

東京都における石油類の存在量および石油類に起源をもつニッケル(Ni)およびバナジウム(V)の存在量および流動量について

半谷高久 *・大竹千代子 **・本波裕美 ***

要 約

現代都市活動を維持する根源的物質は石油である。しかし、この石油は同時に都市に種々の環境破壊などをひきおこした。すなわち、石油は都市にとって正の価値物であると同時に負の価値物でもある。これらの価値の評価をより具体化する一端として、東京都を例にとって、液状石油類、アスファルト、プラスチック、廃プラスチック（産業廃棄物を含まない）の存在量の推定を試み、それぞれ 8×10^5 、 1×10^6 、 2×10^6 、 1×10^6 トンを得た。また、石油類に付随して行動するニッケルおよびバナジウムの存在量および流動量についても推定を試みた。年間東京都の大気中に放出されるニッケルおよびバナジウム量はそれぞれ20および80トン程度となった。

はじめに

石油が現代社会を支えている根源的物質であることは今さら言うまでもない。現代社会のあり方を肯定するならば、石油はきわめて高い価値を生産していると言える。しかし、一方石油の採掘、加工、流通、廃棄の過程で大きな負の価値を生みだしていることも紛れのない事実である。

われわれは、都市の社会地球化学的研究の一端として石油の都市への流入によって生じる正負の価値の方法論を研究しているが、その一環として、石油関連物質が東京都においてどの程度存在するかを明らかにすることは、正負の評価において重要な意味をもつと考えた。

そこで、本資料では典型的石油類として、液状

石油類、アスファルト、プラスチック類、それから、汚染物質と重要である重金属のニッケルおよびバナジウムをとりあげて、存在量や流れについての数量的計算を行なった。

なお、本稿は論文というよりも、むしろ資料的性格をもつものである。

I 石油類および石油化学製品の東京都における存在量

1. 石油類の東京都における存在量の推定

1.1. 石油類とは 石油類は表1に示されるように、ガソリンを含む第一石油類、軽油、灯油を含む第二石油類、重油を含む第三石油類、ギア油、シリンダ油を含む第四石油類に分類される。

* 東京都立大学都市研究センター・理学部

** 東京都公害研究所・非常勤研究員

*** 東京都立大学理学部研究生・現在在米中

表1 液状石油類の分類

- 第一石油類：液体であって引火点が21°未満のもの：トルエン、シンナー、エスダイン、ジオキサン、アセトン、揮発油、廃油、その他
- 第二石油類：液体であって引火点が21°以上70°未満のもの：灯油、軽油、スチレン、ジメチル、グラビアインキ、その他
- 第三石油類：20°で液体であって引火点が70°以上200°未満のもの：重油、クレオソープ油、コールタール、その他
- 第四石油類：20°で液体であって引火点が200°以上のもの：ギア油、シリンダー油、その他
- その他：エステル類、アルコール類、ピリジン、その他

これらの分類は、引火点を基準にして行なわれたもので、危険度の順位を示したものである。

1.2. 存在量の推定法 これらの石油類の存在量をそのまま実測した例はない。しかし、これらの危険物の貯蔵の許可量については統計がある。この許可量はしたがって、存在量の上限を示すものと考えることができる。しかし、この中には、少量の貯蔵を行なう一般家庭の場合、また一般自動車などにおける移動する貯蔵量は含まれないので、これらについては許可量だけからは推定できない。別途の考慮が必要である。それらについては項目ごとに記述することにする。

1.3. 石油類の許可量 文献1には東京都における危険物品名物危険物製造等の許可数量（昭和55年3月末現在）が示されている。これらの危険物の許可数量の合計は1,194,058.2kℓ そのうち、第一、二、三、四石油類の合計は1,153,827.7kℓで、石油類の合計は全危険物合計の96.6%を占め、都市の危険物の存在は事実上石油類であるといえることができる。

1.4. 許可数量からみた存在量 許可数量は最大存在量であるから、現実にはそれ以下にしか存在しない。もし、貯蔵所における石油類の補給が、常に貯蔵が空になってから行なわれるとすれば、平均存在量は許可量の50%としてよいが、恐らく多くの場合空になる以前に補給されるのではあるまいか？ そこで、本稿ではごく大まかに、

平均存在量は許可量の約70%と見積ることとした。とすると、その量は $1,153,827.7 \times 0.70 = 8 \times 10^5 \text{ kℓ}$ となる。

1.5. 自動車のタンク内の存在量 前述文献1には、自動車のガソリン貯蔵は含まない。そこで別に計算することにする。表2に東京都在籍の車種別自動車台数³⁾を示す。東京都には、他府県

表2 車種別自動車保有台数（昭和55年）

（資料は東京都陸運事務所自動車数調にもとずいた）

車種	53年(%)	54年(%)
総数	2,949,775 (100)	3,081,651 (100)
登録車	2,575,502 (87.3)	2,687,204 (87.2)
貨物車	874,303 (29.6)	897,806 (29.1)
乗用自動車	16,594 (0.6)	16,422 (0.5)
乗用車	1,632,068 (55.3)	1,718,158 (55.8)
特殊用途車	41,733 (1.4)	43,604 (1.4)
特殊車	10,804 (0.4)	11,214 (0.4)
その他	374,273 (12.7)	394,447 (12.8)
小型二輪車	54,540 (1.8)	66,447 (2.2)
軽自動車	319,733 (10.8)	328,000 (10.6)

1. 防衛庁用車、駐留軍用車、及び在日外国公館用車は含まれない。
2. 特殊用途車：緊急車、放送宣伝車、寝台車、霊柩車、散水車、冷凍車等
3. 特殊車：カタピラを有するもの及び特殊な機械装置を有するもの、ロードローラー、ブルドーザー、フォークリフト等

表3 自動車の中の石油類の最大存在量（昭54）

車種	台数	タンク容量	最大存在量(kℓ)
貨物車	897,806	55	49,379
乗合自動車	16,422	60	985
乗用車	1,718,158	50	85,908
特種自動車	43,604	50	2,180
特殊車	11,214	60	673
小型二輪車	66,447	5	332
軽自動車	328,000	30	9,840
計			149,297

からの自動車の流入、また都内在籍車の他府県への流出があるから、この数量は必ずしも存在する

台数とは言えないが、それらの出入は無視した。
その総計は約3百万台である。

次に各種車の平均タンク容量を表3³⁾のように推定し、それらの存在量の全量を計算すると158,275klとなる。今その平均存在量を満タンクの時の約60%と推定すると、現実の存在量は $158,275 \times 0.60 = 9 \times 10^4 \text{kl}$ と計算される。

1.6. 一般家庭における石油類の存在量 灯油の存在量は文献2)より、1世帯3.0kg(3.8l)の数値を用い、東京都の世帯数 4309×10^3 戸(1980)を掛けて $13 \times 10^3 \text{t}$ ($1.6 \times 10^4 \text{kl}$)とした。灯油は暖房に使われるため、存在量は、季節による差があるが平均的な数値として求めた。

表4 住宅に使われているプラスチック量

モデル	床面積積 (m ²)	使用プラスチック量 (kg)	単たり使用面積量 (kg/m ²)
木造独立(在来)	125	359	2.87
木造独立(プレハブ)	82.5	528	6.40
鉄骨独立(プレハブ)	82.5	444	5.38
コンクリート独立(プレハブ)	82.5	395	4.79
鉄骨鉄筋コンクリート(集合)	96.2	1112	11.56

表5 都市ごみ埋立処分量およびプラスチック埋立量 (その1)

	容器ごみ × 1000t	プラスチック割合 (湿重量)	不燃・不適ごみ × 1000t	プラスチック割合 (湿重量)	プラスチック量 × 1000t	
					容器ごみ	不燃・不適ごみ
昭和55年	145	0.060	1142	0.22	8.7	254
54	169	0.053	1125	0.22	9.0	242
53	121	0.056	1096	0.18	6.8	189
52	131	0.047	1085	0.19	6.2	211
51	355 注)	0.041	1064	推)0.2	14.6	213
50	100	0.045	1032	0.22	4.5	222
49	151	0.045	902	0.19	6.8	167
48	282	0.053	375	0.20	15.0	74
小計					71.6	1572

表5 (その2)

	混合ゴミ埋立量 (一般戸収集) (×1000t)	プラスチック含有率	プラスチック量(×1000t)
昭和47年	321 *	0.069 ⁶⁾	22.2
46	213 *	0.088 ⁶⁾	18.7
45	203 *	0.10 ⁶⁾	20.5
44	337 *	0.097 ⁷⁾	32.7
43	385 *	0.073 ⁷⁾	28.1
42	435 *	0.046 ⁷⁾	20.0
41	13 *	0.054 ⁷⁾	0.7
40	67 *	0.038 ⁷⁾	2.5
39	64 *	0.033 ⁷⁾	2.1
38	20 **	0.021 ⁷⁾	0.4
37	114 **	—	—
小計			147.9

合計 昭54~38年の容器および混合ごみ中のプラスチック量。219.5 × 1000 t 昭55~48年不燃・不適ごみ中のプラスチック量。1572 × 1000 t

* 一般戸収集

** 分別収集のうち雑芥と厨芥の合計

注) 不連続であるが資料のとおり記載した。

推) 筆者等による推定値

1.7. 石油類の全存在量 以上危険物製造等における石油類の存在量、自動車における存在量、一般家庭における存在量の総計は $8 \times 10^5 + 9 \times 10^4 + 1.6 \times 10^4 \approx 9 \times 10^5 \text{kl}$ である。

なお、この $9 \times 10^5 \text{kl}$ を東京都(島しょを除く)の単位面積あたりの存在密度に換算すると $9 \times 10^5 \text{kl} \div 1751 \text{km}^2 = 0.5 \text{l/m}^2$ が得られる。すなわち 1m^2 に 500ml の石油類が存在するわけで、厚さにすれば 0.5mm に相当する。

2. プラスチックの存在量の推定

現在プラスチックは種々様々な形態で使用されている。したがって、都市におけるそれらの全存在量を積み上げ方式によって推定することは非常に困難さをともなう。

本稿では推定可能な存在量についてラフではあるが、計算を試みることにする。

2.1. 家庭内に存在するプラスチック量

半谷、大竹(1977)²⁾は家庭内(家族3.7人)におけるプラスチック存在量として、耐久品中に116kg、半耐久品中に34kg、合計150kgを推定した。これは1人あたり約40kgに相当する。都民が平均的にこの割合でプラスチックを所有するとすれば、その全量は $40 \times 1.16 \times 10^7 = 4.6 \times 10^8 \text{kg} = 4.6 \times 10^5 \text{ton}$ である。

2.2. 建築物に使用されるプラスチック

科学技術庁資源調査会(昭和55年)「衣食住のライフサイクルエネルギー」には建築材料の使用内訳の詳細な資料が示されている。各種家屋について説明があるが、それによって正確にプラスチック使用量を推定することは難しい。しかし、ある程度の推定は可能である。筆者等の解釈を加えて、各種住宅のプラスチック使用量を推定した結果を表4に示す。

表4からみると、住宅の種別によって、単位面積あたり存在量がかなり値が異なるが、その原因は明らかでない。ここでは 6kg/m^2 の値を採って計算する。

東京都建築物全体の床面積についても正確な値はわからないが、半谷・松本(1976)は、昭和45年前後において約 $260 \times 10^6 \text{m}^2$ ²⁾³⁾と推定したが、

10年を経過した昭和55年においては、その約2倍の $5 \times 10^8 \text{m}^2$ あるいは、それ以上が妥当であろう。しかし、東京都建築物には、古い建物も相当あり、それらのプラスチック量は、前述の科学技術庁調査における使用量よりも少ないものと思われる。

そこで非常に乱暴であるが、東京全体では、平均して、単位面積あたりプラスチック使用量が、表4に記載された値 6kg/m^2 の約半分 3kg/m^2 の値を採用してみることにする。

すると、東京都全体の建築物に含まれるプラスチック量は、 $3 \text{kg} \times 5 \times 10^8 = 1.5 \times 10^9 \text{kg} = 1.5 \times 10^6 \text{トン}$ となる。

2.3. 都市ごみ中の埋立てプラスチック量の推定

都市ごみ中のプラスチック類の大半は埋立てられている。プラスチックが生産され始め、ごみの中に登場し始めて間もなくの昭和37年頃からの埋立てプラスチックの累積量を推定してみることにする。

毎年の埋立て処分量⁴⁾と、ごみ中プラスチックの割合^{5) 6) 7)}の積から埋立てプラスチックの量を計算し、表5に示した。昭和47年以前は、容器ごみと不燃不適ごみが分離されていなかった。また、ごみ成分には湿重量と乾重量の二つの分析値があり、ここでは湿重量の割合を用い、更に、プラスチックごみ中に含まれる水分量は、容器ごみ、混合ごみには29%⁸⁾、分別ごみには17%⁶⁾を差し引くことにした。一般に、ごみ重量は清掃車のトン数で概数を出しているが、実重量はその75%¹¹⁾に当たるので、最後にこの割合を掛けた。

その結果、昭和38年から55年までの局収集による一般廃棄物中の埋立てプラスチック量は、容器・混合ごみの量から、 $219.5 \times 0.71 \times 0.75 \times 1000$ トン、一方、不燃・不適ごみから、 $1572 \times 0.83 \times 0.75 \times 1000$ トンで、それぞれ 116.9×1000 トン、 978.4×1000 トンとなり合計 1095×1000 トン(約110万トン)となった。

産業廃棄物中のプラスチックの埋立て量は、都が推定値として把握しているものも毎年のデータはなく累計が困難である。そこで、データのあるものから推測することとし、全国のプラスチック製品の総生産量¹⁰⁾と、都の埋立て廃プラスチック

の比率を求めてみる。これは、44年と54年のいずれも約2%⁸⁾⁹⁾(合成ゴムくずを含む)となっているので、この比率を各年の総生産量の累計に掛けて、43年から55年までは、総生産量4036万トン×0.02=80.7万トンとなる。また、合成ゴムくずの廃プラ中の割合は昭和44年で約8%⁸⁾なので、その割合で差し引くと80.7万トン×0.92=72万トンとなる。なおここで言うプラスチック総生産量は、接着剤等を含まない数値である。

2.4. プラスチックの存在量のまとめ

以上、家庭内、建築物中に存在するプラスチック量の推定を行なったが、それ以外に、事務所、工場、商店、研究機関、交通機関、都市施設などにプラスチックが存在しているが、その量は、今のところ把握できない。産業廃棄物の埋立てによる量も推定値はあやしい。

そこで、一応本稿では家庭内および建築物、都市ゴミの埋立てによるプラスチック量の和、すなわち約 3×10^6 トンの値を存在量とした。

なお、この 3×10^6 トン値の妥当性のチェックを試みた。

1960年～1980年までの日本全国のプラスチック(接着剤などを含む)消費量の概算は、文献27より筆者等が推定すると約7000万トンである。東京都の消費量は700万～1000万トンになる。とすると消費量の30～40%が存在していることになる。産業廃棄物その他を考慮していないことを考えると、この推定値はそれ程非常識とは考えられない。

3. アスファルトの存在量の推定

都内アスファルト系道路は、高級アスファルト面積、7122536m²、簡易アスファルト面積39569697m²、合計 1.1×10^8 m² (1979)¹²⁾ となり、舗装の厚さは、平均5cm¹³⁾とした。舗装は、アスコンといわれる、アスファルトと砂利の混合物によって行なわれるが、このアスコン中のアスファルト含有量を8%¹³⁾、アスコンの比重を2.8¹⁴⁾、アスファルトの比重を1.03¹⁵⁾とすると、 1.1×10^8 m² × 5cm × 0.08 × 2.8 × 1.03 = 1.2×10^6 トンがアスファルト量となる。

4. 石油類の存在量のまとめと密度

表6に石油類(アスファルト、プラスチックを含む)の存在量のまとめを、表7に存在密度を示した。単位面積当たりの計算には島しょを除く面積1751km³⁾²⁾を用いた。人工物総量は、文献20)による。

表7 東京都物質系における石油類の存在密度

	存在量(トン)	単位面積当り (トン/km ²)	比率
液状石油類	7.8×10^5	4.5×10^2	1
アスファルト	1.2×10^6	6.9×10^2	1.5
プラスチック	3.0×10^6	1.7×10^3	3.8
参考			
人工物総量	5.8×10^8	2.9×10^5	600

表6 東京都(島しょを除く)における石油類の存在量

(¹⁾ × 10³ kL, (²⁾ × 10⁹ kg)

品目	製造所	貯蔵所	給油・販売 取扱所	自動車	家庭内	道路	建築物	埋立地	合計
第一石油類 ¹⁾	0.35	180	96	58	—	—	—	—	330
第二石油類 ¹⁾	0.90	160	65	32	16	—	—	—	270
第三石油類 ¹⁾	1.4	230	22	—	—	—	—	—	250
第四石油類 ¹⁾	0.25	11	2.2	—	—	—	—	—	13
アスファルト ²⁾	—	—	—	—	—	1.2	—	—	1.2
プラスチック ²⁾	—	—	—	—	0.46	—	1.6	1.1*	3.0

* 産業廃棄物を除く

II 石油中ニッケル (Ni) およびバナジウム (V) の都市における存在量および流れ

1. 都市における石油関連のNi, Vの存在量

原油の中には、重金属の中でもNiとVが特に多く含まれている。産地別Ni, V濃度の一例を表8に示す。

これらの原油は、精製され各種石油製品となるが、沸点の低い、ナフサ、ガソリン類から順に灯油、軽油、重油、潤滑油、グリース・パラフィン・アスファルトと、重金属は次々濃縮される。表9に、諸資料¹⁶⁾より推定した濃度の一覧表を示し、以後この数値を用いて計算を行なう。

石油物質中のNi, Vの存在量は、表6の石油類の存在量に濃度(表9)を掛けて求める。結果は表10に示した。

2. 環境におけるNi, Vの存在量

一方、比較の意味で石油以外の環境におけるNi, Vの存在量を推定してみる。

2.1. 大気中の存在量

大気中のNi, Vの存在量の推定は、東京都における54年度の平均濃度¹⁷⁾を用い、島しょを除く東京都の面積1751km²の上空500mの範囲を考慮することにする。Niの濃度は年平均粉じんの大きさが10μ以下が11ng/m³, 10μ以上が3ng/m³, 合計14ng/m³(範囲は1~24ng/m³), Vは11ng/m³(範囲は1~16ng/m³)である。大気中存在量は、Ni: 14ng/m³ × 1751km² × 0.5km = 12kg, V: 11ng/m³ × 1751km² × 0.5km = 9.6kgとなる。

2.2. 淡水中の存在量

淡水中のNi, Vの存在量の推定は、東京都における貯水池の貯水量を考慮することにする。Niの

表9 石油中Ni, V濃度一覧

	(単位 ppm)		
	Ni	V	比重
ナフサ・揮発油 ジェット燃料	0.1	0.05	0.7
軽油・灯油	0.1	0.05	0.8
プラスチック	0.1	0.05	—
重油 A	0.1	0.2	0.87
B	8	20	0.87
C	15	50	0.87
潤滑油	54	150	0.9
グリース・パラフィン・アスファルト	92	250	—

表8 原油中のNi, Vの濃度の一例

産地	(単位 ppm)	
	Ni	V
中近東		
アラビア A	65	20
” B	11	3
イラン A	100	30
” B	39	13
アジア		
インドネシア	1以下	8
中国	1以下	3

表10 石油類中のニッケルおよびバナジウムの量

(単位 kg)

品目	元素	製造所	貯蔵所	給油・販売 取扱所	自動車	家庭内	道路	建築物	埋立地	合計
第一石油類	Ni	0.025	13	6.7	4.0	—	—	—	—	24.
	V	0.012	6.3	0.34	2.0	—	—	—	—	8.7
第二石油類	Ni	0.063	11	4.5	2.2	1.1	—	—	—	19.
	V	0.032	5.6	2.2	1.1	0.56	—	—	—	9.5
第三石油類	Ni	9.7	1600	150	—	—	—	—	—	1800.
	V	32	5200	500	—	—	—	—	—	5700.
第四石油類	Ni	12	530	110	—	—	—	—	—	650.
	V	34	1500	300	—	—	—	—	—	1800.
アスファルト	Ni	—	—	—	—	—	110000	—	—	110000.
	V	—	—	—	—	—	300000	—	—	300000.
プラスチック	Ni	—	—	—	—	46	—	150	110	300.
	V	—	—	—	—	23	—	75	55	150.

濃度は、野川の平均、 $3\mu\text{g}/\text{l}$ ¹⁸⁾ (範囲は2.4~3.9 $\mu\text{g}/\text{l}$)、Vの濃度は、利根川水系の $1.5\mu\text{g}/\text{l}$ ¹⁹⁾を用いることとし、貯水量は 225295m^3 を²⁰⁾用い、Niの存在量は $3\mu\text{g}/\text{l} \times 225295 = 0.68 \times 10^3\text{kg}$ 、Vは $1.5\mu\text{g}/\text{l} \times 225295 = 0.34 \times 10^3\text{kg}$ となる。

2.3. 土壌中の存在量

土壌中のNi、Vの存在量の推定は、Ni濃度平均35.7ppm (範囲8~240ppm)、V濃度平均220ppm (50~390ppm)²¹⁾を用い、島しょを除く 1751km^2 の面積で地下20cmまでを考える。比重は、1.5とした。Niの存在量は $35.7\text{ppm} \times 1.5 \times 1751\text{km}^2 \times 20\text{cm} = 19 \times 10^3\text{t}$ 、Vは $220\text{ppm} \times 1.5 \times 1751\text{km}^2 \times 20\text{cm} = 116 \times 10^3\text{t}$ となる。

2.4. 動植物中の存在量

人間及び動植物中のNi、Vの存在量は、人間の体内中のNi 0.03ppm²²⁾、V 0.03ppm²²⁾、東京の人間の重量を $6.3 \times 10^8\text{kg}$ ²³⁾として、Ni: $0.03\text{ppm} \times 6.3 \times 10^8\text{kg} = 19\text{kg}$ 、Vも同じく19kgとなる。

家畜の体内のNi、Vの濃度も人間と同じと仮定して、家畜の量 $2 \times 10^7\text{kg}$ ²³⁾とすれば、Ni、V共に6kgとなる。野生動物は不明である。植物では、ウマゴヤシの例、Ni 0.5ppm²²⁾、V 0.2ppm²²⁾、

を用いて、東京都の植生現存量 4.8×10^6 トンから求めると、Ni: $4.8 \times 10^6\text{トン} \times 0.5\text{ppm} = 2.4\text{トン}$ 、V: $4.8 \times 10^6\text{トン} \times 0.2\text{ppm} = 0.96\text{トン}$ となる。

2.5 石油以外の人工物由来のNi、Vの存在量

石油以外の人工物由来のNi、Vの存在量の推計は、次のように行なった。人工物として都内に存在する金属類の中で比較的量の多い鉄、銅、鉛に関する推計は、半谷他²⁰⁾が行なっている。これは昭和45年頃の数値であり、鉄材・鉄製品が16,400千トン、銅製品(電線含まず)が60.7千トン、鉛製品39.5千トンと推計されている。45年の国内需要²⁴⁾をみると、粗鋼生産92406千トン、銅828.0千トン(915.8千トン生産)、鉛213.1千トン(235.4千トン(235.4千トン生産)であり、半谷等の推定はそれぞれの17.7%、7.3%、18.5%に当たる。鉄と鉛の生産に対する割合は似かよっているが、銅が半分以下である。この点に関し、昭和40年、45年の銅需要の内訳を見ると、電線の割合が69.4%、70.0%であり、半谷等の推定は、過小評価であろう。また、昭和53年の内需(粗鋼は生産量)との比較では、15.6%、4.8%、14.6%と、やはり鉄と鉛の値が近く、約15%である。これよりNi、Vの存在量も内需の15%として推定することにし

表11 石油類以外の物質中のNiおよびVの量

		範囲・条件	濃度	存在量 (kg)
大	気	東京の上空0.5kmまで	Ni $14\text{ng}/\text{m}^3$	12
			V $11\text{ng}/\text{m}^3$	9.6
土	壌	東京の表面下20cm 比重 1.5	Ni 35.7ppm	1.9×10^7
			V 220ppm	1.2×10^8
貯	水	貯水量 225,295トン	Ni $3\mu\text{g}/\text{l}$	680
			V $1.5\mu\text{g}/\text{l}$	340
動	物	人間 $6.3 \times 10^8\text{kg}$ 家畜 $2 \times 10^7\text{kg}$	Ni 0.03ppm	20
			V 0.03ppm	20
植	物	4.8×10^6 トン	Ni 0.5ppm	2.4×10^3
			V 0.2ppm	9.6×10^2
人	工	建築物 (鉄・鉛の生産比率より)	Ni —	4.4×10^6
			V —	4.0×10^6
		建築物・道路中の砂利・ 石材、 2.7×10^8 トン	Ni $75\mu\text{g}$	2.0×10^7
			V $135\mu\text{g}$	3.6×10^7

表12 東京都物質系におけるNi, Vの存在量

	Ni存在量($\times 10^3$ kg)	比率	Vの存在量($\times 10^3$ kg)	比率
石油類	112.	1	308.	1
製造・貯蔵他	2.4		7.6	
自動車	0.006		0.003	
道路(アスファルト)	110.		300.	
住宅(プラスチック)	0.046		0.023	
建築物(")	0.15		0.075	
埋立(")	0.11		0.055	
大気 ¹⁾	0.012	10^{-4}	0.0096	3×10^{-5}
水	0.68	6×10^{-3}	0.34	1×10^{-3}
土壌 ²⁾	19000.	170	120000.	400
植物	2.4	2×10^{-2}	0.96	3×10^{-3}
人工物				
(生産量から)	4400.	40	400.	1
(砂利・石材) ³⁾	20000.	200	36000.	100

1) 上空 500mまで

2) 地下 20cmまで

3) 表11参照

た。そこで Ni: 29464 (53年内需)²⁴⁾ トン \times 0.15
 $\Rightarrow 4.4 \times 10^3$ トン, V: 2655 (53年内需)²⁴⁾ トン \times
 $0.15 \Rightarrow 4.0 \times 10^2$ トンが得られる。

ただし、Vに関しては、内需のかなりの割合が建築物でなく解媒に使用されていれば、この推定値は過大になる。輸入の五酸化バナジウム (V_2O_5) は4633トン²⁵⁾ (Vに単純に換算してみると2224トン) (1979)のうちフェロバナジウム Fe V に生産されるのが3644トン(Vに換算して1749トン)であり、残りのVが全部解媒に使われたとしても約20%程度であるから、推定の数値が著しく大きすぎることはない。

2.6 まとめ

石油類以外の物質中のNiおよびVの量の一覧を表11に示した。更に、石油類との比較を表12に載せた。

3. 都市における石油および石油中Ni, Vの流れ

東京都には毎年多量の石油が流入し、都内でかなりの量が消費されている。石油の流入量²⁶⁾ および、先に計算した存在量、それらと比較する意味で財貨流入量¹¹⁾ を表13に示した。平均滞留時間は、次のようにして求めた。

表13 東京都物質系における石油の流れ

化石燃料年間流入量 ¹⁾	1.3×10^7 トン
化石燃料存在量	7.8×10^5 トン
平均滞留時間	22 日
財貨流入量 ²⁾	1.17×10^8 トン
石油流入比(重量)	0.11

1) 昭和54年

2) 昭和44年

$$365 \text{ 日} \times \frac{\text{化石燃料存在量}}{\text{化石燃料年間流入量}} = 22 \text{ 日}$$

石油流入比は、化石燃料年間流入量を財貨流入量で割ったものである。

東京都における石油起源のNi およびVの流れを、大きく4つに分類すると、燃焼によるもの、アスファルト等の摩耗、潤滑油などの挙動不明なもの、埋立てたプラスチック中のものになる。その他に揮発による放出もあるが、ここでは扱わない。表14, 15には燃料油および潤滑油等の消費後の環境へのNi, Vの放出量を示した。

燃料油の全販売量中には、Niが39トン、Vが126トン含まれている。集塵装置や、脱硫装置のない場合はこれらは全部環境へ放出される。火力・ガス業の液体燃料使用量は東京都全体の約50%で、更に火力・ガス業使用液体燃料のうち12%が重油である。しかし、実際の集塵装置の設置状況

表14 石油製品販売量およびその中のNi, Vの量

** 1979年 文献²⁶⁾

* 筆者推定

		販売量** × 1000k l	比 重	濃度 ppm		Ni (kg)	V (kg)
				Ni	V		
燃 料 油	重 油	5909	0.87			38,600	125,000
	A	2743		0.1	0.2	239	477
	B	491		8	20	3,420	8,540
	C	2675		15	50	34,900	116,000
	ナ フ サ	578	0.7*	0.1*	0.05*	40	20
	揮 発 油	3264	0.7*	0.1	0.05	228	114
	ジュット燃料	722	0.7*	0.1*	0.05*	51	26
	軽 油	1523	0.8*	0.1*	0.05*	122	61
	灯 油	1953	0.8*	0.1	0.005	156	78
	小 計	13949				39,200	126,000
そ の	潤 滑 油	369 × 1000k l	0.9*	54	150	17,900	49,800
	グ リ ー ス	4 × 10 ³ トン	—	92*	250*	368	1,000
	パラフィン	9 × 10 ³ トン	—	92*	250*	828	2,250
	小 計	3.5 × 10 ⁵ トン				19,100	53,100
他	アスファルト	447 × 10 ³ トン		92	250	41,100	112,000
合 計		1.3 × 10 ⁷ トン				99,400	190,000

や集塵効力等が不明なために、ここでは、放出量の50%が集塵されると仮定し、また、潤滑油、グリース・パラフィンはすべて放出されると仮定した。

アスファルト舗装から、車の通行に伴い摩耗し、飛散するNi, Vの量の推定は難しい。摩耗あるいははがれは、わだち掘れと言われ、いくつかの報告があるが、これは大型車の交通量に大きく依存しており、都内におけるわだち掘れの実測値による平均的数値を算出することは不可能である。そこで、小島¹⁴⁾の研究など他の二三の文献を参照し、わだち掘れを大胆に1cmと仮定することにした。平均道路巾10mとして、2車線に4本のわだち掘れができ、各わだち掘れの中を50cmとすれば、巾2m分のわだち掘れとなる。つまり10mのうち2m、すなわち1/5の面積が1cmの深さで削られることになる。削られるアスファルト量は 4.8×10^4 トンである。(参考: 都内アスファルト販売量は1978年が354千トン、1979年が447千ト

表15 東京都物系における石油起源 Ni およびVの流れ

	Ni トン/年	V トン/年
重油等の燃焼	40	130
	20*	60*
アスファルトの摩耗	4.4	12
潤滑油など挙動不明	19	53
プラスチックの埋立	0.110	0.055

* 集じん後の放出量: 集塵率50%とする(推定)

ンである)。これに対して、Ni, Vも比例して飛散すると考えると、年間Niは4.4トン、Vは12トンとなる。

事故による環境への流出は、消防庁の資料¹⁾により、1979年は、ガソリン754l、灯油2.87kl、軽油86lである。これらの中のNi, Vの量は他と比較して少ない。

おわりに

本稿で展開した計算は随所に大胆な仮定が設定されている。従って得られた数値の信頼性は、正確と思われるものでもせいぜい1桁であろうし、その他は2倍ないし1/2、さらにはもっと誤差があるかもしれない。それらは今後の資料の集積および数値の整合性の検討により訂正されねばならない。

しかし、たとえそれだけの不正確さが存在しても、計算する意義はあると思う。というのは、それなりに、都市の地球化学的特徴が、少しでも明らかになってゆくからである。従来の比較的単純な自然現象を扱う精度を要求して、複雑な都市を扱うならば、それだけで研究の対象から除外しなければならず、研究方法の本質として、明らかにすべき事項と計算の精度は常に関連していることをもう一回認識する必要がある。

なお、本計算結果を土台にして、都市の特徴を明らかにするアプローチは多く存在するが、残念ながら現在では、それを行なう段階に至っていない。

それについては、後報に譲りたい。

終りに臨み、資料作成に御便宜をいただいた石油連盟、アスファルト協会、三井物産製鉄原料部、東京都清掃局企画部、東京都公害研究所および東京消防庁木平秀夫氏に厚く謝意を表す。

文献一覧

- 1) 東京消防庁
1980 第32回東京消防庁統計書(54年)
- 2) 半谷高久・大竹千代子
1978 家庭における物質の現存量, 東京都立大学都市研究センター 資料No.10.
- 3) 東京都
1980 東京都行政の指標
- 4) 東京都清掃局 清掃局年報(各年)
- 5) 東京都清掃局
1983 清掃研究所報告書
- 6) 東京都清掃局
1976 ごみ性状に関する調査報告書
- 7) 東京都清掃局
1976 ごみ組成年次別表
- 8) 東京都清掃局
1971, '73, '79 産業廃棄物処理処分状況調査結果
- 9) 東京都清掃局
1981 54年度産業廃棄物処理処分状況
- 10) 通産大臣官房 プラスチック統計年報(各年)
- 11) 半谷高久・大竹千代子他
1980 居住システムにおける物質の流れと変化の研究, 総合都市研究
- 12) 東京都 数字で見た東京(56年)
- 13) 増田芳太郎
1980 アスファルト 23-123
- 14) 小島逸平
1977 アスファルト 20-110
- 15) 林 誠之
1979 各種原油によるアスファルトの元素分析 アスファルト 22-119
- 16) 石油連盟技術環境部
1979 a 原油性状および石油製品出荷性状表および石油製品出荷性状表
1979 b 石油連盟, 石油資料月報
- 17) 東京都公害研究所
1982 浮遊粒子状物質等測定データ集(54年度測定)
- 18) 都公害研・川原浩氏私信
- 19) 上野清一他,
1980 環境中のバナジウム測定 公害と対策 16(2) 189-192
- 20) 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, 東京都立大学研究報告 75, 3-12
- 21) 東京都公害局
1980 土壤汚染対照地調査結果
- 22) 半谷高久・大竹千代子
1978 日本環境図譜, 共立出版
- 23) 半谷高久・松田雄孝
1977 都市環境入門, 東海大学出版会
- 24) 資源エネルギー庁 鉱業便覧(各年)

- 25) 三井物産製鋼原料部合成第二営業室資料
(1981)
- 26) 東京都
1980 東京都統計年鑑
- 27) プラスチックス, 6, 32, No. 6, 日本プラスチック工業連盟誌 (1981)

Standing mass of petroleum materials, and standing mass and amount of flow of nickel and vanadium of petroleum origin in Tokyo

Takahisa Hanya, Chiyoko Ohtake and Hiromi Honnami

Petroleum is an essential materials which supports the activities of modern cities. However it cannot be denied that petroleum at the same time causes serious environmental disruption in the process of its consumption. To evaluate the positive and negative effects of petroleum on an urban system, geochemical studies on the behavior of petroleum and other petroleum base materials are needed as a first step. Standing mass of liquid petroleum materials, asphaltens, plastics and waste plastics in Tokyo were estimated at 8×10^5 , 1×10^6 , 2×10^6 and 1×10^6 kg, respectively. The annual amounts of emission into the atmosphere of nickel and vanadium were calculated at 20 and 80 kg, respectively.