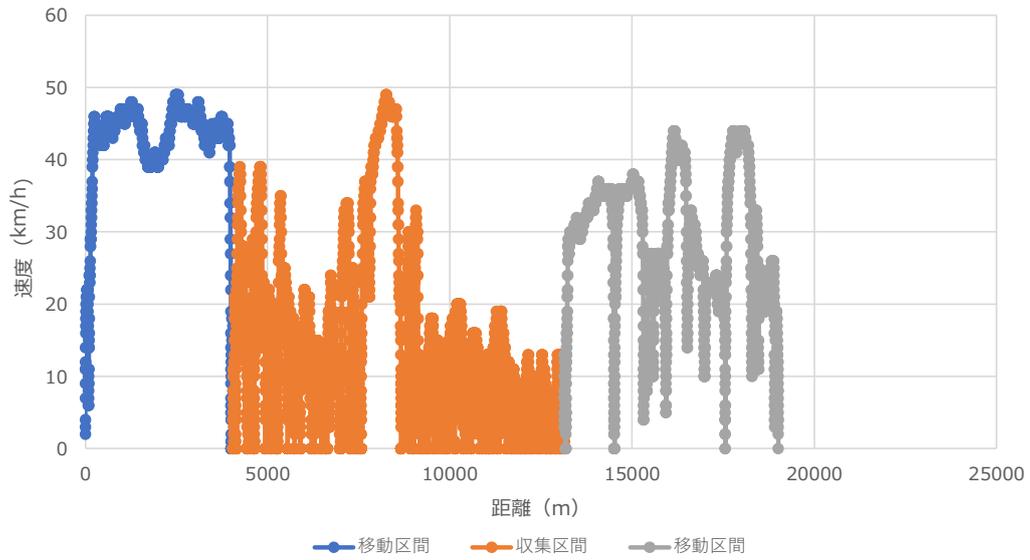


図 3.3(5)-9 速度の変動 (効率化ルート①-1 : 2021/4/22)

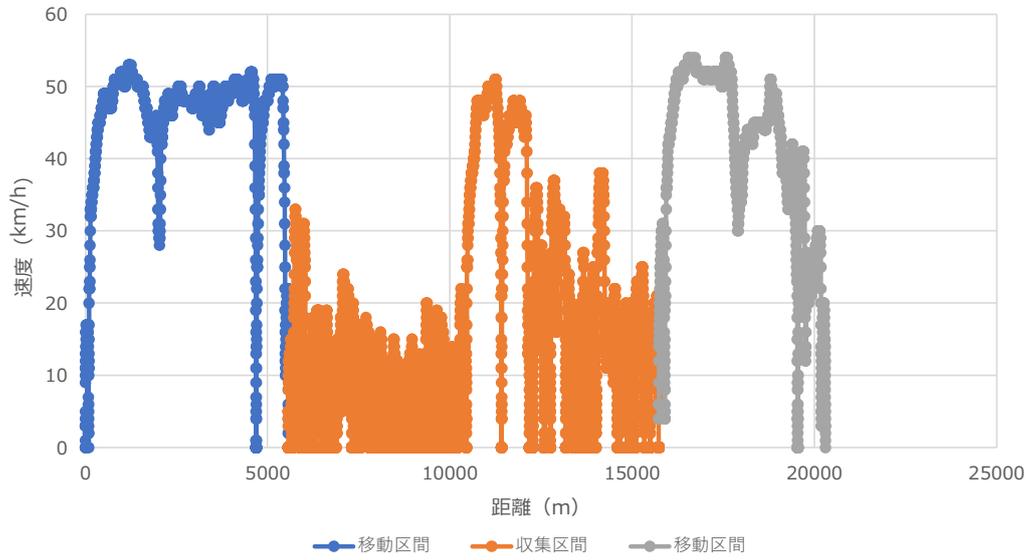


図 3.3(5)-10 速度の変動 (効率化ルート①-2 : 2021/4/20)

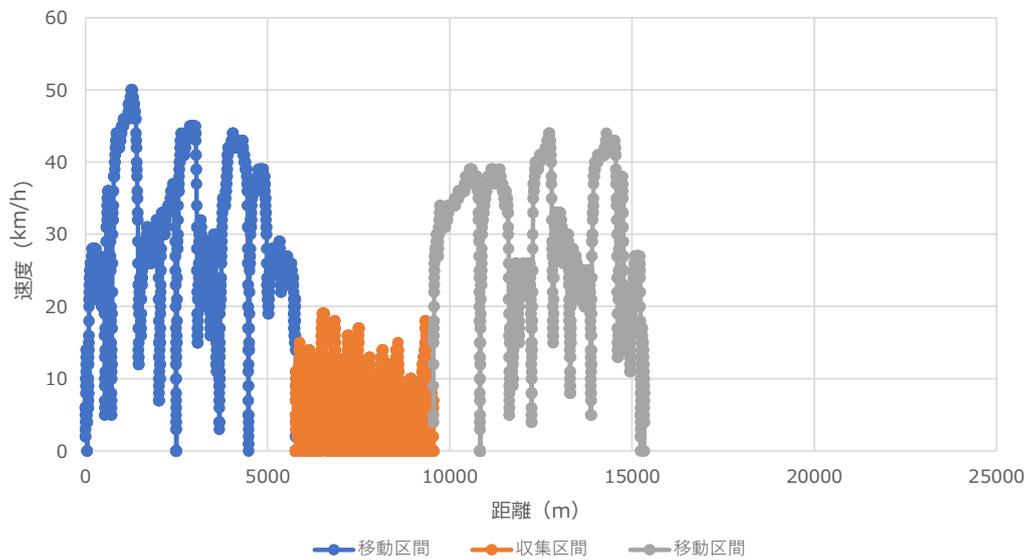


図 3.3(5)-11 速度の変動 (効率化ルート② : 2021/4/21)

5) 机上予測（走行距離）および実走行調査結果との比較

机上予測（走行距離）と実走行調査結果との比較結果を表 3.3(5)-5 に示す。

走行距離の机上予測と実走行調査では差があまりなく、全体的に約 5%以内におさまっている。
机上予測は概ね実走行調査より短くなる傾向がある。

表 3.3(5)-5 机上予測した走行距離

	走行距離(m)			合計
	移動区間	収集区間	移動区間	
	事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集ブロック	収集ブロック ⇒処理施設	
現行ルート①	3,960(-2.4%)	9,300(-3.6%)	5,960(-5.2%)	19,220(-3.8%)
現行ルート②	6,160(-2.8%)	3,630(-9.4%)	6,120(-4.4%)	15,910(-5.0%)
効率化ルート①-1	3,960(-2.3%)	8,790(-3.7%)	5,960(+1.6%)	18,710(-1.8%)
効率化ルート①-2	5,390(-3.0%)	9,700(-4.2%)	4,310(-5.8%)	19,400(-4.2%)
効率化ルート②	5,520(-5.1%)	3,630(-1.5%)	5,520(-3.8%)	14,670(-3.7%)

※カッコ内は実走行調査結果との差の割合を示す

実走行調査による走行距離は、表 3.3(5)-3 に示す

3.4 実走行調査のまとめおよび課題検討

(1) 実走行調査で見出された課題

実走行調査結果から考察される調査対象団体の状況および課題を整理する。

1) 都市的地域（町田市・三郷市）

- ① 交通量が多く、渋滞区間が多いため、移動区間における車両の速度が、他の調査対象団体より遅くなる区間があり、支援ツールで検索した走行距離が短いルートでも、渋滞により走行時間の短縮にならない場合がある。
- ② ごみ集積所の密度が他の調査対象団体より高く、収集区間における車両の速度が、他の調査対象団体より遅くなる（概ね時速20km）。
- ③ 古い町並みでは、通過できない、または離合が困難な細い路地が存在し、支援ツールで検索したルートを通行できない場合がある。
- ④ スクールゾーンなど、時間帯により通過できないまたは通学生徒が多い区間がある。
- ⑤ 道幅が広い、交通量の多い道路では、安全のために反対車線側のごみ集積所は収集が困難である。すなわち、進行方向に向かって左側のごみ集積所で収集し、右側のごみ集積所では収集しないこととする。

課題の番号	支援ツール改良の検討内容
①、③、④	渋滞箇所、スクールゾーン、細い路地などの通過できない箇所の設定
②	地域特性に合わせて、移動区間、収集区間で任意の速度に設定可能にする
⑤	ごみ集積所の収集の順番を設定可能にする

2) 中間的地域（松山市）

- ① 古い町並みでは、通過できない、または離合が困難な細い路地が存在し、支援ツールで検索したルートを通行できない場合がある。
- ② スクールゾーンなど、時間帯により通過できないまたは通学生徒が多い区間がある。
- ③ 通勤時間など時間帯により交通量が多い区間があり、支援ツールの解析結果より移動時間がかかる場合がある。
- ④ ごみ集積所が離れているため、収集区間における車両の速度が、都市的地域より若干早い（概ね時速20～30km）。
- ⑤ 道幅が広い、交通量の多い道路では、安全のために反対車線側のごみ集積所は収集が困難である。すなわち、進行方向に向かって左側のごみ集積所で収集し、右側のごみ集積所では収集しないこととする。

課題の番号	支援ツール改良の検討内容
①、②、③	渋滞箇所、スクールゾーン、細い路地などの通過できない箇所の設定
④	地域特性に合わせて、移動区間、収集区間で任意の速度に設定可能にする
⑤	ごみ集積所の収集の順番を設定可能にする

3) 農村的地域（三春町・石垣市）

- ① 交通量が他の調査対象団体より少なく、平均速度が法定速度に近い速度で走行できる。
- ② 古い町並みでは通過できない、または離合が困難な細い路地が存在する。
- ③ スクールゾーンなど、時間帯により通過できないまたは通学生徒が多い区間がある。
- ④ 他の調査対象団体より道路が整備されていないため、迂回路が少なく、支援ツールで検索した走行距離が短いルートでも、道路幅が狭い箇所が多いなどで、走行時間の短縮にならない場合がある。

【三春町独自】

- ⑤ ごみ集積所の間隔が長いいため、ごみ収集区間でも平均速度が法定速度に近い速度で走行できる（概ね時速 40～50km）。

【石垣市独自】

- ⑥ 戸別収集のため、ごみ集積所の密度が都市的地域と同程度またはそれ以上の収集区間があり、収集区間の速度が低速となる（概ね時速 15km 以下）。

課題の番号	支援ツール改良の検討内容
①、②、③、④	渋滞箇所、スクールゾーン、細い路地などの通過できない箇所の設定
⑤、⑥	地域特性に合わせて、移動区間、収集区間で任意の速度に設定可能にする

4) 収集ブロックの再構成の効率化

現行ルートでの走行距離を短くする手法では、作業時間、二酸化炭素排出量の削減効果は数%～10%程度であった。松山市の実走行調査において、2つの収集ブロックを1回の収集作業で行うと、作業時間、二酸化炭素排出量の削減効果は20%～30%あり、大幅な削減効果が見込めることが判明した。

そこで、複数の収集ブロックを統合・再構成する手法を検討し、効果検証を行う必要がある。

(2) 対策方法

支援ツールの改良が必要な課題と改良方針を示す。

実走行調査による課題	支援ツール改良の方針
通過できない箇所、渋滞箇所などをルートから除外する	通過できない区間を指定可能にする(6章にて検討)
密度が高いごみ集積所の収集区間、渋滞区間など、低速走行になる区間がある 密度の低いごみ集積所の収集区間では、平均速度が他の調査対象団体より高速走行になる	区間によって速度を設定可能にする(6章にて検討)
進行方向に向かって左側ごみ集積所で収集し、右側ごみ集積所では収集しない	通過地点の順番を指定可能にする(6章にて検討)
複数の収集ブロックを1回の収集作業で行うと、作業時間、二酸化炭素排出量の削減効果が増大する	複数の収集ブロックを統合・再構成する手法の検討(5・6章にて検討)

(3) 実走行調査による調査対象団体の特徴・モデル化

実走行調査から考察される調査対象団体の移動距離、作業時間、二酸化炭素排出量の特徴・モデル化をまとめる。調査対象団体の特徴を考慮し、作業時間、二酸化炭素排出量の削減手法の検討が必要である。

図 3.4(3)-1 に各調査対象団体の移動距離、作業時間、二酸化炭素排出量モデル図を示す。

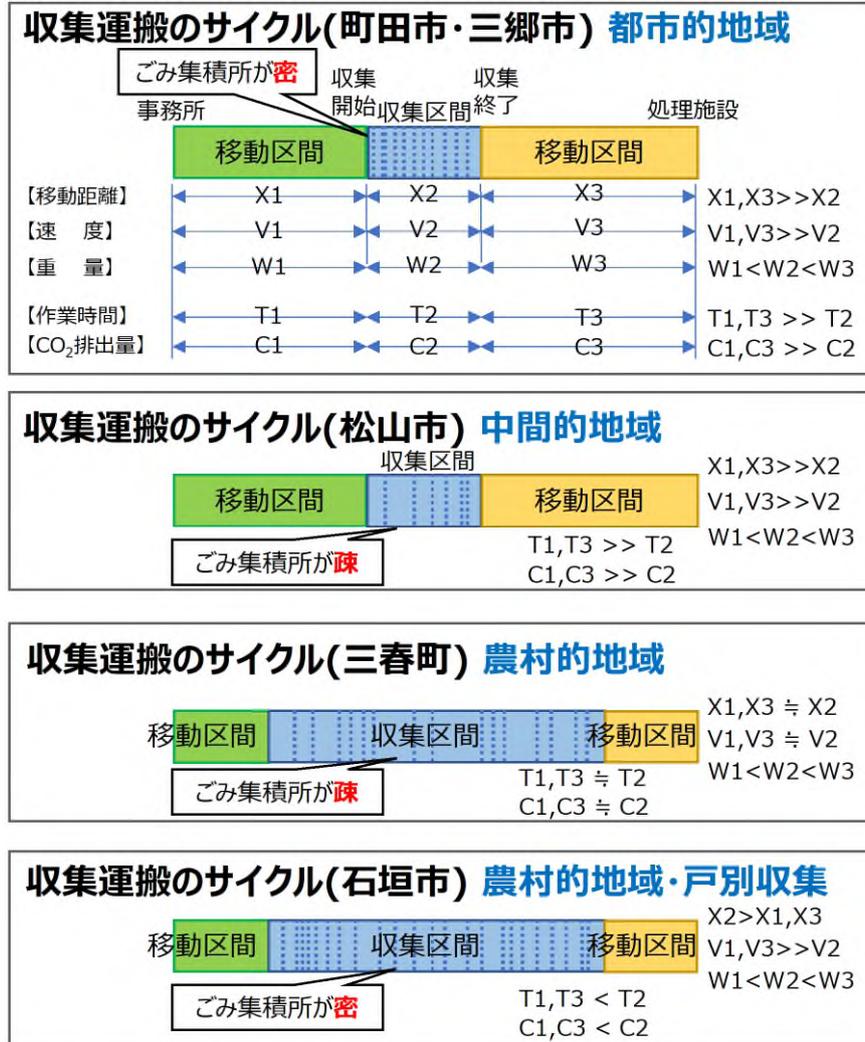


図 3.4(3)-1 各調査対象団体のモデル図

1) 都市的地域 (町田市・三郷市)

- ・ 収集区間の距離(X2)は短く、移動区間の距離 (X1, X3)が長い
- ・ 移動区間の効率化により、移動時間、距離、二酸化炭素排出量削減の効果が高い
- ・ 都市的地域は、渋滞などでV1, V3が低い可能性が高い
- ・ 都市的地域(町田市、三郷市など)では、渋滞する区間が多いため、距離重視ではなく、渋滞を避けることが重要
- ・ ごみ集積所が多く、集積所間が短く、収集作業の負荷が高い

2) 中間的地域(松山市)

- ・ 収集区間の距離(X2)は短く、移動区間の距離 (X1, X3)が長い
- ・ 移動区間の効率化により、移動時間、距離、二酸化炭素排出量削減の効果が高い
- ・ 中間的地域(松山市など)では、渋滞が少ないため、距離削減が重要
- ・ 重量を考慮すると収集区間から処理施設までの移動区間を短くすることが重要

3) 農村的地域（三春町）

- ・ 収集区間の距離(X2)が、移動区間の距離 (X1, X3) とほぼ同じまたは長くなる傾向
- ・ 収集区間・移動区間における速度は、ほぼ同じ
- ・ 作業効率化・脱炭素化には、全区間で距離の短縮が重要

4) 農村的地域・戸別収集（石垣市）

- ・ 移動区間の距離 (X1, X3) より、収集区間の距離(X2)が長くなる傾向
- ・ 戸別収集であるため、収集区間の速度(V2)は移動区間より低速で、都市的地域と同程度
- ・ 作業効率化・脱炭素化には、収集区間で距離の短縮が重要
- ・ ごみ集積所が多く、集積所間が短く、収集作業の負荷が高い

4. ごみ集積所の最適化に向けた現状調査および課題の抽出

4.1 調査内容

(1) 概要

1) 調査の目的

調査対象団体におけるごみ集積所の配置の最適化を図るため、効率化ルートの実走行調査の範囲内に配置されたごみ集積所の一部の範囲について調査を行った。

2) 調査範囲の設定

調査範囲となるごみ集積所の一部の範囲は、効率化ルートの課題抽出の検討からルート等の見直しにより、効果が出ると見込まれる範囲について選定することとした。

3) 調査項目

調査項目は、ごみ集積所毎の人口分布、ごみ収集量、排出者の属性およびその他最適化に必要と思われる項目とした。

調査に必要な機器（ごみ収集状況を確認できる車載バックモニターカメラ、収集作業の走行状態を確認するためのデジタルタコグラフ等）は必要数を調達して設置した。

(2) 調査の方法

ごみ集積所の最適化に向けた現状調査の調査項目と調査方法を表 4.1-1 に示す。調査は、現場から得られるごみ収集車両の走行データ、調査対象とした特定のごみ集積所のごみ収集量、机上調査から得られる人口、人口の年齢、性別等の属性、世帯数と世帯の属性（人数別の世帯数、単身世帯、高齢者世帯等）を対比した。

表 4.1-1 ごみ集積所の最低化に向けた現状調査の調査項目と調査方法

調査項目		調査方法
机上データ	人口、世帯数	・ 国勢調査データに基づき、調査対象地域の人口、世帯数を把握
	人口属性(年齢区分、性別区分別)、世帯数属性(人数別の世帯数、若年単身世帯、高齢者世帯割合)	・ 政府統計ポータルサイト(e-stat)の“地図で見る統計”より国勢調査データを使用
現場データ	特定ごみ集積所のごみ収集量	・ ドライブレコーダーの動画を使用して、人による目視および AI 解析によるごみ収集量の計測 ・ 走行データからごみ集積所の位置特定、収集作業時間(≒ごみ収集量)の推定
	走行データ	・ ごみ収集車両の走行データ
	ごみ収集車両が1回の収集作業で収集するごみ収集量データ	・ 処理施設で計測されるごみ搬入量のデータ

1) 机上データ

a. 人口、世帯数

平成 27 年国勢調査結果に基づきごみ集積所周辺の人口および世帯数を整理した。

b. 人口、世帯数属性

平成 27 年国勢調査結果に基づき、ごみ集積所周辺の人口に関して、男女別の年齢区分別の人口割合を整理した。また、ごみ集積所周辺の世帯に関して、若年単身世帯、高齢単身世帯、高齢夫婦世帯の割合を整理した。

2) 現場データ

a. 特定ごみ集積所のごみ収集量

特定ごみ集積所のごみ収集量をドライブレコーダーに記録された収集作業の動画にもとづき、収集したごみ袋の数としてカウントした。

b. 走行データ

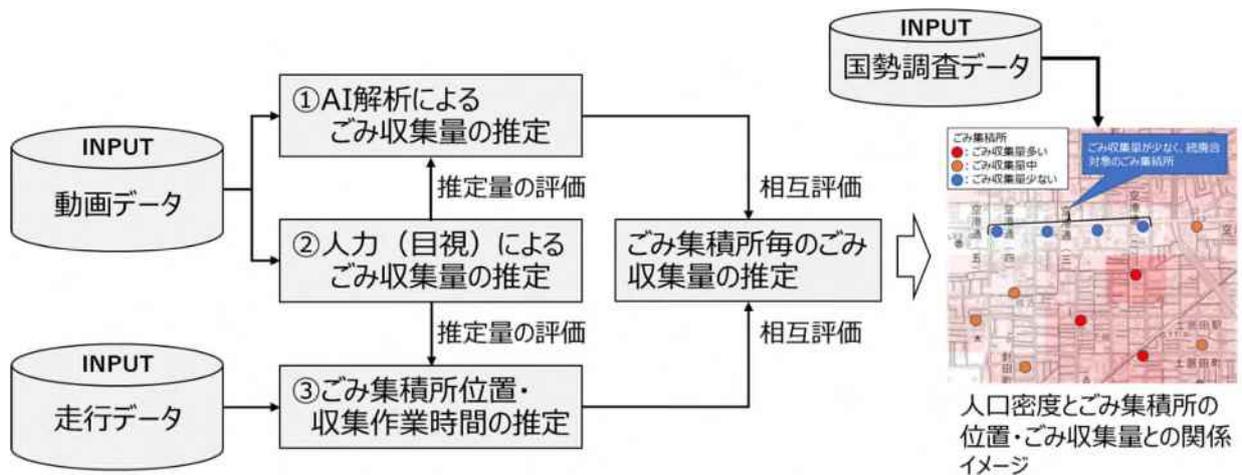
ごみ収集車両に取り付けたデジタルタコグラフのデータに基づき、特定集積所における停車時間を解析した。停車時間との車両別のごみ搬入量との関係から特定ごみ集積所のごみ収集量を推定した。

c. 1回の収集作業で収集するごみ排出量データ

ごみ収集車両が1回のごみ収集作業で処理施設に搬入する重量を、ごみ搬入量データとして整理した。ごみ収集車両のごみ搬入量は1台あたりの台貫重量データに基づき整理した。

(3) 調査の解析手法

ごみ集積所の現状調査の解析手法の流れを図 4.1-1 に示す。調査の解析は、ごみ収集車両に取り付けたドライブレコーダー（車載カメラ）およびデジタルタコグラフの走行データから、ごみ集積所の収集状況（収集量、収集時間等）を解析するとともに、ごみ集積所の周辺の人口や世帯に基づいてごみ集積所の属性を整理したうえで、それらを対比することで、集積所の利用における課題や、集積所配置の最適化に向けた検討を行った。



- ・ 走行データから、ごみ集積所の情報(位置、ごみ収集量等)を解析
- ・ 動画データから、各集積所の収集状況を確認し、国勢調査結果より各集積所周辺の人口等を整理
- ・ 走行データ、動画データの解析結果と目視による計測結果、並びに国勢調査の結果を対比することで集積の利用実態を把握
- ・ ごみ収集量から考慮される集積所の課題と解決法の整理およびごみ集積所の効率化に向けた、統廃合の可能性検討、ごみ集積所、収集ブロックの再編を検討するための情報を提供

図 4.1-1 ごみ集積所の最適化に向けた現状調査の解析手法のながれ

4.2 AI 画像解析によるごみ収集量の推定

(1) ごみ収集動画の解析手法

ごみ集積所の利用実態を把握するため、ごみ収集車両に設置したドライブレコーダーのバックカメラで収録した画像データを解析した。バックカメラに収録された画像から、収集作業員がごみ袋を回収作業している映像を抽出し、その映像から人工知能（AI）を活用し、収集したごみ袋の数を自動的にカウントするシステムを構築して、解析を試みた。

1) 画像解析によるごみ袋数の自動カウントシステム

AI 技術による画像解析システムを構築するために、システム設定を実施した。システムの開発にあっては、いずれの自治体においても将来実施可能なシステムとできるように、ごみ収集車両に事故防止の目的などに一般的に搭載されるドライブレコーダー用のカメラの活用を意識した開発を行った。

表 4. 2-1 AI 技術を活用したごみ袋の自動カウントシステムの開発条件

項目	概要
開発条件	車両に元々据えつけられていたカメラの仕様、設置角度、ごみスポットとの位置関係、ごみ回収方法等の条件を変更せずに、すでに撮影済みの映像を用いて、上述のシステム機能を実現するための初期的な設計・開発を行う。
機能設計	自動カウントのプロセスとして a.ごみ袋の検知、b.ごみ袋の外ラッキング、c.ボーダーラインの設定 d.カウントロジックの確立、の4つのステップから構成されるシステムを設計した。

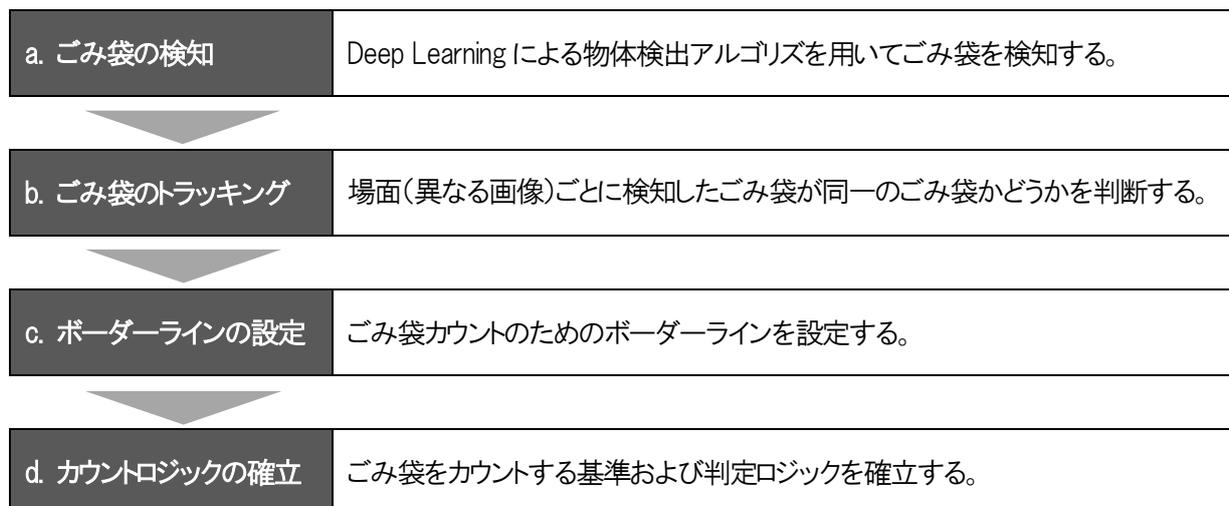


図 4. 2-1 AI 画像解析を実施するためのシステム構成



図 4. 2-2 AI 画像解析に利用するデータのイメージ

2) 画像解析によるごみ袋数の自動カウントシステムのロジック設定

以下では、図 4. 2-1 に示した a~d の AI 画像解析を実施するためのロジック構成について説明する。

a. ごみ袋の検知

ロジック構成の最初の過程であるごみ袋検知の概要を以下に示す。ごみ袋を検知するためには、検知対象であるごみ袋の存在位置を認識させ、さらにそれらを個別の袋として認識させる必要がある。

表 4. 2-2 ごみ袋検知の手順概要

検知対象	ごみ袋
実現する機能	<p>ある入力画像に対して、対象物の位置の検出および対象物の分類を同時に実行する。ごみ袋を検知し、Bounding box を作成する</p> <div style="text-align: center;"> <p>入力画像</p>  <p>↓</p> <p>認識結果</p>  </div>
入出力	<p>カメラからの画像を入力して、ごみ袋の認識を行う。</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> 入力 RGB 画像 </div> <div style="margin-right: 10px;">→</div> <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 10px; border-radius: 10px; text-align: center; margin-right: 10px;"> AI 物体 認識モデル </div> <div style="margin-right: 10px;">→</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> 出力 x, y, width, height, 種類 </div> <div style="font-size: 2em;">}</div> <div style="margin-left: 10px;"> $\begin{matrix} x1, y1, w1, h1, \text{"bag"} \\ x2, y2, w2, h2, \text{"bag"} \\ x3, y3, w3, h3, \text{"bag"} \\ \dots \end{matrix}$ </div> </div>
アプローチ	<p>物体検出アルゴリズムである CNN (Convolutional Neural Network) を用いて物体認識モデルを確立するため、学習用データの収集を行ったうえ、データラベリングを行った。本検討では、CNN ベースのアルゴリズムである以下の 2 つの DL (Deep Learning) モデルを試行し、実装、学習、検証を行った結果、YOLO v5 を採用した。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Single Shot MultiBox Detector (SSD) (学習データ 171 枚) ② YOLO v5 (学習データ 66 枚)

b. ごみ袋のトラッキング

自動判定を行う画像フレーム間において、検出されたごみ袋を同定し、トラッキングを行う。トラッキングは、大量のデータを扱う際に、データを昇順や降順など、一定の規則に従って整列させるアルゴリズムである SORT アルゴリズムにより、それぞれのごみ袋に ID を付与することで行った。

c. ボーダーラインの設定

ごみのごみ収集車両に投入されたかどうかを判定するためのボーダーラインは、フレーム内の任意の高さ (y_t) を基準線として設定し、ごみ投入の判断基準とした。

d. カウントロジックの確立

ここでは、ごみ袋のごみ収集車両に投入されたかどうかを判定する。ごみ袋のごみ収集車両に投入される場合、袋はボーダーラインに対して上から下方向へ移動するため、ごみ袋の Bounding box の上辺の位置 (y_{min}) が、 $y_{min} < y_t$ となり、かつ当該ごみ袋の ID が未カウントの場合に、+1 としてカウントした。



図 4.2-3 AI 画像解析に利用するデータのイメージ

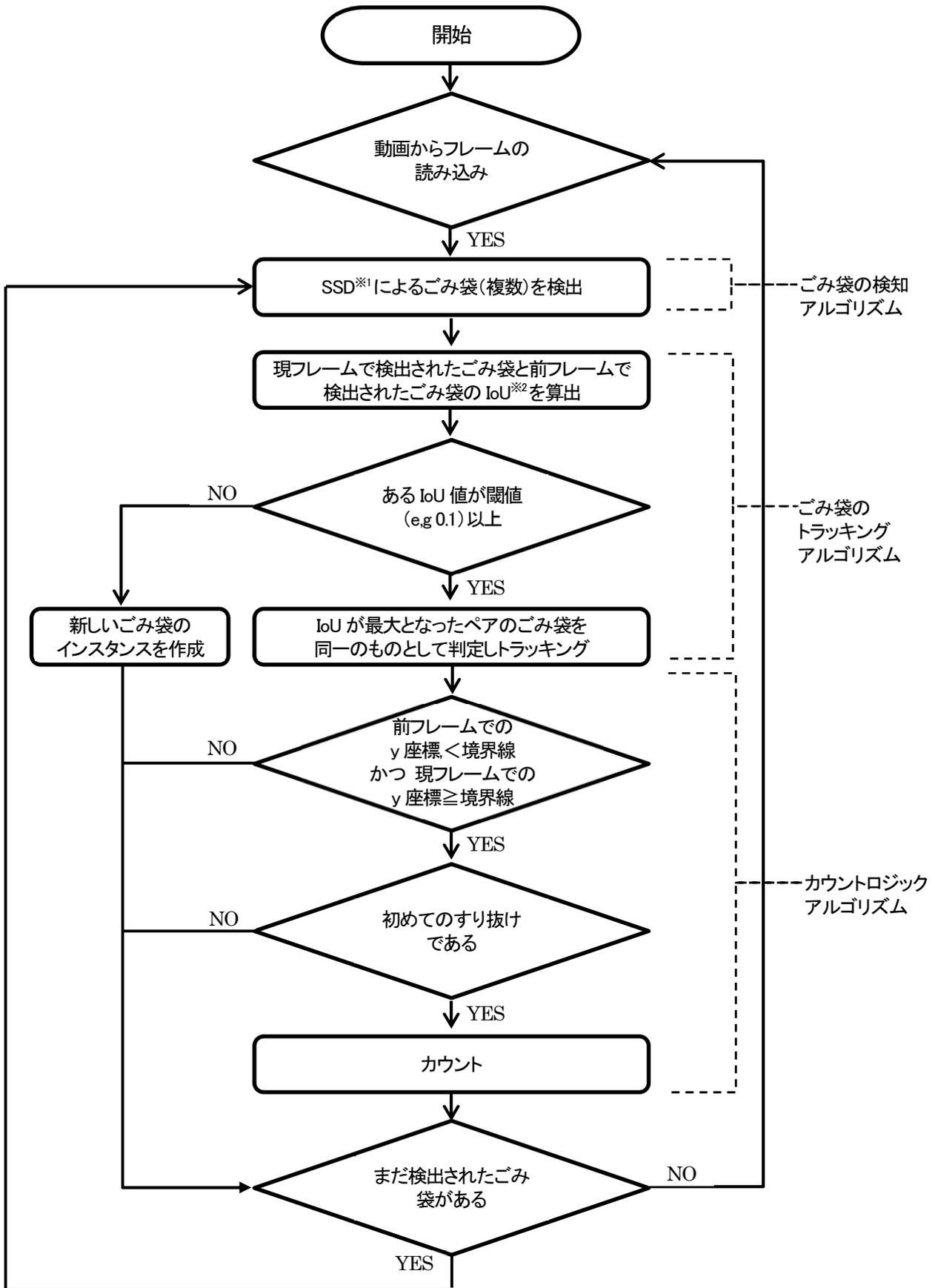


図 4.2-4 ごみ袋検出と個数カウントのフローチャート

※1 SSD : Single Shot MultiBox Detector の略称。一般物体検知のためのアルゴリズムである。

※2 IoU : Intersection over Union の略称。物体検出における評価指標である。

(2) ごみ収集動画の解析

1) 調査対象エリア

ごみ収集動画の画像解析は、収集運搬の効率化ルートの設定が期待される松山市収集ブロック① (③.1(3)章 図3.1(3)-1 現行ルート①と同様) を対象に実施した。当該ブロックの概要を示す。

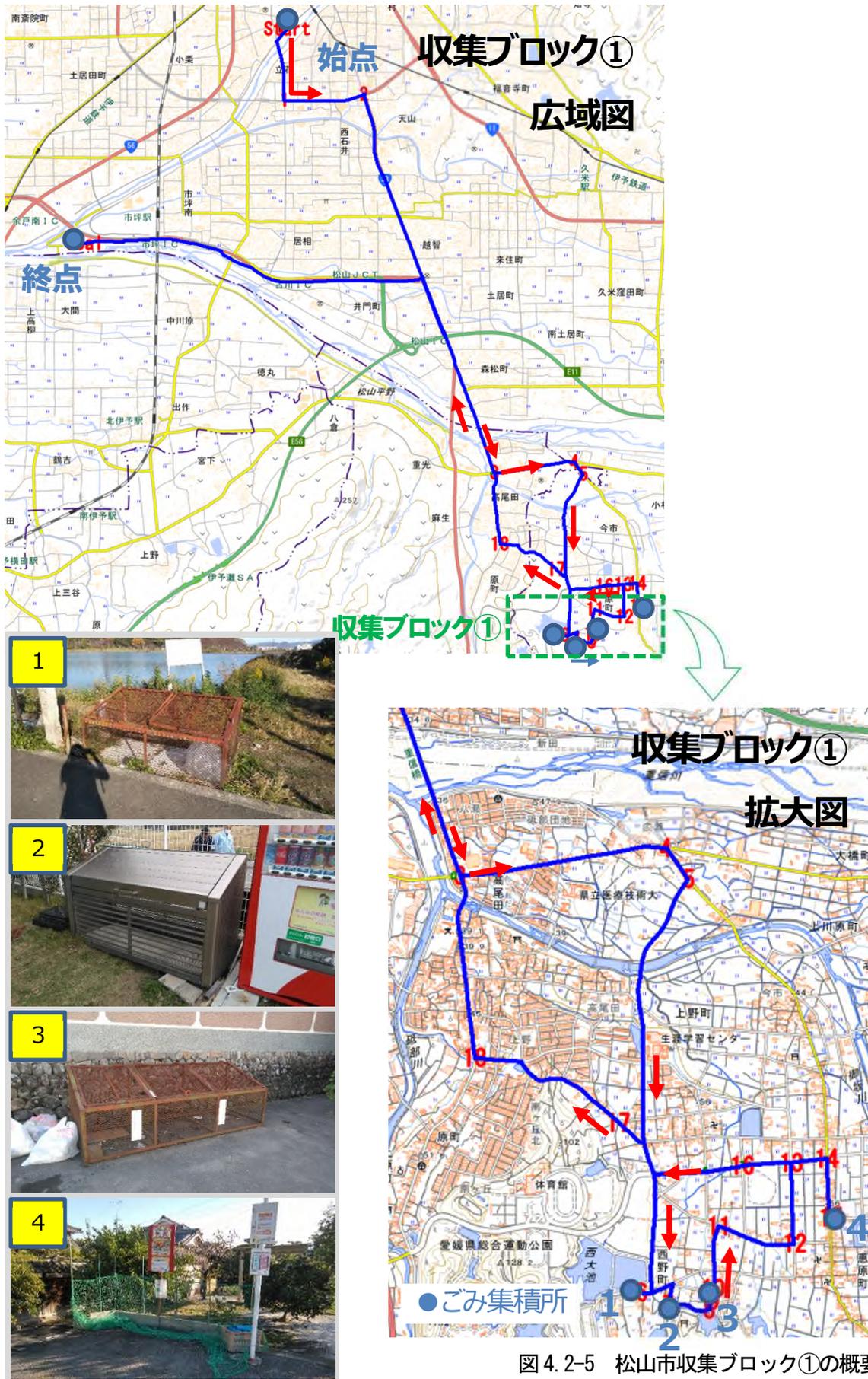


図 4.2-5 松山市収集ブロック①の概要

2) 調査対象車両

画像解析の調査対象車両は、松山市収集ブロック①を収集した車両のうち、効率化ルート検討の対象データである2020年10月10日のA車両を対象とした。当該車両は、当日4箇所のごみ集積所についてごみ収集作業を実施しており、その収集作業動画に対して画像解析を実施した。

3) 調査結果

調査結果を図4.2-6に示した。AIによる画像解析によるごみ袋カウント数と後述する目視によるごみ収集量の計測で示すごみ袋のカウント数(人力でのごみ袋カウント数)との比較を行った。AIによる画像解析は4箇所のみであるが、目視によるカウント数と高い相関性が認められた。なお、全体的な傾向としては、AIごみ袋カウント数のほうが目視によるカウント数に比べて少なくなる傾向がみられた。

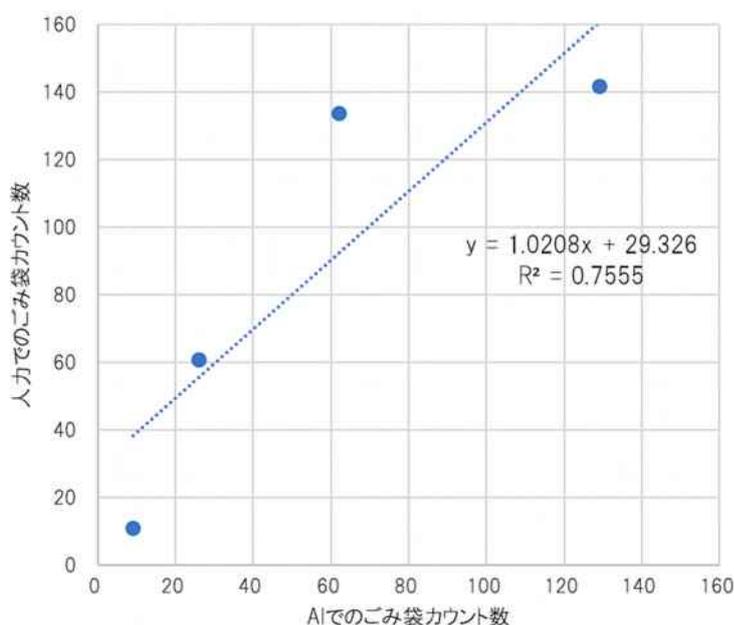


図4.2-6 AIによるごみ袋のカウント数と目視によるごみ袋カウント数の比較

4.3 目視によるごみ収集量の計測

(1) 調査の手法

目視によるごみ収集量の観察は、AI 画像解析によるごみ収集量の推定と同様に、ごみ収集車両に設置したドライブレコーダーのバックカメラで収録した画像データから、収集作業員がごみ袋を回収作業している映像を抽出し、その映像から人が目視で、投入されるごみ袋数と投入動作回数をカウントした。

表 4.3-1 目視によるごみ袋のカウント区分

ごみ袋	大袋、中袋、小袋、剪定枝の4区分 ごみ袋サイズは、大袋:45リットル相当、中袋:20リットル相当、小袋:10リットル相当を目安とした
投入動作	作業員別に片手ごとの腕振り回数をカウントし、集積所ごとに合計

(2) 調査対象エリア

調査対象エリアは、AI 画像解析によるごみ収集量の推定と同様に松山市収集ブロック①を対象に実施した。加えて、収集ブロック①の近傍の北側に位置する収集ブロック②（図 4.3-1、3.1(3)章 図 3.1(3)-2 現行ルート②と同様）についても実施し、国勢調査結果から得られるごみ集積所周辺の属性との関係性を分析するための参照データとした。

(3) 調査対象車両

調査対象車両は、AI 画像解析の調査対象車両と同じ車両（2020年10月10日のA車両）を対象としたほか、国勢調査結果から得られるごみ集積所周辺の属性との関係性を分析するための参照データとするため、松山市の収集ブロック①のほか、収集ブロック②のデータも加えて、調査対象車両を表 4.3-2 のとおりとした。

表 4.3-2 目視によるごみ収集量カウントの対象車両

年	日付 時間帯	車両	収集地域	ごみ集積所 (箇所数)	
2020	10月10日 土 午前	A	収集ブロック①	4	
	10月14日 水 午前	A	収集ブロック①	4	
		A	収集ブロック②	5	
		A	収集ブロック②	1	
	10月17日 土 午前	A	収集ブロック①	4	
		C	収集ブロック②	1	
		B	収集ブロック②	4	
	10月21日 水 午前	A	収集ブロック①	4	
		A	収集ブロック②	6	
		A	収集ブロック②	1	
	10月24日 土 午前	A	収集ブロック②	2	
		10月28日 水 午前	A	収集ブロック①	4
			A	収集ブロック②	6
	A		収集ブロック②	1	
	10月31日 土 午前	A	収集ブロック①	4	
B		収集ブロック②	4		
11月4日 水 午前		A	収集ブロック①	4	
	A	収集ブロック②	6		
	A	収集ブロック②	1		

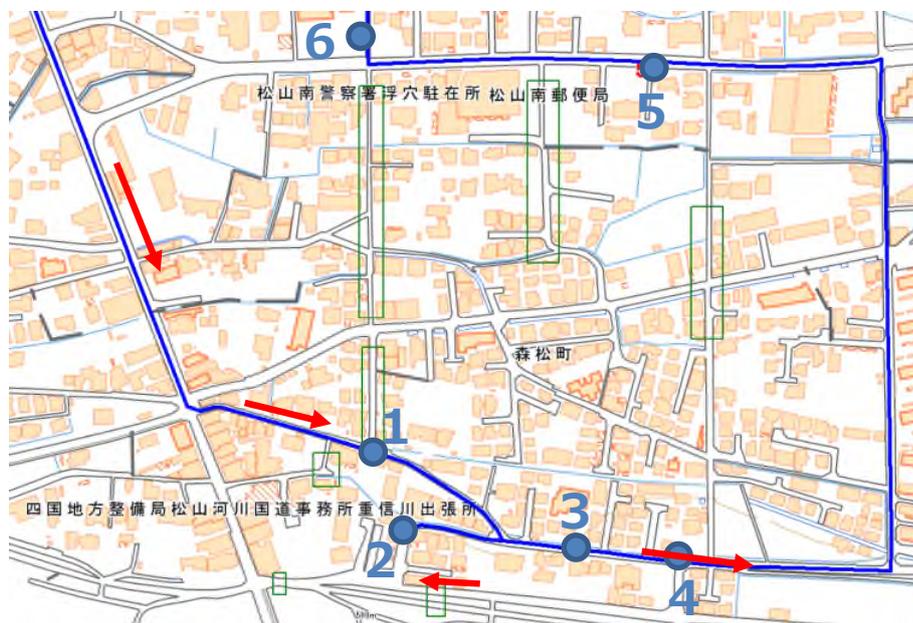


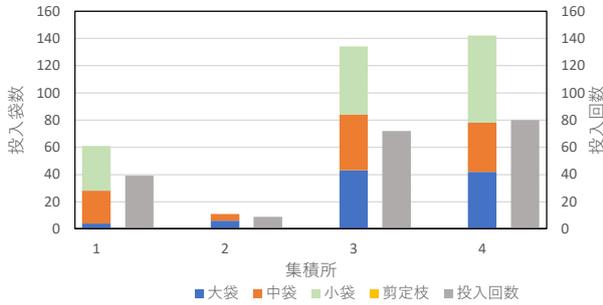
図 4.3-1 松山市収集ブロック②の概要

(4) 調査結果

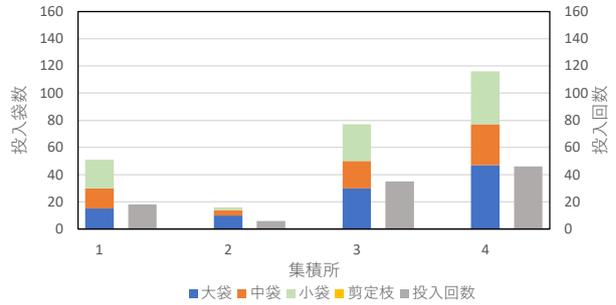
1) 収集ブロック①

収集ブロック①のごみ袋カウント数を収集日別に集計した結果を図4.3-2に示す。

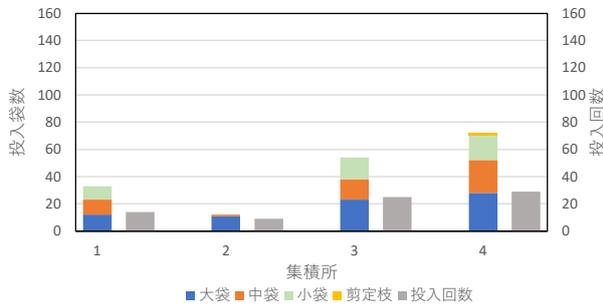
10月10日(土)



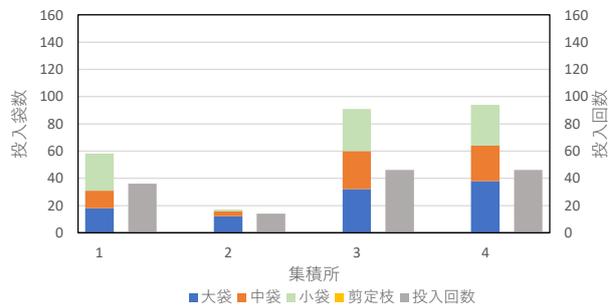
10月14日(水)



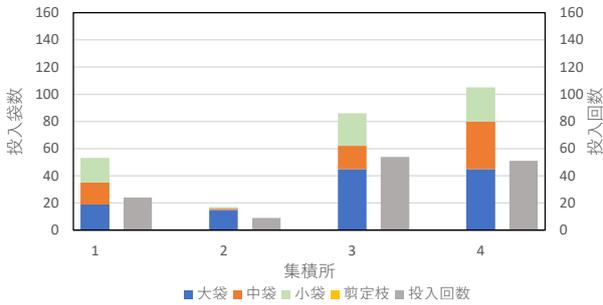
10月17日(土)



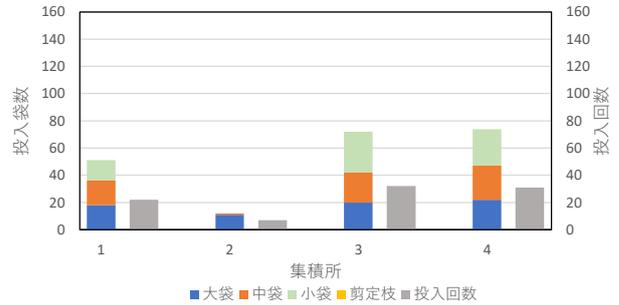
10月21日(水)



10月28日(水)



10月31日(土)



11月04日(水)

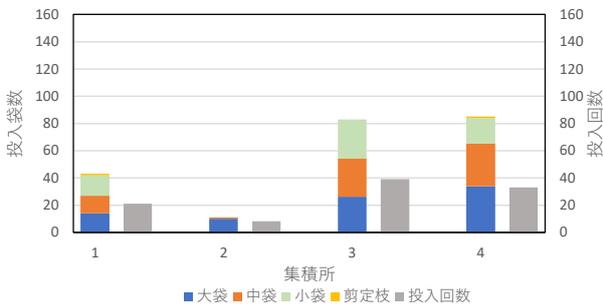


図4.3-2 松山市収集ブロック①のごみ袋のカウント数

2) 収集ブロック②

収集ブロック②のごみ袋カウント数を収集日別に集計した結果を図4.3-3に示す。

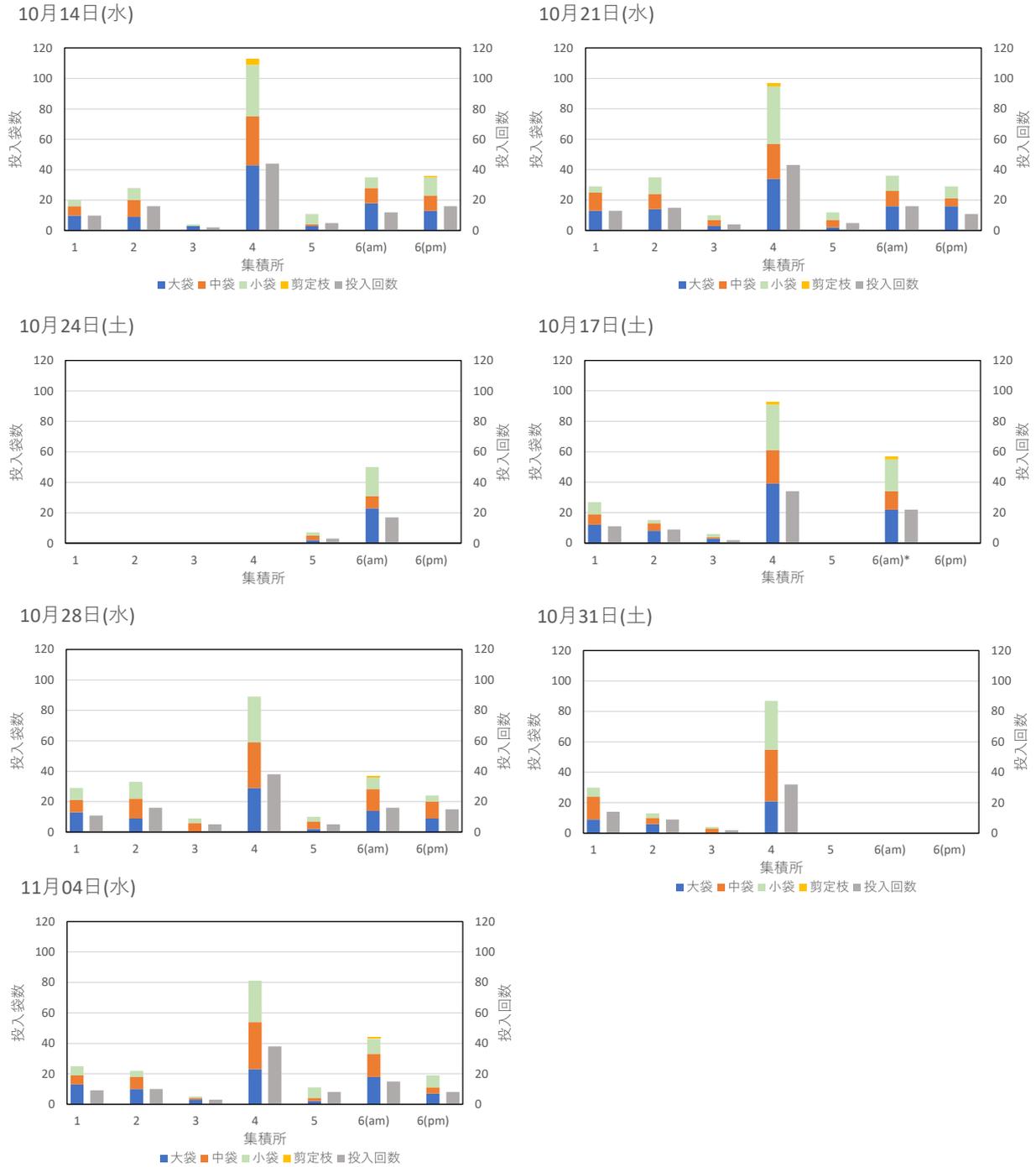


図4.3-3 松山市収集ブロック②のごみ袋のカウント数

4.4 集積所の属性分析

(1) 調査の手法

ごみ集積所配置の最適化に向けた検討の基礎情報を把握するため、ごみ集積所の排出者の属性となる世帯状況、年齢別人口分布等を平成 27 年国勢調査にもとづき整理した。調査の概要を表 4.4-1 に示す。

表 4.4-1 集積所属性分析の調査手法概要

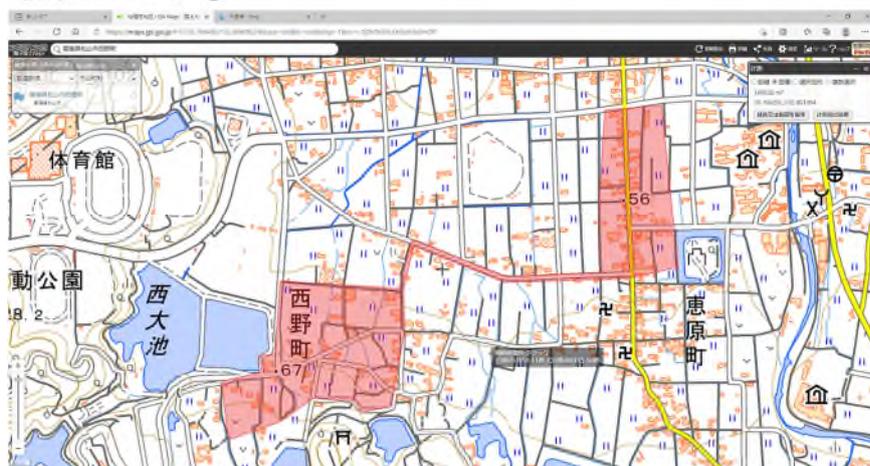
項目	内容
対象地域	・松山市 収集ブロック①(各集積所から 100m 範囲) ・松山市 収集ブロック②(各集積所から 50m 範囲)
解析データ	政府統計ポータルサイト(e-stat)の“地図で見る統計”(GIS)より、 2015 年国勢調査の第 5 次メッシュ(250m)データを解析
解析方法	集積所を中心として、半径 50 または 100m のエリアを設定 ・エリア内に含まれる人口、世帯数等のメッシュデータを面積割合に応じて 按分することで算定
解析区分	人口:年齢区分、性別区分別に集計 ・世帯数:人数別の世帯数、若年単身世帯、高齢世帯割合を算定

1) 対象地域

ごみ集積所の排出者の属性分析のための対象地域は、収集ブロック①は各ごみ集積所から 100m 範囲、収集ブロック②は各ごみ集積所から 50m 範囲と設定した。ごみ集積所の受持ち面積の設定の考え方を以下に示す。

ごみ集積所の詳細な受持ち範囲は不明なため、調査対象としたごみ集積所の収集ルートに沿って街区の境界となる道路と水路から収集ルートの受持ちエリアを設定し、その面積を算定した(図 4.4-1~図 4.4-2 に示すエリア面積)。算定したエリア面積を対象となるごみ集積所数で除すことで、ごみ集積所 1 か所あたりのおおよその受持ち面積が推定される。ごみ集積所 1 か所あたりの受持ち面積を、ごみ集積所を中心とする円形と想定すると、円の面積の公式より半径が算定されるため、公式より求まる半径の概数(収集ブロック①については 100m、収集ブロック②については 50m) をごみ集積所の受持ち対象範囲とした。

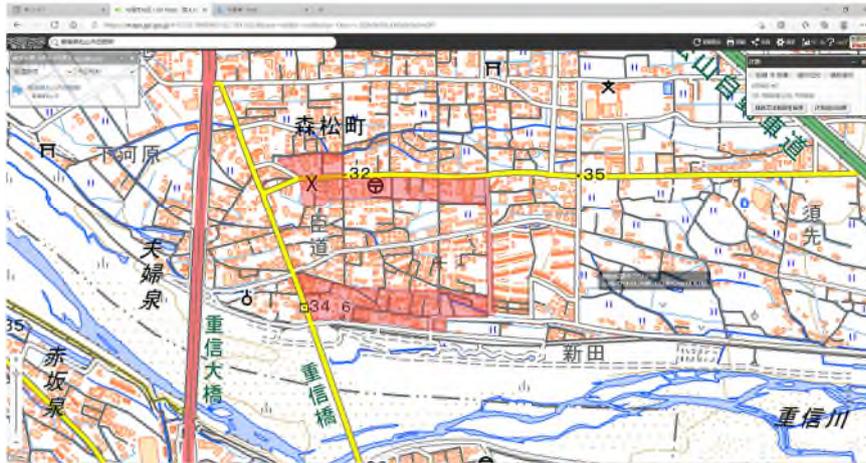
収集ブロック①



エリア面積	169,026 m ²
集積所数	4 か所
受持ち面積	42,257 m ²
半径	116.0 m

図 4.4-1 松山市収集ブロック①の対象エリアと受持ち範囲の設定

収集ブロック②



エリア面積	65,960 m ²
集積所数	6 か所
受持ち面積	10,993 m ²
半径	59.2 m

図 4.4-2 松山市収集ブロック①の対象エリアと受持ち範囲の設定

2) 地域属性の分析項目

地域属性の分析区分は、①ごみ集積所ごとの男女別の年齢別人口、②構成人数別の世帯数、③属性別世帯数とした。属性別の世帯数の属性は、20代単身世帯（若年単身世帯）、高齢単身世帯、高齢夫婦世帯、その他とした。地域属性に係るデータは、e-Stat（日本の統計が閲覧できる政府統計ポータルサイト）より2015年（平成27年度）国勢調査データを整理した。集計に際しては、各指標の第5次メッシュ（250m）データより各ごみ集積所の受持ち範囲が含まれるメッシュデータの按分値を用いた。

(2) 調査結果

1) 収集ブロック①の属性

収集ブロック①のごみ集積所のエリア属性を図4.4-3に示す。

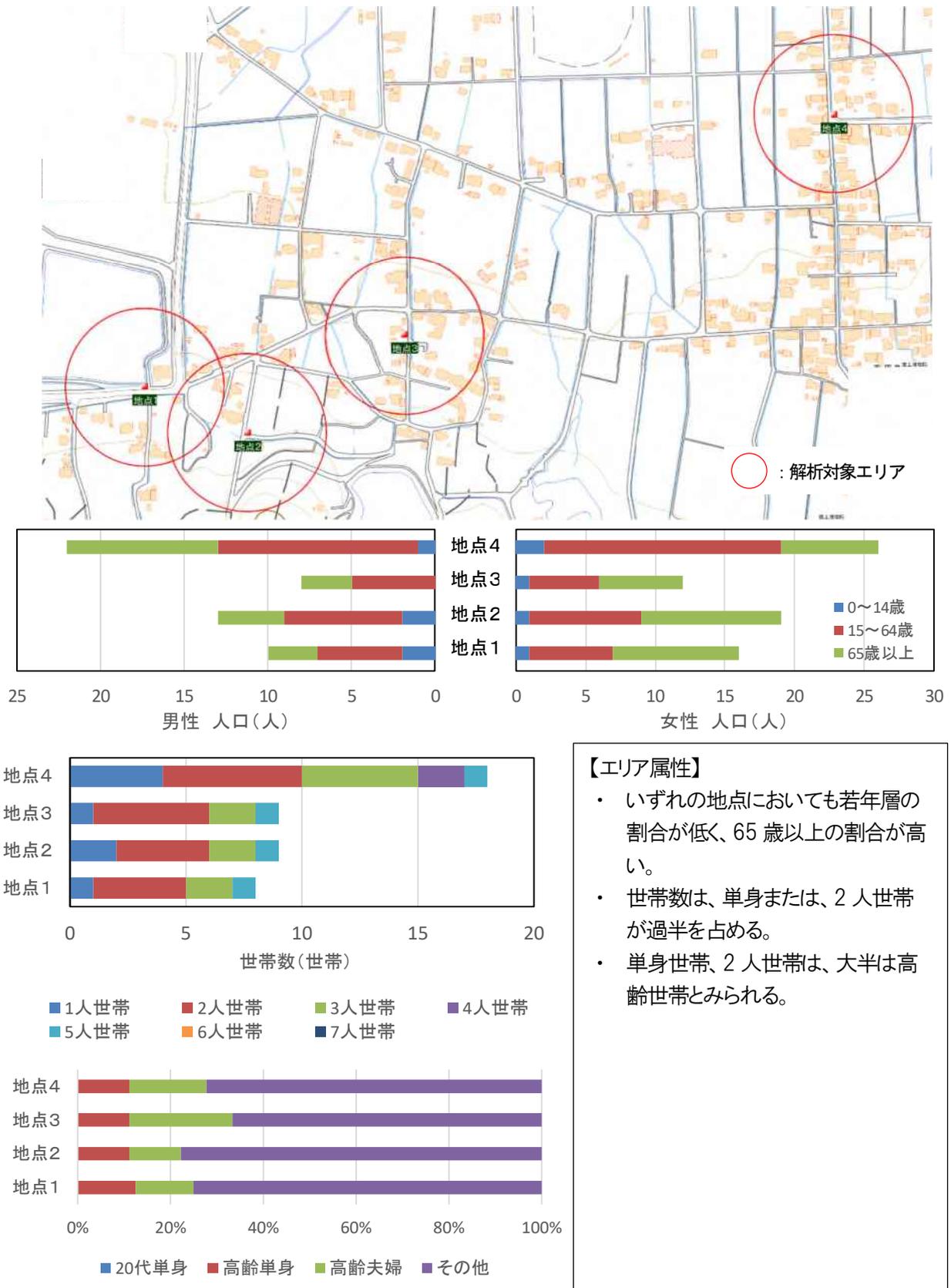


図4.4-3 松山市収集ブロック①の対象エリアの属性

2) 収集ブロック②の属性

収集ブロック②のごみ集積所のエリア属性を図4.4-4に示す。

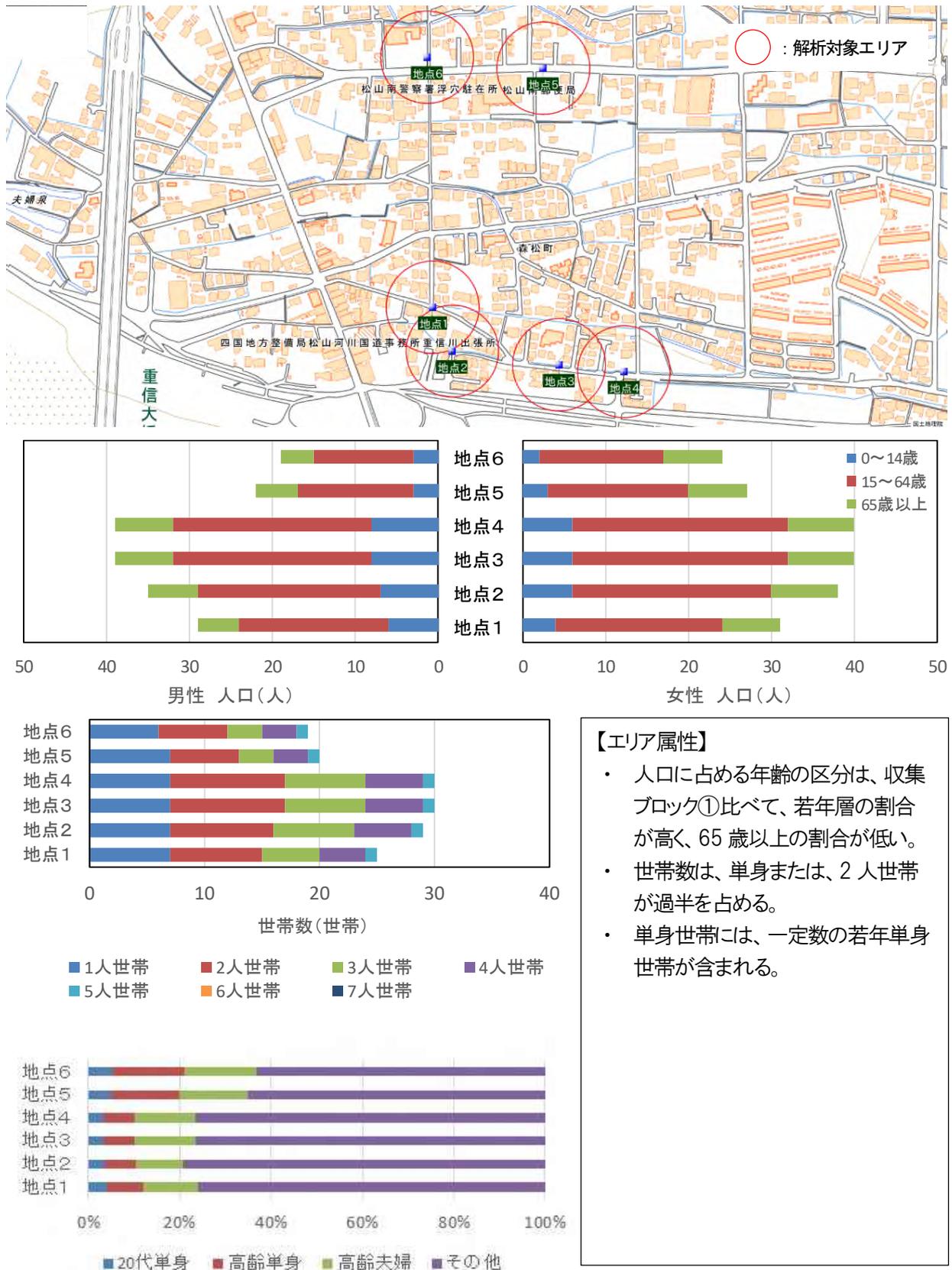


図4.4-4 松山市収集ブロック②の対象エリアの属性

(3) ごみ排出状況との関係整理

1) 収集ブロック①

収集ブロック①のエリア属性とごみ袋の排出状況の関係を整理した結果を図4.4-5に示す。

収集ブロック①

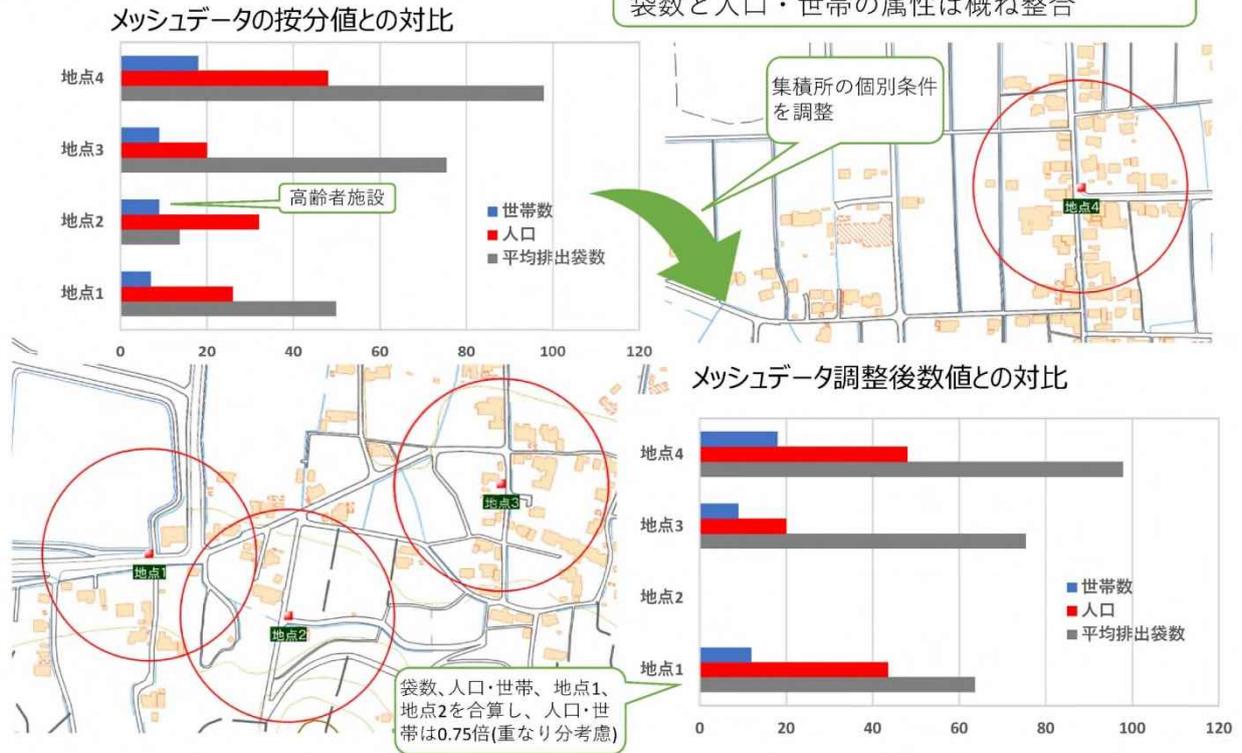


図4.4-5 松山市収集ブロック①のエリアの属性とごみ袋排出状況の関係

収集ブロック①のごみ袋排出状況と世帯数を比較した結果、地点2は人口に比べて排出される袋数が少ない傾向がみられた。地点2のごみ集積所は高齢者施設の専用の集積所であることから、地点2の全体の人口の排出分が含まれないことから、地点1と地点2の人口を合算して、エリアの重なり分を考慮した。エリアの重なりは4分の1程度であるため、人口・世帯数を0.75倍とごみ袋排出数とを比較した。

上記の結果、人口・世帯数とごみ袋の排出数に関係性があることが認められた。

4.5 ごみ集積所位置・収集作業時間にもとづくごみ収集量の推定

(1) 調査の手法

ごみ収集車両に取り付けたデジタルタコグラフの走行データから、ごみ集積所の収集状況（収集量、収集時間等）を解析することで、ごみ集積所で収集されるごみ収集量を推定する手法の検討を行った。

ごみ収集車両の運行状況を逐次把握するために、車両にデジタルタコメータを取り付け、ごみ集積所の配置と車両の運行状況の関係から各車両がごみ集積所ごとに収集したごみ収集量を推定する計算モデルを開発した。

1) 対象地域

計算モデルの開発するにあたっては、実走行調査で取り付けたデジタルタコグラフのデータを活用した。実走行調査を実施した5自治体のうち、処理施設へのごみ搬入量のデータが得られた松山市（愛媛県）、三春町（福島県）、三郷市（埼玉県）の3市町を対象とした。

2) ごみ収集量推定に用いたデータ

ごみ収集量の推定に用いたデータを表4.5-1に示す。

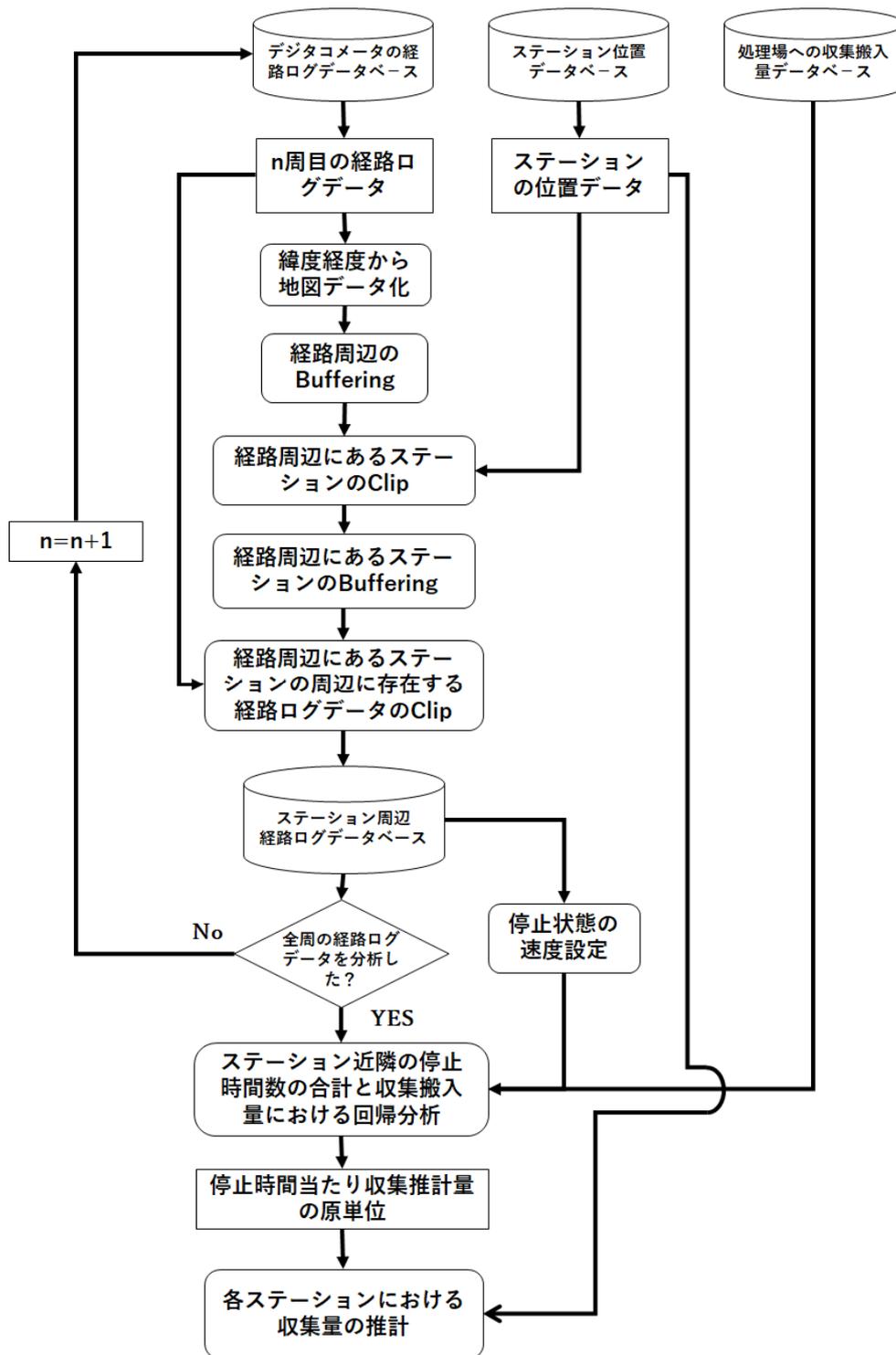
表 4.5-1 ごみ収集量の推定に用いたデータ

区分	内容	説明
走行データ	デジタルタコグラフ（走行データ）	車両1台ごとの走行記録(位置、日時の記録)
位置データ	ごみ集積所位置	ごみ収集地図等の位置情報 ※位置データに記載されていないごみ集積所は走行状況から推定した。
	処理施設位置	ごみ収集車両が収集したごみを搬入する施設の位置
	車両基点位置	ごみ収集車両の業務開始時および終了時の基点となる、事務所、事業所の位置
搬入量データ	1台あたりごみ搬入量※	処理施設における車両別のごみ搬入量データ ※三郷市においては、車両別の1日あたりのごみ搬入量

3) ごみ収集量の推定モデル

ごみ収集量の推計モデルは、既往研究成果等にもとづき作成した。ごみ集積所近傍での停車時間は、ごみ収集量と相関すると仮定し、ごみ集積所近傍における停止時間を集計し、この停止時間の集計値に収集するごみ収集量が比例することとした。

ある対象に対して関心がもたれる地理的な特定のポイントデータを Point of Interest (POI) といい、本モデルはごみ集積所を POI とし、その近傍の走行データ分析を行うものである。なお、走行データからごみ収集量の推計は、膨大な走行データを扱うため、アルゴリズムを作成し自動計算するシステムを構築した。図4.5-1にアルゴリズムのながれを示す。



Buffering: 地理情報のポイントやラインデータから任意の距離の範囲を指定する作業
 Clip: 一つの地理情報データの範囲と重なるレイヤーのデータを切り取る作業

図 4.5-1 走行データ（デジタルタコグラフ）からごみ収集量の推計のながれ
 出典：牧ら（2022, 環境システム論文集（投稿中））を一部加筆・修正

走行データは、GPS で取得される座標データであることから、既往の道路網データと必ずしも一致せず、1 ごみ収集作業の中で同じ道路を通過する際にも緯度・経度がずれることがある。また、走行データから判定されたごみ集積所は必ずしも道路の経路上に立地するものではなく、道路に近接する形で位置する場合がある。そのため、1 ごみ収集作業の走行データ中で収集作業を行ったごみ集積所を抽出する際には走行データから半径 20m における Buffer を作成し、アルゴリズムにより 1 つの Buffer 内で認知されたごみ集積所は、そのごみ収集作業内では同一のごみ集積所とみなし、ごみ集積所の候補数を削減することで計算速度の効率化および計算の簡略化を行った。

また、停止時間数を求める際にはごみ集積所から一定距離 (20m) 内の走行データを時間数の総和を求めることでごみ収集量の推計を行った。

4) ごみ収集量の算定のための係数

本推定モデルによる推計ごみ収集量はごみ集積所での停止時間に比例することとして推計を行うが、実際の収集運搬量は処理施設への搬入量として観測されているため、各ごみ集積所でのごみ収集量は不明である。このため、実際のごみ搬入量から時間当たりの収集量を求めることはできない。そこで、処理施設で観測された車両ごとのごみ搬入量と当該の搬入サイクルにおける走行データから推計されたごみ集積所での停止時間の関係をプロットし、回帰データから、時間あたりごみ収集量となる係数を求めた。なお、回帰分析にあたっては、停止時間 0 において、ごみ収集量は 0 のため、原点を通る切片のない回帰分析を採用した。

停止状態の判断は、デジタルタコグラフからは、速度 (km/h) もしくはデータごと移動距離 (m) を用いて定義することができる。既往研究ではごみ収集作業を 10km/h 以下として地区ごとの推計が行われている。速度を基準にした場合、移動距離と時間から速度への換算が必要であるため、換算作業の不要な移動距離 (m) との対応関係から推計することとした。10km/h 以下となりうる移動距離最大値は 2m であることから、2m 以下となるデータを「停止状態」にあると仮定し分析を実施した。

なお、分析データが多く、先行して分析を行えた松山市ではより適切な分析方法を模索するため、移動距離ではなく速度で停止状態を把握するものとし、20km/h まで 5km/h 刻みの 4 区分で分析を実施するものとした。4 パターンの速度区分で切片なし線形回帰分析を実施し、決定係数など統計分析結果から適切なモデル採用するものとした。

(2) 調査結果

1) 松山市

a. 走行データの例

図 4.5-2 に松山市におけるある車両の 1 ごみ収集作業の走行データを示した。事務所を出発し、市中のごみ集積所を巡回して処理施設に運搬を行う。このようなデータが各市町村の車両について観測でき、施設への搬入記録から 1 ごみ収集作業のデータ分析を試みた。

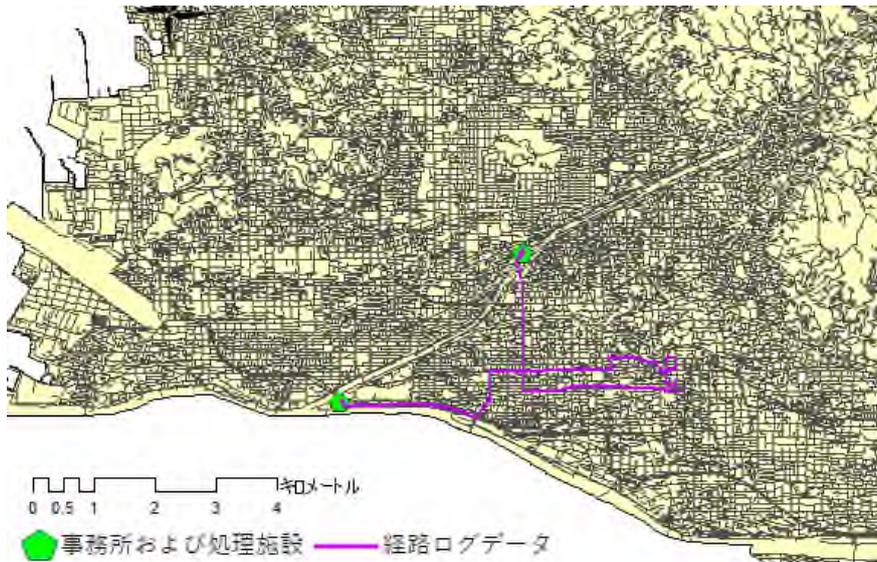


図 4.5-2 走行データの例

出典：牧ら（2022，環境システム論文集（投稿中））を一部加筆・修正

b. 松山市の推定モデル

図 4.5-3 に停止状態を表す速度条件 5km/h、10km/h、15km/h、20km/h としたの場合の回帰分析の結果を示した。この結果から、停止状態を 5km/h とした場合が最も高い決定係数(切片なし $R^2=0.9162$ 、切片あり $R^2=0.3871$)となった。本結果から仮に停止時間 0.5 秒当たり 0.5868 kg と仮定して今後の分析を行った。

また、この結果から、本推定で用いた 0.5 秒間隔のデジタルタコメータの精度では松山市においては停止状態とみなす速度を小さくするほど精度が高くなるが、20 km/h 程度まで結果には大きく影響を与えないことから、速度条件だけでなく、位置情報の変化量からでも推計可能だと考えられた。

1 ごみ収集作業の収集量が少ないデータや停止状態の時間数が大きなデータで回帰線から外れるデータが多くなったが、これは経路上のごみ集積所のすべてが把握できていないことや違反ごみへの対応など、収集時のトラブルの発生などの影響があるものと考えられた。

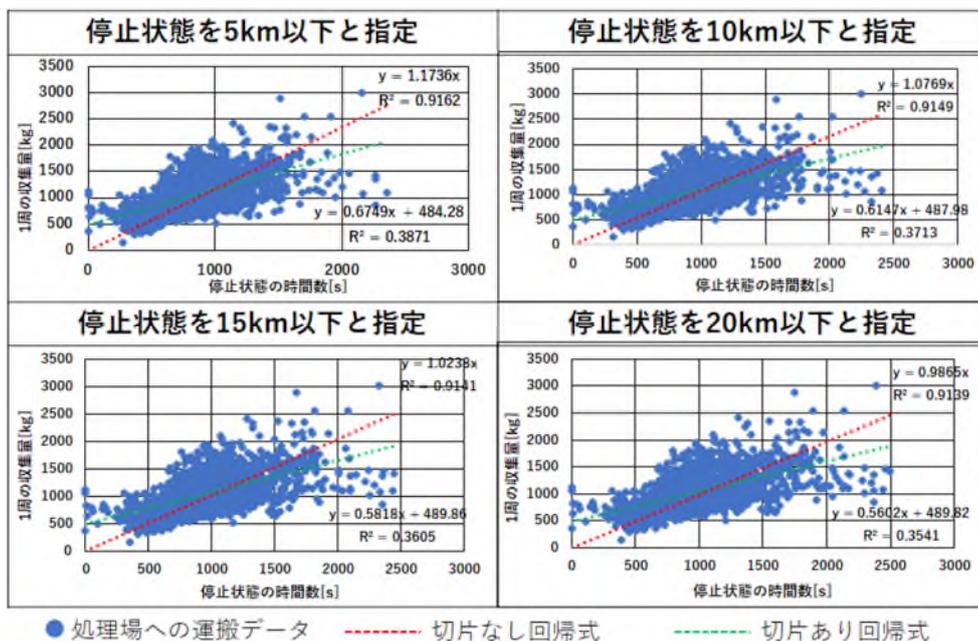


図 4.5-3 松山市における回帰分析による収集量と停止時間との関係
出典：牧ら（2022，環境システム論文集（投稿中））を一部加筆・修正

c. 目視計測結果との比較

車載カメラの動画による目視計測結果との関係性を整理した。

図 4.5-4 は車載カメラで観測したごみ袋の投入回数と各ごみ集積所での停止状態の時間から推計した収集量との相関関係を調べたものである。この結果から、推計した各ごみ集積所の収集量と投入した袋の数とは高い相関性がみられる。

各ごみ集積所での収集量は1 ごみ収集作業のデータを各ごみ集積所の停止時間で按分しているが、松山市のごみ集積所の地図データにないごみ集積所であり、かつ走行データの解析からそれらのごみ集積所が捕捉できない場合、1 集積所あたりの収集量は過大気味になると考えられる。しかし、図 4.5-4 のとおり目視で確認した収集量と推定された収集量には高い相関性がみられたことから、ごみ集積所をすべて把握できれば本計算法で、精度の高いごみ収集量の推定は可能であると考えられる。

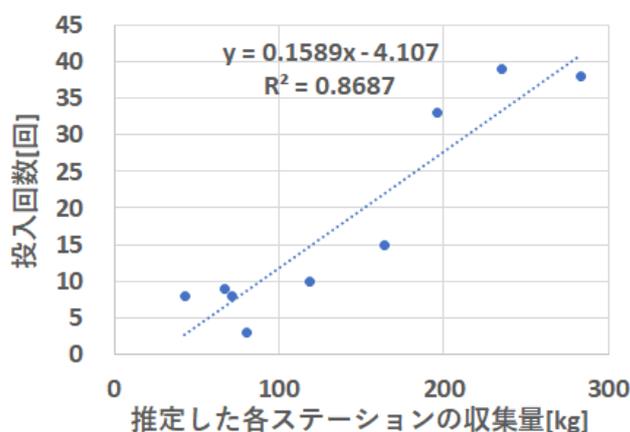


図 4.5-4 推計されたごみ集積所の収集量と目視による投入回数との相関性

出典：牧ら（2022, 環境システム論文集（投稿中））を一部加筆・修正

2) 三春町

図 4.5-5 に三春町の推定結果を示す。図は、停止状態（収集作業）を 0.5 秒における移動量 2m 以下（時速 10km 以下）とした場合に、停止時間（0.5 秒×サンプル数）と収集運搬量との回帰分析を行った結果である。

図 4.5-5 の結果を松山市と比較した場合、三春町の方が相関が低く、回帰式による収集量の推計精度が低くなる結果となった。しかし、時間と収集量にある程度の相関関係があることは同様で、位置情報の変化量のみからでも概ねごみ収集量の大きさを推計可能だと考えられた。三春町の場合、図 4.5-5 の結果から、停止時間 0.5 秒当たりの収量は 0.512 kg と推定された。

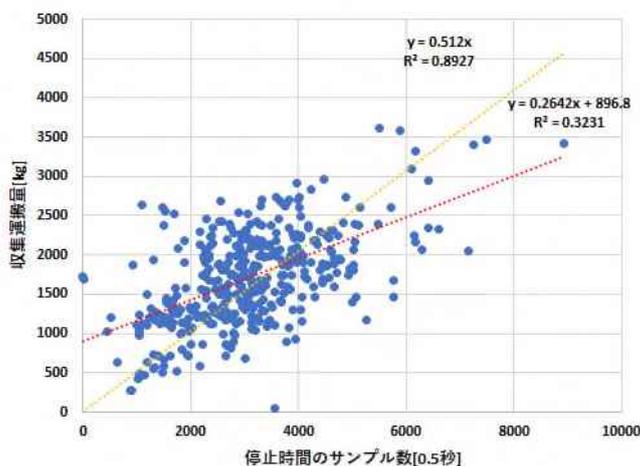


図 4.5-5 三春町における回帰分析による収集量と停止時間との関係

3) 三郷市

図 4.5-6 に三郷市の推定結果を示す。図は、停止状態（収集作業）を 0.5 秒における移動量 2m 以下（時速 10km 以下）とした場合に、停止時間（0.5 秒×サンプル数）と収集運搬量との回帰分析を行った結果である。

松山市、三春町に比べて、相関は悪くないが、1 ごみ収集作業しかしていない日と 2 ごみ収集作業以上している日があり、プロットが適度に分散したため、相関しているように見えるという結果となった。また、最大で 3 ごみ収集作業を実施する日があるため、2 サイクルしている日と 3 サイクルしている日では、収集量が異なるのに対して、停止時間（収集時間）をみると同程度になったため、松山市に比べて推定度は低くなる結果となった。これは松山市や三春町ではみられなかった傾向であるが、ごみ収集量のごみ収集作業ごとではなく、日単位のデータであることとデータ数が少ないことによるものと考えられる。なお、図 4.5-6 の結果から、停止時間 0.5 秒当たりの収量は 0.6315 kg と推定された。

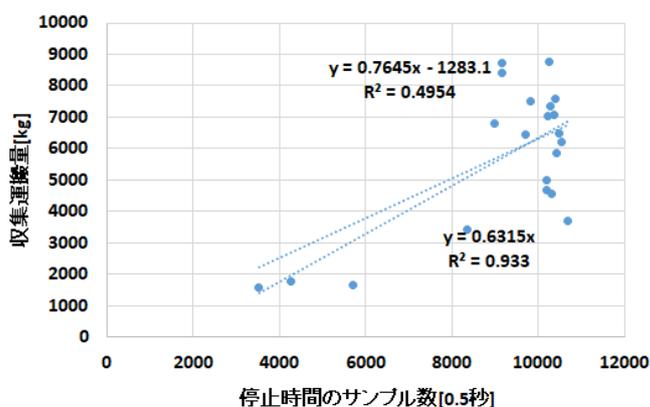


図 4.5-6 三郷市における回帰分析による収集量と停止時間との関係

4) まとめ

松山市、三春町、三郷市の 3 市町の走行データとごみ搬入量との関係を解析した結果、表 4.5-2 に示すとおりまとめられた。これにより、ごみ集積所における作業時間を示す停止時間と収集したごみ量は比例しており、走行データの停止時間を解析することでごみ量が推定できることが示された。

表 4.5-2 ごみ集積所位置・収集作業時間にもとづくごみ収集量の推定結果まとめ

松山市	<ul style="list-style-type: none"> 時速 20km 以下を示す走行データは収集作業を示すとみられ、同条件を示した時間数とごみ収集量には高い相関がみられた。 時速 5km 以下を示す走行データを集計した時間数とごみ収集量との関係が最も相関が高くなった。
三春町・三郷市	<ul style="list-style-type: none"> 時速 10km 以下を示す走行データは収集作業を示すとみられ、同条件を示した時間数とごみ収集量には高い相関がみられた。 時速 10km 以下を示す走行データを集計した時間数とごみ収集量には高い相関みられた。
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> 時速 5～10km 以下を示す走行データは収集作業を示すとみられ、同条件を示したデータの時間数とごみ収集量には高い相関がみられた。 同条件のごみ集積所毎の時間数(作業時間)とごみ収集量には高い相関がみられた。

5. ごみ集積所の最適化手法の構築

5.1 ごみ集積所のごみ収集量推定手法の検討

事務所や駐車場などのスタート地点を出発して、いくつかのごみ集積所のごみを収集して、処理施設などごみを持ち込む作業を「ごみ収集作業」とする。また、ごみ収集作業で収集するいくつかのごみ集積所の単位を「収集ブロック」とする（図 5.1-1）。

4 章においてごみ集積所の現状調査を行い、下記の結論を得た。

- ・ ごみ集積所に排出されるごみ収集量は、周辺の人口・世帯数に比例する
- ・ ごみ収集作業を撮影した動画を活用して、AI 解析によるごみ収集量の推定が可能
- ・ ごみ収集車両の走行データを活用して、ごみ集積所に停止している時間（≒ごみ収集時間）からごみ収集量の推定が可能

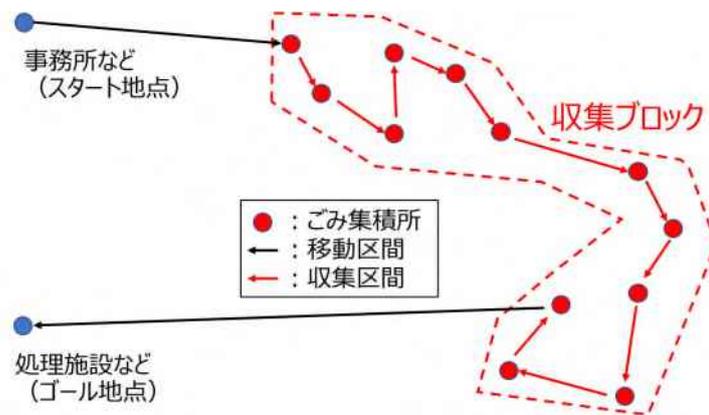


図 5.1-1 ごみ収集作業のイメージ図

ごみ集積所毎のごみ収集量を推定することにより、ごみ収集車両の最大積載量を考慮した収集ブロックの再編手法の検討を行う。

(1) 収集データ

下記のデータを使用する。

データ名称	データ内容
ごみ集積所の位置	ごみ集積所の位置情報
走行データ	デジタルタコグラフで収集したごみ収集車両の位置、時刻情報
ごみ搬入量	ごみ収集作業 1 回分で収集したごみの搬入量(処理施設に持ち込まれたごみの搬入量のデータを活用)

(2) ごみ集積所毎のごみ収集量解析方法

ごみ集積所毎のごみ収集量の解析方法を下記に示す。

- ① 収集車両のごみ収集作業 1 回分のごみ搬入量を抽出
- ② 移動距離が X_m 以下を停止地点とみなす (X を 1m 設定、「ごみ集積所での停止」は、集積所から 20m 以内に設定)
- ③ ごみ集積所位置を参照し、停止地点をごみ集積所とそれ以外に判定 (図 5.1-2 参照)
- ④ ごみ集積所毎の作業時間 (T_n) と作業時間の集計 (T_{all}) の算定
 T_n : n 番目のごみ集積所の作業時間
 T_{all} : $T_1 \sim T_n$ の合計時間
- ⑤ 作業時間 (T_{all}) と処理施設に持ち込まれたごみ搬入量 (重量 : M_{all}) と比較

- ⑥ ④で算定したごみ集積所の作業時間 (Tn) と Ma11 から各ごみ集積所のごみ収集量(Mn)の推定

各ごみ集積所のごみ収集量

$$= \text{ごみ搬入量} \times \text{各ごみ集積所の作業時間} / \text{全作業時間}$$

$$Mn = Ma11 \times Tn / Ta11$$

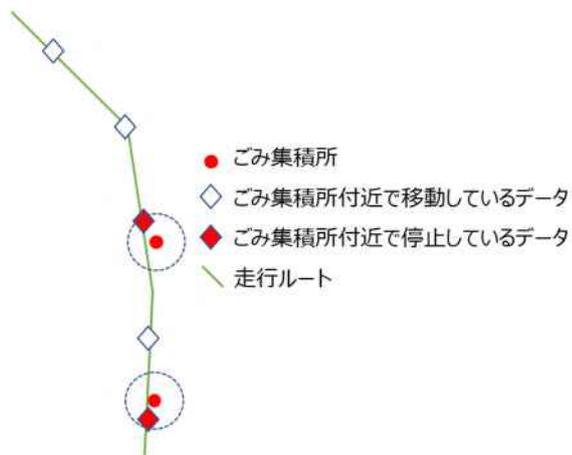


図 5. 1-2 ごみ収集所付近の停止地点抽出のイメージ

5.2 収集ブロックの再構成の検討手法

R 元年報告書に示したとおり、下記の 3 項目について検討することにより、ごみ収集車両から排出される二酸化炭素排出量を削減する。

1) ごみ収集車両の走行距離

走行距離に比例して二酸化炭素排出量は増加する。走行距離を短くすることにより、二酸化炭素排出量を削減可能である。

2) ごみ収集車両の総重量

総重量（ごみ収集車両およびごみ収集量）に比例して二酸化炭素排出量は増加する。重量の軽い車両に容易に変更できないことを考慮すると、ごみ積載量の少ない状態で走行する区間を長くする方法が適切である。例えば、スタート地点（事務所、駐車場など）やゴール地点（処理施設など）から遠いごみ集積所から収集作業を開始し、徐々に近いごみ集積所に向かう収集方法が適切である。

3) ごみ収集車両の速度

速度が低速の場合は、二酸化炭素排出量は増加する。3 章に示した実走行調査の結果で、移動区間の速度は、交通量の少ない三春町では平均時速約 40km、交通量の多い町田市、三郷市では平均時速約 30km となるため、二酸化炭素排出量は異なっていた。

速度については、交通状況により変化する。交通量は曜日と時刻によりほぼ一定であるため、交通量の多い渋滞の区間を避けるなどの運用が適切である。

3 章において松山市の実走行調査で、収集ブロックの再構成により処理施設への搬入回数を削減することで、二酸化炭素排出量が他の調査結果よりも削減できることを示した。本章では、収集ブロックの再編成、統合する方法について検討を行う。

ごみ集積所は、住民の要望、申請により設置される場合が多く、ごみ集積所の撤去や統廃合は困難と予想される。そのため、ごみ集積所位置を現状のとおりとし、1 回で収集する収集ブロックの再構成の検討が適切と考える。

収集ブロックの再構成の方法は、主に下記の 3 再構成案になる。再構成案の概要をまとめる。

(1) 再構成案 1：2 つの収集ブロックの統合

2 つの収集ブロックを 1 つに再構成して、処理施設に搬入する回数を削減する（図 5.2-1）。

1) 条件

- ・ 対象の 2 つの収集ブロックで排出されるごみ搬入量が、ごみ収集車両の最大積載量を超えないこと
- ・ 2 つの収集ブロック間の移動距離を短くするために、隣接する収集ブロックを選択すること

2) 方法

- ・ 上記の条件を満たす収集ブロックを選択し、支援ツールにより走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量の削減量の算定、確認を行う。

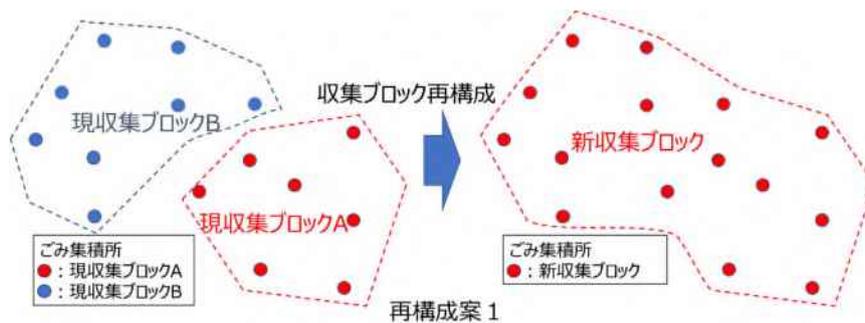


図 5. 2-1 再構成案1 のイメージ図

2つの収集ブロックで排出されるごみ搬入量の和がごみ収集車両の最大積載量を超えない場合、1つの収集ブロックに再構成

(2) 再構成案2 : 2つの収集ブロックの再構成

広がっている2つの収集ブロックを選択する。選択した2つの収集ブロック内の近接するごみ集積所同士を組み合わせることで2つの新たな収集ブロックの再構成を行う (図 5. 2-2)。

1) 条件

- ・ 2つの収集ブロック間の移動距離を短くするために、隣接する収集ブロックを選択すること
- ・ 新たに再構成した収集ブロックのごみ搬入量がごみ収集車両の最大積載量を超えないこと

2) 方法

- ① 上記の条件を満たす収集ブロックを選択する。
- ② 収集ブロック内のごみ集積所毎に排出されるごみ収集量を算定する。
- ③ 2つの収集ブロック内の近接するごみ集積所を選んで、2つの収集ブロックに分けて、再構成を行う。
- ④ 再構成した収集ブロック内のごみ集積所に排出されるごみ搬入量を集計し、ごみ収集車両の最大積載量を超えないことを確認する。
- ⑤ 支援ツールにより走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量の削減量の算定、確認を行う。再構成案1とは異なり、再構成の内容によっては、走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量が削減されないことが想定されるため、注意が必要である。

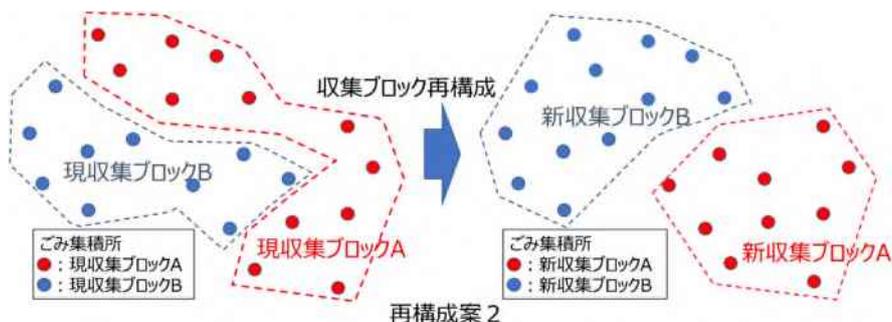


図 5. 2-2 再構成案2 のイメージ図

広がっている2つの収集ブロックを再編成して、収集区間の走行距離を削減するように再構成

(3) 再構成案3：3つの収集ブロックの再構成

近接する3つの収集ブロックを選択する。1つの収集ブロックのごみ集積所を2つに分割し、それぞれを残りの2つの収集ブロックに統合することで、2つの収集ブロックに再構成する（図5.2-3）。

1) 条件

- ・ 3つの収集ブロック間の移動距離を短くするために、隣接する収集ブロックを選択すること
- ・ 対象の3つの収集ブロックで排出されるごみ搬入量が、ごみ収集車両の最大積載量の2倍の量を超えないこと

2) 方法

- ① 上記の条件を満たす収集ブロックを選択する。
- ② 収集ブロック内のごみ集積所毎に排出されるごみ収集量を算定する。
- ③ それぞれの各収集ブロックのごみ総量を集計する。処理施設に持ち込まれたごみ搬入量のデータに該当する。
- ④ 3つの収集ブロック内の近接するごみ集積所同士を組み合わせ、新たな2つの収集ブロックに分けて、再構成を行う。
- ⑤ 再構成した収集ブロック内のごみ集積所に排出されるごみ収集量の総量を集計し、ごみ収集車両の最大積載量の2倍の量を超えないことを確認する。
- ⑥ 支援ツールにより走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量の削減量の算定、確認を行う。

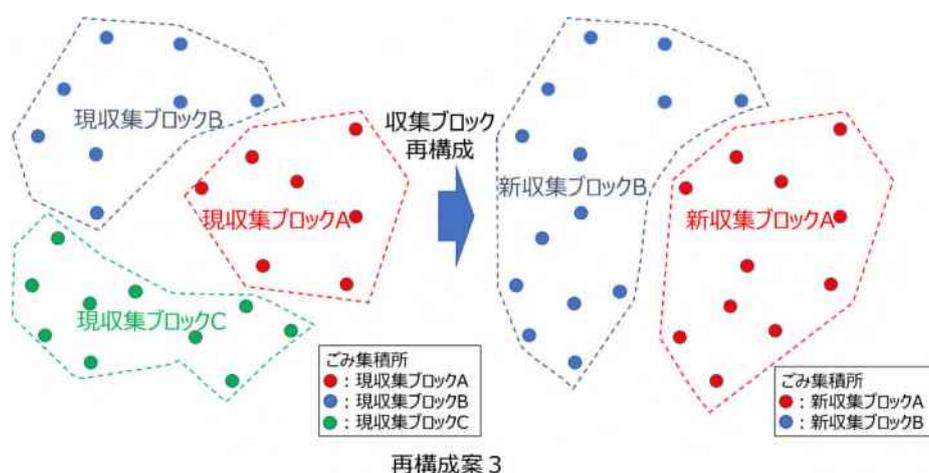


図5.2-3 再構成案3のイメージ図

1つの収集ブロックを分割して、他の2つの収集ブロックと統合して3つから2つの収集ブロックに再構成

5.3 走行データを入手できない場合の収集ブロックの再構成の検討手法

ごみ収集車両の走行データを入手するためには、デジタルタコグラフなど走行収録装置が必要となり、機器購入、運用費用など経費が掛かるため、走行データを取得できない場合が想定される。また、デジタルタコグラフには、本業務で使用した0.5秒間隔でデータを取得する機器以外に、1～数分間隔でデータを取得する装置もある。ごみ集積所毎の収集作業時間は、数十秒である場合が多く、ごみ集積所毎に推定したごみ収集量の精度が低くなることが想定される。

走行データがない場合の収集ブロックの再構成の検討の方法を整理する。収集ブロックの再構成の方法は、前節と同様に主に下記の3つの再構成案になる。再構成案の概要をまとめる。

(1) 収集データ

下記のデータを使用する。

データ名称	データ内容
ごみ集積所の位置	ごみ集積所の位置情報
ごみ搬入量	ごみ収集作業1回分で収集したごみ搬入量(処理施設に持ち込まれたごみ搬入量のデータを活用)

(2) 再構成案1：2つの収集ブロックの統合

2つの収集ブロックを1つに再構成して、処理施設に搬入する回数を削減する(図5.2-1)。

1) 条件

- ・ 対象の2つの収集ブロックで排出されるごみ搬入量が、ごみ収集車両の最大積載量を超えないこと
- ・ 2つの収集ブロック間の移動距離を短くするために、隣接する収集ブロックを選択すること

2) 方法

- ・ ごみ搬入量から、上記の条件を満たす収集ブロックを選択することは可能である。
- ・ 支援ツールにより走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量の削減量の算定、確認を行う。

(3) 再構成案2：2つの収集ブロックの再構成

広がっている2つの収集ブロックを選択する。選択した2つの収集ブロック内の近接するごみ集積所同士を組み合わせることで2つの新たな収集ブロックの再構成を行う(図5.2-2)。

1) 条件

- ・ 2つの収集ブロック間の移動距離を短くするために、隣接する収集ブロックを選択すること
- ・ 新たに再構成した収集ブロックのごみ搬入量がごみ収集車両の最大積載量を超えないこと

2) 方法

- ① 上記の条件を満たす収集ブロックを選択する。
- ② 2つの収集ブロック内の近接するごみ集積所を選んで、2つの収集ブロックに分けて、再構成案を複数検討する。
- ③ 支援ツールにより走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量の削減量の算定、確認を行う。再構成案1とは異なり、再構成の内容によっては、走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量が削減されないことが想定されるため、注意が必要である。

- ④ 机上で、再構成した各収集ブロックのごみ搬入量を集計できないため、ごみ収集車両の最大積載量を超えないことを確認することはできない。②および③で検討した構成案を実走行して、処理施設で計測するごみ搬入量を使用して、ごみ収集車両の最大積載量を超えないことを確認する。

(4) 再構成案3：3つの収集ブロックの再構成

近接する3つの収集ブロックを選択し、1つの収集ブロックのごみ集積所を2つに分割し、それぞれを残りの2つの収集ブロックに統合し、2つの収集ブロックに再構成する（図5.2-3）。

1) 条件

- ・ 3つの収集ブロック間の移動距離を短くするために、隣接する収集ブロックを選択すること
- ・ 対象の3つの収集ブロックのごみ搬入量の総量が、ごみ収集車両の最大積載量の2倍の量を超えないこと

2) 方法

- ① 上記の条件を満たす収集ブロックを選択する。
- ② 3つの収集ブロック内の近接するごみ集積所を選んで、2つの収集ブロックに分けて、再構成案を複数検討する。
- ③ 支援ツールにより走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量の削減量の算定、確認を行う。再構成案1とは異なり、再構成の内容によっては、走行距離、作業時間、二酸化炭素排出量が削減されないことが想定されるため、注意が必要である。
- ④ 机上で、再構成した各収集ブロックのごみ搬入量を集計できないため、ごみ収集車両の最大積載量を超えないことを確認することはできない。②および③で検討した構成案を実走行して、処理施設で計測するごみ搬入量を使用して、ごみ収集車両の最大積載量を超えないことを確認する。

6. 収集運搬効率化手法等の再検討および支援ツールの見直し

6.1 脱炭素化およびごみ収集作業効率化の向上のための支援ツールの検討および改良

R 元年度業務の 3 章に示したとおり、支援ツールの概要を表 6. 1-1 に示す。表 6. 1-1 に示す支援ツールのうち、下記の機能は R 元年度報告書に記載している。

- (1) 情報管理支援ツール
 - ① 走行データ収集ツール
 - ② 維持管理データ更新ツール
 - ③ 業務管理支援ツール
- (2) 情報監視支援ツール
 - ① 車両位置確認ツール
 - ② 燃料消費量確認ツール
 - ③ 集積所状況確認ツール
- (3) 最適化検討支援ツール
 - ① 燃料消費量解析ツール
 - ③ 収集ルート検索支援ツール

表 6. 1-1 支援ツール（構想）の概要

支援ツール名称	機能概要
(1) 情報管理支援ツール	
① 走行データ収集ツール	・ごみ収集車両の走行データ(位置、速度、加速度など)を収集する機能
② 維持管理データ更新ツール	・ごみ収集作業にかかわる台帳情報(集積所、ブロック、収集ルート、人口など)を管理、閲覧、編集する機能
③ 業務管理支援ツール	・走行データ収集ツールと連携して、収集した走行データを管理する機能 ・日報などの報告書作成機能 ・安全管理・エコドライブ等運行状況を表示する機能 ・走行データのアウトプット機能(アウトプットした走行データを最適化検討支援ツールに活用)
(2) 情報監視支援ツール	
① 車両位置確認ツール	・走行データ(緯度経度)を走行 DB からインポートして、平面地図と地形断面図上と連動して、ごみ収集車両の位置を表示する機能
② 燃料消費量確認ツール	・燃料消費量解析ツールで算定した二酸化炭素排出量・燃料消費量を時間と位置情報と合わせて表示する機能
③ 集積所状況確認ツール	・ドライブレコーダで録画した動画データの管理 ・蓄積した動画からごみ収集量、散乱状況などを監視する機能
④ 収集・積載状況確認ツール	・走行データからごみ収集量、ごみ収集車両に搭載しているごみの量を推定する機能
(3) 最適化検討支援ツール	
① 燃料消費量解析ツール	・走行データ(速度)を業務管理支援ツールからインポートして、二酸化炭素排出量・燃料消費量算定機能
② 収集ブロック再編検討支援ツール	・収集ルート検索支援ツール、収集・積載状況確認ツールと連動して、集積所のブロック化の検討を支援する機能
③ 収集ルート検索支援ツール	・収集ブロック再編検討支援ツールと連動して、移動区間、収集区間のルート検索機能

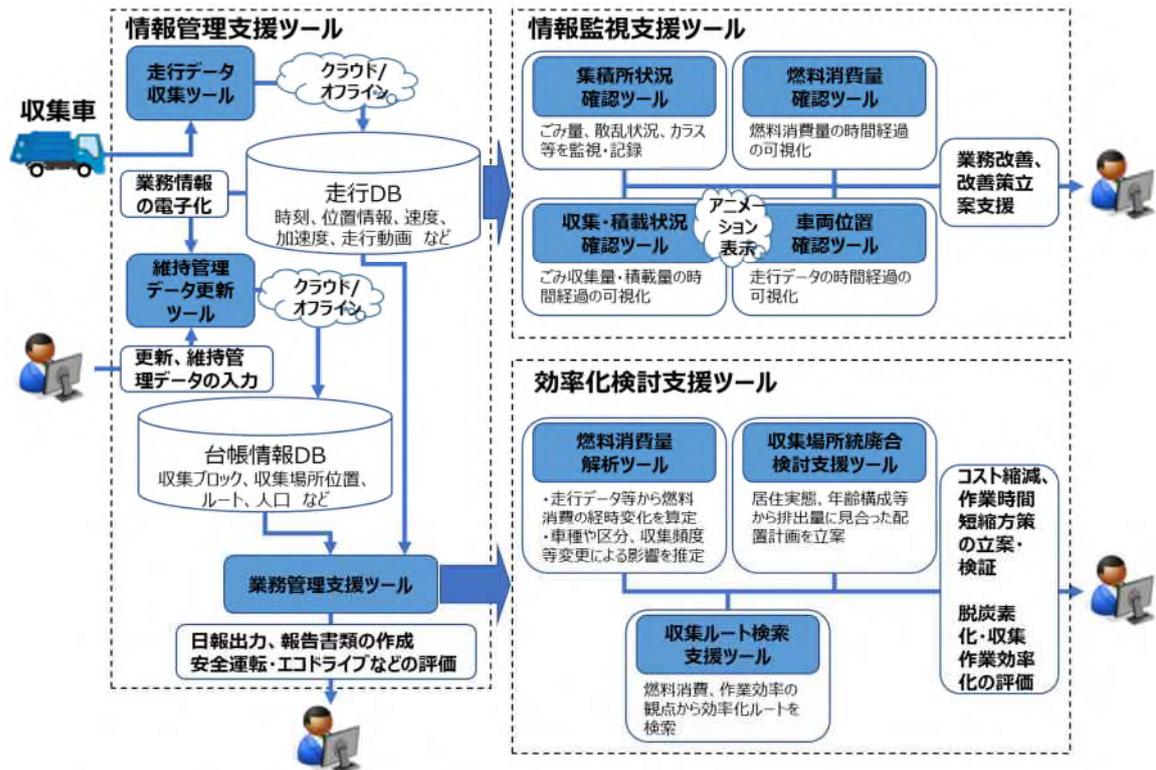


図 6.1-1 支援ツールの構成案 (構想)

実走行調査から見出された課題および支援ツールの改良方針は下記のとおりである。それぞれの改良案にて概要をまとめる。

改良案	実走行調査による課題	支援ツール改良の方針
改良案1	移動区間では、走行時間が予測値より長くなる傾向がある。 密度が高いごみ収集所の収集区間、渋滞区間など、低速走行になる区間がある	一定速度ではなく、区間によって平均速度を設定可能にする
改良案2	通過できない箇所、渋滞箇所などをルートから除外する	通過できない区間を指定可能にする
改良案3	進行方向に向かって左側のごみ集積所で収集し、右側のごみ集積所では収集しない	通過地点の順番を指定可能にする

(1) 改良案1：区間ごとに平均速度の設定（「収集ルート検索支援ツール」の改良）

支援ツールの「収集ルート検索支援ツール」で使用する速度は、移動区間、収集区間に関係なく一定速度に設定している。実走行調査の結果、実走行で得られる走行時間が移動区間、収集区間とも予測時間より長くなる傾向がある。移動区間、収集区間ともに平均速度を任意に設定できるようにした。

市販のルート検索・解析技術には、車両によって平均速度を一定にして、ルート検索を行う。そこで、下記のように支援ツールの「収集ルート検索支援ツール」を改良した。

1) 構築手順

- ① 平均速度を使用すると走行時間は走行距離に比例するので、ルート検索は現状の「収集ルート検索支援ツール」を使用する。
- ② ①で解析した走行ルートと走行距離を使用して、移動区間、収集区間に別々に指定した平均速度でそれぞれの走行時間の解析を行い、予測走行時間とする。

機能概要	<ul style="list-style-type: none"> ・収集ブロック再編検討支援ツールと連動して、収集ブロックまでの移動距離、収集ブロック内の集積所の最短ルート検索、表示 ・区間ごとに平均速度を任意に設定(改良案1) ・通過できない区間を、ルート検索の対象外に設定(改良案2) ・ごみ集積所のごみ収集作業の順番の設定(改良案3) 	
使用データ	<ul style="list-style-type: none"> 台帳データベース <ul style="list-style-type: none"> ・収集ブロック ・集積所位置情報 ・事務所、焼却場の位置情報 台帳情報データベース <ul style="list-style-type: none"> ・数値地図(地理院タイル、Google Map など) 速度平均 <ul style="list-style-type: none"> ・移動区間、収集区間の平均速度の入力、設定(改良案1) 通過できない箇所(不通箇所) <ul style="list-style-type: none"> ・不通箇所の入力、設定(改良案2) ごみ集積所のごみ収集作業の順番 <ul style="list-style-type: none"> ・ごみ収集作業の順番を入力、設定(改良案3) 	
出力・表示データ	<ul style="list-style-type: none"> ・任意に指定した平均速度で、移動区間、収集区間の最短ルートを解析、表示 ・移動時間、二酸化炭素排出量の推定値の表示 	
データ集計・解析技術	<ul style="list-style-type: none"> ・GIS 技術 ・地形解析 	市販 GIS ソフトウェア
	<ul style="list-style-type: none"> ・ルート検索・解析技術 	インcrement P 社の MapFan API グーグル社の Google マップなど

(2) 改良案2：通過できない区間の指定（「収集ルート検索支援ツール」の改良）

実走行調査の結果、机上では不明な道路幅が狭い、工事などで通過できない箇所が存在する。通過できない箇所（不通箇所）を設定できるように、支援ツールの「収集ルート検索支援ツール」の改良を行った。なお、機能概要、使用データなどは前ページの表にまとめた。

1) 構築手順

- ① 地図上に不通箇所を入力、設定可能にする。
- ② ②で設定した不通区間を通過しない走行ルートの検索

図 6.1-2 に不通箇所の設定前後の走行ルートの事例を示す。図 6.1-2 の左図では、4 箇所のごみ集積所を1から4まで順番に通過する場合、支援ツールで検索した走行ルート（青色ルート）を示す。下図の写真で示す3箇所で道幅が狭く、ごみ収集車両が通過できないことを現地で確認した。ルート検索で不通箇所を設定した。右図の赤色ルートに変更し、道路幅の狭い箇所を通過しないルートを検索できるように支援ツールを改良した。



図 6.1-2 通過できない箇所（不通箇所）の設定前後の走行ルートのイメージ図

4 箇所のごみ集積所を1から4まで順番に通過する場合

左図：不通箇所を設定しない検索をした走行ルート（青色ルート）
道幅が狭く、ごみ収集車両が通過できない箇所

右図：不通箇所（ピンク色破線）を設定して検索した走行ルート（赤色ルート）

(3) 改良案3：通過地点の順番を指定（「収集ルート検索支援ツール」の改良）

ごみ収集作業では、ごみ収集車両の左側のごみ集積所を対象に実施する。ごみ収集車両の右側のごみ集積所について、対向車に注意する必要がある、安全面を考慮しごみ収集作業を行わない場合がある。

支援ツールの「収集ルート検索支援ツール」で検索すると、ごみ収集車両の左側および右側に関係なく、ルート検索を行う。左側と右側のごみ集積所の収集の順番を変更して、ルート検索が行えるように「収集ルート検索支援ツール」を改良した。なお、機能概要、使用データなどはページ番号：6-3の表にまとめた。

1) 構築手順

- ① 地図上でごみ集積所のごみ収集作業の順番を指定
- ② ①で指定した順番で走行ルートを検索

図 6.1-3 にごみ集積所のごみ収集作業の順番を設定前後の走行ルートの事例を示す。図 6.1-3 の左図では、7箇所のごみ集積所を1から7まで順番に通過する場合、支援ツールで検索した走行ルートを示す。4、5、6、7番のごみ集積所は進行方向に対し右側にあり、対向車両に注意をして道路を横断する必要がある、安全上課題がある。

「収集ルート検索支援ツール」にごみ収集作業の順番を指定する機能を付加した。この機能で、ごみ集積所の収集の順番を変更して、ごみ集積所が進行方向に対し左側になるように、ルートを設定する。走行距離が伸びても、道路の横断がなくなり、安全性が向上する。



図 6.1-3 ごみ集積所の収集順番の設定前後の走行ルートのイメージ図

7箇所のごみ集積所を通過する場合

左図：順番を設定しない検索した走行ルート

4、5、6、7番のごみ集積所は進行方向に対し右側にあり、安全上課題あり

右図：ごみ集積所の収集の順番を設定して検索した走行ルート

2番目のごみ集積所の次の交差点で右に曲がり、3、4、5、6番のごみ集積所が進行方向に対し左側なるようにルートを変更。7番目のごみ集積所を2回通過し、左図のルートより走行距離が約270m増加するが、安全なごみ収集作業になる。

6.2 二酸化炭素排出量算定方法検討および支援ツールの改良

ごみ収集作業に伴って排出される二酸化炭素排出量は、ごみ収集車両の燃料の使用に伴って排出される二酸化炭素排出量とする。ごみ収集車両の燃料消費を削減することで、脱炭素化に結びつける。

(1) 燃料使用量から二酸化炭素量排出量の算定（満タン法）

環境省から公開されている「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」によると、燃料使用による二酸化炭素排出量は、燃料使用量と燃料ごとの排出係数により求められ、排出係数は、燃料の単位発熱量と単位発熱量あたりの炭素排出量によって決定される。算定式および排出係数は次のとおりである。

$$\text{二酸化炭素排出量 (t)} = \text{燃料使用量 (kl)} \times \text{排出係数 (tCO}_2\text{/kl)}$$

ここで

$$\text{排出係数} = \text{単位使用量当たりの発熱量} \times \text{単位発熱量当たりの炭素排出量} \times 44/12$$

係数	燃料種類	単位	値
単位使用量当たりの発熱量	軽油	GJ/kl	37.7
	ガソリン		34.6
単位発熱量当たりの炭素排出量	軽油	tC/GJ	0.0187
	ガソリン		0.0183
排出係数	軽油	tCO ₂ /kl	2.58
	ガソリン		2.32

出典：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧

<https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran2019.pdf>

このように、二酸化炭素排出量は、燃料の種類とその使用量により算定される。

ごみ収集車両の走行の効率性は、燃費により評価することができ、上述の算定式を燃費からの算定に置き換えると次式になる。

$$1 \text{ km 走行の二酸化炭素排出量 (kg)} = \text{二酸化炭素排出係数 (tCO}_2\text{/kl)} \text{ / 燃費 (km/l)}$$

収集できる燃料消費量は燃料給油データであり、直接算定できる二酸化炭素排出量は、給油日と次の給油日の間で排出したものである。

ごみ収集作業では頻りに加速減速を繰り返す収集ブロック内の走行のほか、ごみ収集作業にも燃料を消費する。一方、収集ブロックから処理施設等への運搬は、ごみ収集作業に比べると比較的燃費がいいものと考えられる。

ごみ収集作業の脱炭素化を行うためには、走行区間ごと、すなわち、移動区間、収集区間ごとの燃料使用量を推定し、二酸化炭素排出量を解析する必要がある。

(2) 平均旅行速度別原単位を用いた二酸化炭素排出量等の算定（原単位法）

国土総合技術研究所では、道路管理者等による各種検討に用いることを目的として、シャシダイナモ試験の二酸化炭素排出量および燃料消費率測定データをもとに、平均旅行速度別二酸化炭素排出係数および燃料消費率を算定している（出典：自動車走行時の二酸化炭素排出係数および燃料消費率の更新，土木技術資料 54-4(2012)）。

算定は、乗用車・貨物車それぞれについてガソリン車・ディーゼル車に分類し、貨物車は軽量・中量・重量の3区分の計8車種について行っている。また、2005年の新長期排ガス規制により、二酸化炭素排出量・燃料消費量が減少していることから、2000年式および2010年式の2つの年代に分けて算定している。

回帰式の適用範囲は速度20～110km/hとし、20km/h未満の低速度域は排ガス量にばらつきがみられ、回帰式による再現性が十分ではないことから、過年度の試験結果における排出係数比を用いて算定している。また、貨物車については等価慣性重量（平均半積載重量と同値）と二酸化炭素排出量・燃料消費率との比例関係がみられたことから、平均半積載重量あたりの原単位を設定している。

表 6.2-1 車種分類区分

車種分類	車種区分	自動車登録番号票による区分
8車種別	ガソリン乗用車	3・5・7ナンバー車
	ガソリン軽量貨物車	1・4・6ナンバー車のうち、車両総重量1.7t以下の車両
	ガソリン中量貨物車	1・4・6ナンバー車のうち、車両総重量1.7t超3.5t以下の車両
	ガソリン重量貨物車	1・4・6ナンバー車のうち、車両総重量3.5t超の車両
	ディーゼル乗用車	3・5・7ナンバー車
	ディーゼル軽量貨物車	1・4・6ナンバー車のうち、車両総重量1.7t以下の車両
	ディーゼルの中量貨物車	1・4・6ナンバー車のうち、車両総重量1.7t超3.5t以下の車両
	ディーゼル重量貨物車	1・4・6ナンバー車のうち、車両総重量3.5t超の車両
2車種別	小型車類	3・4・5・6・7ナンバー車
	大型車類	1・2・8・9・0ナンバー車

※例えば、3ナンバー車とは自動車登録番号票（ナンバープレート）の分類番号が3,30-39,300-399の車両をいう。2ナンバー：バス、8ナンバー：特殊用途車、9ナンバー：大型特殊車、0ナンバー：建設機械

出典：自動車走行時の二酸化炭素排出係数および燃料消費率の更新，土木技術資料 54-4(2012)

表 6.2-2 平均旅行速度とCO₂排出係数原単位（左）と燃料消費率原単位（右）

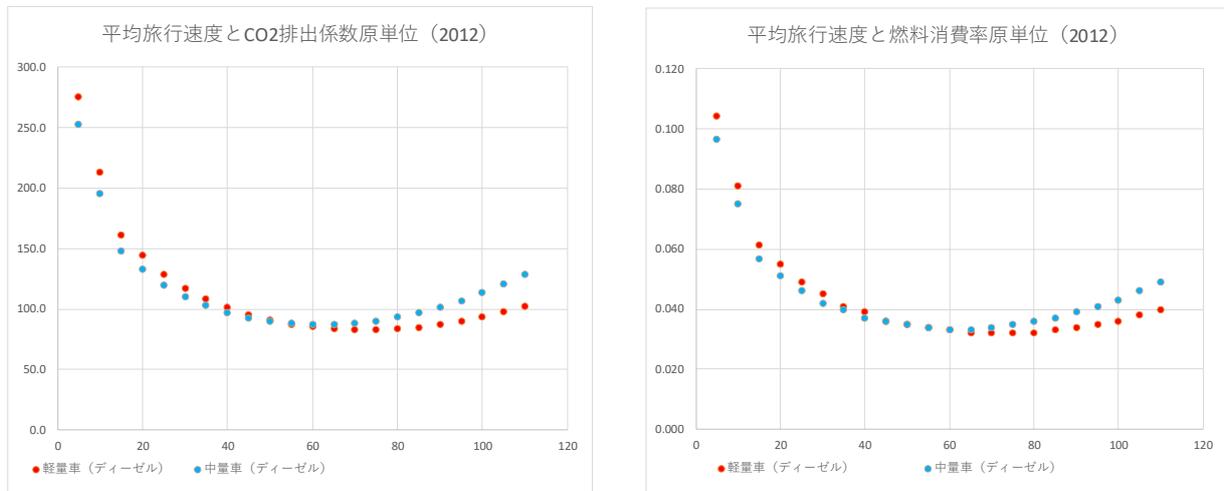
平均旅行速度 [km/h]	ガソリン車						ディーゼル車										
	乗用車			貨物車			乗用車			貨物車							
	軽量車	中量車	重量車	軽量車	中量車	重量車	軽量車	中量車	重量車	軽量車	中量車	重量車					
[g/km]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km]	[g/km・t]	[g/km・t]					
5	349.4	295.9	288.7	288.7	461.0	275.5	252.9	128.9	5	0.149	0.127	0.129	0.129	0.176	0.104	0.097	0.051
10	258.4	228.9	223.4	223.4	357.1	213.4	195.9	107.6	10	0.110	0.098	0.100	0.100	0.137	0.081	0.075	0.043
15	181.7	171.8	167.7	167.7	269.7	161.2	147.9	86.3	15	0.077	0.073	0.075	0.075	0.104	0.061	0.057	0.035
20	159.7	153.0	149.3	149.3	242.1	144.7	132.8	79.7	20	0.068	0.066	0.067	0.067	0.093	0.055	0.051	0.032
25	140.7	138.4	136.4	136.4	216.2	128.8	119.8	72.6	25	0.060	0.060	0.061	0.061	0.083	0.049	0.046	0.029
30	127.6	127.7	126.9	126.9	195.8	117.2	110.1	66.6	30	0.054	0.055	0.057	0.057	0.075	0.045	0.042	0.027
35	118.1	119.6	119.7	119.7	179.2	108.2	102.7	61.7	35	0.050	0.051	0.053	0.053	0.068	0.041	0.040	0.025
40	111.1	113.3	114.2	114.2	165.5	101.0	97.0	57.7	40	0.047	0.049	0.050	0.050	0.063	0.039	0.037	0.023
45	106.0	108.5	110.0	110.0	154.4	95.4	92.7	54.5	45	0.045	0.047	0.048	0.048	0.059	0.036	0.036	0.022
50	102.4	105.0	106.9	106.9	145.5	91.0	89.7	52.1	50	0.044	0.045	0.047	0.047	0.055	0.035	0.035	0.021
55	100.0	102.5	104.7	104.7	138.6	87.6	87.8	50.4	55	0.043	0.044	0.046	0.046	0.053	0.034	0.034	0.020
60	98.6	100.9	103.5	103.5	133.7	85.1	86.9	49.6	60	0.042	0.043	0.046	0.046	0.051	0.033	0.033	0.020
65	98.2	100.3	103.2	103.2	130.6	83.5	87.0	49.4	65	0.042	0.043	0.046	0.046	0.050	0.032	0.033	0.019
70	98.6	100.6	103.6	103.6	129.3	82.8	88.1	50.1	70	0.042	0.043	0.047	0.047	0.049	0.032	0.034	0.020
75	99.9	101.7	104.8	104.8	129.7	82.8	90.1	51.4	75	0.043	0.044	0.049	0.049	0.049	0.032	0.035	0.020
80	101.9	103.5	106.7	106.7	131.9	83.5	93.0	53.5	80	0.043	0.045	0.050	0.050	0.050	0.032	0.036	0.021
85	104.7	106.2	109.4	109.4	135.7	85.0	96.8	56.3	85	0.045	0.046	0.053	0.053	0.052	0.033	0.037	0.022
90	108.2	109.6	112.8	112.8	141.2	87.2	101.5	59.9	90	0.046	0.048	0.056	0.056	0.054	0.034	0.039	0.023
95	112.3	113.7	116.9	116.9	148.3	90.0	107.0	64.2	95	0.048	0.050	0.059	0.059	0.056	0.035	0.041	0.025
100	117.1	118.6	121.7	121.7	157.1	93.5	113.4	69.2	100	0.050	0.052	0.063	0.063	0.060	0.036	0.043	0.027
105	122.6	124.2	127.2	127.2	167.5	97.8	120.7	74.9	105	0.052	0.055	0.067	0.067	0.064	0.038	0.046	0.029
110	128.7	130.5	133.4	133.4	179.6	102.6	128.8	81.3	110	0.055	0.058	0.072	0.072	0.068	0.040	0.049	0.032

(1) CO₂排出係数原単位

(2) 燃料消費率原単位

出典：自動車走行時の二酸化炭素排出係数および燃料消費率の更新，土木技術資料 54-4(2012) 一部改変

ディーゼル貨物車（軽量車・中量車）における平均旅行速度と二酸化炭素排出係数および燃料消費率原単位との関係を図 6.2-1 に示す。平均時速約 20km/h 以下では、二酸化炭素排出原単位は大きく、平均速度約 30km/h～90km/h では、燃費は良くなる傾向である。



(1) 二酸化炭素排出係数原単位

(2) 燃料消費率原単位

図 6.2-1 平均旅行速度と二酸化炭素排出係数 (左)、燃料消費率原単位 (右)

出典：自動車走行時の二酸化炭素排出係数および燃料消費率の更新, 土木技術資料 54-4 (2012) 一部改変

(3) 満タン法および原単位法の比較

ごみ収集作業に伴って排出される二酸化炭素量の解析手法の満タン法および原単位法を用いて、給油量データを提供いただいた松山市のごみ収集車両について二酸化炭素排出量を比較した。

表 6.2-3 および表 6.2-4 にそれぞれの方法による二酸化炭素排出量の推定値と差分割合を示す。ごみ集積所毎のごみ収集量については、不明なため同じ重量と仮定した。処理施設に搬入されたごみ搬入量の平均値の半分の量を収集区間で積載したとし、算定している。給油期間ごとでばらつきはあるが、約1か月の平均では、各車両とも数%~20%程度の差で収まっている。

表 6.2-3 満タン法および原単位法による二酸化炭素排出量の比較

車両	年	月	満タン法 (kg)	原単位法 (kg)	差分割合	車両	年	月	満タン法 (kg)	原単位法 (kg)	差分割合
No.1	2020	7	917,662	765,851	-17%	No.5	2020	7	710,865	713,876	0%
		8	987,456	852,711	-14%			8	946,097	955,341	1%
		9	858,208	747,167	-13%			9	832,358	867,980	4%
		10	886,642	840,692	-5%			10	940,927	1,010,876	7%
		11	762,564	769,117	1%			11	594,542	673,488	13%
		12	744,469	619,048	-17%			12	741,884	762,519	3%
	2021	1	617,806	534,211	-14%	2021	1	790,999	804,179	2%	
		2	1,085,685	894,123	-18%		2	607,466	689,954	14%	
合計			6,860,493	6,022,922	-12%	合計			6,165,138	6,478,213	5%
No.2	2020	7	646,241	724,334	12%	No.6	2020	7	553,182	487,996	-12%
		8	641,071	658,965	3%			8	669,506	530,984	-21%
		9	610,051	703,760	15%			9	708,280	600,353	-15%
		10	545,427	771,567	41%			10	695,355	616,467	-11%
		11	638,486	549,329	-14%			11	519,578	503,339	-3%
		12	475,633	552,621	16%			12	173,193	151,822	-12%
	2021	1	695,355	886,301	27%	2021	1	341,215	313,051	-8%	
		2	310,196	423,120	36%		2	522,163	515,257	-1%	
合計			4,562,460	5,269,998	16%	合計			4,182,471	3,719,269	-11%
No.3	2020	7	656,581	673,083	3%	No.7	2020	7	589,372	626,701	6%
		8	837,528	919,644	10%			8	589,372	603,833	2%
		9	687,600	782,962	14%			9	723,790	782,113	8%
		10	529,917	617,886	17%			10	553,182	634,377	15%
		11	599,711	727,584	21%			11	524,748	574,241	9%
		12	501,483	547,615	9%			12	460,123	483,165	5%
	2021	1	754,809	839,653	11%	2021	1	535,087	531,684	-1%	
		2	496,313	576,165	16%		2	741,884	817,657	10%	
合計			5,063,943	5,684,594	12%	合計			4,717,558	5,053,771	7%
No.4	2020	7	651,411	618,579	-5%	No.8	2020	7	907,322	691,984	-24%
		8	651,411	624,637	-4%			8	754,809	540,213	-28%
		9	718,620	714,400	-1%			9	868,548	692,538	-20%
		10	413,594	423,840	2%			10	816,848	667,073	-18%
		11	705,695	751,204	6%			11	847,868	685,303	-19%
		12	315,366	313,291	-1%			12	643,656	529,879	-18%
	2021	1	809,094	839,732	4%	2021	1	542,842	471,656	-13%	
		2	607,466	652,546	7%		2	953,851	841,499	-12%	
合計			4,872,656	4,938,230	1%	合計			6,335,745	5,120,147	-19%

表 6.2-4 満タン法および原単位法による二酸化炭素排出量の比較

車両	年	月	満タン法 (kg)	原単位法 (kg)	差分割合	車両	年	月	満タン法 (kg)	原単位法 (kg)	差分割合	
No.9	2020	7	829,773	635,258	-23%	No.12	2020	7	617,806	648,612	5%	
		8	785,829	615,763	-22%			8	586,787	598,451	2%	
		9	837,528	677,217	-19%			9	679,845	700,197	3%	
		10	796,169	699,522	-12%			10	491,143	565,315	15%	
		11	785,829	659,813	-16%			11	537,672	616,702	15%	
		12	703,110	597,595	-15%			12	558,352	612,137	10%	
	2021	1	860,793	764,103	-11%		2021	1	728,960	781,116	7%	
		2	498,898	431,334	-14%			2	392,914	425,170	8%	
	合計			6,097,929	5,080,604		-17%	合計			4,593,480	4,947,700
No.10	2020	7	845,283	731,979	-13%	No.13	2020	12	860,793	724,333	-16%	
		8	718,620	590,836	-18%		2021	1	1,054,665	977,981	-7%	
		9	832,358	725,736	-13%			2	971,946	878,390	-10%	
		10	682,430	629,600	-8%		合計			2,887,404	2,580,704	-11%
		11	695,355	677,489	-3%	No.14	2020	12	749,639	588,304	-22%	
		12	933,172	743,416	-20%		2021	1	1,021,061	938,250	-8%	
	2021	1	1,018,476	1,045,024	3%			2	832,358	752,910	-10%	
		2	930,587	958,682	3%		合計			2,603,058	2,279,463	-12%
	合計			6,656,281	6,102,761	-8%	No.15	2020	12	682,430	606,190	-11%
	No.11	2020	7	522,163	569,684	9%		2021	1	909,907	853,344	-6%
8			586,787	598,451	2%	2			664,336	598,971	-10%	
9			679,845	700,197	3%	合計			2,256,673	2,058,506	-9%	
10			491,143	565,315	15%	2021	1	728,960	781,116	7%		
11			537,672	616,702	15%		2	392,914	425,170	8%		
12			558,352	612,137	10%	合計			4,497,836	4,868,773	8%	

(4) 本年度業務における算定方法

前述で示したとおり満タン法および原単位法による二酸化炭素排出量は同等であることから、装着したデータ収録装置から得られる走行距離および平均速度のデータを用いて、二酸化炭素の排出傾向を把握するため、前述の原単位法を用いて二酸化炭素排出量を算定した。なお、原単位については、ごみ収集車両や収集方法によって大きくばらつくことが想定される。ここでは、走行ルート内の相対的な傾向を確認することとした。

二酸化炭素量排出量の算定式は次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{二酸化炭素排出量 (g)} &= \text{二酸化炭素排出係数原単位 (g/km} \cdot \text{t)} \\ &\times \text{移動距離 (km)} \\ &\times \text{(車両重量+ごみ積載量) (t)} \end{aligned}$$

(5) 二酸化炭素排出量予測手法

1) 実走行調査による距離あたりの二酸化炭素排出量

3章および8章にまとめた実走行調査結果から、移動区間および収集区間の距離あたりの二酸化炭素排出量を算出した。算出した結果を表6.2-5～表6.2-9に示す。また、図6.2-2に調査対象団体の距離あたりの平均二酸化炭素排出量のグラフを示す。

表 6.2-5 距離あたり二酸化炭素排出量（町田市での実走行結果）

左表：1回目（3章）、右表：2回目（8章）

		距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)					合計
		移動区間 事務所 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設	
	現行①	0.26	0.47		0.42	1.15	
	現行②	0.25	0.44	0.40	0.61	2.18	
	効率化①	0.26	0.52		0.48	1.26	
	効率化②	0.27	0.41	0.30	0.50	1.91	
平均	現行	0.26	0.45	0.40	0.61	2.16	
	効率化	0.26	0.50	0.30	0.50	2.02	

		距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計
		移動区間 事務所 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設	
	現行①	0.27	0.48	0.44	1.20
	現行②	0.26	0.51	0.46	1.23
	効率化①	0.26	0.58	0.52	1.36
	効率化②	0.27	0.48	0.41	1.16
平均	現行	0.26	0.50	0.45	1.21
	効率化	0.27	0.53	0.47	1.27

表 6.2-6 距離あたり二酸化炭素排出量（三郷市での実走行結果）

左表：1回目（3章）、右表：2回目（8章）

		距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計
		移動区間 事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設	
	現行①	0.27	0.46	0.48	1.22
	現行②	0.26	0.51	0.48	1.25
	効率化①	0.28	0.47	0.48	1.22
	効率化②	0.27	0.51	0.50	1.28
平均	現行	0.27	0.49	0.48	1.23
	効率化	0.27	0.49	0.49	1.25

		距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計
		移動区間 事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設	
	火現行①	0.27	0.40	0.36	1.04
	火現行②	0.26	0.41	0.39	1.07
	水現行③	0.26	0.52	0.46	1.24
	効率化①	0.31	0.44	0.46	1.22
	効率化②	0.26	0.48	0.46	1.20
平均	現行	0.26	0.44	0.41	1.11
	効率化	0.26	0.46	0.46	1.18

表 6.2-7 距離あたり二酸化炭素排出量（松山市での実走行結果）

左表：1回目（3章）、右表：2回目（8章）

		距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計
		移動区間 事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設	
	現行①	0.31	0.45	0.41	1.17
	現行②	0.30	0.47	0.37	1.14
	効率化①	0.31	0.46	0.40	1.17
	効率化(①⇒②)	0.30	0.47	0.47	1.24
	効率化(②⇒①)	0.31	0.44	0.48	1.23
平均	現行	0.31	0.46	0.39	1.16
	効率化	0.31	0.45	0.45	1.21

		距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計
		移動区間 事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設	
	A現行①	0.30	0.44	0.35	1.08
	A現行②	0.30	0.43	0.31	1.05
	B現行①	0.30	0.54	0.41	1.24
	B現行②	0.29	0.49	0.39	1.16
	効率化①	0.30	0.52	0.46	1.28
	効率化②	0.28	0.46	0.45	1.19
平均	現行	0.29	0.48	0.36	1.13
	効率化	0.29	0.48	0.46	1.23

表 6.2-8 距離あたり二酸化炭素排出量（三春町での実走行結果）

左表：1回目（3章）、右表：2回目（8章）

	距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計		距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計	
	移動区間 事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設			移動区間 事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設		
現行①	0.29	0.44	0.53	1.26	A現行①	0.25	0.43	0.40	1.07	
現行②	0.33	0.36	0.41	1.11	A現行②	0.23	0.38	0.34	0.95	
効率化①	0.30	0.45	0.58	1.33	B現行①	0.26	0.40	0.38	1.04	
効率化②	0.33	0.37	0.43	1.13	B現行②	0.22	0.33	0.30	0.86	
平均	現行	0.30	0.41	0.46	1.17	A効率化①	0.26	0.43	0.41	1.10
	効率化	0.31	0.41	0.46	1.19	B効率化①	0.26	0.42	0.39	1.07
平均	現行	0.23	0.39	0.36	0.98	効率化②	0.23	0.43	0.43	1.10
	効率化	0.24	0.43	0.41	1.08					

表 6.2-9 距離あたり二酸化炭素排出量（石垣市での実走行結果）

左表：1回目（3章）、右表：2回目（8章）

	距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計		距離あたりの二酸化炭素排出量(g/m)			合計	
	移動区間 事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設			移動区間 事務所・処理施設 ⇒収集ブロック	収集区間 収集ブロック	移動区間 収集ブロック ⇒処理施設		
現行①	0.27	0.55	0.50	1.32	A現行①	0.34	0.58	0.49	1.41	
現行②	0.30	0.75	0.53	1.58	A現行②	0.29	0.62	0.43	1.34	
効率化①-1	0.28	0.57	0.55	1.40	B現行①	0.33	0.53	0.42	1.29	
効率化①-2	0.27	0.63	0.50	1.40	効率化①	0.34	0.64	0.49	1.47	
効率化②	0.32	0.77	0.55	1.64	効率化②-1	0.29	0.66	0.51	1.46	
平均	現行	0.29	0.61	0.52	1.41	効率化②-2	0.30	0.69	0.50	1.49
	効率化	0.29	0.63	0.54	1.45					
平均	現行	0.31	0.58	0.44	1.33					
	効率化	0.30	0.66	0.50	1.46					

図 6.2-2 のとおり、移動区間（事務所⇒収集ブロック）では、模擬ごみを積載しておらず総重量が少ないため、距離あたりの二酸化炭素排出量も少ない。一方、収集区間と移動区間（収集区間⇒処理施設）の距離あたりの二酸化炭素排出量は多く、同程度または収集区間のほうが多くなっている傾向にある。これは、収集区間では速度が遅いことが原因である。また、移動区間（収集ブロック⇒処理施設）では、模擬ごみが積載されたことで総重量が多くなり、距離あたりの二酸化炭素排出量も多くなっている。

したがって、速度については移動区間および収集区間で分けて解析を行う。

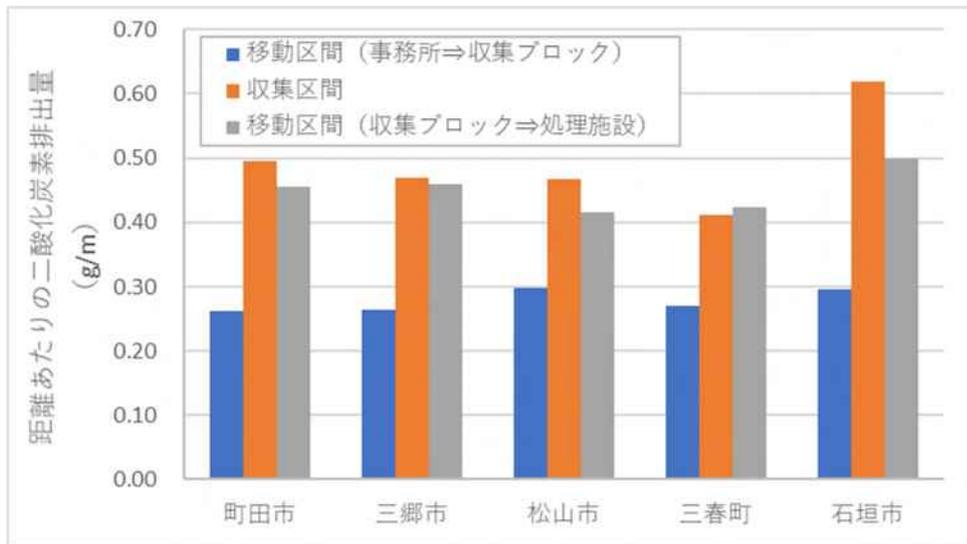


図 6.2-2 調査対象団体の距離あたりの平均二酸化炭素排出量

2) 移動区間および収集区間における二酸化炭素排出量に相当する想定速度の検討

前節で記載したとおり、移動区間および収集区間の二酸化炭素排出量に違いがあることが判明している。実走行では0.5秒ごとに速度、移動距離を取得している。一方、設定した走行ルートでの二酸化炭素排出量の推定値を出すためには、移動区間と収集区間ごとに平均速度を定める必要がある。

原単位法を用いて、3章および8章で示した二酸化炭素排出量に相当する想定速度（以下「CO₂想定速度」という）の解析を行った。原単位法の各パラメータを次のように設定した。

パラメータ	設定内容
重量	Wd/2+Wt Wd:実走行を実施した走行単位ごとに設定したごみ収集量の総重量 Wt:車両重量
距離	実走行を実施した走行単位ごとの走行距離
二酸化炭素排出量	実走行を実施した走行単位ごとに解析した二酸化炭素排出量
CO ₂ 想定速度	原単位法を用いて、上記3パラメータから推定

表 6. 2-10 に各調査対象団体での CO₂ 想定速度の平均値を、図 6. 2-3 に調査対象団体ごとの移動区間と収集区間の CO₂ 想定速度の頻度分布図を示す。

表 6. 2-10 CO₂ 想定速度の平均値および地域特性

調査対象 団体	CO ₂ 想定速度 平均値(km/h)		地域特性
	移動区間	収集区間	
町田市	移動区間	30	交通量が多い
	収集区間	14	ごみ集積所間の距離が短い
三郷市	移動区間	30	交通量が多い
	収集区間	30	ごみ集積所間の距離が短い
松山市	移動区間	35	町田市、三郷市よりは渋滞箇所が少ない
	収集区間	19	ごみ集積所間の距離が長い
石垣市	移動区間	33	市の中心地で多少の渋滞がある程度で、法定速度程度で走行可能
	収集区間	13	ごみ集積所間の距離が短い(戸別収集)
三春町	移動区間	36	市の中心地で多少の渋滞がある程度で、法定速度程度で走行可能
	収集区間	25	ごみ集積所間の距離がかなり長い

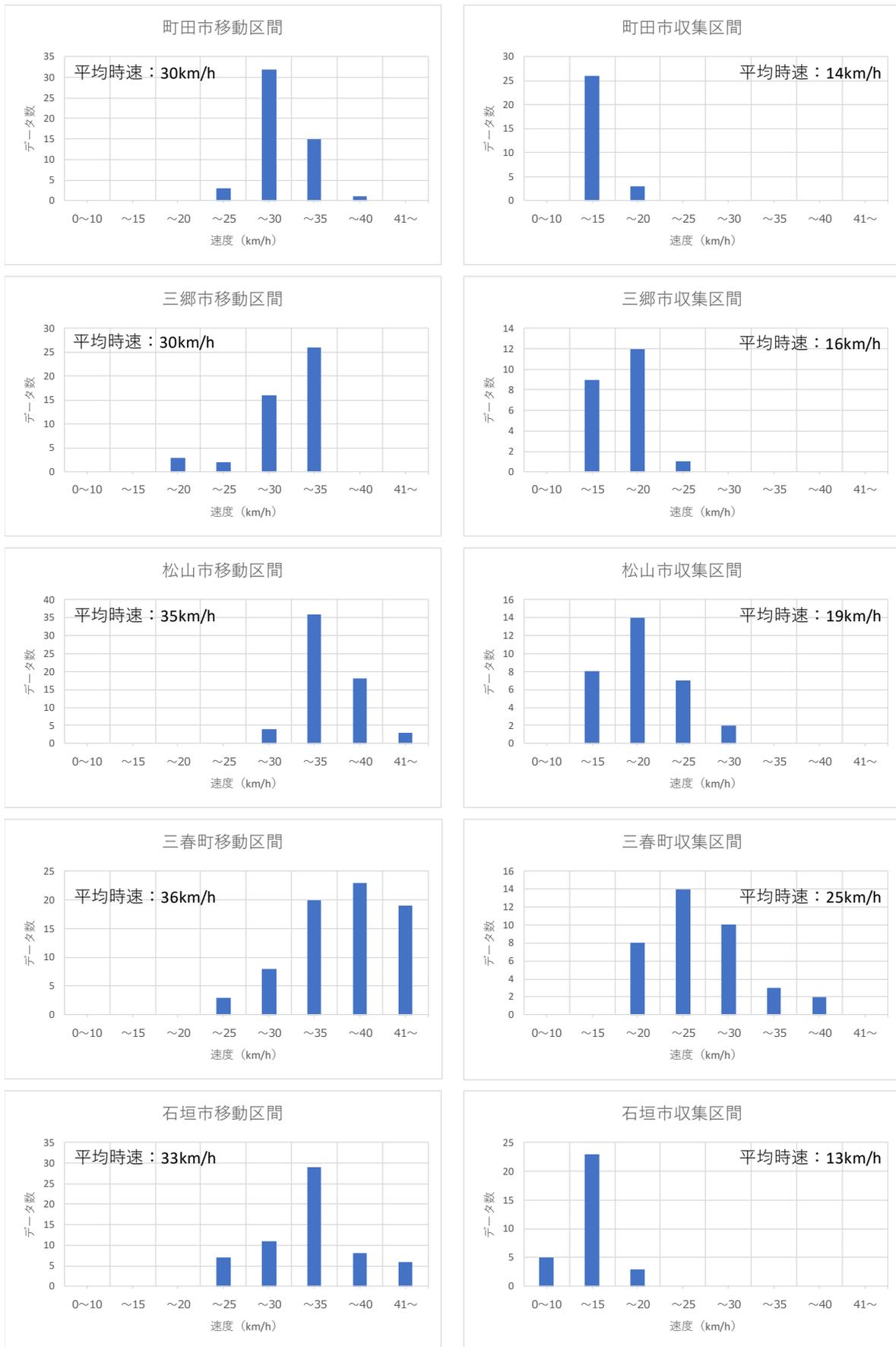


図 6.2-3 調査対象団体ごとの移動区間と収集区間のCO₂想定速度の頻度分布図

3) 地域特性に合わせた二酸化炭素排出量に相当する想定速度 (CO₂ 想定速度) の設定
 都市的地域、中間的都市、農村的地域ごとの CO₂ 想定速度を表 6. 2-11 にまとめる。

① 移動区間

移動区間について、都市的地域、中間的都市、農村的地域の交通量の条件が、調査対象団体に同じ傾向にあると想定している。

② 収集区間：ごみ集積所方式

都市的地域のようにごみ集積所が密に配置されている場合は、町田市、三郷市と同程度とみなし、CO₂ 想定速度を 15km/h とする。農村的地域のようにごみ集積所が疎に配置されている場合は、三春町と同程度とみなし、CO₂ 想定速度を 25km/h とする。中間的都市では、ごみ集積所の配置密度が都市的地域と農村的地域と中間的とみなし、CO₂ 想定速度を 20km/h とする。

③ 収集区間：戸別収集方式

住宅が密に配置している場合は、町田市、三郷市と同じようにごみ集積所が密に配置されているとみなし、CO₂ 想定速度を 15km/h とする。

農村的地域のように住宅が疎に点在している場合は、三春町と同じようにごみ集積所が密に配置されているとみなし、CO₂ 想定速度を 25km/h とする。

表 6. 2-11 地域特性から想定される CO₂ 想定速度の設定

想定地区	走行区間	CO ₂ 想定速度(km/h)	備考(想定都市)
都市的地域	移動区間	30	町田市、三郷市
	収集区間:ごみ集積所方式	15	
	収集区間:戸別収集方式		
中間的都市	移動区間	35	松山市
	収集区間:ごみ集積所方式	20	
	収集区間:戸別収集方式(住宅:密)	15	
	収集区間:戸別収集方式(住宅:疎)	25	
農村的地域	移動区間	35	三春町、石垣市
	収集区間:ごみ集積所方式	25	三春町
	収集区間:戸別収集方式(住宅:密)	15	石垣市
	収集区間:戸別収集方式(住宅:疎)	25	

(6) 支援ツール（燃料消費量解析ツール）の改良

R 元年度業務で構築した「燃料消費量解析ツール」は、デジタルタコグラフで収集したごみ収集車両の走行データ（速度）を業務管理支援ツールからインポートして、二酸化炭素排出量を解析することができる。

前節までに記述したとおり、地域特性に合わせた二酸化炭素排出量に相当する想定速度（CO₂想定速度）を設定することにより、新たなルートでごみ収集作業を実施した場合の二酸化炭素排出量を解析、想定することができる。そこで、下記のように支援ツールの「燃料消費量解析ツール」を改良した。

1) 構築手順（改良箇所）

- ① 地域特性に合わせて移動区間、収集区間の CO₂ 想定速度を入力・設定する
- ② 車両重量、ごみ収集量を入力・設定する
- ③ 収集ルート検索支援ツールを使用して、検索した移動区間、収集区間の走行距離を算定
- ④ ②で入力・設定した車両重量、ごみ収集量、③で検索した移動区間、収集区間の走行距離、①で入力・設定した CO₂ 想定速度を使用して原単位法で二酸化炭素排出量を解析

機能概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走行データ収集ツールにより収集したごみ収集車両の走行データを使用して、原単位法で二酸化炭素排出量を解析 ・ 地域特性に合わせて設定した移動区間、収集区間の CO₂ 想定速度の入力（改良箇所） ・ 収集ルート検索支援ツールで検索した新規のルートについて原単位法で二酸化炭素排出量を解析（改良箇所）
使用データ	<p>走行データベース</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 位置情報 ・ 走行データ(車両速度) ・ 収集ルート検索支援ツールで検索した新規のルートの位置情報(改良箇所) ・ 地域特性に合わせて設定した移動区間、収集区間の CO₂ 想定速度(改良箇所)
出力・表示データ	<p>燃料消費量確認ツール用のデータファイルや CSV ファイルなど出力</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 年月日時刻 ・ ごみ収集車両の位置情報 ・ 二酸化炭素排出量
データ集計・解析技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ GIS 技術 ・ 二酸化炭素排出量解析技術

6.3 支援ツール（収集・積載状況確認ツール）の構築

ごみ収集車両の走行データ、処理施設で計測されるごみ収集作業1回分で収集したごみ搬入量を使用して、ごみ集積所毎のごみ収集量を推定する機能である。

ごみ集積所毎のごみ収集量を推定する手法は、5.1に記載した「ごみ集積所のごみ収集量推定手法」にもとづき、収集・積載状況確認ツールを構築した。

機能概要	<ul style="list-style-type: none"> 走行データ収集ツールにより収集したごみ収集車両の走行データおよびごみ集積所の位置情報を使用して、ごみ集積所毎のごみ収集作業時間、ごみ収集量を解析する機能 地図上にごみ集積所のごみ収集量を表示 	
使用データ	走行データベース <ul style="list-style-type: none"> 位置情報 走行データ(車両速度) ごみ集積所データベース <ul style="list-style-type: none"> 位置情報 	
出力・表示データ	燃料消費量解析ツールおよび収集ブロック再編検討支援ツール用のデータファイルや CSV ファイルなどに出力 <ul style="list-style-type: none"> 年月日時刻 ごみ集積所の位置情報、ごみ収集量データ 	
データ集計・解析技術	<ul style="list-style-type: none"> GIS 技術 二酸化炭素排出量解析技術 	市販 GIS ソフトウェア

(1) 使用データ

下記のデータを使用する。

データ名称	データ内容
ごみ集積所の位置	ごみ集積所の位置情報
走行データ	デジタルタコグラフで収集したごみ収集車両の位置、時刻情報
ごみ搬入量	ごみ収集作業1回分で収集したごみ搬入量(処理施設に持ち込まれたごみ搬入量のデータを活用)

(2) 構築手順

ごみ集積所毎のごみ収集量の下記の解析方法を機能として構築した。

- ごみ収集車両のごみ収集作業1回分のごみ搬入量を抽出
- 移動距離が X m 以下を停止地点とみなす (X を 1m 設定、「ごみ集積所での停止」は、集積所から 20m 以内に設定)
- ごみ集積所位置を参照し、停止地点をごみ集積所とそれ以外に判定 (図 5.1-2 参照)
- ごみ集積所毎の作業時間 (Tn) と作業時間の集計 (Tall) の算定

Tn : n 番目のごみ集積所の作業時間

Tall : T1 ~ Tn の合計時間

- 作業時間 (Tall) と処理施設に持ち込まれた収集量 (重量 : Mall) を比較

- ④で算定したごみ集積所の作業時間(Tn)と Mall から各ごみ集積所のごみ収集量(Mn)の推定

各ごみ集積所のごみ収集量

= 全ごみ量 (ごみ搬入量)

× 各ごみ集積所の作業時間 / 全作業時間

$M_n = M_{all} \times T_n / T_{all}$

6.4 支援ツール（収集ブロック再編成検討支援ツール）の構築

収集・積載状況確認ツールで解析したごみ集積所毎のごみ収集量を地図上に表示することで、収集ブロックの統合、分割などの検討を支援する機能である。

収集ブロック再編成の検討を支援するツールの考え方は、5.2に記載した「収集ブロックの再構成の検討手法」を使用した。

収集ブロックの再編成を検討した事例を7章に示す。

機能概要	<ul style="list-style-type: none"> 収集・積載状況確認ツールで解析したごみ集積所のごみ収集量の表示 地図上で任意のごみ集積所を選択し、ごみ収集量を集計し表示 ごみ収集車両の最大積載量と比較して、収集可能の判定 選択したごみ集積所のルートを検索するために、収集ルート検索支援ツールとの連携
使用データ	収集・積載状況確認ツールで解析したごみ集積所のごみ収集量データベース <ul style="list-style-type: none"> ごみ集積所の位置情報 ごみ収集量データ
出力・表示データ	収集・積載状況確認ツールで解析したごみ集積所のごみ収集量の表示 <ul style="list-style-type: none"> ごみ集積所の位置情報 ごみ収集量データ 選択した任意のごみ集積所のごみ収集量の合計の表示 選択した任意のごみ集積所の位置情報を収集ルート検索支援ツールに出力
データ集計・解析技術	<ul style="list-style-type: none"> GIS 技術 市販 GIS ソフトウェア

(1) 使用データ

下記のデータを使用する。

データ名称	データ内容
ごみ集積所の位置	ごみ集積所の位置情報
ごみ集積所のごみ収集量	収集・積載状況確認ツールで解析したごみ集積所のごみ収集量

6.5 ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減する機器、ツール等の使用実態、技術開発、改良等の情報収集ととりまとめ

(1) ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減する機器、ツールの技術体系

ごみの収集作業は、住民サービスの向上をはかりつつ、ごみ収集作業に係るコストと作業効率とのバランスを図ることが求められる。しかし、少子高齢化に伴う労働人口の減少によりごみ収集作業の担い手が不足していく中で、循環型社会の構築への寄与という社会的な要請を背景に、さらなる分別の徹底と衛生、安全の保持など、ごみ収集作業にはより細やかな対応が求められ、作業負荷は増加する傾向にある。

このような中、ごみ収集作業に係る作業負荷を軽減し、持続可能なごみ収集作業を展開するには、有用な既存技術をごみ収集作業に活用することが期待される。現在、開発が進められており、ごみ収集作業に適用可能な技術は以下のような体系に分類される。本節では、この技術体系ごとにごみ収集作業への適用の可能性を考えるための参考情報を紹介する。なお、ここで紹介する情報は、ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減すると想定される機器について、①ツール等の使用実態、②技術開発、改良等の状況に関して情報収集し、とりまとめを行ったものであり、以下の観点から実施した。

【支援ツールに関する情報整理の観点】	
●	ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減する機器、ツール等の使用実態、技術開発、改良等の状況を情報収集し、とりまとめる
●	各対策技術の開発動向を整理する
●	各支援ツールのごみ収集作業の適用可能性を検討する
●	廃棄物のごみ収集作業に特有の重労働、長時間労働、衛生に関する支援ツールを中心に整理するものとし、熱中症予防、交通事故等、様々な労働災害等を防止する支援ツールが開発されているが、一般的作業に係る技術は対象外とする

表 6.5-1 ごみ収集・運搬等の作業負荷を軽減する機器、ツール等の技術体系

作業負荷		作業軽減策	調査対象や調査の方向性
重労働		パワーアシストスーツ	利用実態に関する調査、製品に関する開発動向、適用可能性検討
長時間労働		収運ルートの効率化	※本章 6.1 において紹介
		収集頻度の効率化	スマートごみ容器
		収集システムのその他 ICT 技術の活用	ごみ分別センサー等のその他周辺技術
衛生	感染症	防護策 予防策	安全作業教育研修、防護服、ウェアラブルカメラによる作業環境の記録 非接触収集システム、有害物検知システム、排出者への普及啓発事業
	有害物		
	熱中症	熱中症予防	空調服、ウェアラブルデバイスによる生体情報管理
事故	積込時事故	積込時事故予防	テールゲートの事故防止装置の開発動向の調査 非接触収集システムの普及動向の調査
	交通事故	交通事故予防	ICT を活用した運輸関係事業におけるドライバーの体調管理システム

網掛け：本節において取り上げる支援項目

(2) 各機器、ツールの技術動向

1) パワーアシストスーツによる重労働作業の軽減

ごみ収集作業は短時間に多くのごみを収集車両に積み込む必要があり、作業員に対する負荷が高い労働である。少子高齢化が進み、将来の労働力不足が予想される現状を踏まえると、誰もが、作業に従事することが可能になるように作業員の作業負荷軽減、労働安全性の向上が求められる。

介護施設、物流施設や工事現場などの重い荷物の上げ下げが必要な重労働作業が求められる現場において、近年パワーアシストスーツが活用されている。パワーアシストスーツは、作業に伴う筋肉の動きを補助することで作業負荷が軽減されるツールとして普及してきた。ごみの収集は、終日、ごみの積込作業を繰り返す、肉体的に負荷のかかる作業であり、パワーアシストスーツの活用により業務の作業負荷の軽減が期待される。なお、ごみ収集作業は、粗大ごみの収集では、重量物の積み下ろしが想定されるものの、通常の一般ごみでは、比較的軽量物の積み込み作業であるため、その適用に際しては、積込作業以外の局面では、車両の乗り降り等のその他の活動を阻害しないもの、着脱の容易さ、野外での作業であるため防水性、また普及性を考慮すると安価なものが求められる。

パワーアシストスーツの概要を下表に示す。パワーアシストスーツの駆動方式は、アクティブ型、パッシブ型、ハイブリッド型がある。アクティブ型は電気、空気圧、油圧などのエネルギーを機械的な動きに変換し、機器を正確に動かす駆動装置の補助力を制御し、動作や姿勢、筋力に応じて最適なアシストを行うものである。このため、機械の高い安定性、安全性が求められる。パッシブ型は機械ばねや弾性繊維、エアスプリングなどの受動的に動力を得て補助力を発揮するタイプである。特に弾性繊維のものは軽量かつ柔軟で人に優しいが、精緻な動作や複雑な動作はアシストできない。ハイブリッド型は駆動装置と受動装置を組み合わせ、アクティブ型より小型軽量でパッシブ型より多様で複雑な動作に対応することを目的としたタイプであり、アクティブ型に比べて安全性も高い。先に示したごみ収集作業の作業特性との親和性を考慮するとパッシブ型が適切と考える。パワーアシストスーツの活用については、建設施工の分野における活用も期待されていることから、国土交通省においても令和2年8月に建設施工におけるパワーアシストスーツの導入に向けた技術情報を募集しており、その結果が i-Construction 委員会 ICT 導入協議会_建設施工におけるパワーアシストスーツ導入に関するワーキンググループの資料として公表されている。以下では、その結果を参照し、ごみ収集作業支援ツールの参考情報として再整理した。

表 6.5-2 パワーアシストスーツの種類

駆動タイプ	動力	アシスト力	重量	価格	備考
アクティブ型	電動 モーター	標準:10kgf パワータイプ: 15kgf~16kgf 程度	4~8kg (数10kg)	50~80 万円	防塵防水性能の 商品あり
アクティブ型	空気圧	約4~6kgf	4~8kg	10数万~ 数十万円	
パッシブ型	ばねタイプ	—	—	数万円	電気系がないの で防塵防水性能 不要

表 6.5-3 パワーアシストスーツの事例（その1）

主助力部位	腰	腰	腰	
会社名	CYBERDYNE(株)	GBS(株)	パワーアシストインターナショナル(株)	
製品名	HAL 腰タイプ作業支援用	コネクテッド (IoT) アクティブ型 パワースーツ	PAIS-M100	
タイプ	アクティブ (バッテリー駆動)	アクティブ (バッテリー駆動)	アクティブ (バッテリー駆動)	
重量	3.1kg (バッテリー込み)	7.2kg (バッテリー含まず)	4.7kg	
バッテリー駆動時間	4.5h	8h	4hと8hの2タイプ	
概要図、写真				
調達方法	レンタル契約で導入予定	定額料金によるサービス体系	製品購入、レンタルあり	
価格	※添付資料は特になし デモ希望、見積依頼などは メーカーHP参照	※添付資料は特になし。 サブスク価格84,000円/月～	購入 本体：1,000,000円(税抜) 本体(冷却ファン付) 1,030,000円(税抜) 予備バッテリー30,000円(税抜) レンタル料金 70,000円/月～	
導入台数	台数不明	台数不明	台数不明	
主な導入取引先、導入実績	保線作業で新規に導入を計画 中。	Amazon、BMW、IKEAほか空 港、建設現場	農業、物流、建設、工場、介 護	
免許、講習等の必要条件など	講習あり。 免許不要。	講習あり。 免許不要。	講習不要。事前の使用説明程 度。免許不要。	
事故発生時の責任分界 の考え	機器の性能に起因する場合 は、開発販売元で保障。	ISO13482 準拠の製品開発実施 中。交換対応あり。	PL保険、免責事項	
知的財産権	-	-	-	
充電と稼働	充電時間	-	2タイプ 1時間充電で4時間 稼働 2時間充電で8時間稼 働	
	稼働時間	4.5時間	8時間 4時間又は8時間	
着脱性	-	-	着脱容易	
その他			身長150~190cm 体重45~ 90kg	
寸法	縦292mm × 横450mm × 高 さ522mm		高さ450mm × 幅420~550mm × 奥行250~350mm	
※公開資 料より事 務局判別	助力部● 脚指がみ・屈 伸	○	○	●
	拘束部○ 脚指歩行			●
	腰部	●	●	●
	肩・背中		○	○
	腕部			
	手部			
	立位			
	上向き			
防水機能	IEC 防水保護等級4級 (IPX4)	-	生活防水	
装着部位	両大腿、腹部			
JIS 関連	外転運動を許容す る構造			
※(値) は参考 記載	最大突出半径お よび外形寸法	(22.8cm)		
	最大アシスト力	(30N/m)	(28kgの負担軽減)	(10kg~15kg分腰をアシスト)
	腰部圧縮力低減 指標	(1.2kN)		

出典：第2回建設施工におけるPAS導入に関するWG資料3 パワーアシストスーツに関する技術情報の募集結果について
(国土交通省、令和2年10月)を修正して作成

表 6.5-4 パワーアシストスーツの事例（その2）

主助力部位		腰	腰	腰
会社名		ダイヤ工業(株)	(有)アトリエケー	(株)イノフィス
製品名		DARWING PA-Jacket	アグリパワースーツ	マッスルスーツEvery
タイプ		アクティブ (バッテリー起動)	パッシブ (伸縮タイプ)	パッシブ (空気圧人工筋肉タイプ)
重量		3.4kg	300g~	3.8kg
バッテリー駆動時間		-	-	-
概要図、写真				
調達方法		製品購入のみ	製品購入のみ	製品購入、レンタルあり
価格		①DARWING PA-Jacket オープン価格	アグリパワースーツ 15,000 円	購入 ソフトフィット146,000円(税抜) タイトフィット149,600円(税抜) レンタル料金 別途初回料金 13,600円 ソフトフィット 4,980円(税抜) タイトフィット 4,980円(税抜)
導入台数		台数不明	32,000 枚	台数不明
主な導入取引先、導入実績		----	農業、物流、工場、介護	農業、建設業など
免許、講習等の必要条件など		----	講習不要。デモを通して作業の適合判断免許不要。	
事故発生時の責任分界の考え		----	特になし。	
知的財産権		----	特許権、意匠権取得済 (一部出願中)	
充電と稼働	充電時間			-
	稼働時間			4.5 時間
着脱性		-	かんたん着脱設計	10 秒で装着完了
その他				
寸法				S-M サイズ : 805mm/465mm/170mm M-L サイズ : 840mm/465mm/170mm
※公開資料より事務局判別	助力部●	脚部かかみ・屈伸	○	○
	拘束部○	脚部歩行		
		腰部	●	●
		肩・背中	○	○
		腕部		
		手部		
		立位		
		上向き		
	防水機能		IP56	IEC 防水保護等級 4 級 (IPX4)
	装着部位			両大腿、腹部
JIS 関連				
※(値)は参考記載	外観運動を許容する構造			
	最大突出半径および外形寸法			(22.8cm)
	最大アシスト力		100Nm (25.5kgf)	(30N/m)
	腰部圧縮力低減指標			(1.2kN)

出典：第2回建設施工におけるPAS導入に関するWG資料3「パワーアシストスーツに関する技術情報の募集結果について」（国土交通省、令和2年10月）を修正して作成

表 6.5-5 パワーアシストスーツの事例（その3）

主助力部位	腰	腰	腰
会社名	ダイヤ工業(株)	(株) サステクノ	(株) モリタエコノス
製品名	DARWING Hakobelude ほか4点	Aero Back	ラクニエ
タイプ	パッシブ (伸縮タイプ)	パッシブ (圧縮空気タイプ)	パッシブ (弾性生地タイプ)
重量	DARWING SATT 261 g	1.8kg	0.25kg
バッテリー駆動時間	—	—	—
概要図、写真			
調達方法	製品購入のみ	製品購入、レンタルあり	製品購入
価格	①DARWING Hakobelude 85,800円(税抜) ②ワーキングアシストAS 33,000円 ③DARWING SATT 15,000円 ④ワーキングアシストLB 15,000円 ⑤職人DARWING 21,000円	購入 人工筋肉2本型 30万円(税抜) 人工筋肉1本型 18万円(税抜) レンタル料金 人工筋肉2本型 2万円(税抜) 人工筋肉1本型 1.5万円(税抜)	購入 19,800円(税抜)
導入台数	SATT 8000着	台数不明	台数不明
主な導入取引先、導入実績	農業、物流、建設、工場、介護	農業、介護、自動車整備	農業、介護、清掃業
免許、講習等の必要条件など	講習不要。 免許不要。	講習不要。事前の使用説明程度。免許不要。	講習不要。 免許不要。
事故発生時の責任境界の考え	特になし。		
知的財産権	部材に特許構造あり。 商標登録済み		
充電と稼働	充電時間 稼働時間		
着脱性	—	—	30秒程度
その他			
寸法			XS~L 身長: 148~184cm ウエストサイズ: 72~111cm
助力部● 拘束部○	脚部(踏み・屈伸) 脚部歩行	● ○	● ○
※公開資料より事務局判別	腰部	●	●
	肩・背中		○
	腕部		
	手部		
	立位		
	上向き		
	防水機能	生活防水対応	—
JIS関連	装着部位		
※(値)は参考記載	外側運動を許容する構造		
	最大突出半径および外形寸法		
	最大アシスト力	(18kgf)	
	腰部圧縮力低減指標		

出典：第2回建設施工におけるPAS導入に関するWG資料3 パワーアシストスーツに関する技術情報の募集結果について（国土交通省、令和2年10月）を修正して作成

表 6.5-6 パワーアシストスーツの事例（その4）

主助力部位		腰	腰+腕	脚部
会社名		(株)スマートサポート	アトリエケー	AssistMotion(株)
製品名		スマートスーツ	ワーキングパワースーツ、 【極、X】	Curara
タイプ		パッシブ (高反発ゴムタイプ)	パッシブ (バネ入りタイプ)	アクティブ (バッテリー駆動)
重量		0.45kg	パワースーツX 750g	4kg
バッテリー駆動時間			—	1h
概要図、写真				
調達方法		製品購入	製品購入のみ	レンタル
価格		購入 ライト 28,000円(税抜) Plusパンツスタイル 36,000円(税抜)~ Plusオーバーオールスタイル 36,000円(税抜)	ワーキングパワースーツ 18,000円 ワーキングパワースーツ極 25,000円 膝、腕麻痺ター 各7,000円 ワーキングパワースーツX 39,000円	初期費用 120,000円(税抜) 月額 80,000円(税抜)
導入台数		台数不明	各セット合計1,000枚	台数不明
主な導入取引先、導入実績			自動社製造メーカー、ゼネコン、鉄鋼メーカー、重工業メーカー、化学メーカー、食品飲料メーカー、介護事業所、など	介護施設、病院、エバーサルリズム(階段歩行)、美術館内移動支援等
免許、講習等の必要条件など		講習不要。 免許不要。	講習不要。デモを通して作業の適合判断免許不要。	講習あり。 免許不要。
事故発生時の責任分界の考え			特になし。	ロボットに起因する場合は、PL保険適用
知的財産権			特許権、意匠権取得済 (一部出願中)	信州大学が知財管理。 独占実施権はAssistmotion
充電と稼働	充電時間		—	
	稼働時間		1時間	
着脱性				ベルトを巻くだけ 装着がカンタン
その他				股関節、膝関節サポート
寸法		S~XL 身長：160~185cm ウエストサイズ：71~100cm		
※公開資料より事務局判別	助力部●	脚部かがみ・屈伸	○	
	拘束部○	脚部歩行	●	
		腰部	●	●
		肩・背中	○	○
		腕部	●	
		手部		
		立位		●
		上向き		
	防水機能	—	なし	
	装着部位			
JIS関連		外観運動を許容する構造		
※(値)は参考記載		最大突出半径および外形寸法		
		最大アシスト力 腰部圧縮力低減指標		

出典：第2回建設施工におけるPAS導入に関するWG資料3 パワーアシストスーツに関する技術情報の募集結果について
(国土交通省、令和2年10月)を修正して作成

表 6.5-7 パワーアシストスーツの事例（その5）

主助力部位	腕・手	腕・手	腕・手
会社名	クボタ(株)	BioservoTechnologies 社 【スウェーデン】 西尾レントオール	COMAU 社【イタリア】 (株) ジェピコ
製品名	ラクベスト ARM-1D	Ironhand 【アイアンハンド】	MATEXT
タイプ	アクティブ (単三電池4本駆動)	アクティブ (バッテリー駆動)	パッシブ (ばねタイプ)
重量	3.8kg	3.8kg (本体2.5kg、バッテリー1.3kg)	4kg
バッテリー駆動時間	8h	6~8h	—
概要図、写真		アイアンハンドシステムのしくみ Ironhand プロは、熟練した作業員とセンサを備えたロボット。センサは、ユーザーの身体を感知して、パワーアシストを提供する。ユーザーは、センサーを身につけて作業し、パワーアシストを受け取る。次に、マイクとコンピュータが音声コマンドを認識し、小さなモーターが人工関節を駆動する。その結果、人間の腕に相当する力と精度で動作が可能になる。アイアンハンドは、様々な作業に適用できる。Ironhandは、持ち上げ、移動、作業に適用できる。Ironhandは、持ち上げ、移動、作業に適用できる。	
調達方法	製品購入のみ	レンタル	製品購入、レンタルあり
価格	本体 120,000 円(税抜)		
導入台数	400 台	台数不明	台数不明
主な導入取引先、導入実績	農業、建設業など	海外の建設現場	自動車製造業、鉄道、造船業、建設・建築業、ビルメンテナンス等
免許、講習等の必要条件など	講習不要。導入指導は可能。 免許不要。	講習あり。 免許不要。	講習不要。説明書の熟読要請。免許不要。
事故発生時の責任分界の考え	特になし。	Bioservo 社へ責任分界詳細を交渉、確認中。PL保険、免責事項	
知的財産権	—	BioservoTechnologies 社が 国際特許申請済	製造元 COMAU 社
充電と稼働	充電時間 稼働時間	— 6~8時間	
着脱性	—	—	
その他			
寸法	全長 438~498mm × 幅 538~658mm × 高さ 501mm		S/M および L/XL の 2 サイズ
助方部● 拘束部○	脚関節がみ・屈伸 脚部歩行		
※公開資料より事務局判別	腰部	○	●
	肩・背中	○	○
	腕部	●	●
	手部	●	
	立位		
	上向き		
	防水機能	—	—
	装着部位		
JIS 関連	外転運動を許容する構造		
※(値)は参考記載	最大突出半径および外形寸法		
	最大アシスト力		
	腰部圧縮力低減指標		

出典：第2回建設施工におけるPAS導入に関するWG資料3 パワーアシストスーツに関する技術情報の募集結果について（国土交通省、令和2年10月）を修正して作成

2) 積込時事故防止装置の開発動向

ごみ収集車両の運転・作業中の事故は多いため、事故の防止は、ごみ収集作業における大変重要な課題となっている。ごみ収集作業中の事故では、交通事故(特にバック時の挟まれ轢死事故)、パッカー車のテールゲートの降下による挟まれ事故や回転板の巻き込み事故などが起きている。ごみ回収作業中あるいは後進中の安全は、バックカメラの映像を運転席から確認できるようにすることで確保するという手法が主であるが、近年はこれの画像を解析してより安全性を高めるための技術が開発されている。

ごみ収集作業における巻き込まれ事故は概ねごみ収集作業時の積込プレートへの巻き込まれと収集したごみの処理施設での排出時の巻き込まれである。特にごみ収集作業時は回収作業員が積み込んでいる状態と回転板が動作している状態が重なりやすく、事故につながりやすい。最近では、ごみ収集車両メーカーは、車両に搭載したバックカメラの映像を AI 画像認識技術で処理し、作業員が危険エリアに立ち入った場合積込プレートを止める装置を販売している。

これにより、人と人以外の障害物を区別し、不要な停止で作業遅れを生じることを避けることができる。



図 6.5-1 画像判定を利用したごみ収集車安全支援システムの例(その1)

出典：極東開発工業株式会社 ごみ収集車安全支援システム「KIES」

また、バックカメラの画像解析を用いた安全装置には、カメラの映像から作業員の位置を通常の積み込み作業を行うエリアと、巻き込まれ危険エリアに分けて認識するものもある(図6.5-2)。本装置では、アイカメラの撮影画像の中に設定した検出エリアに入った作業員の頭部周辺や、あらかじめ指定した色の装着物を検出・追跡し、積込プレートが人を巻き込む可能性のある位置に来た時(検出された作業員や装着物が危険エリアに侵入した時)、危険状態として検知し、積込作動を自動停止する。

危険エリアにおける手や足の検出は、指定色での検知となっている。これは、あらかじめ手袋や靴の色を登録しておき、その色を装着した手や足を検知する方法である。さらに後退時にAIが歩行者を検出すると、運転席にブザーで通知する機能も備えている。

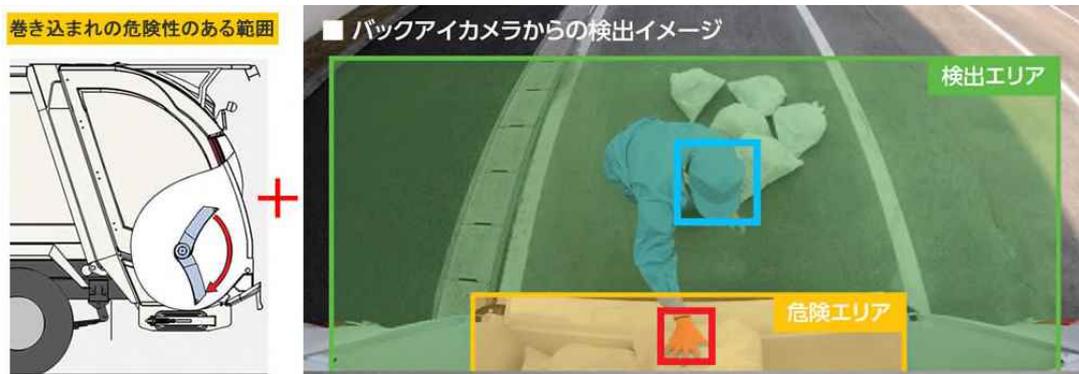


図 6.5-2 画像判定を利用したごみ収集車安全支援システムの例（その2）

出典：新明和工業株式会社 塵芥車用巻き込まれ被害軽減装置「Smart eye motion®」。検出エリアにいる作業員を「頭」でAI判定し、危険エリアに入っている手や足を事前に登録した手袋や靴の色で判定する。

また、積み下ろし時の巻き込まれ防止策として、人が架装部の下に潜り込んだ場合、センサー検知により電氣的にボデーが下がらないように工夫された安全ストッパーが設置されているものもある。



図 6.5-3 架装部の巻き込まれ防止センサー

出典：クリーンライフ第79号 廃棄物処理先進事例調査（2019、公益社団法人大阪府産業資源循環協会）

3) 非接触収集システム

我が国の家庭ごみ収集は、集積所に直接置かれたごみ袋を人手で積み込むことで行われている。しかし、慢性的な人手不足と働き手の高齢化、また作業員の安全確保の観点からも作業の効率化が求められており、さらに、昨今の感染症の世界的流行を踏まえ、ごみ収集作業員の安全を確保するためにもごみに触れない収集方式が求められている。ごみ収集作業員がごみに接触する必要のない収集システムとしては、負圧の廃棄物収集配管を都市に張り巡らせる自動ごみ収集システムを構築する方法と、ごみ集積所を収集用の大型コンテナにして、これをロボットアームで収集車に積み込む方法が考えられる。前者の自動ごみ収集システムは、インフラをゼロから構築するような都市開発においては有効であるが、人口密度の低い郊外や既に都市基盤が形成されている中に後付けで整備するには初期投資が大きくなりすぎる。一方、後者の大型コンテナと収集車を用いた回収手法は、集積所と車両の整備により実施可能な方法であり、より早期に実現可能な手法と考えられる。

ここでは大型コンテナを利用した回収手法の例として、ドバイのビーチリゾート、Al Mamzar 地区において導入されている非接触ごみ収集システムを紹介する。同市において、市民はごみを一般廃棄物とリサイクル原料の2種類に分別し、道路沿いもしくは地下に設置されたそれぞれのコンテナに投入する(図6.5-4)。収集車はそれぞれのコンテナを掴み上げ、内容物を荷台に移した後、少量の水でコンテナを洗浄し、元の場所に戻す。ピックアップアームは道路の両サイドから同時にコンテナを持ち上げて処理することができる。



ドバイ・Al Mamzar 地区で導入されている非接触のごみ収集システム。収集車はコンテナを掴み上げ、内容物を荷台に移した後、少量の水でコンテナを洗浄し、元の場所に戻す。

図 6.5-4 非接触収集の例

出典 : <https://www.fm-middleeast.com/operations/soft-services/71944-dubai-debuts-new-advanced-waste-collection-system>

このようなフック付きコンテナを用いた収集は、ごみ収集車のリフトにコンテナを取り付ける際、人手が必要になるものの、ごみ袋を直接、手で取り扱う我が国の現行収集法に比べて安全性は格段に向上する。ごみ収集車のフックの位置によって、狭い場所での収集に有利なリアリフト型、費用対効果が高く商業・産業向けのフロントリフト型、主に都市ごみの収集に使用されるサイドリフト型に分けることができる（表 6. 5-8）。

表 6. 5-8 ごみ収集リフトを備えたごみ収集車

リアリフト型		トラック後部でピックアップし、自動で回収と圧縮をする。狭い場所での収集に有利。
フロントリフト型		フロントアームでコンテナを持ち上げ、自動で回収と圧縮をする。費用対効果が高く商業・産業向け。
サイドリフト型		車両側面のアームでコンテナを持ち上げ、自動で回収と圧縮をする。都市ごみの収集に使用。

<https://www.suez.com.au/en-au/our-offering/businesses/how-can-we-help-you/waste-management/equipment/vehicles>

なお、我が国では、ごみ収集車の車高など、規格が詳細に定められているため、海外のごみ収集車をそのまま導入することはできず、導入に向けては規制等の課題を解決していく必要がある。

現状、非接触収集の導入について課題のある我が国においては、ごみ収集作業における感染症への予防対策としては、当面、図 6.5-5 に示すような、作業前、作業・休憩中、作業後に心掛ける事項を徹底しながら、予防に努めていく必要がある。

ごみの収集運搬作業をされるみなさまへ

収集運搬作業における新型コロナウイルス対策

ごみの収集運搬作業においては、作業前、作業中・休憩中、作業後に分けて次の対策を実施しましょう。

POINT 01.

—— “作業前” に心がける4つのこと ——

その1 健康管理・体調把握の実施

十分な検温をとる等の健康管理や定期的な体温測定による体調把握を実施してください。

その2 3つの密の回避

乗務員等は、他の人と十分な距離をとりましょう。また、こまめに更衣室の窓やドアを開け換気しましょう。

その3 手袋、ゴーグル、マスク等の防護具の適切な着用

作業時のウイルス付着を防ぐために、手袋、ゴーグル、マスク等を着用しましょう。

その4 肌の露出の少ない作業着(長袖・長ズボン)の着用

作業着は、露出した肌へのウイルス付着を避けるために、長袖・長ズボン等の着用を心がけましょう。

POINT 03.

—— “作業後” に心がける3つのこと ——

その1 消毒・洗浄の徹底

到着後は以下を重点的に消毒しましょう!

- 車両の消毒・洗浄
- 運転席の消毒
- スマホ、タブレット等の消毒
- 手袋、ゴーグルの消毒・洗浄

その2 車の換気(窓開け)

作業車の窓は開放し、常に換気されている状態を確保しましょう。(乗務員乗る場合には必ずマスクを着用)
※気温や湿度の高いときには換気にも十分気をつけましょう。

その4 休憩の際の3つの密の回避

休憩時は、車内・車内の場合は車を降り、他の人と十分な距離をとり、近距離での会話等は控えましょう。

POINT 02.

—— “作業中・休憩中” に心がける4つのこと ——

その1 素手で触らない

素手でごみに触れないようにしましょう。手袋の装着時に素手で手袋の外側や顔に触れないよう注意しましょう。

その2 こまめに消毒

作業の合間に、機会を見つけてアルコール消毒液等による消毒を心がけましょう。

その2 手洗いの徹底

帰業直後と「その1」の消毒作業後は手洗いとし、必要に応じて洗濯を行いましょう。

その3 着替え時等の注意

作業着を脱いだり防護具を外すときは、外面に触れないよう注意しながら、脱いだ作業着は洗濯しましょう。着替え・シャワー等の際には、他の人と十分な距離をとるなどしましょう。




環境省
Ministry of Environment

図 6.5-5 ごみ収集作業における新型コロナウイルス対策啓発パンフレット

出典：環境省 HP 新型コロナウイルス感染症に係る廃棄物対策について取りまとめた資料

https://www.env.go.jp/recycle/waste/sp_contr/infection/leaflet-shushu2.pdf

4) スマートごみ集積所、スマートごみ容器

ごみの集積の状況を、ICT 機器を用いて随時モニタリングし、それに応じてごみ収集スケジュールを調整することで手間のかかるごみ収集作業の軽減を図ることができる。このようにしたごみ集積所やごみ容器を、スマートごみ集積所、スマートごみ容器と呼ぶ。

近年、ごみの集積量に応じて適切な収集のタイミングをごみ容器が判断して発信するスマートごみ容器の開発が進んでおり、効率的なごみ収集作業支援ツール構築への寄与が期待されている。

ごみ収集作業のタイミングを、ICT 技術を用いて効率化する場合、ごみ集積所の状況の把握が重要な技術となる。ごみ箱の監視で最も重要な点は、ごみ箱が満杯かそうでないかである。満杯になったごみ箱を重点的に収集して回ることで、環境衛生を損ねることなくごみ収集作業の回数を減らすことができる。以下では、現在開発されているスマートごみ容器のセンサーを示す。

表 6.5-9 スマートごみ容器に使用されているセンサーの種類と概要

センサー	概要
赤外線センサー	赤外線 LED からの光がごみで遮られるとシグナルを発する。ごみ箱が一定レベル以上かそうでないか分からない。
静電容量センサー	二本の電極に導電性のあるものが近づくとき静電容量が変化することを利用するセンサー。
重量センサー	ごみ箱の内容物の重さをモニタリングする。ごみの比重にばらつきがあると正確にモニタリングできない。
超音波センサー	上部に設置された超音波発信機と受信機を用い、蓄積したごみの高さを超音波の反射で読み取る。ごみ箱の高さを正確に把握できる。
画像解析	小型カメラを設置し、得られた映像を解析してごみの量を把握する。設置の制限が少なく、汎用性が高い。

現在、市販されているスマートごみ箱の概要を表 6.5-10 に示す。スマートごみ容器の機能として、ごみ集積状況の監視機能に加えて、ごみの圧縮機能があると、より多くのごみを溜めることができ、収集回数をさらに減らすことができることから、圧縮機能のあるタイプが開発されている。そのほか、ごみの分別収集機能が付いているタイプも開発されている。電源としては、太陽電池式、AC 給電式、バッテリー式がある。万一火災が発生した場合の報知機能を備えているモデルもある。

千葉県市川市においては、生ごみの分別収集のため、24 時間、生ごみの排出が可能な「スマート i-BOX」の開発が行われている (図 6.5-6)。スマート i-BOX は、機体に印字された QR コードを読み取ることで開閉する生ごみ専用のごみ箱であり、全国初の取り組みである。市川市においては、燃やすごみとして収集されるごみの中に、生ごみが約 4 割含まれていることから、生ごみを分別して収集し、民間施設でメタン発酵によりバイオガスを回収することで、ごみの資源化の推進と市民の利便性向上を両立することを目指している。

なお、表 6.5-11 に示すとおり、集積状況の監視用のセンサーのみも開発されており、これらを既存のごみ箱に外付けすることで、ごみ箱をスマート化することも可能である。外付けの機器であるため、圧縮機能はないものの、既存の設備を活用し、導入コストを低く抑えて、ごみ収集システムの IoT 化を図ることも可能となる。

表 6.5-10 スマートごみ容器の例

○スマートごみ容器			
製品	CleanCUBE	SMART CITY BIN120	Bin-e
メーカー	(Ecube Labs)	(Binology)	(Bin-e)
ごみ箱容量	100/120/240L	169cm(H)×73.7cm(W) ×68.3cm(D)	120cm(H)×120cm(W) ×60cm(D)
圧縮機能	あり(圧縮率:8倍/最大 500Kg)	あり(圧縮率:8倍)	プラスチック・紙のみあり(非圧 縮時0.3m ³ 、圧縮時 0.8m ³)
位置情報(GPS)		○	—
容量測定センサー	不明	超音波	不明
モニタ リング 項目	容器充填度合い	○	○
	経過期間	—	—
	ごみ箱稼働状況	○	—
	バッテリー残量	○	—
	機器状況	—	温度、湿度
	エラーコード	—	—
	その他	回収効率に関する統計	—
カメラデバイス (解像度、 動画/静止画等)	—	—	不明 (AIによる物体認識)
電源	ソーラー・ACプラグイン両方 (または組み合わせ)可能、 バッテリーは12V	ソーラー	230VのACで稼働
電池寿命	フル充電で4週間	約3年	—
その他特長	火災探知・消火機能・安全 機能、Wifiルータでソフトウ ェアと連携、フットペダル有	防火システム(火炎感知 器、容器圧縮鎮火)、フット ペダル有、-30℃~50℃で稼 働	自動分別機能、自動開閉に よるハンズフリー機能、 Wifi/LANでのインターネット 環境必須
Url	https://www.ecubelabs.com/solar-powered-trash-compactor/	https://binology.com/ducts/smart-city-bin-120/#	https://bine.world/
○収集運搬・管理システム			
排出事業者識別	—	—	○
廃棄物種類識別	固体・液体の識別	2-3種類へ分別可能	○ (精度92%)
収集業者識別	—	—	○
収集車両余力モニタリング	—	○	—
収集車両コントロール	—	—	—
排出事業者収集ニーズ把握	—	—	○
排出量予測	○	—	容量消費パターンから予測
回収ルート最適化	○	—	—
その他特長	—	衛生状態、セキュリティを管理	—

生ごみ専用ごみ箱「スマート i-BOX」について

スマート i-BOX とは

生ごみ専用ごみ箱。容量 90L、幅 60 cm × 奥行 65 cm × 高さ 140 cm、重さ約 110kg。ステンレス鋼製。ごみの減量・資源化の推進と利便性の向上を目的に 24 時間、生ごみを排出することができるようにしました。

スマート i-BOX の機能

個人毎に割り振られた QR コードをかざすことで、生ごみ投入口が開閉します。内部のごみ蓄積量を市役所に通信させることで、効率的な収集が可能になります。ごみ箱上部に太陽光パネルを搭載し、バッテリーに蓄電するため外部電源は不要です。

スマート i-BOX の使い方

事前に QR コードを取得していただきます。QR コードは市の公式ウェブサイトに登録していただいた後、アプリによりスマホへ表示します。スマホをお持ちでない方には、循環型社会推進課窓口で紙に印刷したものをお配りします。前に人が立つと、QR コードリーダーの窓が光ります。音が鳴るまで QR コードをかざすと、投入口が開くので生ごみを捨ててください。

期待できること

24 時間いつでも生ごみを排出することが可能となれば、指定収集日の朝 8 時までに集積所にごみを出すことが困難な場合でも、生ごみの排出が可能で、夏場等に腐敗して臭いの強い魚類の調理くずを排出することが可能です。また、集積所におけるカラス被害等の減少も期待されます。

排出された生ごみの行方

民間施設でメタン発酵により、バイオガスを回収します。

スマート i-BOX の今後

試験運用を行い、顕在化した課題の改善に努めます。



太陽光パネル

生ごみ投入口
自動開閉
挟まれ防止

QRコードリーダー

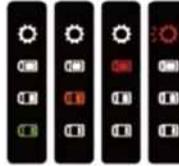
QRコードを読み込むと「ピッ」と音がし、投入口が開きます。

人感センサー

人が前に立つと QR リーダーが光ります。

インジケーター

生ごみの蓄積情報等を表示



蓄積量 少

蓄積量 中

蓄積量 多

QRコードエラー



スマート i-BOX の通信機能によりパソコンにて以下のご確認が可能

- ・ スマート i-BOX の状態 (設置場所、蓄積量、バッテリー残量等)
- ・ 効率的な生ごみ回収ルート (蓄積量から効率的な回収ルートが表示されます。)

図 6.5-6 千葉県市川市で導入が検討されているスマートごみ箱の事例

出典：市川市環境部循環社会推進課 提供資料

表 6.5-11 ごみ容器をスマート化するセンサーの例

○取付け型スマートセンサー					
製品	Smart Level	WE-009TN / WE-009TW (固体用) WE-009L (液体用)	CleanFLEX	Waste metering™	
メーカー	(積水マテリアルソリューションズ)	(enevo)	(Ecube Labs)	(Compology)	
ごみ箱容量	既存ごみ容器への取り付け式センサー	既存ごみ容器への取り付け式センサー	既存ごみ容器への取り付け式センサー	既存ごみ容器への取り付け式モニタリングカメラ	
位置情報 (GPS)	○	○	○	○	
容量測定センサー	超音波	超音波	不明	カメラ画像解析	
モニタリング項目	容器充填度合い	○	—	○	
	経過期間	○	○ (過去集積履歴)	○	
	ごみ箱稼働状況	○	○	○	
	バッテリー残量	—	—	○	
	機器状況	—	—	温度、傾き	○
	エラーコード	—	—	—	—
その他	—	リアルタイムで集積のトラッキング (マッピング)、内容物積載の加速度	—	不純物感知、フラッシュ	
カメラデバイス (解像度、動画/静止画等)	—	なし (超音波センサーで把握し、4G回線で発信)	—	あり (静止画によるAI物体認識)	
電源	電池内蔵	リチウム電池	バッテリー/ソーラー	バッテリーのみ	
電池寿命	—	5年保証	約10年	5年	
その他特長	—	直径10cm、500~600g、-40℃~85℃で稼働、	2G回線の利用も可能、電池交換可能、	寸法 (10.16cm (H) × 13.33cm (W) × 9.14cm	
Url	https://www.sekisui-ms.co.jp/product/living_environment_materials/living_environment_materials_b/1353605_28571.html#catalog	https://www.enevo.co.jp/technology.html	https://www.ecubelabs.com/ultrasonic-fill-level-sensor/	https://compology.com/products/waste-metering/	
○収集運搬・管理システム					
排出事業者識別	—	—	—	—	
廃棄物種類識別	—	液体・固体で別センサーを使用	—	6種類の区別が可能	
収集業者識別	—	—	—	—	
収集車両余力モニタリング	—	—	—	○	
収集車両コントロール	—	—	—	—	
排出事業者収集コース把握	—	—	—	—	
排出量予測	—	加速度を測定	—	—	
回収ルート最適化	—	○	—	—	
その他特長	—	—	—	—	

5) 収集システムのその他情報通信技術 (ICT) の活用

一般廃棄物の収集運搬業務に係る人手不足、作業負担の増大等の課題に対する技術的解決策として、情報通信技術 (ICT) によるごみ収集作業支援ツール全体の効率化が考えられる。ICT を収集作業支援ツール全体に適用するには、ICT をまず、ごみ収集作業に関わる要素技術分解して整理すると分かりやすい。例えば、収集ルートを検討するためには、事前に都市やインフラに関する情報が地理情報システムとして整理されていたり、運行する車両については、GPS 等で運行状況を管理できるとよい。また、ごみの集積状況がスマートごみ容器で管理されていたり、ごみ分別センサーで自動分別されるとごみ収集作業が効率化される。さらには、収集作業員の労務状況までも管理し、これらのデータを総合的に分析することで、将来的には、ごみの自動収集システムの構築も想定される。ごみ収集作業を支援する要素技術のイメージを図 6.5-7 に示す。また、その概要を表 6.5-12 示す。また、ごみ収集作業を支援する要素技術を支える情報通信技術 (ICT) の要素について、表 6.5-13 にまとめた。

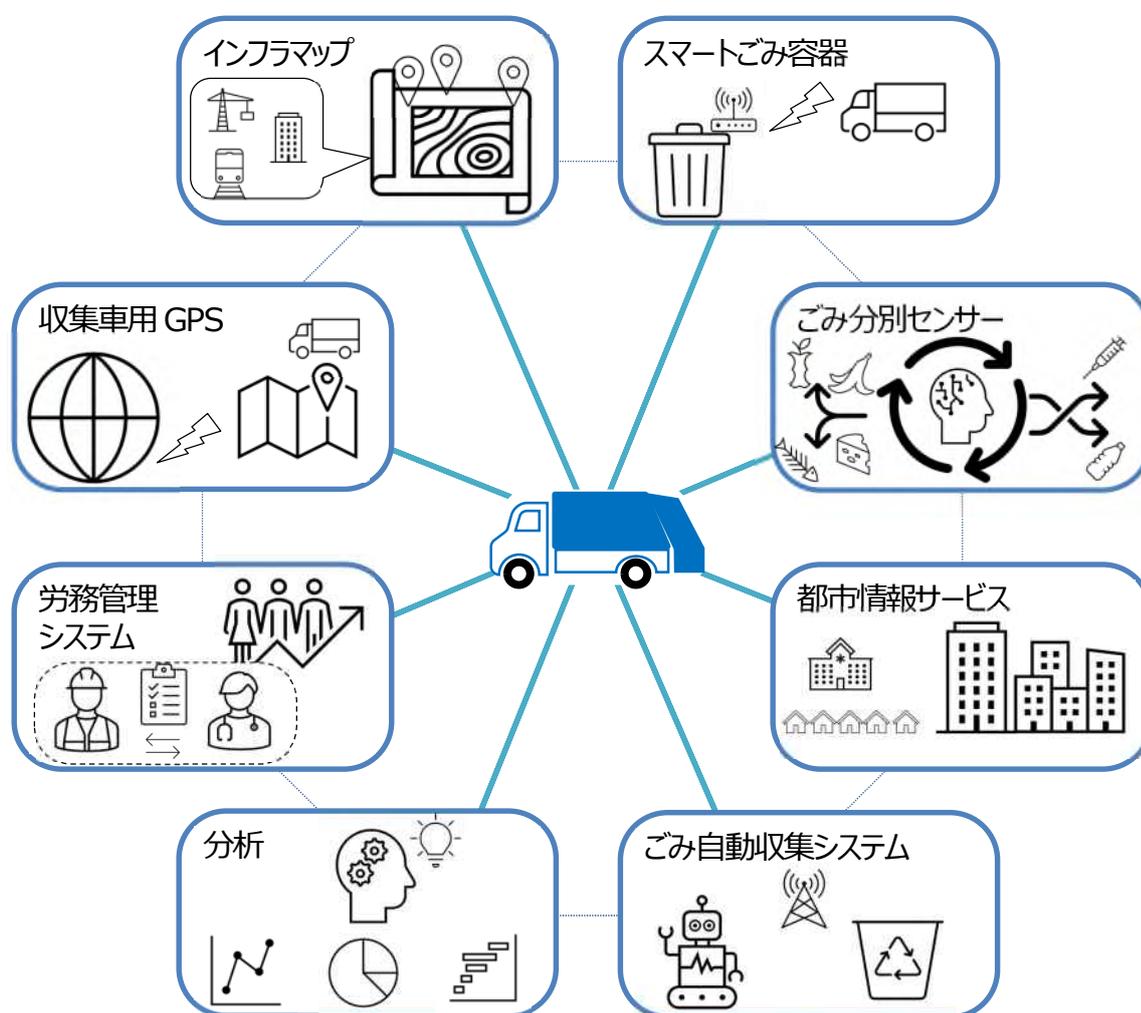


図 6.5-7 ごみ収集作業を支援する要素技術のイメージ

表 6.5-12 ごみ収集作業を支援する要素技術

要素技術	技術内容
インフラマップ	ごみの集積場やごみ処理場、収集ルートなどごみ収集作業の計画の立案に資するインフラマップを整備する。
スマートごみ容器	ごみ集積所の状況を随時センサーでモニタリングし、それに応じてごみ収集スケジュールを調整することで手間のかかるごみ収集作業の軽減を図ることができる。
ごみ収集車用 GPS	GPS およびカーナビゲーションシステムでごみ収集車の巡回ルートを最適化し、ごみ収集作業時間を短縮する。また、ルートのごみ集積状況に応じて、応援の車両投入などの誘導に活用することができる。
ごみ分別センサー	センサーでごみの種類を識別することで、収集作業の段階で分別する。
労務管理システム	労務状況や労働者の健康状態等を管理ツールにより把握して、労務状況、作業環境の改善をすることができる。配員計画や発生予測等からシフト管理などを支援するソリューションや労務を支援するためのモバイルアプリなどを活用して、労務を最適化することが可能である。
都市情報サービス	人流など都市活動などのビッグデータ分析ツールを使用して、ごみ収集作業に関する都市情報を把握することで、全体として最適なリソース配分や危機管理としてパンデミック等への予防的な措置を行うことが可能となる。
分析	発生するごみの総量、種類、地域分布などを正確に把握し、それに基づき発生を予測することでごみ収集作業の効率化を図ることができる。特に年末、年始など多量に発生するごみは事前に予測を立てることで、ごみ収集作業をスムーズに行うことができる。
ごみ自動収集システム	スマートごみ容器、インフラマップ、収集車用 GPS、ごみ分別センサー、労務管理システム、都市情報サービス等を統合的に活用し、さらには非接触収集システムも活用していくことで、ごみ自動収集システムを構築していく。

表 6.5-13 ごみ収集作業を支援する情報通信技術 (ICT) の要素

要素区分	ICT 要素	用途
空間技術	GIS	用地選定、計画、最適化、見える化
	GPS	収集ルート最適化、収集車追跡、運行管理
	リモートセンシング	用地選定、環境影響評価、ルートの特徴分析
認識技術	バーコード、QR コード	電子マニフェスト、トレーサビリティ、リスク管理、ごみと運転手の追跡、自動分別とリサイクル、認証の効率化・迅速化
	RFID	
データ収集・分析技術	センサー	自動分別、最適化、水分・匂い測定、エネルギー測定、計画
	画像処理、画像解析	自動分別、収集作業ルート最適化、ごみのモニタリング
通信技術	長距離通信	移動通信システム(5G)
	短距離通信	Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee [※]

※ZigBee：センサーネットワークを主目的とする近距離無線通信規格。この通信規格は、転送可能距離が短く転送速度も非常に低速である代わりに、安価で消費電力が少ないという特徴を持つ。従って、電池駆動可能な超小型機器への実装に向いている。

GISは地理情報システム(Geographic information System)の略であり、各種センサーやごみ収集車両から集められたデータを地図上に重ねて表示することができる。これにより、図面やデータの一覧表からは読み取りにくい、分布や傾向、パターン、関係性などを特定することができ、より効率的な収集スケジュールとルート最適化が可能となる。GPSはごみ収集車両のルート最適化で効果的に使用されている。特にGISやルート最適化アプリケーションなどとの組み合わせで効果を発揮する。

RFIDはRadio Frequency Identifierの略称であり非接触の近距離通信IDタグのことである。ごみ箱とごみ収集車両にそれぞれIDを振り、収集毎に自動でIDを読み取ることで、日時、ごみ箱の状態、ごみの量、およびごみ収集車両のGPS座標を自動で記録することができる。ごみ収集時の読み取りにひと手間掛かるが、バーコードIDでも同様の管理が可能である。

また、ごみ集積所の状況やごみ排出状況を、車載カメラとAIで自動認識する技術の開発も行われている。

センサーはごみ収集作業管理システムで不可欠の存在である。スマートごみ箱の残容量、重量、温度、湿度、臭気などを測定し集計することで、合理的にごみ収集の頻度を決定することができる。ごみ箱にカメラを設置し、画像処理によってごみ箱の状態をデータ化することも可能である。

通信技術については、主にごみ箱と収集車両のやり取りなどを行う短距離通信とモバイル端末を使ったデータセンターとのやり取りを行う長距離通信に分かれる。

●センサーの活用（ごみ自動分別）の例

廃棄物から有価物を回収しリサイクルすることは、資源保護およびごみの減量の観点から重要である。近年は、分光光学、原子密度、伝導率、光透過性、原子特性を利用してごみを分別するセンサーが開発されている。以下に、識別技術をまとめる。

表 6.5-14 ごみ自動分別に使用されているセンサーの種類と概要

センサー	概要
誘導型近接センサー	コイルで低周波の電磁場をつくりだし、鉄などの磁性体を検出する。電磁場を磁性体が通過すると磁性体に渦電流が発生し、コイルに誘導損が生じる。この誘導損を検出することで鉄などの磁性体を検出することができる。
誘電型近接センサー	2本の電極の間に生じる静電場を作り出し、誘電体を検出する。金属だけでなく、ガラス、紙、木材などの非金属材料も誘電体となるので検出可能である。静電場に誘電体が近付くと、電極間の静電容量が変化する。電極に高周波を印加すると、静電容量に従って減衰する。静電容量は物質によって異なるので、減衰率もごみの種類により異なることになる。これを利用して様々な材質のごみを識別することが可能である。
光電センサー	光電センサーは発光素子と受光素子によって構成される。光の反射や吸収などの光学特性を測定してごみを認識する。
近赤外線分光法	近赤外線(NIR)を照射し、吸収スペクトルの違いで樹脂などの種類を識別することができる。これを利用した資源プラスチック自動分別機も市販されている。