

家庭系ごみ収集の調査・分析手法
－札幌市における事例研究－

2011年3月

北海道大学大学院工学研究院
廃棄物処分工学研究室

まえがき

ごみの収集コストは、ごみ処理費用の中で大きな割合を占めています。そのため収集と
いえば効率化が課題であり、現実的には収集の機械化、保管排出機材の利用や、より単価
の低い民間委託などがその手段として取り上げられることが多くなっています。しかし、
ごみ処理における収集の重要さは、以前と較べてはるかに大きくなっています。

その第一の理由は、分別数の増加です。1990 年前半までは可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ご
みの 3 分別が普通であったのに、さまざまな資源物の収集が加わって収集の計画は複雑と
なり、同時により費用のかかるものとなっています。収集とは排出時点での分別を伴っ
ており、分別の方法が回収される資源の質や処理方法およびその性能に影響します。分別数
が多いほど資源化、処理のためにはよいと思われるが、費用が増加してしまう。単に集め
るだけから、こうしたことまで考えなければならなくなった、これが第二の理由です。さ
らには、収集は住民との接点であるために、住民サービスとしての役割も持っています。
住民の要望にどう答えるかも考えなければならない。これが第三の重要性と難しさです。

ごみの世界において、収集の研究は多くありません。その理由として、「収集＝現場の問
題」であり、研究テーマとはなりにくいと考えられているように思います。しかしもし現
場をご覧になれば、収集がいかに難しい問題であるかがわかります。ごみの種類は多く、
輸送先はごみ種によって異なり、施設に遠いところも近いところもあります。車両の大き
さや種類も一定ではなく、直営と委託があって作業方法が異なります。住民からの要求に
より収集頻度、分別方法を変えるときには、試行錯誤しかないと思われます。かつての収
集の研究といえば収集時間最小化のための、最適ルート決定、施設の最適配置、中継輸
送の導入などであり、現在も GIS の利用などのテーマはありますが、もっと現場的な研究
が必要であると考えてきました。

このたび、札幌市の委託を受けたのを機会に、必要と考えていたことの大部分を実施す
ることができました。筆者は 1984 年に収集車を追跡し、作業の特性を分析したことがあり
ますが、およそ 4 半世紀ぶりに収集車の後を追ひ、2 週間にわたって全車両に作業を記録し
てもらい、ステーション収集と戸別収集の比較も行いました。本報告書は、これらのデー
タや作業時間推定方法が利用されることを願って作成したものです。収集の現場あるいは
研究に役立てば、幸いです。

2011 年 3 月

北海道大学大学院工学研究院

環境創生工学部門

廃棄物処分工学研究室

松藤 敏彦

目 次

第1章	はじめに	
1.1	ごみ処理における収集の位置づけ	1
1.2	札幌市における家庭系ごみ収集	2
1.3	本研究の概要と目的	4
第2章	収集車両追跡調査	
2.1	調査の目的	5
2.2	調査方法	5
2.2.1	調査対象地域	5
2.2.2	調査項目	5
2.2.3	分析データの作成	7
2.3	調査結果	8
2.3.1	調査の概要	8
2.3.2	分析結果の例	9
2.3.3	分別ごみ間の比較	10
2.4	追跡調査のまとめ	12
第3章	戸別収集調査	
3.1	調査の目的	13
3.2	調査方法	13
3.2.1	調査項目	13
3.2.2	データの作成	16
3.3	調査結果	17
3.3.1	石狩市の結果	17
3.3.2	札幌市の結果	18
3.4	ステーション収集との比較(札幌市)	19
3.4.1	輸送を除いた作業時間の比較	19
3.4.2	輸送を含めた作業時間の比較	20
3.5	冬季調査	21
3.6	戸別収集のまとめ	22
第4章	収集作業記録調査	
4.1	調査の目的	23
4.2	調査方法	23
4.2.1	調査項目	23
4.2.2	調査対象ごみ種	25
4.2.3	データの作成	26

4.3	調査結果	29
4.3.1	調査の概要	29
4.3.2	分析結果の例.....	30
4.3.3	積み込みと移動の分析	31
4.3.4	分別ごみ間の比較.....	32
4.3.5	地域特性.....	33
4.3.6	清掃事務所所管区域ごとのパラメータ	36
4.4	冬季調査	37
4.4.1	調査の概要	37
4.4.2	夏季と冬季のパラメータの比較	40
4.5	全車両調査のまとめ.....	40
第5章	作業時間の推定	
5.1	本章の目的.....	41
5.2	各作業時間の影響因子.....	41
5.3	実測値との整合性の確認	42
5.4	モデルの作成	45
5.4.1	ステーション収集の計算モデル	45
5.4.2	戸別収集の計算モデル	47
5.4.3	小規模ステーション収集の計算方法.....	50
5.5	計算結果(夏季).....	51
5.5.1	戸別収集.....	52
5.5.2	小規模ステーション	52
5.5.3	推定結果のまとめ.....	53
5.5.4	ごみ種ごとの結果.....	54
5.6	冬季の推定.....	55
5.6.1	冬季のパラメータ設定	55
5.6.2	冬季の戸別収集	56
5.6.3	計算結果(冬季)	57
5.7	収集方法変更の影響.....	60

第1章 はじめに

1.1 ごみ処理における収集の位置づけ

ごみの収集が、焼却、埋め立て、資源化などの処理と比べて、調査研究対象として取り上げられることは少ない。人手に頼った作業であるため「効率化=収集車の機械化」、「コスト削減のための民間委託化」など要があることくらいしか議論がない。しかし収集は、以下の意味でごみ処理において重要である。

- 1)ごみ処理費用全体に占める割合が大きい。札幌市においては、ランニングコストのうち収集が約40%を占めている¹⁾。
- 2)収集は、分別を同時に含む。どのように分別するかは、処理施設の設備構成、運転効率、回収物の質に影響する。(例えば、分別が悪いと選別が必要であり、異物として除去される量が増え、回収物の質も低下する。)
- 3)収集は、住民がごみ処理システムと接する唯一の業務である。したがって、収集の頻度、分別数、ごみステーションの衛生状態などが、大きな関心事となる。

循環型社会基本法とその関連法案が成立した前後から、ごみの収集は大きく変化した。従来は可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ごみの3分別が中心であったが、図1-1に示すように、容器包装リサイクル法にもとづいてペットボトル、プラスチック製容器包装、ガラスびん、スチール缶・アルミ缶、段ボールなど、自治体が回収する品目は大幅に増加した。(ただし、拠点回収なども含まれ、すべてを自治体が収集しているわけではない。)分別数の増加も著しく、11以上の分別を行う自治体は1998年、1999年にはそれぞれ11%、18%であったのが、2001年には37%となった。図1-2で自治体数が減少しているのは合併が進んだためであるが、2005年には11分別以上は56%となった。(その後、図1-2の分布形状に大きな変化はないが、2008年は11分別以上が64%、分別数の平均は12.4である。図1-1、図1-2は、環境省一般廃棄物処理実態調査データ²⁾より作成した。)

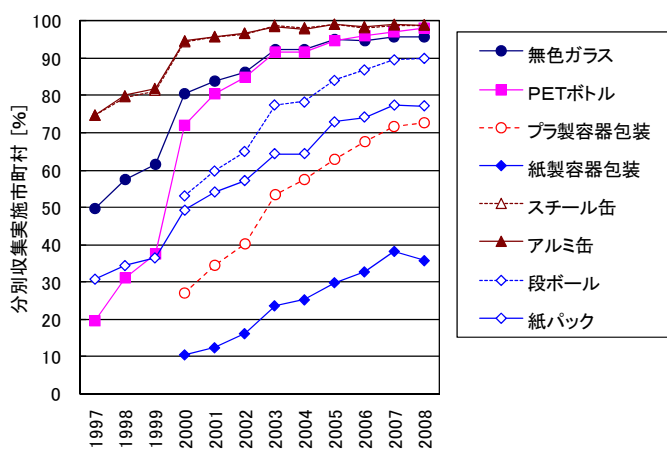


図 1-1 自治体の品目別分別収集実施割合

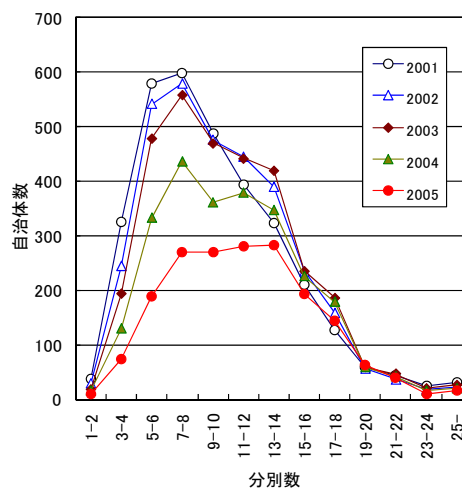


図 1-2 分別数の変化

図 1-2 のうち、いわゆる多分別収集は収集時点でコンテナや容器などに分別するため、そのまま収集の負担増とはならない可能性がある。しかし、平成 20 年度における可燃ごみの収集方法は、ステーション収集 79.1%、各戸収集との併用が 12/2%であり、91%はステーション収集によっている（1747 自治体、各戸収集は 7.8%）。併用を含めたステーション収集の実施割合は、不燃ごみ 92%、ペットボトル 89%、プラスチック類 90%であり、分別種類によらない（以上、環境省一般廃棄物実態調査²⁾より集計）。

ステーション収集によって収集するとき、分別数の増加は収集回数の増加となり（同一地域を訪問する回数が増加する）、収集費用の増加につながる。自治体において収集の計画は、担当部門の試行錯誤と経験に頼る部分が大いと思われるが、分別数を増やしたときの費用増分は、実施してからわかることが大部分ではないだろうか。これは、収集頻度の変更、搬入先の変更、ステーション数の増減などについても言える。また新たな分別の場合は、ごみ自体の密度が不明のために、収集車にどれだけ積載できるかも実施してみなければわからない。

分別を含む収集方法を変更することにより、何がどれだけ変わるかが予測できれば、収集の計画は容易に、また合理的になる。

合理的な計画の実施のためには、現状の分析と、収集方法を変更した場合の予測が必要である。北海道大学大学院工学研究院廃棄物処分研究室は、2010 年度、札幌市より「家庭系ごみ収集方法等に関する調査研究事業」の一部として、「ごみ収集方式に関するシミュレーション調査」の委託を受けた。調査の実施に当たっては札幌市環境局の全面的な協力があり、収集車の追跡調査、全車両の作業状況調査、戸別収集のテスト走行など、規模の大きな広範囲の調査を実施した。事業全体の報告は市のホームページに掲載されているが、そのうち廃棄物処分工学研究室が担当した部分に加筆し、上記の目的に使用できる内容を報告書としてまとめることにした。

1.2 札幌市における家庭系ごみ収集

札幌市では、2009 年 7 月 1 日より家庭ごみ有料化と同時に分別区分が変更された。燃やせるごみ(以下、可燃ごみ)と燃やせないごみ(以下、不燃ごみ)の収集は有料化され、びん・缶・ペットボトル(以下、資源ごみ)、容器包装プラスチック(以下、容リプラ)、雑がみ、枝・葉・草(以下、枝葉草)は無料で収集されている。収集頻度は、可燃ごみ週 2 回(月・木か火・金)、資源ごみと容リプラは週 1 回、雑がみは隔週（2 週間に 1 回）、不燃ごみと枝葉草は月 1 回である。雑がみ、枝葉草が新たに設けられた分別区分であり、枝葉草の収集は排出量の多い 5 月～12 月である。

収集は、札幌市が所有する直営収集車と委託業者の所有する委託収集車が行う。直営収集車は燃やせるごみ、資源ごみ、容リプラを収集し、委託収集車は全てのごみ種を収集している。表 1-1 にごみ種別の収集量を直営と委託で区別して示す。台数は、週ごとの延べ台数である。

札幌市には 10 の行政区があり、7 つの清掃事務所が収集を管轄している。表 1-2 に各清掃事務所が管轄する行政区と人口、世帯数およびステーション数を示す。

清掃事務所と処理施設の位置関係を図 1-3 に示す。色で清掃事務所所管区域を区別し、○は清掃事務所、□は処理施設である。不燃ごみは破碎処理後、埋め立てられている。枝草葉資源化ヤードは、埋立地にある。

表 1-1 ごみ種別の収集量

	収集量 [t/年]			台数 [延べ台/週]			収集後の 搬入施設
	直営	委託	計	直営	委託	計	
可燃ごみ	159,117	86,443	245,560	288	123	411	焼却
不燃ごみ	-	19,975	19,975	-	58	58	破碎施設
資源ごみ	11,081	23,676	34,757	63	147	210	資源選別施設
容リプラ	1,113	28,756	29,869	14	219	233	プラスチック選別施設
雑がみ	-	35,059	35,059	-	124	124	雑がみ選別施設
枝葉草	-	21,514	21,514	-	67	67	枝草葉資源化ヤード

表 1-2 各清掃事務所所管区域の人口，世帯数，ステーション数

清掃事務所	担当行政区	人口	世帯数	ステーション数
中央清掃事務所	中央区	209,934	104,439	6,661
北清掃事務所	北区	274,416	119,704	5,011
東清掃事務所	東区	252,733	112,463	4,464
白石清掃事務所	白石区	204,055	95,203	4,068
	厚別区	129,572	51,331	2,186
豊平清掃事務所	豊平区	209,931	100,642	4,633
	清田区	114,945	39,892	1,619
西清掃事務所	西区	210,104	89,167	4,023
	手稲区	139,494	51,037	2,351
南清掃事務所	南区	146,310	62,601	2,703

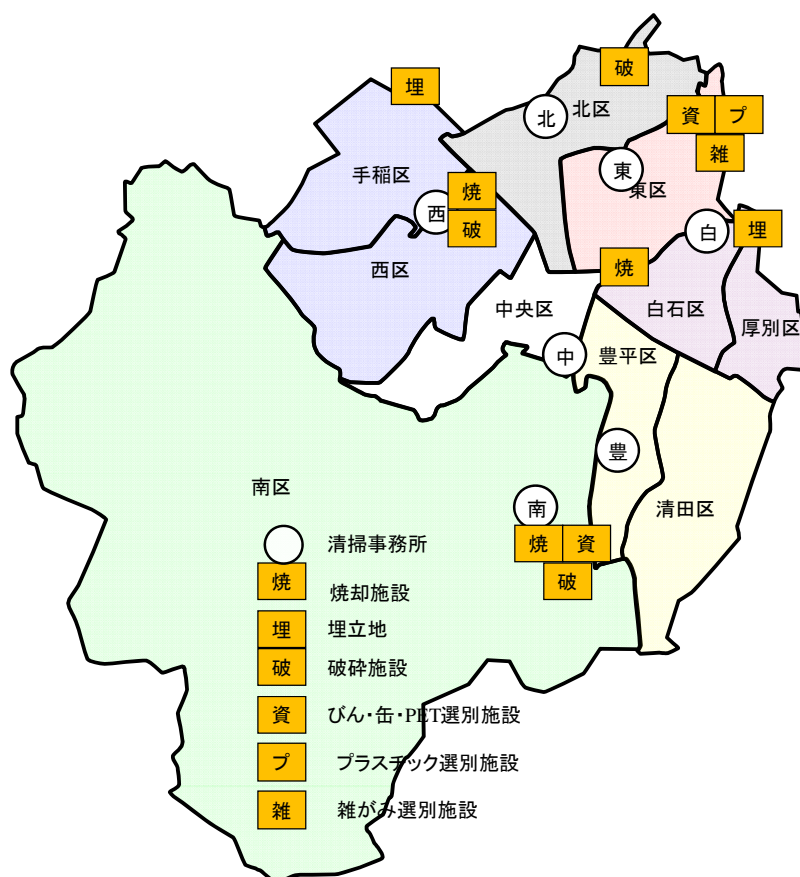


図 1-3 札幌市における清掃事務所と処理施設の位置関係

1.3 本研究の概要と目的

表 1-1 に示すように、収集は多数の収集車によって行われている。ガレージのある清掃事務所、収集現場、搬入先の施設の位置関係によって輸送に要する時間は変化し、ごみの種類によって異なる。また分別ごみの種類ごとに大きさ、密度が違うため、積込の速度、収集車にどれだけ積めるかが異なる。収集地域内の住宅密度によって、また排出量の大小によって満車となるまでの時間も変化する。収集はこのようにさまざまな要因が影響する業務といえる。

本研究の目的は、以下のとおりである。

- 1)収集現場でのごみの積込、ステーション間移動などの基本的特性を、収集車を追跡することで分別ごみ種ごとに測定する。
- 2)地域的な特徴を把握するため、全清掃事務所管轄のすべての収集車に対し収集作業記録調査を実施する。
- 3)収集車必要台数を計算する手順を示し、ステーションの設置密度変更などの影響を推定する。

参考文献

- 1)松藤敏彦：ごみ問題の総合的理解のために、技報堂，2007，p.139
- 2)環境省：一般廃棄物処理実態調査（平成 20 年度実績）

第2章 収集車両追跡調査

2.1 調査の目的

収集車は朝、清掃事務所を出発し(直営の場合)、担当する収集区域の収集に向かう。車両が一杯になると処理施設でゴミを搬出し、再び収集作業を行い、作業が終了すると清掃事務所に戻る。これらの作業は、図 2-1 のように大きく 5 つに分類することができる。

1. 清掃事務所 - 収集現場間の輸送
2. 収集現場 - 処理施設間の輸送
3. 処理施設 - 清掃事務所間の輸送
4. 収集現場での収集作業(ごみの積み込みと収集区域内の移動)
5. 処理施設での搬出

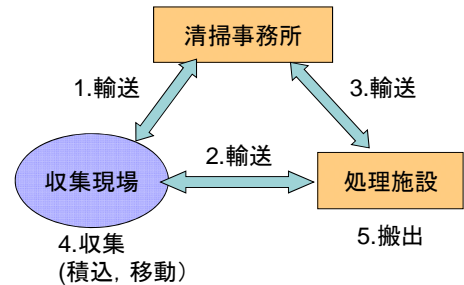


図 2-1 収集車の動き

車両の走行のうち、収集現場内におけるステーション間の走行を「移動」、事務所、収集現場、処理施設間の走行を「輸送」と区別する。

本章では、これらのうち、収集現場での「収集作業」に着目し、各分別ごみの積み込み速度、ステーション間の移動速度など、一日の作業における、収集作業の基本特性を把握することを目的とした。ここで得られた数値は、全市の収集作業時間の推定、収集形態の変更による作業時間変化の予測に用いる。

2.2 調査方法

2.2.1 調査対象地域

2010年7月26日から8月4日の間、札幌市東区の調査対象地区(表 2-1)において収集車両を追跡した。対象ごみは、大型ごみを除く6種類で、可燃ごみについてはごみ量が異なる週の前半と後半で実施したため、調査日数は計7日間である。

表 2-1 調査日時と対象ごみ

実施日	対象ごみ	対象地区	調査開始時刻	調査終了時刻
7月21日(水)	枝葉草	丘珠空港周辺	8:30	14:20
7月22日(木)	容リプラ	地下鉄新道東駅周辺	8:30	10:15
7月26日(月)	可燃ごみ	地下鉄栄町駅(南西)周辺	8:30	12:00
7月28日(水)	雑がみ	丘珠空港周辺	8:30	12:10
7月29日(木)	可燃ごみ	地下鉄栄町駅(南西)周辺	8:30	11:25
7月30日(金)	資源ごみ	地下鉄栄町駅(北西)周辺	8:30	11:35
8月4日(水)	不燃ごみ	丘珠空港周辺	8:30	11:30

2.2.2 調査項目

清掃事務所から収集現場までの輸送の後、収集現場に到着し、ごみの収集を開始する。収集作業は、収集車がごみステーションに到着し、作業員が車から降りた地点をステーション到着とすると、

- ①準備(前)：ごみステーションのネットを外す，車両の方向転換などの作業
- ②積み込み：ごみに手をかけてから最後のごみを収集車に投入するまでの作業
- ③準備(後)：ネットやサークルの片付け，出発前の方向転換などの作業
- ④移動：次のステーションへの移動

の4つの業務に分けることができる。収集車が満載になるまでこの4つの作業を繰り返し，満載になったところで処理施設に向かう。搬出が終わった後，収集現場に戻り，ごみの収集を再開する。これらの作業を昼休憩の時間まで行い，午後も同様の作業を繰り返す。

一日の作業タイムチャートを図2-2に示す。本調査は収集作業のみを対象とし，図2-2中 T_c に相当する調査項目データを記録した。朝8時30分に収集開始地点で調査対象車と合流し，追跡調査を開始した。記録項目は以下の通りである。

- 1)各ステーションでの①～③の時間
- 2)積み込んだごみの個数(大，中，小に分類)
- 3)ステーション間の移動時間(④)
- 4)ステーション間の移動距離

4)については住宅地図を用いてステーション位置から地図上(図2-3)で計測した。また，2)については調査中に音声で記録するほか，袋数が多い場合はビデオ撮影記録を再生して確認した。

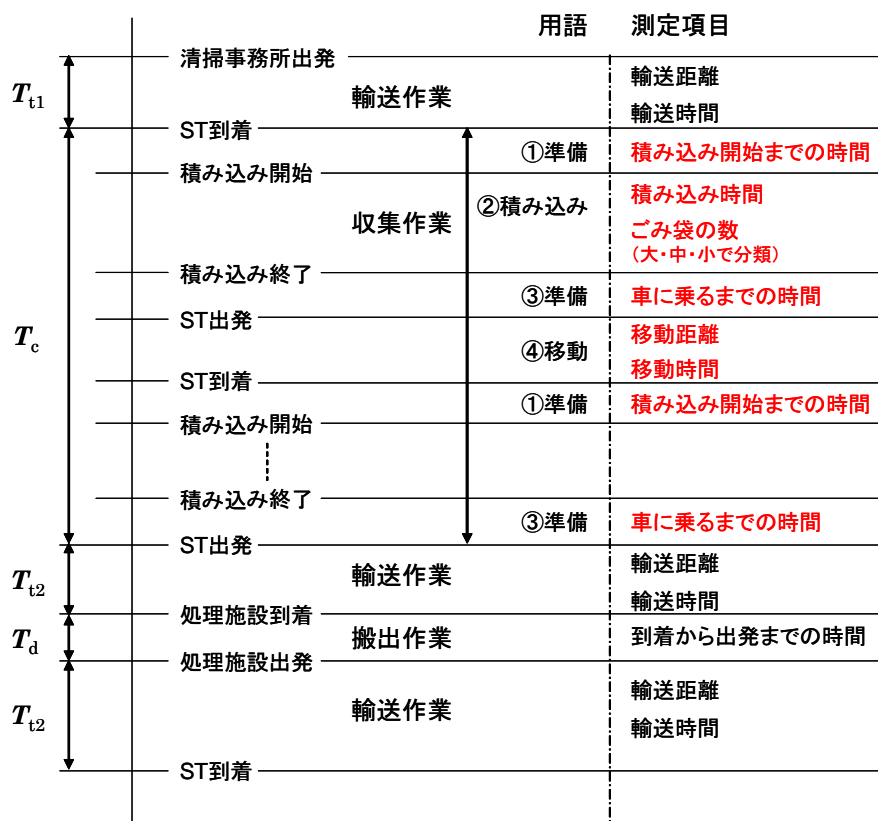


図2-2 一日の作業のタイムチャート

(Tの添え字は，輸送(transport)，収集(collection)，搬出(discharge)の頭文字である。)



図 2-3 追跡調査対象地区
(7/26(月), 可燃ごみの収集地区)

2.2.3 分析データの作成

表 2-2 に、収集現場における記録の例を示す。データは、7月26日(月)に実施した可燃ごみの一回目の、最初の部分である。左からステーション番号、ステーション到着、積み込み開始、積み込み終了、ステーション出発のそれぞれの時刻、ごみの大きさ別の個数である。移動距離は、次のステーションまでの間隔を住宅地図より求めた。

表 2-2 入力データの例
(7/26(月), 可燃ごみの記録の一部, 以下 No.89 まで続く)

No.	ST到着	積込開始	積込終了	ST出発	袋(大)	袋(中)	袋(小)	総数	距離[m]
1	8:30:49	8:30:59	8:31:30	8:31:41	3	9	12	24	55
2	8:31:59	8:32:00	8:32:27	8:32:49	5	19	4	28	210
3	8:33:20	8:33:26	8:33:33	8:33:47	1	3	3	7	225
4	8:34:19	8:34:21	8:34:47	8:35:49	11	22	19	52	180
5	8:36:10	8:36:19	8:37:16	8:38:17	12	23	11	46	150
6	8:38:50	8:38:58	8:39:13	8:39:20	2	4	3	9	130
7	8:39:35	8:39:57	8:40:20	8:40:28	1	5	11	17	35
8	8:40:38	8:40:44	8:41:07	8:41:36	6	7	5	18	105
9	8:42:46	8:42:54	8:43:59	8:44:25	12	26	9	47	135
10	8:45:28	8:45:33	8:45:50	8:45:58	4	15	7	26	100
11	8:46:12	8:46:17	8:46:42	8:46:53	6	21	17	44	75
12	8:47:19	8:47:21	8:47:50	8:48:11	16	14	10	40	20
13	8:48:20	8:48:22	8:48:57	8:49:21	14	25	9	48	60

次に、表 2-2 の差分をとり、表 2-3 のような各業務別のデータを作成した。左から、ステーション番号、大に換算した場合のごみの袋数、移動距離、準備(前)の所要時間、ごみの積み込みに要した時間、準備(後)の所要時間、ステーション間の移動時間である。ここで、ごみの袋数について、大の袋の重量を 1 としたとき、中と小はそれぞれ 0.6 と 0.3 であるとし、ステーションにあったごみ袋をすべて大に換算した値である。

表 2-3 分析用データの例

(7/26(月)、可燃ごみの記録の一部、以下 No.89 まで続く)

No.	袋(大換算)	距離[m]	準備(前)[秒]	積込[秒]	準備(後)[秒]	移動[秒]
1	12	55	10	31	11	18
2	18	210	1	27	22	31
3	4	225	6	7	14	32
4	30	180	2	26	62	21
5	29	150	9	57	61	33
6	5	130	8	15	7	15
7	7	35	22	23	8	10
8	12	105	6	23	29	70
9	30	135	8	65	26	63
10	15	100	5	17	8	14
11	24	75	5	25	11	26
12	27	20	2	29	21	9
13	32	60	2	35	24	17

2.3 調査結果

2.3.1 調査の概要

表 2-4 に調査結果の概要を示す。枝葉草は一日の収集作業すべてを追跡し、記録をとったが、その他のごみ種については十分なデータが取得できた段階で追跡を終了した。表の横の項目は、左から、収集回、収集重量、その収集で訪れたステーション数、ごみの袋数、平均袋重量、ステーション間移動距離の合計、各業務の合計時間である。ここで、平均袋重量は収集量をもとに、収集量を大に換算したごみの袋数で割ることにより算出した。ごみ袋の大きさの換算について、大の袋の重量を 1 としたとき、中と小はそれぞれ 0.6 と 0.3 であるとし、ステーションにあったごみ袋をすべて大に換算した。容リプラの袋数は一部の地域のみでの測定であるため、平均袋重量は算出できていない。また、収集の途中で別の収集地域に移動することがあるので、その際の移動距離、移動時間は含めないものとした。

表 2-4 追跡調査の概要

ごみ種 調査日	回	収集重量 [kg]	ST数	袋数			平均重量 [kg/袋]	移動距離 [km]	時間[分]			
				大	中	小			準備(前)	積込	準備(後)	移動
可燃ごみ 7/26(月)	1	3580	39	210	485	370	5.85	5.97	4.8	16.5	13.6	18.3
	2	2470	19	149	316	194	6.22	2.21	2.6	10.0	5.4	5.9
	3	2880	26	119	319	210	7.71	4.10	4.3	12.0	6.8	10.0
可燃ごみ 7/29(木)	1	3360	51	213	597	342	4.99	7.41	7.1	19.0	15.0	25.1
	2	2930	43	221	483	239	5.03	6.33	7.0	16.6	11.8	18.2
不燃ごみ 8/4	1	1630	36	101	337	200	4.49	6.35	7.6	26.9	7.6	24.4
	2	2580	37	153	363	274	5.70	7.16	7.1	35.4	6.0	21.7
資源ごみ 7/30	1	1060	37	222	620	227	1.60	6.43	7.4	21.5	9.6	24.5
	2	900	44	219	516	188	1.54	6.31	7.3	17.8	13.2	22.9
容リプラ 7/22	1	1640	64	118	154	68		8.01	17.0	76.3	25.6	40.8
雑がみ 7/28	1	2130	37	337	659	160	2.73	9.72	5.0	26.3	9.6	32.3
	2	2280	53	472	683	98	2.50	16.31	8.0	35.9	14.0	49.8
枝葉草 7/21	1	3350	31	339	265	106	6.32	7.78	6.0	15.6	8.4	26.1
	2	3080	19						3.2	16.3	8.6	15.0
	3	2740	25						6.4	13.8	6.0	18.4

2.3.2 分析結果の例

例として、可燃ごみ(7/26(月))の結果を図 2-4 に示す。

(a)ステーションごとのごみ量, (b)ステーション間距離には、大きなばらつきがある。ステーション間距離は 100m程度が多いが、この分布は収集地域によって変化する。(c)の傾きはステーション間の移動速度を示す。ばらつきがあるもののほぼ直線にのり、移動する距離には依存せず、時速 20 km程度である。(d)の傾きはごみの積み込み速度(単位は[個/秒])であり、ステーションに存在するごみの個数によらず一定である。(e)は現場での収集作業時間の内訳であり、ごみの積み込み、前後の準備、移動がほぼ 1 : 1 : 1 となっている。

他のごみ種も、(a)~(d)に関しては同様の結果が得られた。(e)に関しては、ごみ種によりばらつきが生じた (図 2-5 に後述)。

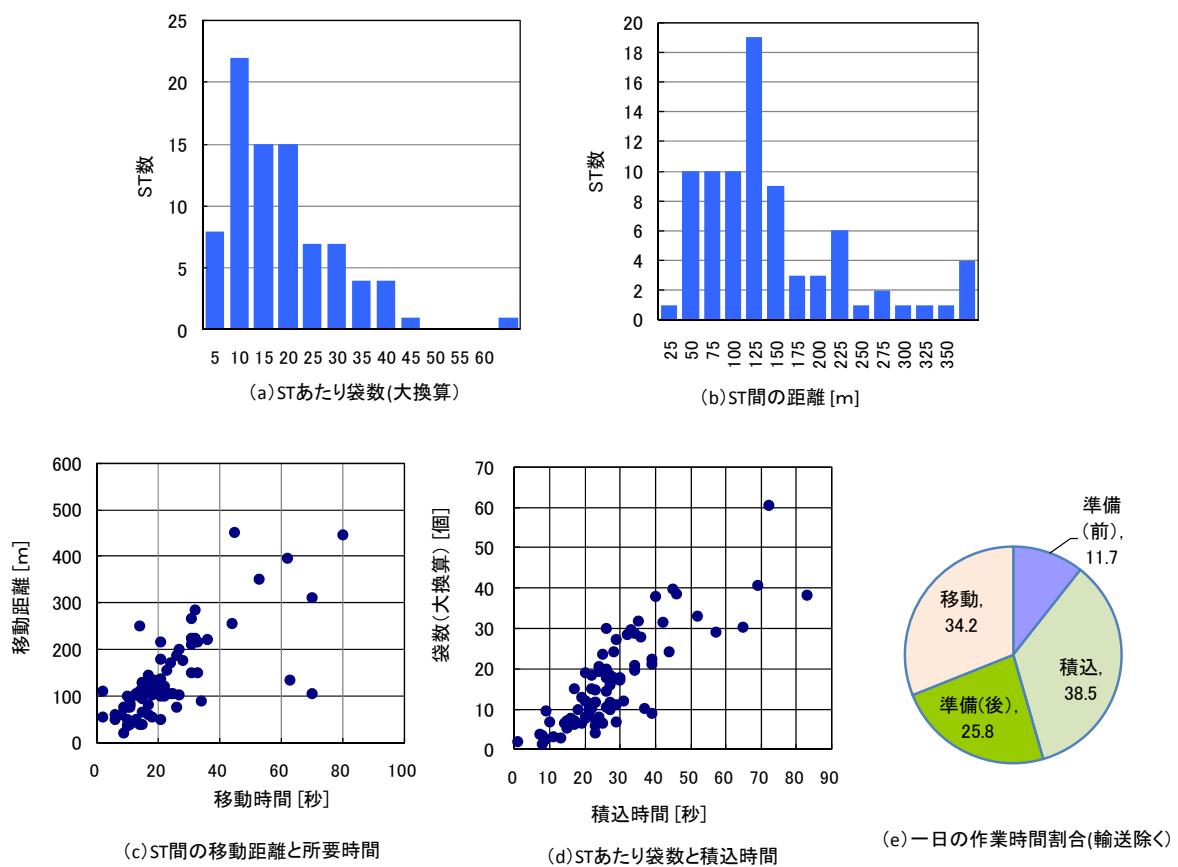


図 2-4 可燃ごみ(月)の収集作業の特性

2.3.3 分別ごみ間の比較

図 2-5 に、分別ごみ間の比較を示す。図に使用した数値は、表 2-5 (図 2-5(d)は表 2-4) に示している

(a)ステーション間の移動速度は、ごみ種に依存しない。容リプラで移動速度が遅いのは、信号待ちや大きな道路での左折待ちの回数が他の地域よりも多かったためである。

(b)ごみ袋の平均重量は、可燃ごみ、不燃ごみ、枝草葉は 5~6 kg であるのに対し、資源ごみ、雑がみは 2 kg 前後と小さい(容リプラは調査中、ごみ袋の個数を計測できなかったため算出していない)。

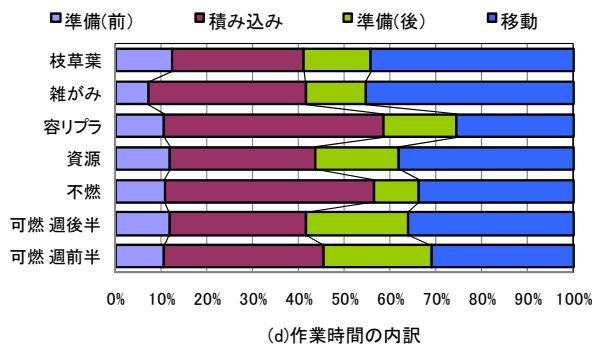
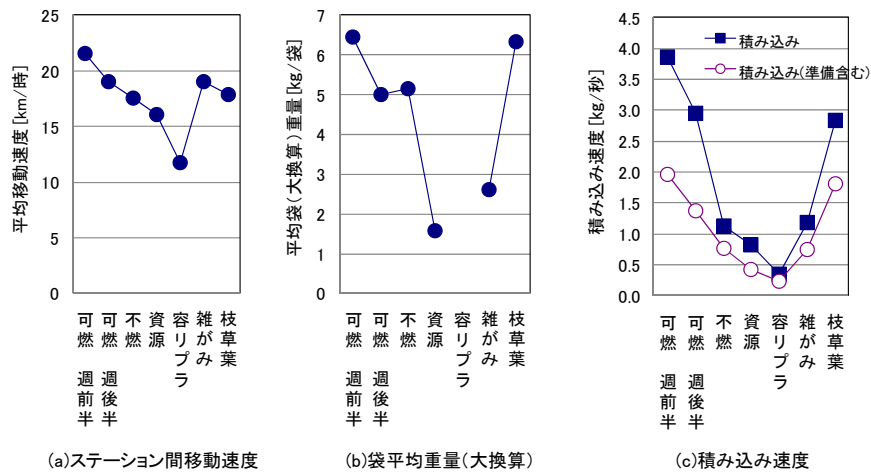


図 2-5 追跡調査における分別ごみ間の比較

表 2-5 分別ごみ別の移動速度, 積込速度

	可燃 (週前半)	可燃 (週後半)	不燃	資源	容リプラ	雑がみ	枝草葉
ステーション数	84	94	73	81	64	90	93
収集重量[kg]	8,930	6,290	4,210	1,960	1,640	4,410	9,170
袋数(大換算)	1,382	1,256	816	1,247		1,692	530
平均袋(大)重量[kg]	6.5	5.0	5.2	1.6		2.6	6.3
平均移動速度[km/時]	21.6	19.0	17.6	16.1	11.8	19.0	17.9
積み込み速度[袋/秒]	0.6	0.6	0.2	0.5	0.4	0.5	0.6
積み込み速度[kg/秒]	3.9	2.9	1.1	0.8	0.4	1.2	2.8
積み込み(準備含む)[kg/秒]	2.0	1.4	0.8	0.4	0.2	0.7	1.8



図 2-6 散乱ごみの片付け



図 2-7 危険物の選別除去

(c)積み込み速度は、実際のごみの積み込み速度と、前後の準備を含めて積み込みとしたときの二通りを示した。可燃ごみと枝草葉は、準備を含んだ積み込み速度が遅い。これは、散乱による片付けの作業が多かったためである(図 2-6)。不燃ごみは、可燃ごみと同程度に平均重量が大きい、積み込み速度は遅い。これは、穴の空いていないスプレー缶などの混入を防ぐために、積み込みの際の選別に時間を費やしているためである(図 2-7)。穴の空いていないスプレー缶は、コンテナに入れている。また、排出禁止物があった場合、作業員はそれにシールを貼る作業をしなければならない(図 2-8)。この作業は、準備(後)の業務ではなく積み込み業務中に行われていることが多く、積み込み速度が遅くなっているごみ種がある。



図 2-8 排出禁止物へのシール貼付

準備を除くごみの積込作業だけの速度(表 2-5)を、表 2-4 から求められる収集車内のかさ密度に対してプロットすると図 2-9 となり、かさ密度の大きい、いわゆる思いごみの方が積込速度が大きいことがわかる。これは、積込が容積の大きさに影響されることを示している。

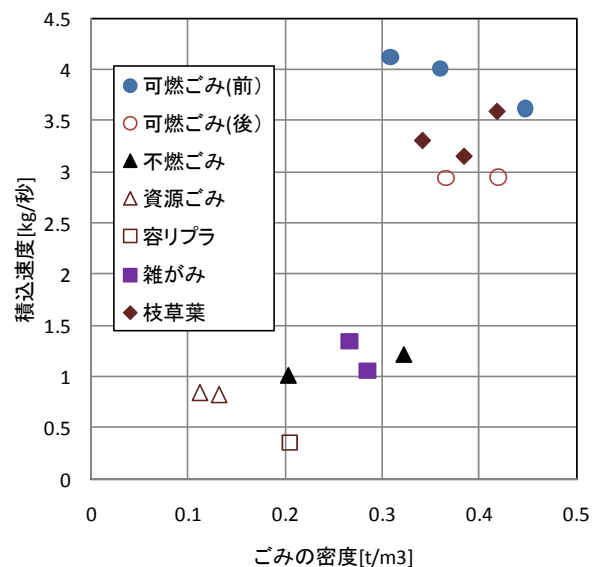


図 2-9 かさ密度と積込速度の関係

(d)業務時間の内訳は、ごみ種によって大きく異なる。最も積み込み、準備に時間を

要しているごみ種は容リプラであり，その逆に積み込み，準備時間の短いごみ種は枝葉草と雑がみであった。

可燃ごみについては，木曜収集は月曜収集に比べ移動の割合が増加している。これは，ごみ量が減少したことで，月曜より多くのステーションを回らないと収集車が満載にならないため，移動時間の割合が増加したと考えられる。

2.4 追跡調査のまとめ

収集車両追跡調査によって得られた主な知見は以下のとおりである。

調査現場において，ステーション間の距離にはばらつきが大きく，対数正規分布的な広がりとなっている。ステーション間の移動速度は，分別ごみの種類，移動距離によらず一定であり，時速 20 km前後であった。移動速度に依存するのは，信号待ちや右左折待ちなど，収集ルートである。

収集作業の時間は，積み込みそのもの以外に，その後の片付けなどが影響している。可燃ごみ，枝葉草は，散乱したものの片づけが多かった。不燃ごみは，スプレー缶の確認に時間を費やしていた。また，排出禁止物があった場合のシールを貼付の作業はすべてのごみ種で見られたが，特に容リプラが多かった。収集の効率で見ると，最も積み込みと準備に時間を要しているのは容リプラであった。

第3章 戸別収集調査

3.1 調査の目的

ごみの収集において、わが国で一般的なステーション収集に対して、世帯ごとに収集を行うのが戸別収集である。環境省の一般廃棄物処理実態調査¹⁾によれば、平成20年時点で都道府県別に見ると北海道、東京、愛知、大阪、奈良、福岡、沖縄が多く、政令指定都市では名古屋市、大阪市、堺市、福岡市で可燃ごみあるいは混合ごみの戸別収集を実施している。

戸別収集は排出者の利便性の向上、ごみの散乱防止に効果があるとされているが、収集作業に関する定量的な調査は行われていない。そこで、2006年10月よりごみ有料化とともに戸別収集を導入した石狩市において、戸別収集の追跡調査を行った。また、住居形態、道路の広さなどが札幌市と異なることから、札幌市においても第2章で追跡調査を実施した地区で、仮想的な戸別収集を実施し、データを取得した。

3.2 調査方法

3.2.1 調査項目

戸別収集の場合、ごみを収集する地点間の距離が狭いため、作業員は大部分を歩いて移動する。そのためステーション収集（図2-2のように収集作業中の準備、積み込み、移動を区別することはできない。そこで、道路の直線部分を単位とし、その間(道路を曲がるまで)の距離、時間、住宅数、ごみの個数を記録した。移動距離は地図上で計測し、住宅数やごみ数は調査中に音声で記録するほか、数が多い場合はビデオ撮影記録を再生して確認した。戸別収集を仮想した札幌市の調査(テスト走行)では、実際の戸別収集に近づけるため、作業員には実際に仮想のごみを積み込む動作を依頼した。

石狩市は2010年8月5日、札幌市では8月25日に調査を行った。石狩市の調査地域を図3-1に示す(地図中の番号は交差点の番号である)。札幌市の調査地域は、2010年7月26日(月)に追跡調査を行った可燃ごみの収集地区のうち、2回目の収集の途中までであり、図3-2(a)にステーション配置図、図3-2(b)に同一地域の戸別収集地点を示す。図3-2(a)中の○●はステーション位置を示し、○は戸建住宅あるいは戸建住宅と共同住宅の共用ステーション、●は共同住宅専用ステーションである。図3-2(b)は、●が戸別収集地点を示している。また、図中の矢印は、収集ルートである。

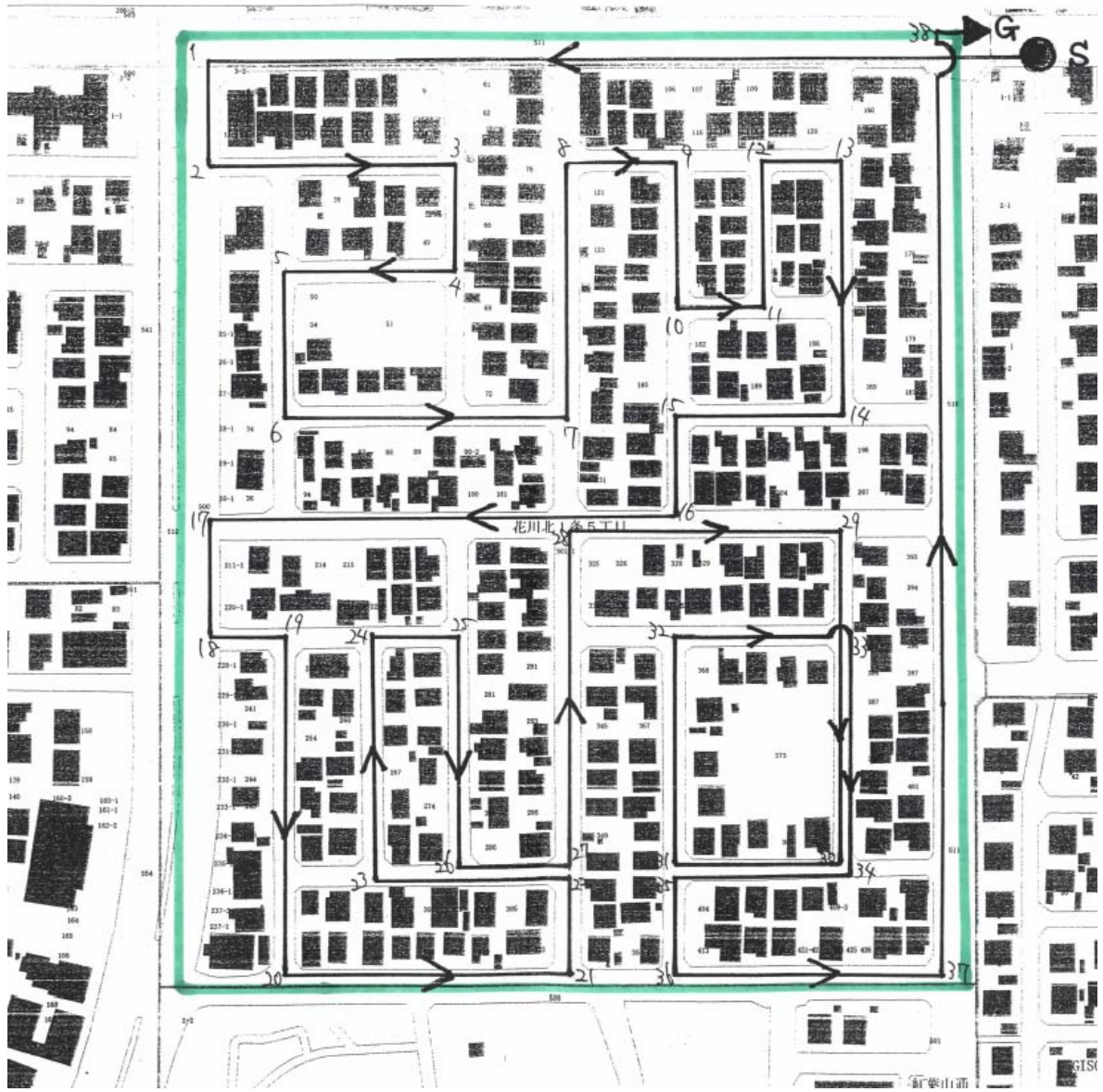
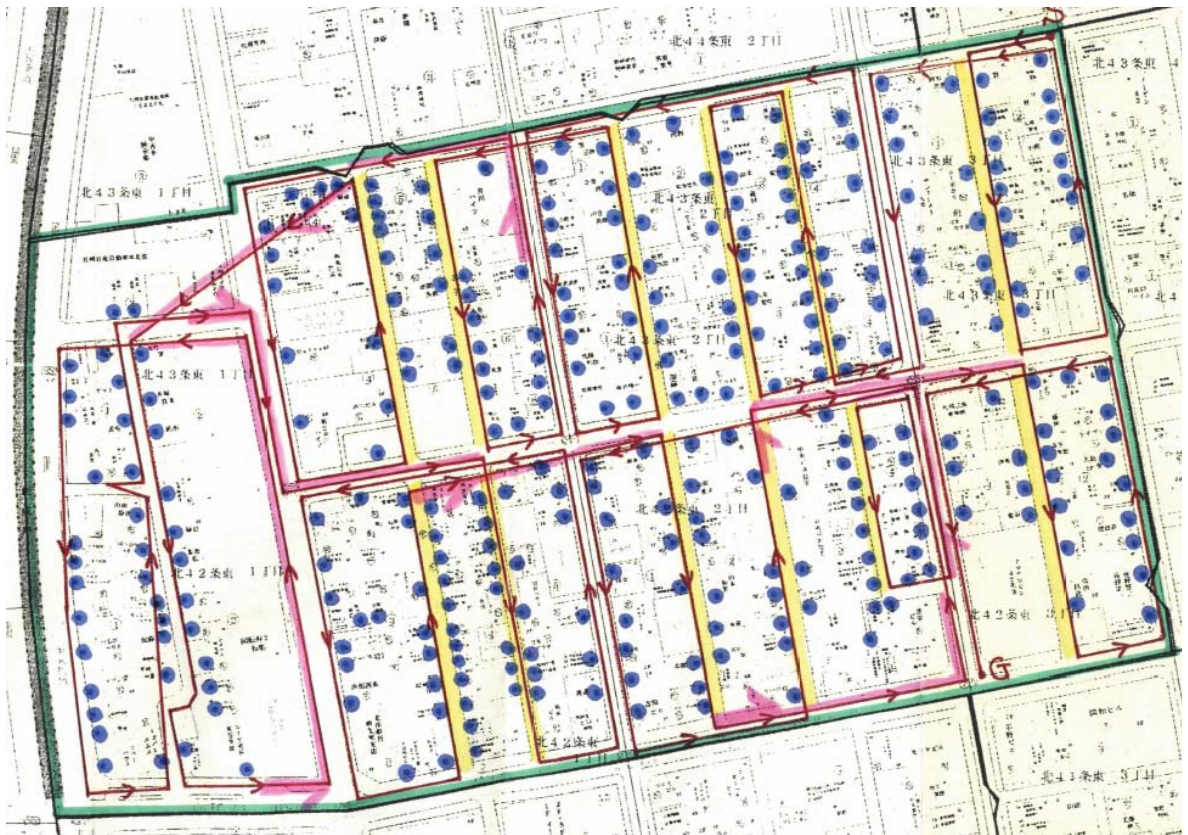


図 3-1 石狩市における戸別収集調査地域(8/5(木)の一部)



(a)ステーション配置図



(b)戸別収集地点

図 3-2 札幌市における戸別収集テスト走行調査地域(一部)

3.2.2 データの作成

(1)記録データ

表 3-1 に、石狩市における収集現場での記録の一部を示す。各行は、道路の直線部分の記録であり、道路の交差点の通過時刻(最初の行は起点の出発時刻)、ごみを排出していた住宅数、収集したごみの数の累積値である。ごみの個数と住宅数は、カウンタを用いて記録し、距離は住宅地図上で計測した。

石狩市の調査においては、道路工事や狭隘路などのために収集車の進入が困難な場合、作業員が収集車から離れてごみを収集するケースがあった。そのため、住宅数やごみの数は正確でない場合がある。表 3-1 中の No.1, 6, 7 は、ごみの排出がなかった移動箇所である。

(2)分析用データ

表 3-1 より、表 3-2 の分析用データを作成した。一行が道路直線部分の測定値であり、走行距離、所要時間、およびその間の住宅数、ごみの数である。

表 3-3 は、同様の手順によって作成した札幌市の分析用データである。石狩市の調査においては、信号待ち、右左折待ちのための時間はほとんどなく、記録は収集作業に要する時間のみと考えてよい。しかし、札幌市についてはそれらの待ち時間があり、作業現場でのロスとなっている。そこで、ビデオの撮影記録から信号待ち、右左折待ちのための時間をロス時間として、実質的な移動時間と区別した。

表 3-1 石狩市における調査記録データ (一部)

No.	交差点到着	住宅数	ごみ数	距離[m]
0	8:38:05	7	14	265
1	8:41:27	7	14	37
2	8:41:50	15	23	90
3	8:42:54	22	32	90
4	8:44:24	29	42	60
5	8:45:20	34	51	90
6	8:47:02	34	51	30
7	8:47:14	34	51	127
8	8:47:23	46	62	126
9	8:49:02	62	82	127
10	8:50:53	63	87	37
11	8:51:58	68	92	50
12	8:52:38	70	94	30
13	8:53:16	74	98	50

表 3-2 石狩市の分析用データ (一部)

No.	距離[m]	時間[分]	100mあたり住宅数	100mあたりごみ数
0	265	3.37	2.6	5.3
1	37	0.38	0.0	0.0
2	90	1.07	8.9	10.0
3	90	1.50	7.8	10.0
4	60	0.93	11.7	16.7
5	90	1.70	5.6	10.0
6	30	0.20	0.0	0.0
7	127	0.15	0.0	0.0
8	126	1.65	9.5	8.7
9	127	1.85	12.6	15.7
10	37	1.08	2.7	13.5
11	50	0.67	10.0	10.0
12	30	0.63	6.7	6.7
13	50	0.48	8.0	8.0

表 3-3 札幌市の分析用データ(一部)

No.	距離[m]	移動時間 [分] (ロス除く)	ロス時間 [分]	100mあたり住宅数	100mあたり世帯数
0	135	1.92		0.0	0.0
1	38	0.18		11.1	36.3
2	135	1.82		0.0	0.0
3	80	0.82	0.60	6.7	6.7
4	135	0.80	1.12	0.0	0.0
5	40	0.18		5.2	29.6
6	135	2.57		0.0	0.0
7	33	0.45		12.6	27.4
8	135	2.63		3.0	3.0
9	73	0.72	0.28	10.4	19.3
10	135	1.52	0.63	1.4	1.4
11	153	0.95	0.75	5.2	11.1
12	135	1.50	0.40	0.0	0.0
13	40	0.58		5.9	25.2

3.3 調査結果

3.3.1 石狩市の結果

図 3-3 に石狩市の調査結果を示す。図の記号は、道路(直線部分の距離)100m あたりの住宅数、ごみ数をパラメータとし、ごみがない区間を区別した。ただし、道路の角で作業員が歩いて周辺を収集するため、住宅数やごみ数は正確でない場合がある。石狩市では、ポリバケツやコンテナなどの容器にごみを入れるよう指導しており、容器の形状によってはごみの有無が外見からは分からず、ごみがない場合もふたを開けて確認することが必要な場合がある。また、50分ごとに10分程度の休憩を取っていたが、集計からは除外している。

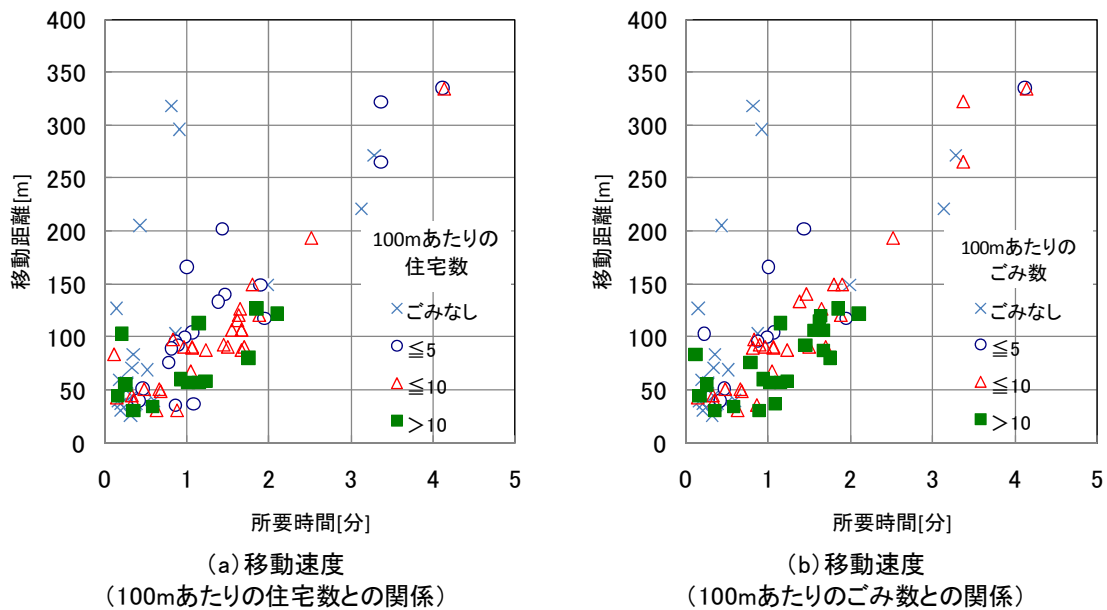


図 3-3 戸別収集方式の収集作業(積み込み+移動)時間
(戸別収集調査, 石狩市)

図 3-3(a), (b)は傾きが移動速度となる。(a)は 100m あたりの住宅数をパラメータとし、移動速度を求めている。住宅数の少ない場合、所要時間が短いことが少数あるが、全体としては住宅の密度に関係なく、所要時間は移動した距離に比例している。(b)は 100m あたりのごみ数をパラメータとしたがこれも(a)と同様、所要時間はごみ数に関係なく移動した距離に比例している。ごみがある箇所の平均移動速度は、時速 5.0 km 程度である。図 3-4 は石狩市の戸別収集作業の様子である。



図 3-4 収集作業の様子
(戸別収集調査, 石狩市)

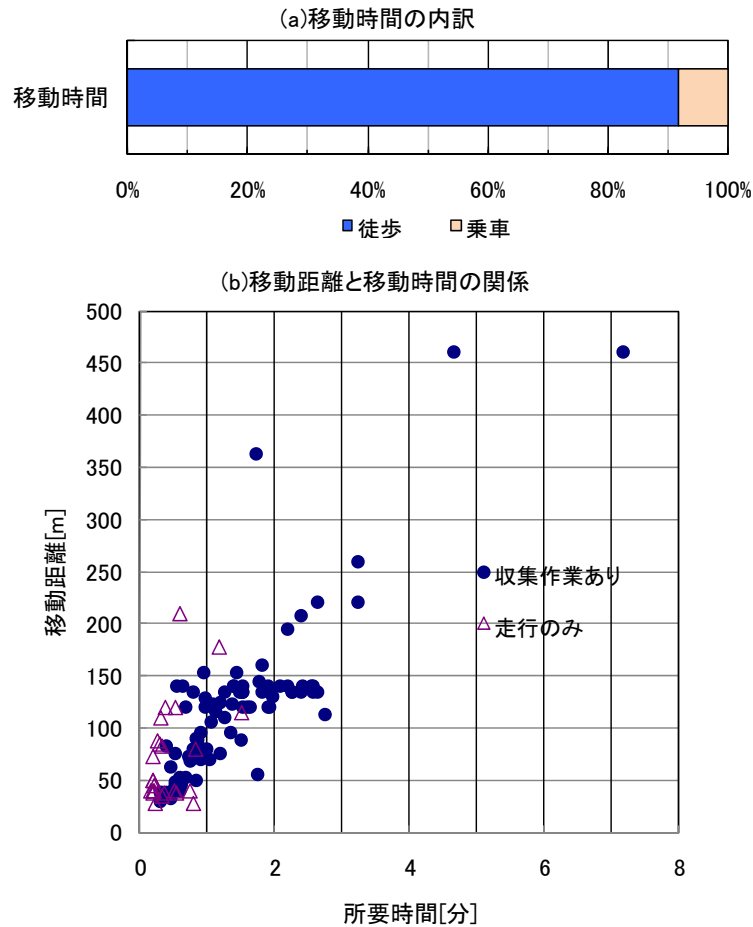


図 3-5 戸別収集方式の収集作業(積み込み+移動)時間
(戸別収集調査, 札幌市テスト走行)

3.3.2 札幌市の結果

図 3-5 に札幌市の調査結果を示す。図に示したのは、7月26日(月)の第一回目の収集地区範囲に相当する部分のみである。信号待ち、右左折待ちのためのロス時間は除いている。

図 3-5(a)は移動手段による移動時間の内訳であり、全移動時間の91.8%を徒歩で移動した。

(b)は収集作業の有無をパラメータとし、走行のみの区間を区別した。走行のみの区間で移動時間が短いことが少数あるが、全体としては収集作業の有無によらず移動速度は一定である。収集作業がある区間の平均移動速度は、時速4.9kmであり石狩市の調査とほぼ同じであった。図 3-6 は収集作業の様子である。



図 3-6 収集作業の様子
(戸別収集調査, 札幌市テスト走行)

3.4 ステーション収集との比較(札幌市)

3.4.1 輸送を除いた作業時間の比較

図 3-7, 表 3-4 に, ステーション収集と戸別収集テスト走行の比較を示す。作業時間は輸送を除いたもので, (a)は月曜収集区域で, (b)は木曜収集区域である。

(a)の月曜収集地域については, 以下のことがいえる。①収集区域

表 3-7 ステーション収集と戸別収集の収集作業の違い

	月曜収集地域		木曜収集地域	
	ステーション	戸別	ステーション	戸別
移動距離 [km]	4.4	12.1	5.8	15.3
平均移動速度 [km/時]	5.5	4.4	5.8	3.9
作業時間 [分]	収集	48.5	60.6	
	積込		124.9	183.1
	走行のみ		11.0	12.0
	ロス		19.1	20.2
	休憩		10.0	20.0

(戸別収集の平均移動速度はロス, 休憩を含む)

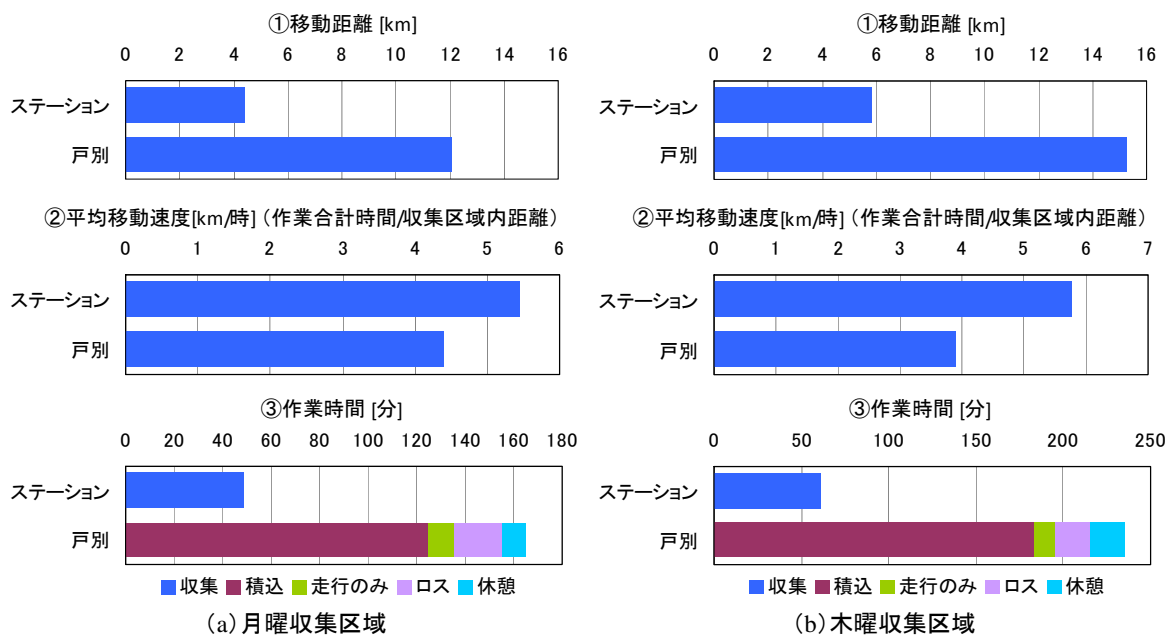


図 3-7 ステーション収集と戸別収集の収集作業の違い

内の移動距離はステーション収集の 2.75 倍に増加した。戸別収集ではこのほとんどを徒歩で移動している。②収集区域内の移動速度はステーション収集の 0.82 倍である。ここで, 移動速度とは, 収集区域内走行距離の合計を収集作業時間の合計で割った平均値である。ステーション収集の場合は, ステーション間距離の合計/各業務時間の合計であり, 戸別収集の場合は, 交差点から交差点まで(直線部分)の移動距離の合計/作業時間の合計である。ただし, 戸別収集はロスと休憩を含めている。③作業時間はステーション収集の 3.36 倍である。実作業時間のうち, ロスは 14%, 休憩は 7%であり, この両者により作業時間が 21%増加する。

(b)は木曜収集区域の比較である。週後半は週前半よりもごみ量が少ないため, 月曜収集よりも広い地域を収集できる。しかし, 戸別収集はごみ量ではなく, 収集区域が広がるほど移動距離が増加する。①移動距離はステーション収集の 2.62 倍増加し, ②収集区域内の平均移動速度はステーション収集の 0.75 倍である。③作業時間はステーション収集の 3.51 倍となる。

3.4.2 輸送を含めた作業時間の比較

可燃ごみの収集について、輸送時間を含めステーション収集と戸別収集を比較すると図 3-8 となる。(a)は月曜収集区域であり、(b)は木曜収集区域である。それぞれ、第 2 章の 7 月 26 日(月)、7 月 29 日(木)との比較である。

まず(a)について見ると、7 月 26 日のステーション収集は午前中に 3 回の収集を行った。ところが戸別収集では、午前中だけでは 7 月 26 日の 1 回目の収集区域を回りきれず、昼休みを取った後、午後 1 時半にようやく 1 回目の収集範囲を終了した。仮に 1 回目の収集区域の収集が午前中に終了できたとしても、約 3 倍の時間がかかることとなる。

一方(b)について見ると、ステーション収集では、木曜は月曜と比較してごみが少ないため、2 回の収集で 94 のステーションを回っており、月曜の 3 回の収集 84 ステーションより収集効率が良い。しかし、戸別収集の場合はごみの量によらず移動する距離は同じであるので、月曜と木曜で収集時間は変わらず、木曜の収集区域を終えるのは午後 2 時半を過ぎてしまう。

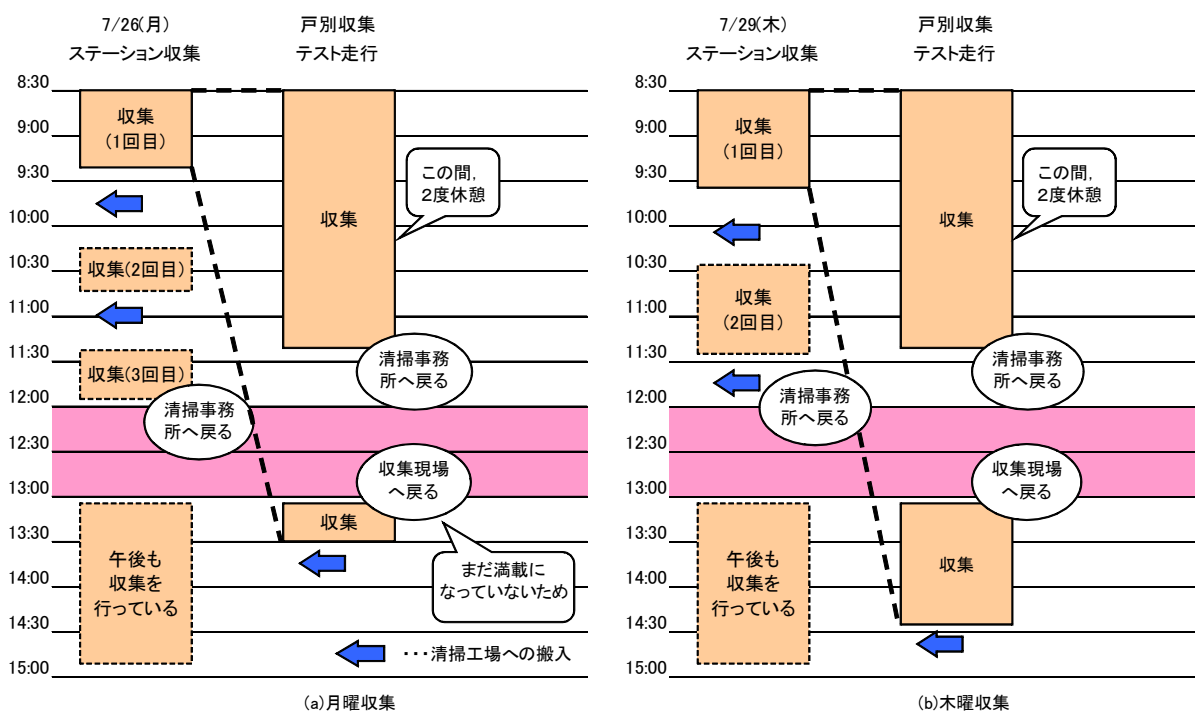


図 3-8 ステーション収集と戸別収集の比較

(追跡調査における可燃ごみの調査地域、輸送時間を含む。ステーション収集について、7/26、7/29 は午後も収集を行っているが、時間の計測はしていない。)

3.5 冬季調査

冬季は積雪のため、輸送および移動速度の低下が考えられる。そこで、札幌市の図 3-2 の地域において、戸別収集のテスト走行を行った。また積雪のため、道路幅の狭い狭隘路へは収集車両の進入が困難となる。そのため、以下の方法を想定して各々調査を行った。表 3-5 に概要を示す。

A：狭隘路を含め、すべて 2t パッカー車で収集する。

B：狭隘路はブルーシートによる持ち出しを行い、それ以外を 4t パッカー車で収集する。

C：狭隘路を 1.5t 平ボディ車で、それ以外を 4t パッカー車で収集する。

表 3-5 戸別収集冬季テスト走行の概要

実施日	収集方法	調査開始時刻	調査終了時刻	収集区域
1月18日(火)	4tパッカー車	8:30	11:15	狭隘路以外
1月18日(火)	2tパッカー車	11:20	12:30	調査地域すべて
1月18日(火)	ブルーシート	14:00	15:45	狭隘路
1月19日(水)	1.5t平ボディ車	9:00	9:30	狭隘路

夏季の調査と同様、調査区域内の一棟の住宅からごみ袋が 1 袋排出されると仮定し、作業員には実際に仮想のごみを積み込む動作を依頼した。4t パッカー車は狭隘路以外の収集を行い、2t パッカー車は狭隘路を含めた全区域の収集を行った。ブルーシートによる持ち出しと 1.5t 平ボディ車を利用した収集は狭隘地区のみを対象とした。図 3-9 に 2t パッカー車、図 3-10 にブルーシートによる持ち出し、図 3-11 に 1.5t 平ボディ車による作業の様子を示す。



図 3-9 収集作業の様子(2t パッカー車)
(戸別収集調査, 札幌市テスト走行(冬季))



図 3-10 収集作業の様子(ブルーシート)



図 3-11 収集作業の様子(1.5t 平ボディ車)

(戸別収集調査, 札幌市テスト走行(冬季))

表 3-6 に夏季調査との比較を示す。冬季調査のうち B, C の上段は 4t パッカー車、下段はブルーシートによる持ち出しまたは 1.5t 平ボディ車の移動距離と所要時間である。B, C の移動距離合計が夏季調査より短いのは、収集区域全体を一台の収集車で走行するときより収集経路が単純になるためである。

4t パッカー車の収集に注目すると、夏季調査と比べ冬季は距離が短いにも関わらずロス時間が増えている。これは除雪されていない道路があるため、対向車とすれ違うことが出来ず停車したり、1 回で右左折出来ず信号で 2 度止まったりするなど、走行が妨げられるためである。また、降雪や路面の凍結などによる影響から、作業員の歩行スピードが夏季よりも遅いことも原因である。ブルーシートを利用する場合は、収集作業員が狭隘路のほぼ中央まで移動し、収集車に戻る間にごみを集める。道路を往復することになるため、平ボディ車で収集するよりも時間がかかる。表 3-6 中のブルーシートによる持ち出しの移動距離は、片道の距離としている。

所要時間で比較すると、 $C < A < B$ の順となるが、A は車両が小さいために処理施設との往復回数が増え必要台数が増加する。また、C は狭隘路専用平ボディ車を走らせるため、4t パッカー車と 1.5t 平ボディ車が並行して収集を進めることになる。第 5 章の計算のため、表の右に移動速度を示した。B, C は、所要時間の合計を夏季の移動距離(6.6 km)で割ったものである。

表 3-6 夏季調査との比較

	移動距離 [km]	所要時間 [分]				収集時間の比	移動速度 [km/時]				
		収集 ①	ロス ②	休憩 ③	計 ①+②+③		収集のみ ①	ロス含む ①+②	全体 ①+②+③		
夏季調査	4tパッカー車	6.6	72	15	9	96	1.0	5.5	4.5	4.1	
冬季調査	A	2tパッカー車	6.2	95	10	11	116	1.2	3.9	3.5	3.2
	B	4tパッカー車	4.5	58	16	10	84	1.3	3.4	2.9	3.1
		ブルーシート	1.3	44	-	-	44				
	C	4tパッカー車	4.5	58	16	10	84	1.1	4.6	3.7	3.8
1.5t平ボディ車		1.3	18	1	-	19					

3.6 戸別収集のまとめ

ステーション収集では、ごみの積み込みが終了すると、作業員は収集車に乗って移動する。しかし、戸別収集は収集箇所の間隔が狭いため、大きな道路沿いでごみの排出が無い場合、あるいは別の収集地区へ移動する場合などを除き、ほとんどを徒歩で移動しなければならない。そのため、石狩市、札幌市ともに移動速度はごみの有無によらず、時速 5.0 km 程度であった。

さらに、戸別収集はすべての道路が対象となるため、収集区域内の移動距離が増加する。作業員の一日の徒歩移動距離は 20 km を超え、作業員の負担は大きい。また、戸別収集はごみの有無によらず作業員は徒歩で移動しなければならないので、ごみが少ないほど収集効率は低下する。

冬季は降雪により道路が狭くなるため、走行が妨げられてロス時間が増加し、結果として移動速度は遅くなる。また狭隘路の収集を、小型車両、ブルーシートによる持ち出しなどで行うことが必要になる。そのため、収集区域内の収集作業に要する時間(輸送は含まない)は夏季の 1.1~1.3 倍に増加した。

第4章 収集作業記録調査

4.1 調査の目的

収集車両追跡調査により，一日の作業における収集作業の特性を把握した。しかし，追跡調査が実施できるのは時間の制約のため，一部の地域に限られてしまう。札幌市は地域によって，ステーションあたりの世帯数，住居形態，ステーション間距離，清掃事務所や処理施設までの距離が異なる。これら地域特性の多様さがあるため，市全域におけるすべての作業時間の推定を行うためには，全地域で一日の作業状況を把握する必要がある。特に，輸送距離，収集区域内の移動距離等は，地域特有の値を持つと考えられるので，これらの値についてはこの調査以外に得る方法はない。

4.2 調査方法

4.2.1 調査項目

本調査は，輸送作業，搬出作業を含めたすべての作業状況の把握を目的とした。そこで，2010年7月26日から8月6日までの2週間，全清掃事務所管轄のすべての収集車(直営，委託とも)に対し，以下のような作業の区切りにおける時刻とメーター値，および施設搬入時のごみの収集量を依頼した。

- ①清掃事務所出発
- ②収集現場到着
- ③収集現場出発
- ④処理施設到着
- ⑤処理施設出発
- ⑥清掃事務所到着(清掃事務所に戻る際のみ)

図4-1に記録用紙の記入例を示す。(a)は時刻とメーター値，(b)は搬入回数ごとのごみの収集量の記入例である。

このようにして，

- 1)輸送(清掃事務所 - 収集現場，収集現場 - 処理施設，処理施設 - 清掃事務所)の所要時間と距離
- 2)収集作業の所要時間と収集区域内の走行距離
- 3)処理施設でのごみ搬出時間

のデータを，清掃事務所別，ごみ種別に取得した。

輸送時間等調査票

東清掃事務所

2-4

平成22年 7月 26日 (月 曜日)

区分	清掃事務所		現場		清掃工場		備考
	時間	メーター値	時間	メーター値	時間	メーター値	
車両番号	25-53						
出発	8:16	0					
到着			8:28	5.5			
出発			9:06	8.4			
到着			9:15	12.6			② → ①
出発			9:32	14.5			
到着					9:47	20.3	
出発					9:51		
到着			10:07	26.9			
出発			10:43	29.5			
到着					10:56	36.3	
出発					11:01		

(a)作業記録の記入例

回数	燃やせるごみ			搬入施設								
	燃やせるごみ □燃やせないごみ □びん・缶・ペットボトル □プラスチック □地域清掃ごみ (t)	燃やせるごみ □燃やせないごみ □びん・缶・ペットボトル □プラスチック □地域清掃ごみ (t)	燃やせるごみ □燃やせないごみ □びん・缶・ペットボトル □プラスチック □地域清掃ごみ (t)	発寒	篠路	駒岡	白石	駒岡資	中沼資	中沼プ	山本	山口
1	291						/					
2	277						/					
3	253						/					
4	272						/					
5	268						/					
6												
7												
8												
9												
10												
計	1361						5					

(b)ごみ搬入量の記入例

図 4-1 作業記録用紙(記入例)

(東清掃事務所, 可燃ごみ, 直営収集車の記録)

4.2.2 調査対象ごみ種

表 4-1 に、調査対象としたごみの種類を、清掃事務所所管区域ごとに示す。可燃ごみは1週間に2回の収集であるため、合計8日間のデータが得られた。不燃ごみ、枝葉草は4週間に1回の収集であるため、調査期間中に収集が行われない地域がある。資源ごみ、容リプラは週1回の収集であるが、月曜から金曜の収集区域に分けられているため、2週間で合計10日間のデータを取得した。雑がみは、2週間に1回の収集であるため、合計5日間のデータが得られた。

表 4-1 調査期間中に排出されるごみ種(清掃事務所所管区域別)

調査日	中央					
	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草
7月26日(月)	○		○	○	○	
7月27日(火)	○		○	○	○	
7月28日(水)			○	○	○	
7月29日(木)	○		○	○	○	
7月30日(金)	○		○	○	○	
8月2日(月)	○		○	○		○
8月3日(火)	○		○	○		○
8月4日(水)			○	○		○
8月5日(木)	○		○	○		○
8月6日(金)	○		○	○		○

調査日	豊平					
	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草
7月26日(月)	○		○	○	○	
7月27日(火)	○		○	○	○	
7月28日(水)			○	○	○	
7月29日(木)	○		○	○	○	
7月30日(金)	○		○	○	○	
8月2日(月)	○		○	○		○
8月3日(火)	○		○	○		○
8月4日(水)			○	○		○
8月5日(木)	○		○	○		○
8月6日(金)	○		○	○		○

調査日	北					
	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草
7月26日(月)	○		○	○	○	
7月27日(火)	○		○	○	○	
7月28日(水)			○	○	○	
7月29日(木)	○		○	○	○	
7月30日(金)	○		○	○	○	
8月2日(月)	○	○	○	○		
8月3日(火)	○	○	○	○		
8月4日(水)		○	○	○		
8月5日(木)	○	○	○	○		
8月6日(金)	○	○	○	○		

調査日	西					
	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草
7月26日(月)	○		○	○		○
7月27日(火)	○		○	○		○
7月28日(水)			○	○		○
7月29日(木)	○		○	○		○
7月30日(金)	○		○	○		○
8月2日(月)	○		○	○	○	
8月3日(火)	○		○	○	○	
8月4日(水)			○	○	○	
8月5日(木)	○		○	○	○	
8月6日(金)	○		○	○	○	

調査日	東					
	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草
7月26日(月)	○		○	○	○	
7月27日(火)	○		○	○	○	
7月28日(水)			○	○	○	
7月29日(木)	○		○	○	○	
7月30日(金)	○		○	○	○	
8月2日(月)	○	○	○	○		
8月3日(火)	○	○	○	○		
8月4日(水)		○	○	○		
8月5日(木)	○	○	○	○		
8月6日(金)	○	○	○	○		

調査日	南					
	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草
7月26日(月)	○		○	○		○
7月27日(火)	○		○	○		○
7月28日(水)			○	○		○
7月29日(木)	○		○	○		○
7月30日(金)	○		○	○		○
8月2日(月)	○		○	○	○	
8月3日(火)			○	○	○	
8月4日(水)			○	○	○	
8月5日(木)	○		○	○	○	
8月6日(金)	○		○	○	○	

調査日	白石					
	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草
7月26日(月)	○	○	○	○		
7月27日(火)	○	○	○	○		
7月28日(水)		○	○	○		
7月29日(木)	○	○	○	○		
7月30日(金)	○	○	○	○		
8月2日(月)	○		○	○	○	
8月3日(火)	○		○	○	○	
8月4日(水)			○	○	○	
8月5日(木)	○		○	○	○	
8月6日(金)	○		○	○	○	

4.2.3 データの作成

収集車ごとの図 4-1 の記録を、図 4-2 のように整理した。一台の記録を一行(縦方向)とし、第 1 行から第 4 行は日付、直営と委託の区別、車両番号、一日の収集回数を入力し、第 5 行以降に図 4-1(a)の記録を入力した。

	A	B	C	D	E	F	G
1	月日	7月26日	7月26日	7月26日	7月26日	7月26日	7月26日
2	直(1)委(2)	1	1	1	1	1	1
3	車号	2066	1881	1843	1562	1588	2512
4	収集回数	5	5	5	5	5	5
5	時刻	8:20	8:16	7:55	8:15	8:15	8:17
6	距離	0	0	0	0	0	0
7	作業	1	1	1	1	1	1
8	時刻	8:31	8:27	8:20	8:27	8:30	8:30
9	距離	4	4.1	5.1	3.6	4.9	4.2
10	作業	4	4	4	4	4	4
11	時刻	9:13	9:06	9:23	9:18	9:24	9:16
12	距離	9.4	8	11.7	8.1	12.3	14.1
13	作業	2	2	2	2	2	2
14	時刻	9:35	9:29	9:44	9:44	9:36	9:28
15	距離	18.4	16.7	20	18.3	17.3	18.5
16	作業	5	5	5	5	5	5
17	時刻	9:40	9:34	9:48	9:46	9:38	9:31
18	距離	19.4	17.7	21	19.3	18.3	19.5
19	作業	2	2	2	2	2	2
20	時刻	9:48	9:52	10:08	10:08	9:51	9:41
21	距離	22.4	26.2	29.6	28.7	25.8	24.7
22	作業	4	4	4	4	4	4
23	時刻	10:27	10:30	10:33	10:40	10:30	10:17
24	距離	29.4	29.4	32.2	33	30.3	28.9
101							
102							
103							
104	ごみ量1	3.06	3.07	3.58	3.23	3.39	3.18
105	2	2.82	3.14	2.47	2.93	3.91	3.7
106	3	2.62	1.48	2.88	2.23	3.25	2.81
107	4	2.79	3.61	3.01	2.46	2.52	2.5
108	5	2.37	2.91	2.13	3.08	2.2	2.37

図 4-2 調査記録データ
(東清掃事務所、可燃ごみ、週前半)

第 5 行目以降は時刻、走行距離メーター値、作業の種類が 3 行が 1 組となっている。作業の種類は次のコードで区別した(図 2-1 と同じである)。

- 1：清掃事務所 - 収集現場間の輸送
- 2：収集現場 - 処理施設間の輸送
- 3：処理施設 - 清掃事務所間の輸送
- 4：収集現場での収集作業
- 5：処理施設での搬出
- 0：昼休憩

例えば、B 列の 8～10 行目は、時刻 8:31、メーター値 4.0 から開始した作業は収集作業、B 列の 11～13 行目は、時刻 9:13、メーター値 9.4 から開始した作業は収集現場から処理施設の輸送であることを示す。直営収集車は、午前の作業が終了すると清掃事務所へ戻る。午後、清掃事務所から出発するまでの時間は昼休憩である。最後に、104 行目から収集回ごとの収集量(図 4-1(b))を順に入力した。

	A	B	C	D	E	F	G
1	115	7月26日	7月26日	7月26日	7月26日	7月26日	7月26日
2		1	1	1	1	1	1
3	2の数	2066	1881	1843	1562	1588	2512
4	629						
5							
6							
7		1	1	1	1	1	1
8		11	11	25	12	15	13
9		4.0	4.1	5.1	3.6	4.9	4.2
10		4	4	4	4	4	4
11		42	39	63	51	54	46
12		5.4	3.9	6.6	4.5	7.4	9.9
13		2	2	2	2	2	2
14		22	23	21	26	12	12
15		9.0	8.7	8.3	10.2	5.0	4.4
16		5	5	5	5	5	5
17		5	5	4	2	2	3
18		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
19		2	2	2	2	2	2
20		8	18	20	22	13	10
21		3.0	8.5	8.6	9.4	7.5	5.2
22		4	4	4	4	4	4
23		39	38	25	32	39	36
24		7.0	3.2	2.6	4.3	4.5	4.2
102							
103							
104	ごみ量	3.06	3.07	3.58	3.23	3.39	3.18
105		2.82	3.14	2.47	2.93	3.91	3.7
106		2.62	1.48	2.88	2.23	3.25	2.81
107		2.79	3.61	3.01	2.46	2.52	2.5
108		2.37	2.91	2.13	3.08	2.2	2.37
109		0	0	0	0	0	0

図 4-3 収集車の作業データ
(東清掃事務所, 可燃ごみ, 週前半)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	直営(週前半)									
2	195		523		149		336			336
3	事務所～現場		現場～清掃工場		事務所～清掃工場		積込			排出
4	時間(分)	距離(km)	時間(分)	距離(km)	時間(分)	距離(km)	時間(分)	距離(km)	収集量(t)	時間(分)
5	11	4	22	9	16	8	42	5.4	3.06	5
6	13	4	8	3	23	7	39	7	2.82	4
7	11	4.1	7	3	16	8.2	27	4	2.62	4
8	10	5.3	22	8.4	22	8.8	31	3.2	2.79	5
9	25	5.1	21	9	21	8.6	26	3.1	2.37	4
10	10	3.1	19	10	19	8.1	39	3.9	3.07	5
11	13	6.3	22	9.3	20	8.7	38	3.2	3.14	5
12	12	3.6	22	8.6	25	6.8	22	1.7	1.48	5
13	8	3.7	23	8.7	14	8.1	44	4.9	3.61	5
14	15	4.9	18	8.5	22	9.3	36	4.8	2.91	5
15	2	0.3	18	8.2	13	8.1	63	6.6	3.58	4
16	7	2.5	21	9.1	30	9.1	25	2.6	2.47	4
17	13	4.2	19	7.8	16	8.4	50	8.1	2.88	4
18	12	5.9	21	8.1	20	8.4	35	3.8	3.01	4
19	15	4.4	10	3.9	21	8.9	34	5.5	2.13	4
20	9	4.9	5	2.7	19	9	51	4.5	3.23	2
21	12	5.5	21	8.3	18	8	32	4.3	2.93	2
22	15	6.2	20	8.6	22	7	19	2.4	2.23	3
23	13	5.3	18	8.3	19	7.9	29	2.4	2.46	2
24	2	0.3	24	8.4	23	9.8	42	5.8	3.08	2

図 4-4 分析用データ
(東清掃事務所, 可燃ごみ, 週前半)

次に、時刻とメーター値の差分をとることで図 4-3 に示す作業データを作成する。行の順序は図 4-2 と同じである。

参考：MS-Excel では時刻を、0 時 0 分 0 秒を 0.0 とし、24 時間後を 1.0 となるよう数値で表している。8:40 などの表記は、それを時:分で表しているだけである。図 4-3 中 B8 の「11

分」は、図 4-2 のデータを用いて「 $=(B8-B5)*1440$ 」で計算し、数値として表示している。

(8:40 は秒を省略しており、8:40:00 と同じである。) 時間は 24 時間=1.0 なので、 $24 \times 60=1440$ をかけて分に直している。

最後に、図 4-3 より作業コード別の所要時間と距離を抽出し、分析用データ(図 4-4)を作成した。分析用データは、ごみ種および直営・委託別に作成した。可燃ごみについては、週前半と週後半を区別した。

図 4-4 の分析用データは、それぞれ、

A~F 列：左から作業コード順の輸送の所要時間と輸送距離

G, H 列：収集作業の所要時間と収集区域内の移動距離

I 列：収集量

J 列：処理施設における搬出の所要時間

である。図には示していないが、K 列以降は委託のデータである。

1~2 回目の作業は、作業コードでいうと、 $1 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 4$ であり、この間に 3 はない。この例から分かるように、図 4-4 は横方向には互いに関連がなく、すべての収集車のデータを縦に並べている。ただし、G~H の作業で収集されたごみ量が I であり、G~I はひとつの組となっている。

収集作業を、午前に n_1 回、午後 n_2 回行ったとすると、収集車の一日の動きは図 4-5 のように示され、各作業の回数には以下のような関係が成り立つ(図の○は収集回数、□は搬出回数を示す)。

すなわち、A は午前中の収集が終了した後、処理施設での搬出を行い、清掃事務所へ戻る。午後は清掃事務所から収集現場へ向かう。B は午前の収集の 2 回目が終了した後、清掃事務所へ戻り、午後は処理施設での搬出が最初の作業となる。A, B どちらの場合も、清掃事務所 - 収集現場の輸送回数(k_{11})、処理施設 - 清掃事務所の輸送回数(k_{13})は 1 日 2 回となる。収集回数が増えてもこの 2 つの回数は変わらない。

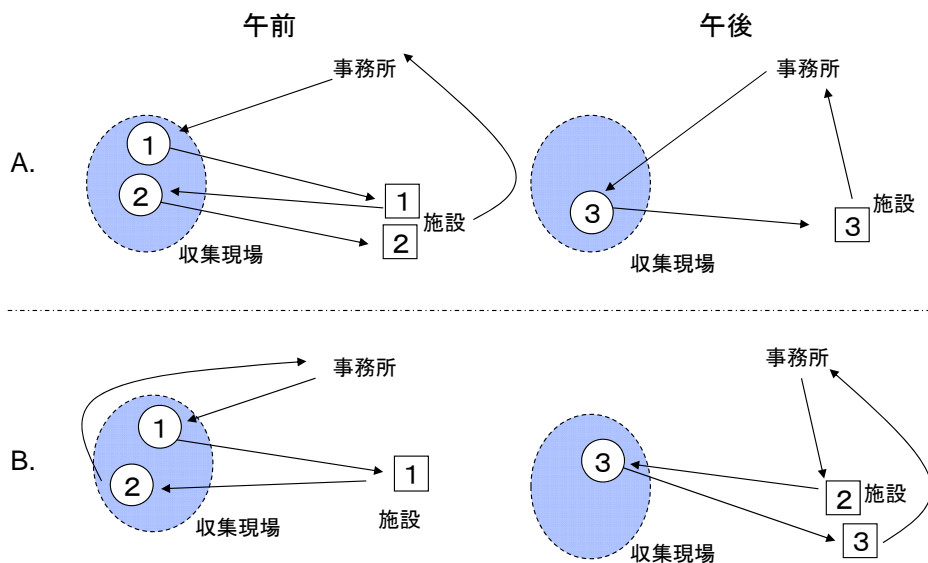


図 4-5 作業回数の関係($n_1 = 2, n_2 = 1$ の場合)

一方、収集現場 - 処理施設の輸送回数(k_{t2})は、収集回数によって増加する。A の場合、1 回目の収集は片道、2 回目以降は施設が出発地点となるので往復となり、それを収集回数分繰り返す。午後もまったく同じである。B の場合、A と比べて午前は 1 回減り、午後は 1 回増加するため、A の場合と同じとなる。収集現場 - 処理施設の輸送回数と収集回数の関係は次式のとおりである。

$$\begin{aligned}
 k_{t2} &= \underset{\text{午前1回目}}{1} + \underset{\text{午前残り}}{2(n_1-1)} + \underset{\text{午後1回目}}{1} + \underset{\text{午後残り}}{2(n_2-1)} \\
 &= \underset{\text{午前1回目}}{1} + \underset{\text{午前残り}}{2(n_1-1)} - \underset{\text{施設からの}}{1} + \underset{\text{午後残り}}{2} + \underset{\text{輸送作業}}{2(n_2-1)}
 \end{aligned}$$

以上のことから、一日の収集回数を $n = n_1 + n_2$ 回とすると各々の作業回数は以下のように表すことができる。

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 : 清掃事務所 - 収集現場の輸送 | $k_{t1} = 2$ |
| 2 : 収集現場 - 処理施設の輸送 | $k_{t2} = 2(n - 1)$ |
| 3 : 処理施設 - 清掃事務所の輸送 | $k_{t3} = 2$ |
| 4 : 収集作業 | $k_c = n$ |
| 5 : 処理施設での搬出 | $k_d = n$ |

これらを合計すると、総作業回数は $4n + 2$ 回となる。これらの数値は図 4-2 の入力作業に誤りがないかどうかを確認するために使用した。ただし、午前中の終わりに収集作業をしてから、昼休憩を挟んで午後も収集作業を続ける場合(積み足し)は、収集回数と搬入回数が一致しない。また、委託収集車は収集現場で作業開始としており、昼休憩をとる場所も定まっていないため、上記の関係が成立しない。

4.3 調査結果

4.3.1 調査の概要

表 4-2 に、調査期間中に全清掃事務所で稼動したごみ種別の車両台数を示す。合計 2188 台のデータを得ることができた。ただしデータの記入漏れや、委託収集車については一日の作業の途中で別のごみ種の収集を応援することがあるなど、不完全なデータがあるため、それらは表 4-2 には含めていない。除外した台数は 70 台であり、全体の 3% にすぎないので以下の推計には影響が

表 4-2 収集作業記録の調査の概要(車両台数)

調査日	直営						委託						車両台数合計		
	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草	可燃ごみ	不燃ごみ	資源ごみ	容リプラ	雑がみ	枝葉草	直営	委託	直営+委託
7月26日(月)	71	0	1	0	0	0	48	8	33	41	16	18	72	164	236
7月27日(火)	72	0	1	0	0	0	41	4	29	45	21	16	73	156	229
7月28日(水)	0	0	58	13	0	0	0	15	19	50	46	31	71	161	232
7月29日(木)	72	0	1	0	0	0	21	5	26	45	27	11	73	135	208
7月30日(金)	71	0	1	0	0	0	25	3	33	32	22	13	72	128	200
8月2日(月)	70	0	1	0	0	0	45	10	29	40	20	6	71	150	221
8月3日(火)	75	0	1	0	0	0	44	10	28	44	14	11	76	151	227
8月4日(水)	0	0	56	13	0	0	0	17	19	50	42	19	69	147	216
8月5日(木)	72	0	1	0	0	0	21	14	28	45	14	14	73	136	209
8月6日(金)	71	0	1	0	0	0	27	13	35	34	17	12	72	138	210

ないと考えられる。

車両台数は、直営：委託がおよそ 1：2 である。直営については、可燃ごみの収集がある曜日は、ほぼすべての車両が可燃ごみの収集を行っており、可燃ごみの収集がない曜日は、資源ごみと容器プラの収集を行っている。委託は 8 社が担当しており、曜日によって収集するごみ種を変え、ひとつの業者が複数の区を担当するなど、複雑である。可燃ごみの収集がある曜日は、全車両の約半数が可燃ごみの収集を行っている。

4.3.2 分析結果の例

可燃ごみを例として、東清掃事務所所管地域の収集量、収集区域内移動距離、輸送距離の分布、輸送の距離と時間の関係を示す。可燃ごみは、週の前半と後半でごみ量が異なるため、週の前半と後半を区別して分析し、図 4-6 は週の前半(月・火)2 週分、直営収集車(のべ 44 台、のべ収集回数 181 回)の結果である。

(a)収集量の階級のうち、例えば 2.25 は 1.75～2.25 の台数であり平均 2.0 トンの割合を示す。図より 2～3 トンであることが分かる。平均して一日に約 4 回の収集を行っており、収集量が少ないのは一日の終わりに近い場合である。(b)収集区域内移動距離は、一回の収集を終えるまでの収集区域内走行距離であり、大きなばらつきがある。移動距離が短いのは、人口が集中した地域であると考えられる。(c)調査期間中、東清掃事務所所管区域の可燃ごみは白石清掃工場(7/26～7/30)と発寒清掃工場(8/2～8/6)に搬入していた。同じ清掃事務所所管区域内でも、輸送距離(収集現場 - 処理施設)は大きく異なっている。(d)輸送の速度は、時速 24 km 程度である。

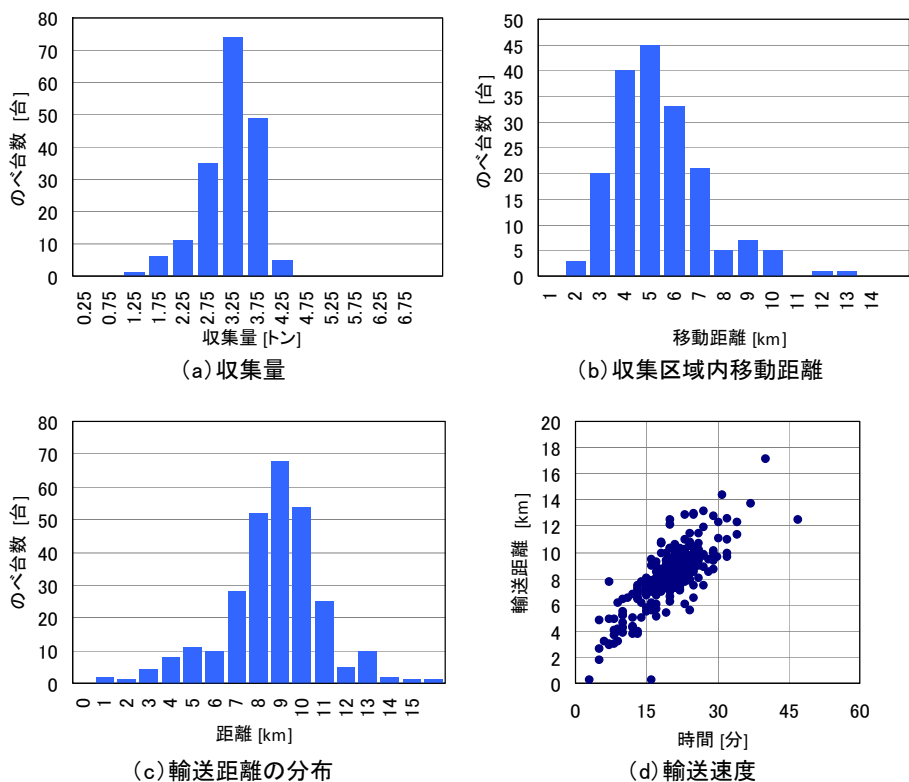


図 4-6 可燃ごみの週前半収集の例(東清掃事務所、直営)

(収集作業記録の調査、一回ごとのデータ。(c)、(d)は収集現場 - 処理施設間のデータ。)

4.3.3 積み込みと移動の分析

作業記録からは収集現場での積み込み、準備、移動は区別できない。そこで、

$$\text{所要時間} = \text{ごみ量} / \text{積み込み速度(準備含む)} + \text{移動距離} / \text{移動速度}$$

と考えると、2種類の速度を推定しなければならない。そこで、Micro-Soft Excel のソルバー機能を用いて、調査結果に一致するような積み込み速度(準備含む)と移動速度を推定した。図 4-7 に、ごみ種別に推定した結果を示す。直営と委託は別々に推定し、第 2 章の収集車両追跡調査の測定値とも比較した。

調査期間中に枝葉草の収集はなく、不燃ごみ、雑がみはすべて委託収集車による収集であるため、直営収集車の推定値はない。準備の時間はステーション数に依存するため、準備を含めた積み込み速度とするのは誤差があるが、追跡調査の測定値と大きな差はないことが分かる。

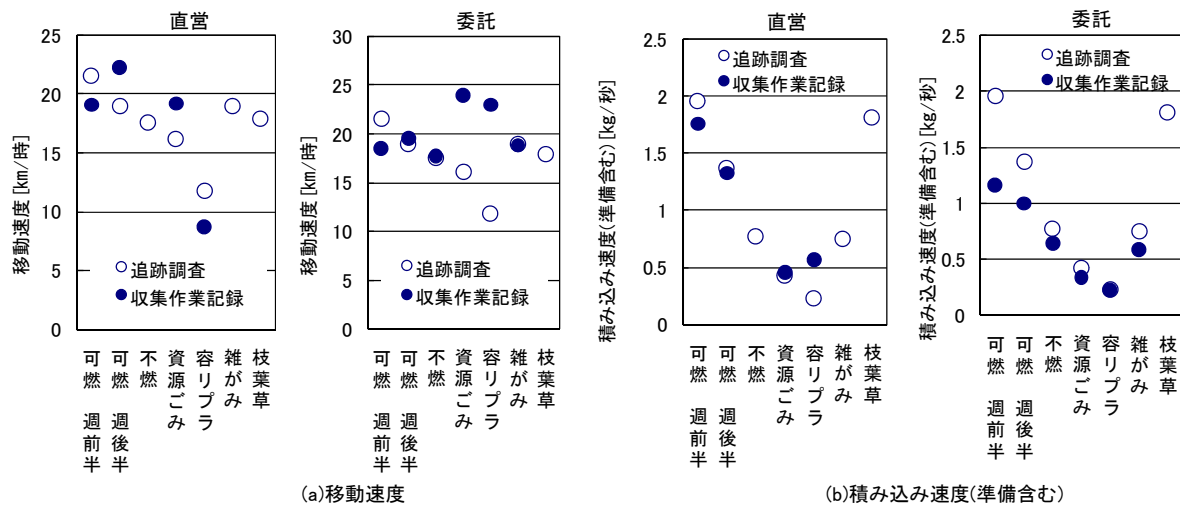


図 4-7 各速度の追跡調査との比較
(収集作業記録の調査、東清掃事務所)

表 4-3 図 4-8 の数値

	直営				委託						図4-8との対応
	可燃(週前半)	可燃(週後半)	資源	容リプラ	可燃(週前半)	可燃(週後半)	不燃	資源	容リプラ	雑がみ	
稼働台数 [台]	44	43	17	4	18	10	29	32	48	26	(a)
平均トリップ数 [回/台日]	4.1	3.6	3.6	1.5	2.9	2.8	2.7	3.4	2.0	3.1	(a)
トリップあたり収集量 [トン/回]	2.95	2.86	1.00	0.87	3.98	3.66	2.36	1.00	1.47	1.97	(b)
トリップあたり移動距離 [km/回]	4.95	6.93	7.93	6.38	8.19	11.19	8.05	6.62	12.22	7.85	(b)
移動距離当たりごみ量 [トン/km]	0.60	0.41	0.13	0.14	0.49	0.33	0.29	0.15	0.12	0.25	(b)
輸送① [km/時]	23.1	23.4	24.6	23.1	21.2	19.4	16.2	23.8	13.2	14.1	(d)
輸送② [km/時]	24.9	23.7	29.6	30.0	23.5	22.8	26.8	31.2	26.1	26.8	(d)
輸送③ [km/時]	25.7	24.6	30.1	27.6	25.8	23.6	24.8	30.5	28.5	27.5	(d)
移動 [km/時]	19.1	22.2	19.0	8.5	18.5	19.5	17.7	23.9	23.0	18.9	(d)
積み込み [kg/秒]	1.76	1.32	0.49	0.56	1.16	1.00	0.64	0.34	0.22	0.58	(d)
輸送① [km/台日]	10.4	12.9	13.0	9.8	6.2	6.7	9.7	6.1	10.8	17.0	(c)
輸送② [km/台日]	53.2	47.3	47.3	48.3	40.0	37.8	33.8	47.9	20.0	35.9	(c)
輸送③ [km/台日]	19.1	16.3	12.8	10.0	7.8	4.0	12.1	6.2	17.3	23.0	(c)
移動 [km/台日]	20.4	25.0	28.5	19.1	24.1	31.3	21.7	22.5	24.7	24.5	(c)
収集量 [トン/台日]	12.1	10.3	3.6	2.6	11.7	10.3	6.4	3.4	3.0	6.1	(c)
輸送① [分/台日]	27.0	33.0	31.8	25.5	17.5	20.7	36.1	15.4	48.9	72.4	(e)
輸送② [分/台日]	128.1	119.7	96.1	96.8	102.2	99.5	75.9	92.2	45.8	80.3	(e)
輸送③ [分/台日]	44.5	39.7	25.5	21.8	18.2	10.2	29.3	12.2	36.4	50.1	(e)
積み込み [分/台日]	180.3	197.7	213.5	215.3	251.4	271.1	237.0	226.4	292.0	256.7	(e)
排出 [分/台日]	14.8	13.7	17.3	16.8	14.9	13.7	15.5	14.3	9.3	14.1	(e)
積込時間の割合 [%]	45.7	48.9	55.6	57.2	62.2	65.3	60.2	62.8	67.5	54.2	(e)

4.3.4 分別ごみ間の比較

図 4-8 に、東清掃事務所管轄の全収集車両(延べ 271 台)における、ごみ種別の収集作業の比較を示す。

(a)は稼働台数とトリップ数(一日あたりの収集回数)である。委託は全ごみ種の収集を行っているが、直営は可燃ごみ、資源ごみ、容リプラの 3 種の分別ごみをのみの収集を行っている。直営収集車の 8 割は、可燃ごみの収集である。平均トリップ数は、ごみ種によって直営と委託の違いがある。可燃ごみ、容リプラは委託より直営のほうが多く、資源ごみは直営・委託とも 3 回程度である。他のごみ種は 3 回程度である。

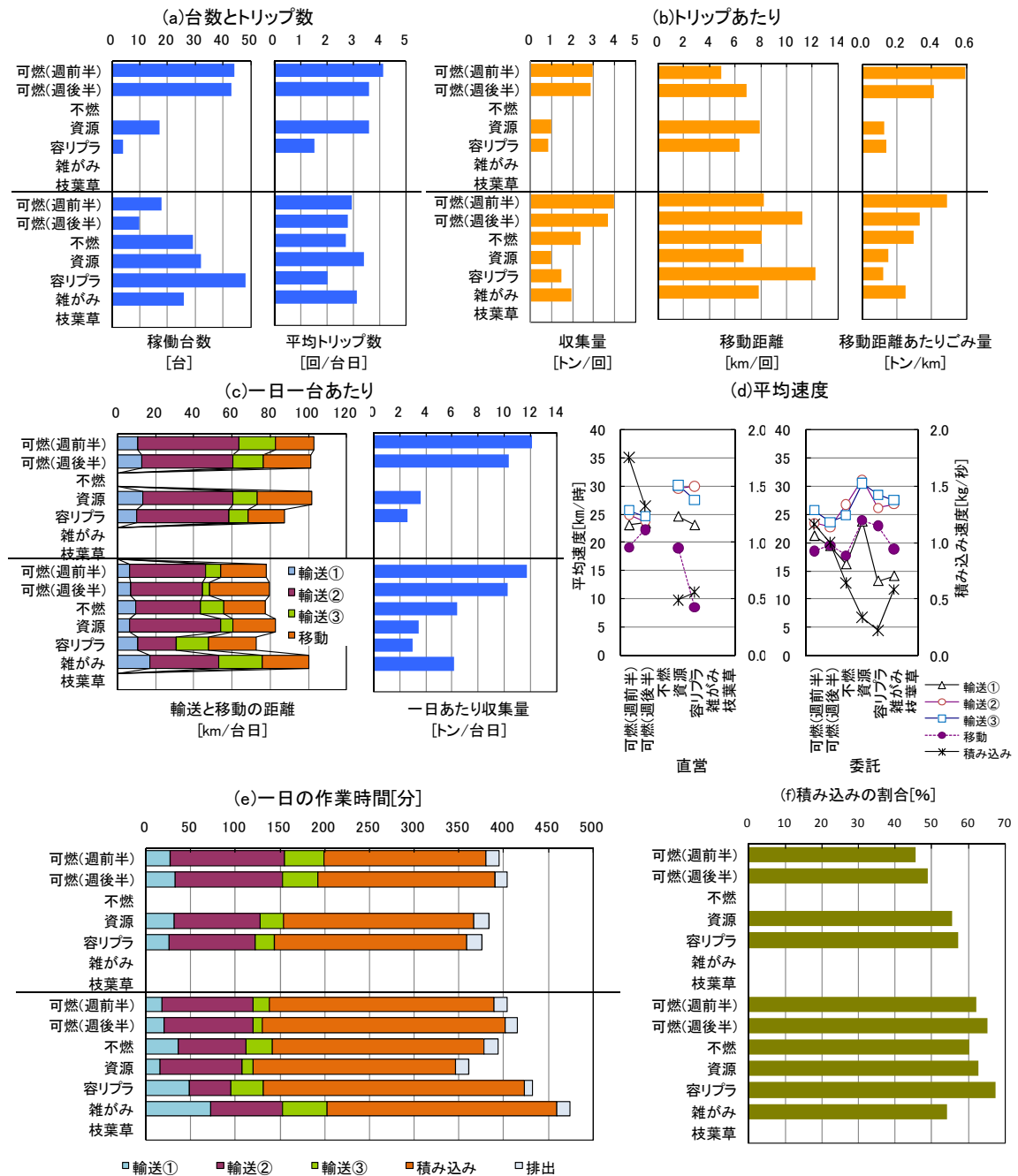


図 4-8 地域別のまとめ(東清掃事務所)

(b)はトリップあたりの集計で、収集量はすべてのごみ種で直営より委託のほうが多く、可燃ごみに関しては1トン程度の差がある。これは委託収集車にプレス車が多いなど、車両の違いによるものと考えられる。移動距離は5~12kmと分別ごみ間でばらつきが生じた。また、ごみ種別の移動距離は、ほとんどのごみ種で直営より委託のほうが長い。移動距離あたりのごみ量は、ごみ自体の密度とごみの集中度合で変化する。ごみの密度が大きくなると、同じ重量に対して容積が小さくなるため移動距離は減少する。人が集中して発生量が大きく、収集頻度が少ないと移動距離は減少する。

(c)は一日一台あたりの輸送と移動の距離、収集量である。輸送①は清掃事務所 - 収集現場、輸送②は収集現場 - 処理施設、輸送③は処理施設 - 清掃事務所間の輸送である。距離の内訳は、委託の雑がみを除いてほぼ同じとなった。委託の雑がみについては、輸送①と輸送③の割合が大きくなっている。一日一台あたりの収集量は、可燃ごみを除き、直営より委託のほうが多い。

(d)は、輸送速度、移動速度、ごみの積み込み速度を示す。輸送速度と移動速度は、ほとんどのごみ種で直営・委託とも時速20~30kmである。積み込み速度は、ごみ種によらず委託より直営のほうが大きい。

(e)は一日の作業時間の内訳と、作業時間に占める収集作業の割合を示す。一日の作業時間は、全車両合計の作業時間を延べ台数で割って、車両一台あたりとした。委託の雑がみを除いて直営・委託とも400分(6時間40分)程度である。委託の雑がみは、450分(7時間30分)を超えた。収集作業の割合は直営より委託のほうが大きく、委託は60%程度である。

4.3.2で述べたように、同じ管轄地域内でも地域特性には大きな差があり、搬入先がごみ種により異なるため、単純には比較できないが以下のことが分かった。①直営収集車については、可燃ごみは輸送に約半分の時間を使っており、資源ごみ、容リプラの約4割より大きい。輸送時間の割合が小さいのは、後者のごみ種は、処理施設が近いことも原因であると考えられる。②委託収集車については、輸送時間の割合が直営収集車より小さい。これは、昼休みの休憩を収集現場の近くで取るなど輸送条件の違いや収集車両の大きさの違いによるものと考えられる。

他の清掃事務所に関しても、同様にして分析を行った。

4.3.5 地域特性

図4-8のうち、平均トリップ数、トリップあたり移動距離、移動距離あたりごみ量、一日の作業時間に占める収集作業の割合によって、作業のおおよその状態を把握することができる。各清掃事務所のこれらの数値を、図4-9にまとめた。記号の種類でごみ種を、塗りつぶしの有無で直営と委託を区別した。数値は表4-4に示す。

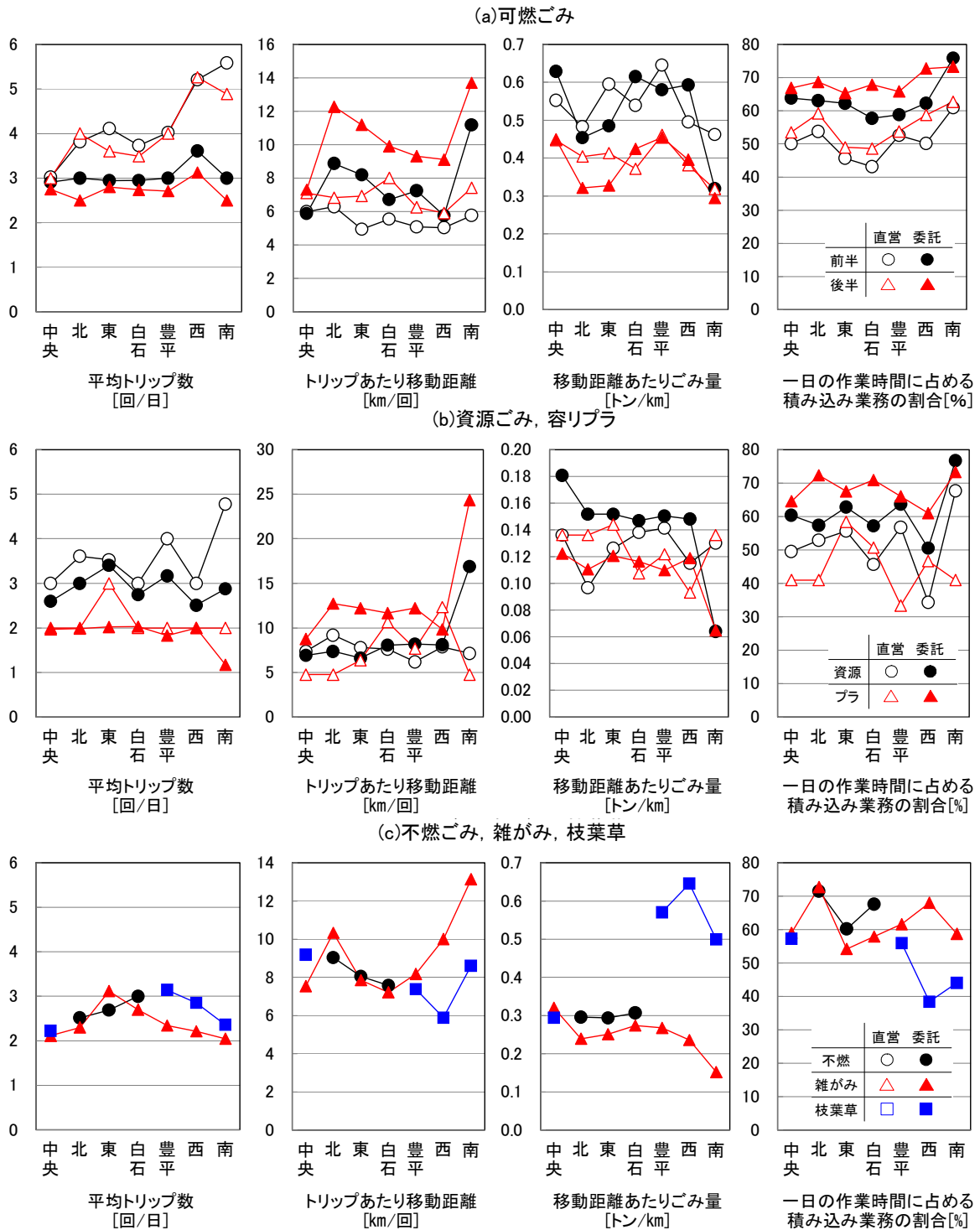


図 4-9 地域特性

可燃ごみ(図 4-9(a))の平均トリップ数は、中央を除く全ての地域で委託よりも直営のほうが多く、西と南は、他の地域と比べてトリップ数が多い。トリップあたり移動距離は地域によってばらつきがあるが、直営より委託のほうが大きい。移動距離あたりごみ量は、週後半より週前半のほうが多く、この理由は、週後半は週前半と比べてごみ量が少なく、収集車が満載になるまでより広い区域を走行しなければならないためである。一日の作業に占める収集作業の割合は、直営より委託のほうが、また、週前半より週後半のほうが大きい傾向が見られる。南は、他の地域と比較

して収集作業の占める割合が大きい。

資源ごみ、容リプラ(図 4-9(b))の平均トリップ数は、清掃事務所によらず 2~3 回程度である。トリップあたりの移動距離は、南以外は地域、直営と委託の違いによらず 5~10 km程度である。移動あたりごみ量は、可燃ごみと比べると全清掃事務所で小さい。トリップあたり移動距離の長い南では、移動距離あたりごみ量は小さい。一日の作業に占める収集作業の割合は、可燃ごみと同様、全ての地域で直営より委託のほうが大きい。

不燃ごみ、雑がみ、枝葉草(図 4-9(c))の収集は委託が担当しているため、直営の結果はない。平均トリップ数は、ごみ種、地域によらず 2~3 回である。雑がみ、枝葉草のトリップあたりの移動距離、枝葉草の移動あたりごみ量は、地域によってばらつきが生じた。一日の作業に占める収集作業の割合は、ごみ種、地域によらず 60%程度であるが、枝葉草の西と南では 40%となっている。これは、搬出先の埋立地が遠いため、輸送に時間を費やしているためと考えられる。

表 4-4 図 4-9 の数値

ごみ種	平均トリップ数 [回/台日]								移動距離 [km]							
	中央	北	東	白石	豊平	西	南	中央	北	東	白石	豊平	西	南		
可燃(週前半) 直営	3.0	3.8	4.1	3.7	4.0	5.2	5.6	6.0	6.3	4.9	5.5	5.1	5.0	5.8		
可燃(週前半) 委託	2.9	3.0	2.9	2.9	3.0	3.6	3.0	5.9	8.9	8.2	6.7	7.2	5.8	11.2		
可燃(週後半) 直営	3.0	4.0	3.6	3.5	4.0	5.3	4.9	7.1	6.8	6.9	8.0	6.3	5.9	7.4		
可燃(週後半) 委託	2.8	2.5	2.8	2.7	2.7	3.1	2.5	7.3	12.3	11.2	9.9	9.3	9.1	13.7		
資源 直営	3.0	3.6	3.5	3.0	4.0	3.0	4.8	7.4	9.2	7.8	7.6	6.2	7.9	7.1		
資源 委託	2.6	3.0	3.4	2.7	3.2	2.5	2.9	6.9	7.4	6.6	8.1	8.2	8.1	16.9		
容リプラ 直営	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.8	4.8	6.4	10.7	7.7	12.3	4.8		
容リプラ 委託	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	1.2	8.7	12.7	12.2	11.7	12.2	9.8	24.3		
不燃 直営																
不燃 委託		2.5	2.7	3.0					9.0	8.1	7.6					
雑がみ 直営																
雑がみ 委託	2.1	2.3	3.1	2.7	2.3	2.2	2.0	7.5	10.3	7.9	7.2	8.2	10.0	13.1		
枝葉草 直営																
枝葉草 委託	2.2				3.1	2.9	2.4	9.2				7.4	5.9	8.6		

	移動距離あたりごみ量 [トン/km]								積み込みの割合 [%]							
	中央	北	東	白石	豊平	西	南	中央	北	東	白石	豊平	西	南		
可燃(週前半) 直営	0.55	0.48	0.60	0.54	0.65	0.50	0.46	50	54	46	43	53	50	61		
可燃(週前半) 委託	0.63	0.45	0.49	0.62	0.58	0.59	0.32	64	63	62	58	59	62	76		
可燃(週後半) 直営	0.45	0.40	0.41	0.37	0.46	0.38	0.32	53	59	49	49	54	59	63		
可燃(週後半) 委託	0.45	0.32	0.33	0.42	0.45	0.40	0.29	67	69	65	68	66	73	73		
資源 直営	0.14	0.10	0.13	0.14	0.14	0.12	0.13	50	53	56	46	57	34	68		
資源 委託	0.18	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.06	60	57	63	57	64	51	77		
容リプラ 直営	0.14	0.14	0.14	0.11	0.12	0.09	0.14	41	41	58	51	33	47	41		
容リプラ 委託	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12	0.06	65	72	68	71	66	61	73		
不燃 直営																
不燃 委託		0.30	0.29	0.31					72	60	68					
雑がみ 直営																
雑がみ 委託	0.32	0.24	0.25	0.27	0.27	0.24	0.15	59	73	54	58	62	68	59		
枝葉草 直営																
枝葉草 委託	0.29				0.57	0.65	0.50	57				56	38	44		

4.3.6 清掃事務所所管区域ごとのパラメータ

本調査で得られたパラメータ（5章の計算で使用する）を、清掃事務所所管区域ごとに表4-5、4-6に示す。一日の収集作業において最後の作業は、収集車が満車とならない。そこで、表4-6(e)のごみの密度は、満載にするとと思われる一日の最初の収集量の平均値を、車両積載容積（8m³とした）で割って求めた。表4-6中「異常値」とは、ソルバーで得られた数値が異常に大きい（あるいは小さい）ことを示す。

表4-5 共通パラメータ

(a) 輸送距離d1(事務所ー現場)		(b) 輸送速度vt		(c) 移動速度vc	
	d1 [km]		vt [km/時]		vc [km/時]
中央	4.7	中央	25.5	中央	20.8
北	4.0	北	24.5	北	22.6
東	5.0	東	24.4	東	19.1
白石	7.6	白石	27.5	白石	19.2
豊平	5.6	豊平	30.7	豊平	21.6
西	5.1	西	23.9	西	19.7
南	6.0	南	28.0	南	28.2

表4-6 分別ごみごとのパラメータ

(a) 輸送距離d2(現場ー施設)							
d2 [km]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草	
中央	11.1	13.7	17.5	12.2	13.5	15.3	
北	5.9	10.7	12.0	7.2	8.3	14.2	
東	7.2	8.7	9.6	9.9	8.3	9.6	
白石	7.2	12.9	14.6	7.1	12.6	6.4	
豊平	9.8	9.7	17.6	11.7	11.4	12.2	
西	5.0	22.3	21.4	5.7	13.1	24.8	
南	5.6	5.3	23.5	7.2	17.1	21.2	

(b) 輸送距離d3(施設ー事務所)							
d3 [km]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草	
中央	11.4	8.1	19.5	7.2	19.5	13.9	
北	8.5	12.2	11.2	7.4	11.2	15.1	
東	8.4	7.2	6.9	9.5	6.9	10.4	
白石	0.4	9.0	8.5	4.3	8.5	3.5	
豊平	5.9	5.6	21.0	4.8	21.0	14.5	
西	0.4	20.7	19.3	0.5	26.0	19.2	
南	0.3	0.3	26.0	0.5	19.3	18.0	

(c) 移動距離Dc							
1) 直営							
Dc [km]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草	
中央	194	199	19				
北	291	298	45				
東	253	242	38				
白石	265	183	43				
豊平	218	223	23				
西	291	201	37				
南	193	61	32				

2) 委託							
Dc [km]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草	
中央	92	66	108	110	112	110	
北	141	92	144	159	143	159	
東	76	72	119	126	127	126	
白石	153	113	156	159	168	159	
豊平	172	109	168	162	157	162	
西	188	136	159	205	186	205	
南	68	65	100	114	118	114	

表 4-4 ごみごとのパラメータ (つづき)

(d)積み込み速度 α ※平均値を使用

α [kg/秒]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草
中央	1.17	0.37	0.22	/	0.57	異常値
北	1.30	0.39	0.22	0.64	0.43	/
東	1.76	0.34	0.22	0.64	0.58	/
白石	1.72	0.37	0.23	0.64	0.64	/
豊平	1.53	0.74	0.23	/	0.45	異常値
西	1.78	0.38	0.26	/	0.46	異常値
南	1.47	0.35	0.18	/	0.43	1.58
平均	1.53	0.42	0.22	0.64	0.51	1.58

(e)ごみの密度 ρ ※平均値を使用

1)直営

ρ [t/m ³]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草
中央	0.35	0.12	0.10	/	/	/
北	0.35	0.13	0.10	/	/	/
東	0.40	0.15	0.13	/	/	/
白石	0.39	0.15	0.15	/	/	/
豊平	0.40	0.13	0.14	/	/	/
西	0.33	0.14	0.15	/	/	/
南	0.35	0.14	0.13	/	/	/
平均	0.37	0.14	0.13	/	/	/

2)委託

ρ [t/m ³]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草
中央	0.44	0.18	0.15	0.39	0.29	0.35
北	0.56	0.16	0.20	0.39	0.31	0.56
東	0.51	0.14	0.20	0.37	0.29	0.58
白石	0.58	0.17	0.21	0.36	0.27	0.50
豊平	0.58	0.17	0.20	0.39	0.28	0.51
西	0.46	0.18	0.17	0.37	0.29	0.47
南	0.59	0.16	0.22	0.38	0.23	0.52
平均	0.53	0.17	0.19	0.38	0.28	0.50

4.4 冬季調査

4.4.1 調査の概要

札幌市の 2010 年度における冬季降雪量は 485 cm であり、道路幅の減少などにより収集作業に影響を与える。そこで、冬季調査として、2011 年 1 月 17 日から 25 日の間に、全清掃事務所管轄のすべての直営収集車に対し、可燃ごみ収集の作業記録を依頼した。方法は夏季調査と同じであり、週前半の月曜・火曜の連続した 2 日間である。表 4-7 に調査の概要を示す。調査台数は合計 145 台であるが、夏季調査と同様、データの記入漏れによる不完全なデータが 1 台分あった。表 4-7 は利用可能なデータが得られた 144 台の内訳である。

表 4-7 冬季調査の概要(稼働台数)
(直営, 可燃ごみ)

調査日	清掃事務所						
	中央	北	東	白石	豊平	西	南
1月17日(月)							6
1月18日(火)							7
1月24日(月)	10	11	11	11	11	11	
1月25日(火)	11	11	11	11	11	11	

調査期間中の収集車の稼働台数，総収集量，総輸送距離，総移動距離，一回あたりの収集量，一日あたりの収集回数を清掃事務所別に表 4-8 に示す。比較のために夏季の調査結果を掲載した。夏季調査結果は，2 週間分の合計 4 日間(月・火×2)の結果であり，冬季調査結果は 1 週間分の合計 2 日間(月・火×1)の結果である。

前述したように不完全なデータは除いた。例えば中央の冬季は，1 台分のデータが欠けている。そこで，夏季の稼働台数が冬季の 2 倍となっている北，東，豊平の 1 週間分のごみ量を比較すると，冬季/夏季の比はそれぞれ 0.75，0.76，0.83 となり，冬季は 2 割程度ごみ量が少ない。このため，冬季は処理施設への輸送回数が少なくなり，総輸送距離も減少する。総移動距離が減少する理由は不明である。

図 4-10 に夏季調査と冬季調査の作業状況の変化，輸送速度，移動速度，積み込み(準備含む)速度の変化を示す。

表 4-8 調査結果の比較(直営，可燃ごみ，週前半)

(a)夏季調査結果 (4 回分)

	稼働台数 [台]	収集量 [トン]	総輸送距離 [km]	総移動距離 [km]	一回あたりの 収集量 [トン/台・日]	一日あたりの 収集回数 [回/台・日]
中央	44	440	3464	797	3.31	3.0
北	44	511	3071	1058	3.04	3.8
東	44	533	3637	896	2.95	4.1
白石	45	502	4437	931	2.99	3.7
豊平	44	581	3727	900	3.28	4.0
西	43	558	3408	1127	2.49	5.2
南	24	357	1524	773	2.67	5.6

(b)冬季調査結果(2 回分)

	稼働台数 [台]	収集量 [トン]	総輸送距離 [km]	総移動距離 [km]	一回あたりの 収集量 [トン/台・日]	一日あたりの 収集回数 [回/台・日]
中央	21	172	1509	340	2.73	3.0
北	22	191	1232	409	2.45	3.5
東	22	203	1294	434	2.82	3.3
白石	22	251	1344	520	2.76	4.1
豊平	22	241	1880	440	2.74	4.0
西	22	265	1091	569	2.41	5.0
南	13	151	634	419	2.56	4.5

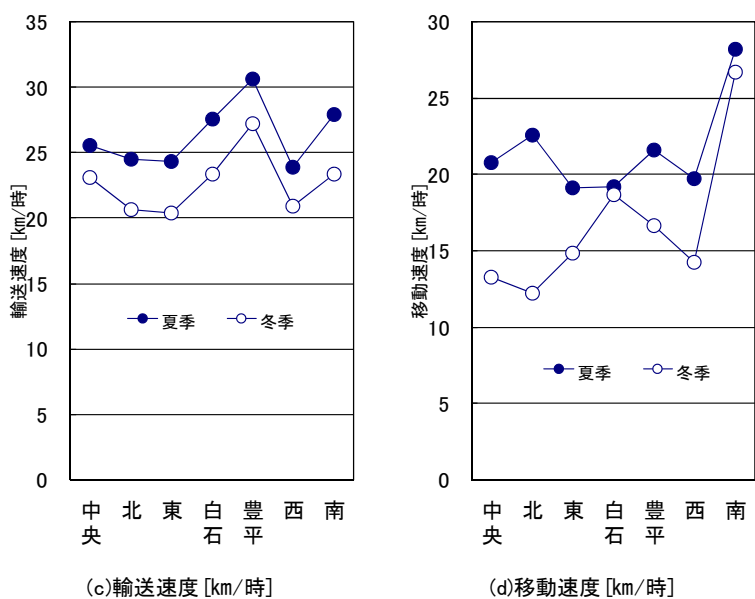
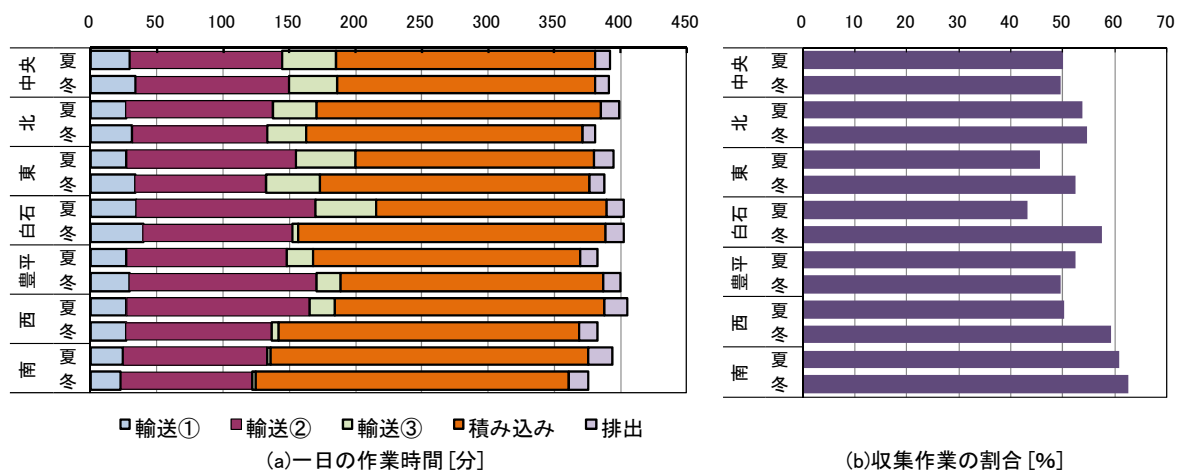


図 4-10 収集作業の変化

(a)作業時間は夏季も冬季も 400 分(6 時間 40 分)程度である。(b)収集時間の占める割合は、豊平を除きほとんどの清掃事務所で冬季に増加した。(c)輸送速度は、全ての清掃事務所です速 2~4 km 程度遅くなっている。(d)冬季の積み込み速度は、夏季の約 0.8 倍となった。そこで、全清掃事務所です積み込み速度を一定とし、移動速度を Micro-Soft Excel のソルバー機能を用いて推定した。ほとんどの清掃事務所です夏季よりも冬季のほうが、値が小さい。

4.4.2 夏季と冬季のパラメータの比較

冬季調査により得られたパラメータと夏季のパラメータの比較を表 4-9 に示す。輸送速度、移動速度は地域差を考え、清掃事務所管轄地域別とするが、積込速度は表最下段の平均値を用いる。

表 4-9 夏季との比較

(a)輸送速度 v_t			(b)移動速度 v_c		
v_t [km/時]	夏季	冬季	v_c [km/時]	夏季	冬季
中央	25.5	23.1	中央	20.8	13.3
北	24.5	20.6	北	22.6	12.2
東	24.4	20.4	東	19.1	14.9
白石	27.5	23.4	白石	19.2	18.7
豊平	30.7	27.2	豊平	21.6	16.7
西	23.9	20.9	西	19.7	14.2
南	28.0	23.4	南	28.2	26.7

(c)積み込み速度 α ※平均値を使用

1)夏季

α [kg/秒]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草
中央	1.17	0.37	0.22	/	0.57	異常値
北	1.30	0.39	0.22	0.64	0.43	/
東	1.76	0.34	0.22	0.64	0.58	/
白石	1.72	0.37	0.23	0.64	0.64	/
豊平	1.53	0.74	0.23	/	0.45	異常値
西	1.78	0.38	0.26	/	0.46	異常値
南	1.47	0.35	0.18	/	0.43	1.58
平均	1.53	0.42	0.22	0.64	0.51	1.58

2)冬季

α [kg/秒]	可燃ごみ	資源ごみ	プラごみ	不燃ごみ	雑がみ	枝葉草
中央	1.14	0.32	0.19	/	0.49	/
北	1.28	0.33	0.18	0.55	0.37	/
東	1.26	0.29	0.19	0.55	0.50	/
白石	1.23	0.32	0.19	0.55	0.55	/
豊平	1.31	0.64	0.20	/	0.39	/
西	1.74	0.32	0.23	/	0.40	/
南	1.22	0.30	0.15	/	0.37	/
平均	1.31	0.36	0.19	0.55	0.44	/

4.5 全車両調査のまとめ

収集作業記録の調査から、市全域における輸送を含めた収集作業の特性を把握することができた。直営と委託では、車両の違いや作業の違いにより収集作業の内訳が異なる。

また、各地域の輸送距離や移動距離についても詳細なデータを得ることができた。

第5章 作業時間の推定

5.1 本章の目的

収集車両追跡調査及び収集作業記録調査を実施することにより、一日の作業状況を把握することができた。本章では、これらの調査により得られた数値を用いて、作業時間推定、および車両台数決定のためのモデルを作成した。まず、推定した作業時間と実測値との整合性を確認し、その後、収集方法変更による車両台数の変化を検討した。

5.2 各作業時間の影響因子

一日の作業は、「輸送」、「収集」、「搬出」の3つの作業からなる。第4章の調査結果より、一日の作業時間の中で「搬出」が占める割合は3%程度であることが分かったので、搬出時間は無視できる。表5-1に作業時間を決定するパラメータ(縦方向)と、その影響因子(横方向)を示す。

表5-1 各パラメータの影響因子

		地域		施設	季節	前/後	収集頻度	降雪	ST/戸	車両	直/委	ごみ種
		清掃事務所 所管区域	収集区域									
事務所-現場の距離	d_1 [km]	○	○									
現場-施設の距離	d_2 [km]	○	○	○								
施設-事務所の距離	d_3 [km]	○	○	○								
収集現場での移動距離	d_c [km]	○	○						○			
輸送速度	v_t [km/時]	○	○				○					
移動速度	v_c [km/時]	○	○				○					
積み込み速度	α [kg/秒]						○	○				○
ごみ量	w [t]	○			○	○	○					
ごみの密度	ρ [t/m ³]											○
車両積載可能容積	V_c [m ³]									○	○	
輸送パターン											○	

清掃事務所所管区域の違いによって、搬出先となる施設の位置が異なるため、輸送距離(d_1 , d_2 , d_3)は一定でない。また、収集現場の広さも異なるため移動距離(D_c)も、清掃事務所所管区域ごとに設定しなければならない。収集現場や処理施設までの道路状況(信号の数や道順など)、収集現場における道路状況、住居形態(図5-1)なども異なるため、輸送速度(v_t)、移動速度(v_c)も同様である。また、収集の実施にあたって、月・木収集、火・金収集のように曜日で清掃事務所所管

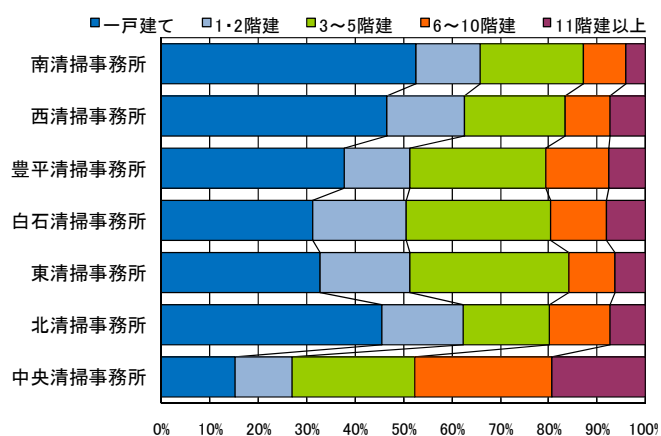


図5-1 住居形態の比較(世帯数)

区内を分割することがあり、やはり輸送距離、移動距離、輸送速度、移動速度は変化する。処理施設の違いにより、収集現場 - 処理施設、処理施設 - 清掃事務所間の輸送距離(d_2 , d_3)は変化する(処理施設が変化しても、収集現場が変化することはないため、清掃事務所 - 収集現場間の輸送

距離(d_i)は変化しない。

季節の違い、週 2 回収集の場合の前半と後半の違い、収集頻度の変更により、ごみ量が増える。もちろん、ごみ量は地域によって異なる。

降雪の影響で路面状況が変化するため、輸送速度や移動速度が変化する。また、積み込み業務の際に雪を避けるなどの追加作業が考えられるので、積み込み速度(a)も変化する。ステーション収集と戸別収集では、収集ルートが変更されるため、移動距離が変化する。

車両の種類によって、積載可能容積が変わるため一回の作業で収集するごみ量が増える。直営と委託は、車両に違いがあり、作業開始前および終了後の輸送パターンが異なる。

ごみ種の違いにより、ごみの積込速度、密度(ρ)が異なる。

5.3 実測値との整合性の確認

第 4 章の調査において、2 週間にわたり清掃事務所所管区域、ごみ種別に延べ 2193 台のデータを取得した。ここでは、可燃ごみ(直営収集車延べ 575 台、委託収集車延べ 272 台)を例として、各パラメータの決定方法について述べる。

表 5-2 輸送距離
(直営収集車, 単位は[km])

第1週目	月			火			木			金		
	d_1	d_2	d_3	d_1	d_2	d_3	d_1	d_2	d_3	d_1	d_2	d_3
中央	3.1	12.1	14.8	6.1	9.3	10.4	2.9	11.9	15.0	5.9	9.5	9.4
北	4.9	12.6	13.6	2.5	7.1	8.1	5.5	4.5	8.6	2.3	7.4	8.1
東	4.3	6.7	8.3	6.0	8.0	8.6	4.5	6.2	8.3	6.0	7.8	8.7
白石	9.3	9.2	0.4	5.9	5.8	0.4	9.6	9.0	0.4	7.1	5.8	0.4
豊平	7.0	10.8	5.9	4.3	8.8	5.9	7.6	11.3	6.0	5.3	8.6	6.0
西南	6.8	18.2	18.0	4.1	4.5	0.5	5.9	4.7	0.4	4.7	4.3	0.5
南	6.2	5.6	0.2	5.7	5.6	0.3	5.9	5.4	0.3	5.9	5.6	0.3

(1)パラメータの設定

可燃ごみは、清掃事務所所管区域ごとに月・火・木・金曜日を 2 週間、延べ 8 日間のデータを取得した。表 5-2 に、直営収集車の輸送距離(d_1 , d_2 , d_3)のデータを示す。それぞれ、清掃事務所 - 収集現場、収集現場 - 処理施設、処理施設 - 清掃事務所間の輸送である。可燃ごみは、月・木収集か火・金収集なので、収集区域は月と木、火と金で同じである。曜日あるいは週によって、輸送距離が大きい場合がある。これは、調査期間中に白石清掃工場と発寒清掃工場の定期整備があり、通常より遠方の施設へごみを輸送したためである。表 5-2 の下線は、そうした例を示している。これらを除いても、曜日(月と木または火と金)、週によるばらつきがある。表中の網掛け部分は、5.4.1

表 5-3 輸送回数
(直営収集車, 単位は[回])

第1週目	月			火			木			金		
	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3
中央	26	48	18	28	52	16	29	51	15	32	54	12
北	23	45	21	29	73	15	28	72	16	28	72	16
東	26	88	18	22	66	22	24	68	20	27	59	17
白石	22	66	22	23	89	21	22	66	22	22	66	22
豊平	22	66	22	24	70	20	22	66	22	22	66	22
西南	20	60	20	22	102	22	20	82	20	20	88	20
南	12	54	12	12	56	12	12	48	12	12	54	12

第2週目	月			火			木			金		
	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3
中央	24	46	20	27	49	17	28	50	16	31	53	13
北	31	79	13	30	76	14	29	73	15	28	72	16
東	22	62	18	22	66	22	20	60	20	32	54	12
白石	26	48	18	24	48	24	33	55	10	27	45	13
豊平	20	62	20	25	73	21	22	66	22	22	66	22
西南	23	97	21	22	104	22	23	91	21	22	98	22
南	12	54	12	12	56	12	12	50	12	12	54	12

のモデル計算で使用した数値である。

表 5-3 の輸送回数(k_1, k_2, k_3)もやはり、同一の清掃事務所所管区域においても曜日、週によってもばらつきがある。週後半は、週前半よりもごみ量が減少するため、収集区域を多く回ることができ、輸送回数は減少するはずである。表 5-3 においてはその逆の場合もあるが、直営と委託を合計した輸送回数は減少している。

総移動距離(D_c)は、週後半の方が長い傾向が見られる(表 5-4)。第 1 週目と第 2 週目で、収集区域が同じにもかかわらず総輸送距離が異なる清掃事務所所管区域があるが、直営と委託を合計した総輸送距離はほぼ一定である。

表 5-5 に輸送速度のデータを示す。(a)各輸送速度(v_1, v_2, v_3)は、各輸送距離の合計を各輸送時間の合計で割った平均である。(b)輸送速度(v_i)は、各輸送速度を表 5-3 に示す輸送回数で重み付けした平均値である。清掃事務所所管区域によってばらつきが生じた。

移動速度(v_c)と準備時間を含む積み込み速度(a)は、Micro-Soft Excel のソルバー機能を用いて求めた値である(表 5-6)。表中の下線部分は異常値であったため、他の清掃事務所所管区域の平均である。清掃事務所所管区域、週の前半と後半でばらつきが生じた。

委託についても、表 5-2, 5-3, 5-5, 5-6 と同様なデータを用意した。

(2)作業時間の推定

各清掃事務所所管区域における、各収集日の全収集車の総作業時間は、

「総輸送距離／輸送速度＋総移動距離／移動速度＋ごみ収集量／積み込み速度」

により推定できる。総輸送距離は、各輸送距離に輸送回数を乗じることで求めることができ、総移動距離は、現場での移動距離の合計である。表中の値を用いて、一日の作業時間の合計は以下の式で計算できる。収集量については実測値を用いた。

表 5-4 移動距離

(a)直営収集車

第1週目	D _c [km]				第2週目	D _c [km]			
	月	火	木	金		月	火	木	金
中央	201	208	239	242	191	198	226	230	
北	182	295	264	335	270	312	290	314	
東	283	224	316	255	165	224	247	256	
白石	236	294	319	319	208	194	316	248	
豊平	204	232	272	280	236	228	276	273	
西	239	306	292	343	271	311	334	337	
南	235	152	316	165	229	157	295	166	

(b)委託収集車

第1週目	D _c [km]				第2週目	D _c [km]			
	月	火	木	金		月	火	木	金
中央	83	109	17	61	75	110	17	66	
北	182	149	86	110	122	160	76	97	
東	91	61	74	33	183	100	126	81	
白石	114	192	92	143	222	218	81	199	
豊平	216	127	143	85	196	90	119	81	
西	263	212	127	213	178	199	139	204	
南	102	34	31	23	92	41	32	24	

表 5-5 輸送速度

(直営収集車, 単位は[km/時])

(a)各輸送速度

直営	週前半			週後半		
	v_1	v_2	v_3	v_1	v_2	v_3
中央	22.7	25.1	28.9	22.4	25.8	28.9
北	22.1	24.6	26.2	22.0	24.5	27.3
東	23.1	24.9	25.7	23.4	23.7	24.6
白石	26.1	28.2	26.1	27.6	28.3	24.6
豊平	25.9	30.6	33.5	26.6	31.1	37.9
西	23.4	26.0	27.8	23.9	21.2	11.6
南	29.7	28.1	12.6	29.1	27.9	13.6

(b)輸送速度

	v_i [km/時]	
	直営	委託
中央	25.5	23.3
北	24.5	26.6
東	24.4	23.1
白石	27.5	27.8
豊平	30.7	31.0
西	23.9	24.8
南	28.0	23.4

表 5-6 移動速度と積み込み速度

(直営収集車)

直営	v_c [km/時]		a [kg/秒]	
	週前半	週後半	週前半	週後半
中央	20.8	24.0	1.17	0.97
北	22.6	21.6	1.30	1.17
東	19.1	22.2	1.76	1.32
白石	19.2	21.8	1.72	1.37
豊平	21.6	24.7	1.53	1.25
西	19.7	15.5	1.78	1.94
南	28.2	28.1	1.47	1.27

$$T = \frac{k_1 \cdot d_1 + k_2 \cdot d_2 + k_3 \cdot d_3}{v_t} + \frac{D_c}{v_c} + \frac{W}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-1)$$

- T : 総作業時間 [時間]
- k_1, k_2, k_3 : 輸送回数 [回]
- d_1, d_2, d_3 : 輸送距離 [km]
- D_c : 移動距離(収集現場での走行距離) [km]
- W : 収集量 [t]
- v_t : 輸送速度 [km/時]
- v_c : 移動速度 [km/時]
- α : 積み込み速度 [kg/秒]

図 5-2 に各清掃事務所所管区域における収集日ごとの総作業時間の推定値と実測値の比較を示す。

図中の実線は、1:1を示すものであり、破線は誤差±10%を示すものである。清掃事務所所管区域や曜日によらず誤差 10%以内に含まれている。委託の誤差も同様に 10%以内であった。

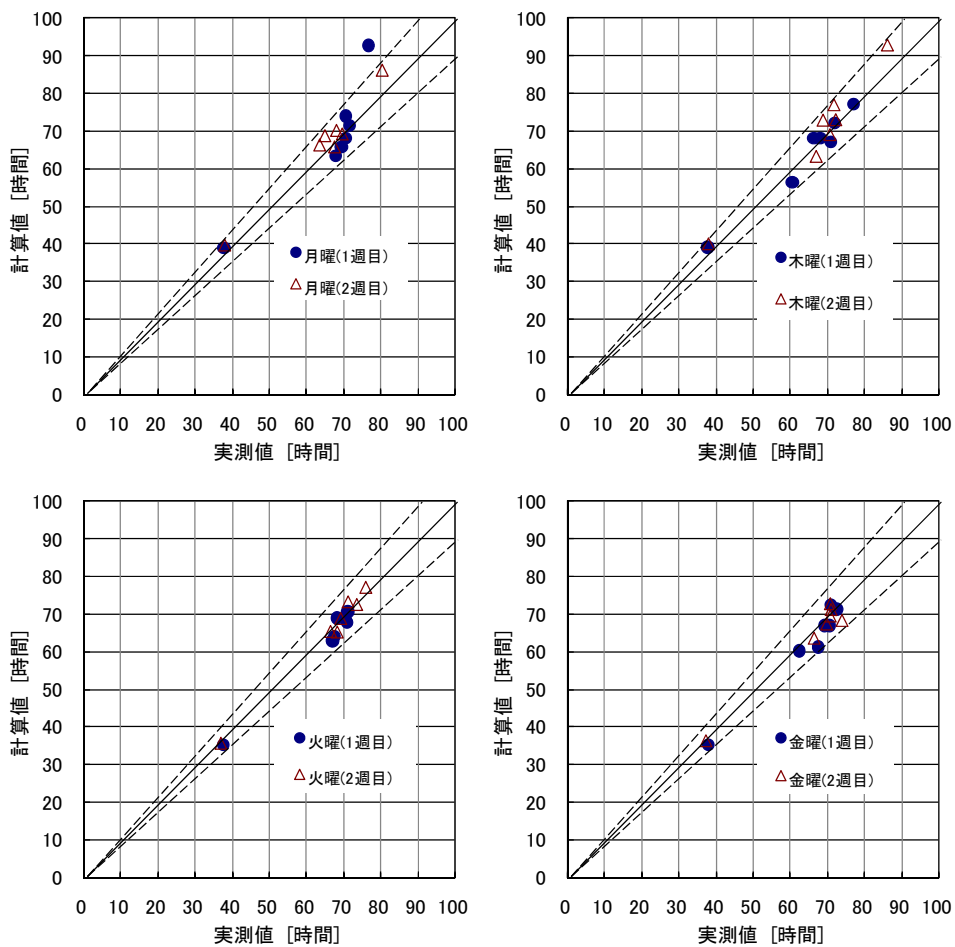


図 5-2 実測値との比較(可燃ごみ, 直営収集)

5.4 モデルの作成

作業時間を決定するパラメータを用いて、ある地域で排出されたごみを収集する際の、収集車の必要台数を算出するモデル式を作成する。可燃ごみを例として、ステーション収集、戸別収集、小規模ステーション収集の順に記載する。

5.4.1 ステーション収集の計算モデル

(1)パラメータの設定

直営(週前半)のデータを用いて、清掃事務所所管区域ごとの作業時間を推定する。輸送距離、移動距離、輸送速度、移動速度は清掃事務所所管区域ごとの道路状況が異なると考え、清掃事務所所管区域ごとに設定する。直営と委託では、担当する収集区域が異なるため移動距離が異なるが、他の作業パラメータは共通とする。表 5-7 に設定したパラメータ値を示す。

表 5-7 設定パラメータ(ステーション収集)

	d_1 [km]	d_2 [km]	d_3 [km]	D_c		v_t [km/時]	v_c [km/時]	α [kg/秒]	ρ	
				直営 [km]	委託 [km]				直営 [t/m ³]	委託 [t/m ³]
中央	4.7	11.1	11.4	194	92	25.5	20.8	1.17	0.35	0.44
北	4.0	5.9	8.5	291	141	24.5	22.6	1.30	0.35	0.56
東	5.0	7.2	8.4	253	76	24.4	19.1	1.76	0.40	0.51
白石	7.6	7.2	0.4	265	153	27.5	19.2	1.72	0.39	0.58
豊平	5.6	9.8	5.9	218	172	30.7	21.6	1.53	0.40	0.58
西	5.1	5.0	0.4	291	188	23.9	19.7	1.78	0.33	0.46
南	6.0	5.6	0.3	193	68	28.0	28.2	1.47	0.35	0.59
平均								1.53	0.37	0.53

輸送距離(d_1 , d_2 , d_3)は、表 5-2 の網掛け部分を月曜と火曜の輸送回数(表 5-3)で重み付けした平均値である。収集現場での総移動距離(D_c)は、表 5-4 の月、火の平均値である(地域が月、火に均等に分けられているとする)。輸送速度(v_t)、移動速度(v_c)は、収集現場や処理施設までの道路状況(信号の数、道順など)を市全体で一定とすることはできないため、清掃事務所所管区域によって異なる値とする。積み込み速度(α)、ごみの密度(ρ)は清掃事務所所管区域によらないとし、平均値を用いる。ごみの密度は、一回目の搬入量を車両台数で割って車両積載重量(w_c)を求め、それを最大可能積載容量(V_c)で割ることで算出した。直営収集車と委託収集車では、積載重量に差があるので、異なる値を用いた。収集車の最大可能積載容量は 8m^3 とした。

(2)作業時間の推定手順(推計モデル)

実際の収集は、清掃事務所所管区域内でも場所によって輸送距離、移動距離が異なり、一回に収集するごみ量は一定ではないが、モデル計算では、すべて均質と仮定する(すなわち、平均値を用いる)。

収集車が満載になるまで収集を続けるとすれば、総収集回数(M)はごみの総容積(V)と収集車の積載可能容積(V_c)から、また、ごみの総容積(V)は総ごみ重量(W)とごみの密度(ρ)から、以下のよう求められる。

$$M = \frac{V}{V_c} \quad (5-2) \qquad V = \frac{W}{\rho} \quad (5-3)$$

一台の収集車のトリップ数(収集回数)を m とすると、必要車両台数 N は、次式で得られる。

$$N = \frac{M}{m} \quad (5-4)$$

収集する地域のごみ量は、地域内で偏りがなく均一であるとする、一回の収集に要する収集現場での移動距離(d_c)は、総移動距離(D_c)を総収集回数で割ることにより、一回の収集量(w)は総ごみ重量を総輸送回数で割ることにより求められる。

$$d_c = \frac{D_c}{M} \quad (5-5) \qquad w = \frac{W}{M} \quad (5-6)$$

以上より、直営収集車一台あたりの作業時間(T)は次式で計算できる。ここで、 $m > 1$ のときは、午前、午後それぞれ 1 回以上の収集を行い、昼の休憩は清掃事務所でとると考える(図 4-5 参照)。

$$m > 1 \text{ のとき} \quad T = \frac{2 \cdot d_1 + 2 \cdot (m-1) \cdot d_2 + 2 \cdot d_3}{v_t} + \frac{d_c \cdot m}{v_c} + \frac{w \cdot m}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-7)$$

$$m = 1 \text{ のとき} \quad T = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{v_t} + \frac{d_c}{v_c} + \frac{w}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-8)$$

委託収集車は、朝、直接収集現場へ向かい収集作業を開始し、一日の作業終了後に清掃事務所へは戻らない。各々の会社から(もしくは会社への)輸送はあるが、その時間は作業時間に含めないとし、 d_1 、 d_3 の輸送が直営収集車と較べて 1 回ずつ少なくなる。ただし直営と同様に昼休憩を清掃事務所でとると考えれば、委託収集車一台あたりの作業時間(T)は以下で算出できる。

$$m > 1 \text{ のとき} \quad T = \frac{d_1 + 2 \cdot (m-1) \cdot d_2 + d_3}{v_t} + \frac{d_c \cdot m}{v_c} + \frac{w \cdot m}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-9)$$

$$m = 1 \text{ のとき} \quad T = \frac{d_2}{v_t} + \frac{d_c}{v_c} + \frac{w}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-10)$$

いま、一日の作業時間を 7.0 ± 0.5 時間とする。トリップ数 $m = 1, 2, 3$ と増やしていくと、 T は増加し、所定の作業時間範囲となる m がちょうどよい回数であり、(5-3)式より必要車両台数(N)を求めることができる。

図 5-3 に、可燃ごみ(直営収集車)の 3 つの清掃事務所所管地域の例を示す。ごみ量は、調査期間中の搬入データを用い、横軸に一台あたりの収集回数、縦軸に必要台数、作業時間をとった。棒グラフの赤い部分が輸送時間、青い部分が収集時間、折れ線の●が必要台数を示している。車両台数は整数であるが、比較のために実数も示した。黄色範囲は、作業時間 7 ± 0.5 時間を満たす範囲である。収集回数を増すと輸送、収集の時間が増加し、北清掃事務所の場合は 5 回するとき作業時間は約 7 時間となり、その時の台数は 10 台である。

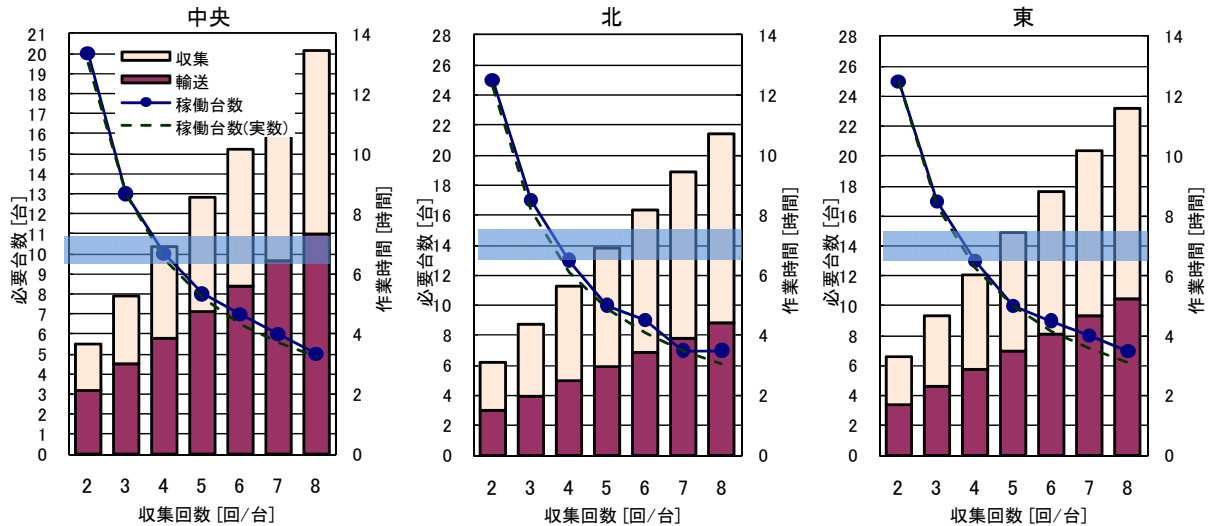


図 5-3 収集回数に対する作業時間，必要台数の変化の例
(直営，可燃ごみ，ステーション収集)

(3)主な結果

式(5-2)～式(5-10)を用いて，清掃事務所所管区域ごとに収集車の必要台数を求めた。表 5-8 に，各清掃事務所所管区域における一台あたりの収集回数，一台あたりの作業時間，収集車の必要台数を示す。収集作業記録の調査期間中の実稼働台数との誤差は，一日あたり 1～2 台であった。

表 5-8 作業時間と必要台数(可燃ごみ)

	直営			委託		
	収集回数 [回/台・日]	作業時間 [時間/台・日]	必要台数 [台/日]	収集回数 [回/台・日]	作業時間 [時間/台・日]	必要台数 [台/日]
中央	4	6.91	10	4	7.33	4
北	5	6.90	10	5	7.26	4
東	5	7.43	10	4	6.79	3
白石	5	6.74	10	5	7.40	6
豊平	5	6.99	10	4	6.68	6
西	6	7.38	9	5	7.12	6
南	6	7.00	5	5	7.08	2

5.4.2 戸別収集の計算モデル

(1)ステーション形態の分類

現在のステーションは，戸建住宅と共同住宅との関係から以下の 3 つに分類できる。

- ①共用ステーション：戸建住宅のみ利用
- ②共用ステーション：戸建住宅および共同住宅の両者が利用
- ③共同住宅専用ステーション：共同住宅のみ利用

これらのうち，戸別収集を実施しても③の収集地点数は変化しない。一方，①，②は住宅数だけ収集地点数が増加するため，両者の収集地点数は同じと考えてよい。上記①，②，③の各々に対して，ステーション収集，戸別収集の収集地点数は図 5-4 のようになる。

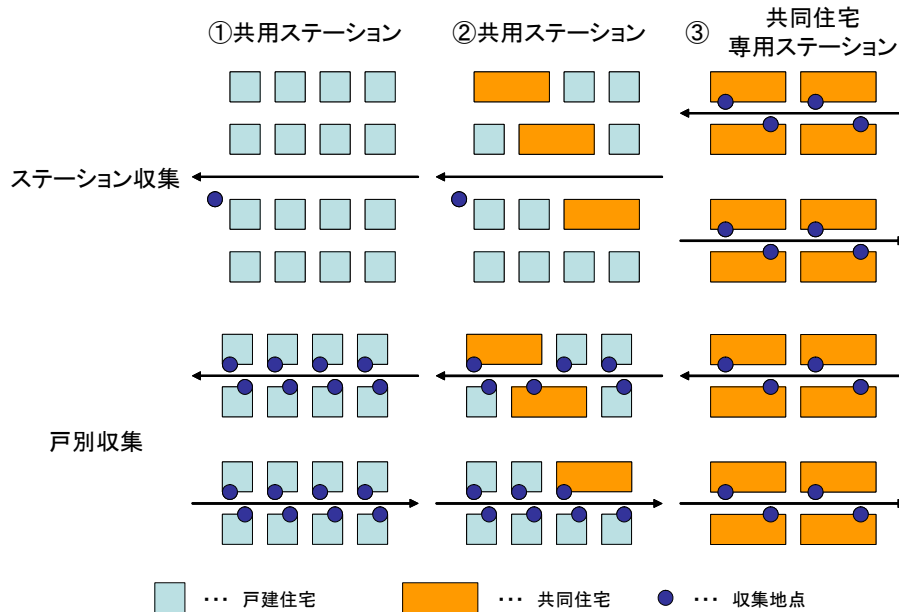


図 5-4 収集地点の変化

(2) 戸別収集の計算方法

①, ②の場合, 図 3-2 に示すように, 走行すべき道路が増え, 結果として移動距離が増加する。共用ステーションあたりの世帯数の大小を考えると, 元々世帯数が少ない場合よりも, 多くの世帯が共同で共用ステーションを利用している場合の方が, 移動距離の増加率は大きいと考えられる。実際には①, ②, ③は混在しているため, 収集現場での移動距離の増加率は「戸建世帯数と現在のステーション数の比」によって変化すると考える。

東区内の 8 地区において, 戸別収集の実施を想定して清掃事務所が走行ルートを選定した。このときの走行距離の増加率を, 「戸建世帯数と現在のステーション数の比」に対してプロットすると, 図 5-5 となり, 両者は直線関係となった。

各清掃事務所所管区域におけるステーション種類別の, 世帯数とステーションあたり利用世帯数は, 表 5-9 となる。表 5-9 の最右欄は, 図 5-5 より求めた各清掃事務所担当地域の走行距離増加率である。

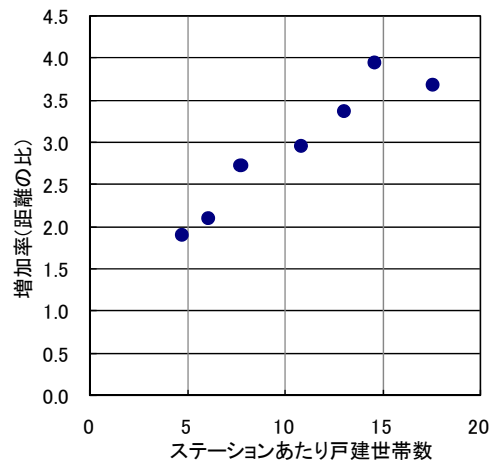


図 5-5 ステーションあたり戸建世帯数と増加率の関係

表 5-9 世帯数とステーション数

	総世帯数	一戸建て世帯数	その他	総ST数	共用ST数	専用ST数	戸建世帯数/総ST数	増加率(f)
	[世帯]			[ST]			[世帯/ST]	[-]
中央	104,439	15,758	88,681	6,661	2,783	3,878	2.4	1.7
北	119,704	53,522	66,182	5,011	3,577	1,434	10.7	3.0
東	112,463	36,000	76,463	4,464	3,192	1,272	8.1	2.6
白石	146,534	45,054	101,480	6,254	3,757	2,497	7.2	2.4
豊平	140,534	52,233	88,301	6,252	3,787	2,465	8.4	2.6
西	140,204	64,464	75,740	6,374	4,592	1,782	10.1	2.9
南	62,601	32,368	30,233	2,703	2,037	666	12.0	3.2

(3)使用するパラメータ

表 5-10 に、戸別収集の計算に用いるパラメータを示す。輸送距離(d_1, d_2, d_3), 輸送速度(v_t), ごみの密度(ρ)は表 5-7 と同じである。戸別収集における総移動距離($D_{c,戸別}$)は、ステーション収集の場合の移動距離(D_c)に増加率(f)を乗じて算出した。移動速度($v_{c,戸別}$)は、札幌市で実施した戸別収集調査の値を用いた。信号待ちや右左折待ちによるロス時間を除いた実質の移動速度である(ただし、休憩は含む)。

表 5-10 設定パラメータ(戸別収集, 可燃ごみ)

	d_1 [km]	d_2 [km]	d_3 [km]	$D_{c,戸別}$		v_t [km/時]	$v_{c,戸別}$ [km/時]	α [kg/秒]	ρ	
				直営 [km]	委託 [km]				直営 [t/m ³]	委託 [t/m ³]
中央	4.7	11.1	11.4	325	154	25.5		1.17	0.34	0.44
北	4.0	5.9	8.5	861	418	24.5		1.30	0.30	0.56
東	5.0	7.2	8.4	648	194	24.4		1.76	0.43	0.51
白石	7.6	7.2	0.4	642	370	27.5		1.72	0.39	0.58
豊平	5.6	9.8	5.9	567	447	30.7		1.53	0.38	0.58
西	5.1	5.0	0.4	837	541	23.9		1.78	0.41	0.46
南	6.0	5.6	0.3	611	215	28.0		1.47	0.34	0.59
平均							4.7	1.53	0.37	0.53

ステーション収集と較べると、ごみ量(w), 総収集回数(M)は同じであり、輸送時間は収集回数
のみに依存するのでやはり変わらない。差が生じるのは移動距離が長く、移動速度が遅くなるた
めに増加する収集時間である。移動速度は移動距離に依存し、ごみ量には無関係である。

直営収集車一台あたりの作業時間は、次式で計算できる。

$$m > 1 \text{ のとき} \quad T_{戸} = \frac{2 \cdot d_1 + 2 \cdot (m-1) \cdot d_2 + 2 \cdot d_3}{v_t} + \frac{d_{c,戸} \cdot m}{v_{c,戸}} \quad (5-11)$$

$$m = 1 \text{ のとき} \quad T_{戸} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{v_t} + \frac{d_{c,戸}}{v_{c,戸}} \quad (5-12)$$

委託はステーション収集の場合と同様、清掃事務所 - 収集現場と処理施設 - 清掃事務所の輸送
回数が一回ずつ減るとして、

$$m > 1 \text{ のとき} \quad T_{戸} = \frac{d_1 + 2 \cdot (m-1) \cdot d_2 + d_3}{v_t} + \frac{d_{c,戸} \cdot m}{v_{c,戸}} \quad (5-13)$$

$$m=1 \text{ のとき} \quad T_{\text{戸}} = \frac{d_2}{v_t} + \frac{d_{c,\text{戸}}}{v_{c,\text{戸}}} \quad (5-14)$$

以下の手順は、ステーション収集と同じである。

5.4.3 小規模ステーション収集の計算方法

小規模ステーション収集は、ステーションあたりの利用世帯数が少なくなるので、ステーション収集よりもステーション数が増加する。したがって、ステーション間距離は減少、ステーション数は増加する。移動速度は移動距離に無関係なので移動時間は変化せず、ごみ量も変わらないので積み込み時間の変化もない。すなわち、準備時間のみ増加する。

準備時間は、ステーション数に比例する。また、準備と積み込みの作業時間は1:1であり、積み込み速度(α)は準備を含む速度として定義していた。したがって、ステーション数が r 倍になるとき収集時間は次式で表すことができる。第二辺の第一項が積み込み、第二項が準備の時間を表している。

$$T_s = \frac{1}{2} \left(\frac{w \cdot m}{3.6 \cdot \alpha} \right) + \frac{r}{2} \left(\frac{w \cdot m}{3.6 \cdot \alpha} \right) = \frac{(1+r)}{2} \left(\frac{w \cdot m}{3.6 \cdot \alpha} \right) \quad (5-15)$$

小規模ステーション収集の、直営収集車式の作業時間は次式となる。

$$m>1 \text{ のとき} \quad T_{mST} = \frac{2d_1 + 2 \cdot (m-1) \cdot d_2 + 2d_3}{v_t} + \frac{d_c \cdot m}{v_c} + \frac{(1+r)}{2} \frac{w \cdot m}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-16)$$

$$m=1 \text{ のとき} \quad T_{mST} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{v_t} + \frac{d_c}{v_c} + \frac{(1+r)}{2} \frac{w}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-17)$$

委託はステーション収集の場合と同様、清掃事務所 - 収集現場と処理施設 - 清掃事務所の輸送回数が一回ずつ減るので、以下のようなになる。

$$m>1 \text{ のとき} \quad T_{mST} = \frac{d_1 + 2 \cdot (m-1) \cdot d_2 + d_3}{v_t} + \frac{d_c \cdot m}{v_c} + \frac{(1+r)}{2} \frac{w \cdot m}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-18)$$

$$m=1 \text{ のとき} \quad T_{mST} = \frac{d_2}{v_t} + \frac{d_c}{v_c} + \frac{(1+r)}{2} \frac{w}{3.6 \cdot \alpha} \quad (5-19)$$

一方、小規模ステーションの極端な例が戸別収集であり、ステーションあたりの利用世帯数が小さくなると(戸別収集の状況に近づく)移動距離が増加する。

この両者の影響があるため、以下の二つの場合を想定して計算を行う。

Case 1 : ステーション数のみ増加

Case 2 : ステーション数, 移動距離ともに増加

東区内の2地区で小規模ステーションを想定したところ、ステーション収集に比べ、ステーション数は3.0倍、5.0倍に、移動距離は2.6倍、2.0倍に増加した。この数値より、ステーション数増加を3倍、移動距離増加は各清掃事務所所管区域で戸別収集と同じとした。

Case 2 で使用するパラメータを表 5-11 に示す。移動距離(D_c)が戸別収集のときと同じ値となるほかは、ステーション収集(表 5-7)と同じである。Case 1 では D_c を変更しないので、表 5-7 をそのまま用いる。

表 5-11 設定パラメータ(小規模ステーション(Case 2))

	d ₁ [km]	d ₂ [km]	d ₃ [km]	D _c		v _t [km/時]	v _c [km/時]	α [kg/秒]	ρ	
				直営 [km]	委託 [km]				直営 [t/m ³]	委託 [t/m ³]
中央	4.7	11.1	11.4	325	154	25.5	20.8	1.17	0.34	0.44
北	4.0	5.9	8.5	861	418	24.5	22.6	1.30	0.30	0.56
東	5.0	7.2	8.4	648	194	24.4	19.1	1.76	0.43	0.51
白石	7.6	7.2	0.4	642	370	27.5	19.2	1.72	0.39	0.58
豊平	5.6	9.8	5.9	567	447	30.7	21.6	1.53	0.38	0.58
西	5.1	5.0	0.4	837	541	23.9	19.7	1.78	0.41	0.46
南	6.0	5.6	0.3	611	215	28.0	28.2	1.47	0.34	0.59
平均								1.53	0.37	0.53

5.5 計算結果(夏季)

5.5.1 戸別収集

図 5-6 に、直営収集の戸別収集における収集回数と一台あたりの作業時間、必要台数の関係の例を示す。ごみ量は、ステーション収集の場合と同じである。

戸別収集は一回の収集作業時間が長いため、図 5-6 の北は 2 回目の収集を終えるまでに 9 時間かかっている。作業時間が条件を満たし、一台あたりの収集回数が定まった清掃事務所所管区域は東、白石、豊平のみであった。そこで、作業時間が大きく越えてしまう場合には、一回の収集量を減らさなければならない。つまり、車両が一杯となる地域の途中で、積載容積には余裕があるが一回の収集を終了する。例えば 3 回収集を行うとき、1 回の収集量が w では作業時間を大幅に超えてしまうため、1 回の収集量を $0.8w$ とする。これは、実際には 1, 2 回目に w , 3 回目 $0.4w$ 収集することになる。

式(5-5)~(5-7)において、一回に収集するごみ量(w)を小さくする(満車まで収集しない)と、移動距離(d_c)が同時に小さくなり、式(5-12)~(5-14)より作業時間(T)が減少する。作業時間が 7 時間となるまで w を小さくし、そのときの総作業回数(M)から車両台数(N)を求めた。この手順は、ステーション収集、小規模ステーション収集のときも同じである。

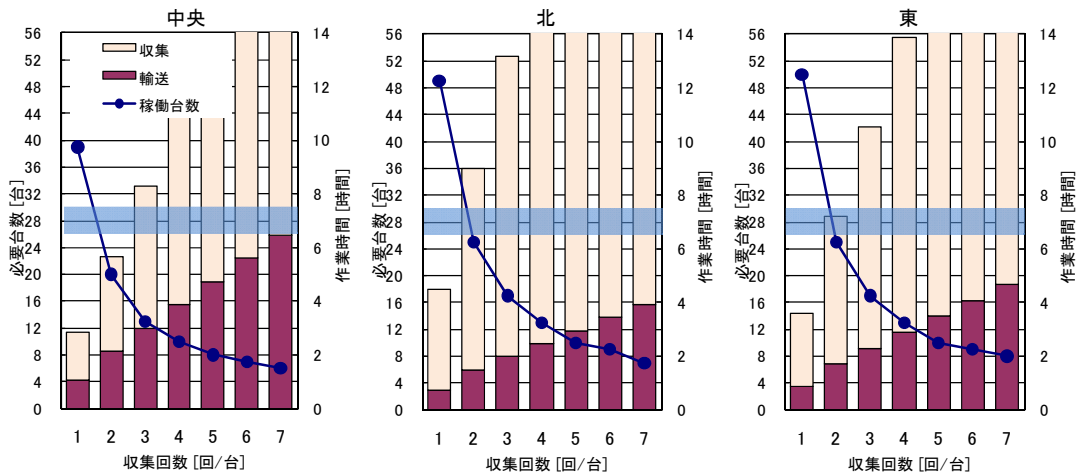


図 5-6 作業時間、稼働台数の変化(直営、可燃ごみ、戸別収集)

このようにして補正した結果の例を、図 5-7 に示す。この例ではごみ量を 75% とし、ごみ量の減少は 75~95% の範囲としたが、作業時間の条件(7.0±0.5 時間)を満たすために、さらに小さくしなければならない場合があった。収集量を減らすということは車両を小さくするのと同じなので、車両台数が過大となることもある。そこで図 5-7 左図で、収集回数が 1 回少ないケースを考え、台数の少ないほうを用いる。後者は作業時間が短くなるが、満車まで作業を続け、車両容積を最大に利用することになる。この操作の必要性はごみ種によって異なっており、表 5-12 に示す。

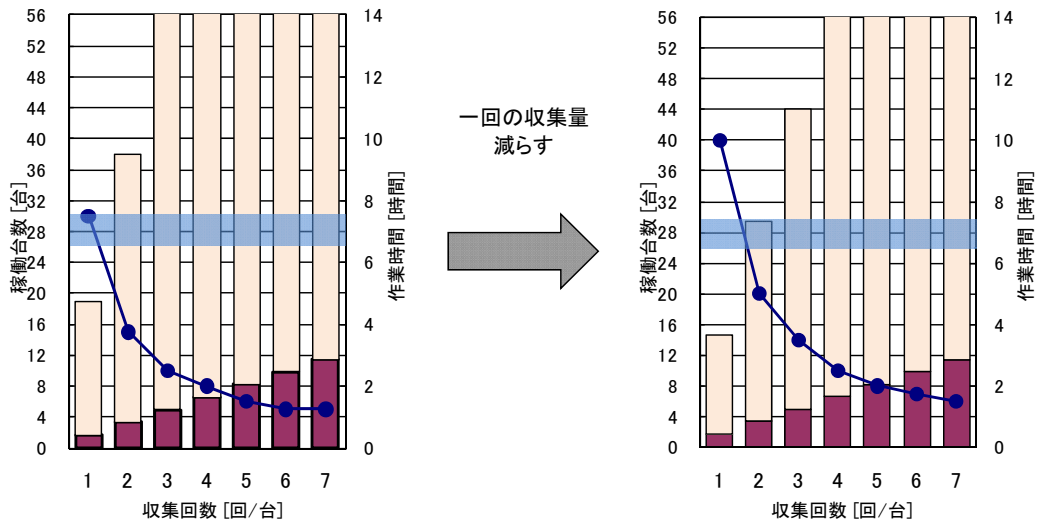


図 5-7 作業時間調整後の変化(南清掃事務直営, 可燃ごみ, 戸別収集)

5.5.2 小規模ステーション

例として、図 5-8 に小規模ステーション収集(Case 2)における収集回数と一台あたりの作業時間、直営収集車の必要台数を示す。ごみ量は、ステーション収集の場合と同じデータを用いている。収集地点の増加と移動距離の増加により、収集時間の割合が大きい。全ての清掃事務所所管区域で、収集回数が 3 回と定まった。

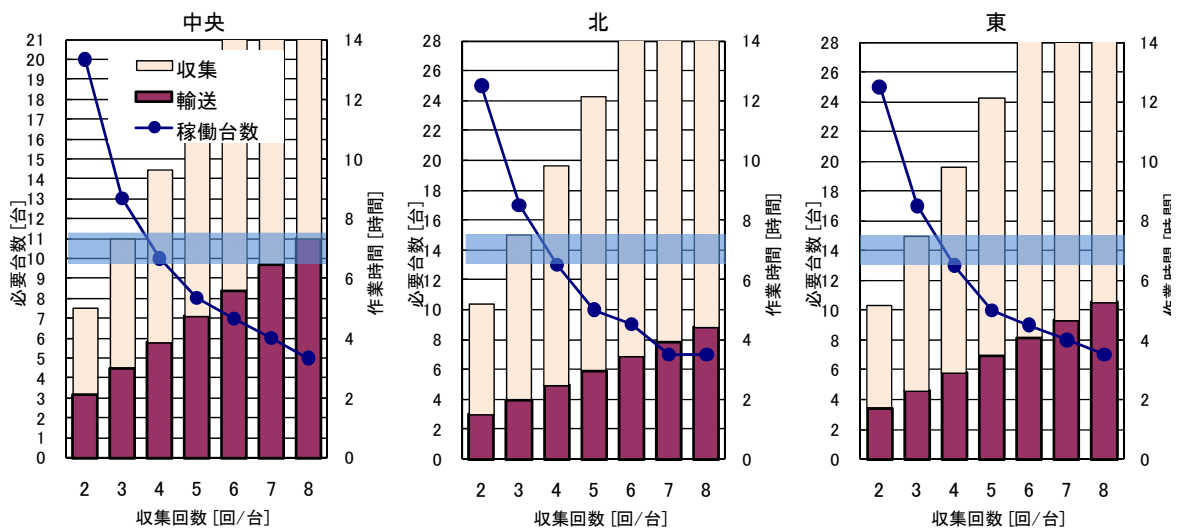


図 5-8 作業時間、稼働台数の変化(直営, 可燃ごみ, 小規模ステーション収集 Case 2)

5.5.3 推定結果のまとめ

東清掃事務所を例として、収集方式別の一日の作業時間、直営収集車の必要台数の違いを、図5-9に示す。

(a)は現在のステーション収集、(b)は戸別収集、(c)は小規模ステーション収集のCase 1、(d)は小規模ステーション収集のCase 2の計算結果であり、それぞれ必要台数は図の白抜き部分、10、25、15、17台である。すなわちステーション収集を基準とすると、戸別収集の必要台数は2.5倍に増加し、小規模ステーション収集はCase 1の場合1.5倍、Case 2の場合1.7倍増加する。

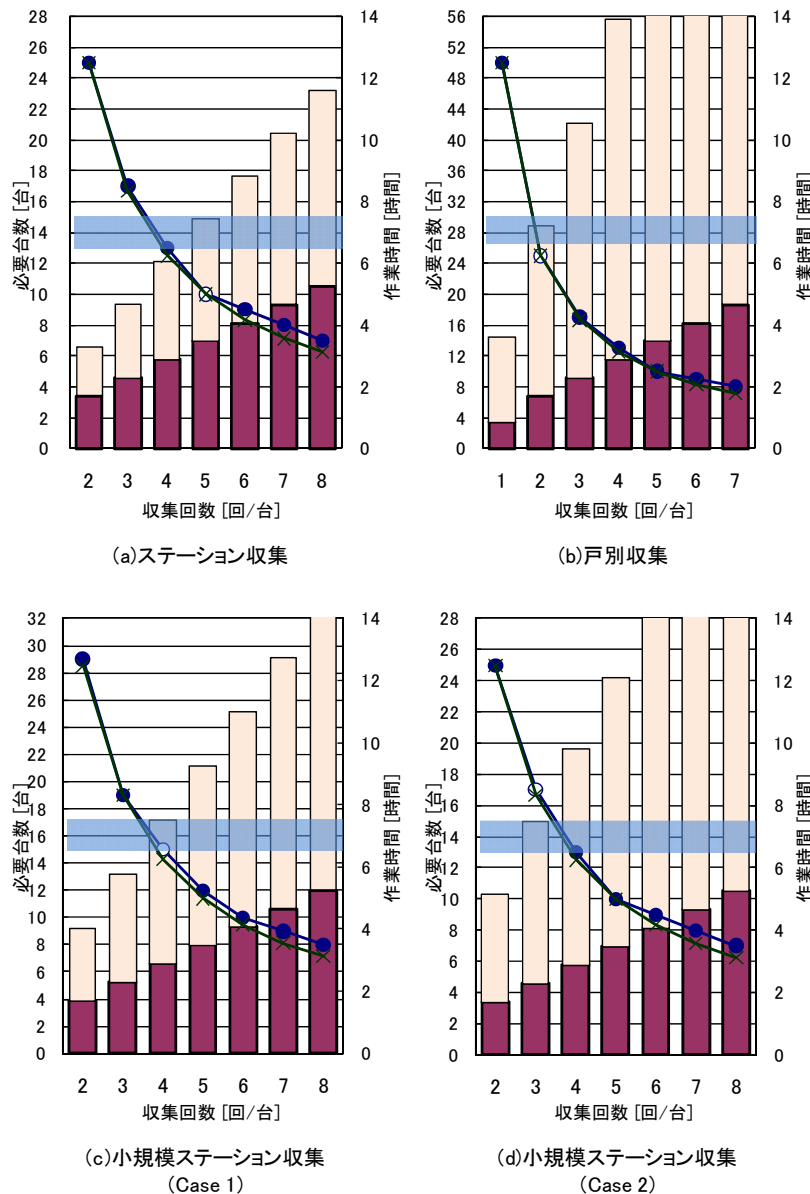


図 5-9 収集方式の変更による作業時間、必要台数の変化
(直営、東清掃事務所の例)

5.5.4 ごみ種ごとの結果

可燃ごみ以外については、以下のように計算条件を設定した。

(1)収集量と移動距離

資源ごみ、容リプラは、週 1 回の収集である。そこで 5 日間が均等であるとして、1 週間分の収集量、移動距離を用いた。調査期間中に 2 週間分のデータが得られたので、さらに 2 週間で平均化した。

不燃ごみ、枝草葉は月 1 回の収集であり、1 か月分の排出量を 1 週間で収集している。そこで、5 日間が均等であるとして、1 週間分の収集量、移動距離を用いた。ただし調査期間において、各清掃事務所所轄区域では、不燃ごみ、枝草葉いずれかの収集しか行われていない。収集がなかった場合は、収集量は 8 月の、移動距離は収集が行われた他の一方のデータを用いた。

雑がみは月 2 回の収集である。調査期間には 1 週間のデータが得られ、上記と同じように平均値を用いて計算した。

(2)輸送距離

可燃ごみ以外の上記のごみ種は、大部分が委託によって収集されている。委託についても、昼休みは清掃事務所で休憩すると仮定するが、(1)に述べたようにデータが得られない場合があり、地図上で計測した。

表 5-12 にごみ種ごとの一日あたりの必要台数を示す。表中の薄い網掛けはごみ量を 50～75%、濃い網掛けはごみ量を 50%未満で計算した結果である。5.5.1 の最後で、「積載量が少なすぎる場合には、満車として回数を減らす」と述べたが、これに該当するのは数か所であったため、この補正は行わなかった。

容リプラは、ごみ量を減らさなければならない割合が高かった。すなわち、車両の容積には余裕があるが、収集に時間がかかるため途中で終了しなければならないことを示し、効率が悪いことを示している。容リプラは週 1 回の収集であるが、隔週(月 2 回)の収集とすれば一箇所での排出量が 2 倍となるため、収集車の効率は良くなる。

表 5-12 ごみ種ごとの必要台数の変化[台/日]

(a)可燃ごみ

	直営				委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	10	16	13	13	4	7	6	6
北	10	33	13	17	4	15	6	8
東	10	25	15	17	3	7	4	5
白石	10	25	13	17	6	13	9	10
豊平	10	24	14	16	6	15	8	10
西	9	27	14	18	6	18	9	11
南	5	20	8	10	2	7	2	3
全体	64	170	90	108	31	82	44	53

(b)資源ごみ

	直営				委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	9	14	12	13	4	5	5	5
北	9	31	12	16	4	10	5	6
東	8	24	12	15	3	7	4	5
白石	9	20	11	14	5	10	6	7
豊平	8	21	10	13	4	10	5	7
西	17	23	13	18	8	16	8	11
南	2	7	3	3	1	7	2	2
全体	62	140	73	92	29	65	35	43

(c)容リプラ

	直営				委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	2	2	2	2	5	8	8	9
北	2	5	3	3	6	15	8	11
東	2	4	3	4	5	10	7	9
白石	2	5	3	4	7	13	10	12
豊平	2	3	3	3	6	16	11	12
西	3	8	4	6	8	18	14	18
南	2	4	3	4	3	18	5	5
全体	15	31	21	26	40	98	63	76

(d)不燃ごみ

	委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	4	7	6	7
北	6	16	8	10
東	5	12	7	9
白石	6	14	9	10
豊平	6	15	9	11
西	7	19	10	12
南	3	11	4	5
全体	37	94	53	64

(e)雑がみ

	委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	6	9	9	9
北	6	16	8	10
東	6	12	8	9
白石	8	15	11	13
豊平	7	15	11	13
西	9	23	12	15
南	4	12	5	7
全体	46	102	64	76

(f)枝葉草

	委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	3	8	4	5
北	8	19	10	13
東	4	12	6	8
白石	5	13	7	8
豊平	7	16	9	11
西	17	30	28	19
南	6	15	8	9
全体	50	113	72	73

5.6 冬季の推定

5.6.1 冬季のパラメータ設定

冬季は、輸送速度、移動速度、積み込み速度が低下するが、戸別収集、小規模ステーション方式など、収集方式ごとの比較も必要である。計算条件を整理するため、図 5-10 にステーション収集を基準としたパラメータ変更の関係を示す。

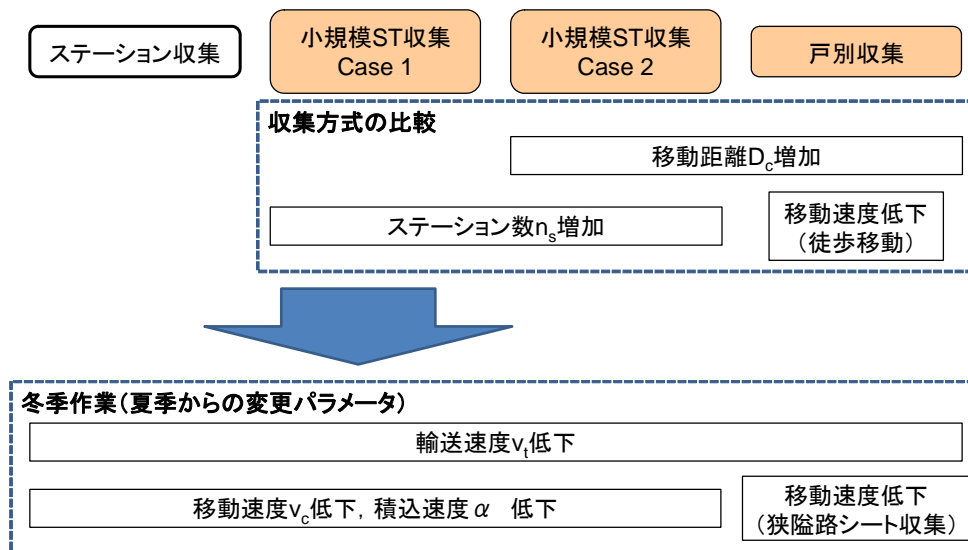


図 5-10 パラメータ変更の関係

まず、小規模ステーション収集は、ステーション収集と較べてステーション数が増加し、戸別収集は徒歩で移動するため移動速度が低下する。戸別収集は同時に収集区域内の移動距離が増加し、小規模ステーション Case 2 では、移動距離の増加も想定した。一方冬季になると、これらに加えて輸送速度が低下する。これは、すべての収集方式に共通である。戸別収集は移動速度がさらに低下し、その他の方法は移動速度、積込速度が低下する。

例として、表 5-13 に可燃ごみの冬季におけるパラメータ値をまとめた。可燃ごみ以外では、積み込み速度(α)と、輸送距離(d_2 , d_3)が異なる。

表 5-13 冬季の設定パラメータ(可燃ごみ)

	ステーション収集, 小規模ステーション収集						戸別収集				
	夏季			冬季			夏季		冬季		
	v_t [km/時]	v_c [km/時]	α [kg/秒]	v_t [km/時]	v_c [km/時]	α [kg/秒]	v_t [km/時]	v_c 戸別 [km/時]	v_t [km/時]	v_c 戸別 A [km/時]	v_c 戸別 B [km/時]
中央	25.5	20.8	1.17	23.1	13.3	1.14	25.5		23.1		
北	24.5	22.6	1.30	20.6	12.2	1.28	24.5		20.6		
東	24.4	19.1	1.76	20.4	14.9	1.26	24.4		20.4		
白石	27.5	19.2	1.72	23.4	18.7	1.23	27.5		23.4		
豊平	30.7	21.6	1.53	27.2	16.7	1.31	30.7		27.2		
西	23.9	19.7	1.78	20.9	14.2	1.74	23.9		20.9		
南	28.0	28.2	1.47	23.4	26.7	1.22	28.0		23.4		
平均			1.53			1.31		4.7		3.2	3.1

5.6.2 冬季の戸別収集

冬季の戸別収集は、3.5 で述べたように以下の方法がある。

A : 2t パッカー車を用いて、狭隘路を含めた全区域を収集する。

B : 狭隘路はブルーシートによる持ち出し、それ以外は 4t パッカー車で収集を行う。

C : 狭隘路は 1.5t 平ボディ車での収集、それ以外は 4t パッカー車で収集を行う。

C については、4t パッカー車と 1.5t 平ボディ車で収集区域を分離しなければならず、1.5t 平ボディ車の積載容量も不明であるためここでは計算しない。またごみ別の計算を行うため、A、B 両方を仮定すると計算量が膨大となり、すべてを 4t パッカー車から 2t パッカー車に変更すること

は現実的でない。そこで、ごみ別の計算は B のみとする。収集区域内の狭隘路では収集車から降りてブルーシートによる持ち出しを行い、それ以外は、夏季と同様の方法で収集を行う。調査対象地域と同程度の狭隘路がどの収集地域にもあると考え、冬季調査で得られた移動速度を設定パラメータとする。表 5-13 の移動速度は、ブルーシート利用も含めた地域内の平均速度である。

5.6.3 計算結果(冬季)

(1)夏季・冬季のごみ量は変化しないと仮定

表 5-14 に、冬季のごみ量を夏季と同じとしたときのごみ種別の一日あたりの必要台数を示す。冬季は枝葉草の収集はないので、枝葉草は必要台数を求めている。また、夏季の結果と同じように、表中のピンクと赤の網掛けはごみ量を 75%未満で計算した結果である。

表 5-12(夏季)および表 5-14(冬季)の結果を、グラフ化すると図 5-11 のようになる。ごみ種ごとに、収集方式、夏季と冬季の必要台数の変化を示している。

まず夏季に注目すると、小規模ステーション方式、戸別収集方式を実施することで、収集車の必要台数が増加することが分かる(5.5.3 参照)。収集方式によらず、一日の作業時間を 7.0 ± 0.5 時間としているので、車両台数の増加は総作業時間の増加と同じ意味を持つ。

表 5-14 ごみ種ごとの必要台数の変化 [台/日]
(冬季, ごみ量は夏季と同じと仮定)

(a)可燃ごみ

	直営				委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	12	21	16	18	5	9	7	8
北	13	49	19	25	6	21	8	11
東	13	40	17	24	3	10	5	5
白石	11	36	17	18	7	20	9	11
豊平	12	34	16	18	7	24	10	12
西	11	43	17	22	7	27	11	14
南	6	30	9	10	2	11	2	3
全体	78	253	111	135	37	122	52	64

(b)資源ごみ

	直営				委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	9	23	13	13	4	7	6	6
北	14	48	15	27	4	15	6	8
東	10	32	15	17	3	10	5	5
白石	9	27	14	14	5	15	8	8
豊平	9	29	12	15	4	14	7	7
西	12	40	18	30	8	26	11	15
南	2	10	3	4	1	11	2	3
全体	65	209	90	120	29	98	45	52

(c)容リプラ

	直営				委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	2	3	3	3	6	11	10	9
北	2	7	3	5	7	25	11	12
東	3	6	4	5	5	17	9	10
白石	3	6	4	4	7	20	12	12
豊平	2	5	3	4	8	27	14	12
西	3	7	6	8	10	31	18	15
南	3	7	5	6	4	21	7	6
全体	18	41	28	35	47	152	81	76

(d)不燃ごみ

	委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	6	11	8	9
北	7	23	11	14
東	7	15	9	11
白石	7	18	10	12
豊平	7	21	11	14
西	7	27	12	15
南	3	16	4	6
全体	44	131	65	81

(e)雑がみ

	委託			
	ST	戸別	小規模ST (Case 1)	小規模ST (Case 2)
中央	9	12	12	13
北	7	20	10	14
東	6	16	9	12
白石	9	22	13	15
豊平	9	21	13	15
西	11	27	15	21
南	5	19	6	8
全体	56	137	78	98

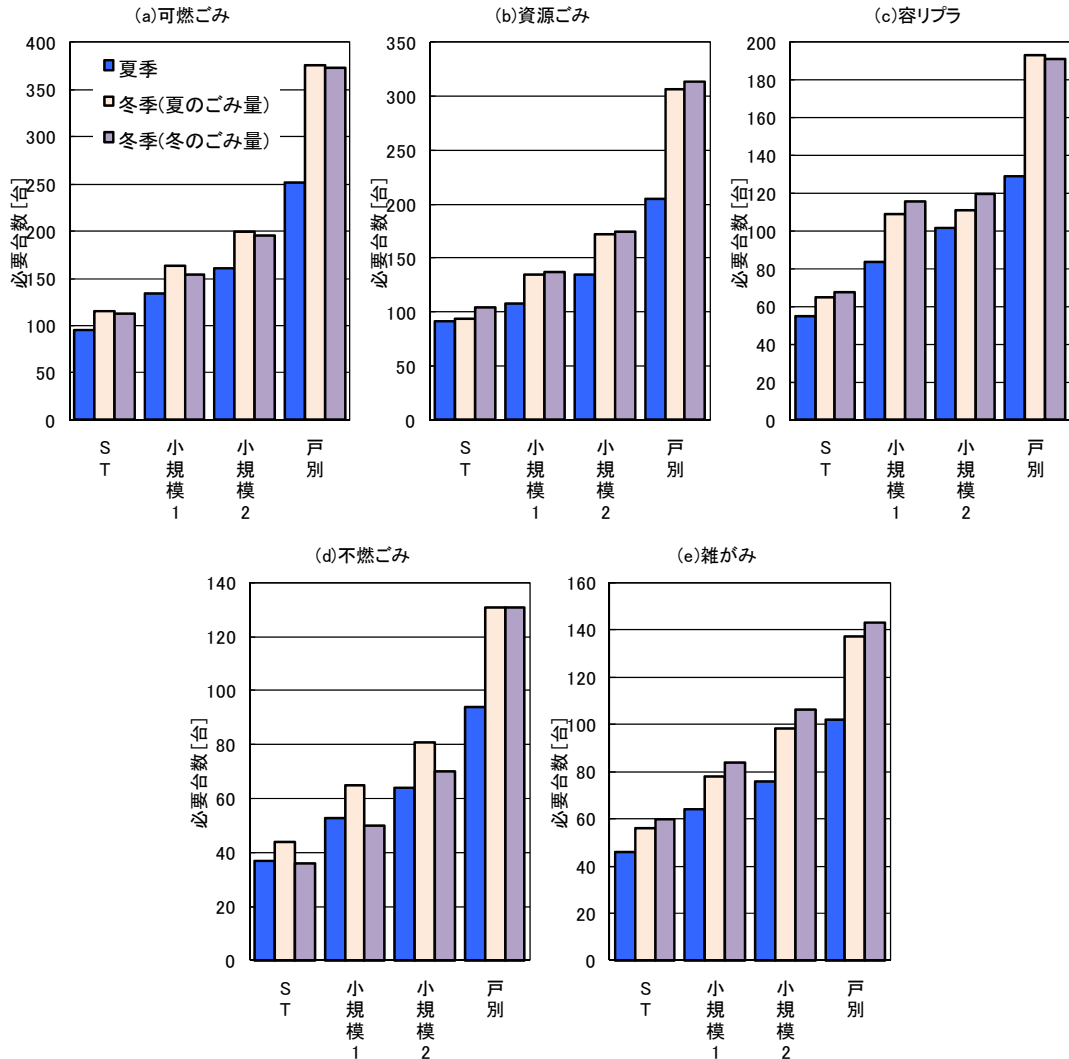


図 5-11 夏季と冬季の必要台数の変化

(2) 夏季・冬季のごみ量変化を考慮

図 5-11 は夏季と冬季のごみ量を同じとしたが、ごみ量には季節変化がある。そこで、2010 年 1 月から 12 月までの施設搬入データを用い、4 月～12 月を夏季、1 月～3 月を冬季とし月平均収集量を求めたところ、表 5-15 となった。冬季のごみ量を表 5-15 にしたがって変化させ、改めてごみ種別に必要台数を算出した結果を、図 5-11 の最右バーで示す。冬季のごみ量が少なければ必要台数は図 5-11 ほど増加しないが、不燃ごみを除いてごみ量に大きな違いはないため、大幅な差は見られない。

表 5-15 ごみ量の変化

(施設搬入データ、2010 年 1 月～12 月)

	収集量 [t/月]		変化率 [-]
	夏季	冬季	
可燃ごみ	4797	4575	0.95
不燃ごみ	412	312	0.76
資源ごみ	665	690	1.04
容リプラ	568	603	1.06
雑がみ	664	738	1.11
枝葉草	650	-	-

5.7 収集方法変更の影響

最後に、5.4.1のステーション収集モデルを用いて、さまざまな収集方法の変更の影響を検討する。計算条件は、札幌市における7清掃事務所の平均値から表5-16とした。ただしこれらの数値は直営のみであるので、ごみ量 W 、ステーション数 n_s 、収集区域内移動距離 D_c を2倍として計算した。

表5-16 計算の設定値

W	一日のごみ量[トン]	248	*1 × 2
n_s	ステーション数	10776	*2 × 2
d_1	輸送距離 事務所～収集現場	5	*3
d_2	収集現場～施設	7	*3
d_3	施設～事務所	5	*3
v_t	輸送速度[km/時]	26.4	*3
v_c	移動速度[km/時]	21.6	*3
α	積込速度[kg/秒]	1.5	*3
ρ	ごみの密度[t/m ³]	0.37	*3
D_c	収集区域内の移動距離[km]	976	*3 × 2
r	ステーション数増加率	1	
V_c	車両積載量[m ³]	8	
V	ごみの容積[m ³](= W/ρ)	670	
M	総収集回数(= V/V_c)	84	
w	一回の収集量[トン](= W/M)	3.0	
d_c	一回の収集の移動距離[km](= D_c/M)	11.6	

*1 表4-4の平均値 *2 表5-9の平均値 *3 表5-7の平均値

図5-12に、総作業時間数と必要車両台数の変化を示す。それぞれの条件は、上段が0.5倍(－)、下段が2倍(＋)とした結果である。図中には、総作業時間、必要車両台数が0.5倍、2倍のラインを示した。

①ごみ量

必要収集回数はほぼごみ量に比例するので、輸送、積込の時間は、ごみ量に比例する。しかし収集区域内の移動は変わらないので、ごみ量が半分(－)

となっても総作業時間、必要台数は半分にはならず、ごみ量が2倍(＋)となっても台数は2倍以下である。図5-12で計算した条件の中では、最も影響が大きい。

②収集車の積載容量

積載容量は、小型車両(－)、大型車両(＋)の利用に相当する。輸送の回数が増えるが、移動、積込の時間は変わらない。輸送時間のみの変化なので、必要台数の変化はごみ量よりは小さい。

③輸送速度、輸送距離

輸送距離は処理施設の立地、輸送速度は夜間・早朝収集(－)や輸送道路の選択、渋滞(－)などによって変化する。輸送距離は、事務所、収集現場、処理施設間のすべての距離を一律に0.5倍(－)、2倍(＋)とした。輸送時間は距離÷輸送速度であるため、輸送速度を2倍(＋)、0.5倍(－)とするのと同じ効果となる。これらも、輸送時間のみの変化であり、変化量は②とほぼ同じである。

⑤ごみの密度

密度を大きくすることは、②の積載量増加と同じ効果となる。現実には、ごみ密度の変化は、圧縮車の利用(＋)、分別方法の変更(例えばプラスチックを分別すると密度は大きくなる)によって起こる。図2-9に示したようにごみの密度が低下すると積込速度も小さくなるので、図中の結果よりも総作業時間が大きくなると考えられる。圧縮車は積込速度がパッカー車よりも低下するため、やはり図よりは時間がかかることになる。

⑥ステーション数，収集区域内移動距離

ステーション数の増加によって積込作業における準備時間が大きくなり，移動距離はステーション間の移動時間を増加させる。モデルでは準備と移動の時間割合を 1：1 としたので，同じ効果となる。図 5-12 の中では最も影響が少ないが，5.5.1，5.5.2 で示した戸別収集，小規模ステーションはさらにステーション数が多い例であり，作業時間の増加度合いは大きくなる。

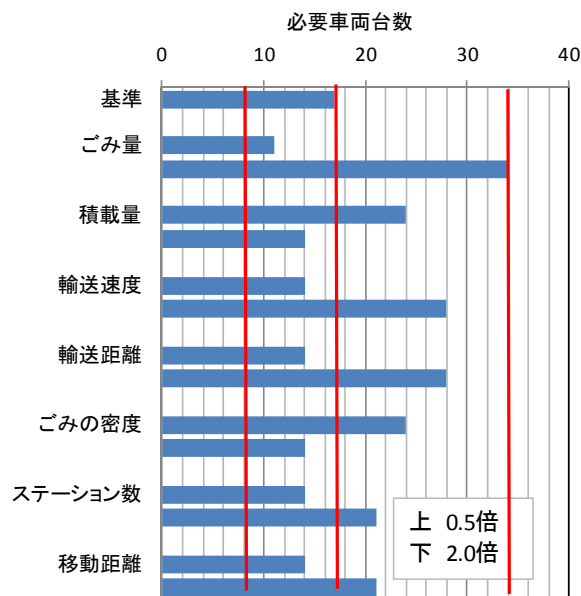
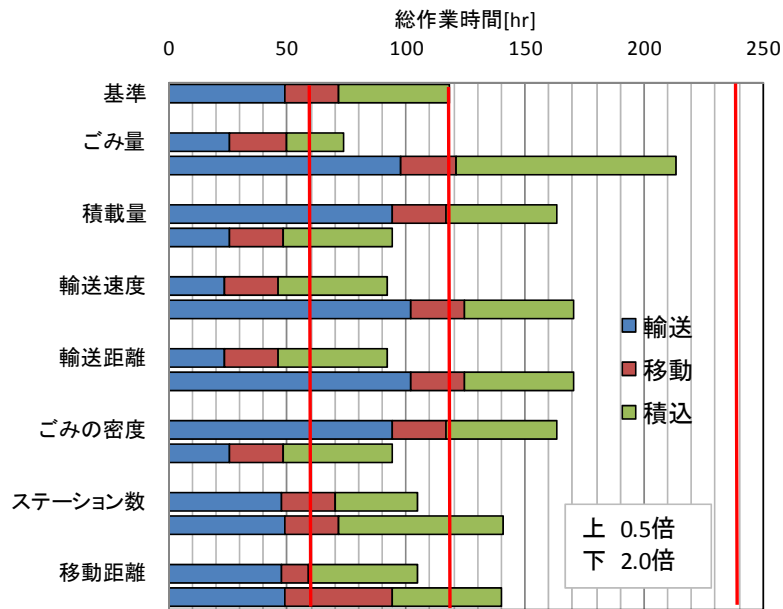


図 5-12 ステーション収集条件変更の影響