一般廃棄物の収集運搬計画における考慮項目とその構造および策定時間への影響の分析

山崎 衛[1]・藤井 滋穂[2]・内海 秀樹[3]

[1]京都大学大学院地球環境学舎（〒 606-8501 京都市左京区吉田本町）
E-mail: mamoru@eden.env.kyoto-u.ac.jp
[2]京都大学大学院地球環境学堂（〒 606-8501 京都市左京区吉田本町）
E-mail: fujii@eden.env.kyoto-u.ac.jp
[3]京都大学大学院地球環境学堂（〒 606-8501 京都市左京区吉田本町）
E-mail: utsumi@eden.env.kyoto-u.ac.jp

都市ごみの収集運搬計画を題材に距離や時間に着目した最適化手法に関する研究は多く行われているが，清掃事務所の現場で実際に行われている計画策定のプロセスでは，これら以外にも着目している事柄はある．著者らのグループは，従前から質問紙調査により大都市に関してこれらを明らかにしてきた．本稿ではこれに中小都市や農村を対象に加え，人員配置方式とごみ収集方式に従って分類後に各々比較考察を行った．特にそれぞれ大部分を占めた「ローテーション方式」と「ステーション収集方式」については，各考慮項目同士の関係および，計画策定時間に影響を与える項目を検定により明らかにし，その構造を図化した．

例えば，経路策定計画において収集運搬作業の効率化・平準化のために，ステーション収集方式では，集積所間や搬入施設への距離など，距離を重要視しているが，各戸収集方式では，ごみを最大積載量に収めることや各トリップのごみ量を均等化することなど，ごみ量を重要視していることの実態等が明らかになった．

Key Words : *collection and transportation plan, municipal solid wastes, questionnaire survey, statistical testing*

1. 背景と目的

都市ごみの収集運搬計画に関する研究の歴史は古いが，それらは距離や時間に着目した最適化手法などの研究が多く，清掃事務所の現場で実際に行われている計画策定のプロセスに関する研究事例は少ない．現場によっては，考慮している項目が多く，計画は複雑化している．両者は乖離している．

著者らのグループは，従前から質問紙調査により，考慮項目の抽出などを通して現場での計画策定プロセスを明らかにしてきた[1)2)3)]．先行したこれらの研究の分析対象は，その計画が複雑になるであろうことが予測される大都市中心であった．

本稿ではこれに中小都市や農村を対象に加え，分析対象を広げ一般化を図ると同時に，清掃事務所を，人員配置方式およびごみ収集方式に従って分類後にクロス集計を行い，各々比較考察を行った．特にそれぞれ大部分を占めた「ローテーション方式」と「ステーション収集方式」については，各考慮項目同士の関係および，計画策定時間に影響を与える項目を検定により明らかにし，その構造を図化した．

なお，分析においては大都市，中小都市や農村を区別せず，人員配置方式およびごみ収集方式の違いのみに着目した．

2. 方法

(1) 質問紙調査について

質問紙調査の概要は以下の通りである．

- 第 1 回調査
  - 送付先：特別区・政令指定都市および近畿圏の大都市のうち自治体直営で可燃ごみの収集を行っている清掃事務所を対象とした．(156 事務所．うち有効回収数は 77.)
  - 実施期間：平成 17 年 1 月 14 日～同年 2 月 26 日（一部，平成 17 年 10 月 13 日～同年 10 月 27 日）
- 第 2 回調査
  - 送付先：第 1 回で送付した所を除き，環境省が公表している『一般廃棄物処理実態調査結果平成 16 年度調査結果』において，混合または可燃ごみの収集運搬を自治体直営（一部直営を含む）で行っていると回答した清掃事務所を対象とした．(533 事務所．うち有効回収数は 172.)
  - 実施期間：平成 19 年 2 月 5 日～同年 3 月 9 日

質問紙の内容は以下の通りである．質問紙は第 1 回調査と第 2 回調査では大部分において同じものを送付した．異なる点は，最後の設問（自由記述欄）での質問文で，第 2 回調査では高齢者や障碍者に対する玄関

先収集についての記述を求めた点である．しかしこれは，本稿での分析には影響しない．

- 人員配置について．収集運搬作業に関わる職員の数，人員配置の方式，人員配置の基準および目的，人員配置の記録，人員配置において特に苦労している事や工夫している事（自由記述）．
- 経路策定について．計画収集世帯数などの基礎的データ，可燃ごみの収集方式，集積所の位置やごみの量を把握する方法，経路の策定方法，収集経路の策定時に考慮される項目，経路策定において特に苦労している事や工夫している事（自由記述）．

本稿では，上記のうち人員配置については，人員配置の方式，人員配置の基準および目的，経路策定については，可燃ごみの収集方式，収集経路の策定時に考慮される項目を，分析に用いた．

(2) Fisher の正確確率検定について

		職員の体力を考慮する		合計
		Yes	No	
職員の相性を考慮する	Yes	60	10	70
	No	10	20	30
合計		70	30	100

これらの数値の配置に偏りがあるのかどうかを検定する。

図–1 Fisher の正確確率検定の例

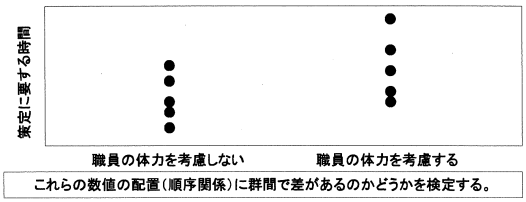
分割表の検定の一種である．分割表とは，行と列それぞれに要因を配置してある表であり，最もよく使われるのが，2 × 2 分割表である．分割表の検定とは，分割表に配置された期待度数から 2 つの要因の独立性を見るものであり，代表的な検定法としては，「χ^2 独立性の検定」がある．例えば，**図**-1 では，期待度数の配置に偏りがある．この偏りの程度を表す指標として「オッズ比（ある事象の起こりやすさを 2 つの群で比較して示す統計学的な尺度）」がある．(Yes, Yes) もしくは (No, No) の組合せが多いときに，オッズ比は大きくなる．

χ^2 独立性の検定では期待度数が 5 以下のセルがあるとき，確率が低めに計算されてしまうという欠点がある．Fisher の正確確率検定は，データ数が少ない場合に χ^2 独立性の検定の欠点を補うものとして利用される．本稿では期待度数が 5 以下になることも多いので，これを考慮し，2 つの質問項目の独立性を検定するために Fisher の正確確率検定を用いた．

(3) Wilcoxon の順位和検定について

独立 2 群の有意差検定の一種である．例えば，**図**-2 のような場合に，2 つの群間における策定時間の差の有無を検定するために用いた．

独立 2 群の有意差検定では t 検定が用いられることが多い．しかし，t 検定などパラメトリックな統計手法



図–2 Wilcoxon の順位和検定の例

では，母集団の分布が正規分布であることを仮定に置いているため，特に小標本の場合には統計量の分布型は不正確なことが多く，パラメトリックな手法を適用することは不適切になりやすい．一方，Wilcoxon の順位和検定はノンパラメトリックな統計手法であり，母集団の分布型に仮定を置かないため，小標本の場合にも用いることが可能である．本稿では，対象とする 2 群の標本数の片方が 20 を下回ることもあり，大標本ではないので，Wilcoxon の順位和検定を用いた．

また，t 検定ではデータを間隔尺度として見るために，少数の外れ値の影響を受けやすく，偽に有意であるという結果が出やすい．Wilcoxon の順位和検定ではデータを順序尺度として見るので，少数の外れ値があっても大きさの度合いは無視される．よって，少数の外れ値の影響を受けにくい．本稿では，策定時間が他の清掃事務所と比べ大きく異なる清掃事務所もあるので，Wilcoxon の順位和検定を用いた．

3. 結果と考察

(1) 各方式での考慮項目の比較考察

a) 人員配置計画についての分析

人員配置計画については，「ローテーション方式」「シフト方式」「ローテーションとシフトの併用方式（本項では以降「併用方式」とする）」の 3 つで分類を行い，それぞれの方式において重視して考慮されている項目を，集計により明らかにした．

表-1 より，班員の顔ぶれについての考慮項目では，「不公平感への配慮をすること（z524）」（括弧内は表中の質問番号）について，Yes の割合が，ローテーション方式，シフト方式，併用方式のそれぞれで，73（単位は %，全回答数に占める Yes の割合，以後同様），67，71 と，方式の違いに関わらず高く配慮されていることが明らかになった．同様に，「職員の体力（z5511）」については，39，55，52，「職員の年齢（z5512）」については，51，48，52，「職員の経験（z5514）」については 55，59，63，「職員の相性（z5515）」については，64，90，74 と，これらの項目も高く配慮されていることが明ら

表–1　人員配置方式別：人員配置計画における考慮項目

		ローテーション				シフト				ローテーション＋シフト			
		回答数		割合（%）		回答数		割合（%）		回答数		割合（%）	
		Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
班員の顔ぶれについての考慮項目													
z521	緊張感を保ちやすいようにする	18	63	22	78	14	19	42	58	12	16	43	57
z522	ノウハウの伝達が円滑かどうか	32	49	40	60	15	18	45	55	13	15	46	54
z523	習熟が早く能率的かどうか	32	49	40	60	14	19	42	58	15	13	54	46
z524	不公平感への配慮をする	59	22	73	27	22	11	67	33	20	8	71	29
z525	欠勤等で誰かが抜けても問題ないようにする	45	36	56	44	10	23	30	70	17	11	61	39
z526	毎回出勤するメンバーが異なるので仕方なく	1	80	1	99	1	32	3	97	0	28	0	100
z5511	職員の体力	26	41	39	61	16	13	55	45	14	13	52	48
z5512	職員の年齢	34	33	51	49	14	15	48	52	14	13	52	48
z5513	職員の性別	9	58	13	87	2	27	7	93	4	23	15	85
z5514	職員の経験	37	30	55	45	17	12	59	41	17	10	63	37
z5515	職員の相性	43	24	64	36	26	3	90	10	20	7	74	26
z5516	班長資格の有無	8	59	12	88	4	25	14	86	6	21	22	78
z5517	直営の職員か傭上の職員か	9	58	13	87	1	28	3	97	3	24	11	89
z5518	各コースの作業負荷	15	52	22	78	8	21	28	72	8	19	30	70
担当コースについての考慮項目													
z541	緊張感を保ちやすいようにする	18	59	23	77	13	20	39	61	8	18	31	69
z542	ノウハウの伝達が円滑かどうか	26	51	34	66	11	22	33	67	13	13	50	50
z543	習熟が早く能率的かどうか	38	39	49	51	13	20	39	61	16	10	62	38
z544	不公平感への配慮をする	47	30	61	39	21	12	64	36	14	12	54	46
z545	欠勤等で誰かが抜けても問題ないようにする	41	36	53	47	13	20	39	61	15	11	58	42
z546	毎回出勤するメンバーが異なるので仕方なく	2	75	3	97	1	32	3	97	0	26	0	100
z5521	職員の体力	28	23	55	45	16	9	64	36	14	7	67	33
z5522	職員の年齢	23	28	45	55	14	11	56	44	10	11	48	52
z5523	職員の性別	7	44	14	86	1	24	4	96	1	20	5	95
z5524	職員の経験	35	16	69	31	19	6	76	24	14	7	67	33
z5525	職員の相性	13	38	25	75	11	14	44	56	5	16	24	76
z5526	班長資格の有無	4	47	8	92	2	23	8	92	2	19	10	90
z5527	直営の職員か傭上の職員か	6	45	12	88	0	25	0	100	2	19	10	90
z5528	各コースの作業負荷	18	33	35	65	11	14	44	56	10	11	48	52

かになった．いずれの方式でも，人員配置計画においては，作業が円滑に進むことおよび，職員の間で不満が出ないように配慮されていることが窺える．それらの中でも，「職員の相性（z5515）」について，シフト方式では特に相性が考慮されていることが多いという結果が得られた．また，「欠勤等で誰かが抜けても問題ないようにすること（z525）」については，56，30，61 と，ローテーション方式（併用方式を含む）では欠勤への対策を比較的高く配慮されているという結果が得られた．割合はあまり多くはないものの，「緊張感を保ちやすいようにすること（z521）」については，22，42，43 と，シフト方式（併用方式を含む）ではやや高く配慮されていることが多いという結果も得られた．

上記の傾向は，担当コースについての考慮項目でも同様に見られた．しかし，班員の顔ぶれを決める際の考慮項目と異なる点として，担当コースの決定における「職員の相性（z5525）」については，25，44，24 と，あまり配慮されていないことや，代わりに「職員の体力（z5521）」については，55，64，67 と，配慮されることがやや多いことが挙げられる．

b)　経路策定計画についての分析

経路策定計画については，「ステーション収集方式」「各戸収集方式」「ステーション収集と各戸収集の併用方式（本項では以降「併用方式」とする）」の 3 つで分類を行ない，それぞれの方式において重視して考慮されている項目を，集計により明らかにした．

表-2 から，収集経路についての考慮項目では，「集積所間距離を短くすること（k622）」について，Yes の割合が，ステーション収集方式，各戸収集方式，併用方式のそれぞれで，69（単位は%，全回答数に占める Yes の割合，以後同様），26，54，「搬入施設への距離を短くすること（k623）」について，36，13，20 と，ステーション収集方式では各戸収集方式に比べ，距離に関連した項目が重要視されていることが明らかになった．一方，「ごみを最大積載量に収めること（k621）」について，67，83，80，「各トリップのごみ量を均等化すること（k624）」について，58，87，73 と，各戸収集方式（併用方式を含む）では，特にごみ量が重要視されていることが明らかになった．これらのことから，ステーション収集方式では移動距離を短くすることで作業時間の効率化が図られているのに対し，各戸収集方式ではごみ量を均等化することで作業量の平準化が図られていることが窺えた．また，「収集時間を一定にすること（k632）」について，63，70，80 と，いずれの方式でも重要視されているという結果が得られた．これは，住民とのトラブルを避けるためであると考えられる．

収集経路の境界の決め方については，「町丁・大字（k6101）」について，49，39，65，「道路（k6105）」について，55，83，65 と多く，町丁や大字といった既存の区域を，道路に従って分割するという決め方がなされていることが推察された．これらに加えて，「町内会・自治会（k6102）」について，41，17，23 と，ステーショ

表–2　ごみ収集方式別：経路策定計画における考慮項目

		ステーション収集				各戸収集				ステーション＋各戸収集			
		回答数		割合（%）		回答数		割合（%）		回答数		割合（%）	
		Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
収集経路の境界の決め方についての考慮項目													
k6101	町丁・大字	72	76	49	51	9	14	39	61	34	18	65	35
k6102	町内会・自治会	61	87	41	59	4	19	17	83	12	40	23	77
k6103	小学校区	12	136	8	92	3	20	13	87	7	45	13	87
k6104	中学校区	1	147	1	99	0	23	0	100	0	52	0	100
k6105	道路	81	67	55	45	19	4	83	17	34	18	65	35
k6106	鉄道	27	121	18	82	5	18	22	78	7	45	13	87
k6107	河川	28	120	19	81	12	11	52	48	10	42	19	81
収集経路についての考慮項目													
k621	最大積載量に収める	100	49	67	33	19	4	83	17	47	12	80	20
k622	集積所間距離を短くする	103	46	69	31	6	17	26	74	32	27	54	46
k623	搬入施設への距離を短くする	54	95	36	64	3	20	13	87	12	47	20	80
k624	トリップのごみ量を均等化する	86	63	58	42	20	3	87	13	43	16	73	27
k625	信号待ちを少なくする	3	146	2	98	1	22	4	96	1	58	2	98
k626	右折を少なくする	7	142	5	95	1	22	4	96	1	58	2	98
k627	坂道は上るようにする	2	147	1	99	0	23	0	100	0	59	0	100
k628	坂道は下るようにする	4	145	3	97	1	22	4	96	7	52	12	88
k631	収集時間帯の住民の要望に応える	33	116	22	78	8	15	35	65	18	41	31	69
k632	収集時間を一定にする	94	55	63	37	16	7	70	30	47	12	80	20

表–3　人員配置方式およびごみ収集方式の内訳

人員配置計画における人員配置方式	
ローテーション方式	88
シフト方式	34
ローテーションとシフトの併用方式	30
経路策定計画におけるごみ収集方式	
ステーション収集方式	159
各戸収集方式	23
ステーション収集と各戸収集の併用方式	61

ン収集では「町内会・自治会」が関係する場合が多いという結果が得られた．近年，各戸収集を求める声も多くコミュニティが希薄化しているといわれるが，この結果からは，ごみステーションの管理への町内会や自治会の関与が依然として存在することが窺える．

(2)　考慮項目同士の関係および策定時間への影響

a)　最も多く採用されている計画方式の分析

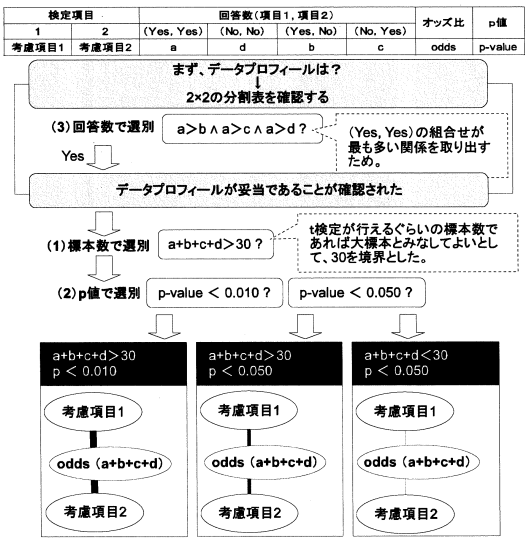
まず，最も多く採用されている人員配置方式およびごみ収集方式を，**表**-3 に示す．人員配置方式では「ローテーション方式」が最も多く，ごみ収集方式では「ステーション収集方式」が最も多いという結果が得られた．

b)　人員配置計画についての分析

前項で最も採用されているとわかった 2 つの方式について，同時に考慮されている項目および，策定時間に影響する項目を検定により明らかにした．また，それらの根拠を用いて，全体像を捉えやすくするために構造図を作成した．

検定から構造図作成までの手順は，**図**-3 および**図**-4 に示す通りである．

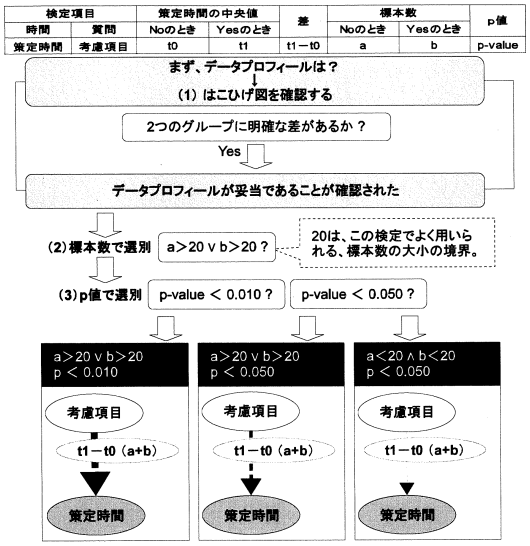
図-5 は，ローテーション方式を採用している清掃事務所での人員配置計画の構造を図化したものである．こ



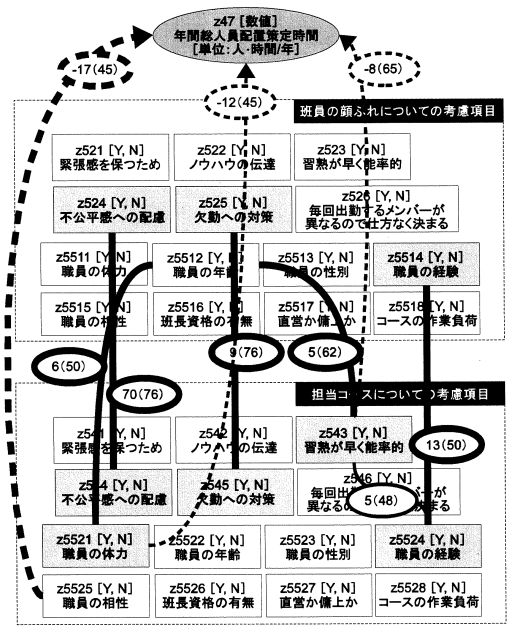
図–3　質問項目間の関係図作成手順（Fisher の正確確率検定）

の図から，以下のことが読み取れる．

- 班員の顔ぶれについて「不公平感への配慮（z524）」「欠勤への対策（z525）」「職員の経験（z5514）」が考慮されているとき，それぞれ担当コースについても「不公平感への配慮（z544）」「欠勤への対策（z545）」「職員の経験（z5524）」が考慮されている．
- 担当コースについて「職員の経験（z5524）」が考慮されているとき，「習熟が早く能率的かどうか（z543）」も考慮されている．
- 班員の顔ぶれについて「職員の年齢（z5512）」が考慮されているときは，担当コースについては「習熟が早く能率的かどうか（z543）」や「職員の体力（z5521）」が考慮されている．
- 担当コースについて「習熟が早く能率的かどうか



図–4 策定時間への影響図作成手順（Wilcoxon の順位和検定）



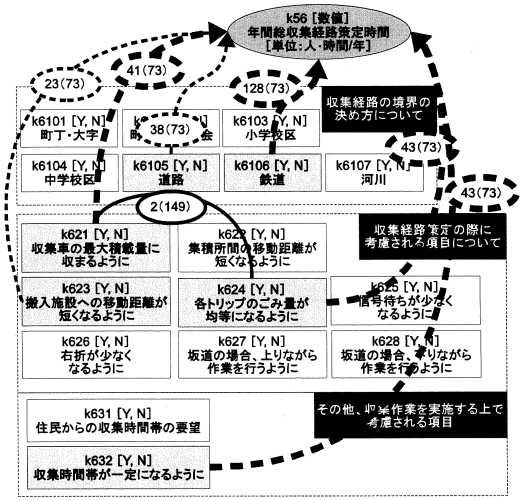
図–5 人員配置をローテーション方式で行っている清掃事務所における考慮項目の構造

(z543)」「職員の体力（z5521）」「職員の相性（z5525）」を考慮している場合のほうが計画策定時間が短くなっていた．

これらの結果から，ローテーション方式による人員配置計画において合わせて考慮されている項目が明らかになった．「職員の年齢」と「職員の経験」を考慮することで「習熟が早く能率的かどうか」に配慮していることが窺えた．また，顔ぶれについて「職員の年齢」を考えることは担当コースにおいて「職員の体力」という形で影響していることが窺えた．

策定時間に影響する項目について，明確なこと不明だが，これらのことを考慮している清掃事務所では，結果的に策定時間が短くなるような方法で計画されていると推察される．

c) 経路策定計画についての分析



図–6 ステーション収集方式を採用している清掃事務所における考慮項目の構造

図-6 は，ステーション収集方式を採用している清掃事務所での経路策定計画の構造を図化したものである．この図から読み取れることは，以下のことである．

- 「ごみを最大積載量に収めること（k621）」が考慮されているとき，「各トリップのごみ量を均等化すること（k624）」も考慮されている．
- 収集経路の境界の決め方について，「道路（k6105）」や「鉄道（z6106）」を考慮している場合のほうが計画策定時間が長くなっていた．
- 「ごみを最大積載量に収めること（k621）」，「搬入施設への移動距離が短くなるようにすること（k623）」，「各トリップのごみ量を均等化すること（k624）」，「収集時間を一定にすること（k631）」を考慮している場合のほうが計画策定時間が長くなっていた．

これらの結果から，ステーション収集地域における経路策定計画においては，道路によって収集経路を分ける場合や，特に収集区域を鉄道が走っている場合には，計画に時間をかけていることが窺えた．これは，踏切の場所や待ち時間を考慮する必要があるためであると

推察される.「鉄道（k6106）」を考慮する場合は，**表**-2より，Yesの割合が，ステーション収集方式，各戸収集方式，併用方式のそれぞれで，18，22，13と，あまり高くはない．多くの清掃事務所で考慮されているわけではないが，考慮される場合には長時間を要する項目であることが窺える．

また,「ごみ量の均等化（k624）」や「移動距離の短縮（k623）」,「収集時間帯の一定化（k631）」などの項目の策定時間への影響から，作業時間・作業量の効率化・平準化や，住民がごみ出しを行いやすいようにするために時間をかけていることが窺えた．これらの項目は，**表**-2より，多くの清掃事務所で考慮されている項目であるので，経路策定計画に要する時間を長くする主要な要因であることが窺える．

4. 結論と今後の課題

本稿により，収集運搬計画で考慮されている項目や，各考慮項目同士が関係している構造および，計画策定時間に影響を与える項目について，統計的に明らかになった．本稿で分析を行う以前は，考慮項目が多く存在することは明らかになっていたが，類型的・構造的な把握はなされておらず，各考慮項目はそれぞれ単独で存在していた．本稿により，重要視して考慮されている項目や，合わせて考慮されている項目，計画策定時間への影響が大きい項目を整理して把握することができた．本稿で得られた知見のうち主要なものは次の通りである．

- 人員配置における顔ぶれの決定では，いずれの方式でも不公平感，体力，年齢，経験，相性への配慮がされているが，シフト方式では相性が特に高く考慮されることが多く，ローテーション方式では欠勤への対策が高く配慮されることが多い．
- 経路策定計画において収集運搬作業の効率化・平準化のために，ステーション収集方式では距離を重要視しているが，各戸収集方式ではごみ量を重要視している．
- ローテーション方式による人員配置では，年齢と経験への配慮は習熟の早さへの配慮と関係する．
- ごみ量の均等化や移動距離の短縮，収集時間帯の一定化などの項目への配慮が，ステーション収集地域における経路策定計画にかかる時間を長くする主要な要因である．

今後の課題は，大都市，中小都市や農村などの都市の規模に応じて類型化を行うこと等が考えられる．しかし細かく分類を行うと，分析の際に標本数が小さくなってしまう問題もあるので，質問紙の回収率とのバランスを斟酌する必要がある．

謝辞：質問紙調査に協力していただいた清掃事務所各位に感謝の意を表します．

参考文献

1) 内海秀樹・保倉修一・松井三郎・寺田悟（2006）『大都市を対象とした清掃事務所における人員配置策定の条件に関する研究』，学会誌「EICA」，Vol.11，No.2.3（合併号），pp159-166
2) 寺田悟・内海秀樹・保倉修一・松井三郎『清掃事務所における収集経路策定方法に関する質問紙調査—策定範囲と策定時に考慮する項目—』，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集,304-306,2005.10
3) 保倉修一・内海秀樹・松井三郎・寺田悟『清掃事務所における作業班の編成方法に関する質問紙調査』，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集』，307-309，2005.10

Analysis of Consideration Items Structure and Their Influences on Designing Time for Collection and Transportation Plan of Municipal Solid Waste

Mamoru Yamasaki, Shigeo Fujii, Hideki Utsumi

There are many papers about collection and transportation planning of municipal solid waste, but they are concerning optimization methods for distance or time to collect. Many other items are considered in the actual designing process. Author's group have ever clarified these consideration items by the questionnaire survey, but it was conducted on only large cities. In this paper, I analyzed the result of the quesitonnaire survey conducted on not only large cities but also small towns and rural districts, and I deliberated the difference between some different types of cleansing offices after classification by workers's arrangement methods and collection system. Particularly 'rotation arrangement methods' and 'station collection system' are often used. So about these two groups I analyzed the relations among some consideration items and consideration items affecting designing time by statistic way, and drew the figures of structures of them.

For example, for efficiency and equality, 'distance' (distance between stations or distance to disposal facilities) is regarded as important in route designing in station collection system, whereas 'amount of wastes' (to lessen the amount of wastes than maximum load amount or to equalize the amount of wastes among every trip) is regarded as important in route designing in door-to-door collection system.