

京大工学部 学 ○伊東明人
京大工学部 正 寺島 泰

I. はじめに

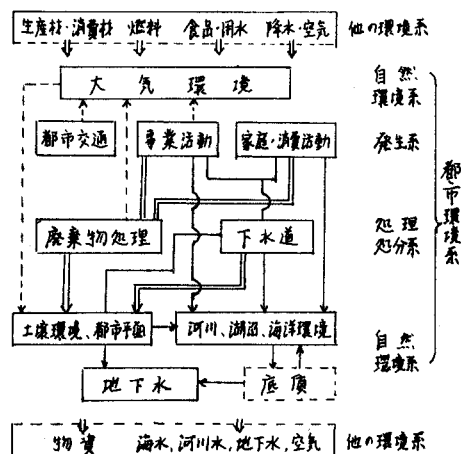
重金属汚染は、その特徴として分解・消滅することなく蓄積性があることから河海・湖沼の底質や生物、農業工環、都市平面などに属する可能性が強いため、金属汚染の制御において現行の濃度規制に加えて量的規制を行なう際には環境系内の重金属の定量的把握が必要となる。本研究ではオー段階の試みとして図1のような都市環境を考え、その一例として京都市域ととりあげて現時点で資料的に把握できる実態を追求するとともに、移行の収支や移行速度などについて検討を試みた。紙面の関係で主として液体系のみを示す。

II. 排水中重金属の移行

京都市域の鴨川・桂川流域を対象とし、工場排水中の負荷量、下水処理場に流入、放流される量、流下する河川中負荷量と算出した。結果を表1～4に示す。

工場排水については、水質汚濁防止法および京都市公害防止条例による特定工場のうちから排水中に金属を含むと思われる10業種/33工場を取りあげ、得られた排水分析値より業種別に平均濃度を算出し、これにもとづいて負荷量を計算した。金属別にみると鉄、クロム、銅、亜鉛、ニッケルの順に負荷量が多いが、亜鉛、銅の場合には化学工業の測定件数の割に、クロムの場合には繊維工業の測定件数の割に負荷量が多いことが注目される。河川放流量に比較して下水道放流量が少ないのは測定件数および河川放流量を含めた平均濃度採用によるものと思われる。下水処理場としては鳥羽処理場と吉祥院処理場を対象とした。放流先は前者の場合は面高瀬川および桂川、後者は面高瀬川である。重金属のうり規則項目については月2回の平均値、一般項目については月1回の測定値があるので各月における流量の日平均値との積から負荷量と算出した。下水処理場への流入負荷量は亜鉛、鉄、銅が多く、クロム、マンガンが次いでおり、クロムと銅にすればその順位は工場からの負荷量の傾向に一致する。但し、工場の負荷推定値は処理場流入負荷の1/20～1/5、クロムは2倍となっている。処理場における除去率はクロ～90%であるが、溶解性のものと対象にしているマンガニ

図-1 都市環境における重金属の移行経路

表-1 産業排水中重金属の放流負荷量
(河川放流量)

業種	金属	t-Cr	Cu	Ni	Zn	Fe	Pb
金属製品		1.6 (17)	5.2 (10)	1.4 (10)	8.5 (7)	26.5 (17)	1.5 (3)
化学		5.7 (4)	9.5 (1)	—	12.6	—	0.1 (2)
出版・印刷		2.7 (11)	13.1 (4)	1.0 (2)	1.7 (8)	69.4 (4)	0 (1)
電機		—	15.7 (4)	2.0 (2)	0.6 (2)	23.3 (2)	2.9 (4)
精密機械		1.0 (3)	0.2 (1)	0.5 (3)	0.4 (1)	16.7 (2)	0 (1)
一般機械		7.0 (1)	0.9 (1)	1.5 (1)	0.2 (1)	1.0 (1)	—
鉄鋼・鍛造		0 (1)	0 (1)	—	2.9 (1)	—	0 (2)
繊維		47.5 (8)	—	—	—	—	—
食料品		0 (1)	0 (1)	—	—	0.4 (1)	—
サ・ビ・教育		0.4 (2)	—	—	—	—	—
計		66	45	6.4	27	137	4.5

()内は濃度サンプル数

表-2 放流先別産業排水中重金属負荷量 (kg/day)

放流先	金属	t-Cr	Cu	Ni	Zn	Fe	Pb
鴨川		0.61	1.4	0.37	2.2	7.4	0.37
面高瀬川		14	23	3.8	17	40	3.1
天神川		62	17	2.1	5.1	81	0.86
桂川		0.90	1.6	0.22	2.4	8.4	0.13
河川合計		67	43	6.4	27	137	4.5
下水道		74	8.2	2.2	11	43	1.8
計		141	51	8.5	38	180	5.7

ついては14%である。水銀は1kg/dが流入しており、約90%が除去される。河川水中の負荷量については鴨川、桂川およびこれらの支川における水質・流量測定地点16地点について計算した。重金属測定は主要地点で毎月1回、他地点で年4回行われている。河川水中濃度は季節、日による変動が激しく、また検出限界以下の場合の多いことが特徴である。表中からこ内はバックグラウンドとして最上流奥(岩倉川)水質を差し引いて求めた人為的負荷量を示す。表では省略したが、一般に下流に行くほど汚染によって負荷量が増大している。kg/dから数10kg/dのオーダーとなるが、とくに西高瀬川において大まのが注目される。工場からの放流量と比較してみると、銅については鴨川において放流負荷量は流下負荷量の11%、西高瀬川、天神川においてはそれぞれ49%、110%であり、鉛については鴨川、西高瀬川、天神川、桂川において3%、18%、7%、9%であって、鉛の場合は工場由来の重金属量はさきわめて少ない結果が出ている。なお、底質中の重金属量についても西高瀬川を対象に試算したが、蓄積量のほとんどが汚染量であり、全長の14%にあたる下流部にいずれの金属も80~90%が蓄積しているという結果が出た。

各負荷量についてのデータが比較的そろっている銅について環境系内における収支をまとめると図2のようになる。工場排水から下水処理場に流入する量は先述した理由により実際にはこれより多いと思われる。都市下水中重金属と処理人口で除した値を都市下水中重金属原単位として表5に示すが同様の理由でこの値は実際より大きいと思われる。

Ⅲ. 排ガス中および固体廃棄物中の重金属負荷量

大気中の重金属量を重金属降下量で除したものと滞留時間として表6に示す。同様に土壤中現存量と降下量の比を蓄積時間として示す。鉛の滞留時間を短いのが注目されるが、他は数時間から数日のオーダーである。一方蓄積時間は流下率として考えても数十から数百年という大きい値となり現実的ではなく今後推定の精度化が望まれる。焼却ごみ中重金属を処理人口で除した値を都市ごみによる重金属負荷原単位の近似値として表7に示しておく。気体系、固体系に関する総合的見地からの結果ならびに検討結果については別の機会に報告する予定である。

以上本研究では把握できない部分が多く、今後より詳細な研究が待たれる。

表-3 下水処理場における重金属負荷

単位: 負荷量 kg/day (t-Hgはg/day) 除去率 %

金属	Zn	Fe	t-Hg	Mn	Cu	t-Cr	Ni
処理場							
流入下水中負荷量	260	217	1,010	31.2	93.2	36.2	23.3
放流水中負荷量	46.6	26.8	79.7	26.9	13.6	5.51	6.79
除去率	82.1	(87.7)	92.1	(13.9)	85.4	84.5	70.9

表-4 河川水中の重金属負荷量

単位: kg/day

金属	Cu	Pb	t-Hg	Cd
測定地点				
鴨川京川橋	13 (8.0)	22	13~14 (10)	22
天神川園倉下	15 (14)	16	13 (13)	21
西高瀬川天神橋	47 (44)	21	17 (15)	22
桂川宮前橋	-	-	13~17 (3)	-

()内は人為汚染負荷量、別様はサンプル数

図-2 液体系における銅の収支

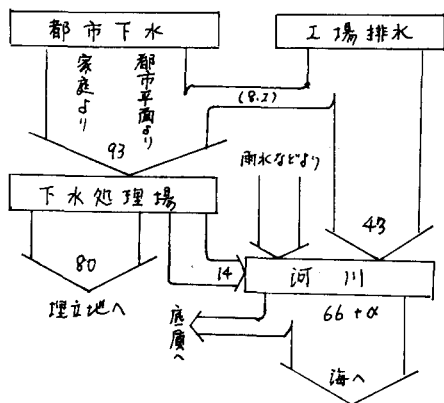


表-5 都市下水中の重金属原単位試算値

単位: mg/L/日

金属	Cu	Fe	Zn	Ni
原単位	120	250	260	31

表-6 大気中滞留時間と土壌蓄積時間

金属	Pb	Mn	Cr	Ni	Cu	Cd	Zn
滞留時間(日)	0.043	0.11	0.14	0.56	0.89	2.7	-
蓄積時間(年)							
工業地域	140	-	280	-	1500	160	390
住居地域	12	-	180	-	180	57	62

表-7 都市ごみ中重金属原単位試算値

金属	Cu	Pb	Cr	Mn	Cd
処理人口当り mg/L/日	130	470	3.5	54	16
単位ごみ当り g/ton-日	200	750	8.7	86	25