

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

報告書

令和 2 年 3 月

応用地質株式会社

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。

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	1-2
(1) 本業務の目的と基本方針	1-2
(2) 支援ツール構築の基本的な考え方	1-2
(3) 実施内容	1-3
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	2-4
(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	2-6
(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	2-7
(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	2-9
(1) 公開情報から収集した課題	2-9
(2) ヒアリングにより収集した課題	2-10
(3) 課題の類型化	2-11
3. 現状把握及び課題の整理	3-1
3.1 基本情報の収集・整理	3-1
3.2 低炭素化及び作業効率化の実現に向けた課題の抽出及び解決策の検討	3-4
4. 低炭素化および効率化の向上のための支援ツールの検討・構築	4-1
4.1 本業務にて構築した支援ツールの概要	4-1
4.2 情報管理支援ツール	4-2
(1) 走行データ収集ツール	4-2
(2) 維持管理データ更新ツール	4-8
(3) 業務管理支援ツール	4-9
4.3 情報監視支援ツール	4-12
(1) 車両位置確認ツール	4-12
(2) 燃料消費量確認ツール	4-18
(3) 集積所状況確認ツール	4-22
4.4 最適化検討支援ツール	4-28
(1) 燃料消費量解析ツール	4-28
(2) 収集ルート検索支援ツール	4-30
4.5 支援ツールを使用した解析結果	4-37
(1) 走行データの可視化	4-37
(2) 支援ツールを用いた最適化方法検討	4-44
5. 低炭素化および効率化の向上のための最適化手法の検討	5-1
5.1 支援ツールを用いた要因分析	5-1
(1) 二酸化炭素排出量算定方法の検討	5-1
(2) 収集運搬作業における作業効率化・低炭素化の特徴およびモデル化	5-5
5.2 各調査対象自治体における作業効率化・低炭素化のモデル化および改善案の検討	5-9
6. 今後の検討方針	6-1
6.1 構築した支援ツールの改良・構築項目	6-2
(1) 調査対象自治体の基本情報の整備	6-2
(2) 情報管理支援ツール	6-3
(3) 情報監視支援ツール	6-3
(4) 最適化検討支援ツール	6-4
6.2 追加構築の支援ツール	6-5
(1) 情報監視支援ツール	6-5
(2) 最適化検討支援ツール	6-7
6.3 支援ツールを活用した最適化方策の検討	6-9
(1) 評価方法の見直し	6-9
(2) コスト削減の検討	6-9
6.4 次年度モデル事業実施計画	6-11
(1) 走行データの収集・解析・調査検討	6-11
(2) スマート集積所の調査検討	6-11
(3) 支援ツールを活用した最適化方策の検討	6-11
7. 検討会の運営	7-1
7.1 検討会の概要	7-1
(1) 検討会の目的	7-1
(2) 運営内容	7-1
(3) 有識者	7-1
7.2 検討会開催内容	7-2
(1) 検討会の開催日程	7-2
(2) 議事内容	7-4

1. 業務の概要

1.1 業務の目的

「地球温暖化対策計画」（平成 28 年 5 月閣議決定）において、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低炭素化が求められる。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 等 ICT 技術、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 ICT 技術の活用による集中管理や作業効率化による低炭素化が期待される。

本事業では、一般廃棄物収集運搬業務の効率化、我が国全体の低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、収集運搬の効率化による低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（以下、「支援ツール」という。）を試作し、それを仮運用することで効果を検証・分析し、次年度以降のモデル事業に向けての情報収集・検討を実施する。

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 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）」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 1.1-1・図 1.1-2）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低炭素・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。

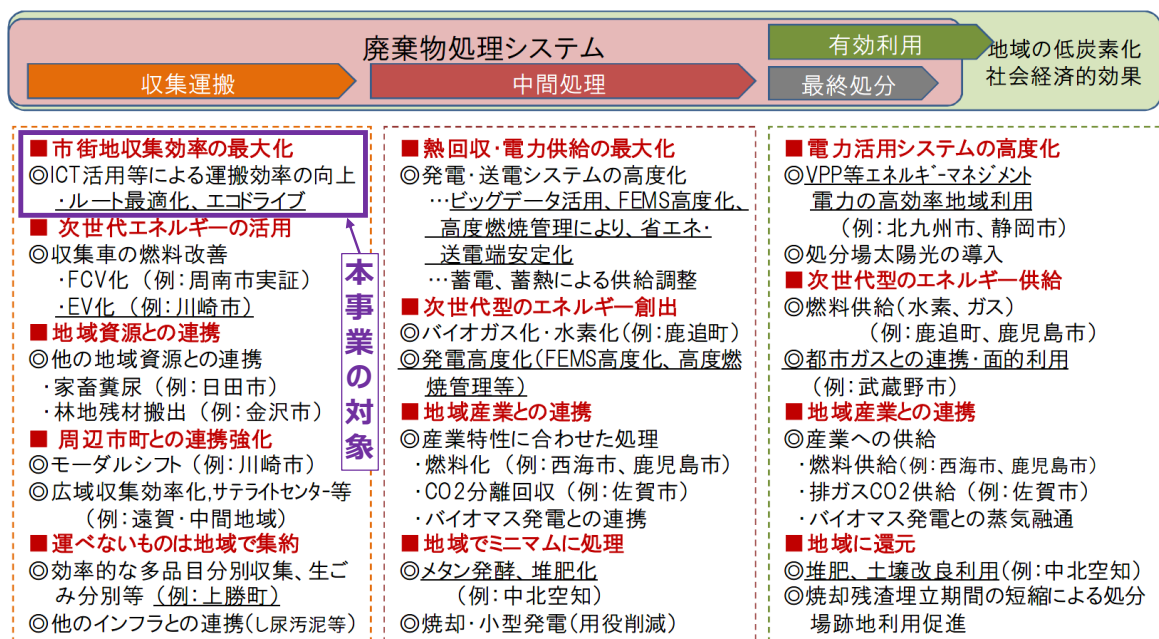


図 1.1-1 現状と将来社会の姿を踏まえた低炭素・省 CO₂ 型処理システムの技術メニュー例

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

集運搬業務の課題を抽出・整理する。車載カメラを利用し、ごみ集積所のカラス被害等の調査を支援する。

2) 課題解決策の検討及び収集運搬システムの最適化に向けた支援ツールの機能検討・構築

1) で抽出した課題の解決策を検討・考慮し、二酸化炭素排出量削減に向けた理想的な収集ルート解析を行う。収集運搬システムの最適化に向けた支援ツール及び、収集ルートの運用方法の成果を検証するために、即時に可視化できる支援ツール機能の検討・構築を行った。

支援ツール構築の基本的な考え方を次の通りとした。

- ① 二酸化炭素排出量および作業時間を定量的に評価ができることを支援する。
- ② 支援ツールは、新たに開発するものではなく、既存の情報通信技術(ICT)や解析ツールを組合せて、安価で構築可能なものとする。

3) モデル事業化に向けた情報収集・検討

2) で構築した支援ツールを仮運用し、モデル事業化に向けた情報収集を行った。現地状況に合わせた収集ルート解析結果の精度向上、支援ツールでリアルタイムに取得できるデータを活用したルート計画の定期的な見直し検討が行えるように構築した。

(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) 一般廃棄物収集運搬業務における現状調査及び課題の抽出
- 3) 収集運搬の低炭素化モデル事業の最適化検討
 - ① 最適化手法の考案
 - ② モデル事業化に向けた情報収集・検討
- 4) CO₂削減効果等の評価
- 5) 検討会の設置・運営

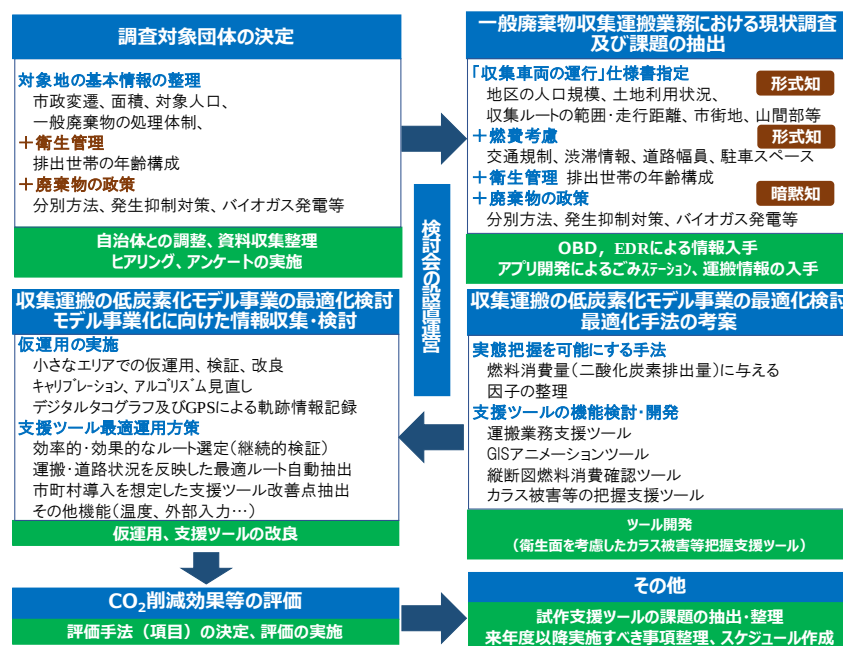


図 1.1-3 業務フロー

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（市区町村、一部事務組合等）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、山間部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) 一般廃棄物収集運搬業務における現状調査及び課題の抽出

調査対象団体における一般廃棄物収集運搬業務の運用実態について調査を行う。調査にあたり、調査対象団体に対して調査内容の説明、機器等の設置・撤去等を行った。

調査項目は市区町村等におけるごみステーションの現状（位置、形態等）、収集運搬車の保有・運用状況、運搬ルートの燃料消費量等とするものとした。また、調査により得られたデータ等を整理した上で、現状の一般廃棄物収集運搬業務における課題の抽出を行うものとした。

3) 収集運搬の低炭素化モデル事業の最適化検討

2) において、収集・整理されたデータ活用し、調査対象団体において収集運搬の低炭素化モデル事業に向けた最適化手法の検討を行った。

①最適化手法の考案

2) において得たデータ等を基に、現状の一般廃棄物収集運搬業務の実態把握を可能とする具体的な手法の検討及び支援ツールの試作を行った。

②モデル事業化に向けた情報収集・検討

調査対象団体において、1) において試作した支援ツールを仮運用し、モデル事業化に向けた情報収集を行った。また、仮運用で得られたデータ等を活用し、今後の収集運搬の低炭素化モデルの最適化検討を見据えた課題等の再分析及び検討を行った。

4) CO₂削減効果等の評価

支援ツールを3) において活用した場合の収集運搬業務と現行の収集運搬業務を比較し、CO₂削減効果やコスト面等の評価を行った。

5) 検討会の設置・運営

上記1)～4) 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。

検討委員会は、3回分を東京で開催し、第3回目で調査対象団体の職員をオブザーバとして招へいし、各自治体について意見を得た。

2. 調査対象団体の概要

2.1 調査対象団体の選定

調査対象として、多種多様な様態別に対応した汎用性の高い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（市区町村、一部事務組合等）を、地区の人口規模、土地利用状況、収集ルート・範囲・走行距離等を考慮し、市街地、山間部等といったように特徴が区別できるよう選定基準を検討した。なお、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低炭素化支援の情報を収集できるように試みた。また、収集運搬の GHG 排出量に影響を与える事項を考慮した。

表 2.1-1 調査対象団体の選定の観点

項目	項目詳細	選定検討内容
人口密度	市街地、過疎地、市街地・過疎地共存	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	収集時間への影響
収集方式	集積所、個別収集、併用	収集時間の構成
収集運搬方法	直営、委託	効率の違い

表 2.1-1 の選定の観点と、廃棄物政策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。

人口密度が高い市街地のモデルとして「東京都町田市」及び「埼玉県三郷市」を、また対照的な過疎地として「福島県三春町」及び「沖縄県石垣市」を、さらに中間的な地域として「愛媛県松山市」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 団体名称	自治体状況	集積所密度	交通渋滞	収集	自治体面積
東京都町田市	市街地	高い	多い	個別（一部集積所）	狭い
埼玉県三郷市	市街地	高い	多い	集積所	狭い
愛媛県松山市	市街地／過疎地	高い／低い	多い／少ない	集積所	広い
福島県三春町	過疎地	低い	少ない	集積所	狭い
沖縄県石垣市	過疎地	低い	少ない	個別	広い

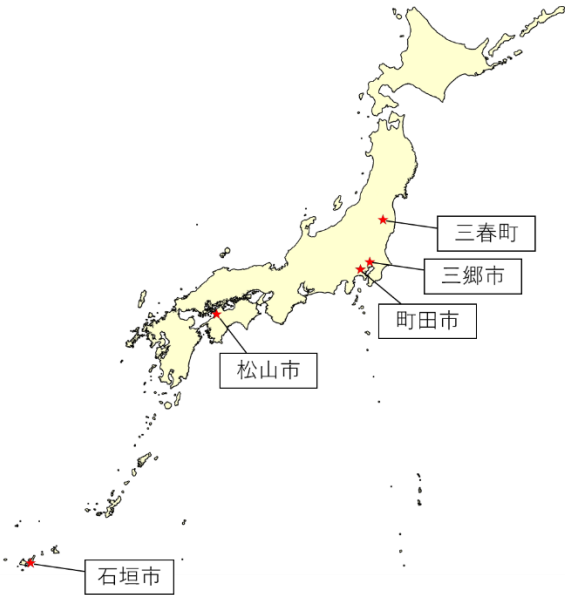


図 2.1-1 調査対象団体位置図

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 1,199 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・資源化处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	432,348	136,521	514,865	18,304	47,564
	面 積	km ²	71.80	30.13	429.37	72.76	229.34
	人口密度	人/km ²	6,022	4,531	1,199	252	207
	平均年齢	歳	45.6	45.2	46.3	49.9	42.5
	世帯総数	世帯	186,711	55,288	230,509	6,230	20,514
	世帯人数	人/世帯	2.32	2.47	2.23	2.94	2.32
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：平成 27 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	432,348	136,521	514,865	18,304	47,564
人口密度		人/km ²	6,022	4,531	1,199	252	207
計 画 収 集 人 口 ・ 排 出 量	計画収集人口	人	429,070	139,912	515,002	17,464	49,224
	ごみ総排出量	t/年	120,340	48,148	147,037	5,955	23,974
	計画収集量	t/年	86,364	44,518	114,323	5,069	20,845
	直接搬入量	t/年	22,792	707	32,714	775	3,129
	集団回収量	t/年	11,184	2,923	0	111	0
	1人1日当たりの ごみ排出量	g/人・日	768	943	782	934	1,334
	生活系ごみ	g/人・日	641	702	624	724	677
	事業系ごみ	g/人・日	127	241	158	210	657

出典：平成 27 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
平成 29 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

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。カッコ内の数値は、各項目値（年間値）を「一人一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	6,022	4,531	1,199	252	207
計画収集人口	人	429,070	139,912	515,002	17,464	49,224
ごみ総搬入量	t/年	120,340 (768)	48,148 (943)	147,037 (782)	5,955 (934)	23,955 (1,333)
生活系ごみ搬入量	t/年	100,415 (641)	35,852 (702)	117,322 (624)	4,617 (724)	12,144 (676)
収集量 + 直接搬入量	t/年	89,231 (570)	32,929 (645)	117,322 (624)	4,506 (707)	12,144 (676)
可燃ごみ	t/年	63,711 (407)	27,791 (544)	86,862 (462)	2,924 (459)	8,089 (450)
不燃ごみ		6,528 (42)	914 (18)	1,391 (7)	174 (27)	994 (55)
資源ごみ		15,982 (102)	3,439 (67)	23,862 (127)	1,293 (203)	2,374 (132)
混合ごみ		0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
その他ごみ		144 (1)	38 (1)	265 (1)	9 (1)	0 (0)
粗大ごみ		2,866 (18)	747 (15)	4,942 (26)	106 (17)	687 (38)
集団回収量	t/年	11,184 (71)	2,923 (57)	0 (0)	111 (17)	0 (0)
事業系ごみ搬入量 (収集量 + 直接搬入量)	t/年	19,925 (127)	12,296 (241)	29,715 (158)	1,338 (210)	11,811 (657)
可燃ごみ	t/年	19,645 (125)	12,010 (235)	28,491 (152)	1,250 (196)	7,401 (412)
不燃ごみ		0 (0)	211 (4)	0 (0)	46 (7)	388 (22)
資源ごみ		280 (2)	75 (1)	478 (3)	26 (4)	3,342 (186)
その他ごみ		0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
粗大ごみ		0 (0)	0 (0)	746 (4)	16 (3)	680 (38)

※カッコ内数値は各項目値の計画収集人口一人当たり換算値（単位：g/人・日）

出典：平成 29 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

(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、生活系を表 2.2-4 に、また事業系を表 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都市は町田市、松山市、三春町となっているが、それらの都市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	直営or委託	直営／委託	委託	直営／委託	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	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・紙パック ・紙製容器包装	直営or委託	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	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	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	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	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	収集無し
	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	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	委託
	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：平成 29 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

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	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
事業系	可燃ごみ	直営or委託or許可 収集回数(回/週) 2 収集方式 各戸収集	直営/委託/許可 許可 不定期 各戸収集	収集無し — —	許可 不定期 その他	許可 不定期 各戸収集
	不燃ごみ	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 不定期 各戸収集	収集無し — —	許可 不定期 その他	許可 不定期 各戸収集
	紙・紙パック ・紙製容器包装	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 不定期 各戸収集	収集無し — —	許可 不定期 その他	許可 不定期 各戸収集
	金属類	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 — —	収集無し — —	許可 不定期 その他	許可 不定期 各戸収集
	ガラス類	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 不定期 各戸収集	収集無し — —	許可 不定期 その他	許可 不定期 各戸収集
	ペットボトル	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 不定期 各戸収集	収集無し — —	許可 不定期 その他	許可 不定期 各戸収集
	容器包装プラ ・白色トレイ	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 — —	収集無し — —	許可 不定期 その他	許可 不定期 各戸収集
	布類	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 不定期 各戸収集	収集無し — —	許可 不定期 その他	収集無し — —
	生ごみ	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 不定期 各戸収集	収集無し — —	収集無し — —	収集無し — —
	剪定枝	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 — —	収集無し — —	収集無し — —	収集無し — —
	その他のごみ	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 各戸収集	収集無し — —	許可 不定期 その他	許可 不定期 各戸収集
	粗大ごみ	直営or委託or許可 収集回数(回/月) — 収集方式 —	収集無し 許可 不定期 各戸収集	収集無し — —	許可 不定期 その他	収集無し — —

出典：平成 29 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

(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 1/4 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	24	7	11	17	9
ごみ 収集量 (生活系)	可燃ごみ 計	t/年	63,282	27,791	86,234	2,725	7,783
	直 営		16,622	0	29,659	0	0
	委 託		46,660	27,791	56,575	2,725	7,783
	許 可		0	0	0	0	0
	不燃ごみ 計	t/年	6,478	892	1,296	92	641
	直 営		20	0	147	0	0
	委 託		6,458	892	1,149	92	641
	許 可		0	0	0	0	0
	資源ごみ 計	t/年	15,086	3,411	23,785	1,255	1,956
	直 営		601	0	43	0	0
	委 託		14,485	3,411	23,742	1,255	1,956
	許 可		0	0	0	0	0
	その他ごみ 計	t/年	144	38	265	9	0
	直 営		0	0	265	9	0
	委 託		144	38	0	0	0
	許 可		0	0	0	0	0
	粗大ごみ 計	t/年	1,374	165	2,743	6	244
	直 営		0	0	2,683	6	0
	委 託		1,374	165	60	0	244
	許 可		0	0	0	0	0
ごみ 収集量 (事業系)	可燃ごみ 計	t/年	0	12,010	0	982	6,788
	直 営		0	0	0	0	0
	委 託		0	0	0	0	0
	許 可		0	12,010	0	982	6,788
	不燃ごみ 計	t/年	0	211	0	0	318
	直 営		0	0	0	0	0
	委 託		0	0	0	0	0
	許 可		0	211	0	0	318
	資源ごみ 計	t/年	0	0	0	0	3,115
	直 営		0	0	0	0	0
	委 託		0	0	0	0	0
	許 可		0	0	0	0	3,115
	その他ごみ 計	t/年	0	0	0	0	0
	直 営		0	0	0	0	0
	委 託		0	0	0	0	0
	許 可		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		0	0	0	0	0
	許 可		0	0	0	0	0
合計 運搬数量	直 営	t/年	17,243	0	32,797	15	0
	委 託		69,121	32,297	81,526	4,072	10,624
	許 可		0	12,221	0	982	10,221
従事職員数	技能職 (収集運搬)	人	93	0	107	0	0

出典：平成 29 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

(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

表 2.2-7 に、生活系可燃ごみ収集運搬量と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自治体は町田市と松山市の2市であるが、いずれも収集車1台・1日あたり運搬量は1.8t/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86,234tと最も多く、その他は順に、町田市が63,282t、三郷市が27,791t、石垣市が7,783t、三春町が2,725t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3割程度にあたる。

農村的地域である三春町、石垣市の収集車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可能性として考えられる。一方、町田市の委託については収集車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			t/年	63,282	27,791	86,234	2,725	7,783
直営				16,622	0	29,659	0	0
委託				46,660	27,791	56,575	2,725	7,783
収集車	直営	台	25	0	44	0	0	
		t	50	0	88	0	0	
	委託	台	136	37	81	9	17	
		t	302	84	206	28	24	
収集車1台・1日		直営	t/台・日	1.8	-	1.8	-	-
あたり運搬量		委託	t/台・日	0.9	2.1	1.9	0.8	1.3

出典：平成29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

(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、現在の町田リサイクル文化センターの老朽化に伴い、同センターの敷地内に、2022 年 1 月の稼働を目指して「熱回収施設等（仮）」の整備を実施中である。当該施設は、ごみ焼却施設、バイオガス化施設、不燃・粗大ごみ処理施設等が整備される予定となっている。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)	町田市町田リサイクル文化センター ※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] ※第二工場ごみ処理施設 [東埼玉資源環境組合]	松山市南グリーンセンター 松山市西グリーンセンター 松山市北条グリーンセンター (H29休止) 松山市中島グリーンセンター (H29実績なし)	※田村西部環境センター [田村広域行政組合] ※田村東部環境センター [田村広域行政組合]	石垣市グリーンセンター
粗大ごみ 処理施設	町田市町田リサイクル文化センター ※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	松山市グリーンセンター 松山市西グリーンセンター	※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 ※東京たまエコメント化施設 [東京たま広域資源循環組合]	三郷市不燃物処理場 ※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	町田リサイクル文化センター 資源分別作業所 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	町田リサイクル文化センター 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 ※第二最終処分場 (エコパーク吉川みどり) [東埼玉資源環境組合]	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]	－	－	－

出典：平成 29 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

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、特に収集運搬に係る課題とその対策方針について、各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

自治体	課題	対策方針等
町田市	ごみ処理費用が1.8万円/人と高額である。中間処理費用が全体の74%を占めており、ごみの減量が必要である。	・生ごみの発生抑制、資源化：生ごみ処理機の普及等 ・事業系ごみの発生抑制：事業者への情報提供 ・紙類の資源化 ・施設整備
三郷市	一人暮らし世帯や夫婦のみの世帯などの小規模世帯数の転入増や子供の独立による小規模世帯数の増加が予測される	・ごみの排出抑制・再資源化促進：ごみカレンダー配布、広報、集団資源回収等、生ごみ処理容器等購入費補助 ・使用済小型電子機器および廃食用油のイベント回収、資源化啓発 ・三郷市一般廃棄物不燃物処理場の更新
	事業系ごみのリサイクル促進：小規模の飲食店やファーストフード店、コンビニエンスストアなどで資源物が可燃ごみに混入するケースが多く見られる	・廃棄物の多量排出事業所に対し、廃棄物の適正分別、保管、処理について必要な措置を講じるよう指導を行い、ごみ減量の協力を求める
松山市	再資源化率のさらなる向上（国の廃棄物処理施設整備計画の再資源化率の目標に達していない）	・3Rの推進：広報、事業者へのパンフレット配布等 ・低炭素社会の形成と地域循環システムの推進 ・事業系一般廃棄物のさらなる減量：小規模事業者への啓発、現地確認等
	使用済小型電子機器等に使用されている金属等の回収を推進していく必要がある	・小型家電リサイクル法への対応促進 ・さらなる資源化のための分別体系（民間再資源化ルート等）の検討
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）
	ごみ処理の合理化・効率化	・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	生活系ごみ、事業系ごみの排出抑制（1人1日当たりのごみ排出量は沖縄県内11市の中で最も多い）	・生ごみ処理容器購入費の一部助成 ・ごみの排出抑制の普及啓発
	市民、事業者への意識啓発（分別徹底、排出ルール遵守）、アルミ缶等の抜き取りの防止	・広報誌、チラシによる啓発 ・違反ごみへの注意指導シール貼付、資源ごみ排出日パトロール
	焼却施設整備、最終処分場の長寿命化・整備	・ごみ減量対策 ・他市町の事例を参考として処理設備整備の検討をはかる ・廃プラスチック類の焼却処理、既存埋立ごみの掘り起こし・焼却処理を検討
	資源化への取り組み	・資源化対象品目の見直し（缶詰缶・スプレー缶、蛍光管、生ごみ・草木類） ・家電リサイクル法4品目の処分に伴う海上輸送費の一部助成

出典：町田市一般廃棄物処理実施計画
町田市一般廃棄物資源化基本計画アクションプラン
三郷市一般廃棄物処理基本計画
平成 31 年度三郷市一般廃棄物処理実施計画
松山市一般廃棄物処理基本計画
松山市一般廃棄物処理基本計画 平成 29 年度フォローアップ
田村広域行政組合：一般廃棄物処理基本計画について
石垣市一般廃棄物処理基本計画

(2) ヒアリングにより収集した課題

各自治体廃棄物部局担当者、収集運搬に直接携わる施設職員及び収集運搬委託事業者へのヒアリングより得られた、清掃事業、特に収集運搬に係る課題について抽出・整理した結果を表 2.3-2 に示す。ヒアリングは、収集運搬の低炭素化および作業効率化の向上に効果があると推定される方策の実施に伴う課題を聞き取り整理した。

表 2.3-2 現地関係者への清掃事業に係る課題のヒアリング結果

方策		課題の主体	課題
収集の速度アップ	夜間収集作業	住民側の課題	・足元が暗くて危ない ・夜間の外出は不安 ・騒音の問題 ・朝は出勤や登校のついでにごみを出せるが、夜間ではわざわざ出しに行く必要がある
		収集作業での課題	・深夜労働になり、コストアップ ・暗いため、不適正なごみの分別判定に時間を要する ・集積所での作業効率化の低下の可能性が高い
	集積所統廃合	住民側の課題	・集積所が遠くなり、ゴミ出しが困難になる住民が増える ・徒歩ではなく、自動車などによるゴミ出しが行われると、逆に二酸化炭素排出量の増加につながる
移動距離を最短にする収集方法	収集区間の効率的な分割	住民側の課題	・収集曜日、時刻が大きく変わる可能性があり、数か月間混乱が生じる
		収集作業での課題	・収集曜日、時刻の変更により、数か月間住民からのクレームが増える ・収集区間の分割、設定の作業が困難
	2チームによる収集	住民側の課題	・収集曜日、時刻が日によって変わる可能性があり、混乱を生じる ・収集作業での課題 ・収集漏れが生じる可能性がある ・収集曜日、時刻が日によって変わる可能性があり、住民からのクレームが発生する
焼却場に遠い集積所からの収集方法		住民側の課題	・収集曜日、時刻が日によって変わる可能性があり、混乱を生じる
		収集作業での課題	・収集曜日、時刻の変更により、数か月間住民からのクレームが増える ・作業効率化につながる可能性は低く、作業者に対する意識づけが困難
収集頻度の削減		住民側・収集作業の課題	最長 1 週間、ごみを家または集積所に保管することになるので、ごみの腐敗、カラスなどによる散乱の可能性が高くなる。ごみの腐敗や散乱防止のごみ集積所の構築が必要である。
坂の勾配を考慮した収集ルートを検討		収集作業の課題	作業の利便性、安全面、作業効率化が悪くなる場合がある。作業効率化と低炭素化の両方を考慮して、収集ルートの最適化を策定する支援ツールの構築が必要
ごみ袋の有料化		住民側・収集作業の課題	導入時に、住民の反発が予想されるが、ごみ排出量の削減で低炭素化を期待できる。
スマートごみ集積所の設置		住民側・収集作業の課題	・収集作業日時が一定にならないが、収集後の掃除が不要となる集積所でのごみの散らかしなどを防ぐ工夫ができれば有効となる。 ・一時的にごみを集積所に保管することになるので、ごみの腐敗、カラスなどによる散乱の可能性が高くなり、ごみの腐敗や散乱防止のごみ集積所の構築が必要である。 ・1 箇所の集積所のごみ排出量が増加して多く、周辺の集積所のごみ排出量が少ない場合、低炭素化および作業効率に結びつかない可能性があり、収集ルートの最適化を策定する支援ツールの構築が必要である。

(3) 課題の類型化

表 2.3-1 および表 2.3-2 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低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 2.3-3 に示す通りであり、本事業の収集運搬の効率化・低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 2.3-3 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、分別収集、ごみ袋有料化等の施策検討によるごみ処理全体の効率化	直接関連
再資源化率の向上	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	
ごみ回収効率の向上	収集運搬の効率化により向上が期待	
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	
ごみ分別・排出ルール啓発	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向上が期待	
先端的な ICT 等を活用した作業効率化・低炭素化	収集運搬の効率化のためのツールそのもの	
ごみ焼却処理量の増加	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. 現状把握及び課題の整理

3.1 基本情報の収集・整理

収集運搬作業における効率化および低炭素化を検討するために必要な基本情報のデータベース内容を表 3. 1-1 および表 3. 1-2 にまとめる。

図 3. 1-1～図 3. 1-3 にごみ集積所のデータベースの出力事例を示す。

① 走行ルート・ごみ集積所

現状の走行ルートおよびごみ集積所の資料を収集し、データベース化を行う。紙資料の場合は、電子化を行った。両データとも収集作業の効率化・低炭素化を検討・評価する際の基礎データになる。

ごみ集積所の収納方法については、カラス等による散乱したごみの収集・清掃などで収集作業量の増加を推定できる可能性があり、データ収集を行った。

また、机上では得られないごみ集積所や収集作業の状況を確認するために、収集車両を追跡し、観察を行った。

② 人口等

集積所に排出するごみ量を推定するための基礎データになる。ただし、国勢調査情報はメッシュ・大字単位データ（最小単位は 250m メッシュ）である。集積所に排出する人口を直接推定することはできず、課題となる。

③ 就労者

収集作業に従事している就労者の情報である。収集作業にかかわるコスト算定の基礎資料となる。

④ 走行データ

収集車両の走行データになる。作業単位ごとに、時刻、位置情報、速度、エンジン回転数などを詳細に記録し、作業時間、二酸化炭素排出量などを算定するための基礎データとなる。

⑤ 燃料給油

走行データでは、燃料消費量を算定することはできない。走行データから推定した燃料消費量・二酸化炭素排出量を燃料給油量により検証する。

⑥ 車両

燃料消費を走行データでは算定できないため、燃料消費にかかわるトルクなどの情報を車両カタログなどで収集する。

表 3.1-1 基本情報（走行データベース）

項目 (レイヤー名)	情報名称 (フィールド名)	データ内容	収集方法など	備考
走行データ	年月日時刻	年月日時刻	収集車両に設置した デジタルタコグラフおよ びドライブレコーダから の入力	
	位置情報	緯度経度		
	速度	時速		
	エンジン回転数	毎分回転数		
	加速度	X、Y、Z 方向		
	方向	0～359 度表示		
	外部入力チャンネル			
走行動画	年月日時刻	年月日時刻		
	動画	動画		

※デジタルタコグラフおよびドライブレコーダからメーカ製品の専用ソフトウェアを介して入手・インポート

表 3.1-2 基本情報（台帳情報データベース）

項目 (レイヤー名)	情報名称 (フィールド名)	データ内容	収集方法など	備考
集積所	位置情報	緯度経度	自治体・委託業者など で管理する紙資料 (一部電子データ)	
	収納方法	野積み、網掛け、ボックス等		
	収集日時	曜日、時刻		
	被害	カラスなどの出没の有無		
	分別	一般ごみ、不燃、資源ごみ、 粗大ごみ		
収集ルート	収集日時	曜日、時刻		
処理施設	位置情報	緯度経度		
	ごみの種類	可燃、不燃、資源など		
人口等	人口等	人口等	国政調査データ	メッシュ単位
	性別	性別		
	世帯数	世帯数		
	年齢構成	年齢構成		
就労者	就労者データ	就労者の年齢別構成	公開資料	
燃料給油	給油日	年月日	自治体・委託業者など で管理する紙資料	給油データを記 録していない場 合があり
	給油量	給油量		
車両	車両データ	トルクなど	自動車メーカが公開す るデータ等	
地形	ルートの傾斜	5 mDEM データなど	国土地理院データ	

※紙資料をもとに、電子化およびGIS データベースの作成

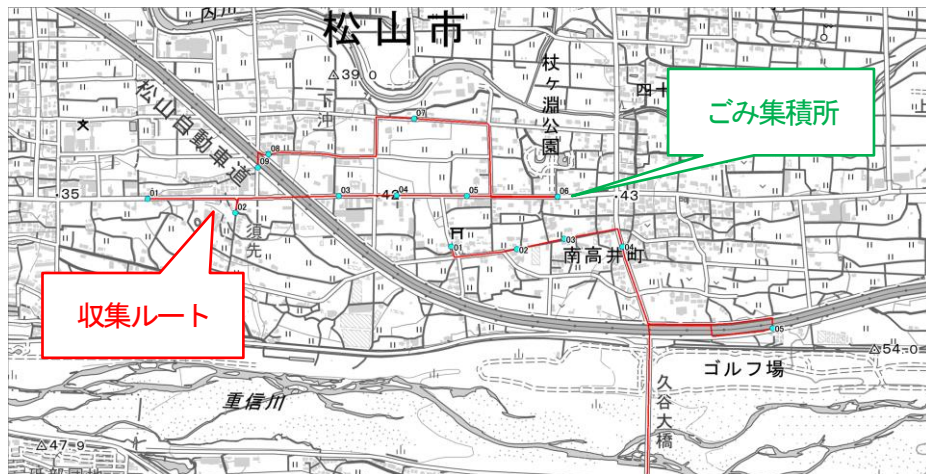


図 3.1-1 松山市の集積所・ルート位置図入力結果例（紙資料を電子化）

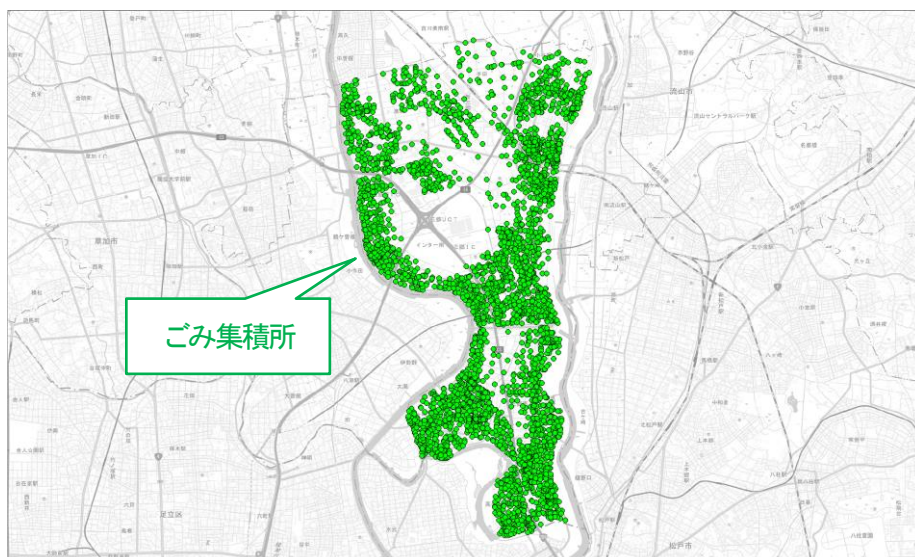


図 3.1-2 三郷市の集積所の位置図入力結果例（電子データを入力）

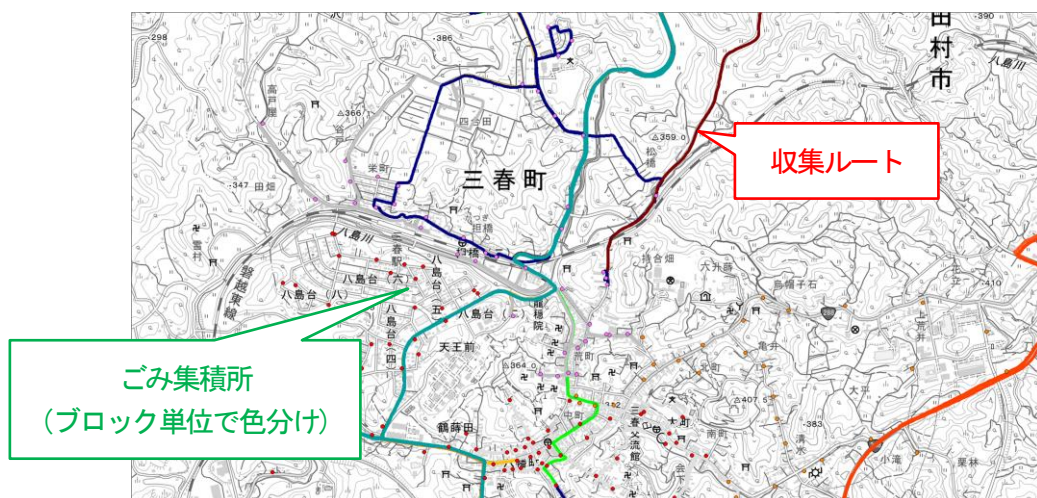


図 3.1-3 三郷町の集積所・ルート位置図入力結果例（紙資料を電子化）

3.2 低炭素化及び作業効率化の実現に向けた課題の抽出及び解決策の検討

2.3 で公開情報調査や調査対象団体などに対するヒアリング調査で、清掃事業における課題の整理、類型化を行った。類型化した課題の中で、ICT 技術を活用して収集運搬作業の効率化と経済性の向上、ひいては二酸化炭素排出量削減（低炭素化）の解決を支援するツールを検討した。

1) ごみ回収効率の向上

ごみ回収効率化は、再資源化率の向上などでごみ排出量が削減されることにより、ごみ収集回数を削減することができ、作業効率が向上する。また、収集運搬作業自体の効率化を向上することで、収集運搬作業にかかる作業時間が短縮でき、作業効率が向上する。本業務では、収集運搬作業効率化の支援ツールを検討した。

2) ごみ収集の利便性・経済性

ごみ収集作業は、決められた場所と時刻に到達して、ごみ収集を行う必要がある。決められた時刻に収集作業を行わないと、住民からのクレーム対応などで、作業効率化の低下につながる。ごみ排出量と収集車の積載量の関係で、集積所すべてを1回で回り切れずに、焼却場に運搬して再び収集区間に戻って、収集作業を行うこともある。ICT 技術とマッピング技術を活用して、収集車両の位置関係、収集できていない集積所の位置関係をリアルタイムに把握することで、作業効率と利便性が向上すると考える。

作業効率化と走行距離を削減することで、収集運搬作業にかかる人件費や消費燃料を削減することにより、経済性の向上が期待できる。

3) 先端的な ICT 等を活用した作業効率化・低炭素化

低炭素化及び作業効率化の実現に向けたて、ICT 技術を活用した3つの支援ツールを検討した。支援ツールの概要を表3.2-1に示す。

① 情報管理支援ツール

収集車の走行データ、時刻、位置、速度、エンジン回転数など、収集作業の時間、二酸化炭素排出量の算定に必要な情報を収集、蓄積を支援するツールである。

集積所、収集ルート、住民情報、地形情報など走行データを解析するうえで必要となる基礎データである情報を収集し、紙資料の場合は、電子化・データベース化を進める。

② 情報監視支援ツール

走行データなどは数値データであるので、数値データそのものだけでは、低炭素化、作業効率化に向けた判断が困難である。マッピング技術、解析技術を活用して、走行データから地図と時刻を軸とした分かりやすいデータ、図面、グラフなどに変換、解析して表示する支援ツールを構築する。

③ 最適化検討支援ツール

走行データを変換して分かりやすいデータ、図面、グラフなどだけではなく、判定解析技術、予測技術などを活用して、人間の思考・判断を手助けする支援ツールである。収集ルートの最短経路、燃料消費解析機能などである。

表3.2-1に示す支援ツールのうち、次の機能は本業務にて構築しており、4.2～4.3にまとめた。

(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
 - ④収集ルート検索支援ツール

表 3.2-1 に示す支援ツールのうち、次の機能は本業務にて構築していないため、7.2 にまとめた。

- (2) 情報監視支援ツール
 - ④収集・積載状況確認ツール
- (3) 最適化検討支援ツール
 - ②収集ブロック再編検討支援ツール
 - ③集積所統廃合検討支援ツール

表 3.2-1 支援ツールの概要

支援ツール名称	機能概要	備考
(1)情報管理支援ツール		
①走行データ収集ツール	・収集車の走行データ(位置、速度、エンジン回転数、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	・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、収集車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量、散乱状況、カラスの出没などを監視する機能	
④収集・積載状況確認ツール	・動画データから収集作業状況からごみ収集量、収集車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集積所統廃合検討支援ツール	・人口(性別・年齢)分布から排出されるごみ量の推定 ・推定したごみ量から集積所の箇所数と配置の検討を支援する機能	
④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	

4. 低炭素化および効率化の向上のための支援ツールの検討・構築

4.1 本業務にて構築した支援ツールの概要

3.2 にて記載した支援ツールのうち、調査対象自治体で仮運用するために必要な支援ツールを構築した。本業務で構築した支援ツールの概要について表 4.1-1 にまとめる。

表 4.1-1 構築した支援ツールの概要

支援ツール名称	構築した機能概要	備考
(1) 情報管理支援ツール		
(1) 走行データ収集ツール	・収集車の走行データ(位置、速度、エンジン回転数、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	・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、収集車の位置を表示する機能	
(2) 燃料消費量確認ツール	・走行データ(速度)を走行 DB からインポートして、速度データから二酸化炭素排出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	・蓄積した動画からカラスの出没などを認識する機能	
(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	

4.2 情報管理支援ツール

低炭素化および作業効率化について、調査対象自治体で得られた走行データを使用して、仮運用の実施を目的に、次のデータが必要である。そこで、情報管理支援ツールを構築して、収集、整備を行い、台帳情報データベース、走行データベースを構築した。

- ・ 走行データベース：走行データ、走行動画（表 3.1-1）
- ・ 台帳情報データベース：集積所、収集ルート、処理施設、燃料給油（表 3.1-2）

（1）走行データ収集ツール

作業効率化および低炭素化の解析・評価には収集車両の走行データが必要となる。車両の OBD 情報を取り出すデジタルタコグラフを収集車両に設置して、車両の速度やエンジン回転数、加速度などを 1 秒～1 分程度間隔で取得することができる。表 3.1-1 に示すデータを走行データベースに登録し、管理を行う。

機能概要	・ 収集車両に設置されている OBD から走行データ（位置、速度、エンジン回転数、加速度など）を収集する ・ GPS を使用して位置情報を取得すると、最適化検討支援ツールを活用し、収集作業の効率化を検討することが可能 ・ ドライブレコーダ（カメラ機能）と連携して、収集作業のエビデンス、集積所の状況などの取得が可能 ・ 収集した走行データをデータベース（走行データベース）に登録して管理する	
使用データ	走行データベース ・ 収集車両に設置されている OBD のデータ ・ GPS データ ・ ドライブレコーダ 台帳情報データベース ・ 数値地図（地理院タイル、Google Map など）	
出力・表示データ	・ 走行データ：時刻、速度、エンジン回転数、加速度など ・ 位置情報（GPS 機能必要） ・ 動画（ドライブレコーダ必要） ・ 出力データを専用のソフトウェアにより閲覧可能	
データ収集技術	・ デジタルタコグラフ ・ ドライブレコーダ	矢崎エナジーシステム製 DTG5/DTG7
位置特定技術	・ GPS 技術	
通信ネットワーク技術	・ LTE 通信技術	
データ集計・解析技術	・ GIS 技術	市販 GIS ソフトウェア
費用	・ デジタルタコグラフ：約 5 万～10 万円 ・ ドライブレコーダ：約 1 万～5 万円	
備考	・ 出力データの収集方法は、主に、通信回線を経由した自動収集、SD カードを利用した手動収集がある ・ 走行データを蓄積、閲覧などが行える機能があるソフトウェアも市販されている	

1) 走行データ収集ツールの候補

作業効率化および低炭素化の解析・評価には収集車両の走行データが必要となる。車両に設置されている OBD と連動することにより、車両の速度やエンジン回転数、加速度などを取得することができる。このため、OBD から情報を取得できるデジタルタコグラフを選定することとした。車両の運行における様々な情報を取得する機器として、表 4.2(1)-1 に示すデジタルタコグラフがある。図 4.2(1)-1 に支援ツールの構成図を示す。

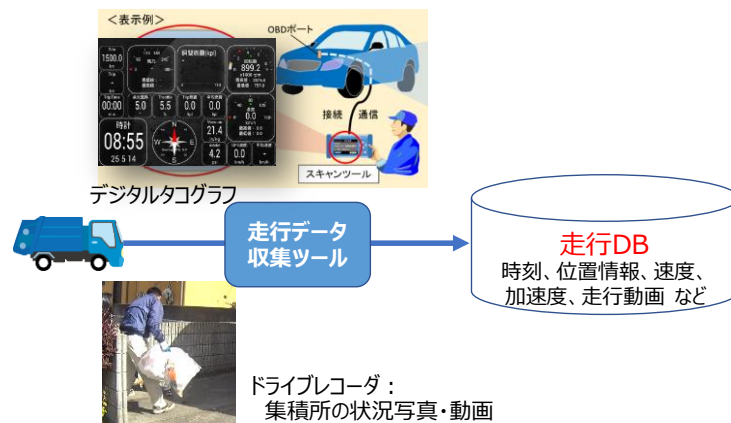


図 4.2(1)-1 走行データ収集ツールの構成図

デジタルタコグラフ、GPS、ドライブレコーダ、走行データベースから構成され、時刻、速度、エンジン回転数、加速度、動画などを収集し、蓄積・管理する。

表 4.2(1)-1 市販されているデジタルタコグラフ

メーカー名 (主な製品)	本体 参考価格 (税込)	動態 管理	日報 作成	安全運転 燃費管理	労務 管理	配送 管理	トラレコ 連携	温度 管理	クラウド 連携	国土省 認定番号
システック (ロジタコ)	¥50,000～	○	○	○	○	△	△	○	○	自TD2-32
トランスロン (DTS-D1D)	¥301,320～	○	○	○	○	×	○	△	○	自TD2-32
NPシステム開発 (NET-580)	¥98,000～	○	△	○	△	△	△	△	△	自TD2-49
矢崎エナジーシステム (DTG7)	¥183,600～	○	○	○	○	×	○	○	△	自TD2-53
デンソー (DN-magic PREMIUM)	¥200,880～	×	○	×	×	×	△	×	×	自TD2-53
HORIBA (DRT-750)	不明	○	○	○	×	×	×	×	△	自TD2-34
トランス・アイ (らくらく日報デジタコ)	¥92,124～	○	○	○	×	×	×	×	×	自TD2-81
あきは商会 (タコドラ)	不明	○	○	○	×	×	○	×	×	自TD2-28
ワーテックス (XDT-1)	¥55,000～	○	○	○	×	×	△	×	×	自TD2-52
データテック (SR Connect)	¥265,000～	×	×	×	×	×	○	△	○	自TD2-54
二葉計器 (GFIT)	¥180,000～	×	○	×	×	×	△	×	×	自TD2-39
クラリオン (CF2600A)	¥69,000～	×	×	×	×	×	×	×	×	自TD2-65
いすゞ自動車 (MIMAMORI)	¥110,970～	○	△	○	×	×	△	△	○	自TD2-44

※△はオプションにより対応可能

2) 実装機器調査

ごみ収集運搬作業時の二酸化炭素排出量および作業時間の現状を把握するために、デジタルタコグラフを収集車両に設置して、走行データとして車両診断データの収集を目的に実施した。

① 調査方法

車両には、速度、エンジン回転数、前後左右加速度などのさまざまな操作やセンサー情報を蓄積する OBD (車載式事故診断装置) が搭載されている。デジタルタコメータを収集車両に設置し、OBD から情報を取り出す。OBD には、位置情報が含まれていないため、GPS 技術を活用し位置情報と走行データをリンクしてデータを収集した。

② 機器の選定

デジタルタコメータの機器は既製品が多数あるが (表 4.2(1)-1)、下記の条件で選定した。

- ・ 収集作業では、集積所での作業が 1 分以内の場合があり、集積所間が近接し、移動時間も 1 分以内の場合であることから、サンプリング時間は、1 秒単位が必要
- ・ データ取得の方法として、収集作業に影響がないように、運転手に手間をかけないために、データ通信機能があり、自動オンオフ機能付きであること
- ・ 確実なデータ取得のために、収集車に実装実績のある機器

本業務において、上記の条件を満たす機器の一つである矢崎エナジーシステム株式会社製のデジタルタコグラフ 5 およびデジタルタコグラフ 7 を使用した (図 4.2(1)-2)。デジタルタコグラフの設置状況を図 4.2(1)-3 に示す。

これらをごみ収集車両に設置し、インターネットを経由した走行データ収集ツールを図 4.2(1)-4 に示す。走行位置および履歴、走行位置、日報記録など様々な機能を持っているため、本ツールだけでもかなりの情報を管理することができる。

設置した台数を表 4.2(1)-2 に、設置した主な収集車の仕様を表 4.2(1)-3 に示す。



図 4.2(1)-2 本業務において採用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>

<http://www.yazaki-keiso.com/product/dtg7.html>



図 4.2(1)-3 デジタルタコグラフの設置状況

表 4.2(1)-2 デジタルタコグラフの設置車両台数

市町名	ごみ収集車種類・台数	備考
町田市	資源ごみ: 33 台	委託業者のみ (2月 10 日～3月 21 日間のデータ取得中)
三郷市	可燃ごみ: 6 台 資源ごみ: 1 台	委託業者のみ(3月中旬からデータ取得予定)
松山市	可燃ごみ: 37 台 資源ごみ: 10 台	直営 : 12 台(可燃ごみのみ・データ収集中) 委託業者: 35 台(3月上旬からデータ取得予定)
三春町	可燃ごみ: 8 台	委託業者のみ(3月下旬からデータ取得中)
設置合計	可燃ごみ: 51 台 資源ごみ: 47 台	



時間帯別で急発進・急加速、ヒヤリハットの回数を確認できます。早朝、深夜等時間帯による運転の傾向がつかめます。

速度およびエンジン回転より使用したギアの段数を算出、散布図やグラフで乗務員様ごとの運転傾向を把握できます。

指定した運行データを比較することが出来ます。例えば安全運転講習受講後・受講前で比較し変化点の確認する等に活用頂けます。

図 4.2(1)-4 走行データ収集ツール（走行データ表示）の例

出典：矢崎エナジーシステム株式会社ホームページ

<http://yazaki-keiso.com/solution/safety/diagnosis.html>

表 4.2(1)-3 設置した主な収集車の仕様

メーカー	型式	最大積載量(kg)	車両重量(kg)	燃費	燃費(環境仕様)	トルク(単位)
いすゞ	2PG-NKR88YN	3,400	4,430			
いすゞ	2RG-NMR88N	3,000	4,270	10.6km/l	重量車モード燃費値	375N・m(38.2kgf・m)/1280-2880rpm
いすゞ	SKG-NKR85YN	3,450	4,380	7.3km/l	燃費値	38.2kgf・m(375N・m)/1400~2800rpm
いすゞ	TKG-FRR90S2	2,100	5,700	7.3km/単位燃料	重量車モード	154N・m(210kgf・m)/2400rpm
いすゞ	TKG-NKR85YN	3,450	4,370	2km/l	10モード/10・15モード燃費	38.2kgf・m(375N・m)/1400~2800rpm
いすゞ	TPG-NMR85N	2,000	4,280			
日野	2KG-FC2ABA	1,900	5,930	7.3~7.6km/l	燃費値	706~794(N-m)
日野	2KG-XZU600F	3,850	4,480	7.3~7.4km/l	燃費値	440(N-m)
日野	TDG-XZU710M	2,650	5,210	2km/l	10モード/10・15モード燃費	49.0kgf・m(480N・m)/1400rpm
日野	TKG-FC9JEAA	1,800	6,030			637N・m(65.0kgf・m)/1500rpm
日野	TKG-XZU600E	2,750	3,970	9.6km/l	燃費値	43.0kgf・m(420N・m)/1400rpm
日野	TKG-XZU600F	3,550	4,260	8.2km/l	燃費値	420(N-m)
日野	TKG-XZU600X	2,000	4,000	10.4km/l	燃費値	390~420(N-m)
日野	TKG-XZU602F	3,100	4,240	8.2km/l	燃費値	420(N-m)
日野	TKG-XZU700M	3,000	4,640	2km/l	10モード/10・15モード燃費	40.0kgf・m(390N・m)/1400rpm
三菱	2PG-FEA VO	2,600	4,150	10.4~11.2km/l	重量車モード燃費値(ISS 無)	430N・m(43.8kgf・m)/1600-2440rpm
三菱	PDG-FE73DY	3,500	4,020	6.80~7.60km/l	燃費値	441(N-m)
三菱	TKG-FEB90	2,900	4,970	7.6~8.4km/l	燃費値	430(N-m)
三菱	TPG-FEA80	2,900	4,340	8.6km/l	燃費値	370(N-m)

③ 走行データベースの作成

デジタルタコグラフで収集した走行データのデータベース化を行った。データベースの仕様（表 4.2(1)-4）を示す。ただし、低炭素化および作業効率化の評価を行うためには、年月日、時刻、位置、速度、エンジン回転数、加速度、移動距離のデータは必要と考える。

表 4.2(1)-4 走行データのデータベース仕様

データ	仕様	備考
年月日	年4桁、月2桁、秒2桁	必須データ
時刻	時刻、分、秒	必須データ(秒単位の精度が望ましいが、分単位でも可能)
位置(緯度)	10 進表示	必須データ
位置(経度)	10 進表示	必須データ
方位	0～359 度表示	
エンジン回転数	毎分回転数	必須データ
速度	時速	必須データ
移動距離:総移動距離	メートル単位	必須データ
加速度	X、Y、Z 方向	
外部入力チャンネル		外部センサーのデータ入力

収集したデータのサンプルを表 4.2(1)-5 に示す。

表 4.2(1)-5 走行データのサンプル

緯度	経度	方向	測位	回転数	速度	移動距離(i)	総移動距離	GセンサX	GセンサY	GセンサZ
		132	4	2350	23	3	34	0.21	-0.23	0.05
		148	4	2450	24	3	37	0.17	-0.23	-0.08
		148	4	1950	23	3	40	-0.05	-0.13	0.17
		153	4	1450	22	3	43	0.2	-0.17	0.05
		153	4	1300	22	4	47	0.25	-0.22	0.43
		155	4	1300	23	3	50	0.15	-0.22	-0.27
		155	4	1300	24	3	53	0.19	-0.14	-0.09
		156	4	1400	25	4	57	0.18	-0.1	0.16
		156	4	1450	26	3	60	0.23	-0.15	0.14
		156	4	1450	27	4	64	0.18	-0.22	0.1
		156	4	1550	28	4	68	0.26	-0.26	0.18
		156	4	1550	28	4	72	0.19	-0.24	0.07
		156	4	1550	28	3	75	0.11	-0.13	0.09
		156	4	1450	26	4	79	0.04	-0.16	-0.14

④ 走行データの可視化

収集した走行データのサンプルデータを使用して、可視化の事例を示す。

- ① 収集車両の走行ルート的事例（図 4.5(1)-1～図 4.5(1)-4）
走行データの位置データを使用して、地図上に走行ルートを表示した事例である。
- ② 収集運搬作業のタイムライン的事例（図 4.5(1)-5～図 4.5(1)-7）
走行データの時刻、位置データおよび集積所の位置データを使用して、移動区間、収集区間を分別し、収集作業のタイムラインを分析し、可視化を行った事例である。
- ③ 収集車両速度の変動の事例（図 4.5(1)-8、図 4.5(1)-9）
走行データの速度データを使用して、走行ルート上の速度データを可視化した事例である。
- ④ 収集車両のエンジン回転数の変動の事例（図 4.5(1)-10、図 4.5(1)-11）
走行データのエンジン回転数データを使用して、走行ルート上のエンジン回転数データを可視化した事例である。

(2) 維持管理データ更新ツール

ごみ収集作業にかかわる資料（表 3.1-2 に示す項目）を収集作業従事者（自治体・委託業者）から収集し、電子化、台帳情報データベースを作成し、更新される台帳情報を閲覧、入力、修正を行える支援ツールである。市販の GIS データベースなどを使用して構築する。本業務では、応用地質株式会社の既設商品である MAGIS を使用して、構築した。台帳情報は、低炭素化、作業効率化の検討の際に基礎データとなる。

機能概要	- 収集作業にかかわる台帳情報を管理、閲覧、編集する機能 - 構築した台帳情報データベースの入力情報の更新を支援するツール	
使用データ	台帳情報データベース - 台帳情報で、日常業務を実施するうえで変更になった項目、下記情報の位置情報、属性情報 ➤ 集積所（紙資料・電子データ）：位置、ごみ種別、集積形態、収集曜日・時刻、排出口、世帯など ➤ 収集ルート（紙資料・電子データ）：位置 ➤ 収集ブロック（紙資料・電子データ）：位置 ➤ 人口統計（電子データ） 台帳情報データベース ➤ 数値地図（地理院タイル、Google Map など）	
出力・表示データ	- 入力したデータを地図上に表示 - 業務管理支援ツールへのインプットデータ	
データ集計・解析技術	- GIS 技術 - 空間情報電子化技術	市販 GIS ソフトウェア
備考	既存 GIS ソフトウェアの活用	

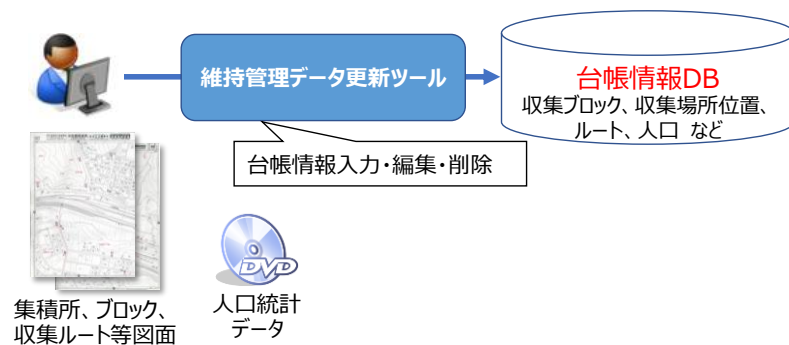


図 4.2 (2)-1 維持管理データ更新ツールの構成図

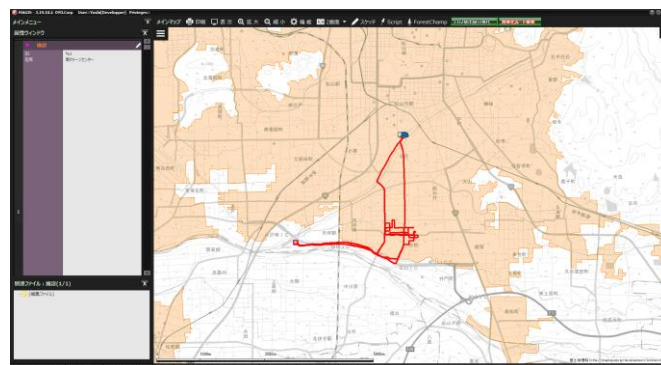


図 4.2 (2)-2 維持管理データ更新ツールの操作画面

(3) 業務管理支援ツール

走行データ収集ツールで収集した走行データ（走行データベース）を集計・編集し、走行状況（走行距離に対しての速度、エンジン回転数）などをグラフ化、安全運転・エコドライブなどの運行評価、作業日報作成・出力などの運行管理を行うことができる。

デジタルタコグラフを作成しているメーカーが、独自で開発したソフトウェアが販売されている。

市販の業務管理支援ツールの事例として、矢崎エナジーシステム製「ESTRA-Web」の機能・画面サンプルを示す。ESTRA-Web を使うと、取得したデータから様々な情報を取得することができる。走行位置および履歴、走行位置、日報記録など様々な機能を持っているため、本システムだけでもかなりの情報を管理することができる。

ESTRA-Web の機能を以下に示す。

機能概要	・ 届出届書類等の帳票出力機能 ・ 運転比較 ・ 安全運転診断 ・ 省エネ診断	
使用データ	走行データベース ・ 走行データベース（走行データ収集ツールで収集した走行データ） ・ 維持管理データ更新ツールで管理する台帳情報 台帳情報データベース ・ 数値地図（地理院タイル、Google Map など）	
出力・表示データ	・ 入力したデータの表示 ・ 日報、安全管理・エコドライブ等運行状況データ、資料 ・ 最適化検討支援ツールへのインプットデータ	
データベース技術	・ 走行データベース	矢崎エナジーシステム製 ESTRA-Web
データ集計・解析技術	・ GIS 技術 ・ データ集計、解析、評価技術	
費用	ソフトウェア価格：無償（デジタルタコグラフに標準装備）～約5万円	
備考	・ 市販のデジタルタコグラフを管理するシステムの利用 ・ 既存 GIS ソフトウェアの活用し、機能カスタマイズ	

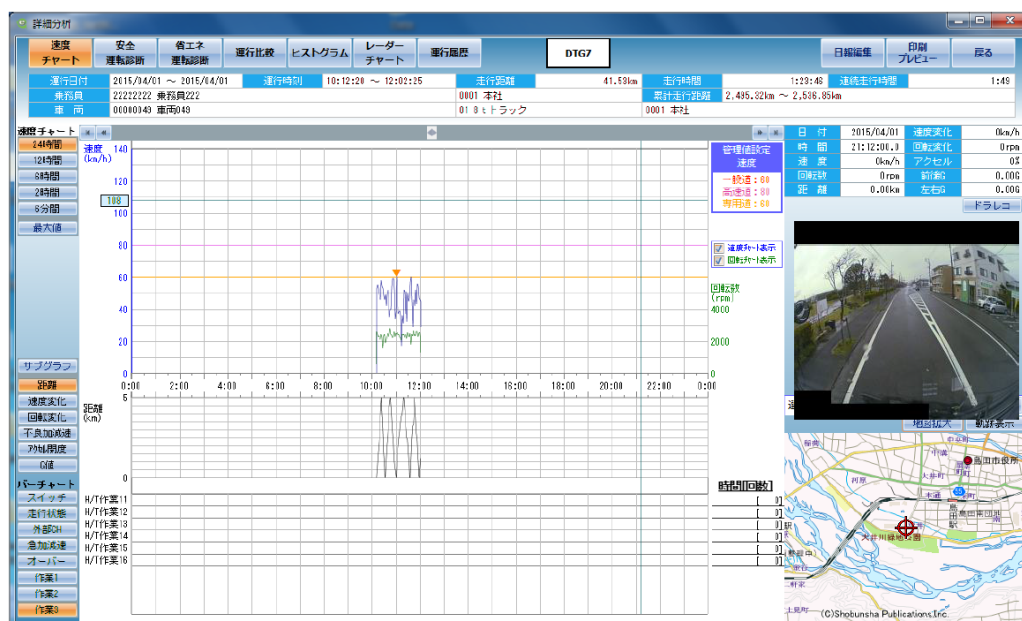


図 4. 2 (3) -1 ESTRA-Web 画面の例

① 様々な帳票出力機能

走行データより様々な帳票を出力することができる。

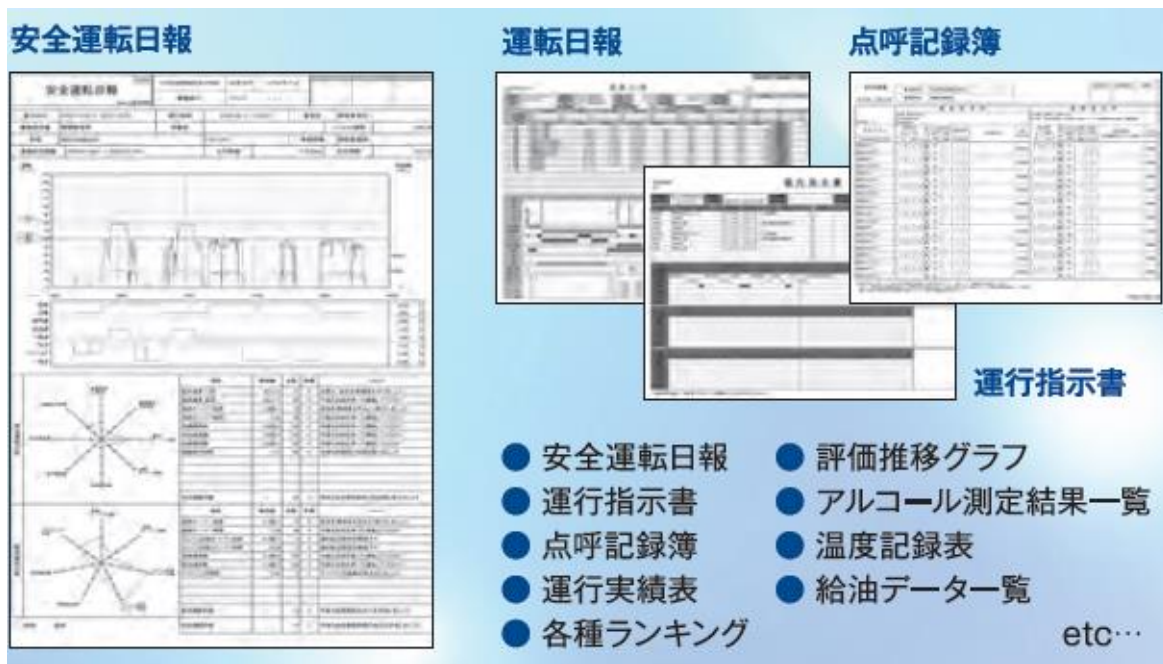


図 4.2(3)-2 帳票出力機能

安全運転日報、運転日報など日常管理書類、届出書類等の作成・出力

② 運転比較

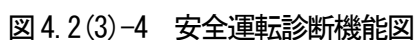
過去の運行と比較が可能となる。サーバに蓄積された走行データを比較し、分析が可能である。



図 4.2(3)-3 運転比較機能図

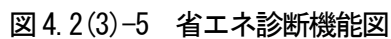
- [1] 該当運行情報
- [2] 検索条件
- [3] 検索
- [4] 検索結果
- [5] 検索結果運行切替
- [6] 比較運行データ
- [7] イベント表示切替

急加速、ヒヤリハットの分析を行うことができる。



- [1] ゆっくり発進/安全停止
- [2] ヒヤリハット一覧
- [3] 棒グラフ

速度帯別のギア使用頻度分布図を表示し、空ぶかしなどの分析を行うことができる。



- [1] 散布図
- [2] 速度帯別使用ギア頻度
- [3] 使用ギア頻度グラフ

4.3 情報監視支援ツール

(1) 車両位置確認ツール

走行データ（位置情報）を時間経過とともに地図上に表示する機能である。

本業務で収集した車両の走行データを活用する方法として、ある時刻における車両の位置を確認するためのツールを構築することとした。本ツールは、同じ時刻に走行する車両を一元的に表示することで、どの車両がどこにいるのか（いたのか）を把握することができるものである。

図 4.3(1)-1 に構成図、図 4.3(1)-2 に車両位置確認ツールのイメージ図を示す。車両位置情報を示す地図画面（GIS 画面）およびその諸元を示す情報表示ウインドウ、縦断面図情報ウインドウで構成される。

機能概要	・ 走行 DB から走行データ（緯度経度）をインポートして、平面地図や地形断面図上と連動して、収集車の位置を表示・可視化する機能	
使用データ	走行データベース ・ 走行データ（時刻、位置情報） 台帳情報データベース ・ 数値地図（地理院タイル、Google Map など）	
出力・表示データ	・ 車両位置を平面地図上、地形断面図上で連携して表示・可視化（アニメーション機能） ・ 移動区間、収集区間等のタイムライン、作業効率化の基礎データ出力	
データ集計・解析技術	・ 時刻情報、位置情報のリンク技術 ・ GIS 技術 ・ 地形移動区間、収集区間等のタイムライン、作業効率化の解析	市販 GIS ソフトウェア
可視化技術	・ 車両位置を平面地図上、地形断面図上で連携して表示・可視化（アニメーション機能）	
備考		

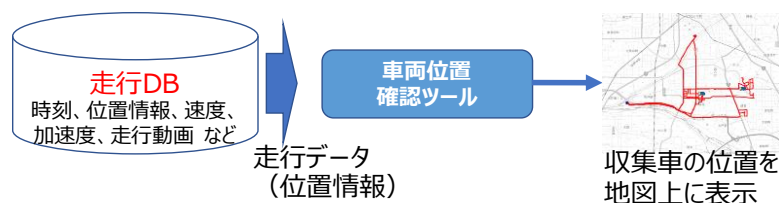


図 4.3(1)-1 車両位置確認ツールの構成図

「走行データ収集ツール」で収集した走行データベースの車両の位置情報を使用して、平面図と断面図上に示す



図 4.3(1)-2 車両位置確認ツールのイメージ図
「燃料消費量確認ツール」と連動する機能

1) 構築手順

① 計算手法

時々刻々と移動する収集車両の位置については、本業務にて採用した矢崎エナジーシステム製のデジタコで取得した走行データ中に記録される「速度」、「距離」が分かる。この情報を用いて、時刻ごとの車両位置を表示することとした。

また、車両の走行時には、標高（勾配）も重要な要素であると考えられることから、読み込む走行データの位置情報を利用して、国土地理院から配信されている標高タイル (<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html#dem>) を取得し、車両位置の標高を取得することとした。

同時に 5.1(1)3)に記載した平均旅行速度別原単位を用いた二酸化炭素排出量等を算定式を用いて計算することとした。

本来であれば、リアルタイムで走行データを取得し、リアルタイムでそれぞれの情報をアウトプットすることが好ましいが、矢崎エナジーシステム製ドラレコデータからリアルタイムで走行データを取得することができないため、一度、矢崎のシステムから走行データをダウンロードし、その走行データを使って計算することとした。

② 画面構成設計

前述の検討結果を表現するための画面設計を行った。

必要な項目としては、GIS 上に表現される車両の位置情報および軌跡（図 4.3(1)-3 参照）、走行データ読み込みインターフェイス、読み込み後に表示する各種情報（収集開始時間、終了時間、車両コード、総移動距離、二酸化炭素排出量、累計二酸化炭素排出量）、アニメーションインターフェイス（図 4.3(1)-4 参照）である。

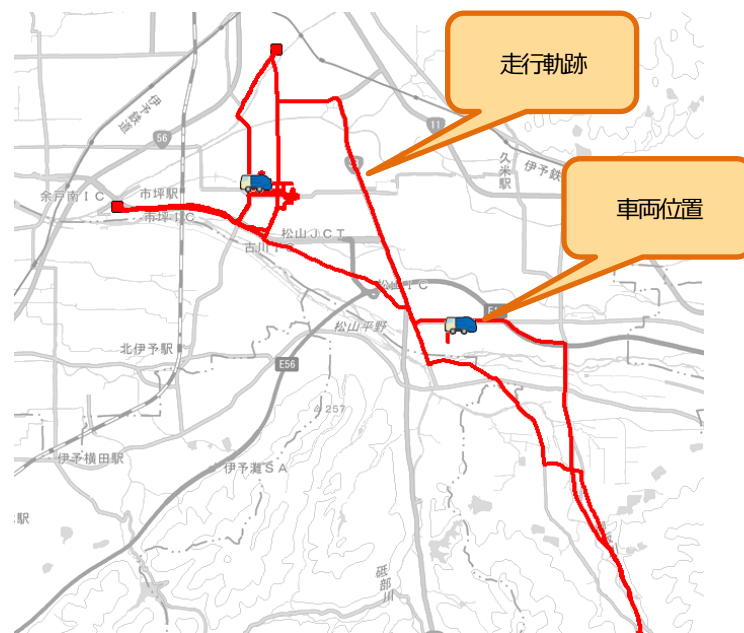


図 4.3(1)-3 車両位置情報表示と走行軌跡表現画面



図 4.3(1)-4 アニメーションインターフェイスの画面デザイン

また、標高表示ボタンをクリックすることで、断面図を描画する。このとき、同じ図中に時刻ごとの二酸化炭素排出量をグラフ化して表示できるような画面を設計した（図 4.3(1)-5）。

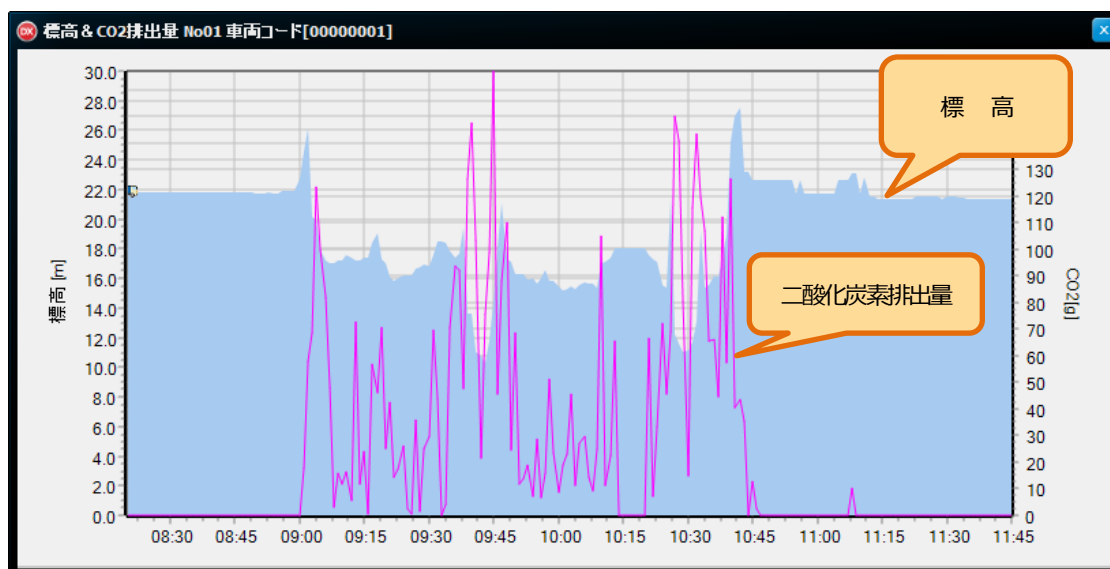


図 4.3(1)-5 標高データ表示（時刻断面図）と二酸化炭素排出量の表示デザイン

③実装

機能構築にあたって、地図表示するための GIS エンジンとして応用地質株式会社が構築した「MAGIS」という GIS エンジンを採用した。この GIS は国の機関や自治体などでも活用されている GIS であり、簡単なインターフェイス、容易なカスタマイズと優れた点を持つものである。

2) 適用結果

これらの結果、図 4.3(1)-6～図 4.3(1)-8 のような画面表示にて車両位置、二酸化炭素排出量をはじめとした情報の確認画面が完成した。実際のデータを読み込み、アニメーションをスタートさせると、下図のような表示を行うことができる。

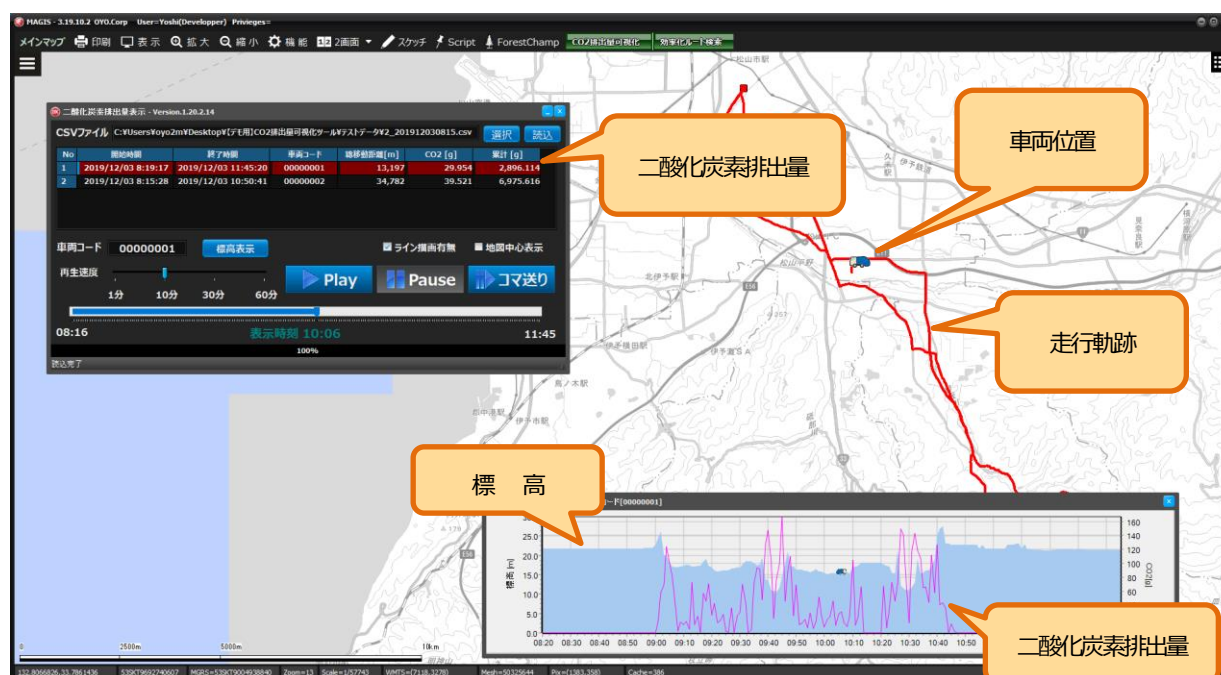


図 4.3(1)-6 システム画面表示（松山市の事例）

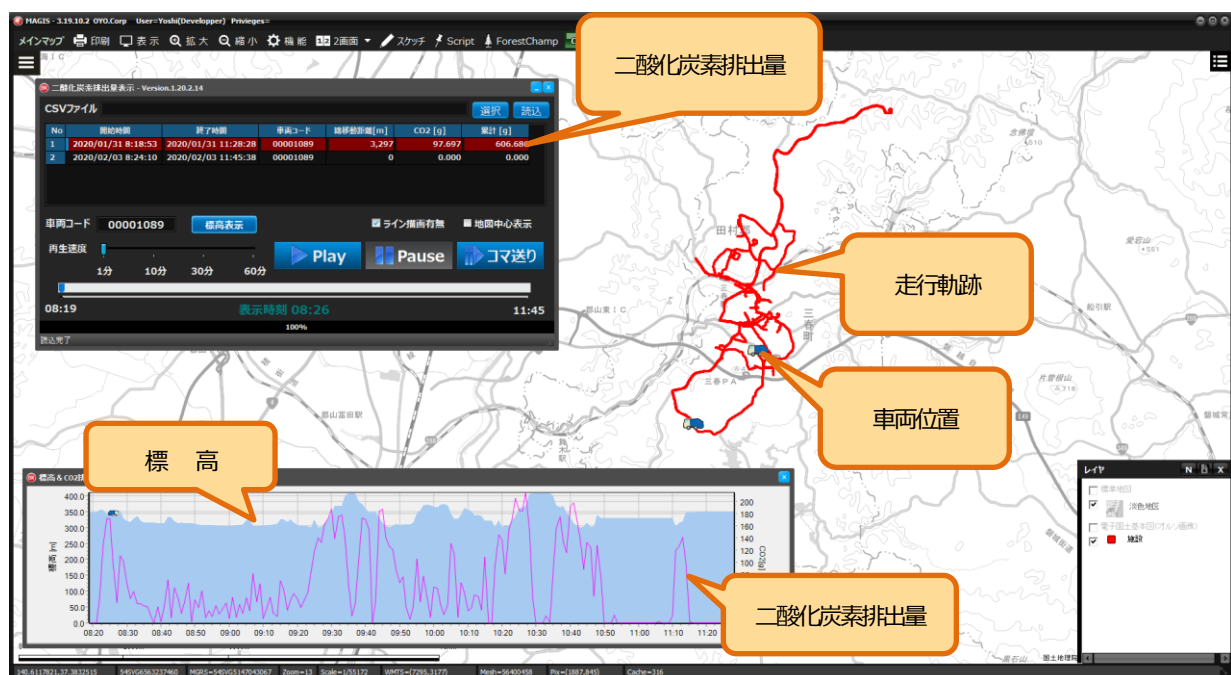


図 4.3(1)-7 システム画面表示（三春町の事例）

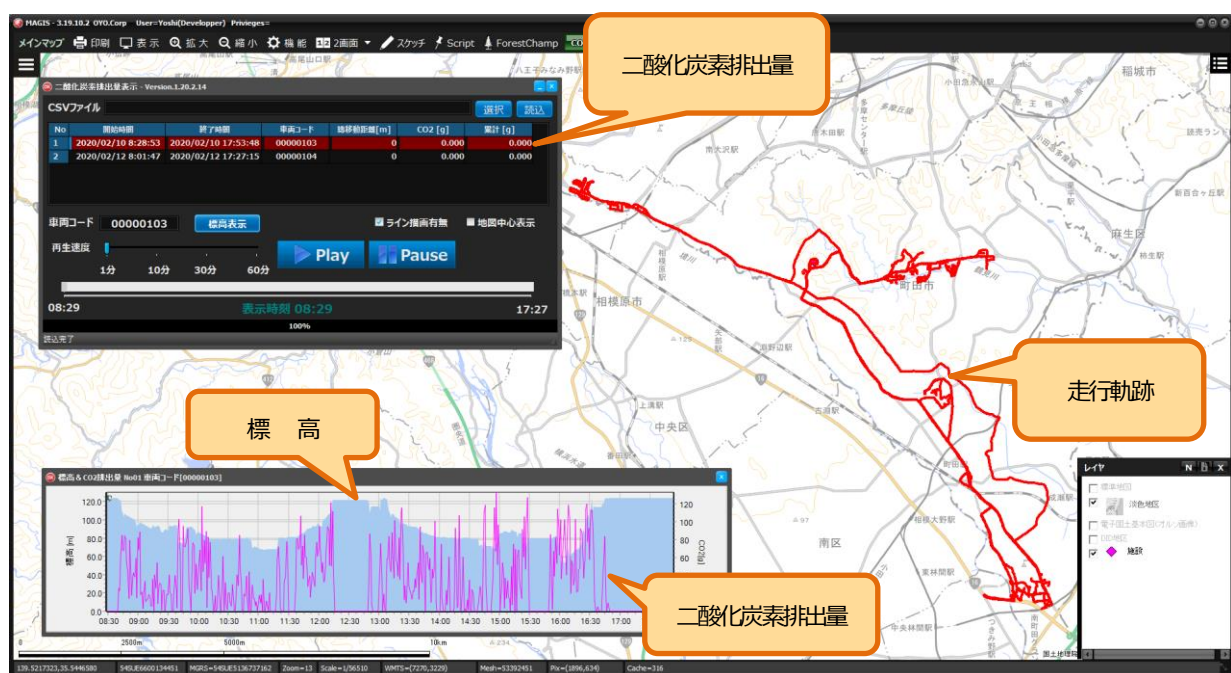


図 4.3(1)-8 システム画面表示（町田市の事例）

3) 構築に対する知見・課題

複数の車両走行データ DB のデータを読み込むことで、各車両の走行状況を確認することができるツールを構築することができた。時々刻々と変化する二酸化炭素排出量（時間ごと、累積）が見える化をすることができた。

本ツールを利用することで車両の走行分布を把握することができる。

ただし、以下の事項が課題である。

入力データは、矢崎エナジーシステムのデジタルタコグラフより集約された1秒ごとのデータを読み込むため、データレコード数はかなり多いものとなる。このため、特に標高データの取得においてインターネットを介したデータ取得を行うと時間を要する。これには標高データをクライアント PC 内のデータベースに格納することで利便性が上がるものと思われる。

本ツールを利用するユーザは自治体職員を想定している。クライアント PC のスペックは高スペックとは言えないため、走行分布をアニメーションした際の負荷が大きくなる可能性が高い。このため、任意の時間間隔で間引き表示するなどの処理を追加する必要があると思われる。

本業務においては一度収集した走行データを読み込むことで見える化をしたが、リアルタイムでの車両走行状況が把握できることが望まれる。本業務にて採用したドラレコから直接データを読み込むことができないか、他社製品を採用した際にそのデータを読み込むことができないかを検討する必要がある。

(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を、時間経過、走行位置などと連携して表示する機能である。

ごみ収集事業に関する低炭素化を検討するには、車両が排出する二酸化炭素排出量を把握することが重要である。車両に取り付けたデジタルタコグラフから取得できるデータは、速度、エンジン回転数などの走行データである。走行データの情報を活用することで、6.2(1)に記載した二酸化炭素排出量を算出することとした。図 4.3(2)-1 に構成図を示す。

本ツールは、走行データから取得する緯度経度、時刻を活用するため、前記述の 4.3(1)の車両位置確認ツールと連動することとした（図 4.3(2)-2）。

機能概要	燃料消費量解析ツールで算定した二酸化炭素排出量を時間や位置情報と合わせて表示する機能	
使用データ	走行データベース - 位置情報 - 走行データ（速度） 台帳情報データベース - 数値地図（地理院タイル、Google Map など）	
出力・表示データ	- 収集車の位置情報 - 二酸化炭素排出量を、平面地図上、地形断面図上で連携して表示（アニメーション機能）	
データ集計・解析技術	- GIS 技術 - 時刻情報、位置情報のリンク技術	市販 GIS ソフトウェア
可視化技術	- 収集車の位置情報 - 二酸化炭素排出量を、平面地図上、地形断面図上で連携して表示（アニメーション機能）	
備考	本業務では走行データから二酸化炭素排出量を算定する支援ツールを構築済み	

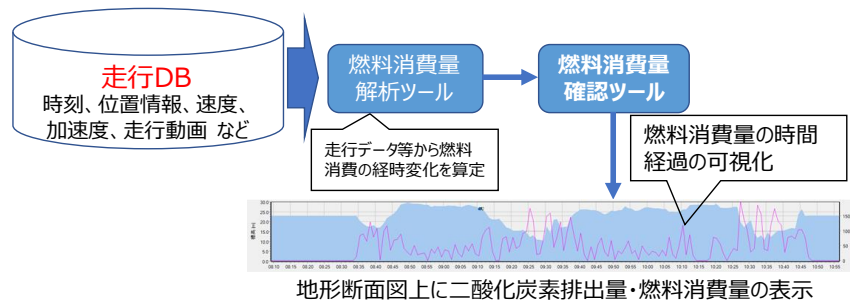


図 4.3(2)-1 燃料消費量確認ツールの構成図



図 4.3(2)-2 燃料消費量確認ツールのイメージ図
「車両位置確認ツール」と連動する機能

1) 構築手順

① 計算手法

本業務にて使用した矢崎エナジーシステム製のデジタルタコメータで取得した走行データから「速度」、「距離」が分かる。この情報を使い、5.1(1)4)に記載した二酸化炭素排出量計算式を用いて計算することとした。これにより、その時刻における二酸化炭素排出量が計算できる。

② 画面構成設計

読み込んだ走行データに対して、時刻単位での二酸化炭素排出量および累計排出量を出力する。また、GIS上でその時刻での車両位置を把握する、アニメーション表示するためのインターフェイスをつけることとした（図 4.3(2)-3）。



図 4.3(2)-3 アニメーションインターフェイスの画面デザイン

③ 実装

機能構築にあたって、地図表示するための GIS エンジンとして応用地質株式会社が構築した「MAGIS」という GIS エンジンを採用した。この GIS は国の機関や自治体などでも活用されている GIS であり、簡単なインターフェイス、容易なカスタマイズと優れた点を持つものである。

2) 適用結果

これらの結果、図 4.3(2)-4～図 4.3(2)-5 のような画面表示にて車両位置、二酸化炭素排出量をはじめとした情報の確認画面を構築した。実際のデータを読み込み、アニメーションをスタートさせると、図 4.3(2)-4～図 4.3(2)-5 のように、平面図と断面図上で時間経過とともに車両を動かして表示をすることができる。

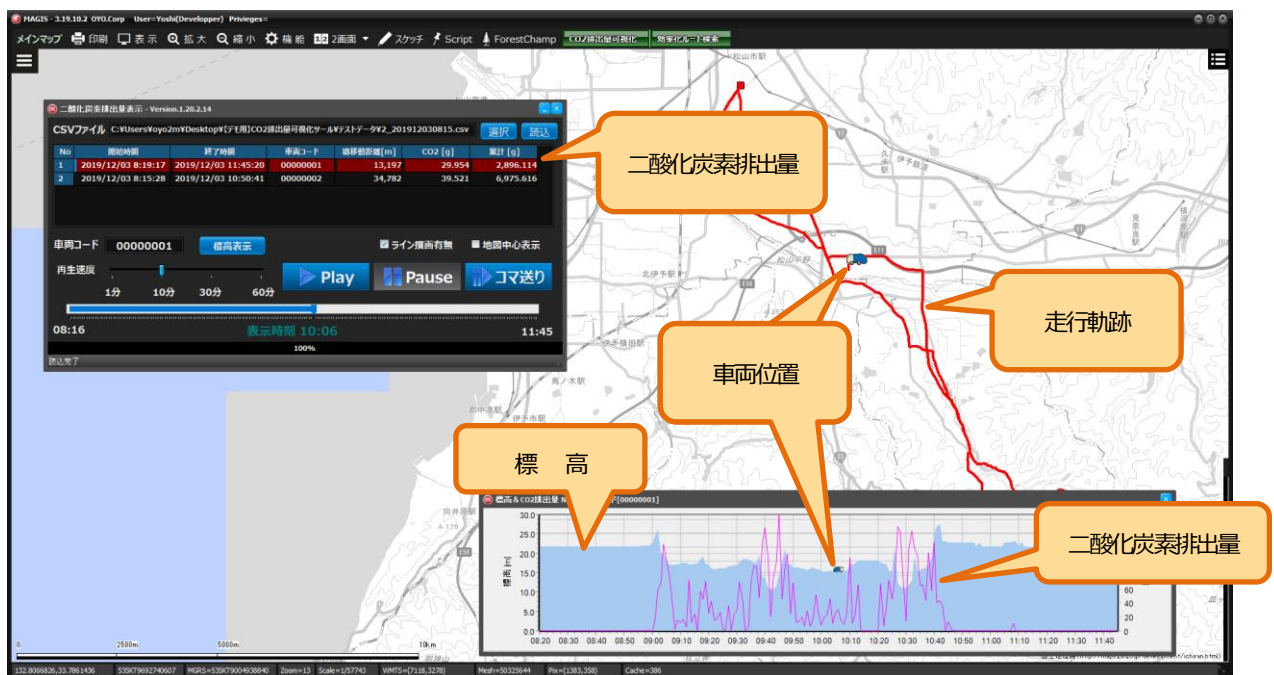


図 4.3(2)-4 システム画面表示（松山市の例）



図 4.3(2)-5 システム画面表示（三春町の例）

3) 構築に対する知見・課題

複数の車両走行データ DB のデータを読み込むことで、各車両の走行状況を確認することができるツールを構築することができた。時々刻々と変化する二酸化炭素排出量（時間ごと、累積）の見える化をすることができた。

二酸化炭素排出量から燃費消費量に変え、経済性を説くことができるようなものにする必要がある。

(3) 集積所状況確認ツール

ドライブレコーダで収集した画像を、ごみ量、ごみの散乱、カラス等の鳥獣の出現など集積場の状況を解析し、解析結果を蓄積、管理する機能である。

ごみ収集車に取り付けられたドライブレコーダ映像はリアルタイムにごみ集積所の状況を把握することができる重要な情報である。例えば、集積所のごみの量やごみ散乱状況、カラスなどの被害などをリアルタイムで把握することができれば、非効率化となりうる集積所の傾向が分析できるようになるはずである。

また、例えば集積所に定点カメラといった装置を設置し、集積所の状況をリアルタイムで監視し、非効率的な要因を監視できる。

これらの判定を行うためには、AI を活用した画像認識技術を活用できる。

そこで本業務においては上述したツールを構築するにあたって重要な、画像認識を行うこととし、まず「カラスの認識」を行った。

図 4.3(3)-1 はツールの構成イメージである。収集車に取り付けられたドライブレコーダの映像情報を画像認識プログラムに渡し、判定した時間、位置情報に紐づけることで集積所情報をまとめるものである。

機能概要	・ 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、集積所のごみ量、ごみ散乱状況、カラスの出没などを抽出・監視する機能 ・ 位置情報から集積所の特定	
使用データ	走行データベース ・ ドライブレコーダの動画 ・ 位置情報 台帳情報データベース ・ 数値地図（地理院タイル、Google Map など）	
出力・表示データ	・ 集積所の特定 ・ 集積所のごみ量、ごみ散乱状況、カラスの出没など	
データ集計・解析技術	・ GIS 技術	市販 GIS ソフトウェア
	・ AI 技術を活用した画像認識技術	OpenCV
備考		

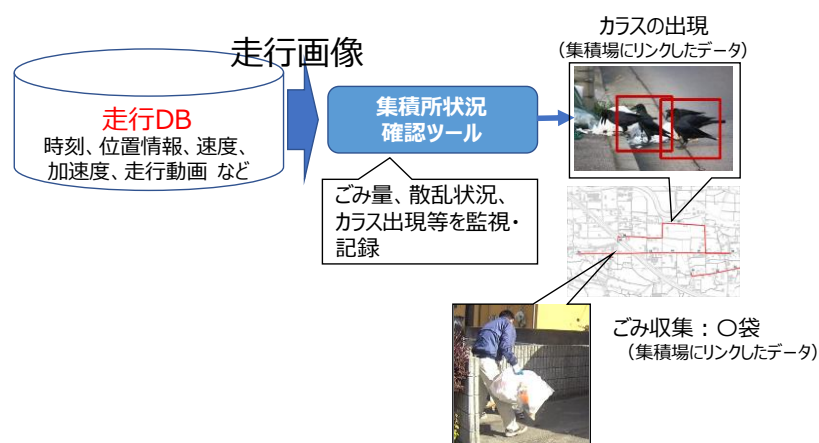


図 4.3(3)-1 集積所状況確認ツールの構成図

画像ファイルからカラスを認識するイメージは、図 4.3(3)-2 のようなものとなる。

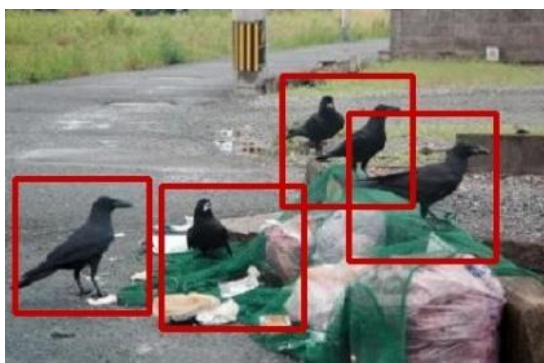


図 4.3(3)-2 カラス認識ツールのアウトプットイメージ

上記を応用して図 4.3(3)-3 は、集積所に設置する（と仮定する）監視カメラからカラスを認識するイメージである。カメラ中にカラスが入り込むと認識される。認識された時刻データを蓄積し、アラートが発せられるといった対策ができると考えられる。

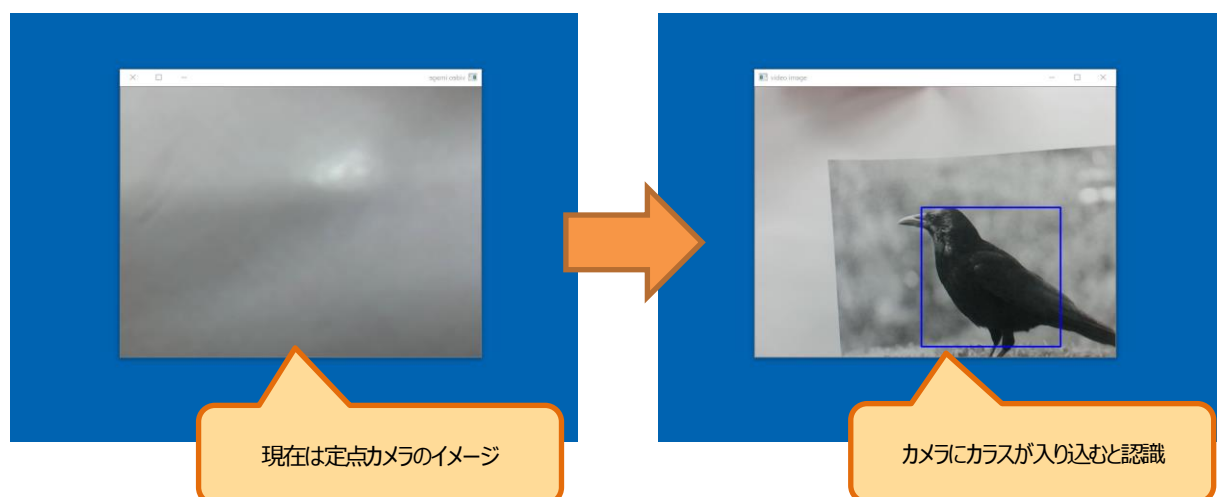


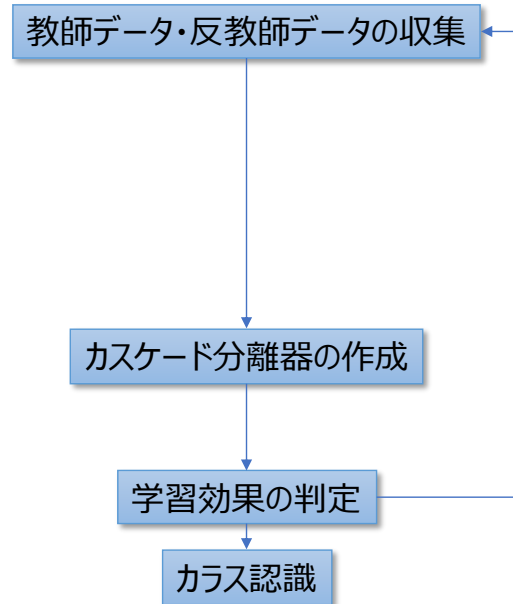
図 4.3(3)-3 映像カメラにおけるカラス認識のアウトプット画面例

1) 構築手順

画像データおよび映像データからカラスを認識するために、機械学習によって判定した。本業務においては、「教師あり学習」という形での学習をさせた。教師あり学習とは、AIに正解（教師データ）を与え、答え合わせができるように学習させるものである。この学習したデータを使って、教師データである画像ファイルとの比較判定を数多く繰り返し、正解を導く。このため、教師データの数量がかなり重要であることが知られている。

また、学習用のデータセット（学習用の画像データや、学習済みのデータ（カスケード分離器と呼ばれる））は世の中で数多く公開されているものの、「カラス」についての学習済みデータは存在していない。このため、学習済みデータを作成するところから進めた。

以下に、学習データの作成手順および判定方法についての手法を述べる。



① カラスの教師データを収集・作成

カラスが写っている画像を探す、もしくはドラレコの映像からカラスが写っている画像を抽出する（本業務では約 7500 ファイルを収集、図 4.3(3)-4）。

② 反教師データを収集・作成

カラスが写っていない画像データを作成する（本業務では約 1000 ファイル、図 4.3(3)-5）。

③ 教師データに対するアノテーションファイルを生成

教師データの各画像ファイルに対して、カラスがどの座標にいるか、何羽存在しているかをまとめたファイルを生成する（図 4.3(3)-6）。

④ カスケード分離器完成

①と③からカスケード分離器と呼ばれるファイルを生成する。
このデータファイルが学習済みデータとなる。

⑤ 画像認識プログラムへの適用

カスケード分離器を使い、読み込んだ画像もしくは映像からカラスを認識するためのプログラムコーディングを行う。

⑥ カラスの認識

画像もしくは映像からカラスが認識できると、図 4.3(3)-7 のようにカラスが存在すると枠で囲まれる。

⑦ 認識が甘い場合は、①～④の工程を繰り返し、より良い教師データであると判断できるまで繰り返す。（本業務においても数回処理を行っている。）

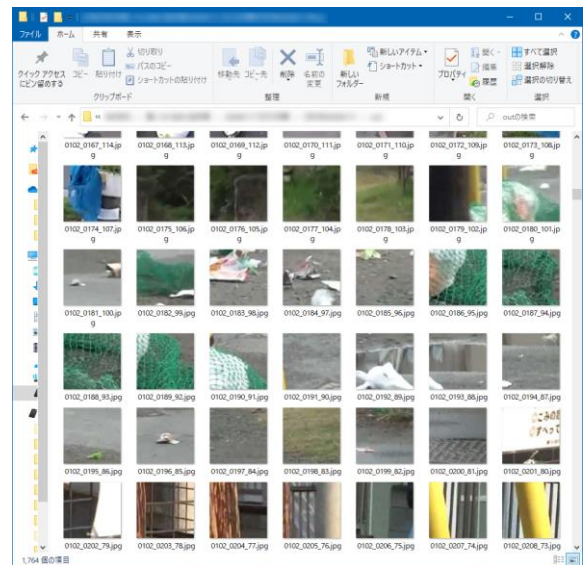
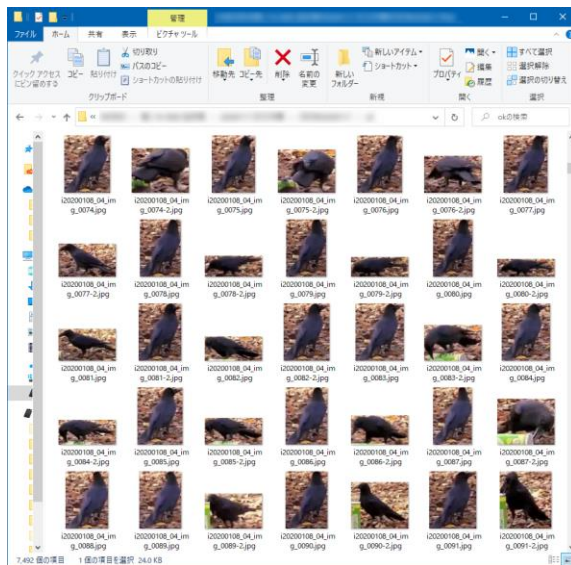


図 4.3(3)-4 教師データ例

図 4.3(3)-5 反教師データ例

	1	2	3	4	5	6
1	i20200108_01_img_0001.jpg	1	0	0	177	114
2	i20200108_01_img_0002.jpg	1	0	0	174	103
3	i20200108_01_img_0003.jpg	1	0	0	166	112
4	i20200108_01_img_0004.jpg	1	0	0	190	89
5	i20200108_01_img_0005.jpg	1	0	0	192	155
6	i20200108_01_img_0006.jpg	1	0	0	128	117
7	i20200108_01_img_0007.jpg	1	0	0	117	83
8	i20200108_01_img_0008.jpg	1	0	0	116	137
9	i20200108_01_img_0009.jpg	1	0	0	116	116
10	i20200108_01_img_0010.jpg	1	0	0	155	94
11	i20200108_01_img_0011.jpg	1	0	0	107	149
12	i20200108_01_img_0012.jpg	1	0	0		
13	i20200108_01_img_0013.jpg	1	0	0		
14	i20200108_01_img_0014.jpg	1	0	0		
15	i20200108_01_img_0015.jpg	1	0	0		
16	i20200108_01_img_0016.jpg	1	0	0	94	136
17	i20200108_01_img_0017.jpg	1	0	0	95	100

図 4.3(3)-6 アノテーションファイル例

2) 適用結果

様々なパターンのサンプル画像に対して、学習済みデータを使って認識プログラムを実行した結果を図 4.3(3)-7 に示す。かなりの精度でカラスを認識できている。

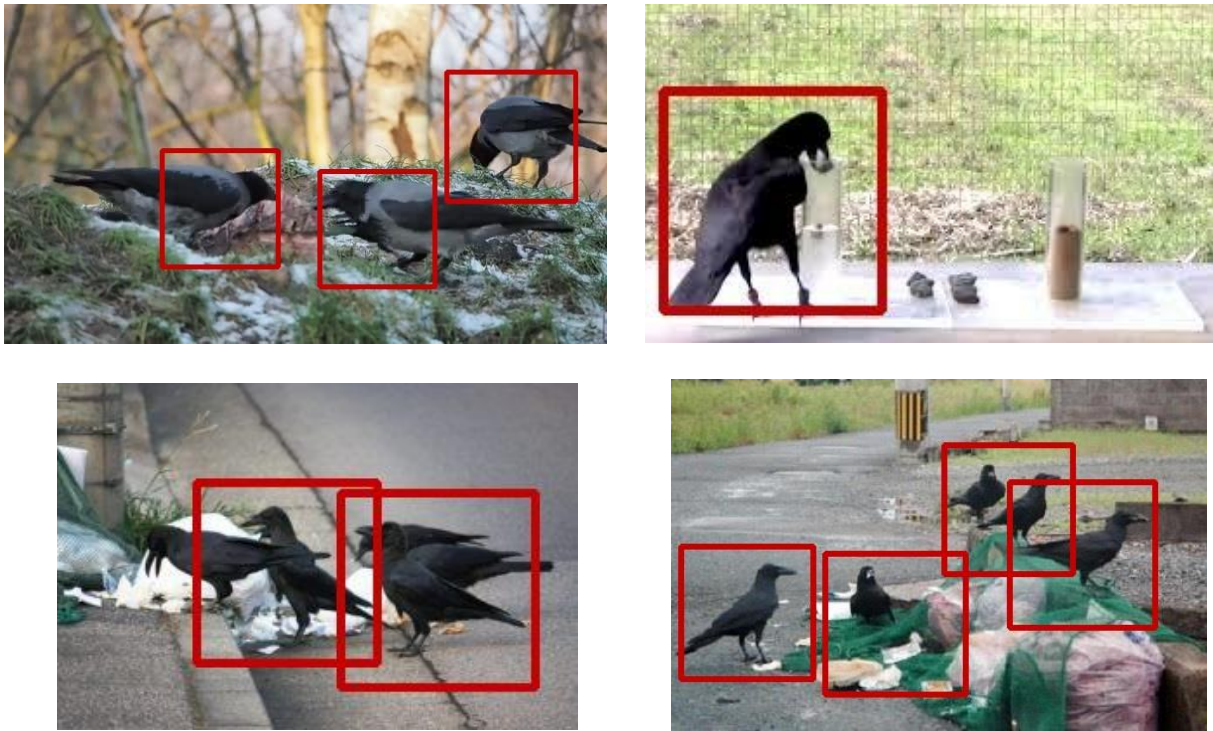


図 4.3(3)-7 サンプル画像を用いたカラス認識結果の例

3) 構築に対する知見・課題

① より多くの教師データが必要である。

本業務では最終的に約 7500 枚のサンプルを用いているが、100 サンプル、1000 サンプルと数を多くすることでより認識率が上がった。

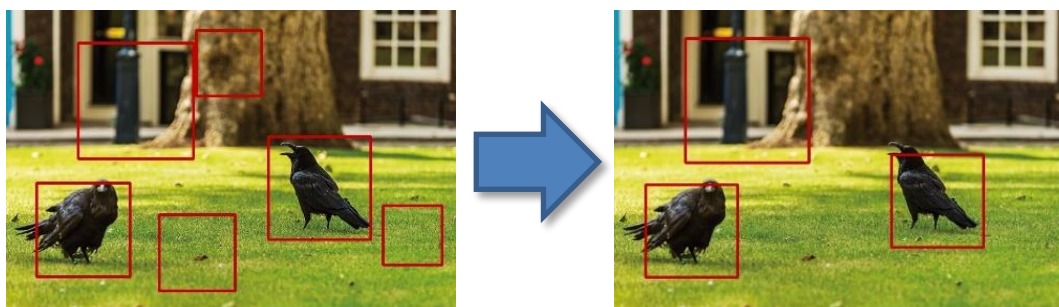


図 4.3(3)-8 カラス認識の精度向上

② 反教師データの作成にも工夫が必要

今回のケースでは、カラスの認識を行う目的として、反教師データにはカラスが写っていない画像をサンプリングしたが、反教師データの中には一部、カラスと誤認識されそうな画像も含まれていたために、その判定においては誤判定が発生していたと思われる。よって、反教師データの作成についても、工夫が必要である。

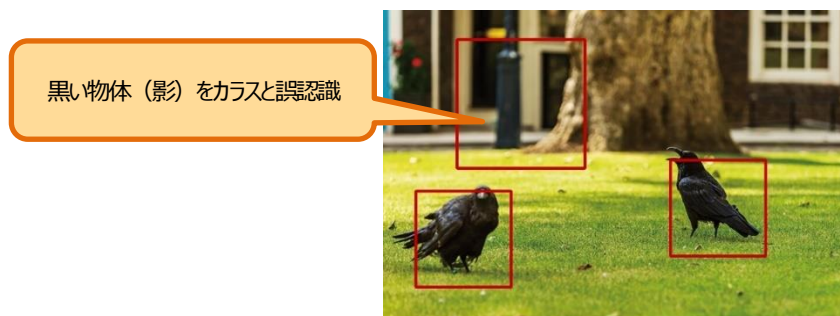


図 4.3 (3)-9 誤認識の例

4.4 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、エンジン回転数など）、燃料給料量等から収集車の二酸化炭素排出量・燃料消費量を算定する機能である。

ごみ収集事業に関する低炭素化を検討するには、車両が排出する二酸化炭素排出量を把握することが重要である。走行データの情報を活用することで、5.1(1)4)に記載した平均旅行速度別原単位を用いた二酸化炭素排出量等を算定することとした。図 4.4(1)-1 に構成図を示す。

機能概要	燃料消費量解析ツールで算定した二酸化炭素排出量を時間や位置情報と合わせて表示する機能	
使用データ	走行データベース - 位置情報 - 走行データ（車両速度）	
出力・表示データ	燃料消費量確認ツール用のデータファイルや CSV ファイルなどに出力 - 年月日時刻 - 収集車の位置情報 - 二酸化炭素排出量	
データ集計・解析技術	- GIS 技術 - 二酸化炭素排出量解析技術	市販 GIS ソフトウェア
備考		

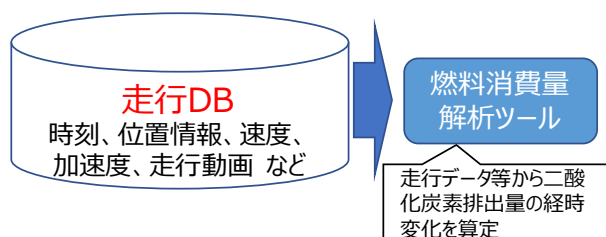


図 4.4(1)-1 燃料消費量解析ツールの構成図

走行データベースから車両速度をインポートして、二酸化炭素排出量を算定

1) 構築手順

① 計算手法

本業務にて使用した矢崎エナジーシステム製のデジタルタコメータで取得した走行データに記録される「速度」、「距離」がある。この走行データを使い、5.1(1)4)に記載した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式を用いて計算することとした。これにより、その時刻における二酸化炭素排出量が計算できる。

② 計算結果の出力

読み込んだ走行データに対して、時刻単位での二酸化炭素排出量および累計排出量を出力する。他のツールで使えるようにするため、表 4.4(1)-1 のデータファイルを CSV 形式で出力できるようにした。

表 4.4(1)-1 燃料消費量解析ツールで出力されるデータ形式

情報名称(フィールド名)	データ内容	備考
年月日時刻	年月日時刻	デジタルタコグラフからのデータ
位置情報	緯度経度	
速度	時速	
エンジン回転数	毎分回転数	
単位時間当たりの走行距離	m(1 秒間隔)	
総走行距離	m	
重量	kg	車両重量と積み積載量の合計 集積場毎の積み積載量(重量)は不明であるので、推定値を入力
二酸化炭素排出量	kg	

2) 適用結果

二酸化炭素排出量計算結果出力ファイルのイメージ図を図 4.4(1)-2 に示す。調査対象自治体で実測データによる計算結果については 6 章に示す。

時刻	緯度	経度	回転数	速度	移動距離(m)	総移動距離(m)	CO2	追加重量
			1300	19	3	4835	0.818788691	66.66666667
			1450	21	3	4838	0.805358408	66.66666667
			1600	23	3	4841	0.772645202	66.66666667
			1700	25	3	4844	0.743330464	66.66666667
			1750	26	4	4848	0.973107538	66.66666667
			1850	26	3	4851	0.729830653	66.66666667
			1850	27	4	4855	0.956061077	66.66666667
			1900	28	4	4859	0.939915553	66.66666667
			1900	28	4	4863	0.939915553	66.66666667
			1850	27	4	4867	0.956061077	66.66666667
			1700	25	3	4870	0.743330464	66.66666667
			1600	23	4	4874	1.030193602	66.66666667
			1450	21	2	4876	0.536905605	66.66666667
			1300	19	3	4879	0.818788691	66.66666667
			1150	17	3	4882	0.847020063	66.66666667
			1100	16	2	4884	0.584976416	66.66666667
			1000	15	2	4886	0.611482022	66.66666667
			1000	15	2	4888	0.611482022	66.66666667
			1000	15	2	4890	0.611482022	66.66666667

図 4.4(1)-2 二酸化炭素排出量計算結果出力ファイルのイメージ図

3) 構築に対する課題

5.1(1)4)に記載した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は、走行データの 1 秒単位の二酸化炭素排出量を算定可能であるが、相対値と推定され、5.1(1)1)に記載した燃料使用量からの二酸化炭素量排出量の算定との検証が必要である。

(2) 収集ルート検索支援ツール

収集ブロック、集積所の位置情報をもとに、移動区間、収集区間の最短距離のルートや、二酸化炭素排出量の最小になるルートを検索する機能である。

本業務において算出される二酸化炭素排出量は、平均速度における原単位、距離、重量であるが、そもそも最適な道を選択して走行しているか、走行する計画を立てているかが重要である。そのためには、まずルートが最短なのか、最適なのか、といった要因を容易に確認できるツールが必要である。

そこで本業務では、今では比較的簡単に活用できるルート検索機能を使い、様々な走行条件でルート検索を実施するツールを構築した。なお、ルート検索の主たるエンジンは、インクリメントP社のMapFan APIのうち、ルート検索機能を使いGIS上へ落とし込んだ。図4.4(2)-1に構成図を示す。

機能概要	・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	
使用データ	台帳データベース ・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 数値地図（地理院タイル、Google Map など）	
出力・表示データ	・移動区間、収集区間の最短ルートの表示 ・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	・ GIS 技術 ・ 地形解析	市販 GIS ソフトウェア
	・ ルート検索・解析技術	インクリメントP社のMapFan API
備考		

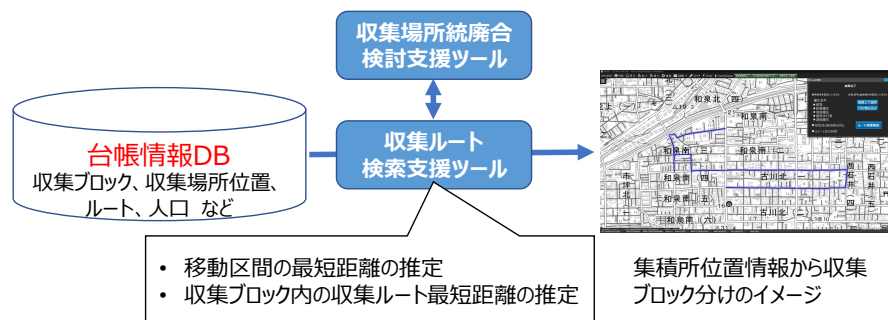


図 4.4 (2)-1 収集ルート検索支援ツールの構成図

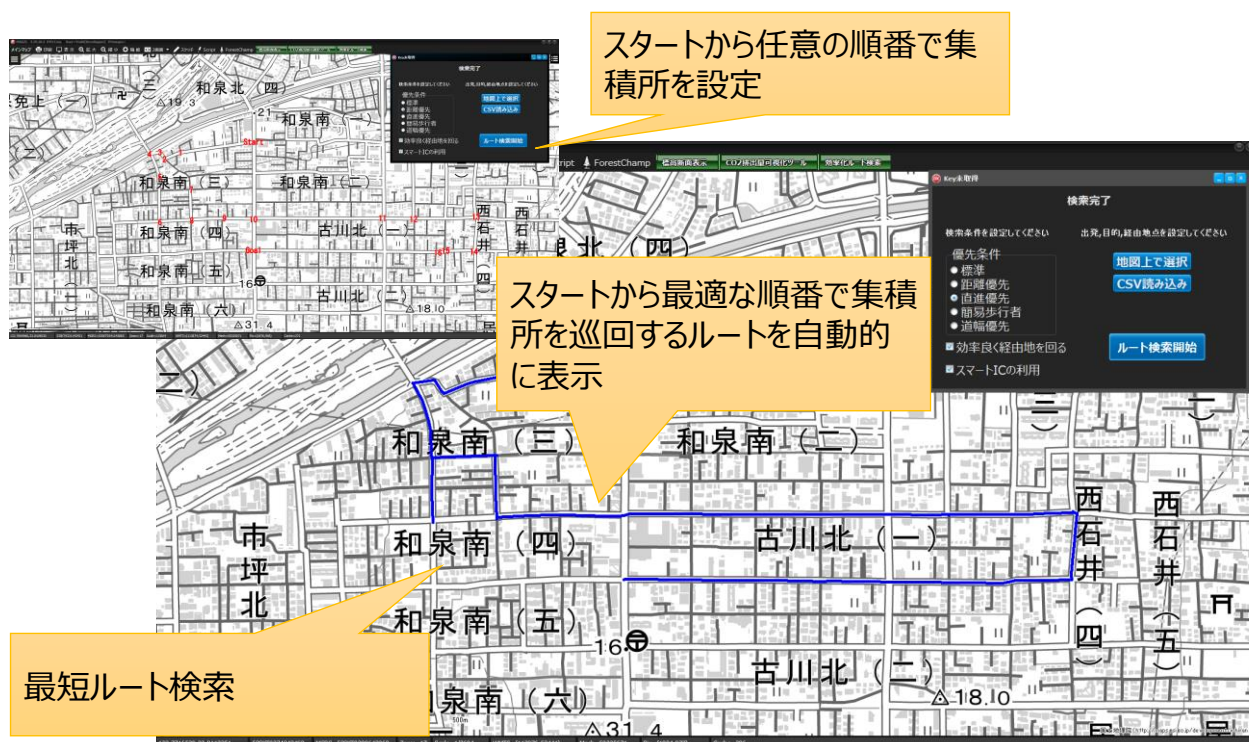


図 4.4(2)-2 収集ルート検索支援ツールのイメージ図

1) 構築手順

① ルート検索計算方法

最短ルートを検索するためには、ダイクストラ法と呼ばれるアルゴリズムを用いて計算することとした。ダイクストラ法は、市販のカーナビのルート検索など多くの経路検索にも利用されている。ダイクストラ法を用いてルート検索を行うためには、計算対象範囲の道路ネットワーク網データ、道路の情報（幅員や一方通行情報、ネットワーク経路）などの路線に関する諸元が必須となる。本業務において、全ての道路情報をデータベース化することは本質的な事項ではなく、いかに既存の手法や物を活用できるかという点が重要である。

検索条件としては下記を準備した。

➤ 効率よく経由地を走行

経由地の走行の順番を下記のどちらかに指定できるように整備した。通常は、B)の条件を採用する。

- A) 経由地をユーザが指定した順番で走行する条件
- B) ユーザ指定に関係なく最短に経路になるように経由地点を通過する条件

➤ 優先条件

経由地の2点間を通行する5条件を指定できるように整備した。収集車は中・大型車が多いので、D)の条件を採用する。

- A) 距離優先：車両が通過できる道路の中で、最短距離を検索する条件
- B) 直進優先：右左折を極力減らした検索条件
- C) 簡易歩行者：歩行者が通過できる道路を検索する条件（歩行者のみ通過できる道路も検索、逆に車両専用は検索しない）
- D) 車幅優先：車幅が狭い道路を検索しない条件

➤ スマートICの利用

ETC カード専用のインターチェンジを利用するかどうかの条件を設定できるように準備した。

② ルート検索計算を行うためのサービス検討

ダイクストラ法を用いて様々な条件を指定することで目的の結果を得ることができる製品やサービスを検討した。Google 社やインクリメント P 社、ゼンリン社など様々なサービスが存在しているが、本業務においてはインクリメント P 社の MapFan API を採用した。MAGIS への適用実績、サービスの利用のしやすさから本サービスを採用した。本業務においては Web を経由して経路検索を実行するが、本サービスはオンプレミスにも対応が可能であるため、将来的にネットワークを経由しないシステムへ拡張する際にも比較的容易に拡張が可能である。

③ 画面構成設計

あらかじめ経由地点が定まっている場合（既知の経由地点が分かっているようなデータがある場合）は、Excel などを使って、CSV データを作成し、そのデータを読み込むことができるインターフェイスを考えた（図 4.4(2)-3）。また、地図上で経由地点を任意に設定することができるインターフェイス（図 4.4(2)-5）も実装することとし、2通りの指定方法にて入力を行うこととした。

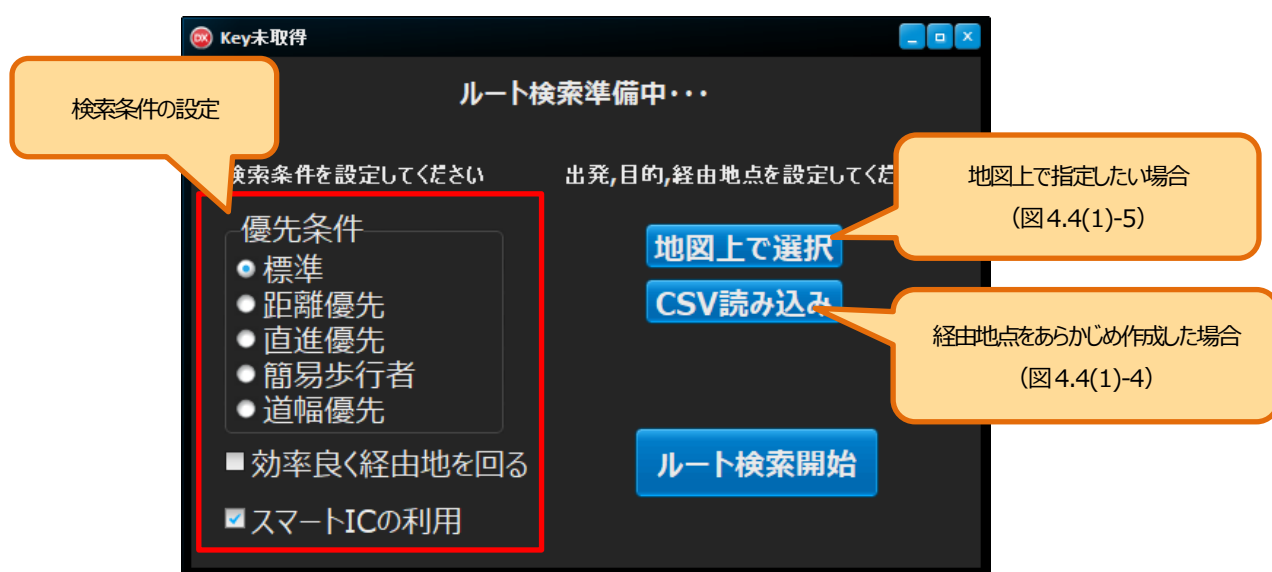


図 4.4(2)-3 インターフェイス

	1	2	3	
1	1	33.765029	132.818383↓	
2	2	33.762530	132.819841↓	
3	3	33.758142	132.822424↓	
4	4	33.753691	132.824635↓	
5	5	33.747221	132.827077↓	
6	6	33.746184	132.827559↓	
7	7	33.744711	132.831140↓	
8	8	33.738524	132.839025↓	
9	9	33.737510	132.842087↓	
10	10	33.737275	132.843019↓	
11	11	33.737594	132.847054↓	
12	12	33.738603	132.852683↓	
13	13	33.738072	132.854870↓	
14	14	33.735930	132.849975↓	
15	15	33.734807	132.840627↓	
16	16	33.733594	132.842537↓	
17	17	33.725864	132.843745↓	
18	18	33.722017	132.845617↓	
19	19	33.721486	132.846709↓	
20	20	33.723601	132.837290↓	
21	21	33.721880	132.837303↓	
22	22	33.718539	132.837889↓	
23	23	33.725597	132.834766↓	
24	24	33.734695	132.831676↓	
25	25	33.736620	132.830691↓	
26	26	33.738616	132.830173↓	
27	27	33.743274	132.826528↓	
28	28	33.747185	132.826448↓	

ID、緯度、経度でまとめる
(緯度経度はいずれも十進法)

図 4.4(2)-4 あらかじめ経由地点が分かっている場合のデータ作成例
(ID、緯度、経度の順番で CSV 作成)

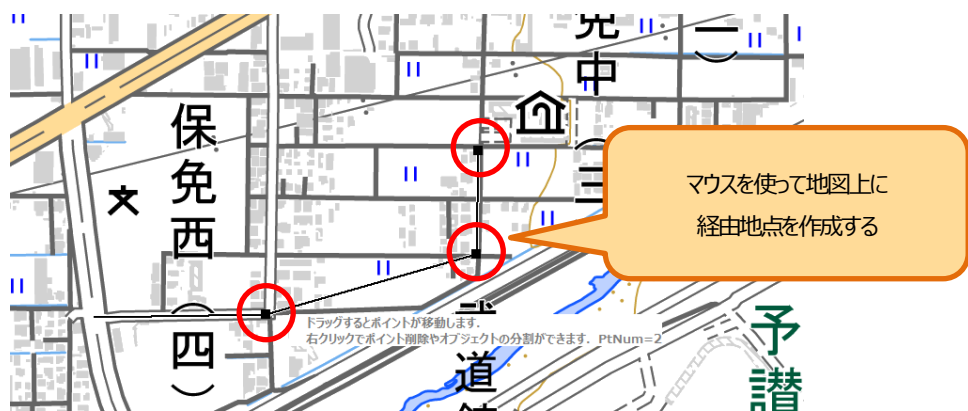


図 4.4(2)-5 地図上で経由地点を選択する場合のインターフェイス例

経由地点を読み込みもしくは設定後に、検索条件を決定し、「ルート検索開始」ボタンをクリックし、検索を開始する。



図 4.4 (2)-6 ルート検索機能インターフェイス

ルートの検索後に標高（勾配）もルート検討する際に重要である。このため、ルート検索後に標高タイルを取得し、断面情報を表示することとした。

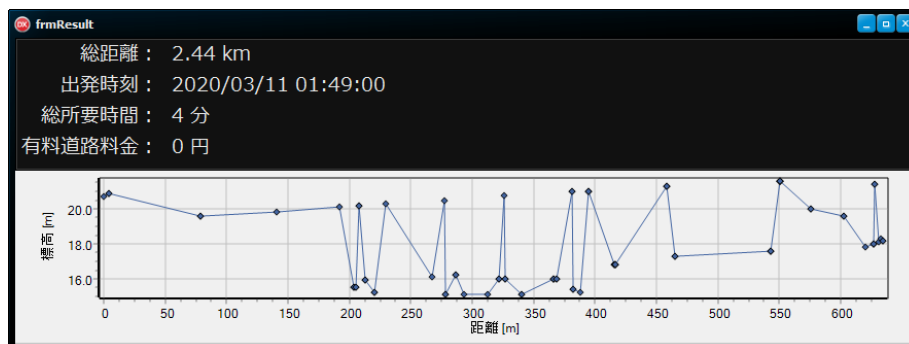


図 4.4 (2)-7 検索結果のルート沿いの断面情報イメージ図

2) 適用結果

効率よく経由地点を回るためには、「効率よく経由地を回る」オプションを ON にすればより良いルートを検索できる。効率化オプションの ON・OFF によるルート検索結果の違いを図 4.4(2)-8 に示す。



図 4.4(2)-8 標準ルート検索（上）と効率化適用ルート（下）

標準ルート検索では、地点 5⇒(9)⇒6⇒7⇒(Goal)⇒8⇒9⇒(8)⇒Goal、
 効率化適用ルートでは、地点 5⇒9⇒6⇒7⇒(Goal)⇒8⇒Goal となり、距離
 が短くなる。

3) 構築に対する知見・課題

① ルート検索結果の事例

構築した機能を使い、松山市のあるルートについて計算を実施した（図 4.4(2)-9）。

図 4.4(2)-10 は、現在の収集ルートである。同じ結果となった。

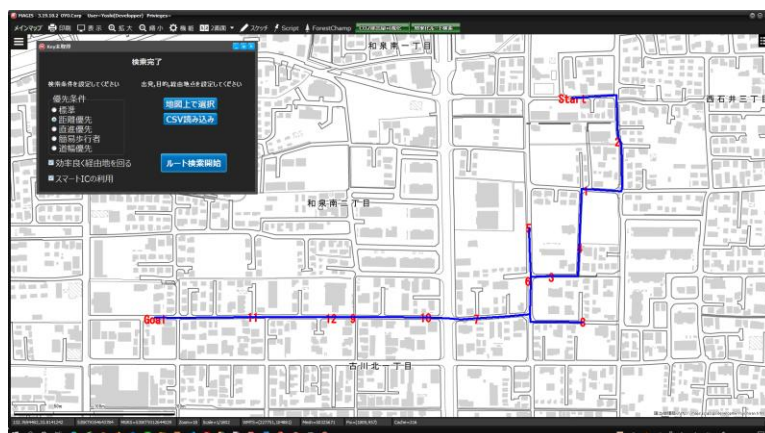


図 4.4(2)-9 現行の集積所の位置情報を入力して、ルート検索を行った結果



図 4.4(2)-10 現行収集ルート

② 課題

本ツールについての課題を整理する。

- ・ ルート検索機能の検証

ルート検索の計算手法は、市販のカーナビのルート検索など多くの経路検索にも利用されているダイクストラ法と呼ばれるアルゴリズムを用いている。多くの集積所のルート検索を実施して、現行ルートの効率性の検証と本ツールの精度検証が必要である。

- ・ 本ツールの改良

本ツールでは、地理的に最短距離のルートを検索しており、低炭素化の向上のルート検索機能は構築できていない。収集している走行データから算定できる二酸化炭素排出量と、地形・勾配、交通渋滞、集積所の位置関係等との相関を解析して、低炭素化向上の条件・ルールを検討する必要がある。

4.5 支援ツールを使用した解析結果

4.2～4.4 に記載した支援ツールを使用して、走行データの可視化、二酸化炭素排出量、作業時間を算定し、低炭素化および作業効率化の事例を検討した。事例を記載する。

(1) 走行データの可視化

走行データ収集ツール (4.2(1)) および車両位置確認ツール (4.3(1)) を使用して、走行データの可視化を行った。

1) 走行ルートの可視化

① 松山市の事例

市街地および過疎地の走行データの事例として、松山市の走行ルートを図 4.5(1)-1 および図 4.5(1)-2 に示す。



図 4.5(1)-1 収集車両の走行ルートの事例 (1) 市街地：松山市の事例
2か所の収集区間で収集作業を行い、1つ目の収集区間のごみを
焼却所で廃棄してから、2つ目の収集区間で収集作業を実施する



図 4.5(1)-2 収集運搬車の走行データの事例（2） 過疎地：松山市の事例

- ・ 山間部の過疎地における収集事例
- ・ 集積所間の距離は、市街地より長い
- ・ 収集区間が長く、事務所と焼却場までの移動区間が長いので、1回の収集作業で実施

② 三春町の事例

過疎地の走行データの事例として、三春町の走行ルートを図 4.5(1)-3 および図 4.5(1)-4 に示す。

図 4.5(1)-3 はごみの多い曜日の事例、図 4.5(1)-4 はごみの少ない曜日の事例である。

ごみの多い曜日の事例（図 4.5(1)-3）では、収集区間をほぼ半分に分けて、収集作業を行っている。ごみの少ない曜日の事例（図 4.5(1)-4）では、1回目の収集区間が長く、2回目の収集区間が短い。

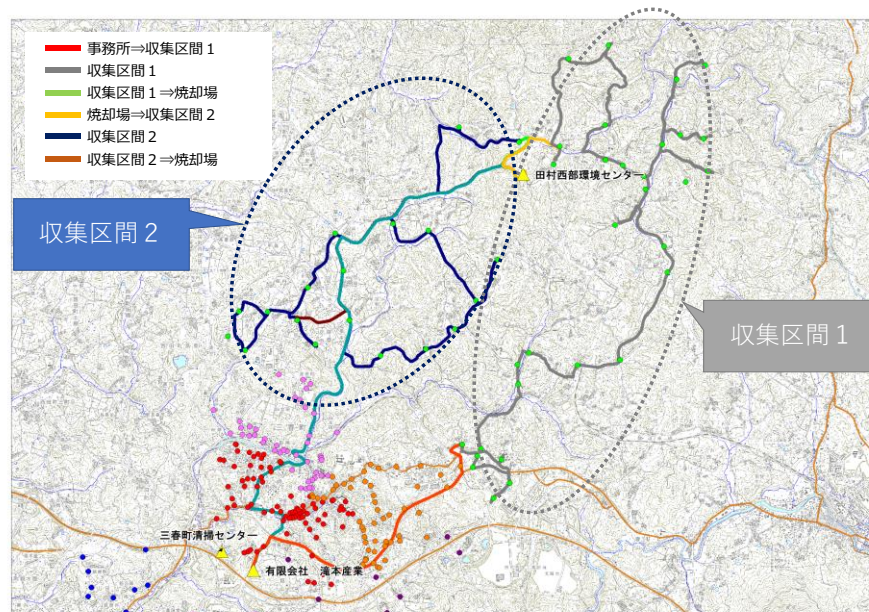


図 4.5(1)-3 収集車両の走行ルートの事例（3） 過疎地：三春町（ごみの多い曜日）の事例
移動区間と収集区間で収集区間の距離はほぼ同じ

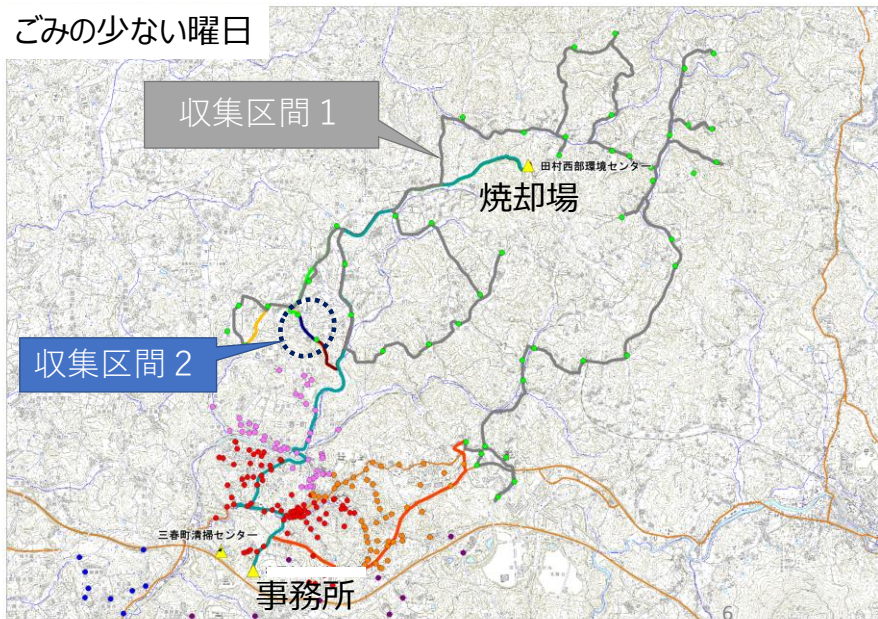


図 4.5(1)-4 収集車両の走行ルート事例（4） 過疎地・ごみの少ない曜日：三春町の事例
収集区間 1 に比べ、収集区間 2 は短い

2) タイムラインの可視化

図 4.5(1)-1～図 4.5(1)-3 の走行ルートのタイムラインの事例を図 4.5(1)-5～図 4.5(1)-7 に示す。

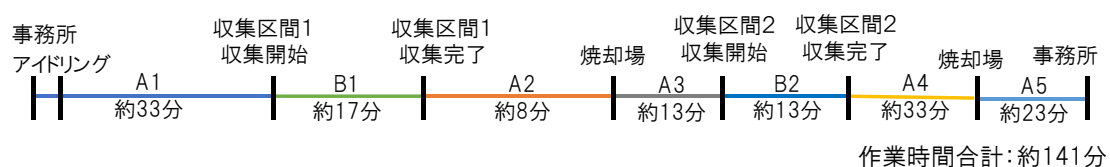


図 4.5(1)-5 収集運搬作業のタイムラインの事例（1）市街地：松山市の事例

図 4.5(1)-1 の走行データのまとめ

収集区間の作業時間は少なく（3割程度）、移送時間が大半を占める（7割程度）

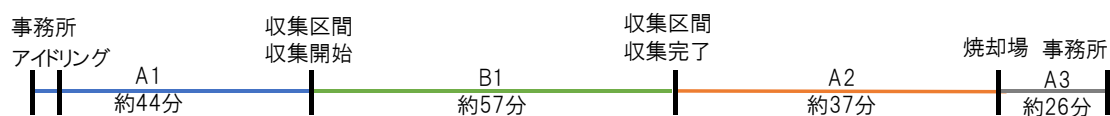


図 4.5(1)-6 収集運搬作業のタイムラインの事例（2）過疎地：松山市の事例

図 4.5(1)-2 の走行データのまとめ

移動区間と収集区間で作業時間は大きくは変わらない

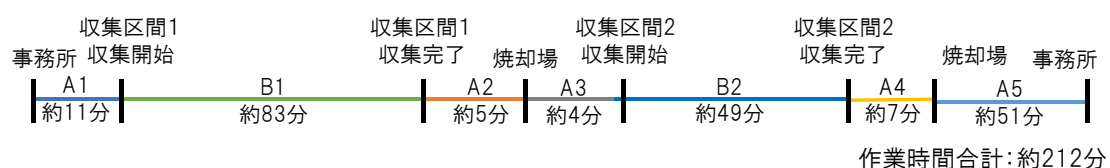


図 4.5(1)-7 収集運搬作業のタイムラインの事例（3）過疎地：三春町（ごみの多い曜日）の事例

図 4.5(1)-3 の走行データのまとめ

移動区間と収集区間で作業時間は大きくは変わらない

3) 収集車両速度の可視化

図4.5(1)-1 および図4.5(1)-3 の走行ルート of 収集車両の速度の事例を図4.5(1)-8 および図4.5(1)-9 に示す。

- ・ 松山市の市街地では、移動区間の速度と比較して、収集区間の速度は低速（時速 20km 以下）
- ・ 三春町の過疎地では、移動区間と収集区間で速度の大きな差は認められない

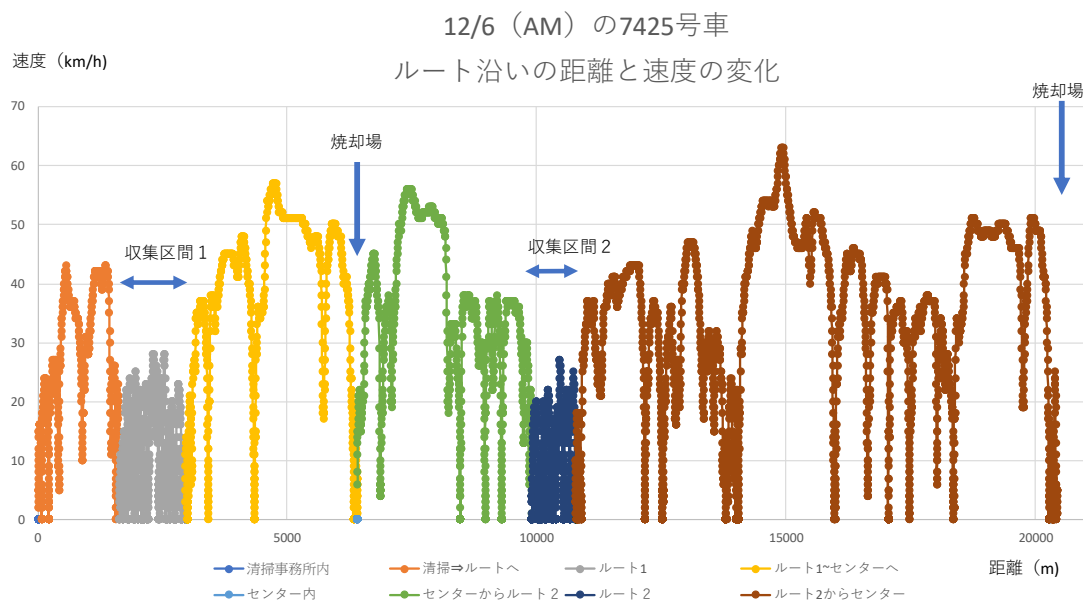


図 4.5(1)-8 収集車両速度の変動の事例（1）市街地：松山市の事例

図 4.5(1)-1 の走行データのまとめ

移動区間の速度と比較して、収集区間の速度は低速（時速 20km 以下）

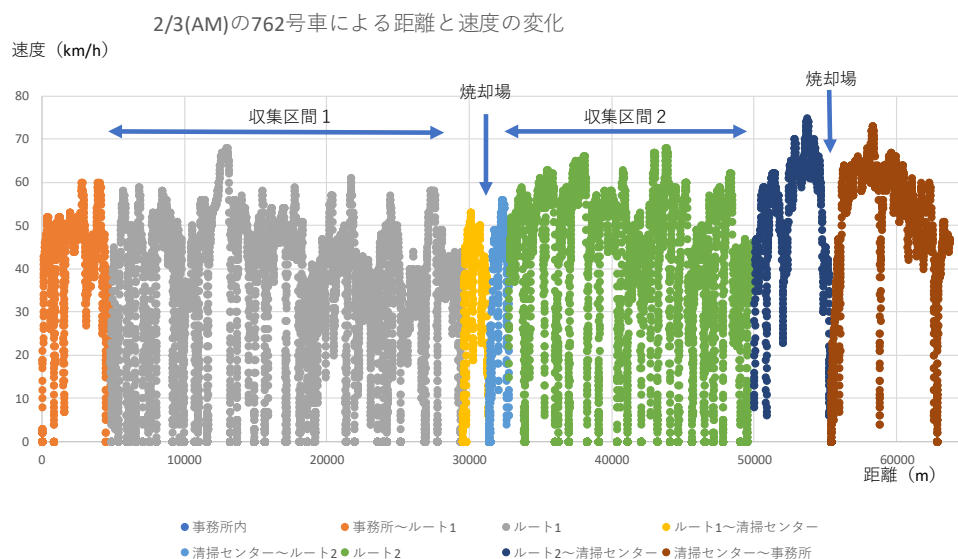


図 4.5(1)-9 収集車両速度の変動の事例（3）過疎地：三春町（ごみの多い曜日）の事例

図 4.5(1)-3 の走行データのまとめ

移動区間と収集区間で速度の大きな差は認められない

4) エンジン回転数の可視化

図 4.5(1)-1 および図 4.5(1)-3 の走行ルート上の収集車両の速度の事例を図 4.5(1)-10 および図 4.5(1)-11 に示す。

- ・ 松山市の市街地では、移動区間の速度と比較して、収集区間のエンジン回転数は高くなり、低速（時速 20km 以下）であることを考慮すると燃費の悪化が推定される
- ・ 三春町の過疎地では、移動区間と収集区間でエンジン回転数の大きな差は認められない

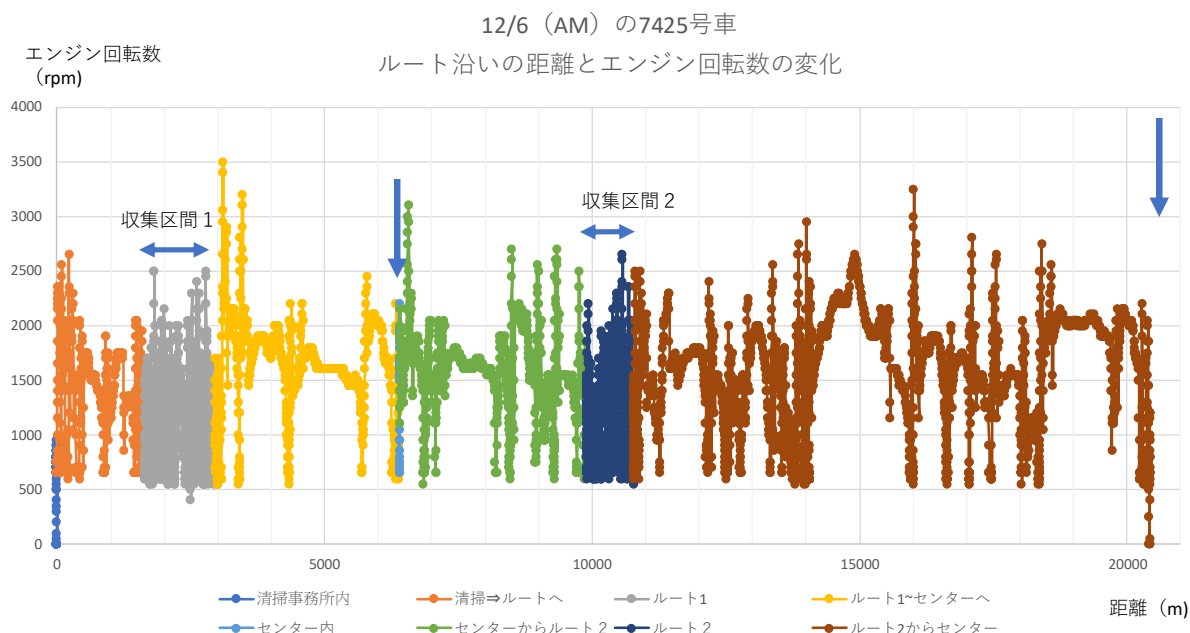


図 4.5(1)-10 収集車両のエンジン回転数の変動の事例（１）市街地：松山市の事例

図 4.5(1)-1 の走行データのまとめ

移動区間と収集区間でエンジン回転数の大きな差は認められない

移動区間と比較して、収集区間では速度が低下しているため、低速ギアで走行し、燃費が悪化していると想定される

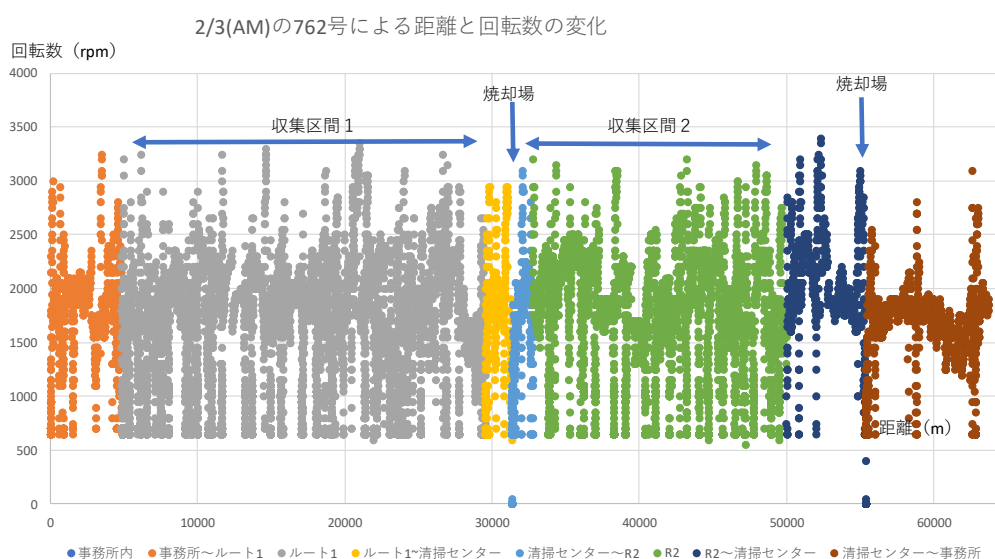


図 4.5(1)-11 収集車両のエンジン回転数の変動の事例（３）

過疎地：三春町（ごみの多い曜日）の事例

図 4.5(1)-3 の走行データのまとめ

移動区間と収集区間でエンジン回転数の大きな差は認められない

5) 現行ルートの作業時間の特徴

収集区間の地域の違いによる現行ルートの作業時間の特徴をまとめる。表 4.5(1)-1～表 4.5(1)-3 および図 4.5(1)-12～図 4.5(1)-14 を参照。

市街地では、過疎地と比べて下記の特徴（傾向）がある。

- ・ 収集区間の距離が短く、移動区間の距離が全走行距離の大半を占める
- ・ 移動距離・作業時間とも短い
- ・ 集積所の密度が高いため、収集区間での平均速度が大幅に低下する（収集区間の距離に比べ作業時間が長い）

一方、過疎地では、市街地と比べて下記の特徴（傾向）がある。

- ・ 移動区間、収集区間の両方で、移動距離・作業時間とも長い
- ・ 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

6) 現行ルートの二酸化炭素排出量の特徴

現行ルートの二酸化炭素排出量の特徴をまとめる。表 4.5(1)-1～表 4.5(1)-3 および図 4.5(1)-12～図 4.5(1)-14 を参照。

市街地では、過疎地と比べて下記の特徴（傾向）がある。

- ・ 走行距離が短いため、二酸化炭素排出量が少ない
- ・ 収集区間よりも移動区間で二酸化炭素排出量が増加
- ・ 距離当たりの二酸化炭素排出量は、市街地の収集区間では増加
- ・ 市街地の移動区間および収集区間では低速になる傾向があるため、距離当たりの二酸化炭素排出量は多くなる
- ・ 過疎地の移動区間・収集区間、市街地の移動区間では、平均時速 20km/h 以上になる傾向があり、二酸化炭素排出量は移動距離にほぼ比例する

表 4.5(1)-1 二酸化炭素排出量・時間支配要因の分析（1）市街地：松山市の事例

	事務所～ 収集 1	収集 1	収集 1～ 焼却場	焼却場～ 収集 2	収集 2	収集 2～ 焼却場	焼却場～ 事務所	合計
作業時間 (分)	5	17	8	13	13	33	23	113
移動距離 (m)	1,630	1,319	3,389	3,534	831	7,854	5,331	23,888
平均速度 (km/h)	17.8	4.6	24.0	16.9	3.8	14.1	13.9	12.7
CO2排出 量(g)	387	389	700	794	241	1,716	1,089	5,316
距離当たり CO2排出量(g)	0.24	0.29	0.21	0.22	0.29	0.22	0.20	0.22

図 4.5(1)-1 の走行データのまとめ

表 4.5(1)-2 二酸化炭素排出量・時間支配要因の分析（2）過疎地：松山市の事例

	事務所～ 収集	収集	収集～ 焼却場	焼却場～ 事務所	合計
作業時間 (分)	40	57	38	36	172
移動距離 (m)	11,124	17,154	13,404	5,474	47,156
平均速度 (km/h)	16.5	18.0	21.1	9.1	16.5
CO2排出 量(g)	2,300	3,744	2,639	1,142	9,825
距離当たり CO2排出量(g)	0.21	0.22	0.20	0.21	0.21

図 4.5(1)-2 の走行データのまとめ

表 4.5(1)-3 二酸化炭素排出量・時間支配要因の分析 (3) 過疎地：三春町の事例

	事務所～ 収集 1	収集 1	収集 1～ 焼却場	焼却場～ 収集 2	収集 2	収集 2～ 焼却場	焼却場～ 事務所	合計
作業時間 (分)	11	83	5	5	49	7	51	212
移動距離 (m)	4,783	24,756	1,793	1,404	17,242	5,388	10,283	65,649
平均速度 (km/h)	25.7	17.9	20.0	18.1	21.1	44.7	12.1	18.6
CO2排出 量(g)	919	7,801	715	294	4,452	1,596	1,929	17,706
距離当たり CO2排出量(g)	0.19	0.32	0.40	0.21	0.26	0.30	0.19	0.27

図 4.5(1)-3 の走行データのまとめ

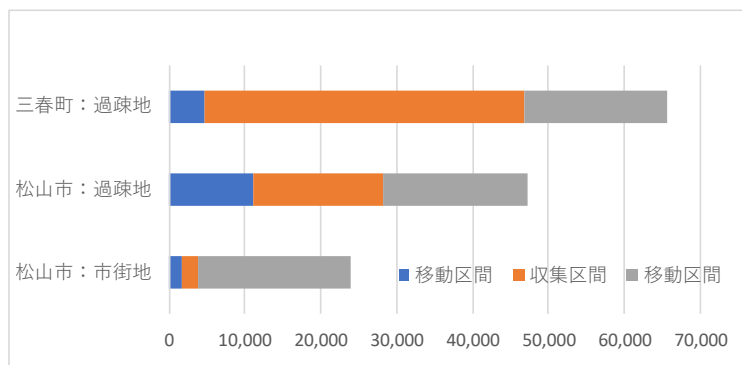


図 4.5(1)-12 移動距離(m)

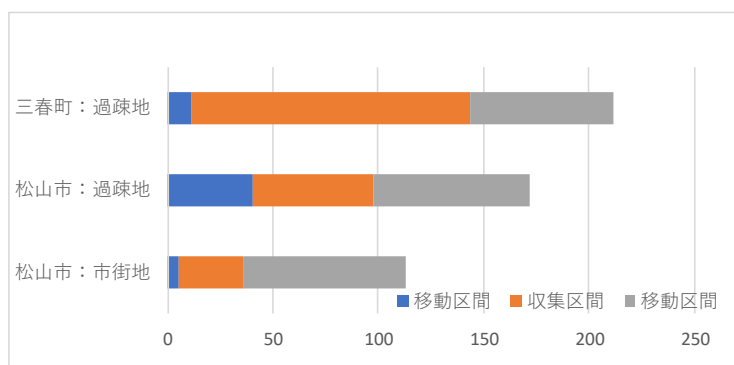


図 4.5(1)-13 作業時間(分)

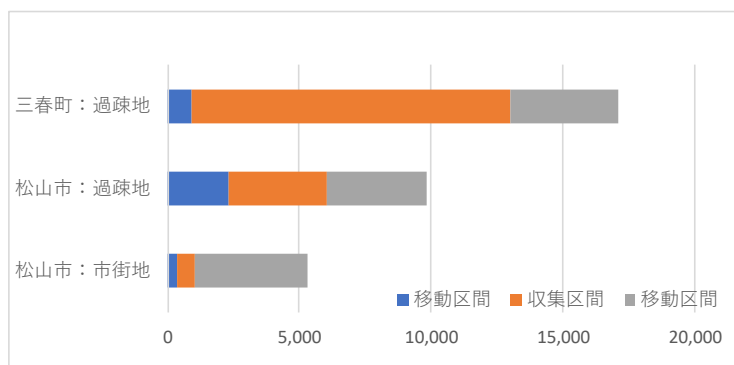


図 4.5(1)-14 二酸化炭素排出量(g)

(2) 支援ツールを用いた最適化方法検討

5.1(14)にて示した通り、二酸化炭素排出量は車両の速度、距離、重量で算定される。

車両の速度、距離、重量の計算条件を変更することで、下記(1)～(5)について低炭素化および効率化の評価を行った。

なお、本仮運用で使用した支援ツールは次の通りである。

- ・ 走行データ収集ツール
各自治体で稼働している収集車両の走行データの収集
- ・ 維持管理データ更新ツール
台帳情報データベースの集積所の位置の閲覧と修正、収集ルート、事務所、焼却場の位置情報の閲覧
- ・ 業務管理支援ツール
走行データの加工およびアウトプット (CSV ファイル出力)
- ・ 車両位置確認ツール
集積所・収集ルートと車両位置の確認
- ・ 燃料消費量解析ツール／燃料消費量確認ツール
走行データから二酸化炭素排出量・作業時間の算定、車両位置との関係確認

仮運用項目	仮運用方法例
速度	(1) 移動区間での速度アップ：夜間収集を想定
	(2) 収集区間での速度アップ：集積所の統廃合
移動距離	収集区間を2回に分けて収集する場合、2つの方法で仮運用 (3) ごみ収集量に関係なく、収集区間の作業効率的な分割 (4) 2チームでの収集作業
重量	(5) 焼却場に近いまたは遠い集積所からの収集方法の比較

1) 移動区間で速度の変更による低炭素化および効率化の向上

松山市で測定した走行データで図 4.5(1)-1 および図 4.5(2)-2 で示した事例で、現状の二酸化炭素排出量および作業時間を算定した。移動区間の速度を変更することで、二酸化炭素排出量および作業時間の増減量を推定する。

夜間収集において、渋滞や信号などで停止や低速での走行が少なくなり、移動区間の速度をアップ可能と仮定した。ただし、収集区間では、集積所を一定区間設置してあるため移動・収集作業の繰り返しで、速度アップできないと仮定している。

事例として、松山市の市街地および過疎地にて、移動区間の平均速度を 20%アップして、二酸化炭素排出量および作業時間の増減量を算定した。図 4.5(2)-1 および図 4.5(2)-2、表 4.5(2)-1 および表 4.5(2)-2 参照。

- ・ 作業時間は、市街地で約 15%、過疎地では約 13%の削減
- ・ 二酸化炭素排出量は、市街地で約 5.4%、過疎地では約 3.4%の削減
- ・ 市街地、過疎地において、作業時間・二酸化炭素排出量ともに、速度アップに伴い削減している
- ・ 移動区間の距離が長いほど、作業時間・二酸化炭素排出量ともに、速度アップに伴う効果が大きくなっている

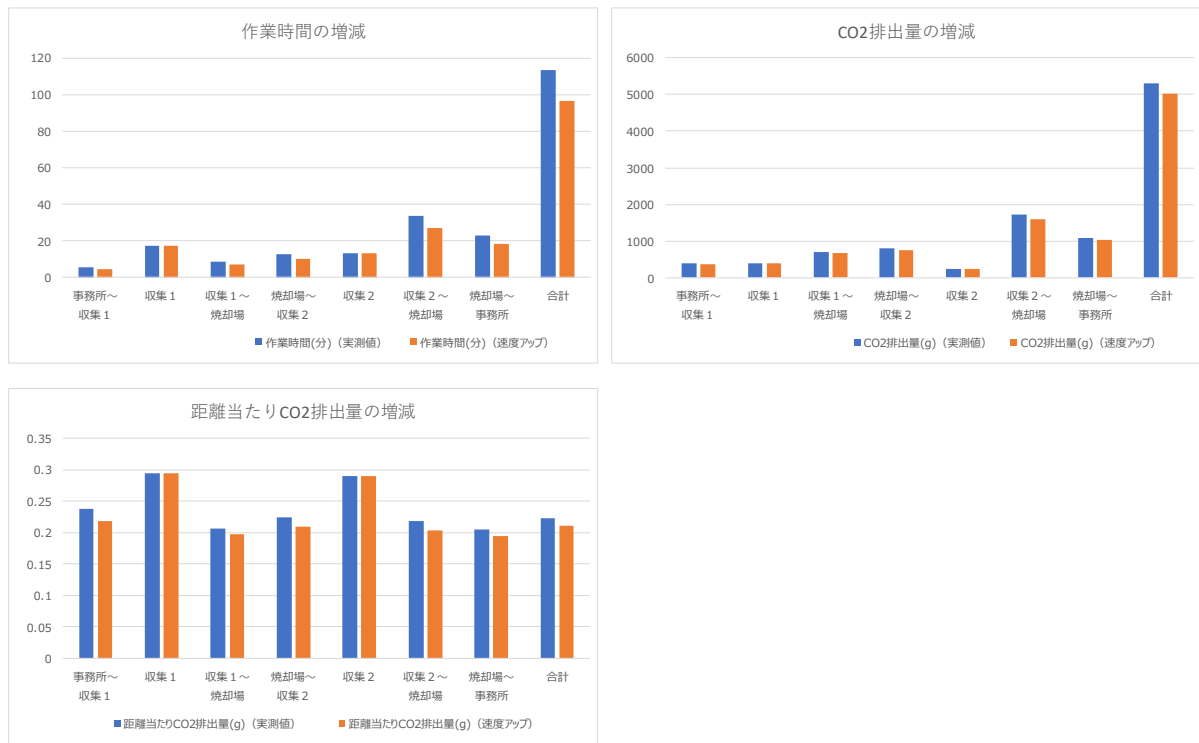


図 4.5(2)-1 二酸化炭素排出量および作業時間の増減量の事例（１） 市街地：松山市の事例

表 4.5(2)-1 二酸化炭素排出量および作業時間の増減量の事例（１）

市街地：松山市の事例

		事務所～ 収集1	収集1	収集1～ 焼却場	焼却場～ 収集2	収集2	収集2～ 焼却場	焼却場～ 事務所	合計
実測値	作業時間 (分)	5	17	8	13	13	33	23	113
	移動距離 (m)	1,630	1,319	3,389	3,534	831	7,854	5,331	23,888
	平均速度 (km/h)	17.8	4.6	24.0	16.9	3.8	14.1	13.9	12.7
	CO2排出 量(g)	387	389	700	794	241	1,716	1,089	5,316
	距離当たり CO2排出量(g)	0.24	0.29	0.21	0.22	0.29	0.22	0.20	0.22
移動区間の 速度アップ	作業時間 (分)	4	17	7	10	13	27	18	97
	移動距離 (m)	1,630	1,319	3,389	3,534	831	7,854	5,331	23,888
	平均速度 (km/h)	22.3	4.6	30.0	21.2	3.8	17.7	17.4	14.8
	CO2排出 量(g)	357	389	669	739	241	1,599	1,033	5,028
	距離当たり CO2排出量(g)	0.22	0.29	0.20	0.21	0.29	0.20	0.19	0.21
	作業時間 削減(分)	1.1	0.0	1.7	2.5	0.0	6.7	4.6	16.6
	作業時間 削減割合	20%	0%	20%	20%	0%	20%	20%	15%
	CO2排出量 削減量(g)	30	0	30	55	0	117	56	288
	CO2排出量 削減割合	7.7%	0.0%	4.4%	7.0%	0.0%	6.8%	5.1%	5.4%

図 4.5(1)-1 の走行ルートでの事例

作業時間は約 15%の削減

二酸化炭素排出量は約 5 %の削減

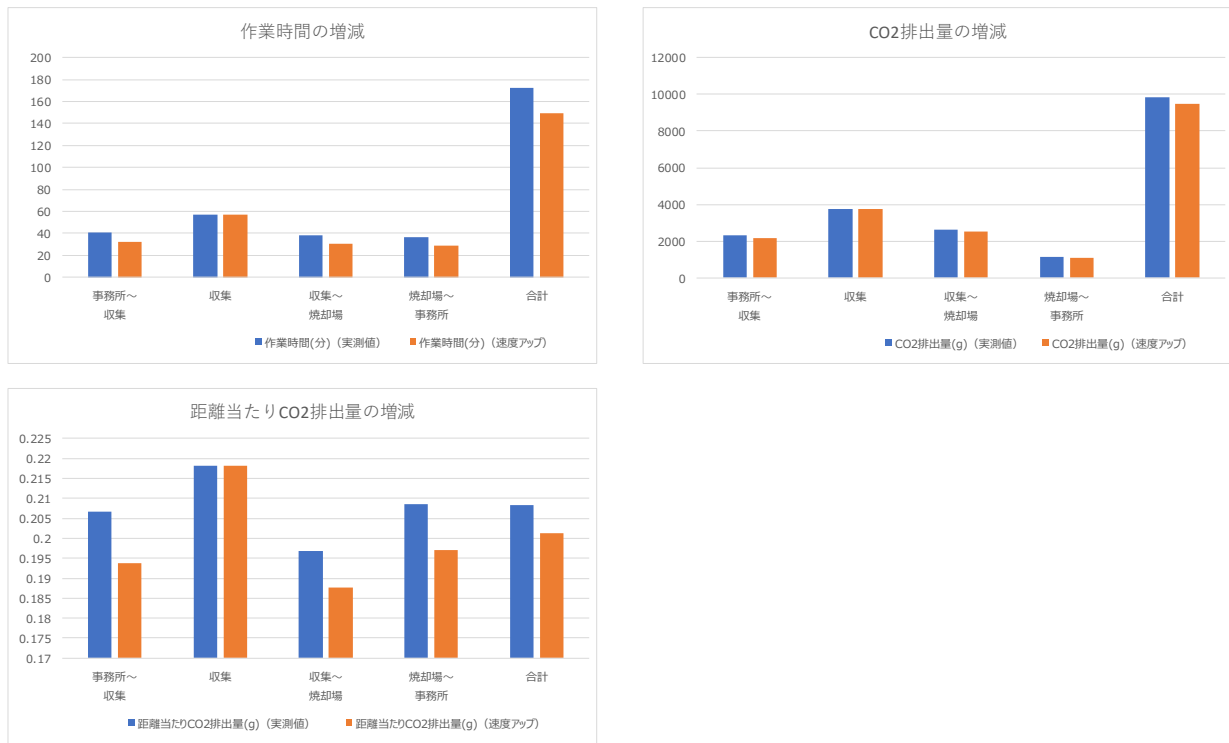


図 4.5(2)-2 二酸化炭素排出量および作業時間の増減量の事例（2） 過疎地：松山市の事例

表 4.5(2)-2 二酸化炭素排出量および作業時間の増減量の事例（2）
過疎地：松山市の事例

		事務所～ 収集	収集	収集～ 焼却場	焼却場～ 事務所	合計
実測値	作業時間 (分)	40	57	38	36	172
	移動距離 (m)	11,124	17,154	13,404	5,474	47,156
	平均速度 (km/h)	16.5	18.0	21.1	9.1	16.5
	CO2排出 量(g)	2,300	3,744	2,639	1,142	9,825
	距離当たり CO2排出量(g)	0.21	0.22	0.20	0.21	0.21
移動区間の 速度アップ	作業時間 (分)	32	57	30	29	149
	移動距離 (m)	11,124	17,154	13,404	5,474	47,156
	平均速度 (km/h)	20.6	18.0	26.4	11.3	19.0
	CO2排出 量(g)	2,155	3,744	2,515	1,079	9,494
	距離当たり CO2排出量(g)	0.19	0.22	0.19	0.20	0.20
	作業時間 削減(分)	8.1	0.0	7.6	7.2	22.9
	作業時間 削減割合	20%	0%	20%	20%	13%
	CO2排出量 削減量(g)	145	0	124	63	331
	CO2排出量 削減割合	6.3%	0.0%	4.7%	5.5%	3.4%

図 4.5(1)-2 の走行ルートでの事例

作業時間は約 13%の削減

二酸化炭素排出量は約 3 %の削減

移動区間の距離が長いほど、作業時間・二酸化炭素排出
量ともに、速度アップに伴う効果大きい

2) 収集区間での速度の変更による低炭素化および効率化の向上

松山市で測定した走行データで、現状の二酸化炭素排出量および作業時間を算定した。収集区間の速度を変更することで、二酸化炭素排出量および作業時間の増減量を推定する。

集積所の統廃合を行うことにより、廃止した集積所付近では減速がなく、一定速度で通過すると仮定して、事例として、松山市の市街地にて二酸化炭素排出量および作業時間の増減量を算定した。図 4.5(2)-3 および表 4.5(2)-3 参照。

- ・ 作業時間は、全区間で約 8 %、収集区間では約 29%の削減
- ・ 二酸化炭素排出量は、全区間で約 14%、収集区間では約 1.6%の削減
- ・ 作業時間・二酸化炭素排出量ともに、速度アップに伴い削減している
- ・ 収集区間の距離に比べ、移動区間の距離が長いいため、全区間では削減効果は少ないが、収集区間のみでは削減効果は大きい

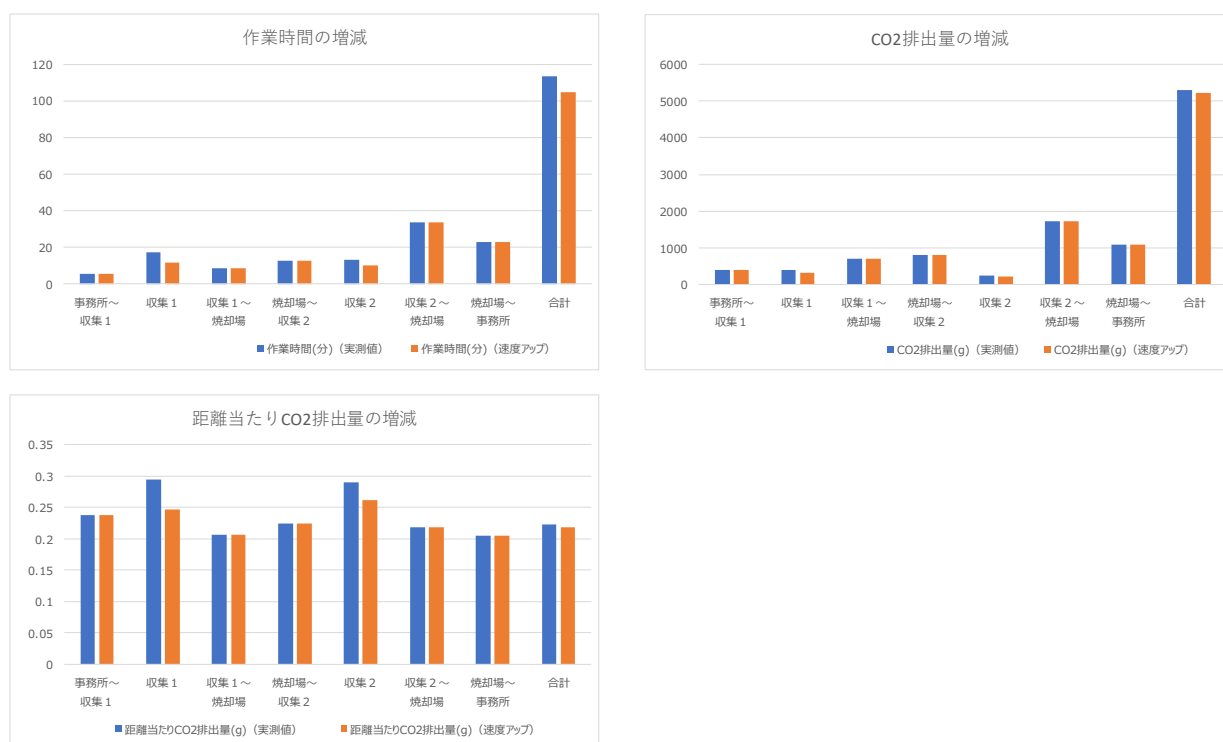


図 4.5(2)-3 収集区間の速度アップによる二酸化炭素排出量および作業時間の増減量の事例（1）
市街地：松山市の事例

表 4.5(2)-3 収集区間の速度アップによる二酸化炭素排出量および作業時間の増減量の事例（1）
市街地：松山市の事例

		事務所～ 収集1	収集1	収集1～ 焼却場	焼却場～ 収集2	収集2	収集2～ 焼却場	焼却場～ 事務所	合計
実測値	作業時間 (分)	5	17	8	13	13	33	23	113
	移動距離 (m)	1,630	1,319	3,389	3,534	831	7,854	5,331	23,888
	平均速度 (km/h)	17.8	4.6	24.0	16.9	3.8	14.1	13.9	12.7
	CO2排出 量(g)	387	389	700	794	241	1,716	1,089	5,316
	距離当たり CO2排出量(g)	0.24	0.29	0.21	0.22	0.29	0.22	0.20	0.22
収集区間の速 度アップ	作業時間 (分)	5	12	8	13	10	33	23	104
	移動距離 (m)	1,630	1,319	3,389	3,534	831	7,854	5,331	23,888
	平均速度 (km/h)	17.8	6.8	24.0	16.9	5.0	14.1	13.9	13.7
	CO2排出 量(g)	387	326	700	794	218	1,716	1,089	5,229
	距離当たり CO2排出量(g)	0.24	0.25	0.21	0.22	0.26	0.22	0.20	0.22
	作業時間 削減(分)	0	6	0	0	3	0	0	9
	作業時間 削減割合	0%	32%	0%	0%	25%	0%	0%	8%
	CO2排出量 削減量(g)	0	63	0	0	24	0	0	86
	CO2排出量 削減割合	0.0%	16.1%	0.0%	0.0%	9.8%	0.0%	0.0%	1.6%

図 4.5(1)-1 の走行ルートでの事例

作業時間は、全区間で約8%、収集区間では約29%の削減
二酸化炭素排出量は、全区間で約14%、
収集区間では約1.6%の削減

3) 収集区間の作業効率的な分割に伴う移動距離の変更による低炭素化および効率化の向上

5.2(1)1)にて示した通り、二酸化炭素排出量は車両の速度、距離、重量で算定される。ここでは、走行距離を短縮することで、低炭素化および作業効率化の向上を検討する。

三春町で測定した走行データで、現状の二酸化炭素排出量および作業時間を算定した。決められた収集区間において、1回の収集作業で収集できなかった場合に、収集区間の区分けを変更することにより、二酸化炭素排出量および作業時間を現行運用と比較し、増減量を推定する。

三春町での収集作業は、収集車両に積載できるいっぱいのごみを収集して、焼却場に廃棄し、そのあと残りの集積所の収集を行っている。そこで、ごみ収集量に関係なく（収集車両に積載量に余裕があっても）、収集区間と焼却場との往復距離を最短になるように、収集区間を2つに分けて収集する方法で運用したと仮定した。

三春町の収集区間でごみの多い曜日（月曜日）と少ない曜日（金曜日）の収集区間を図4.5(1)-3および図4.5(1)-4に示す。ごみの多い曜日には、収集区間1と2はほぼ同じ距離となっている。一方、ごみの少ない曜日では、収集区間1の距離が長く、収集区間2は短い。これは、収集車に詰め込める積載量までごみを集める方法で運用していることによる。

三春町の収集区間でごみの多い曜日（月曜日）と少ない曜日（金曜日）の作業時間・二酸化炭素排出量を表4.5(1)-3および表4.5(2)-4に示す。

移動距離では、ごみの多い曜日で約65.6km、少ない曜日で約75.5kmと約10kmの差がある。作業時間では、ごみの多い曜日で約210分、少ない曜日で約245分と約30分の差がある。二酸化炭素排出量では、ごみの多い曜日で約17.7kg、少ない曜日で約20.5kgと約2.8kgの差がある。

ごみの多い曜日の収集運用が、作業効率化・低炭素化になっている。決められた収集区間で、1回で収集できない場合は、ごみの積載量に関係なく、収集区間の区分けを適切に行うことにより、作業時間・二酸化炭素排出量の削減効果を期待できる。事例では、ごみの少ない曜日でも、多い曜日と同じ区分けにすることにより、作業時間は約30分、二酸化炭素排出量は2.8kgの削減を実現できると推定する。

表 4.5(2)-4 二酸化炭素排出量および作業時間の増減量の事例（4）
過疎地・ごみの少ない日：三春町の事例

	事務所～ 収集1	収集1	収集1～ 焼却場	焼却場～ 収集2	収集2	収集2～ 焼却場	焼却場～ 事務所	合計
作業時間 (分)	12	136	17	8	5	8	60	245
移動距離 (m)	4,814	40,569	7,783	5,096	479	6,091	10,649	75,481
平均速度 (km/h)	24.6	17.9	28.3	40.6	5.9	43.1	10.6	18.5
CO2排出 量(g)	928	12,295	2,986	969	101	1,180	2,009	20,468
距離当たり CO2排出量(g)	0.19	0.30	0.38	0.19	0.21	0.19	0.19	0.27

図 4.5(1)-4 の走行データのまとめ

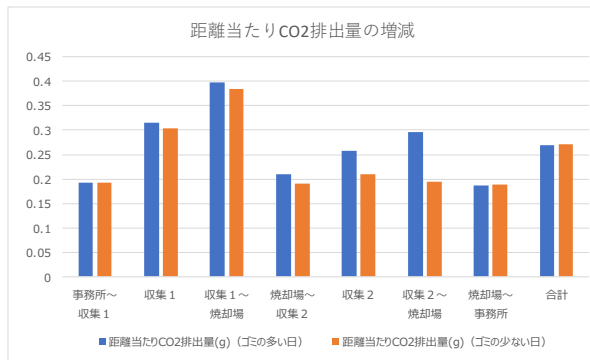
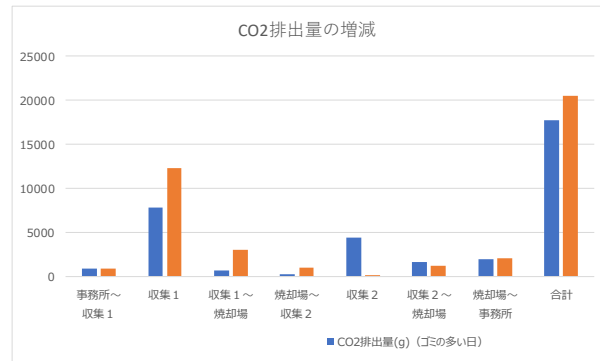
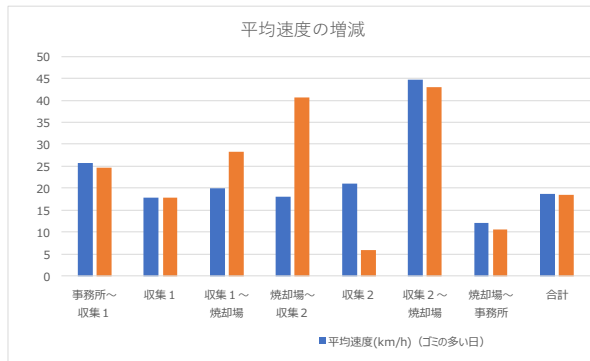
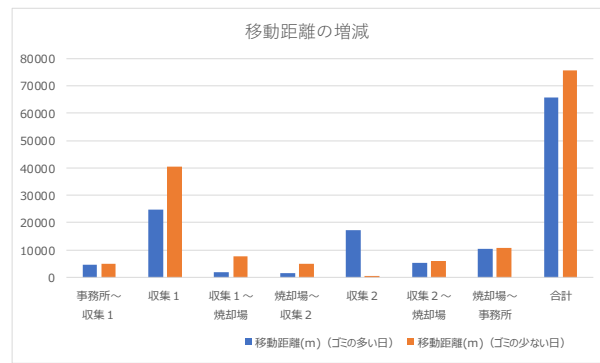
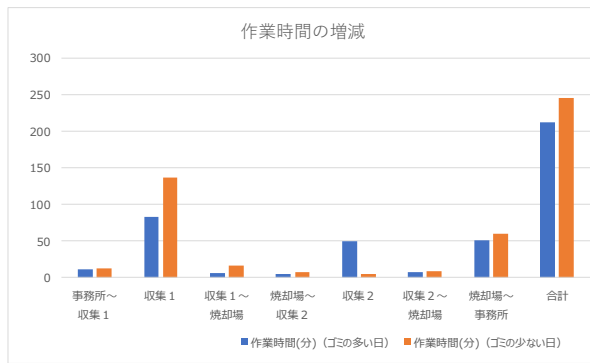


図 4.5. (2)-4 二酸化炭素排出量および作業時間の増減量の事例

4) 2チームでの収集作業を行った事例

三春町で測定した走行データで、現状の二酸化炭素排出量および作業時間を算定した。決められた収集区間において、1回の収集作業で収集できなかった場合に、収集区間の区分けを変更することにより、二酸化炭素排出量および作業時間を現行運用と比較し、増減量を推定する。

決められた収集区間で1回で収集できない場合、1回目で収集出来なかった集積所の対応は、主に次の2パターンで運用されている（図4.5(2)-5）。

- ・ 収集区間の全区間を1チームが単独で収集（方法1）
- ・ 他のチームがサポートして収集（方法2）

三春町の事例では、方法1で対応しているが、方法2で実施した場合を仮定して、仮運用する。

図5.2-4において、収集区間2を他のチームが収集するので、収集区間1を収集したチームは、収集区間1のあとに行った焼却場からは事務所に戻ることになる。他チームは、収集区間2で収集作業を行い、焼却場に行き、事務所に戻るため、図5.2-4 および表5.2-5において焼却場から収集区間2への移動を省略することができる。

焼却場から収集区間2への移動で、移動距離で約5km、作業時間で約8分、二酸化炭素排出量で約1kgを削減することができるかと推定される。

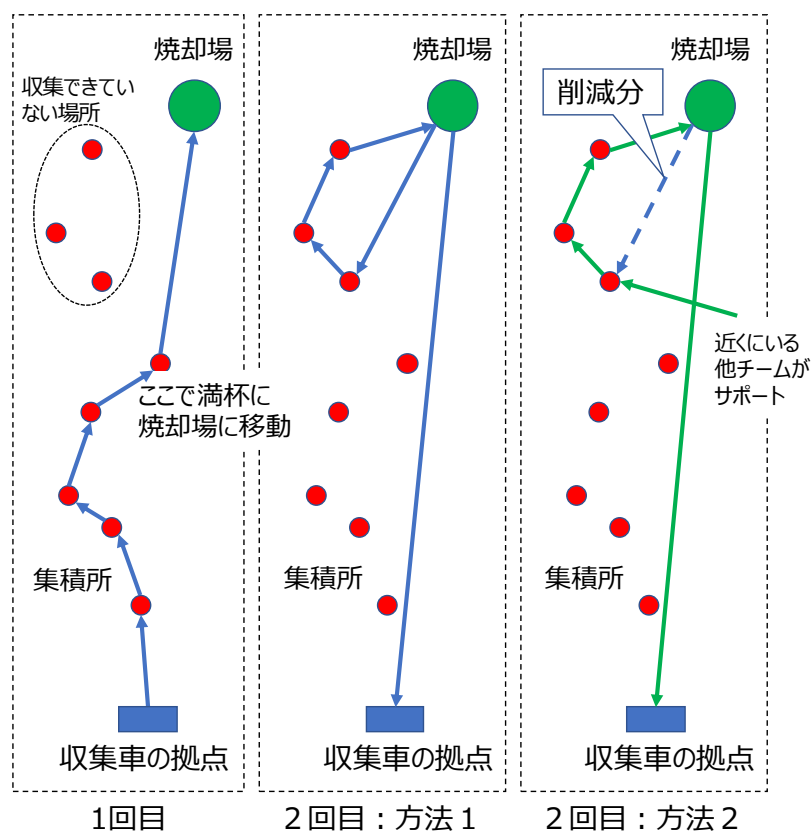


図4.5(2)-5 収集区間を1チームまたは2チームで収集した事例

方法1：収集区間の全区間を1チームが単独で収集

方法2：1回目で収集できなかった集積所を他のチームがサポート

5) 焼却場に近いまた遠い集積所からの収集方法の事例

5.1(1)にて示した通り、二酸化炭素排出量は車両の速度、距離、重量で算定される。ここでは、車両重量の変化による二酸化炭素排出量を算定し、低炭素化および作業効率化の向上を検討する。

三春町のごみの多い曜日（月曜日）の事例を使用し、収集区間2において、焼却場から近いまたは遠い集積場から収集を開始して、収集に伴う重量増加の効果を試算した。現行ルートで、焼却場に近しい集積所から収集作業を行っているために、逆回りで収集した場合で二酸化炭素排出量の算定を行った（表 4.5(2)-5）。逆回りでも速度は同じと仮定しているため、作業時間は同じとした。

焼却場⇒収集区間2⇒焼却場の区間で二酸化炭素排出量は、現行で約 17.7kg、逆回りで約 17.1kg となり、約 0.6kg（約 3.4%）を削減できると推定した。

表 4.5(2)-5 二酸化炭素排出量の増減量の事例
過疎地・ごみの多い日：三春町の事例

	事務所～ 収集 1	収集 1	収集 1～ 焼却場	焼却場～ 収集 2	収集 2	収集 2～ 焼却場	焼却場～ 事務所	合計
作業時間 (分)	11	83	5	7	49	5	51	212
移動距離 (m)	4,783	24,756	1,793	5,388	17,242	1,404	10,283	65,649
平均速度 (km/h)	25.7	17.9	20.0	44.7	21.1	18.1	12.1	18.6
CO2排出 量(g)	919	7,801	715	998	4,265	470	1,929	17,098
距離当たり CO2排出量(g)	0.19	0.32	0.40	0.19	0.25	0.33	0.19	0.26

図 4.5(1)-3 の走行ルートで、収集区間2で逆回りの事例

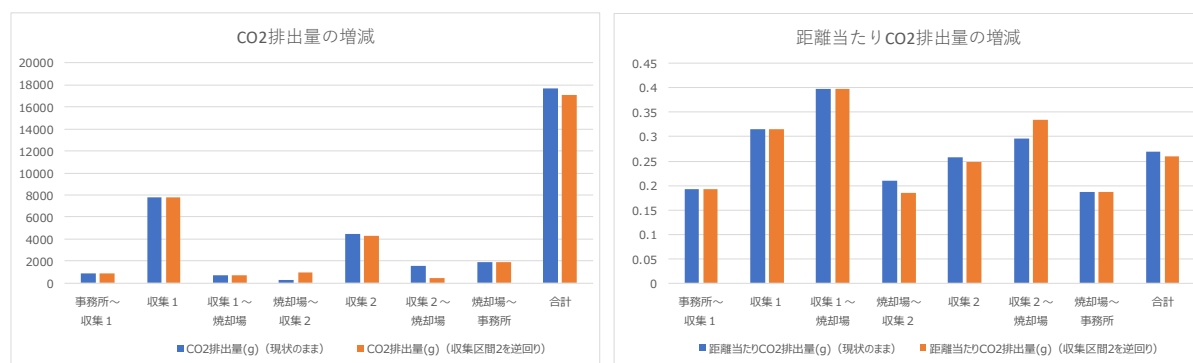


図 4.5(2)-6 実測ルートと収集区間2を逆回りで収集したと仮定したルートにおける事例

5. 低炭素化および効率化の向上のための最適化手法の検討

構築した支援ツールを使用して、調査対象自治体の台帳情報データベースおよび走行データベースのデータを解析することにより、低炭素化および作業効率化の向上の要因分析を行う。

要因分析に基づき、調査対象自治体で得られた走行データを事例データとして、本業務で構築した支援ツールを組合せ、計算条件を変化させて最適化手法を検討する。具体的には、二酸化炭素排出量および作業時間を決定する速度、距離および重量を計算条件として変更することで、低炭素化および効率化の仮運用を行うこととした。

5.1 支援ツールを用いた要因分析

(1) 二酸化炭素排出量算定方法の検討

収集運搬作業に伴って排出される二酸化炭素量は、収集車の燃料の使用に伴って排出される二酸化炭素量とする。収集車の燃料消費を削減することで、低炭素化に結びつける。

1) 燃料使用量からの二酸化炭素量排出量の算定

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量排出量は、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通りである。

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

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。

収集車の走行の効率性は、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。

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

一般的に清掃事業で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。

収集作業では頻繁に加速減速を繰り返す収集区域内の走行のほか、ごみの積込み作業にも燃料を消費する。一方、収集区域から焼却施設等への運搬は、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。

収集運搬業務の低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、課題・改善点の検討を行う必要がある。

2) 瞬間燃料消費量の計算方法

走行区間毎の燃料消費量を算定するためには、瞬間燃料消費量を求める必要がある。瞬間燃費消費量は、エンジン性能によって異なり、エンジンの回転数、軸トルクの影響を受ける。支援ツールによって詳細な走行データを得ることができれば、走路の勾配や渋滞の程度、ごみの蓄積量

などの影響を考慮した分析が可能となることが期待できる。図 5.1(1)-1 は、エンジン燃焼マップと呼ばれるものであり、エンジンの回転数と軸トルクとの関係により、瞬間燃料消費量を算出できるものである。このような関係から瞬間燃料消費量を計算することができると期待できる。

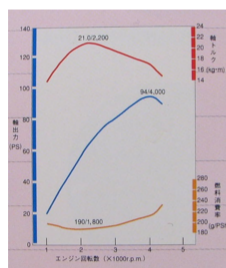
収集作業中の燃費を評価するためには、瞬間燃料消費量の算定し、移動中、作業中における燃費の評価を行う。移動中においては、渋滞、停止、坂の上り下りなどの評価を行えるデータの取得を行う。

■ 瞬間燃料消費量

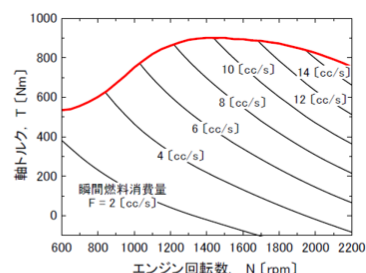
右図「エンジン燃焼マップ」により、エンジン回転数と軸トルクにより算出

■ 軸トルク

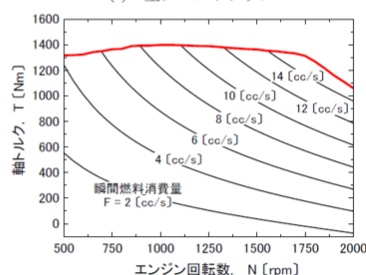
使用するパッカー車のエンジン特性により、エンジン回転数により算出



エンジン性能曲線の例
出典：https://macasakr.sakura.ne.jp/T04TorqueHorsePower.html



(a) 重ダンプトラック



(b) 10t ダンプトラック

エンジン燃焼マップ

出典：平田ほか,土木学会論文集F3(土木情報),Vol.68,No.1,42-57,2012

10

図 5.1(1)-1 エンジン燃焼マップ

3) 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

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（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 5.1(1)-1 車種分類区

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 5.1(1)-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	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
[km/h]	[g/km]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km・t]
5	349.4	295.9	288.7	288.7	461.0	275.5	252.9	128.9
10	258.4	228.9	223.4	223.4	357.1	213.4	195.9	107.6
15	181.7	171.8	167.7	167.7	269.7	161.2	147.9	86.3
20	159.7	153.0	149.3	149.3	242.1	144.7	132.8	79.7
25	140.7	138.4	136.4	136.4	216.2	128.8	119.8	72.6
30	127.6	127.7	126.9	126.9	195.8	117.2	110.1	66.6
35	118.1	119.6	119.7	119.7	179.2	108.2	102.7	61.7
40	111.1	113.3	114.2	114.2	165.5	101.0	97.0	57.7
45	106.0	108.5	110.0	110.0	154.4	95.4	92.7	54.5
50	102.4	105.0	106.9	106.9	145.5	91.0	89.7	52.1
55	100.0	102.5	104.7	104.7	138.6	87.6	87.8	50.4
60	98.6	100.9	103.5	103.5	133.7	85.1	86.9	49.6
65	98.2	100.3	103.2	103.2	130.6	83.5	87.0	49.4
70	98.6	100.6	103.6	103.6	129.3	82.8	88.1	50.1
75	99.9	101.7	104.8	104.8	129.7	82.8	90.1	51.4
80	101.9	103.5	106.7	106.7	131.9	83.5	93.0	53.5
85	104.7	106.2	109.4	109.4	135.7	85.0	96.8	56.3
90	108.2	109.6	112.8	112.8	141.2	87.2	101.5	59.9
95	112.3	113.7	116.9	116.9	148.3	90.0	107.0	64.2
100	117.1	118.6	121.7	121.7	157.1	93.5	113.4	69.2
105	122.6	124.2	127.2	127.2	167.5	97.8	120.7	74.9
110	128.7	130.5	133.4	133.4	179.6	102.6	128.8	81.3

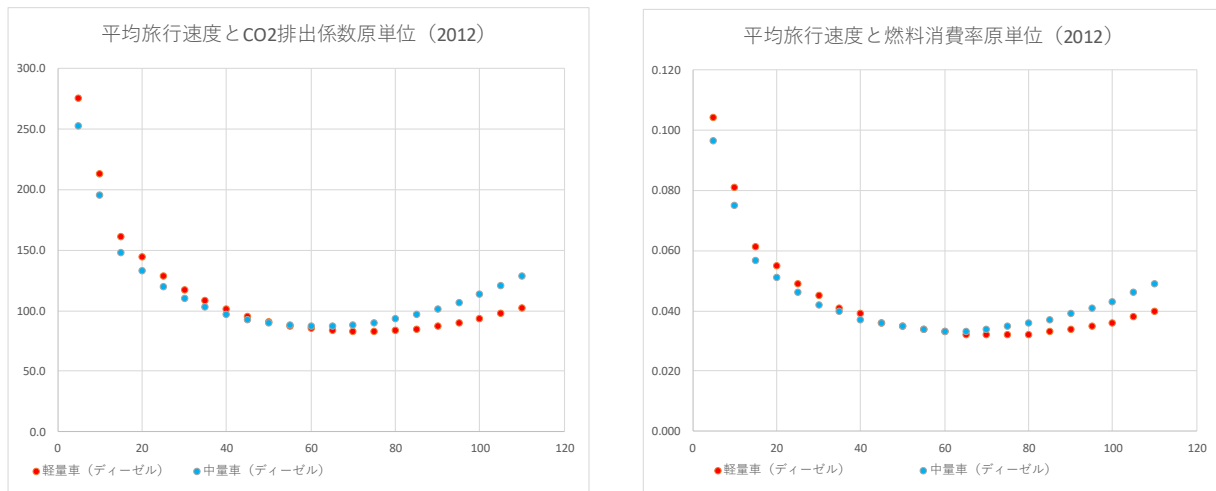
平均旅行速度	ガソリン車				ディーゼル車			
	乗用車	貨物車			乗用車	貨物車		
		軽量車	中量車	重量車		軽量車	中量車	重量車
[km/h]	[g/km]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km]	[g/km・t]	[g/km・t]	[g/km・t]
5	0.149	0.127	0.129	0.129	0.176	0.104	0.097	0.051
10	0.110	0.098	0.100	0.100	0.137	0.081	0.075	0.043
15	0.077	0.073	0.075	0.075	0.104	0.061	0.057	0.035
20	0.068	0.066	0.067	0.067	0.093	0.055	0.051	0.032
25	0.060	0.060	0.061	0.061	0.083	0.049	0.046	0.029
30	0.054	0.055	0.057	0.057	0.075	0.045	0.042	0.027
35	0.050	0.051	0.053	0.053	0.068	0.041	0.040	0.025
40	0.047	0.049	0.050	0.050	0.063	0.039	0.037	0.023
45	0.045	0.047	0.048	0.048	0.059	0.036	0.036	0.022
50	0.044	0.045	0.047	0.047	0.055	0.035	0.035	0.021
55	0.043	0.044	0.046	0.046	0.053	0.034	0.034	0.020
60	0.042	0.043	0.046	0.046	0.051	0.033	0.033	0.020
65	0.042	0.043	0.046	0.046	0.050	0.032	0.033	0.019
70	0.042	0.043	0.047	0.047	0.049	0.032	0.034	0.020
75	0.043	0.044	0.049	0.049	0.049	0.032	0.035	0.020
80	0.043	0.045	0.050	0.050	0.050	0.032	0.036	0.021
85	0.045	0.046	0.053	0.053	0.052	0.033	0.037	0.022
90	0.046	0.048	0.056	0.056	0.054	0.034	0.039	0.023
95	0.048	0.050	0.059	0.059	0.056	0.035	0.041	0.025
100	0.050	0.052	0.063	0.063	0.060	0.036	0.043	0.027
105	0.052	0.055	0.067	0.067	0.064	0.038	0.046	0.029
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 5.1(1)-2 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 20km/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 5.1(1)-2 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

4) 本年度業務における算定方法

本年度は、装着した車載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「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)」の排出係数原単位を用いて、二酸化炭素排出量を算定した。

なお、原単位については、収集車両や収集方法によって大きくばらついていることが想定される。今後のデータの蓄積により、燃料給油データから算定される給油日と次の給油日の間での燃料消費量との突合および補正が必要となるため、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通りである。

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

ここで、二酸化炭素排出係数原単位は、調査対象自治体の収集車の車両重量とごみ積載量の和がおおむね2～4tであることから、表 5.1(1)-2 に示す 2010 年式のディーゼル貨物車（中量車）の原単位を回帰式による補正を行い、算出した。

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・燃料消費率とに比例関係があるため、ごみの積載量を加味して車両重量およびごみ積載量の和で算定することとした。

(2) 収集運搬作業における作業効率化・低炭素化の特徴およびモデル化

1) 作業効率化・低炭素化のモデル

収集作業を行う収集区間および収集区間以外の移動区間で、速度、作業時間、距離、車両重量＋ごみ積載の項目について、違いが認められる。移動区間および収集区間に分割して、収集運搬作業における移送距離、速度、重量に分けて、作業効率化・低炭素化の改善を検討する。

- ・ 市街地の作業効率化・低炭素化には、移動区間距離($X1 \cdot X3$)の削減と移動区間速度($V1 \cdot V3$)アップが重要
- ・ 過疎地の作業効率化・低炭素化には、作業効率化・低炭素化には、全区間で距離の短縮と速度アップが重要
- ・ 移動距離 ($X1 \sim X3$) は、効率的なルート検討により、短くなる可能性があり
- ・ 移動距離の速度 ($V1 \cdot V3$) は、法定速度、渋滞などの影響があり、現状と大きな変更は困難
- ・ 夜間収集で、渋滞・信号の営業が減少すると、全区間で高速化の可能性があり
- ・ 収集区間の速度 ($V2$) は、移動区間の速度 ($V1 \cdot V3$) より低速で、 $V2$ を高速化 (集積所統合等) により効果を期待できる
- ・ $X1 \cdot X3$ が、 $X2$ と比較してかなり大きい場合は二酸化炭素排出量の削減は難しい
($\Rightarrow$ 集積所の削減や収集区間のルートを変更しても効果が低い)
- ・ 重量が増加する $W3$ の移動距離 ($X3$) が減少すると、二酸化炭素排出量の削減を期待できる

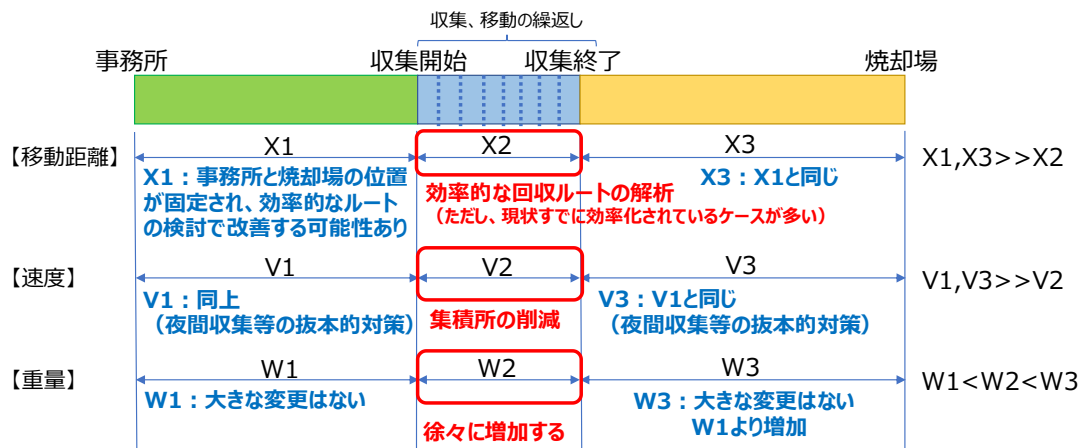


図 5.1 (2)-1 収集運搬作業における作業効率化・低炭素化のモデル

2) 作業効率化・低炭素化のモデルで想定される削減効果

市街地および過疎地において、作業効率化および低炭素化の評価を行う。市街地 (図 5.1(2)-2) および過疎地 (図 5.1(2)-3) において、事務所から収集区間を回り焼却場でごみを廃棄し、事務所に戻るルートについて作業効率化および低炭素化を算定する。

次の2つの条件で作業効率化および低炭素化の削減効果を検討する。

- ・ 速度アップによる効果の算定
事務所から近い集積所から収集作業を開始する。速度を全区域で10%アップして作業効率化および低炭素化の削減効果を算定する。
- ・ 収集車の車両重量とごみ重量による効果の算定
焼却場から近い集積所から収集を開始する条件と、焼却場に遠い集積所から収集から収集を開始する条件で、低炭素化の削減効果を算定する。

① 速度アップによる効果の算定

図 5.1(2)-2 および図 5.1(2)-3 に示す市街地と過疎地において、焼却場から近い集積所から収集作業の開始をするルート、すなわち赤い矢印で示したルート（以下、「赤のルート」という）を走行して、表に示す速度で走行したと仮定し他場合の作業時間とおよび二酸化炭素排出量を算定した。事例から想定される速度とさらに 10%速度アップした場合の作業時間と二酸化炭素量を算定した。結果を表 5.1(2)-1～表 5.1(2)-4 および図 5.1(2)-4～図 5.1(2)-7 に示す。

市街地および過疎地において、全区間において速度を 10%アップすると、作業効率化約 9%、低炭素化約 6%の向上を推定する。

② 収集車の車両重量とごみ重量による効果の算定

移動区間および収集区間で収集車両の速度がそれぞれ同じで、収集ルートを変えることで、収集したごみ重量の変化によって、二酸化炭素量排出量を算定した。二酸化炭素量排出量は、速度および移動距離だけではなく、車両重量とごみ積載量の重量にも比例する。図 5.1(2)-2 および図 5.1(2)-3 の赤のルート、すなわち焼却場から近い集積所から収集作業を開始するルートと、焼却場から遠い集積所から収集作業を開始するルート、すなわち緑の矢印で示したルート（以下、「緑のルート」という）の二酸化炭素排出量の比較を行った。結果を表 5.1(2)-5 および表 5.1(2)-6 に示す。

赤のルートから緑のルートに変更すると、事務所から収集区間の車両重量とごみ重量は 2t で、距離が長くなるので二酸化炭素排出量は増加する。一方、収集区間から焼却場への移動区間では、車両重量とごみ重量は 4t で、走行距離が短くなるので、二酸化炭素排出量が大幅に削減できる。全走行区間で二酸化炭素排出量は約 25%の削減を期待できる（表 5.1(2)-5 および表 5.1(2)-6）。ただし、ルートを変更しても、全走行区間の距離と平均速度は同じなので、全走行区間の作業時間は同じになる。図 5.1(2)-8 および図 5.1(2)-9 を参照。

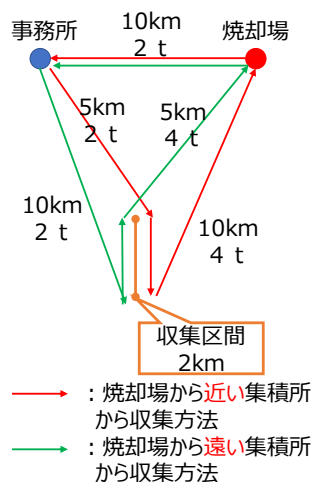


図 5.1(2)-2 市街地を想定した収集ルート
移動区間が長く、収集区間が短い
ルートを設定

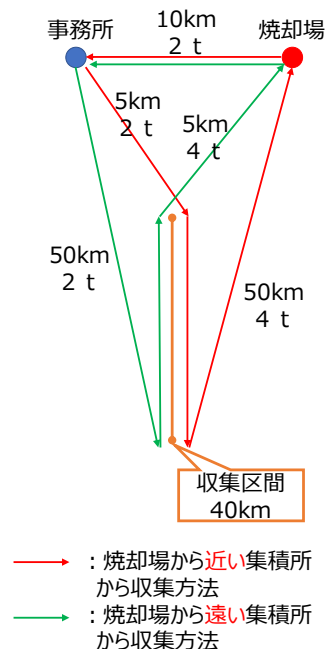


図 5.1(2)-3 過疎地を想定した収集ルート
移動区間が長く、収集区間がさらに長い収集区間のルートを設定

表 5.1(2)-1 市街地の事例において
作業時間と二酸化炭素量排出の算定値

	事務所～ 収集区間	収集区間	収集区間 ～焼却場	焼却場～ 事務所	全区間
作業時間(分)	20	24	40	40	124
距離(m)	5,000	2,000	10,000	10,000	27,000
平均速度 (km/h)	15.0	5.0	15.0	15.0	13.1
車両重量と ごみの重量(t)	2.0	2.0⇒4.0	4.0	2.0	－
CO2排出量	1,479	1,517	5,918	2,959	11,873
距離当たり CO2排出量	0.30	0.76	0.59	0.30	0.44

図 5.1(2)-2 の赤のルートで算定

表 5.1(2)-2 過疎地の事例において
作業時間と二酸化炭素量排出の算定値

	事務所～ 収集区間	収集区間	収集区間 ～焼却場	焼却場～ 事務所	全区間
作業時間(分)	15	160	150	30	355
距離(m)	5,000	40,000	50,000	10,000	105,000
平均速度 (km/h)	20.0	15.0	20.0	20.0	17.7
車両重量と ごみの重量(t)	2.0	2.0⇒4.0	4.0	2.0	－
CO2排出量	1,328	17,753	26,560	2,656	48,297
距離当たり CO2排出量	0.27	0.44	0.53	0.27	0.46

図 5.1(2)-3 の赤のルートで算定

表 5.1(2)-3 市街地の事例において
速度 10%アップによる作業時間と
二酸化炭素排出量の算定値

	事務所～ 収集区間	収集区間	収集区間 ～焼却場	焼却場～ 事務所	全区間
作業時間 (分)	18	22	36	36	113
距離(m)	5,000	2,000	10,000	10,000	27,000
平均速度 (km/h)	16.5	5.5	16.5	16.5	14.4
車両重量と ごみの重量(t)	2.0	2.0⇒4.0	4.0	2.0	－
CO2排出量(g)	1,389	1,485	5,555	2,777	11,206
距離当たり CO2排出量	0.28	0.74	0.56	0.28	0.42
作業時間 削減割合	9%	9%	9%	9%	9%
CO2削減量(g)	91	33	363	181	667
CO2削減割合	6%	2%	6%	6%	6%

図 5.1(2)-2 の赤のルートで算定

表 5.1(2)-4 過疎地の事例において
速度 10%アップによる作業時間と
二酸化炭素排出量の算定値

	事務所～ 収集区間	収集区間	収集区間 ～焼却場	焼却場～ 事務所	全区間
作業時間 (分)	14	145	136	27	323
距離(m)	5,000	40,000	50,000	10,000	105,000
平均速度 (km/h)	22.0	16.5	22.0	22.0	19.5
車両重量と ごみの重量(t)	2.0	2.0⇒4.0	4.0	2.0	－
CO2排出量	1,272	16,665	25,437	2,544	45,917
距離当たり CO2排出量	0.25	0.42	0.51	0.25	0.44
作業時間 削減割合	9%	9%	9%	9%	9%
CO2削減量(g)	56	1,088	1,123	112	2,379
CO2削減割合	4%	6%	4%	4%	5%

図 5.1(2)-3 の赤のルートで算定

表 5.1(2)-5 市街地の事例において
走行ルートの変更による二酸化炭素量の算定値

	事務所～ 収集区間	収集区間	収集区間 ～焼却場	焼却場～ 事務所	全区間
作業時間 (分)	40	24	20	40	124
距離(m)	10,000	2,000	5,000	10,000	27,000
平均速度 (km/h)	15.0	5.0	15.0	15.0	13.1
車両重量と ごみの重量(t)	2.0	2.0⇒4.0	4.0	2.0	－
CO2排出量(g)	2,959	1,517	1,479	2,959	8,914
距離当たり CO2排出量	0.30	0.76	0.30	0.30	0.33
CO2削減量(g)	-1,479	0	4,438	0	2,959
CO2削減割合	-100%	0%	75%	0%	25%

図 5.1(2)-2 の緑のルートで算定

表 5.1(2)-6 過疎地の事例において
走行ルートの変更による二酸化炭素量の算定値

	移動区間	収集区間	収集区間 ～焼却場	焼却場～ 事務所	全区間
作業時間 (分)	150	160	15	30	355
距離(m)	50,000	40,000	5,000	10,000	105,000
平均速度 (km/h)	20.0	15.0	20.0	20.0	17.7
車両重量と ごみの重量(t)	2.0	2.0⇒4.0	4.0	2.0	－
CO2排出量(g)	13,280	17,753	1,328	2,656	35,017
距離当たり CO2排出量	0.27	0.44	0.27	0.27	0.33
CO2削減量(g)	-11,952	0	25,232	0	13,280
CO2削減割合	-900%	0%	95%	0%	27%

図 5.1(2)-3 の緑のルートで算定

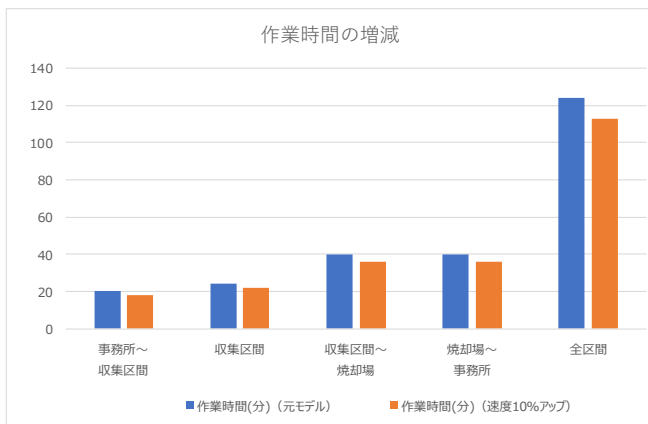


図 5.1(2)-4 市街地の事例において
速度 10%アップによる作業時間削減
全工程で 9%の削減

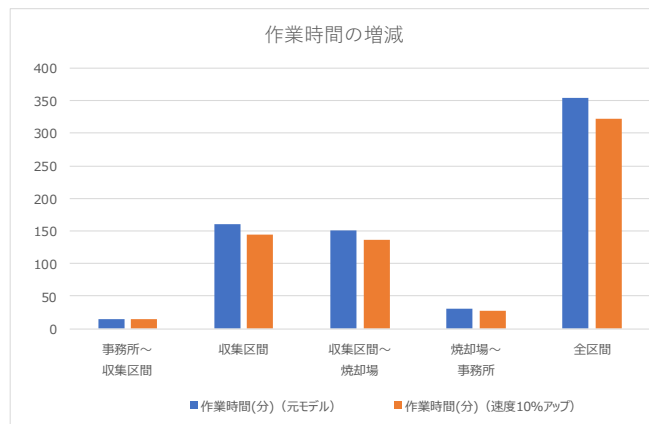


図 5.1(2)-5 過疎地の事例において
速度 10%アップによる作業時間削減
全工程で 9%の削減

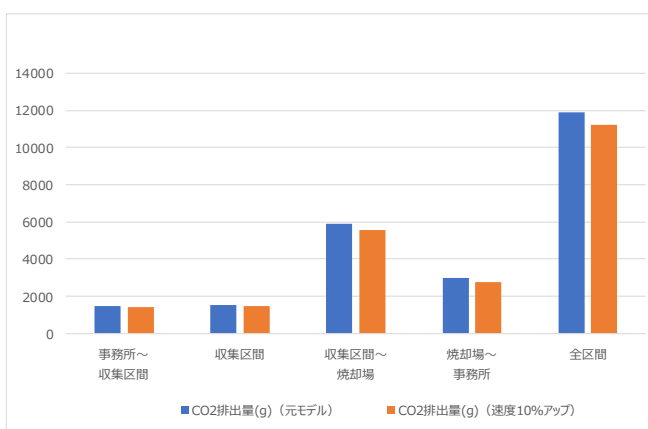


図 5.1(2)-6 市街地の事例において
速度 20%アップによる二酸化炭素排出量の削減
全工程で 6%の削減

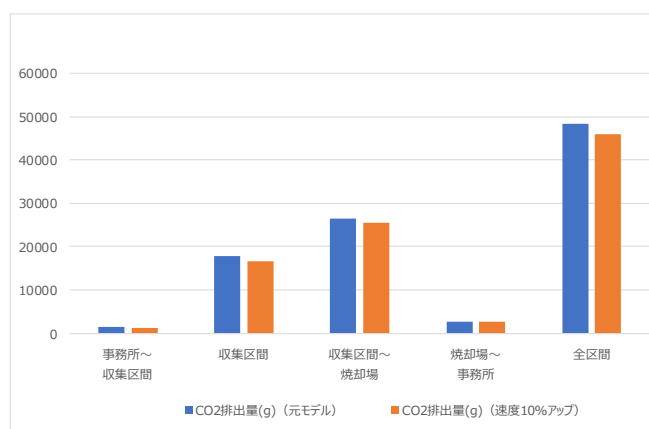


図 5.1(2)-7 過疎地の事例において
速度 20%アップによる二酸化炭素排出量の削減
全工程で 5%の削減

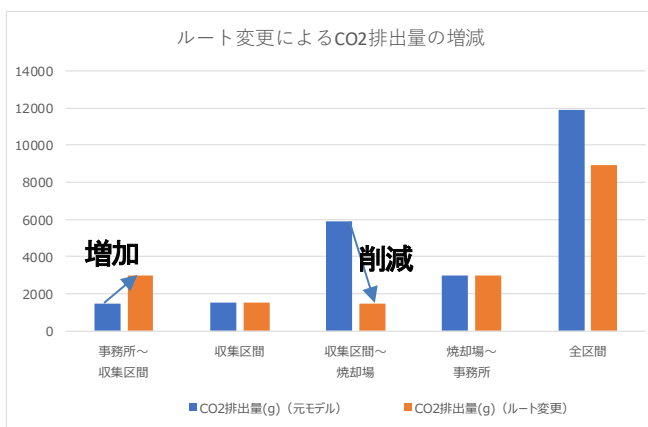


図 5.1(2)-8 市街地の事例において
走行ルートの変更による二酸化炭素排出量の削減
全工程で 25%の削減

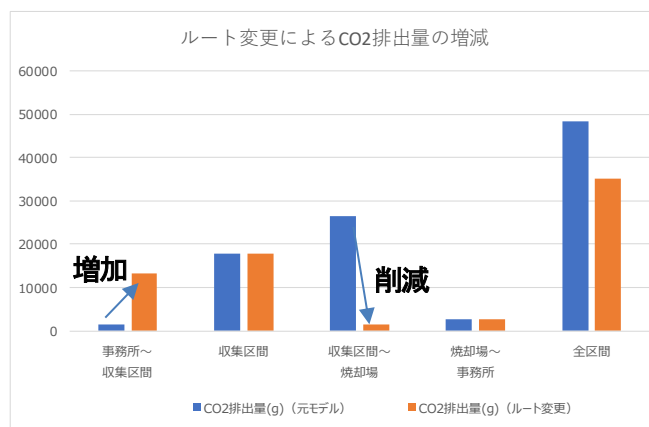


図 5.1(2)-9 過疎地の事例において
走行ルートの変更による二酸化炭素排出量の削減
全工程で 26%の削減

5.2 各調査対象自治体における作業効率化・低炭素化のモデル化および改善案の検討

各調査対象自治体において、収集運搬作業の作業効率化・低炭素化の改善案を検討した。

1) 市街地（三郷市・松山市）

- ・ 収集区間では低速になり、効率化・低炭素化は悪化傾向
- ・ 移動区間より距離が短い場合が多い
- ・ 市街地は、渋滞などでV1,V3が低い可能性もある
- ・ X2が、X1・X3よりかなり短くなる傾向があり、T2・C2はT1・T3,C1・C3より少ない
- ・ 作業効率化・低炭素化には、移動区間距離(X1・X3)の削減と移動区間速度(V1・V3)アップが重要

2) 市街地・個別収集（町田市）

- ・ 三郷市・松山市(市街地)と類似
- ・ 個別収集であるため、収集区間の速度(V2)は三郷市・松山市よりさらに低速で、効率化・低炭素化はさらに悪化傾向
- ・ 収集区間での速度(V2)と距離(X2)の関係で、効率化・低炭素化に向けた改善の検討が必要

3) 過疎地（松山市・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・低炭素化には、全区間で距離の短縮と速度アップが重要

4) 過疎地・個別収集（石垣市）

- ・ 収集区間の距離(X2)が、移動区間の距離 (X1,X3)より長くなる傾向
- ・ 個別収集であるため、収集区間の速度(V2)は移動区間より低速で、効率化・低炭素化は悪化傾向
- ・ 作業効率化・低炭素化には、収集区間で距離の短縮と速度アップが重要

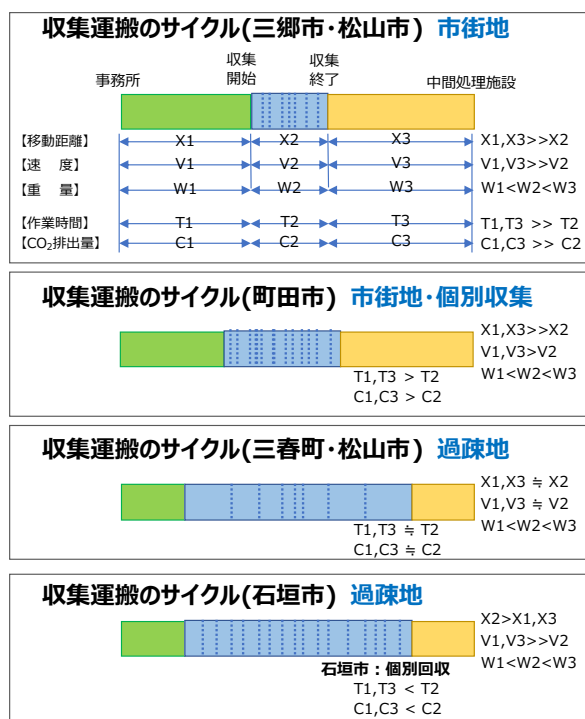


図 5. 2-1 調査対象自治体における作業効率化・低炭素化のモデル化

6. 今後の検討方針

低炭素化および作業効率化の実現に向けた収集運搬業務の課題に対応し、作業効率化・低炭素化を実現する上で有効な支援ツールの概要を表4.1-1に示し、各支援ツールの機能などを4.2～4.4に記載した。また、支援ツールの構成案（構想）を図6-1に示す。

本業務において、一部の支援ツールを構築し、仮運用により支援ツールの評価を行い、課題などをまとめた。次年度以降において、支援ツールの改良、追加構築の支援ツールなどをまとめる。

表 6-1 支援ツールの改良概要

支援ツール名称	改良概要	備考
(1)情報管理支援ツール		
①走行データ収集 ツール	・データサンプリング時間を1分程度の機器を想定した走行データの収集	
②維持管理データ更新 ツール	・プロトタイプシステムを使用した、操作性の検証 ・使用後のヒアリングなどで、改良店の抽出と改良	
③業務管理支援ツール	・各メーカーが販売する専用ソフトウェアを調査し、ユーザの必要とする機能、走行データファイル出力機能の確認	
(2)情報監視支援ツール		
①車両位置確認ツール	・各メーカーが販売する専用ソフトウェアを調査し、走行データファイル出力機能の確認 ・各メーカーのデジタルタコグラフの活用検討 ・リアルタイムでの車両走行状況が把握	
②燃料消費量確認 ツール	・二酸化炭素排出量から燃費消費量を算定し、給油燃料との比較、経済性の検討を支援する機能の再構築	
③集積所状況確認 ツール	・ゴミの散乱状況を認識する機能 ・ごみ排出量の確認支援ツールの構築	
④収集・積載状況確認 ツール	本業務では構築していない。次年度に構築予定。 ・動画データから収集作業状況からごみ収集量、収集車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収集ルート検索支援 ツール	・二酸化炭素排出量の算定方法の再検討結果を考慮して、収集ルート検索支援ツールの再構築	
②燃料消費量解析 ツール	・速度、エンジン回転数、加速度などのデータを活用した二酸化炭素排出量、燃料消費量の解析機能の再構築	
③集積所統廃合検討支援ツール	本業務では構築していない。次年度に構築予定。 ・人口(性別・年齢)分布から排出されるごみ量の推定 ・推定したごみ量から集積所の箇所数と配置の検討を支援する機能	
④収集ブロック再編検討支援ツール	本業務では構築していない。次年度に構築予定。 ・収集ルート検索支援ツールと連動して、集積所のブロック化の検討を支援する機能	

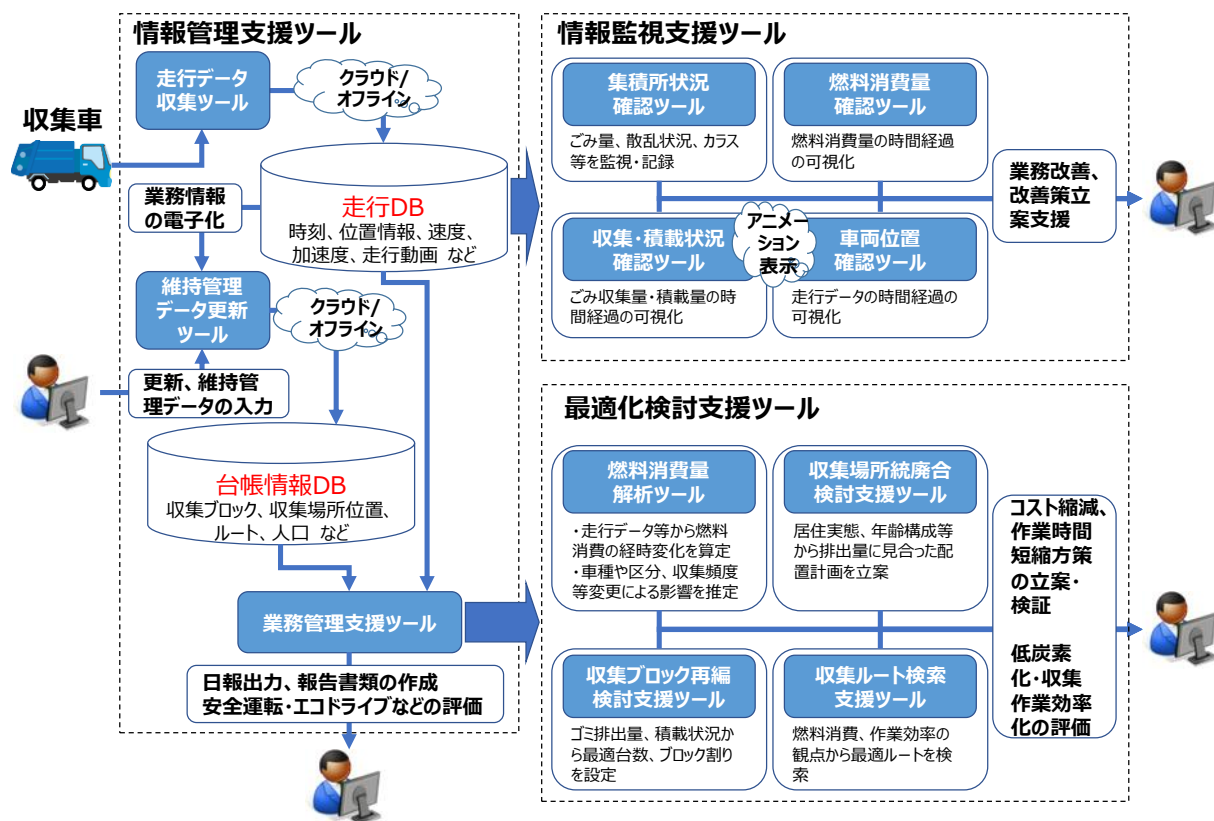


図 6-1 支援ツールの構成案（構想）

6.1 構築した支援ツールの改良・構築項目

表 4.1-1 および図 6-1 に示した支援ツールのうち、本業務で構築した支援ツールについては、4 章にまとめた。本業務で支援ツールを構築したが、仮運用の検証により改良の必要な箇所あり、改良項目をまとめる。

（１）調査対象自治体の基本情報の整備

自治体ごとに表 3.1-2 に示した基本情報（集積所、処理施設、燃料給油、車両、地形など）を収集した。一部のデータは、紙資料にも整備されていない情報があり、次年度以降も引き続き、収集、電子化が必要である。下記の 2 項目は低炭素化、作業効率化には特に必要な情報である。

- ・ 集積所

収集ルートを検討、評価するための基礎データである。住民の要望で数か月単位に追加、移動、廃止されているため、頻繁に整備が必要である。自治体の多くが、紙資料で管理している。電子化、データベース化が必要である。

- ・ 燃料給油

2 日・3 日に 1 回の割合で燃料の給油が行われている。燃料給油した日の間で走行した距離と合わせて、平均消費燃費、二酸化炭素の平均排出量を算定することができる（5.1(1)1）。平均的な値であるが、5.1(1)3 平均旅行速度別原単位を用いた二酸化炭素排出量等の検証のデータとして重要である。

燃料給油情報は、給油日、燃料給油量が必要であり、紙資料で整備されているため、適宜、収集し、電子化を行う。委託業者の一部では、整理していない、月単位の燃料給料量のみの管理をしている場合があり、走行データを収集しているすべての車両を対象に収集することは困難である。

(2) 情報管理支援ツール

① 走行データ収集ツール

市販のデジタルタコグラフを使用した走行データ収集支援ツールである。今年度では、サンプリング時間が1秒の矢崎エナジーシステムの機器を使用した。本機器は、サンプリング時間が短く、走行データを密に収集することができるため、ごみ収集作業時間や走行ルートを精度よく取得することが可能である。課題としては、高価であることがあげられる。

次年度では、安価なデジタルタコグラフを使用した場合、低炭素化・作業効率化の効果を検証を行う必要がある。例えば、安価なデジタルタコグラフは、データサンプリング時間が1分程度の機器がある。この機器の使用を想定した低炭素化・作業効率化の効果の検証を行う。

② 維持管理データ更新ツール

台帳情報データベースのデータを入力、編集する機能である。GIS 機能をベースとして構築し、CAD のような操作を求められる。GIS ソフトウェアを日常業務で使用している一部の自治体では、操作性に問題がないと想定される。一方、GIS ソフトウェアを日常業務で使用していない自治体や委託業者については、支援ツールのプロトタイプなどを使用していただき、ヒアリングなどで改良を行う必要がある。

③ 業務管理支援ツール

市販のデジタルタコグラフで収集した走行データを解析、表示等の機能は、メーカーごとの専用ソフトウェアであり、ユーザの必要とする機能がない可能性が高い。次年度では、専用ソフトウェアの仕様を確認する必要がある。専用ソフトウェアの改良を行う場合、各メーカーに改良依頼を行うことになり、メーカーによっては対応しない場合が想定される。そのために、専用ソフトウェアから走行データを汎用データ形式（例えば、CSV ファイル形式）で出力し、二酸化炭素排出量や作業時間などの集計、解析データをする必要がある。

次年度では、各メーカーが販売する専用ソフトウェアに対して、ユーザの必要とする機能、走行データファイル出力機能の確認を行う。

(3) 情報監視支援ツール

① 車両位置確認ツール

複数車両の走行データ DB のデータを読み込むことで、各車両の走行状況を確認することができるツールを構築した。時間経過とともに変化する二酸化炭素排出量（時間ごと、累積）と合わせて、車両位置を確認できる。ただし、以下の事項が課題である。

入力データは、矢崎エナジーシステムのデジタルタコグラフより集約された1秒ごとのデータを読み込むため、データレコード数はかなり多く、データ取得を行うと時間を要する。

本ツールを利用するユーザは自治体職員を想定している。クライアント PC のスペックは高スペックではない場合、走行分布をアニメーションした際の負荷が大きくなる可能性が高い。このため、任意の時間間隔で間引き表示するなどの処理を追加する必要があると思われる。

本業務においては一度収集した走行データを読み込むことで車両位置を確認することができるが、リアルタイムでの車両走行状況が把握できることが望まれる。次年度では、本業務で採用したデジタルタコグラフから直接データを読み込むことができないか、他社製品を採用した際にそのデータを読み込むことができないかを検討する必要がある。

② 燃料消費量確認ツール

複数車両の走行データ DB のデータを読み込むことで、各車両の走行状況を確認することができるツールを構築することができた。時間経過とともに変化する二酸化炭素排出量（時間ごと、累積）を確認することができる。

二酸化炭素排出量から燃費消費量を算定し、給油燃料との比較、経済性の検討を支援する機能が必要である。

③ 集積所状況確認ツール

集積所のごみの散乱は、ごみ収集に手間や清掃などの作業が増えて、作業効率化の低下につながる。ごみ散乱の実績のある集積所では、ごみを散乱しないような工夫、網掛け、ボックスの設置などを住民に依頼する必要がある。本業務では、カラスの出没情報を収集できるように構築した。集積所のごみ散乱の可能性としての基礎データを収集できるようになった。

次年度では、ドライブレコーダで取得した画像を活用して、カラスの出没認識だけでなく、ごみ散乱の認識を支援するツールの構築を行う必要がある。そのためには、ごみ散乱の教師データの収集が重要で、次年度にはドライブレコーダのデータからごみ散乱画像を収集する必要がある。

(4) 最適化検討支援ツール

① 収集ルート検索支援ツール

本年度業務では、収集ブロック内の集積所を指定すると、最短距離の検索支援ツールを構築した。走行データから移動区間、収集区間での二酸化炭素排出量が異なることが判明した。走行データを多く蓄積し、走行区間での二酸化炭素排出量のパターン化を検討、構築する必要がある。

二酸化炭素排出量の算定方法の再検討結果を考慮して、収集ルート検索支援ツールの再検討、改良を行う必要がある。

② 燃料消費量解析ツール

二酸化炭素排出量の算定方法を 5.1(1)に示す。燃料使用量からの二酸化炭素量排出量の算定では、平均消費燃費、平均二酸化炭素排出量を算定することができるが、移動区間、収集区間の詳細な二酸化炭素排出量を算定することができない。一方、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では、速度、移動距離、重量で移動区間、収集区間の詳細な二酸化炭素排出量を算定可能であるが、相対的な値である。

走行データとして、1秒単位の世界、エンジン回転数、加速度などのデータを取得できている。これらのデータを活用した二酸化炭素排出量の算定手法の検討、支援ツールの改良が必要である。

6.2 追加構築の支援ツール

表 4.1-1 および図 6-1 に示した支援ツールのうち、構築できていないツールは次の通りである。本支援ツールについては、来年度以降に構築する必要がある。

- ・ 収集・集積情報確認ツール
- ・ 集積所統廃合検討支援ツール
- ・ 収集ブロック再編検討支援ツール

(1) 情報監視支援ツール

① 収集・積載状況確認ツール

走行画像から収集した集積所毎のごみ収集量を推定し、台帳情報データベースにごみの排出量を登録、管理する機能である。図 6.2-1 および図 6.2-2 に機能概要を示す。

集積所毎のごみ排出量は、収集車が収集可能な範囲を推定し、収集ブロックの再編集の基礎データになる。また、リアルタイムに集積所毎のごみ排出量を把握することができれば、収集作業中に、収集車両に積載しているごみ量を時間経過とともに推定することができるようになる。収集車それぞれの搭載残量を推定し、未回収の集積所についてどの車両がどこの集積所に回るなど収集方法の判定の基礎資料となる。

収集ルート of 最適化検討では、収集区間の区分け（収集ブロック分け）が重要となる。収集車両に積載できるごみの量により収集できる範囲が決まり、集積所に排出されたごみの量によって、収集ルートは日によってまちまちなる。収集の運用ルールには、収集車に積載量のいっぱいまでに集積所を回り、焼却場に運搬し、取り残した集積所に戻る方法がある。この方法では、5.5(2)3) で示した通り、低炭素化、作業効率化の悪化する場合がある。

ごみ排出量を収集作業の前に把握し、最適な収集ルートを策定することで、低炭素化、作業効率化につながる。集積所にごみの重量、体積を計測する IoT 化されたセンサーを設置（図 6.2-2）し、ごみ排出量の把握を行う必要がある。

機能概要	・ 動画データから収集作業状況からごみ収集量を推定する機能 ・ 集積毎の収集ごみ量を集計して、収集車に積載しているごみの量を推定する機能 ・ IoT センサーを使用して集積所にごみ排出量を監視する機能	
使用データ	走行データベース ・ 走行動画（ドライブレコーダで取得したデータ）	
出力・表示データ	・ 集積所毎の収集したごみの個数 ・ ごみの個数から集積所毎のごみ排出量 ・ 収集車両に積載しているごみ量	
通信ネットワーク技術	LTE 通信技術	IoT 重量センサー
重量センサー	ごみ排出量を観測する IoT センサー	
データ集計・解析技術	GIS 技術	市販 GIS ソフトウェア
備考		

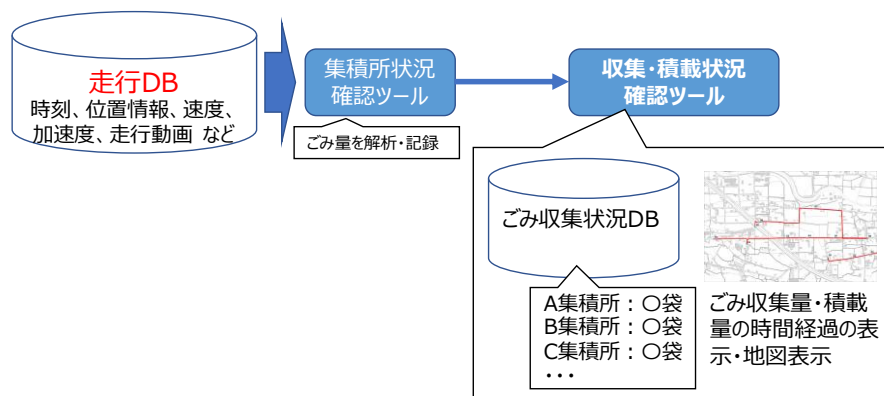


図 6. 2-1 収集・積載状況確認ツールの構成図

走行動画からごみ収集量を推定、集積所毎にごみ量のデータベース化
収集車両に積載しているごみ量を時間経過とともに推定

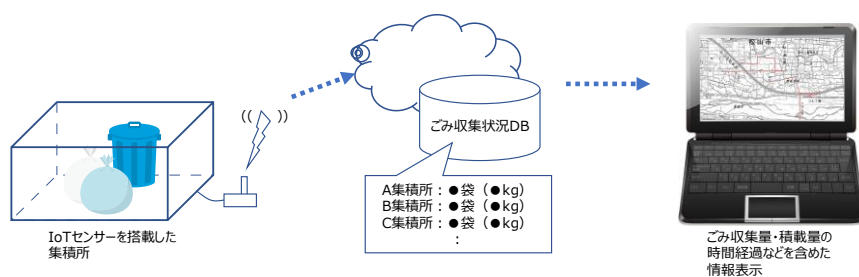


図 6. 2-2 スマート集積所の構成図

IoT センサーを使用して集積所にごみ排出量を監視

(2) 最適化検討支援ツール

① 集積所統廃合検討支援ツール

人口（性別・年齢）分布から排出されるごみ量の推定し、集積所の箇所数と配置の検討を支援する機能である。図 6.2-3 に機能概要を示す。維持管理データ編集ツールと連携して、集積所の配置入力、修正、削除を行う。集積所を適切に配置するための基礎データを作成することができる。

集積所状況確認ツールおよび収集・積載状況確認ツールと連動して、集積所に排出されるごみ量のデータを解析して、人口（性別・年齢）分布からごみ排出量の算定方法を検討し、ごみ排出量を推定するツール（ごみ排出量推定支援ツール）を構築する。

機能概要	- 人口（性別・年齢）分布から排出されるごみ量の推定 - 推定したごみ量から集積所の箇所数と配置の検討を支援する機能 - 集積所の配置入力、修正、削除機能 - メッシュ情報（人口分布、推定ごみ量）、集積所位置を地図上表示機能	
使用データ	走行データベース 人口（性別・年齢）分布データ（メッシュデータ）	
出力・表示データ	- メッシュ単位の推定ごみ量 - 集積所の推定箇所数 - メッシュ情報（人口分布、推定ごみ量）、配置を検討した集積所位置図	
データ集計・解析技術	- GIS 技術（位置情報・属性情報修正） - メッシュ情報（人口分布、推定ごみ量）の解析 - 集積所の個数、配置解析支援	市販 GIS ソフトウェア
備考		

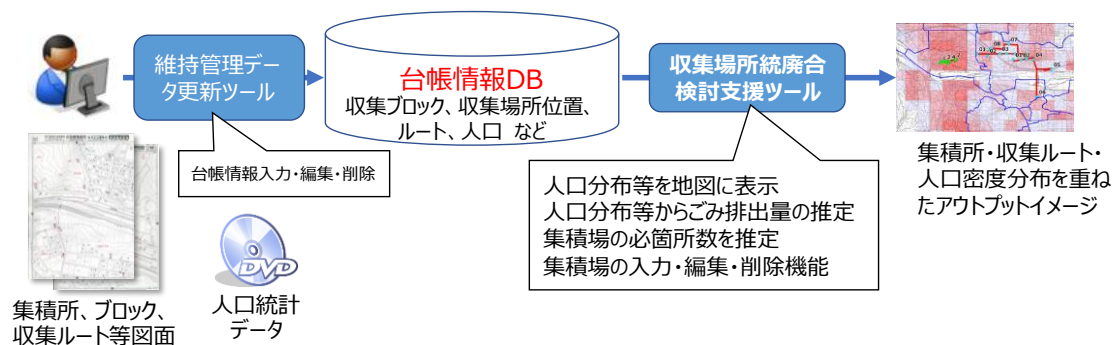


図 6.2-3 集積所統廃合検討支援ツールの構成図

人口（性別・年齢）分布から排出されるごみ量を推定し、
集積所の配置検討を支援する機能

② 収集ブロック再編検討支援ツール

集積所分布位置、集積所に排出される推定ごみ量、収集単位（学区、隣保など）などを組合せ、収集ブロック再編の検討を支援する。支援ツールと連携して、収集ブロックを指定して、低炭素化、作業効率化の検討を行うことができる機能である。

機能概要	- 収集ルート検索支援ツールと連動して、集積所のブロック化の検討を支援する機能 - 集積所の位置情報をもとに、維持管理データ更新ツールを使用して、収集ブロックを設定 - 収集ルート検索支援ツールと連動して、事務所・駐車場から収集ブロックへの移動区間、収集ブロック内の集積所ルートの最短距離の推定 - 燃料消費量解析ツールと連携して、移動区間・収集区間の二酸化炭素排出量・燃料消費量の算定	
使用データ	台帳情報データベース - 集積所の位置情報 - ユーザが設定した収集ブロックデータ	
出力・表示データ	- 収集ブロック範囲表示 - 事務所・収集ブロック・焼却所までの移動距離、収集ブロック内の集積所の収集ルートの移動距離の算定・表示 - 移動区間、収集区間のルートを地図上に表示 - 二酸化炭素消費量・燃料消費量、作業時間などを出力・表示	
データ集計・解析技術	- GIS 技術 - 収集ブロック解析	市販 GIS ソフトウェア
備考		

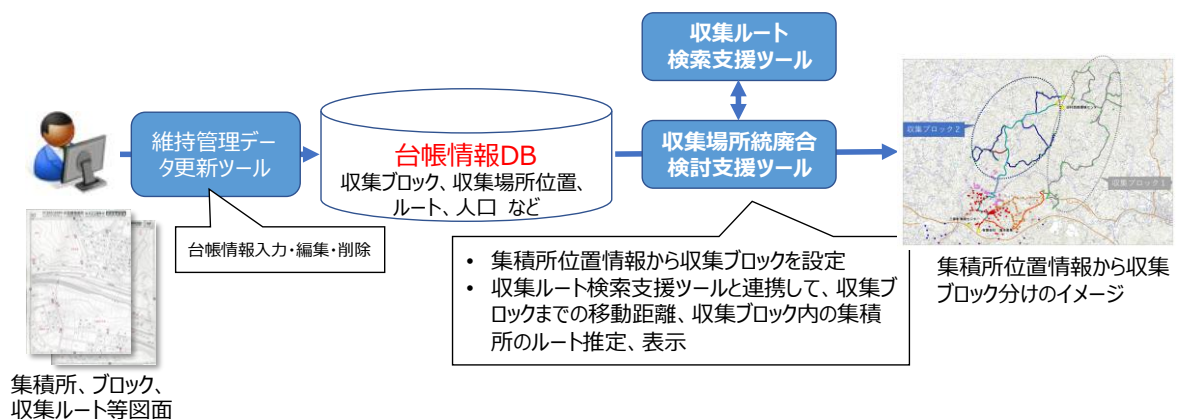


図 6.2-4 収集ブロック再編検討支援ツールの構成図

集積所分布位置図からの収集ブロック再編の検討を支援する機能

表 6.2-1 収集ブロック再編検討支援ツールと連動する支援ツール

連動する支援ツール	機能概要
ごみ排出量推定支援ツール	収集ブロックで排出されるごみ量を推定し、収集車両の積載容量から収集回数（焼却場との往復回数）を算定
収集ルート検索支援ツール	収集ブロック内の収集ルート、移動ルート（事務所、収集ブロック、焼却場間）のを検索して、移動距離、作業時間、二酸化炭素排出量などを推定
維持管理データ更新ツール	ユーザが集積所や収集ブロックを入力、修正する作業を支援

6.3 支援ツールを活用した最適化方策の検討

(1) 評価方法の見直し

1) 二酸化炭素排出量算定方法の見直し

本業務では、走行データの速度、移動距離を使用して二酸化炭素排出量および作業時間を算定し、低炭素化および作業効率化の評価を行った。この方法では、作業時間を正確に解析することは可能である。5.1(1)3)に記載した平均旅行速度別原単位を用いた二酸化炭素排出量の算定方法（以下「原単位法」という）では、二酸化炭素排出量を直接計測したことにはならず、走行ルート内の相対的な傾向を確認することにとどまる。

また、燃料使用量から二酸化炭素排出量の方法や瞬間燃料消費量の計算方法がある。燃料消費量から二酸化炭素排出量の算定方法については、給油した日の間の平均的な燃料使用量となるが、デジタルタコグラフから得られた走行距離や、原単位法で得られた排出量とを合わせて分析して、二酸化炭素排出量を換算する方法を検討する。

他にも二酸化炭素排出量の算定方法の新しい知見を検討する。

2) 仮運用項目（速度、距離、重量）以外の評価項目の検討

速度、距離、重量以外の項目を活用した、低炭素化および作業効率の向上の評価方法を検討する。例えば、5.1(1)2)に記載した瞬間燃料消費量の計算方法では、速度、エンジン回転数、トルクを使用して算定する。デジタルタコグラフから得られるデータ等を活用して、評価方法を検討する。

3) 集頻度の削減

収集頻度を削減することができれば、収集車両の移動距離が削減でき、低炭素化および作業効率化につながる。収集頻度の削減としては、ごみ排出量の削減、収集タイミングの通知などがある。

①ごみ排出量の削減

ごみ排出量を削減することによる二酸化炭素排出量の削減を検討する。例えば、ごみの分別により可燃ごみに混ざった資源ごみを取り除くとごみ排出量を削減でき、収集回数の削減につながる。ごみ排出量の削減を踏まえた検討を行う。

②スマート集積所の検討

集積所にごみ排出量を計測するIoT化したセンサーを設置することで、集積所にゴミ排出量が多くなり収集のタイミングを知ることができるようになり、収集回数を削減することができるようになる。スマート集積所の検討を行う。

(2) コスト削減の検討

支援ツールを使用して、4.5(2)および5.1.(2)2)で示したように、二酸化炭素排出量および作業時間の削減の評価できることを確認した。

作業時間を削減することにより、収集作業従事者のごみ収集作業にかかわる時間の削減を行え、ごみ収集作業にかかるコストの削減を行うことができる。また、二酸化炭素排出量の削減により、消費燃料を削減することができ、燃料代のコスト削減を行うことができる。

本業務では、コスト削減の可能性を示すことはできた。次年度では次を検討する必要がある。

① 支援ツールを使用して削減できるコストの評価

支援ツールを使用して、消費燃料費や人件費の削減量を定量的に算定する。

② 支援ツールの導入費・維持費の評価

支援ツールを導入費・維持費するために必要なコストを算定し、支援ツールを使用することで削減できるコストの対比を行う。

③ 見えないコストの評価

上で示した単純なコスト計算だけではなく、コストには反映できない付加価値がある。例えば、安全運転、エコ運転等の評価により、収集作業従事者のやる気（モチベーション）の向上、安全運転・エコ運転への取組み意識の向上を図ることができる。見えない・算定できないコストの評価方法を検討する必要がある。

6.4 次年度モデル事業実施計画

次年度（令和2年度）事業では、次の実施内容を提案する。

（1）走行データの収集・解析・調査検討

本業務から計測して、収集車両の走行データの収集し、様々な地域でゴミ収集作業の走行状況、二酸化炭素排出量、作業時間等の解析調査を実施する。年間を通した走行データを収集・解析することにより、日常、夏期・冬期、長期休暇（盆休み、年末年始休暇など）明けなどの時期によるゴミ収集作業の違いについても調査検討を行い、支援ツールの改良に反映する。

支援ツールにより二酸化炭素排出量削減、作業効率化に向けて、机上の仮運用で解析した収集運搬ルートについて、実走行により現地調査を行い、削減効果の評価検討を行う。

（2）スマート集積所の調査検討

最適なゴミ収集ルートを検討するためには、集積所と収集単位の検討が重要であることが分かった。集積所に排出されるゴミ量と収集車両の搭載能力を比較して、収集単位分けを検討する必要がある。集積所にゴミ量（重量、体積など）を計測するセンサーを設置や、収集作業中のゴミ量情報収集の調査方法を検討して、ゴミ量把握の調査検討を行う。

（3）支援ツールを活用した最適化方策の検討

本業務で構築した支援ツールを使用して、低炭素化、作業効率化の仮運用を実施し、支援ツールの改良点を見出した。また、調査対象自治体調査により判明した課題や、自治体・委託業者からの要望などで、支援ツールに新たに構築する必要がある機能がある。支援ツールの改良や新規機能を検討して、再構築を行う。再構築を行った支援ツールを運用して、収集単位、収集ルート等の収集作業方法の再検討を実施する。

低炭素化および作業効率の向上の評価方法について、収集車両の走行データ、燃料給油量、集積場に排出されるゴミ量等から再検討を行う。

7. 検討会の運営

7.1 検討会の概要

(1) 検討会の目的

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、運営した。検討会委員は3名とし、必要に応じてオブザーバ等を招へいた。

検討会は年3回開催した。なお、検討会委員の選定については、環境省担当官の了承を得た上で決定した。

(2) 運営内容

- ・ 検討会開催期間：令和2年3月末までの間
- ・ 開催回数：3回（1回あたり2時間程度）
- ・ 開催場所：東京都内
- ・ 委嘱期間：令和2年3月末までの間
- ・ 謝 金：有（1人1日当たり17,700円の謝金を支給（自治体関係者を除く）。）
- ・ 交 通 費：有

(3) 有識者

<座長>

藤井 実 国立環境研究所 社会環境システム研究センター
環境社会イノベーション研究室 室長

<委 員>

小野田 弘士 早稲田大学理工学術院大学院環境・エネルギー研究科 教授
後藤 尚弘 東洋大学情報連携学部 教授

7.2 検討会開催内容

(1) 検討会の開催日程

下記日程で検討会を開催した。

① 第1回 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会

日 時：令和元年9月26日（木） 10:00～12:00

場 所：応用地質株式会社 本社 E 会議室 東京都千代田区神田美土代町7番地

出席者：

【委員】

藤井 実 国立環境研究所社会システム研究センター環境社会イノベーション研究室

小野田 弘士 早稲田大学理工学術院大学院環境・エネルギー研究科

後藤 尚弘 東洋大学情報連携学部

【事務局】

名倉 良雄 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課

尾川 毅 環境省環境再生・資源循環局循環指標情報分析官

大沼 康宏 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課

田中 嘉彦 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課

大築 貴洋 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課

眞鍋 和俊 応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部

村崎 充弘 応用地質(株)情報システム事業部

野口 良彦 応用地質(株)情報システム事業部システム企画開発部

堀 修 応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部

狩野 賢太郎 応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部

木村 遼平 応用地質(株)情報システム事業部サービス開発部

② 第2回 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会

日 時：令和元年12月16日（月） 10:00～12:00

場 所：応用地質株式会社 本社 E 会議室 東京都千代田区神田美土代町7番地

出席者：

【委員】

藤井 実 国立環境研究所社会システム研究センター環境社会イノベーション研究室

小野田 弘士 早稲田大学理工学術院大学院環境・エネルギー研究科

後藤 尚弘 東洋大学情報連携学部

【事務局】

尾川 毅 環境省環境再生・資源循環局循環指標情報分析官

大沼 康宏 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課

田中 嘉彦 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課

大築 貴洋 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課

眞鍋 和俊 応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部

村崎 充弘 応用地質(株)情報システム事業部

野口 良彦 応用地質(株)情報システム事業部システム企画開発部

堀 修 応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部

狩野 賢太郎 応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部

木村 遼平 応用地質(株)情報システム事業部サービス開発部

③ 第3回 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
支援事業検討会

日 時：令和2年2月27日（木） 15:00～17:00

場 所：応用地質株式会社 本社 E 会議室 東京都千代田区神田美土代町7番地

出席者：

【委員】

藤井 実	国立環境研究所社会システム研究センター環境社会イノベーション研究室
小野田 弘士	早稲田大学理工学術院大学院環境・エネルギー研究科
後藤 尚弘	東洋大学情報連携学部

【オブザーバ】

秋田 陽一	三郷市環境安全部クリーンライフ課 課長
高橋 弘貴	町田市環境資源部3R推進課 担当課長
金井 博	町田市環境資源部3R推進課対策係 担当係長
久保 賢一	町田市環境資源部3R推進課庶務係 主任
千葉 李位	町田市資源協同組合 課長代理
木内 宏	松山市環境部清掃課 副主幹

【事務局】

名倉 良雄	環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課
尾川 毅	環境省環境再生・資源循環局循環指標情報分析官
山田 浩司	廃棄物適正処理推進課 課長補佐（総括）
大沼 康宏	環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課
田中 嘉彦	環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課
大築 貴洋	環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課
眞鍋 和俊	応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部
村崎 充弘	応用地質(株)情報システム事業部
野口 良彦	応用地質(株)情報システム事業部システム企画開発部
堀 修	応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部
狩野 賢太郎	応用地質(株)地球環境事業部資源循環マネジメント部
木村 遼平	応用地質(株)情報システム事業部サービス開発部

(2) 議事内容

① 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 検討会

- 1 開 会
- 2 検討会の目的および開催要綱等について
- 3 議 事
 - (1) 今年度の実施事項
 - (2) 導入スケジュール
 - (3) 今年度成果イメージ
- 4 その他
- 5 閉 会

【資料－１】 検討委員名簿

【資料－２】 検討会設置要綱

【資料－３】 令和元年度事業概要説明資料

【資料－４】 成果目次（案）

【資料－５】 今後のスケジュール



写真 7-1 第 1 回検討会開催状況

② 第2回 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会

- 1 開 会
- 2 議 事
 - (1) モデル自治体の選定状況
 - (2) 松山市における一般廃棄物収集実態調査
 - (3) 使用する機器の概要
 - (4) 効率化と低炭素化の検討の方向性
 - (5) 今後のスケジュール
- 3 その他
- 4 閉 会

- 【資料－1】 検討委員名簿
- 【資料－2】 支援事業検討フロー
- 【資料－3】 モデル候補自治体における清掃事業の概要
- 【資料－4】 松山市における収集実態調査結果概要
- 【資料－5】 収集運搬車に搭載する機器の概要
- 【資料－6】 検討の方向性について
- 【資料－7】 今後のスケジュール

- 【参考資料－1】 第1回検討会議事要旨
- 【参考資料－2】 モデル自治体検討報告の構成イメージ



写真 7-2 第2回検討会開催状況

③ 第3回 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会

1 開 会

2 議 事

- (1) 調査対象自治体における清掃事業の概要
- (2) 位置情報等の電子化および実装機器調査結果
- (3) 収集運搬作業の時間支配要因の分析および課題抽出
- (4) 低炭素化および効率化の向上のための支援ツール の検討・開発
- (5) 支援ツールの仮運用例

3 その他

4 閉 会

【資料－1】 参加者名簿

【資料－2】 調査対象自治体における清掃事業の概要

【資料－3】 位置情報等の電子化および実装機器調査結果

【資料－4】 収集運搬作業の時間支配要因の分析および課題抽出

【資料－5】 低炭素化および効率化の向上のための支援ツールの検討・開発

【資料－6】 支援ツールの仮運用例

【参考資料－1】 第2回検討会議事要旨



写真 7-3 第3回検討会開催状況

以上