

都市と交通機関の物質代謝

半谷 高久* 信楽 義夫**

要 約

東京都を地球化学系ととらえ、交通に伴う物質の流れから、東京都の特徴を明らかにしようと試みた。本稿では、おもに統計資料から得られた数値をもとにして、種々の推計を行なった。得られた結果を、相互に比較検討し、あるいは東京都の面積や人口との関連付けにより考察した。

自動車・鉄道・船舶により運ばれ、1年間に都内で蓄積・消費した貨物の量は、1969年～1975年の平均で 9.13×10^6 トンである。これは都内の建造物 3.36×10^8 トンの約1/37に相当する量である。また蓄積・消費量は年によりかなり変化する。特に、1972年と1973年の両年で、貨物の流出量が流入量を上回っていることが注目される。

都内の物質循環の大きさをトンキロで表わした。1973年の、自動車と鉄道の交通に伴う物質循環量は、車両も含めて 9.4×10^{10} トンキロとなる。これは都内の建造物が約280kmも移動した量に匹敵する。

また、自動車と鉄道からは、1973年で 8.4×10^3 トンもの摩耗物質が放出されたと推計される。特にゴムや鉄をはじめ、石綿・銅・樹脂の摩耗量が多く、そのうち発ガン性で知られる石綿の放出量は 1.9×10^2 トンである。

交通機関のエネルギー消費量は1973年で 4.8×10^{13} Kcalと見つめられる。これは1970年に都内で発生した全熱量 1.42×10^{14} Kcalの約34%に達する。

以上の他に、酸素消費量、排気物質量、交通機関の保有量・廃棄量等からも東京都の特徴を検討した。

はじめに

筆者らは、従前より都市を一つの物質系、すなわち地球化学系とみなし、都市物質系内における物質の存在や流れ及び変化のありさまから都市の特徴を明らかにしようと試みてきた。そして、東京都を例にとり行なった研究結果の一部は本誌に報告してきた(半谷・安部, 1976; 半谷・安部・松本, 1976; 半谷・大竹, 1977; 安部・半谷, 1977)。

既報(半谷・安部・松本, 1976)のように、東京都には人為物質が建造物として約 3.36×10^8 トン存在する。都内に存在する人為物質は、これらも含めてその大半が都外から種々の経路を経て東京都に持ち込まれたものである。したがって、都市を物質系としてとらえ、その特徴を明らかにするためには、現時点で都市内部に存在する物質の質と量を知ると同時に、都市内外の物質の流れを明らかにする必要がある。すなわち、物質及びエネルギーの供給を外部に求める都市の性格は、交通のあり方に大きく依存すると言える。

本稿では都市と交通機関の関係を以下の二点から考察した。

交通機関の本来の役割は、貨物や人間をより早くより大量に、またより安全快適に運搬することである。その結果として、種々の情報、文化なども都市内外を行き来する。このことは都市における交通機関の存在意義を示すものであり、今後も変わらないだろう。したがってまず第一点として、交通機関を、都市の人為的な物質代謝機関としてとらえ、それを統計資料から得た数値や計算値をもとに記述した。

一方、交通機関は移動しながら、自らも物質代謝を行なう。例えば自動車の場合、ガソリンや軽油、LPG等を燃焼させて大気中の酸素を消費し、逆に二酸化炭素や一酸化炭素、あるいは窒素酸化物、イオウ酸化物等を大気中に放出する。これは最も大きな代謝産物である。

また、排気物質の量に比べると少ないが、機関の摩耗により環境中に放出される物質も、長期的に見た場合に、交通密度の大きな東京都では無視できない。というのも排気物質は、粉じんや鉛などを除くと気体が主体で

* 東京都立大学都市研究センター・理学部

** 東京都立大学・大学院理学研究科

あり、長期間にわたって一地域にとどまるとは考えにくい。しかし、摩耗物質は金属や鉱物、あるいはゴムのような難分解性の物質である。そのため、そのかなりの量が都市環境中に蓄積するものと考えられるからである。

したがって、交通機関と都市との関係を考察する場合、摩耗物質の質と量の検討は欠かすことができない。

また、交通機関もある一定の時期が経過すれば廃棄され、交通機関により運ばれる側に回る。

したがって第二点としては、交通機関の廃棄量も含め、燃料消費量、酸素消費量、排気物質質量、摩耗物質質量などの交通機関自体の物質代謝について資料や計算により検討した。

その他、今回は検討を行なわなかったが、交通機関の移動により都内で年間約4万件もの交通事故を起こしていることも重要である。また、都市に持ち込まれた貨物の中に、その都市に存在しなかった種類の動植物がまぎれ込み、都市やその周辺の生態系、あるいは直接人間に影響を及ぼす事もある。セイタカアワダチ草やアメリカンシロヒトリはこの例であろう。同じように、伝染病が保菌者を通じて都市にもたらされることもしばしば見られることである。

また、鉄道施設や道路による地域の分断は、生活力の弱い生物の生活圏を制限し、その勢力を弱める結果となる。

交通機関は物質の流れを人為的に促すためのものである。しかし、その裏で自然の物質の流れに重大な影響をもたらしていることも事実である。

以上の点を考慮しながら、本報告では都市の代表的交通機関である自動車と鉄道を中心に、航空機、船舶をも含めた交通機関による東京都の物質代謝と、交通機関自身の物質代謝を量的に示し、若干の考察を試みた。

本報告では、実測により求めた値はほとんどない。大半は交通量のように統計資料から得た数値や、摩耗率のように関係機関で行なった試験値であり、あるいはそれらをもとに筆者らが計算した値である。したがって、このような方法で得た数値の信頼性はそれぞれについて異なるが、ここでは原則として、資料から直接引用した値は3ケタまで示し、筆者らが種々の推定に基づき計算して求めた値は、2ケタの数字で示した。

また、対象年次は1973年度を基準としたが、入手資料の関係上、他年度の値も随時用いた。

なお、本稿では“交通機関”を通常、その可動部分の意味で用いている。したがってレール等の施設は、鉄道の摩耗物質のところ以外では含めない。

1. 東京都における交通機関の保有量

東京都の物質代謝の大きさは、そこで保有する交通機

関の数で、ある程度おしはかる事ができる。その場合に注意しなければならないのは、都に登録されている航空機や船舶が、必ずしも東京都の物質代謝に携わっているとは限らないということである。船舶の場合は特にこの傾向が著しい。

自動車の場合は、登録された車両が都内の物質代謝と何らかの関係を持っているものと考えても大きな間違いはない。

鉄道や航空機も、車庫あるいは定置場が都内にあることを条件にしてリストアップすれば、自動車同様、都内の物質代謝の大きさを示す指標とみなせる。

ここでは自動車、鉄道車両、航空機、船舶について保有量を示した。

(1) 自動車保有数量

自動車は観点により種々に分類できる。物質代謝について考察する場合は、車種別の分類以外に、使用燃料別の分類と営業用、自家用の区別は重要であろう。その理由は、使用燃料の種類は排気ガスの質と量に関係し、営

表1 自動車保有量 (単位)保有台数:台, 重量:トン

車 種	保 有 台 数		重 量
	営 業 用	自 家 用	
乗 用 車	4.68×10^4	1.27×10^6	1.4×10^6
ガソリン車	5.49×10^3	1.27×10^6	
L P G 車	4.12×10^4	2.46×10^3	
軽 油 車	9	185	
そ の 他 車	38	291	
貨 物 車	7.50×10^4	6.59×10^5	9.6×10^5
ガソリン車	9.77×10^3	5.58×10^5	
L P G 車	461	1.55×10^3	
軽 油 車	6.21×10^4	9.85×10^4	
そ の 他 車	2.70×10^3	784	
バ ス	8.51×10^3	1.01×10^4	1.3×10^5
ガソリン車	42	7.33×10^3	
L P G 車	0	0	
軽 油 車	8.46×10^3	2.72×10^3	
そ の 他 車	7	13	
特 殊 用 途 車	7.84×10^3	3.78×10^4	6.0×10^4
ガソリン車	233	1.59×10^4	
L P G 車	450	1.37×10^3	
軽 油 車	6.89×10^3	2.01×10^4	
そ の 他 車	273	412	
二 輪 車	0	4.79×10^5	7.6×10^4
合 計	1.38×10^5	2.46×10^6	2.6×10^6

(1973年12月末)

業用か自家用かは走行距離等の使用状況に影響するからである。

ここでは上記の考えに基づき、東京の交通問題対策資料（東京都，1974:324）と陸運統計年報（運輸省，1973:68-70）から保有台数を引用した。

表1によると営業用自動車の台数は、貨物自動車が多めで多く 7.50×10^4 台である。また自家用自動車の場合は乗用車が最も多く 1.27×10^6 台となっている。全車種において自家用自動車の数が営業用自動車の数を上回るが、バスのように大型のものや特殊用途車では、その差は著しくはない。

各車種毎に燃料別で比較すると、自家用車では、特殊用途車以外はガソリンを燃料とするものが多く、一方営業用車の場合は、乗用車のLPG使用を例外として軽油を使用する車両が多い。

車両重量は、自動車ガイドブック（自動車工業振興会，1974）などから平均値として、乗用車 $1,035 \text{ kg}$ 、貨物車 $1,304 \text{ kg}$ 、バス $7,000 \text{ kg}$ 、二輪車 159 kg を用いて計算した。

都内で保有する自動車の総重量は 2.6×10^6 トンであり、そのうち乗用車が全体の50%以上を占める。

(2) 鉄道車両保有数量

鉄道は一般に経営母体別に分類されることが多いが、本稿では国鉄、私鉄、地下鉄、都電、モノレールの別に分類を行なった。この場合、国鉄と私鉄はどちらも東京都内外の交通を行なうが、国鉄は全国的な交通機関であるのに対し、私鉄は地域的な交通機関である点で区別される。地下鉄は典型的な都市交通鉄道であり、その特殊な行動空間が他との相違点である。都電は主として路面を走行し、車両も小さい。モノレールは車両構造が特徴的である。

車両数は都市交通年報（運輸省，1974:179）の値をもとにした。但し私鉄の場合は、都内を走行する路線に在籍する車両が全て都内に存在するものとして計算した。

表2によると、私鉄の車両数が国鉄の車両数を上回

表2 鉄道車両保有量 (単位)車両数:両, 重量:トン

鉄 道	車 両 数	重 量
国 鉄	2.2×10^3	6.6×10^4
私 鉄	4.2×10^3	1.3×10^5
地 下 鉄	1.6×10^3	4.8×10^4
都 電	62	9.9×10^2
モノレール	52	2.4×10^3
合 計	7.9×10^3	2.5×10^5

(1972年)

ている。しかしながら私鉄の車両数を多く見つりすぎている可能性があるため、両者の差はもう少し縮まるものと思われる。また、東海道線や東北本線等の長距離路線の車庫が都内に存在しないことが、この差を大きくしている原因でもある。

鉄道車両数の合計は 7.9×10^3 両である。但し、この値には貨物車両数は含まれていない。

車両重量は、国鉄、私鉄、地下鉄共に30トンとし、都電16トン、モノレール47トンとした。その結果、 2.5×10^5 トンの鉄道車両が都内に存在することになる。

(3) 航空機保有数量

航空機の場合は、東京国際空港を定置場とする民間航空機の数と重量を示した。

航空機数は日本航空機ガイド航空情報，1973:153-159) から引用した。この他に三菱MU型機が機登録されており、これも含めると133機となる。

重量は、ボーイング747の中でも、747-100, 747-100A, 747-200Bで各々異なるが、計算では以下の値(運用自重)を用いた。ボーイング747:166トン、ダグラスDC-8:72トン、ボーイング727:39トン、ボーイング737:25トン、フォッカーF28:16トン、YS-11:15トン。

重量合計は 7.5×10^3 トンとなった。

表3 航空機保有量 (単位)機数:機, 重量:トン

機 種	機 数	重 量
ボーイング 747	16	2.7×10^3
ダグラス DC-8	43	3.1×10^3
ボーイング 727	23	8.9×10^2
ボーイング 737	16	4.1×10^2
フォッカー F28	6	97×10
YS-11	25	3.8×10^2
合 計	129	7.5×10^3

(1973年4月)

表4 船舶保有量 (単位)登録数:隻, 重量:トン

船 舶	登 録 数	重 量
汽 船	3.12×10^3	2.35×10^7
帆 船	5	4.67×10^3
合 計	3.13×10^3	2.35×10^7

(1976年12月末)

(4) 船舶保有数量

1976年12月末日付で都内に登録されている船舶の数と重量とを表4に示した(運輸省海運局調べ)。

船舶の登録数は 3.13×10^3 隻で、その重量は 2.35×10^7 トンである。

(5) まとめ

自動車、鉄道車両、航空機、船舶の別にその数を比較すると、自動車が圧倒的に多く、以下鉄道車両、船舶、航空機の順に少なくなる。しかし、重量でみると、船舶が最も重く、2位自動車の約10倍あり、以下鉄道車両、航空機の順となっている。これは、自動車が二輪車も含めると1台平均約1トンであるのに対し、船舶の場合1隻平均7,000トン程度であることによる。

東京都で保有する交通機関の数は総計すると 2.61×10^6 で、その重量は 2.7×10^7 トンとなる。

交通機関の総重量を都内の建造物の重量 3.36×10^8 トンと比較すると、前者は後者の約8.0%にも達する。この値は想像以上に大きく感じられるが、それは我々が通常、船舶を考慮に入れていないためであろう。事実、船舶を除いた重量 2.9×10^8 トンは建造物の0.86%となり、日常感覚との大きなずれがない。

いずれにせよ、市内には人間や貨物を運ぶために、いかに大量の交通機関が存在するかがわかる。

建造物との比較は表5に一括してまとめたので参照されたい。

2. 東京都の交通機関による物質代謝

2.1 東京都における物質の出入

東京都には交通機関により種々の物質が出入する。その主要なものは、一般貨物、人間や家畜のような動物、郵便物のような情報などである。しかし、重量のみから考えた場合は、交通機関自身の出入が最大のものと言えるだろう。

ここでは、交通機関、人間、貨物の出入を重量単位で示した。

2.1.1 交通機関自身の出入

(1) 自動車の出入

自動車の出入台数は、交通量統計表（警視庁、1973：21—35）の1日の都県境別交通量に365をかけて求めた。

表5によると、全車種とも流入数と流出数が同じである。しかし、ここでは示さなかったが、都県境別に見てみると、いずれの車種も流入数と流出数は一致しない。

自動車の出入は乗用車が最も多く、全体の64%を占めており、以下貨物車、二輪車、バスの順となっている。

表1と比較すると顕著なのは、二輪車の全車種に対する構成比が、保有台数の場合には18%を占めていたのが、出入車両数の場合には1.9%程度にすぎない事であ

る。これは平均走行距離の短い二輪車の性質をよく表わしている。

1973年度の自動車の出入数はどちらも 2.2×10^8 台である。

車両重量は1.(1)に準じて計算した。その結果は流入量、流出量共に 2.5×10^8 トンとなった。この値は、自動車保有量の約96倍に当たることが知れる。

表5 自動車の出入 (単位) 台数:台, 重量:トン

車種	流入		流出	
	台数	重量	台数	重量
乗用車	1.4×10^8	1.4×10^8	1.4×10^8	1.4×10^8
貨物車	8.0×10^7	1.0×10^8	8.0×10^7	1.0×10^8
バス	1.8×10^6	1.3×10^7	1.8×10^6	1.3×10^7
二輪車	4.2×10^6	6.7×10^5	4.2×10^6	6.7×10^5
合計	2.2×10^8	2.5×10^8	2.2×10^8	2.5×10^8

(1973年)

(2) 鉄道車両の出入

列車は旅客列車、貨物列車、荷物列車に大別できる。旅客列車と荷物列車の出入は、国鉄、私鉄共に、時刻表（日本交通公社、1975. 10）から求まる。すなわち、都県境をはさんだ2駅間の1日の交通量を各路線ごとに計算し、その365倍を1年間の列車交通量とした。列車の流入数は国鉄 5.26×10^5 本、私鉄 5.41×10^5 本で、流出数は国鉄 5.29×10^5 本、私鉄 5.41×10^5 本となった。

1列車当りの車両数は、都市交通年報（運輸省、1974：171—173）から計算し、国鉄9.5両/列車、私鉄5.2両/列車とした。

以上の結果、表6に示すように流入、流出共に国鉄 5.0×10^6 両、私鉄 2.8×10^6 両となる。

貨物列車は、国鉄の場合、線別経営統計（国鉄、1973）より計算した。東京東、南、北管理局内の、貨物列車と旅客列車の交通量比0.24（貨物/旅客）と、先に求めた旅客列車の出入列車数との積から求めた。私鉄の場合は、私鉄統計年報（運輸省、1973：31）より、東京陸運局内大手私鉄の貨物列車と旅客列車の走行キロ比0.019（貨物/旅客）を求め、これが都県境の交通量比を表わすものと仮定した。

貨物列車1列車当りの車両連結数は、国鉄の場合、線別経営統計（国鉄、1973）から車両キロ/列車キロ=25両/列車を得た。私鉄は、私鉄統計年報（運輸省、1973）から同じく13両/列車を得た。その結果、貨物列車の出入はいずれも国鉄 3.2×10^6 両、私鉄 1.3×10^6 両となった。

鉄道車両の出入は、各々 1.11×10^7 両である。

車両重量は旅客の場合1.(2)に準じ、貨物の場合は国

鉄、私鉄共に20トンとして計算した。

流入、流出共に国鉄 2.1×10^8 トン、私鉄 8.7×10^7 トンであり、国鉄私鉄合計は 3.0×10^8 トンである。

表6によると、国鉄の場合車両の出入に占める貨車の比重が大きく、全出入重量の30%が貨車によるものであるが、私鉄は3%と、国鉄の1/10にすぎない。

表6と表2を比較すると、出入重量は流出入ともに保有車両重量の1,200倍であることがわかる。保有重量では貨車列車の値が欠けているので、この値はもう少し小さくなるが、それでも自動車の場合の96倍に比べて大きいことは明らかである。これは、鉄道の方が自動車よりも移動距離が大きく、東海道線や東北本線のような、都内に車庫のない列車の出入が頻繁であることの表われであろう。

表6 鉄道車両の出入 (単位)車両数:両, 重両:トン

鉄 道	流 入		流 出	
	車 両 数	重 量	車 両 数	重 量
国 鉄	8.2×10^6	2.1×10^8	8.2×10^6	2.1×10^8
客 車	5.0×10^6	1.5×10^8	5.0×10^6	1.5×10^8
貨 車	3.2×10^6	6.4×10^7	3.2×10^6	6.4×10^7
私 鉄	2.9×10^6	8.7×10^7	2.9×10^6	8.7×10^7
客 車	2.8×10^6	8.4×10^7	2.8×10^6	8.4×10^7
貨 車	1.3×10^5	2.6×10^6	1.3×10^5	2.6×10^6
地下鉄	0	0	0	0
都 電	0	0	0	0
モノレール	0	0	0	0
合 計	1.11×10^7	3.0×10^8	1.11×10^7	3.0×10^8

(1975年)

(3) 航空機の出入

運輸白書(運輸省, 1973: 384)から着陸回数を引用した。機体重量は平均58トンとして計算した。

着陸機数, 重量は表に示すように, 各々 8.4×10^4 機, 4.9×10^6 トンである。

重量は, 保有重量の65倍である。

表7 航空機の出入 (単位)着陸機数:機, 重量:トン

路 線	着 陸 機 数	重 量
国 内	5.7×10^4	3.3×10^6
国 際	1.6×10^4	1.6×10^6
合 計	8.4×10^4	4.9×10^6

(1972年)

(4) 船舶の出入

表8に示した, 入港数 8.17×10^4 隻, 重量 5.89×10^7 ト

ンは, 共に東京港港勢(東京都, 1974: 39)から引用した。

出入重量は表4の在籍トン数のわずか2.5倍にすぎない。これは, 移動距離が長い割には航行速度が遅く, 目的地と東京港との往復に時間がかかることが影響しているものと思われる。また, 1.(4)で述べたように, 在籍船舶の全てが東京港を中心に航行しているとは言えない事も一因している。

表8 船舶の出入 (単位)入港数:隻, 重量:トン

路 線	入 港 数	重 量
国 内	7.87×10^4	3.39×10^7
国 外	2.98×10^3	2.49×10^7
日本船	1.42×10^3	1.04×10^7
外国船	1.56×10^3	1.45×10^7
合 計	8.17×10^4	5.89×10^7

(1973年)

2.1.2 人間の出入

交通機関による人間の出入を人数と重量で示した。重量は1人平均50kgとして求めた。

(1) 自動車による人間の出入

乗用車とバスによる人間の出入は, 旅客地域流動調査(運輸省, 1975. 12)より求めた。この調査では, 貨物自動車, 軽自動車, 二輪車の乗車人員が含まれていない。そのため, 貨物自動車と二輪車による人間の出入は, 表5の車両出入数と1台当たりの平均的な乗車人員から求めた。平均乗車人員は, 貨物車の場合, 東京の交通問題対策資料(東京都, 1974: 172-174)から1.32人/台を得た。

表9 自動車による人間の出入

(単位)人数:人, 重量:トン

車 種	流 入		流 出	
	人 数	重 量	人 数	重 量
乗用車*	2.01×10^8	1.0×10^7	2.40×10^8	1.2×10^7
営 業	6.28×10^6	3.1×10^5	1.91×10^7	9.6×10^5
自家用	1.95×10^8	9.8×10^6	2.21×10^8	1.1×10^7
貨物車**	1.1×10^8	5.5×10^6	1.1×10^8	5.5×10^6
バ ス*	4.00×10^7	2.0×10^6	4.46×10^7	2.2×10^6
乗 合	1.86×10^7	9.3×10^5	1.86×10^7	9.3×10^5
貸 切	4.17×10^6	2.1×10^5	6.63×10^6	3.3×10^5
自家用	1.72×10^7	8.6×10^5	1.94×10^7	9.7×10^5
二輪車**	4.2×10^6	2.1×10^5	4.2×10^6	2.1×10^5
合 計	3.6×10^8	1.8×10^7	4.0×10^8	2.1×10^7

(*1974年, **1973年)

但しこの値は、貨物車が1トリップする間に乗車した人数の合計を求めたものであり、厳密には都県境の平均的な乗車人数とは言えない。しかし、貨物車の場合はバスと違って、1トリップの間にはほとんど人の乗降がないと考えられるので、この値でも大きな誤りがないものと考えた。

二輪車の場合は1人/台として計算した。

また、営業用乗用車とバスの運転手は表9の値には含まれていない。

流入人数と重量は各々 3.6×10^8 人、 1.8×10^7 トンで、流出では同様に 4.0×10^8 人、 2.0×10^7 トンである。

人間の出入において、貨物車の占める割合は意外に大きく、年間でバスの約3倍も運び、乗用車と比較しても、その約半分の人数を運んでいることになる。

(2) 鉄道による人間の出入

自動車と同じく、旅客地域流動調査から引用した。

表10によると、国鉄は私鉄の約1.4倍の人数を運んでいることになる。

流入人数と重量は各々 8.47×10^8 人、 4.3×10^7 トン、流出は各々 8.28×10^8 人、 4.1×10^7 トンである。

表10 鉄道による人間の出入

(単位) 人数:人, 重量:トン

鉄 道	流 入		流 出	
	人 数	重 量	人 数	重 量
国 鉄	4.96×10^8	2.5×10^7	4.80×10^8	2.4×10^7
私 鉄	3.51×10^8	1.8×10^7	3.48×10^8	1.7×10^7
地下鉄	0	0	0	0
都 電	0	0	0	0
モノレール	0	0	0	0
合 計	8.47×10^8	4.3×10^7	8.28×10^8	4.1×10^7

(1974年)

(3) 航空による人間の出入

表11に、東京都統計年報(東京都, 1974: 213)より引用した値を示す。

国内線の旅客数は、国際線の旅客数の2.6倍である。

表11 航空による人間の出入

(単位) 人数:人, 重量:トン

路 線	流 入		流 出	
	人 数	重 量	人 数	重 量
国 内	5.62×10^6	2.8×10^5	5.61×10^6	2.8×10^5
国 際	2.18×10^6	1.1×10^5	2.17×10^6	1.1×10^5
合 計	7.80×10^6	3.8×10^5	7.78×10^6	3.8×10^5

(1973年)

流入人数及び重量は各々 7.80×10^6 人、 3.8×10^5 トンで、流出は各々 7.78×10^6 人、 3.8×10^5 トンである。

(4) 船舶による人間の出入

東京港港勢(東京都, 1974: 40)の値を引用した。

表12によると、船舶の場合、出入人数の99%以上が国内航路によるものである。

流入人数、重量は各々 8.31×10^5 人、 4.2×10^4 トンであり、流出では各々 1.02×10^6 人、 5.1×10^4 トンである。

表12 船舶による人間の出入

(単位) 人数:人, 重量:トン

路 線	流 入		流 出	
	人 数	重 量	人 数	重 量
国 内	8.28×10^5	4.1×10^4	1.02×10^6	5.1×10^4
国 外	3.28×10^3	1.6×10^2	2.66×10^3	1.3×10^2
合 計	8.31×10^5	4.2×10^4	1.02×10^6	5.1×10^4

(1973年)

2.1.3 貨物の出入

(1) 自動車による貨物の出入

貨物地域流動調査(運輸省, 1976)によると、1974年度の貨物の出入量は表13に示すごとくである。それによると、流出貨物量が流入貨物量を上回っているのが特徴となっている。

表13 自動車による貨物の出入

(単位) トン

車 種	流 入	流 出
貨 物 車	6.23×10^7	8.58×10^7

(1974年)

(2) 鉄道による貨物の出入

国鉄、私鉄共に、東京都統計年報(東京都, 1974: 198, 207)の値を引用した。結果は表14に示す。但し、この値には東京発東京着の貨物量も含まれている。

1974年度の貨物地域流動調査によると、 4.0×10^5 トンが域内流動であるとしている。したがって、この値を差し引いた値の、流入 1.101×10^7 トン、流出 7.74×10^6 トンの方がより実数に近いが大差ではない。ここでは、国鉄と私鉄の別、車扱貨物とコンテナ貨物の割合を知るという意味を含め、東京都統計年報の値をそのまま引用した。

国鉄の場合、流入貨物は車扱いの方がコンテナ貨物の3倍近く多いが、流出では両者共同じ値となっているのが特徴的である。

1974年度の流入貨物量は 1.141×10^7 トンで流出貨物量は 8.14×10^6 トンである。

表14 鉄道による貨物の出入 (単位) トン

鉄 道	流 入	流 出
国 鉄	9.50×10^6	7.41×10^6
車 扱 貨 物	6.08×10^6	2.22×10^6
コンテナ貨物	2.14×10^6	2.22×10^6
私 鉄	1.91×10^6	7.26×10^5
東 武 鉄 道	1.70×10^6	7.10×10^5
西 武 鉄 道	2.05×10^5	1.55×10^4
合 計	1.141×10^7	8.14×10^6

(1974年)

(3) 航空機による貨物の出入

東京都統計年報(東京都, 1974: 213)から引用した値を表15に示した。

航空では通常の貨物の他に、郵便物がかなり大きな比重を占めているのが特徴となっている。

また、国際線の貨物量の方が国内線の貨物量を上回っていることがわかる。

流入貨物量は 1.69×10^5 トン、流出貨物量は 1.94×10^5 トンである。

表15 航空機による貨物の出入 (単位) トン

路 線	流 入	流 出
国 内	5.34×10^4	7.58×10^4
貨 物	4.57×10^4	6.41×10^4
郵 便 物	7.65×10^3	1.17×10^4
国 際	1.16×10^5	1.19×10^5
貨 物	1.12×10^5	1.15×10^5
郵 便 物	4.25×10^3	4.28×10^3
合 計	1.69×10^5	1.94×10^5

(1974年)

(4) 船舶による貨物の出入

東京港港勢(東京都, 1975: 68—73)によれば、出入貨物量は表16のようになる。

表16 船舶による貨物の出入 (単位) トン

路 線	流 入	流 出
国 内	3.28×10^7	9.21×10^6
コンテナ	3.29×10^5	2.14×10^5
そ の 他	3.26×10^7	9.00×10^6
国 外	1.248×10^7	3.70×10^6
コンテナ	2.86×10^6	2.92×10^6
そ の 他	9.62×10^6	7.80×10^5
合 計	4.53×10^7	1.291×10^7

(1974年)

コンテナが流入よりも流出で多く用いられている事は国鉄貨物と同様であり、特に国外向けには80%弱がコンテナによるものである。

また、航空の場合とは逆に、国内航路の貨物の方が外国航路よりも多い。

流入貨物は 4.27×10^7 トン、流出貨物は 1.291×10^7 トンと、流入が流出を大幅に上回る。

2.1.4 東京都における物質の出入のまとめ

以上の結果をまとめたものが表17と表18である。

各交通機関の、人間輸送と貨物輸送の分担が、かなり明確に出ている。すなわち、船舶と自動車は貨物輸送が主体であり、鉄道と航空は人間輸送中心である。

また、各機関の1トン当りの輸送量を比較すると、流入では船舶の0.72トンが最大で、自動車0.32トン、鉄道0.18トン、航空0.115トンの順に小さくなる。流出では自動車が最大の0.42トンで、以下船舶0.22トン、鉄道0.16トン、航空0.12トンとなる。船舶の場合は流入と流出で、機関単位重量当りの輸送量がかなり違う。

表18によると1年間の全流出貨物量は $1,070 \times 10^8$ トンであるが、これは都内の建造物 3.36×10^8 トンの1/3.14に相当する。すなわち、仮りに現在と同じ割合で都内から建造物を運び出せば、3年余りで都外へ運び去られる計算になる。

表17 交通機関による東京都内への物質の流入

(単位) トン

交通機関	機 関	人 間	貨 物	合 計
自動車	2.5×10^8	1.8×10^7	6.23×10^7	3.3×10^8
鉄 道	3.0×10^8	4.3×10^7	1.141×10^7	3.5×10^8
航 空	4.9×10^6	3.8×10^5	1.69×10^5	5.4×10^6
船 舶	5.89×10^7	4.2×10^4	4.27×10^7	1.016×10^8
合 計	6.1×10^8	6.1×10^7	1.166×10^8	7.8×10^8

表18 交通機関による東京都内からの物質の流出

(単位) トン

交通機関	機 関	人 間	貨 物	合 計
自動車	2.5×10^8	2.0×10^7	8.58×10^7	3.6×10^8
鉄 道	3.0×10^8	4.1×10^7	8.14×10^6	3.5×10^8
航 空	4.9×10^6	3.8×10^5	1.94×10^5	5.5×10^6
船 舶	5.89×10^7	5.1×10^4	1.291×10^7	7.19×10^7
合 計	6.1×10^8	6.1×10^7	1.070×10^8	7.8×10^8

2.2 東京都内で蓄積または消費した貨物の量

貨物の流入量と流出量の差は、東京都内で建造物や家庭用品として蓄積したものや、食物や燃料として消費さ

れ、化学変化をうけながら大気や水を媒介として都外に流出したものの量と考える事ができる。

ここでは、運輸省の貨物地域流動調査から、1969年～1975年の間に都内を出入する貨物の量を引用し、その差を表19に示した。

この表で特徴的なのは、自動車貨物の場合、1971年度を除いて、流出が流入を上回っている事である。また、1972年度と1973年度の両年にわたり、自動車、鉄道、船舶の合計値が負である事、すなわち流出過剰である事は注目に値する。この時期は1973年末に起こったオイルショックの前年に当たっており、それとの関連も示唆される。

表19によると、年平均の流入過剰量は 9.13×10^6 トンである。この値は都内建造物量 3.36×10^8 トンの約1/37に相当する。流入過剰量の何%が都内に建造物として蓄積するかは、この値だけではわからないが、仮りに全部が建造物として蓄積するものと仮定すると、現在の建造物量と同じ量だけ蓄積するには37年しか要しない事になる。

また、筆者らは既報(半谷・安部・松本、1976)で、1969年から1970年にかけての建造物の年増加率を8.2%と報告した。表17によると1969年度の貨物の蓄積、消費量が 2.73×10^7 トンであるので、これは 3.36×10^8 トンの約8.1%に相当する。この値は建造物の増加率とほぼ一致する。実際には資材の持ち込みと建造物の増加に時間的なずれがあるので、もう少し詳細な検討が必要であろう。

これらの点に関しては、出入貨物を品目別で表わすことにより、かなり明確にできると期待される。

表19 東京都内で蓄積または消費した貨物の量
(単位) トン

年度	自動車	鉄道	船舶	合計
1969	-1.84×10^6	3.35×10^6	2.58×10^7	2.73×10^7
1970	-4.54×10^6	3.55×10^6	2.75×10^7	2.65×10^7
1971	2.03×10^6	3.14×10^6	2.74×10^7	3.26×10^7
1972	-6.95×10^7	3.50×10^6	3.06×10^7	-3.54×10^7
1973	-4.63×10^7	3.01×10^6	3.48×10^7	-8.5×10^6
1974	-2.35×10^7	2.40×10^6	2.98×10^7	8.6×10^6
1975	-1.39×10^7	3.20×10^6	2.45×10^7	1.28×10^7
年平均	-2.25×10^7	3.02×10^6	2.86×10^7	9.13×10^6

* 自動車欄のマイナスの値は、流出貨物量が流入貨物量を上回っている事を示す。

2.3 東京都内の物質循環

物質の循環を表わす一般的な方法の一つは、物質の重量に移動距離をかけた値、つまりトンキロを用いて表わ

すものである。ここではトンキロで機関、人間、貨物の循環量を表わした。

また、トンキロの基礎となる走行距離は、他の計算でも基本となる事が多いので、ここでまとめた。

2.3.1 交通機関の走行距離

(1) 自動車の走行距離

乗用車、貨物車、バスの走行距離は陸運統計年報(運輸省、1973:39, 54)から引用した。但し、年報では自家用バスに関する記述がなかったため、東京の交通問題対策資料(東京都、1974:180)から計算して補った。

また、二輪車に関しては次のようにして概算した。まず交通量統計表(警視庁、1973:37-44)から、主要交差点における二輪車と三輪以上の車両の交通量比(0.36)を求めた。この比はおおむね、二輪車とそれ以外の車との延べ走行時間の比とみなせる。二輪車とそれ以外の車の平均車速が同じと考えると、これは走行距離の比を表わすことになる。したがって、この値と表20の二輪車以外の車両走行距離との積を、二輪車の走行距離とした。

表20によると、1973年の営業用自動車の走行距離は 6.4×10^9 km、自家用自動車では 2.9×10^{10} kmとなっている。この値と表1の自動車保有台数とを比較すると、車両一台当りの走行距離は、営業用自動車の方が自家用自動車の4倍程度長い事がわかる。この傾向は乗用車の場合が最大で、営業用車の方が自家用車の約倍6長い距離を走行したことになる。

表20 自動車走行距離 (単位) km

車種	営業用	自家用	合計
乗用車	3.78×10^9	1.76×10^{10}	2.14×10^{10}
貨物車	2.20×10^9	9.96×10^9	1.22×10^{10}
普通車	1.41×10^9	1.42×10^9	2.83×10^9
小型車	7.90×10^8	8.54×10^9	9.33×10^9
バス	3.68×10^8	2.7×10^8	6.4×10^8
乗合	2.77×10^8	—	2.77×10^8
貨物	9.10×10^7	—	9.10×10^7
二輪車	0	1.2×10^9	1.2×10^9
合計	6.35×10^9	2.90×10^{10}	3.54×10^{10}

(1973年)

(2) 鉄道車両の走行距離

国鉄の場合、都市交通年報(運輸省、1974:171)の首都圏内の列車・車両走行距離と、時刻表(日本交通公社、1975:10)から計算した値0.59(都内路線延長/首都圏路線延長)との積を、旅客用列車および車両の走行距離とした。

国鉄の貨物については、2.1.1(2)で用いた列車の交通

量比0.24（貨物／旅客）を列車の走行距離比とみなして計算した。

私鉄の場合は、私鉄統計年報（運輸省、1973：31—35）に示されている東京陸運局内の各路線の走行距離と、時刻表から計算した対応する路線の延長比（都内路線延長／総路線延長）との積から求めた。

地下鉄、都電、モノレールは、私鉄統計年報の値をそのまま引用した。

その結果を表21に示すが、国鉄の場合は貨物車両の走行距離が大きな比重を占めており、国鉄車両走行距離の38%に達する。また貨物車両の走行距離は全車両走行距離 $1.16 \times 10^9 km$ の26%を占める。

表21 鉄道車両走行距離 (単位) km

鉄 道	列 車	車 両
国 鉄*	6.3×10^7	7.8×10^8
旅 客	5.1×10^7	4.8×10^8
貨 物	1.2×10^7	3.0×10^8
私 鉄	3.6×10^7	1.9×10^8
旅 客	3.6×10^7	1.9×10^8
貨 物	3.7×10^5	4.8×10^6
地 下 鉄	2.6×10^7	1.8×10^8
都 電	2.2×10^8	2.2×10^8
モノレール	1.2×10^8	6.2×10^8
合 計	1.3×10^8	1.16×10^9

(1973年, *1972年)

2.3.2 交通機関、人間、貨物のトンキロ

都市では人間や貨物が活発に動き回る。これらは相互に関係を持ちながら、量的・質的な変化を行なう。都市にとっては、このような人間や貨物の流れは最も基本的で重要な要素である。

一方、2.1で述べたように、人間や貨物を移動させるために、現状ではその3倍以上の重さの交通機関を動かしている。そしてこの量的な大きさが、都市にとって大きな影響力を持つ事は言うまでもない。

(1) 自動車トンキロ

機関自体のトンキロは、自動車走行距離と平均車両重量より算出した。

人間トンキロは、陸運統計年報（運輸省、1973：53）から人キロを求め、1人当りの体重を50kgとしてトンキロに換算したものである。但し、貨物車と二輪車、自家用バスは、各々の平均乗車人数を1.32人/台、1人/台、15.3人/台とし、走行距離との積から求めた。

貨物トンキロは、陸運統計年報（運輸省、1973：38）より引用した。

表22に結果を示す。貨物も含め人間の輸送のために、約17倍の重量の交通機関を動かしている事になる。貨物の輸送の場合は、貨物車だけを対象とすると、機関のトンキロは貨物の約1.8倍にすぎない。

全車種の合計は、機関 4.4×10^{10} トンキロ、人間 2.6×10^9 トンキロ、貨物 9.07×10^9 トンキロである。

表22 自動車トンキロ (単位) トンキロ

車 種	機 関	人 間	貨 物	合 計
乗 用 車	2.3×10^{10}	1.4×10^9	0	2.3×10^{10}
営業用	4.1×10^9	2.0×10^8	0	4.3×10^9
自家用	1.9×10^{10}	1.2×10^9	0	3.1×10^9
貨 物 車	1.6×10^{10}	7.9×10^8	9.07×10^9	2.6×10^{10}
営業用	5.6×10^9	1.4×10^8	4.70×10^9	1.04×10^{10}
自家用	1.0×10^{10}	6.5×10^8	4.37×10^9	1.5×10^{10}
バ ス	4.5×10^9	5.5×10^8	0	5.1×10^9
乗 合	2.2×10^9	2.2×10^8	0	2.4×10^9
貸 切	9.1×10^8	1.2×10^8	0	1.03×10^9
自家用	1.4×10^9	2.1×10^8	0	1.6×10^9
二 輪 車	1.9×10^8	6.0×10^7	0	2.5×10^8
合 計	4.4×10^{10}	2.6×10^9	9.07×10^9	5.5×10^{10}

(1973年)

(2) 鉄道トンキロ

機関のトンキロは自動車と同様に求めた。

人間のトンキロは、国鉄と私鉄の場合、都市交通年報（運輸省、1974：151, 152）の人キロ値に2.3.1(2)と同様に、路線延長比をかけて求めた。地下鉄、都電、モノレールは私鉄統計年報（運輸省、1973：17, 18）から引用した。

鉄道による人間の輸送は、自動車よりも効率が良く、旅客列車だけを考えると、機関は人間の約8.5倍の重さ

表23 鉄道トンキロ (単位) トンキロ

鉄 道	機 関	人 間	貨 物	合 計
国 鉄	2.0×10^{10}	1.8×10^9	4.0×10^9	2.6×10^{10}
旅客列車	1.4×10^{10}	1.8×10^9	0	1.6×10^{10}
貨物列車	6.0×10^9	0	4.0×10^9	1.00×10^{10}
私 鉄	5.8×10^9	6.8×10^8	5.9×10^7	6.5×10^9
旅客列車	5.7×10^9	6.8×10^8	0	6.4×10^9
貨物列車	9.6×10^7	0	5.9×10^7	1.55×10^8
地 下 鉄	5.4×10^9	5.6×10^8	0	6.0×10^9
都 電	3.5×10^7	3.6×10^6	0	3.9×10^7
モノレール	2.9×10^8	1.4×10^7	0	3.0×10^8
合 計	3.2×10^{10}	3.0×10^9	4.1×10^9	3.9×10^{10}

(1973年)

にすぎぬ。また、貨物も、貨物列車だけを対象とすると、機関は貨物の約1.5倍と、自動車より小さい値を示す。

各々のトンキロは、表23にあるように機関 3.2×10^{10} トンキロ、人間 3.0×10^9 トンキロ、貨物 4.1×10^9 トンキロとなる。

(3) トンキロまとめ

表22、表23に示したように、人間のトンキロは、自動車と鉄道の間でそれほど大きな開きがない。人間の輸送に関して言えば、都内では自動車と鉄道とが、ほとんど同じ程度の役割を果たしているとみなせる。

自動車と鉄道の貨物の合計は 1.32×10^{10} トンキロとなる。これは都内の建造物 3.36×10^8 トンを、年間に平均 39km も移動する事に相当する数字である。この値は都市活動の大きさを示す指標の一つと考えても良からう。

3. 交通機関の物質代謝

交通機関が1年間にどれだけのエネルギーや酸素を消費し、排気物質や摩耗物質を放出するかは、都市環境にとって決して小さな問題ではない。中でも、摩耗物質に関してはこれまであまり検討されていないが、それらが蓄積性であることから特に定量的な検討が必要であらう。

また、交通機関自身もその使用年数が来れば、廃棄物として交通系からとり除かれ、廃棄物問題、資源の再利用の問題等が生ずる。

航空機や船舶の場合、その行動範囲が大きいために、通常の統計資料から得た値からは、前述の事項をみたとような結果を得ることができない。しかし、船舶や航空機は、東京都内では比較的限られた地域に影響をもち、

局地的には重要であるので、わかる範囲で示した。

ここでは以上の点を考慮して検討した。

3.1 エネルギー消費量

(1) 自動車の燃料消費量

自動車の燃料には、ガソリン、LPG、軽油などがある。燃料消費量は燃料毎の販売量から求める方法と、車の燃費から求める方法が考えられる。これらの方法は、それぞれに欠点を持っている。販売量から求める方法では、自動車向けに販売された燃料のうち、都外で使用された燃料分を差し引かねばならないが、この推定は困難である。また、燃費から求める方法では、走行状態の違いにより燃費がかなり異なるため、燃費の算定方法で結果が変わってくる。ここでは後者の方法で燃料消費量を推定し、販売量との比較を行なってみた。

燃料の消費量は次式で表わされる。

消費量 = 走行距離 × 燃料消費率

10モード走行による燃料消費率は、大気汚染物質排出係数算出調査(東京都, 1973: 72, 74)より引用した。但しLPG(乗用車)、ガソリン(バス、二輪車)、その他(貨物車)については適当な推定を行なった。また、都内走行車両の使用燃料別、車種別の構成比は、表1の保有台数と同じ構成比であるとして計算した。

計算に用いた燃料消費率は、乗用車:ガソリン $152.4\text{ml}/\text{km}$ 、LPG $113\text{g}/\text{km}$ 、貨物車:ガソリン $152.4\text{ml}/\text{km}$ 、軽油及びその他: $301.0\text{ml}/\text{km}$ 、バス:ガソリン及び軽油 $368.0\text{ml}/\text{km}$ 、二輪車 $30\text{ml}/\text{km}$ である。

その結果、表24・Aに示すように、ガソリン $3.3 \times 10^9\text{kl}$ 、軽油 $1.2 \times 10^9\text{kl}$ 、LPG 3.8×10^8 トン、その他 $2.6 \times 10^8\text{kl}$ と推定される。但し、「その他」は灯油や電気、あ

表24 自動車燃料消費量

A. 消費量 (単位) ℓ , *kg					B. 熱量 (単位) Kcal					
車種	ガソリン	軽油	LPG*	その他	車種	ガソリン	軽油	LPG	その他	合計
乗用車	1.9×10^9	—	3.8×10^8	—	乗用車	1.6×10^{13}	—	4.6×10^{12}	—	2.1×10^{13}
営業用	4.8×10^7	—	3.8×10^8	—	営業用	4.1×10^{11}	—	4.6×10^{12}	—	5.0×10^{12}
自家用	1.9×10^9	—	3.9×10^8	—	自家用	1.6×10^{13}	—	4.7×10^{10}	—	1.6×10^{13}
貨物車	1.3×10^9	1.0×10^9	—	2.6×10^8	貨物車	1.1×10^{13}	9.2×10^{12}	—	2.3×10^{12}	2.3×10^{13}
営業用	4.4×10^7	5.5×10^8	—	2.6×10^8	営業用	3.8×10^{11}	5.1×10^{12}	—	2.3×10^{12}	7.8×10^{12}
自家用	1.3×10^9	4.5×10^8	—	—	自家用	1.1×10^{13}	4.1×10^{12}	—	—	1.5×10^{13}
バス	7.3×10^7	1.7×10^8	0	—	バス	6.3×10^{11}	1.6×10^{12}	0	—	2.2×10^{12}
営業用	0	1.4×10^8	0	—	営業用	0	1.3×10^{12}	0	—	1.3×10^{12}
自家用	7.3×10^7	2.7×10^7	0	—	自家用	6.3×10^{11}	2.5×10^{11}	0	—	8.8×10^{11}
二輪車	3.6×10^7	0	0	0	二輪車	3.0×10^{11}	0	0	0	3.0×10^{11}
合計	3.3×10^9	1.2×10^9	3.8×10^8	2.6×10^8	合計	2.8×10^{13}	1.1×10^{13}	4.6×10^{12}	2.3×10^{12}	4.6×10^{13}

(1973年)

(1973年)

るいは二種以上の燃料を併用している自動車との事である。

参考までに東京都統計年報（東京都，1974：174）から各々の販売量を列挙すると，ガソリンとナフサの合計 $4.06 \times 10^6 \text{kl}$ ，軽油 $1.73 \times 10^6 \text{kl}$ ，LPG 8.55×10^5 トン，灯油 $3.11 \times 10^6 \text{kl}$ である。

両者を比較すると，計算値の方が全体的に小さくなっている。これは，ここに示した販売量が自動車向けのみの値でない事を考えると理解できる。

ガソリンの発熱量を $8600 \text{Kcal}/\ell$ ，軽油 $9200 \text{Kcal}/\ell$ ，LPG $12000 \text{Kcal}/\text{kg}$ ，その他 $8900 \text{Kcal}/\ell$ とすると，1973年度に自動車の運行に伴ない発生した熱量は $4.6 \times 10^{13} \text{Kcal}$ と算定される（表24・B）。

(2) 鉄道の電力消費量

国鉄と私鉄の消費電力は，東京都だけで集計した値がない。そこで国鉄の場合は，全国の電力消費量を車両の走行距離で割った値 $1.1 \text{KWh}/\text{km}$ と，表21の車両走行距離の積から求めた。私鉄の場合は，私鉄統計年報（運輸省，1973：255—257）の各路線電力消費量を，2.3.1(2)で求めたように，路線延長の比率で割りふって算出した。地下鉄，都電，モノレールは，私鉄統計年報の値を引用した。

表25に示すように，鉄道の電力消費量は総計 $1.9 \times 10^9 \text{KWh}$ と計算される。

熱量は $1 \text{KWh} = 860 \text{Kcal}$ として計算した。得られた値 $1.64 \times 10^{12} \text{Kcal}$ は，自動車の値の3.5%にすぎない。

表25 鉄道電力消費量

(単位) 消費電力:KWh, 熱量:Kcal

鉄 道	消費電力	熱 量
国 鉄	8.6×10^8	7.4×10^{11}
私 鉄	5.7×10^8	4.9×10^{11}
地 下 鉄	4.5×10^8	3.9×10^{11}
都 電	5.7×10^6	4.9×10^9
モノレール	1.4×10^7	1.2×10^{10}
合 計	1.90×10^9	1.64×10^{12}

(1973年)

(3) 航空機の燃料消費量

航空機が都内で消費する燃料を見つめるのは容易ではないが，参考までに東京国際空港で給油した量を表26に

表26 航空機燃料給油量

(単位) 給油量: ℓ , 熱量:Kcal

航 空 機	給 油 量	熱 量
民間航空	1.62×10^9	1.4×10^{13}

(1972年)

示す。航空輸送統計年報（運輸省，1972）によると1972年度の給油量は $1.62 \times 10^9 \ell$ である。熱量に換算すると， $1.4 \times 10^{13} \text{Kcal}$ となる。

(4) 船舶の燃料消費量

東京港湾内の重油使用量を表27に示す。この値は，大気汚染物質排出係数算出調査（東京都，1973：68）の値に重油の比重を1として求めたものである。熱量は $9900 \text{Kcal}/\ell$ として計算した。

1969年度の東京港湾内での重油使用量は $1.07 \times 10^7 \ell$ で，熱量に換算すると $1.1 \times 10^{11} \text{Kcal}$ となる（表27）。

表27 船舶燃料消費量 (単位)消費量: ℓ , 熱量:Kcal

動 力 種	消 費 量	熱 量
タービン	1.42×10^5	1.4×10^9
航 空 中	1.39×10^5	1.4×10^9
停 泊 中	3.32×10^8	3.3×10^7
ディーゼル	1.06×10^7	1.0×10^{11}
航 行 中	3.11×10^6	3.1×10^{10}
停 泊 中	7.45×10^6	7.4×10^{10}
合 計	1.07×10^7	1.1×10^{11}

(1969年)

(5) エネルギー消費量のまとめ

エネルギー消費量を熱量単位で比較すれば（航空機は除く），自動車 $4.6 \times 10^{13} \text{Kcal}$ ，鉄道 $1.64 \times 10^{12} \text{Kcal}$ ，船舶 $1.1 \times 10^{11} \text{Kcal}$ と，自動車の消費量が最も大きい。表22，表23によると自動車のトンキロが 5.5×10^{10} トンキロ，鉄道が 3.9×10^{10} トンキロである。したがって仕事の量を考えると，自動車の方が鉄道よりも20倍程度エネルギー消費率が高いと言えるだろう。ただ，電気を発生させるための発電所での効率や，送電中の損失を考えれば，この差はもっと小さくなると思われる。

また，1970年度に都内で発生した熱量は，燃料，送電量，食品，ゴミ焼却の総計で $1.42 \times 10^{13} \text{Kcal}$ （半谷，1976：412）である。したがって自動車，鉄道，船舶による発生熱量 $4.8 \times 10^{13} \text{Kcal}$ は，この約34%に相当する。

3.2 酸素消費量

(1) 自動車の酸素消費量

石油系燃料の燃焼に伴う酸素の消費量は，各燃料毎の酸化反応式から求める事ができる。

石油系燃料を $C_n H_{2n}$ ， $C_n H_{2n+2}$ で表わせるものとする，燃料消費量を $x \text{g}$ とした場合，酸素消費量は各々 $\frac{24}{7} x \text{g}$ ， $\frac{24n+8}{7n+1} x \text{g}$ となる。 $\frac{24n+8}{7n+1}$ は $n=3$ から $n=7$ の間では大差がなく， 3.64 ($n=3$)， 3.52 ($n=7$) である。したがって，ここでは燃料の違いによる区別を

行なわずに、酸素の燃料消費量を $3.5x$ として計算を行なった(表28)。また燃料の比重は0.9とした。

1973年度の自動車酸素消費量は 1.6×10^7 トンである。この値は1974年度の東京都における酸素消費量 6.34×10^7 トン(安部・半谷, 1977: 25)の25%にあたる。

表28 自動車酸素消費量 (単位) トン

車種	営業用	自家用	合計
乗用車	1.5×10^6	6.0×10^6	7.5×10^6
貨物車	1.9×10^6	5.5×10^6	7.4×10^6
バス	4.4×10^5	3.2×10^5	7.6×10^5
二輪車	0	1.1×10^5	1.1×10^5
合計	3.8×10^6	1.2×10^7	1.6×10^7

(1973年)

(2) 船舶の酸素消費量

船舶についても自動車と同様にして求めた。

1967年度の酸素消費量は、航行中 1.0×10^4 トン、停泊中 2.3×10^4 トンで、合計 3.3×10^4 トンと計算される(表29)。

表29 船舶酸素消費量 (単位) トン

動力種	航行中	停泊中	合計
タービン	4.4×10^2	9.8	4.5×10^2
ディーゼル	1.0×10^4	2.3×10^4	3.3×10^4
合計	1.0×10^4	2.3×10^4	3.3×10^4

(1969年)

(3) 酸素消費量のまとめ

いま仮りに、自動車により消費される酸素の消費が、都内で保有する自動車によってのみ行なわれるものとする、自動車の単位重量当りの酸素消費量は 6.2 トン/トンとなる。都民の呼吸による酸素消費量は 3.4×10^6 トンであるので、都民の単位重量当りの酸素消費量は 5.9 トン/トンとなり、自動車の場合とほぼ同じ値を示した。

3.3 排気物質

燃料の燃焼過程で生ずる物質の中で、最大のものは二酸化炭素である。一酸化炭素や炭化水素の発生量はこれよりかなり少ないので、二酸化炭素の発生量は、ほぼ酸素消費量に対応する。したがって、二酸化炭素の発生量は、酸素消費量をもとに概算した。また、水蒸気の発生についても同様にして計算し、その他は都民を公害から防衛する計画(東京都, 1974: 72)によった。

結果は表30に示す。

二酸化炭素の発生量は 1.5×10^7 トンで、二酸化炭素以外の全排出物質の約2倍になる。

東京都の大気の現存量を 2.1×10^9 トンと見つめた場合(半谷・安部, 1976: 26)、大気中の炭酸ガスは自然大気中の重量百分率を0.04%とすると、 8.4×10^5 トンとなる。したがって、もし大気の移動がないとすると、1年間に炭酸ガスは約18倍に増加する。

しかし、年間に約8000回程度の空気の交換が行なわれるものとする(安部・半谷, 1977: 25)、0.6%の増加にとどまる。

表30 排気物質

(単位) トン

排気物質	自動車					航空機	合計
	乗用車	貨物車	バス	二輪車	小計		
CO ₂	6.9×10^6	6.8×10^6	7.0×10^5	1.0×10^5	1.5×10^7	—	1.5×10^7
H ₂ O	3.1×10^6	3.1×10^6	3.2×10^5	4.5×10^4	6.8×10^6	—	6.8×10^6
CO	2.79×10^5	2.81×10^5	—	—	5.60×10^5	1.37×10^3	5.61×10^5
HC	6.76×10^4	7.84×10^4	—	—	1.46×10^5	1.33×10^3	1.47×10^5
NO _x	3.75×10^4	2.82×10^4	—	—	6.57×10^4	828	6.65×10^4
SO _x	609	2.95×10^3	—	—	3.56×10^3	0	3.56×10^3
アルデヒド	537	608	—	—	1.15×10^3	0	1.15×10^3
ばいじん	115	914	—	—	1.03×10^3	0	1.03×10^3
合計	1.04×10^7	1.03×10^7	1.02×10^6	1.5×10^5	2.3×10^7	(2.70×10^3)	2.3×10^7

(1973年)

3.4 摩耗物質

(1) 自動車の摩耗物質

自動車の摩耗部分で主要なものはタイヤ、ブレーキ、

クラッチ板等である。このうち、クラッチ板は密閉構造をとっているため、計算から除外した。ここではタイヤとブレーキの摩耗について、やや詳しく述べる。

A. タイヤ

自動車の場合、車種により大きさや材質が異なり、代表値を得るのが困難である。以下の計算では乗用車と、大型トラック及びバスに分けて検討した。

a. 乗用車類

外周1.8m, 幅12cm, みぞの深さ0.8cmのタイヤを基準にして検討する。

ラジアルタイヤの寿命は5~6万km, 普通タイヤの寿命4~5万kmといわれる。その間にみぞの深さ0.8cmがすり減るとすると、寿命(5万kmとする)までの摩耗量は $180 \times 12 \times 0.8 = 1.73 \times 10^8$ (cm³/5万km走行)となる。

1台当り4本のタイヤを装着しているから、車1台当りの摩耗量は、比重を1とすると、 6.92×10^8 g/5万km走行となる。

表20より、1973年度の乗用車と小型貨物車の走行距離は合計 3.07×10^{10} kmである。したがって年間の摩耗量は、 $6.92 \times 10^8 \times 3.07 \times 10^{10} / 5 \times 10^4 = 4.25 \times 10^9$ (g) すなわち 4.25×10^3 トンとなる。

b. 大型トラック, バス

外周3m, 巾20cm, みぞの深さ1.3cmのタイヤを基準にして考える。

一般にスチールタイヤの寿命は12~13万km, ナイロン入りタイヤの寿命は8~10万kmであり、その間にみぞの深さが1.0cmに減少するとされている。

みぞの部分の、摩耗部分に占める割合は、スチール入り1/3, ナイロン入り40~45%である。

いま、寿命を10万km走行時、みぞの占める割合を40%とし、スチールタイヤ・ナイロンタイヤの区別を考慮せずに計算すると、摩耗量は、

$$300 \times 20 \times 0.3 \times 0.6 = 1080 \text{ (cm}^3\text{/10万km走行)} \text{ となる。}$$

トラック1台に平均6本使用しているものとする、1台当りの摩耗量は、タイヤの比重を1として、 6.48×10^8 g/10万km走行となる。

表20より、普通トラックとバスの走行距離は 3.47×10^9 kmであるので摩耗量は、

$$6.48 \times 10^8 \times 3.47 \times 10^9 / 1.0 \times 10^5 = 2.25 \times 10^8 \text{ (g)}$$

すなわち225トンとなる。

c. タイヤの年間摩耗量

二輪車1台の単位走行距離当りの摩耗量を、乗用車の1/3の 8.65×10^8 g/5万km走行とすると、二輪車のタイヤ摩耗量は21トンとなる。

以上を合計すると、自動車のタイヤ摩耗量は、1973年度で約 4.5×10^8 トンに達す。

d. タイヤ摩耗物質の組成

トレッド用のゴムは、天然ゴム, SBR, BRにカーボンブラック等の補強剤を配合したものが普通である。

SBR製造工程では、主原料としてブタジエン及びスチレンを用い、副原料として乳化剤, 活性化剤, 酸化剤, 電解質, 重合調節剤, 重合停止剤, 老化防止剤, 油を使

用する。そのため、製品段階での炭化水素含有量は91%前後(ブタジエン/スチレン=76.5/23.5)でかなりの量の副原料が含まれている(通産省プロセス・フローシート研究会, 1969:42)

また、成型の過程で、カーボン, イオウ, 促進剤等を用いるが、加硫促進剤として用いる亜鉛華の不純物であるカドミウムが存在が、タイヤの分析から確認されている(杉浦, 1975:140, 141)。

ここではタイヤの主成分をゴムとし、その他の成分は杉浦の分析により得られた亜鉛, 鉛, カドミウムの分析値をもとに推定を行なった。

その結果、タイヤの摩耗物質の組成は表31に示すとおりである。

B. ブレーキ

a. 摩耗量

乗用車の場合通常、前輪にはディスクブレーキ, 後輪にはドラムブレーキが装着されている。

1600ccクラスの小型乗用車(ブルーバードU)の場合、ディスクブレーキのディスクパット摩耗面は、上底7.0cm, 下底8.5cm, 高さ4.0cmの台型をしており、これが後輪に合計4個ついている。

使用状況により異なるが、摩耗率を0.1cm/1万km走行とすると、摩耗量は

$$(7.0+8.5) \times 4.0 \div 2 \times 0.1 \times 4 = 12.4 \text{ cm}^3\text{/1万km走行となる。}$$

同じくブレーキライニングは幅4.0cm, 長さ22cmのバンド状で、前輪に4個ついている。0.05cm/1万km走行の割合で摩耗すると考えると、摩耗量は

$$4.0 \times 22 \times 0.05 \times 4 = 17.6 \text{ cm}^3\text{/1万km走行となる。}$$

したがって1台当りの摩耗量は $30 \text{ cm}^3\text{/1万km走行}$ と計算される。

乗用車の走行距離は表20より 2.14×10^{10} kmである。比重を表31の組成から3.5とすると、乗用車のブレーキ摩耗量は

$$30 \times 3.5 \times 2.14 \times 10^{10} / 10^4 \div 2.25 \times 10^8 \text{ (g)} \\ \div 230 \text{ (トン)}$$

となる。

乗用車以外の貨物車, バス, 二輪車のブレーキ摩耗量は次のようにして計算した。

すなわち、ブレーキの材質が全て同じであり、ブレーキ回数が車種により異ならないと仮定すると、ブレーキの摩耗率は、貨物や人間をも含めた車両の全重量に比例すると考えても良い。この仮定をもとに、表22から各車両の乗用車とのトンキロ比を求め、乗用車のブレーキ年間摩耗量にかけて各々の摩耗量とした。

その結果、貨物車260トン, バス46トン, 二輪車2.5トンで、自動車全体では540トンとなった。

b. ブレーキ摩耗物質の組成

ブレーキの組成も一様ではないが、代表的なブレーキシューの組成とされる値をもとに概算を試みた。

結果は表31に示すとおりである。

表31 自動車摩耗物質 (単位) トン

成分	タイヤ	ブレーキ	合計
ゴム	4.5×10^3	27	4.5×10^3
Fe		1.9×10^2	1.9×10^2
石綿		1.9×10^2	1.9×10^2
樹脂(フェノール系)		1.3×10^2	1.3×10^2
Zn	46		46
Pb	1.9×10^{-1}		1.9×10^{-1}
Cd	6.1×10^{-2}		6.1×10^{-2}
合計	4.5×10^3	5.4×10^2	5.0×10^3

(1973年)

(2) 鉄道の摩耗物質

鉄道車両の摩耗部分は車輪、ブレーキ、パンタグラフが主なものである。その他、車両部分ではないが、レールや架線も大量の摩耗物質を放出するので、車両と同様に計算を行なった。

以下の計算では、国鉄の場合を参考にして行なった。

A. レール

レールは、その単位長さ当りの重量により区別され、何kgレールと呼ばれる。国鉄では従来から主として30kg、37kg、50kgの3種のレールを用いてきたが、最近では40kgや50kgレールに変えられつつある。また、東海道新幹線では50Tと呼ばれる53kgレールを用い、山陽新幹線では60kgレールを採用している。

a. 摩耗量

摩耗率は1mm/1億トン通過と言われているから、摩耗量は次の計算式で表わされる。

$$(\text{摩耗量}) = (\text{トンキロ}) \times (\text{摩耗率}) \times (\text{車輪との当り幅}) \times (\text{比重})$$

1973年度のトンキロは表23から 3.9×10^{10} トンキロで、車輪との当り幅は9cmであるので、比重を鉄の7.86とすれば、

$$\begin{aligned} \text{摩耗率} &= 3.9 \times 10^{10} \times 0.1 \times 9 \times 7.86 / 10^8 \\ &= 2.8 \times 10^9 (g) \\ &= 2.8 \times 10^3 (\text{トン}) \end{aligned}$$

となる。

b. レール摩耗物質の組成

レールの化学成分は、JIS E1102 (1968) に規定されている (日本規格協会, 1977: 464)。レールの種類により、それ程大きな違いがないので、今回は50N (50kgレール) の値で代表させた。

レール摩耗物質の組成は表32に示す。

B. 車輪

a. 車輪の摩耗量

車輪は、輪心にタイヤをはめ、止め輪で抜け止めしたものである。

タイヤ部分の直径は86cm、幅は12.5cmであり、鉄を主体とする金属でできている。タイヤのレールとの接触部分は、12.5cmの幅のうち約9.0cm程度との事なので、レールと接触し、摩耗する部分の面積は、

$$86 \times 9.0 = 2430 (\text{cm}^2)$$

である。国電の車両には、タイヤが1両当りに8個ついているから、一両当りの接触面積は $1.94 \times 10^4 \text{cm}^2$ となる。

タイヤの摩耗率は $0.1 \text{cm} / 15 \text{万km}$ 走行とされており、その値を用いると1両当りのタイヤ摩耗量は $1.94 \times 10^3 \text{cm} / 15 \text{万km}$ 走行となる。

鉄の比重7.86と、表21の車両走行距離より摩耗量を計算すると、次のようになる。

$$\begin{aligned} (\text{摩耗量}) &= (\text{摩耗率}) \times (\text{比重}) \times (\text{車両走行距離}) \\ &= 1.94 \times 10^3 \times 7.86 \times 1.16 \times 10^9 / 1.5 \times 10^5 \\ &\div 1.18 \times 10^8 (g) \\ &\div 120 (\text{トン}) \end{aligned}$$

b. 摩耗物質の組成

タイヤの構成成分は、JIS E5401 (1969) により規定されている (日本規格協会, 1977: 475) が、各成分の値には一定の幅を持たせてあるため、ここでは計算の都合上、適当な値に統一した。

車輪摩耗物質の組成を表32に示す。

C. ブレーキ

国鉄の旅客車両は、T車とM車を4:6の割合で連結している。T車は通常ディスクブレーキ、M車はレジン制輪子と電磁ブレーキで制動を行なっている。したがって、本来は別個に計算すべきであろうが、資料不足のため、ここでは全車両にレジン制輪子が使用されているものとして計算した。

a. 摩耗物質

M車には接触部分の面積が約 $8.0 \text{cm} \times 30 \text{cm}$ の合成制輪子が、1車軸当り4個付いており、車両1両当り4個の車軸があるとすると、1両当り16個の制輪子が付いていることになる。

摩耗率は、M車レジン制輪子で平均 $0.18 \text{cm} / 1 \text{万km}$ 走行とされている。

したがって1両当りの摩耗量は

$$8.0 \times 30 \times 16 \times 0.18 = 691 (\text{cm} / 1 \text{万km} \text{ 走行})$$

となる。表32の組成で、鉄の比重を7.86、黒鉛2.0とし、他を比重1とすると、制輪子の比重は約3.5となる。

以上と車両走行距離 (表21) から摩耗量が求まる。

$$\begin{aligned} (\text{摩耗量}) &= 691 \times 3.5 \times 1.16 \times 10^9 / 10^4 \\ &= 2.8 \times 10^8 (g) \\ &= 2.8 \times 10^2 (\text{トン}) \end{aligned}$$

b. 摩耗物質の組成

制輪子の組成はJ I Sでは規定されていないため、代表的な値に統一した。

結果は表32に示す。

D. パンタグラフ

a. 摩耗量

パンタグラフには、 $27\text{cm} \times 2.5\text{cm}$ の平行四辺形で、両端付近に直径 0.4cm の穴が2つあいた、厚さ 1.0cm のすり板がとりつけてあり、これが架線と直接接触し摩耗する。1つのパンタグラフには、これが4個ついている。また、パンタグラフは国電の場合、通常10両に3個の割合でとりつけてある。

すり板は、均一に摩耗するわけではないが、 1万km 走行するごとに $0.29 \sim 0.56\text{cm}$ 、平均で 0.3cm 摩耗するとされている。1枚のすり板につき、おおむね $25 \times 2.5 \times 0.3\text{cm}^3 / 1\text{万km}$ 走行の割合で摩耗すると考えてよい。したがって、車両1両当りのすり板の摩耗量は、

$$25 \times 2.5 \times 0.3 \times 0.3 \times 4 = 22.5 (\text{cm}^3 / 1\text{万km走行})$$

となる。

すり板1枚の重量は 0.510kg で、その体積は 67.3cm^3 である。したがって、その比重は約7.6となる。

すり板の摩耗量は、表21の車両走行距離から

$$(\text{摩耗量}) = 22.5 \times 7.6 \times 1.16 \times 10^9 / 10^4$$

$$= 2.0 \times 10^7 (\text{g})$$

$$= 20 (\text{トン})$$

となる。

b. 摩耗物質の組成

焼結合金製のパンタグラフすり板は、その用途及び化学成分によって次の様に分類される。国鉄在来線では、1種銅系、1種リン銅系、2種鉄系、3種銅系、新幹線では1種鉄系、2種銅系がある。すり板の種類別の使用状況は、在来線では3種の銅系が約70%を占めており、その他は各々10%程度である。また、新幹線では、1種鉄系が60%、2種銅系が40%程度用いられている。

計算では在来線の平均的な値を用いて、すり板の成分を決定した。

パンタグラフの摩耗物質の組成を表32に示す。

E. 架線

架線は通常、パンタグラフと直接接するトロリー線と、それを吊っているちょう架線、両者を結合するハンガーからなる。

トロリー線は、両端が丸くくびれた、ほぼ円形の断面を持ち、その直径は 12.34mm 、断面積 110mm^2 である。

いま、トロリー線の断面が直径 12.34mm の完全な円とし、直径が 7.5mm になったときに取り替るものとする、取り替える迄に摩耗するトロリー線1m当りの摩耗量は、約 $44\text{cm}^3/\text{m}$ である。これは99.9%以上の純銅でできているので、銅の比重を8.93とすると、 $390\text{g}/\text{m}$ となる。

パンタグラフが1万回接触する毎に 0.05mm の割合で平均的に摩耗するものと考え、取り替えまでに通過し

表32 鉄道摩耗物質

(単位) トン

成分	レール	車輪	ブレーキ	パンタグラフ	架線	合計
Fe	2.8×10^3	1.2×10^2	1.4×10^2	3.4		3.1×10^3
Cu		3.6×10^{-1}	8.4	14	1.4×10^2	1.6×10^2
樹脂			48			48
黒鉛			34	8.0×10^{-1}		35
Mn	22	8.4×10^{-1}				23
C	19	8.2×10^{-1}				20
Pb			14	1.1×10^{-1}		14
ゴム			14			14
砂			14			14
石綿			11			11
Si	5.6	3.0×10^{-1}				5.9
Sn				1.6		1.6
P	6.4×10^{-1}	3.0×10^{-2}		1.0×10^{-2}		6.8×10^{-1}
S	6.4×10^{-1}	3.0×10^{-2}				6.7×10^{-1}
Ni				4.0×10^{-1}		4.0×10^{-1}
Cr				8.0×10^{-2}		8.0×10^{-2}
合計	2.8×10^3	1.2×10^2	2.8×10^2	20	1.4×10^2	3.4×10^3

(1973年)

たパンタグラフの数は

$$12.34 - 7.5/0.05 = 96.8 \text{ (万回)}$$

となる。

国電車両は1両当りに換算して、通常0.3個のパンタグラフがついている。また車両走行距離は表21より $1.16 \times 10^9 \text{ km}$ であるが、これは1両の車両が $1.16 \times 10^9 \text{ km}$ のトロリー線を1回通過した事に等しい。

したがってトロリー線の摩耗量は

$$\begin{aligned} (\text{摩耗量}) &= 1.16 \times 10^{12} \times 390 \times 0.3/9.68 \times 10^5 \\ &= 1.4 \times 10^8 \text{ (g)} \end{aligned}$$

すなわち 1.4×10^2 トンの銅が架線から摩耗して放出されることになる(表32)。

(3) 摩耗物質のまとめ

自動車の摩耗物質の中で最も量が多いのは、もちろんタイヤのゴムである。ゴムの摩耗量の 4.5×10^8 トンだけで、自動車の摩耗物質の90%を占める。ただし、前にも述べたように、タイヤには9%前後の不純物が含まれているとされるので、摩耗量に占めるゴムの割合は、もう少し小さくなると思われる。

その他に、石綿の摩耗量が 1.9×10^2 トンと、かなり大量に放出されている。石綿は発ガン性物質として知られているが、毒性の強さはその物理・化学的な状態で異なることとされる(林, 1974)。摩耗した石綿が、どのような状態であるかは重要であろう。

鉄道の場合は、架線から出る銅の存在が特徴的である。年間の摩耗量は 1.6×10^2 トンで、鉄の 3.1×10^3 トンに次いで多い。

自動車と鉄道の摩耗物質量は各々 5.0×10^8 トン、 3.4×10^8 トンである。表22、23より自動車と鉄道のトンキロは各々 5.2×10^{10} トンキロ、 3.9×10^{10} トンキロであるので、単位トンキロ当りの摩耗物質量は 9.6×10^{-8} トン/トンキロ、 8.7×10^{-8} トン/トンキロと、ほぼ同じであるという結果を得た。

1973年度の自動車と鉄道の摩耗物質合計は 8.4×10^8 トンである。

3.5 廃棄量

(1) 自動車廃棄量

都内を走行する自動車もいずれは廃棄され、交通系から除かれる。

年間にどれだけの自動車が廃棄されるかは、ごく大ざっぱに言って、都内の自動車保有量を平均使用年数で割る事により概算される。年間の廃棄物量の増加についての、より厳密な議論は多くなされているが(田村ら, 1971: 789-799)、ここでは簡単に前記の方法で推計を試みた。

自動車の平均使用年数は、大気汚染物質排出係数算出調査(東京都, 1973: 128, 129)と減価償却資産の耐用

年数表とその使い方(白石雅也, 1976: 27)より求めた。

表33に結果を示す。年間の廃棄物量は 6.5×10^5 トンである。

また、昭和60年の自動車産業(通産省, 1975: 45, 121)の中の数値をもとに、自動車廃棄物の組成を推定した。

表34のように、鉄が 4.9×10^5 トンと最も多く、ゴム 3.8×10^4 トン、アルミニウム 1.8×10^4 トン、ガラス 1.3×10^4 トンの順になっている。

表33 自動車廃棄量

(単位) 平均使用年数: 年, 廃棄量: トン

車種	平均使用年数	廃棄量
乗用車 (ガソリン車)	4.5	} 3.1×10^5
	(LPG車) 3.0	
貨物車 (ガソリン車)	3.6	} 2.5×10^5
	(軽油車) 4.6	
バス (ガソリン車)		} 2.4×10^4
	(軽油車) 5.5	
特殊用途車	6.3	9.5×10^3
二輪車	3.0	6.0×10^3
合計		6.0×10^5

*廃棄量はガソリン車, LPG車, 軽油車, その他車の合計。

(2) 鉄道車両廃棄量

車体の腐食と設備の旧式化によるサービスの低下が、鉄道の使用年数を決定する主な要因とされている。

平均使用年数は、新版鉄道小事典(加藤亮, 1974: 384)から、電車の使用年数10.5年を適用した。

全車両合計で年間平均廃棄量は 2.4×10^4 トンと推定される。

(3) 航空機廃棄量

減価償却資産の耐用年数表とその使い方(白石雅也, 1976: 26)を参考にして平均使用年数を6.5年とした。その結果、廃棄量は 1.2×10^3 トンとなる。

(4) 船舶廃棄量

減価償却資産の耐用年数表とその使い方(白石雅也, 1976: 25)を参考にして、平均使用年数を15年とした。年間平均廃棄量は 1.6×10^6 トンとなる。

(5) 廃棄量のまとめ

交通機関の廃棄物は一般廃棄物と異なり、ほとんどが再生されたり、スクラップになり、鉄鋼材料等として再利用されると考えられる。

自動車については都内の業者の手で処理されるだろうが、他のものは、その割合はずっと少ないだろう。

年間に廃棄される交通機関は合計 2.2×10^6 トンにのぼる。

表34 自動車廃棄物組成

(単位)トン

材 料	乗 用 車	貨 物 車	バ ス	二 輪 車	合 計
普 通 鋼	1.9×10^5	1.5×10^5	1.0×10^4	2.8×10^3	3.5×10^5
冷 延 薄 板	1.6×10^5	1.2×10^5	8.5×10^3	—	2.9×10^5
熱 延 薄 板	2.1×10^4	1.6×10^4	1.1×10^3	—	3.8×10^4
鋼 管	1.2×10^4	9.5×10^3	6.5×10^2	—	2.2×10^4
特 殊 鋼	5.4×10^4	5.9×10^4	6.3×10^3	1.3×10^3	1.2×10^5
炭 素 鋼	2.4×10^4	2.6×10^4	2.8×10^3	—	5.3×10^4
構 造 用 合 金	1.7×10^4	1.8×10^4	1.9×10^3	—	3.7×10^4
パ ネ 鋼	1.0×10^4	1.1×10^4	1.2×10^3	—	2.2×10^4
軸 受 鋼	3.0×10^3	3.3×10^3	3.5×10^2	—	6.7×10^3
銑 鉄	9.9×10^3	1.1×10^4	1.9×10^3	2.3×10^2	2.3×10^4
非 鉄 金 属	1.6×10^4	1.1×10^4	1.4×10^3	1.2×10^3	3.0×10^4
アルミニウム	1.0×10^4	6.9×10^3	8.5×10^2	—	1.8×10^4
銅	2.6×10^3	1.8×10^3	2.2×10^2	—	4.6×10^3
鉛	1.9×10^3	1.3×10^3	1.6×10^2	—	3.4×10^3
亜鉛	1.3×10^3	8.8×10^2	1.1×10^2	—	2.3×10^3
スズ	80	55	6.8	—	1.4×10^2
ニッケル	80	55	6.8	—	1.4×10^2
非 金 属	4.2×10^4	3.0×10^4	4.1×10^3	5.2×10^2	7.7×10^4
ゴ ム	2.1×10^4	1.5×10^4	2.1×10^3	—	3.8×10^4
ガ ラ ス	7.1×10^3	5.0×10^3	7.0×10^2	—	1.3×10^4
塗 料	5.6×10^3	4.0×10^3	5.5×10^2	—	1.0×10^3
樹 脂	5.1×10^3	3.6×10^3	5.0×10^2	—	9.2×10^3
ナイロン繊維	2.9×10^3	2.1×10^3	2.8×10^2	—	5.3×10^3
石 綿	5.0×10^2	3.6×10^2	50	—	9.1×10^2
合 計	3.1×10^5	2.6×10^5	2.4×10^4	6.0×10^3	6.0×10^5

*貨物車には特殊用途車を含む。

4. 交通に伴う物質代謝の特徴

東京物質系の特徴を表わす諸量については、これまでもその都度提示してきた。それをも含め、1つの表にまとめてみたのが、表35である。

ここでは交通機関に関する物質の存在と流れを、単位面積当り、都民1人当り、都内に存在する単位人為物質当り、単位流入貨物量当り、単位蓄積・消費物質当りで表わしてみた。

単位面積当りでの表現は、自然科学的な指標の基礎であり、他地域と比較する際に最も主要な指標として考えてよい。表35から特徴的なものについて、いくつか指摘してみよう。

蓄積または消費貨物量は、都内の全量では 9.13×10^6 トンとかなり大きく感じるが、 1 m^2 当りに換算するとわず

か 4.2 kg にすぎない。

反対に意外と大きいのが排気物質の量である。これは m^2 当り 11 kg と、蓄積または消費貨物量の2.6倍である。摩耗物質も、1年間に 3.9 g/m^2 放出されるが、これは5円硬貨1枚の重さにはほぼ匹敵するものである。

1人当りでの表現も、人類活動の大きさを比較するうえで有効である。この表現を用いて都市部と都市以外の地域を比較すれば、都市の特徴が鮮明になるが、これは今後の課題である。

交通機関の1人当りの存在量は2.3トンとなり、予想を上回るが、これは船舶が大きな比重を占めているためである。

1人当りの蓄積または消費貨物量は 790 kg で、体重の約16倍に当たる。そのうち1人当りの食物摂取量は体重の約8倍程度であり、貨物量の50%を超える。

人間の呼吸による酸素消費量は $3.0 \times 10^6 \text{ g/人}$ (安部・

半谷, 1977: 25) であるので, 交通機関による酸素消費量 $1.4 \times 10^6 g/人$ は, その4.7倍に相当する。

人為物質の存在量に対する値は各章で述べたとおりである。少し付け加えると, 機関をも含めたトンキロ値は都内の人為物質が年間に 280 km 移動した値に相当する。いま, 東京都を円と仮定すると, 円周は 164 km となるから, 人為物質が円周上を 1.7 回まわる距離を移動したのに匹敵する。

また, 都市にとって流入貨物は, 人間の食料にも例え

られるものであり, 全ての都市活動の源泉である。特に, エネルギーや酸素消費量, 排気物質や摩耗物質との比較は重要な指標と考えられる。

貨物の蓄積または消費量に対する都内諸活動の大きさも, 都市の特徴を示すものとなろう。

全ての指標に関して言える事であるが, 特に後二者の場合, 他の都市との比較の上で検討されるべき指標といえるだろう。

表35 交通に伴う物質代謝より見た都市の特徴

	/ 面積	/ 人口	/人為物質存在量	/ 流入貨物量	/蓄積・消費貨物量
交通機関の存在量	$1.3 \times 10^4 g/m^2$	$2.3 \times 10^6 g/人$	8.0×10^{-2}	2.3×10^{-1}	3.0
交通機関による流入	$3.6 \times 10^5 g/m^2$	$6.8 \times 10^7 g/人$	2.3	6.7	85
機関自身	$2.8 \times 10^5 "$	$5.3 \times 10^7 "$	1.8	5.2	66
人間	$2.8 \times 10^4 "$	$5.3 \times 10^6 "$	1.8×10^{-1}	5.2×10^{-1}	6.6
貨物	$5.4 \times 10^4 "$	$1.0 \times 10^7 "$	3.5×10^{-1}	1	13
交通機関による流出	$3.6 \times 10^5 "$	$6.8 \times 10^7 "$	2.3	6.7	85
機関自身	$2.8 \times 10^5 "$	$5.3 \times 10^7 "$	1.8	5.2	66
人間	$2.8 \times 10^4 "$	$5.3 \times 10^6 "$	1.8×10^{-1}	5.2×10^{-1}	6.6
貨物	$5.0 \times 10^4 "$	$9.3 \times 10^6 "$	3.2×10^{-1}	9.2×10^{-1}	12
蓄積・消費貨物	$4.2 \times 10^3 "$	$7.9 \times 10^5 "$	2.7×10^{-2}	7.8×10^{-2}	1
トンキロ	44トンキロ/ m^2	8.2×10^8 トンキロ/人	$2.8 \times 10^2 km$	$8.1 \times 10^2 km$	$1.0 \times 10^4 km$
機関自身	35 "	$6.6 \times 10^3 "$	$2.3 \times 10^2 "$	$6.5 \times 10^2 "$	$8.3 \times 10^3 "$
人間	2.6 "	$4.9 \times 10^2 "$	17 "	48 "	$6.1 \times 10^2 "$
貨物	6.2 "	$1.1 \times 10^3 "$	39 "	$1.1 \times 10^2 "$	$1.4 \times 10^3 "$
エネルギー消費量	$2.2 \times 10^4 Kcal/m^2$	$4.2 \times 10^6 Kcal/人$	1.4×10^5 Kcal/トン	4.1×10^5 Kcal/トン	5.2×10^6 Kcal/トン
酸素消費量	$7.5 \times 10^3 g/m^2$	$1.4 \times 10^6 g/人$	4.8×10^{-2}	1.4×10^{-1}	1.8
排気物質	$1.1 \times 10^4 "$	$2.0 \times 10^6 "$	6.8×10^{-2}	2.0×10^{-1}	2.5
摩耗物質	3.9 "	$7.3 \times 10^2 "$	2.5×10^{-5}	7.2×10^{-5}	9.2×10^{-4}
交通機関の廃棄量	$1.0 \times 10^3 "$	$1.9 \times 10^5 "$	6.5×10^{-3}	1.9×10^{-2}	2.1×10^{-1}

* 蓄積・消費貨物量は年度により違いが大きいため, 1969年~1975年の平均値を使用した。

むすび

以上, 都市の特徴を明らかにするための基礎として, 交通機関による都市の物質代謝と, 交通機関自身の物質代謝という二点から論じてきた。後者は, 一般的には前者に含まれるものである。しかしながら, 前者は都市活動の最も中核をなすもので, 都市にとっては基本的に正の価値を意味するのに対し, 後者は通常負の価値を持つと考えられるので, 二つに分けて考えた。

交通機関の摩耗物質については, 石綿のように, 環境

中での存在が重視されているにも関わらず, これまでほとんど定量的な検討がされて来なかった。本報では不十分ではあるが, 一応の量的な把握ができた。この種の仕事の基礎となる資料は一般に非常に不足しているが, 今後の事を考えた場合, 早急に整備する必要があるのではないだろうか。

また, 本論で指摘したとおり, 貨物を品物別に表わす作業は今後の課題である。

本研究にあたり, 資料の蒐集などについて多大の援助をいただいた運輸省, 東京都庁, 国鉄各局の皆様方, ならびに東京理工専門学校の橋本純一氏, 東京都立大学の

相沢孝子氏に深く感謝する。

文 献 一 覧

安部喜也・半谷高久

- 1977「都市における酸素消費量の推定」東京都立大学
都市研究報告84, pp. 17—25。

運輸省

- 1969～1975『貨物地域流動調査』。
1972『航空輸送統計年報』。
1973『運輸白書』大蔵省印刷局。
『私鉄統計年報』政府資料等普及調査会。
『陸運統計年報』。
1974『都市交通年報』運輸経済研究センター。
1975『昭和60年の自動車産業』日刊工業新聞社。

加藤 亮

- 1974『新版鉄道小辞典』誠文堂新光社。

警視庁

- 1973『交通量統計表』。

航空情報

- 1973『日本航空機ガイド』Vol. 1, 酣燈社。

自動車工業振興会

- 1974『自動車ガイドブック』21巻。

白石雅也

- 1976『減価償却資産の耐用年数素とその使い方』日本
法令。

杉浦公昭

- 1975「自動車による環境汚染(その2)」環境科学総
合研究発表会予稿集, pp. 140—141。

田村洋一・浦勝・中西 弘

- 1973「耐久消費財の廃棄化過程について」『公害と対
策』9号, pp. 789—799。

通産省プロセス・クロージング研究会

- 1969『製造工程図全集Ⅲ』化学工業社。

東京都

- 1973『大気汚染物質排出係数算出調査(大気汚染物質
の発生源別排出強度の現状と将来予測)』。
1974『東京港港勢』。
『東京都統計年報』東京都統計協会。
『東京の交通問題対策資料』。
『都民を公害から防衛する計画』東京都広報室都
民資料室。

日本規格協会

- 1977『'77 J I S 鉄鋼』。
『'77 J I S 非鉄金属』。

日本国有鉄道

- 1973『線別経営統計』。
1975・10『時刻表』日本交通公社。

林 久人

- 1974『汚染から身体が守れるか』共立出版。

半谷高久

- 1976「都市における物質の存在と流れの特徴につい
て」昭和51年度文部省科学研究費による特定研
究。
『人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的
研究』pp. 403—414。

半谷高久・安部喜也

- 1976「東京都における物質の流れの概観」東京都立大
学都市研究報告69, pp. 75—79。

半谷高久・安部喜也・松本源喜

- 1976「都市を構成する人為物質の現存量」東京都立大
学都市研究報告75, pp. 3—32。

半谷高久・大竹千代子

- 1977「家庭における物質の現存量について」東京都立
大学都市研究調査報告10, pp. 67—97。