

物流データによる東京の物質収支に関する研究

Mass Balance in Tokyo on the basis of Physical Distribution Data

守田 優^{*}，大川将也^{**}，新行内彰夫^{***}

Masaru MORITA, Masaya OHKAWA, and Akio SHINGYOUJI

ABSTRACT; For the effective management of mass flow in urban areas, we should investigate which part of the whole mass flow causes solid wastes problem and where recycling system should be introduced for effective use of natural resources. In this study, we carried out mass balance analysis utilizing physical distribution data. Recently, the data has been improved through nationwide researches by governmental organizations. In the analysis, input, output and throughput of Tokyo mass flow system were investigated with the cross-checked reliable distribution data. The analysis showed the characteristics of Tokyo metropolis in terms of physical distribution and mass flow; Tokyo is not only the largest manufacturing and consumption area but also the important transit point of the nationwide physical distribution. About tenth of the amount of the input mass flow change into solid wastes.

KEYWORDS: Mass Balance, Physical Distribution, Urban Area, Solid Wastes

1. はじめに

現代の都市生活は、さまざまな物資によって支えられているが、そこで消費される物質の量は膨大なものであり、また質的に見ても極めて複雑多岐にわたっている。都市における物質の流れは、生産－流通－消費－廃棄という人工的な流れである。ここで問題となるのは、この流れが自然生態系の＜分解＞に相当するリンクを欠いていることであり、末端の廃棄から生産や流通へ循環する経路が確立されていないことである。その結果として今日のゴミ問題があると言える。この都市における物質の流れを準自然生態系として構築していくためには、まず、都市における物質の流れを物質代謝という観点から分析し、そのシステムをインプットとアウトプットのみならず、スループットも含めて実証的に明らかにすることが重要と考える。都市の物質代謝の研究は、わが国では1970年代に半谷らによって始められた^{1)・2)}が、当時はまだ、物質収支を検討するに足る十分なデータもなく、物質収支の計算もやや理念が先行したことは否定できない。その後、物流のデータが政府関係機関などによって整備され、信頼できる推計値が得られるようになってきた。最近では、東京都の環境白書³⁾にも物質収支が紹介されるようになった。

本研究では、物流データを用いて、東京都を対象にその物質収支を明らかにすることを目的とした。特に、物質の流れを品類品目ごとにさらには業種ごとに分析し、従来のようにインプットとアウトプットのみならず、システム内部における物質の量的・質的变化、すなわちスループットについても明らかにするよう努めた。また、物質収支において用いる物流データについても、他の統計資料とのクロスチェックを行って適用性を検討し、より信頼できる計算が得られるようにした。

* 芝浦工業大学工学部土木工学科 Department of Civil Engineering, Shibaura Institute of Technology

**安藤建設株式会社 Ando Construction Co., Ltd.

*** 大日本コンサルタント株式会社 Nippon Engineering Consultants Co., Ltd.

2. 研究方法

本研究における物質収支の対象領域は東京都とし、対象年は平成元年とする。これは本研究で用いた物流データが都道府県単位のものであり、また平成元年の調査によるためである。また、本研究においてベースとなる物流データは、（財）運輸経済研究センターによる「全国貨物純流動調査」⁴⁾であるが、この資料におけるデータを補足、あるいはチェックするため引用文献にあげた多くの統計資料を用いた。図-1に物質収支を計算するためのフローチャートを示した。

2. 1 物流データにおける純流動と総流動

まず、「全国貨物純流動調査」（以下、「純流動調査」）を用いて、8品類（農水産品・林産品・鉱産品・金属機械工業品・化学工業品・軽工業品・雑工業品・特殊品）について都道府県間の年間流動量を求めた。この流動量は、東京都着量・東京都発量・都内流通量（都から都へ移動するもの）からなる。この着量と発量から都内流通量を減じた値が、他府県からの流入量、他府県への流出量となるが、ここでは、外国貿易による輸入・輸出が考慮されていないため、さらに東京都港湾局の「東京都港勢」⁵⁾（以下、「港勢」）のデータから東京都への輸入輸出量を求め、「純流動調査」による着量と輸入量から総着量を、発量と輸出量から総発量を求めた。ここで、代表的な3品類について、他府県からの流入・流出量、輸出・輸入量、これらの収支から求める内部蓄積量を図-2に示した。ここで注意すべきは、「純流動調査」と「港勢」では（下に述べる「総流動調査」も同様である）集計における品目の種類と数が異なるので、両者のデータを加える場合、品目を整理して共通にしなければならないことである。

物流データとしては、いまひとつ運輸省による「旅客・貨物地域流動調査」⁶⁾（以下、「総流動調査」）があり、東京都環境白書³⁾ではこのデータが用いられている。そこで、「純流動調査」と「総流動調査」のデータを比較し、物質収支のための物流データとしての適用性について検討した。そのため、「総流動調査」においても、「純流動調査」と同様に、東京都への年間着量、発量、都内流通量を求め、さらに上述の輸出・輸入量を加えて、総発量・総着量を計算した。こうして、「純流動調査」と「総流動調査」による総発量・総着量を8品類について比較したのが図-3である。この図-3を見ると、両者にかかなりの差があり、全体に総流動が純流動より大きな値を示している。この差の主な原因は、物資の流動をカウントする方法の違いにあり、純流動が出荷元から出荷先までの物資

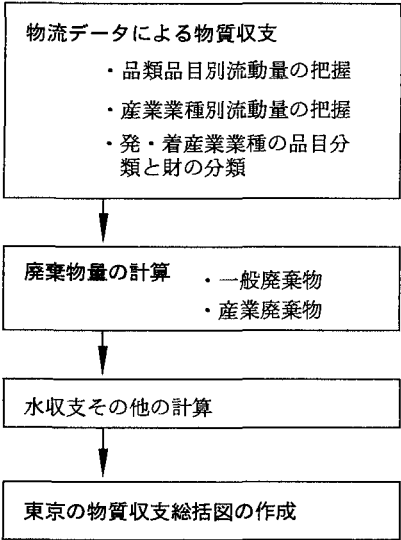


図-1 物質収支計算のフロー

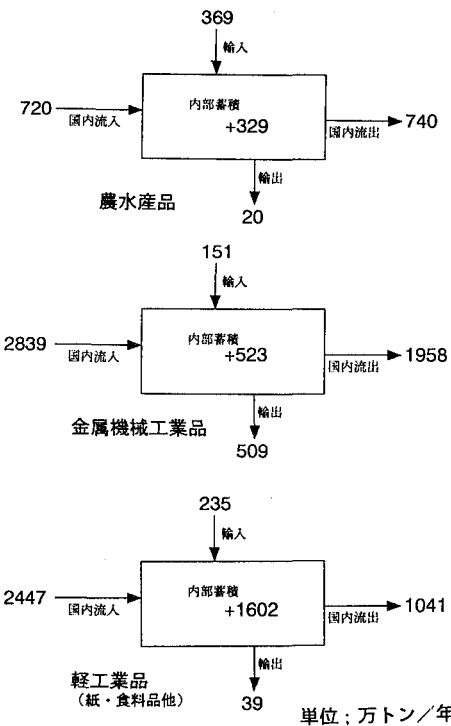


図-2 代表的な3品類の物質収支

がある。この図-3を見ると、両者にかかなりの差があり、全体に総流動が純流動より大きな値を示している。この差の主な原因は、物資の流動をカウントする方法の違いにあり、純流動が出荷元から出荷先までの物資

の動きを一区切りとして捉えるのに対して、総流動では、貨物の動きを輸送機関ごとに捉えているため生じたものである。つまり、一つの物資のODが複数の輸送機関によってなされる場合、重複してカウントされるためである。また、これには、調査対象範囲等から生ずる差（「純流動調査」では建設現場からの出荷貨物や一般家庭への宅配は対象外である）も含まれる。

以上を踏まえて、本研究では、物資そのものに着目し、その物資の東京への流入出、都内流動を正確に把握することをめざしており、純流動の物流データを用いて分析を進めることにした。

2. 2 産業業種別流動量と物流データのチェック

東京都における物質収支として流入量・流出量・蓄積量、すなわちシステムのインプット・アウトプット・ストックのみ求めるのであれば、以上の計算でいちおうの目的を達するが、本研究では、最初に述べたように、都市における物資の生産－流通－消費－廃棄という流れをトータルに把握することを目的としている。そのためには、流入した物資がどのように加工され質的に変化していくか、すなわちシステム内部における物資の流れと変化、すなわちスループットを調べる必要がある。そのためには、物資がどのような業種からどのような業種へ発着するかという産業業種別の物資流動量を求めなければならない。

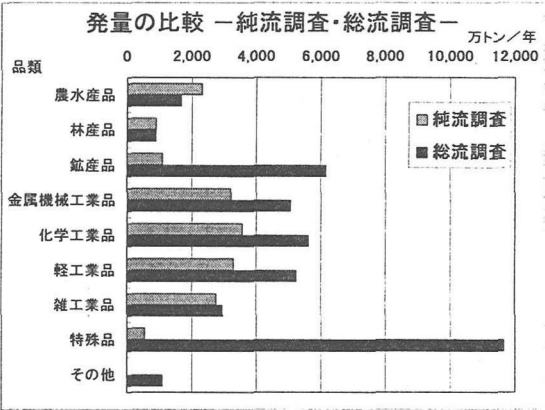
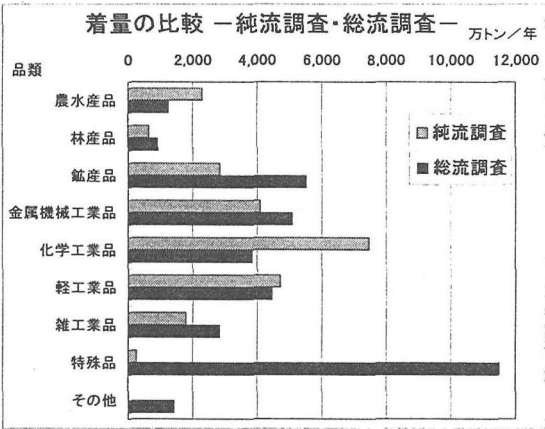
「純流動調査」では、調査対象として、15業種（農業・漁業・鉱業・建設業・製造業・卸売業・小売業・金融保険業・不動産業・運輸通信業・電気ガス熱供給水道業・サービス業・公務・外国）を主な物資の着産業、そのうちの4業種（鉱業・製造業・卸売業・倉庫業）を物資の発産業として指定し調査している。

本研究では、この「純流動調査」の調査結果をもとに産業業種別の物資流動量を計算した。ただ、「純流動調査」は推計にもとづくデータであるため、そこに示されるデータは他の統計資料によってクロスチェックする必要がある。そこで、その信頼性を確認するため、「純流動調査」とは独立した他の統計資料から産業業種別流動量を計算し、「純流動調査」のそれと比較した。具体的には以下に述べる4種の発産業についてその出荷量を比較した。その計算結果を表－1に示した。

表－1 純流動調査による出荷量と他の統計資料による計算値との比較（単位：万トン／年）

	鉱業	製造業	卸売業	倉庫業	計
純流動調査	917	7205	7637	2028	17787
他資料による推算	2244	9290	15313	2062	26051

まず、鉱業については、「事業所統計調査報告」⁸⁾から鉱業の種類と従業者数別の事業所数を求め、小品目ごとの1事業所当たりの出荷重量（原単位）⁴⁾を乗じて全体の出荷重量を求めた。次に、製造業は、「東



図－3 物資8品類の着量・発量についての純流動調査と総流動調査の比較

京都鉱工業指数年報」⁷⁾、「東京の工業」⁹⁾をもとに、各小品目ごとの出荷額と出荷額1万円あたりの重量（原単位）を求め、これらを乗じて出荷重量を計算した。卸売業では、さらに「商業統計調査」¹⁰⁾から各産業業種細分類ごとの年間販売額と出荷額当たりの重量（原単位）⁴⁾から出荷重量を算出した。最後に倉庫業については、「倉庫統計季報」¹¹⁾を用いて直接出荷重量を求めた。

計算結果の表-1を見ると、鉱業、製造業、卸売業においては、「純流動調査」に比べて他資料から計算した出荷量が多いことがわかる。その理由として、まず鉱業では、事業所数の捉え方に違いがあり、「純流動調査」では、オフィスや営業所など物の取引のない事業所は調査対象外であるのに対して、「事業所統計調査」では、貨物を扱うか否かにかかわらず全ての事業所を調査対象としていることがあげられる。そのため後者では事業所数が多くなり、結果として出荷量も大きくなったと言える。次に製造業では、商物分離システムのため、特に東京では貨物の取引なしに金銭だけが動くというケースが多くなり、それによる差が現れたと考えられる。卸売業は、東京と全国での原単位の違いに起因するものと思われる。これらの3業種と異なり、倉庫業では、両者ほぼ等しい値が得られた。これは、「倉庫統計季報」における物資の流動量が、「純流動調査」と同様に、重量を単位として表示されているため、直接比較できたからである。

以上の検討の結果、「純流動調査」は、物の取引のない事業所（オフィス、営業所）を調査対象としない、また金銭上のみで物の移動の伴わない取引に左右されない流動量を表しており、ここでも物資の流動の把握に適したデータであることが言える。

2. 3 産業業種別・品類・品目別流動量と財の分類

本研究で物流データとして用いている「純流動調査」は、年間調査と3日間調査の2種類の方法で物資流動量が調べられている。前者は、8品類を対象としているが、後者では、さらに56品目について、都内着量、都内発量、都内流動量が産業業種別に調査されている。本研究では、物資の流れをより具体化させるために、これらの数値から年間の産業業種別かつ品類・品目別流動量を求めた。さらに、物の流入入に伴う変化・蓄積・消費等を考慮するため、各品目ごとにその財の分類（生産財・非耐久消費財・蓄積財）を行った。ここで財の分類は「鉱工業指数年報」⁷⁾を参考にして図-4のように整理した。以上の計算方法については、紙面の制約から詳細を述べることはできないが、概略は以下のとおりである。

まず、東京都における物資の着量については、年間調査の8品類を3日間調査の56品目のデータをもとに比例配分により年間56品目別入荷量を求め、輸入・都内流通量についても同様に計算する。そして、着量において各品目に占める各業種の割合から、年間の着産業15業種別かつ品類品目別の流入量、輸入量、都内流動量を求めた。

一方、東京都における物資の発量についても同様に、3日間調査から比例配分によって求めた年間56品目別発量をもとに、発産業4業種が各品目に占める比率を考慮して年間の発産業業種別品目別の総発量を求めた。そして、年間56品目別の純流動量の構成比から、総発量を都外への出荷、都内への出荷、海外への出荷の3つに配分した。

さらに、財分けは、図-4のように分類するが、物資の発着において各業種の性格を考慮して財分けした。例えば、「穀物」は基本的に非耐久消費財であるが、その着産業に生産能力（入荷時と出荷時において品目の質・形が変化する）があるか否かで財の分類は異なる。

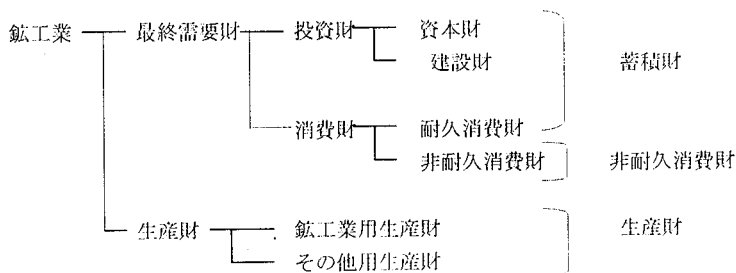


図-4 物資流動における財の分類

る。つまり、製造業と卸売業に着いた場合、前者では生産財、後者では非耐久消費財となる。

2. 4 東京の廃棄物量、水収支等

以上は、物流データをもとに物質収支を考えてきたが、東京都全体の物質収支のフローを作成するには、さらに廃棄物や上下水道による水の流れも含む必要がある。そこで、これらについても、既存の統計資料をもとに調査した。

まず、廃棄物については、「産業廃棄物処理実態調査報告書」、「清掃局年報」、「東京都市町村清掃事業年報」（以上、東京都清掃局）から、産業廃棄物と一般廃棄物について求めた。また、排出ガスと水収支は、東京都環境保全局と水道局、下水道局のデータをもとに計算した。

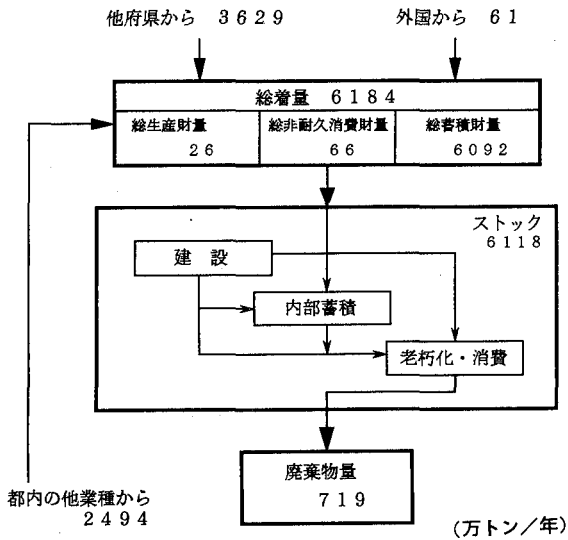
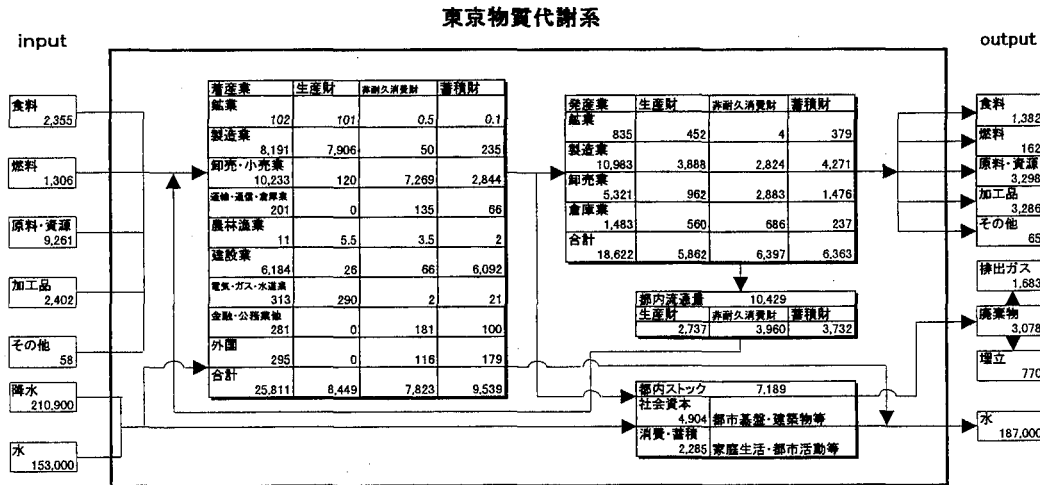


図-5 業種別物質収支の計算例（建設業）



食糧：穀物、野菜・果物、畜産品、水産品、その他農産品、製造食品、飲料

燃料：薪炭、石炭、原油・天然ガス、重油、揮発油、その他の石油、その他の石油製品、石炭製品

原料・資源：原木、製材、金属鉱、砂利・砂・石、石灰石、非金属鉱物、鉄鋼、非鉄金属、金属製品、セメント、生コンクリート、セメント製品、ガラス・ガラス製品、その他の窯業品、化学薬品、化学肥料、染料・顔料・塗料、合成樹脂、動植物性油脂、その他の林産品、パルプ、紙、糸、金属くず、その他のくずもの、動植物性飼料、金属製輸送用容器、その他の輸送用容器

加工品：産業機械、電気機械、自動車、輸送機械、その他の機械、その他の化学工業品、織物、書籍・印刷物・記録物、日用品、木製品、その他の製造工業品、

その他：廃棄物、取合わせ品

図-6 東京都の物質収支の総括図（単位：万トン/年）

3. 物質収支フロー図の計算結果と考察

これまで述べてきた方法で、東京都における物資の流入・流出・蓄積、さらに消費・廃棄を品類・品目別、産業業種別に計算した。図-5は、その計算の一例で、建設業における物資のフローを示したものである。

また、図-6は、これまで求めたデータをもとに、東京物質系における物質の流入、流出、蓄積を明らかにした東京の物質収支の総括フロー図である。

まず、図-6を見ると、東京都の総着量25,811万トンのうち、生産財が33%、非耐久消費財が30%、蓄積財が37%であり、蓄積財の占める割合が高い。蓄積財のなかでも、約60%が建設業のものであり、セメント・生コン等を主体とした建設資材である。この建設資材は、大量に流入し、蓄積され、都市基盤となる。この建設業における物質収支を、廃棄物まで含め詳細に示したのが図-5である。図を見ると、建設業において、総着量のうち蓄積財の割合が非常に高いことがわかるが、それとともに廃棄物の量も多く、産業廃棄物の32%を占め、関連業種（電気・ガス・水道業）を含めると、産業廃棄物全体の90%を占める。

品類・品目別に見ると、食料の通過割合が高く、特に図-2から分かるように、農水産品の通過量が非常に多いのが特徴である。このことから、東京は物流の重要な中継地であることが言える。また、雑工業品等の加工品は、流入より流出の量が多く、また、3つの財の比率に着目すると、流入時点では、生産財・蓄積財の割合が高いが、流出になると非耐久消費財の割合が高い。これから、東京においては、加工業が発達していることがわかり、全体の業種別流動量で見ると、製造業、卸売業、建設業の順に多いことからそのことが言える。また、図-6には示していないが、「出版・印刷製造業」「一般機械器具製造業」の流動量が多いことも特徴であり、荷価値の高い分野の産業が集中する「都市型の工業」と合致している。

東京物質代謝系として全体を見ると、総着量25,811万トンから都内流通量10,429万トンを減じた物質流入量(input)15,382万トンのうち、廃棄物が3,078万トンであり、その割合は約1/5である。この割合が循環型社会達成の実質的な指標となるものであり、これを低下させることが今後の技術的課題であると言える。

まとめ

本研究では、物流データを用いて、東京の物質代謝系のインプットとアウトプット、さらにその内部構造を明らかにすることを試みた。物質収支の計算は、実際、膨大な計算量を要し、作業を進めていく上で、かなり大胆な仮定も必要であった。しかし、本研究での作業を通して、物流データから物質収支を計算する方法の枠組みをつくることができた。今後、さらにデータ量と計算方法の改良を重ねながら、水・エネルギーのフローも組み込んだ東京物質代謝系の全体像を明らかにしていくつもりである。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々の指導と協力を得た。特に、(株)日通総合研究所の出口裕之氏と(財)運輸経済研究センターの方々にはここに謝意を表します。

引用文献

- 1) 安部喜也, 半谷高久: 都市における物質代謝, 都市生態学(共立出版)所収, 1974.
- 2) 半谷高久: 都市物質系の物質代謝, 都市環境入門(東海大学出版会)所収, 1974.
- 3) 東京都: 東京都環境白書, 平成8年度.
- 4) 運輸経済研究センター(1992): 全国貨物純流動調査報告書.
- 5) 東京都港湾局(1993): 東京港港勢.
- 6) 運輸省(1989): 旅客・貨物地域流動調査.
- 7) 東京都総務局: 東京都鉱工業指数年報, 平成2年、平成4年.
- 8) 東京都総務局: 事業所統計調査報告, 昭和61年.
- 9) 東京都総務局: 東京の工業, 平成元年.
- 10) 東京都総務局: 商業統計調査報告, 昭和63年.
- 11) 東京都: 倉庫統計季報, 昭和63年, 平成元年.