

ごみ収集作業の若干の特性

東京都立大学 川口士郎

今さらのようにのべると、浄水場の設計に於いて、Fairは次のような分類をしている。すなわち、

1. 有害物質を除去したり、その形を変えさせるための単位操作を理解すること（これをプロセス設計とよぶ）、
2. 構造物の間を通過する水流に関する知識（これを水理設計とよぶ）、
3. 構造物の荷重下における挙動の把握（これを構造設計とよぶ）、
4. 処理コストや便益の評価（これを経済設計とよぶ）、

の4種の設計が必要にして十分であるといっている（ようである）。

上水道施設、下水道施設、ごみ処理施設などを従生工学的施設と統括することによれば、これら従生工学的施設を設計する場合、必要設計はこのFairの4種の設計に帰着するようにおもわれる。

ごみ処理施設というと、ごみ焼却場などを連想して、ごみ処理事業のイメージは湧いてこない。清掃事業すなわちごみ処理事業においては、都市から発生するごみを集めて、（狭義の）ごみ処理施設、たとえば焼却場や埋立地にまで運搬し、そこで処理し、処理した残渣を処分し付すことになる。さて、このごみ処理（処理をtreatment、処分をdisposalとあて、処分は処理を含むものとすれば、ここではごみ処分というべきかも知れないが、慣用にしたがう）において、Fairの4種の設計を考えてみると、

1. プロセス設計は、焼却、埋立、コンポストなどの処理における質的な現象の把握に相当する、
2. 水理設計に相当するものは、ごみを車両などで運搬する際の輸送に関する理解である、
3. 構造設計は、他の施設と同様である、
4. 経済設計も他の従生工学的施設と同様である、となろう。

ここでは、主としてある市街地からごみを収集して処理施設に運搬する場合のいくつかの特性について報

告する。したがって、ごみ処理の一面をとらえたわけであって、前述の「水理設計」に相当するものと考え。本来の水理設計においては、水流の特性を理解して、その特性によってある定まった量の流体を輸送すべく管渠などの施設の容量を決定する。また反対に、容量の定まった施設で流しうる流体の量を予想する。この類推をもって、現行のごみの収集・運搬をながめてみると、管渠などの施設に相当するものは車両であり、流体に相当するものはごみである。通常の流体を流す場合とことなるのは、ごみを人力などで車両に「流しこま」なければならないことである。すなわち、途中に人力が介在する。またこのごみの流れは、水流などとちがって不連続である。通常の水理設計との類推を念頭におくと、理解に便であるとしても、その両者の内容はかけはなれており、この類推は実際の役には立たない。

ごみをある市街地から収集して、焼却場とか埋立地などに集中して運搬する形態は、市街地の下水を下水処理場に流集する下水道に対比できる。ごみの発生についても、下水の発生と似た所があり、それは「確率的」である。また、方向は逆であるが、浄水場から配水管網を介して上水を市街地に配水する場合とも類似の性格を有しているともいえよう。

前述したように、現行の車両によるごみの運搬は管渠を使用する上・下水道とはことなる点がある。ごみの車両による不連続な運搬を考察することは、流体の管渠による連続な配給・流集にも何かあたらしい光を投げかけることも期待される。

ごみの収集・運搬を換算的（普通は工学的と書くべき）にやると、ある定まった量の機械力（簡単にいえば、車両の台数）と人数とによって、どのくらいの広さの市街地から、どのくらいの量のごみをとりあつかうのが、また逆に、ある広さの与えられた市街地のごみを排除するには、どのくらいの規模の機械力と人力とを要するか、という問題がすべてである。この二つの問題の最初の方に答えられれば、あとの問題

は容易に解決できよう。この種の問題に一般的に答えるのは、筆者にとって容易なことではないから、まず現実の市街地における作業の実態を調査して、しかりのちに上記の問題に答えようとした。筆者の調査は中途であって、この実情調査でえられた若干の事実を報告するものである。

調査の対象とする市街地(その地の収集・運搬体系を含めて)はどこでもよいという訳には行かない。希望する条件として、

1. 処理施設が整備されていること、
 2. 作業が直営で、資料が完備していること、
 3. 収集回数が安定していること、
 4. 筆者の勤務する大学の近くにあること、
- が考えられ、該当する市街地として、K市を選ん、調査はすべてここで行った。

現在までの調査内容は、

収集効率の調査

作業時間の実測

移動距離の測定

である。

1. 収集効率の調査

収集・運搬体系の容量を表現する数値がこの体系を論ずる場合に必要である。事柄を簡単にのべると、ある市街地と収集車両の運行計画を与えた場合、1台の車両が1日にどれほどのゴミを取りあつかえるかということである。1日の作業時間が定まっている場合には、1車の単位時間当りの収集量と、1車の1日当りの収集量とは、本質的には同一のものである。実際の清掃事業では、1日の作業時間は定められているから、両者は本質的には同一のものであり、いずれをもちいるかは便宜の問題である。

1車の1日当りの収集量は、市街地の状況、ゴミ発生状況、収集車の運行状況などがわからない(あるいは大差のない)場合には、その市街地から処理場までの距離にほぼ逆比例すると考えられる。これは簡単な計算であきらかになる。

従って、収集車の運行について簡単なモデルをつくり、この案をあらかじめ示しE。(これはすでに報告したので、概要をのべるにとどめる。)

このモデルでは、朝8時に作業を開始し、収集率は15分間の交換の後清掃事務所を出発し、15分後市街地に到着し、収集車のごみを積みながら移動し、満車になったら処理場に運搬する。途中で昼食を処理場とする時間(平均50分)だけ休止するほかは1日の作業時間内で同一の作業をくり返す。(午前と午後10分間づつ休憩することになっている。)15時40分に処理場での積みおろしを完了するように制御され、収集車は事務所にもどり、16時30分に1日の作業を終了する。したがって1日の作業時間は510分である。この場合、いくつかの数値を確率変数と考えた(その他の数値は定数とした)。確率変数としたものは、収集車のごみ重量、市街地から処理場までの運搬時間、処理場での積みおろし時間、収集車の積載量である。なお収集車での積み時間は収集車のごみ重量に比例するものとし、収集車間の移動時間は定数とした。確率変数にはそれぞれ適当と思われる分布を仮定した。

関係する要素の一部を確率変数とした上記のモデルの挙動を、要素をすべて定数とした場合と比較した。モデルにおける1車1日の収集量を作業時間で除いたものを E_m とし、すべて定数とした場合のそれを E_L とし、 $(E_L - E_m)100/E_L$ (%)なる割合を72通りの場合で計算してみると、いちじるしく(27%)離れた場合もあるが、ほぼ(あまり意味はないが、平均すると5.2%)一致している。ここで、 E_L は次式で計算した。

$$E_L = \frac{C(t_0 - t_r + t_h)}{t_0 \{e \cdot C + (C/R - 1)t_r + t_g + 2t_h\}}$$

ここで、 C : 収集車1台の平均積載量(Kg), R : 各収集車における平均ごみ量(Kg), e : 積載効率(%), t_0 : 1日の作業時間(分), t_r : 作業休止時間, t_h : 平均運搬時間, t_t : 収集車間の移動時間, t_g : 処理場での平均積みおろし時間, である。

さて実際の市街地における1車の1日当りの収集量を調査して、運搬距離との関係を見たのであるが、上述のモデルで現れたような明確な関係はみられなかった。この理由を考えてみると、各収集車がモデルにおけるように独立して、無限に多く存在する収集車から、1日の作業時間をフルに活用して、作業するわけではなく、K市の清掃事務所では、受持の市街地を

5ブロックに分割し、それぞれのブロックの収集を班の責任とし、各班に7~8台の車が配属され、各車の担当区域が一応定められているものの、毎日の各車の作業量はその日の状況により班ごととプールされていることがある。また日・祭日を除いた毎日収集を行っていることから、休日の翌日は2日分のごみ量(平均60%増)となり、作業が「緊張」する。そこで休日の翌日、例えば月曜日の各班ごとにくった1日収集量には運搬距離が長くなると減少する傾向がみられる。

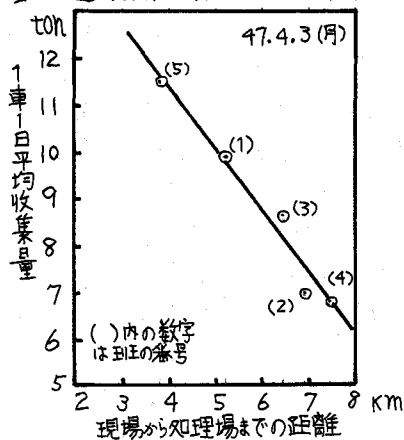


図-1 収集量と運搬距離の関係

すでに一定の力により緊張しているゴムヒモでは、それ以上に加えられた力と伸びとの間には比例関係が見られることにたとえられよう。すなわち、多少奇妙な言い方であるが、モデルでは1日の作業時間をフルに利用しているから、明確な関係が生ずるのである。一方、モデルのような作業をすると、実際の市街地においては、毎日の作業区域が変動して、作業計画を立てるのが困難となるであろう。この点についてはしかしながら筆者の考察は未熟である。

2. 作業時間の実測

前述のモデルでは、各収集点における横込時間や各収集点間の移動時間は、それぞれごみ重量に比例するか定数かであると簡単に仮定したが、実際はどうなっているのかを調査してみた。これら横込時間と移動時間の合計がいわゆるネットの収集作業時間といえるものである。そこでまず1日の作業でこれらの時間の占める割合を見るために、通常日(前日が日・祭日でない日)の作業状況の一例をあげることにする。

8時00分	作業員集合, ラジオ体操開始
8.10	清掃事務所出発
8.28	現場到着(オ1ルート始発)
9.03	収集作業終了, 現場出発
9.31	焼却場到着
9.41	焼却場出発
10.11	現場到着(オ2ルート始発)
10.57	収集作業終了, 現場出発
11.25	焼却場到着
11.35	焼却場出発
11.48	清掃事務所到着
13.00	清掃事務所出発
13.10	現場到着(オ3ルート始発)
14.15	収集作業終了, 現場出発
14.43	焼却場到着
14.50	焼却場出発
15.10	清掃事務所到着
16.30	終業

すなわち、全体で510分のうち、収集作業時間は146分で29%になっている。その他車の運行時間は合計202分で40%である。すなわち清掃事務所で停車している時間は162分で31%である(前日が休日である場合には、この時間が食われることになる)。

収集車は市街地に設定されている収集ルートにレタがって収集点のごみをひろってゆく。このルートは各車に対して3本与えられている。そこで、各ルートの始発にあたる収集点に到着したときが現場に着いたことになる。

収集点に停車したときから、ごみをひろって発車するまでの時間を横込時間とし、そこから次の収集点に着くまで車が動いている時間を移動時間とよぶことにする。車がとまってごみをとりあつかうまで、またごみを積み終って車が発進するまで、若干の時間がある。これらの時間は横込時間に含めるものとする。

横込時間と移動時間は、上乗り(運転者以外の主としてごみを積む要員)2名のうち1名が収集作業を行いながら、停車・発車の時刻をテープ・レコーダーに記録することで測定した。横込時間と移動時間の度数分布の一例(47年型定)を次にかかげておく。

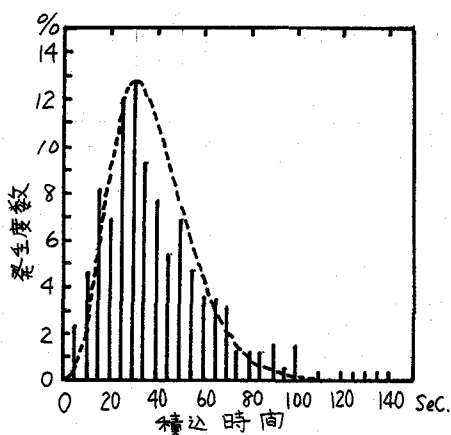


図-2 横込時間の度数分布

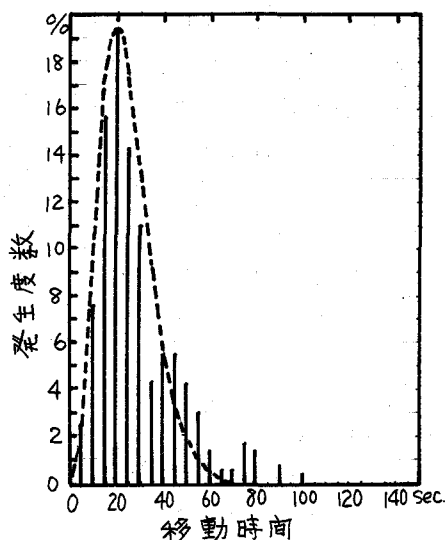


図-3 移動時間の度数分布

これらの度数分布図をみると、横込時間と移動時間は同一の傾向をもっている。これらの曲線にあてはまる実験式をこころみに作ってみると、

$$y = 7.745 \times 10^{-4} x^{4.0} e^{-1.333 \times 10^{-1} x} \quad (\text{横込時間})$$

$$y = 6.62 \times 10^{-3} x^{4.0} e^{-2.0 \times 10^{-1} x} \quad (\text{移動時間})$$

ここで、

y : 度数(%), x : 時間(Sec.),

となり、べき函数と指数函数の積の形になっている。(このような函数で曲線の形がおおむね表現されるといふ意味である。なお40秒前後に谷がみられるので、このような函数を2項もちいた方がよいかもしれないと考えている)。

作業形態とか、市街地の情況で、 ax^be^{cx} の係数 a 、 b および c が定まると考えられるから、逆にこれらの係数が作業形態とか市街地の情況のある一面(すなわち特性)を表現するかもしれないと考えている。この点については、諸兄の教示を得て、なおよく検討するつもりである。

横込時間が収集袋におけるごみ量(かならずしも重量とはかぎらないであろう)に比例すると仮定すれば、そのごみ量の分布(時系列的分布ではなくて、地理的分布とでもいえるもの)は横込時間の分布と同一になる。(このことを確かめるのは、市街地の各収集袋ごとのごみ量を測定するのが作業上困難であるから、よい簡便な方法を考案しないかぎり、不可能である)

3. 収集袋の出現回数

実際の収集作業では横込と移動が交互にくり返される。そのうちの移動だけをぬき出して考えてみることにした。すなわち、作業の連鎖のうち、横込時間を除いて、移動時間だけをつなぎ合せて、収集袋ごどのような分布で出現するかをしらべた。

あるルートにそっての移動時間による出現分布の一例を次の図に示す。

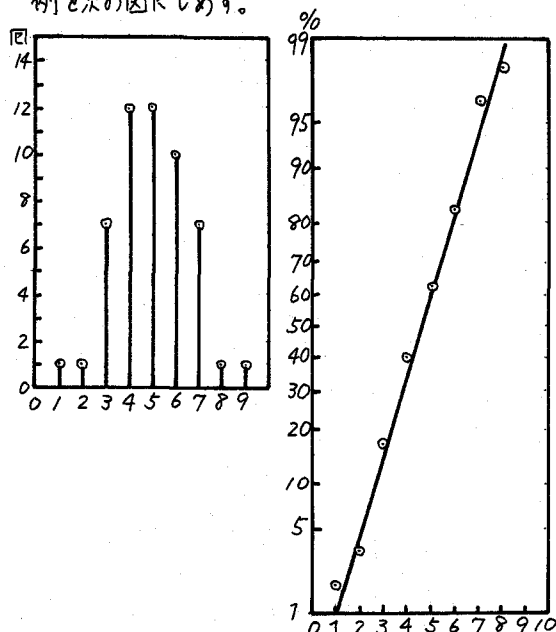


図-4 出現回数の度数分布

この図の数値は47年に測定したものである。この図では、時間区間を200秒としてある。これでわかる

ように、出現回数の度数分布はおおむね正規分布とみてよいであろう。

次に48年に測定した同様の図をかき出す。(少しぐざいざいがあるとしても、時期と地区をかえた場合の状況を知るのに便宜であろう。)

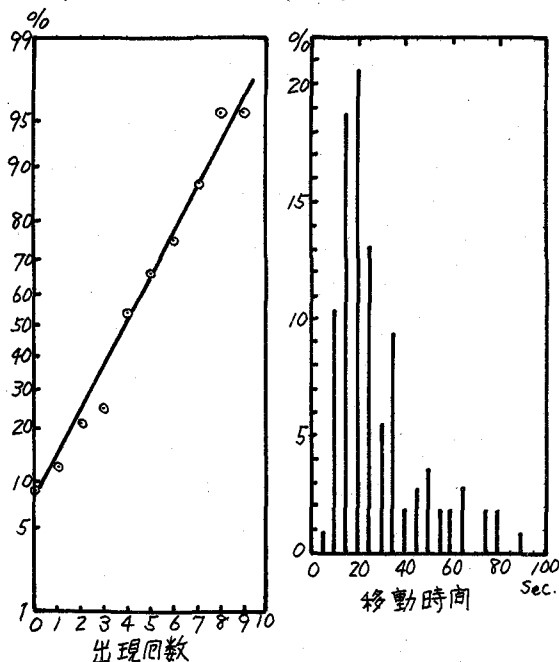


図-5 出現回数と移動時間の分布

次に、この同じルートに於て、収集葉の分布を地図上で求めたものが図-6である。

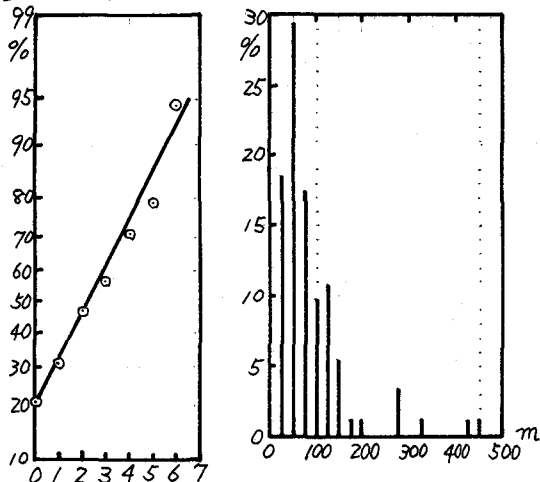


図-6 出現回数と移動距離の分布

この場合の区画距離は250mとしてある。見られるとおり、おおむね正規分布とみてよいであろう。出現分布の正規分布にしがう傾向は、地区(この場合は

1清掃事務所に属する)、時期を変えてもそのかわれない。

ある市街地に着目して、そこに設定した収集葉をぬう任意のルートにおける出現の状況をも調査する予定でいる。

市街地に設定したあるルートにおける収集葉の出現分布の意義として、一定の移動時間(何個かの時間区間の和)で走査する収集葉の数の予測がつくことから、収集作業の設計に役立つことが考えられるし、また市街地のある特性を表現するものとして何か、たとえば市街地の一種の密度の表現など、に役立つことも考えられる。

なお、「固執的な再帰現象で、その再帰時間が有限な平均値と分散をもつ場合、その再帰現象の起る回数は正規分布に近づく²⁾」という確率論の定理に照らして考察するならば、この収集葉の出現分布は、収集葉がすでに地表に設定されて「定まって」おり、再帰時間(この場合は移動時間)はそれによってきまるのであるから、この定理で保証されていない逆の場合に相当することになると考えられる。

あとがき

収集・運搬体系が与えられている場合に、若干の調査を実施した結果を記述した。alternativeな手段(現行を含めて、実施可能な手段)の考察も重要であろうが、現行の手段が近い将来棄れることはありやうないと考えられるから、筆者としてはこの報告の方向にしばらく進んでみるつもりである。

引用文献

- 1) 猿谷, 山根, 川口: ごみ収集の予備的シミュレーションモデル, 第8回生工学研究討論会講演論文集, P. 24~33, 1972
- 2) W. フェラー: 確率論とその応用 I, P. 412, 紀伊國屋書店.