

大学が環境へ及ぼす影響

1. はじめに
2. 水道使用量と廃水処理量
3. 実験廃水処理にともなう薬品、ろ材の使用
4. 実験にともなう特殊廃棄物
5. おわりに

落合正宏*
若杉和夫**

要 約

理工系学部の実験に基づく薬品、水道等の使用とそれともなう、実験廃棄物の量的側面より、大学が環境へ与える影響を考察した。東京都立大学を例として、水使用量と廃薬品量を計算した。理工系学部の実験による水道水の使用量は、実験以外の大学において教職員、学生が消費する水道水の約40%となる。実験により排出される難燃性有機溶媒は820ℓ/年であり、焼却処理による有害化合物の発生可能性がある。

1. はじめに

大学、特に、理工系の学部を有する大学は、理工系学部の実験に基づく、多量の薬品のほか光熱・水道等のエネルギーを消費している。大学は生産工場ではなく、教育・研究の場であり、直接に物が生産されるわけではない。使用された薬品、エネルギーが物としてアウトプットされるわけではないので、最終的には廃棄物となる。多量のこれらの薬品やエネルギーが使用されることは、必然的に環境へ影響をおよぼすことになる。大学が教育・研究の目的のためとはいえ、必要以上に環境へ影響を及ぼすことはつしまなくてはならない。教育・研究の目的によりどの程度まで環境へ

影響を与えてよいかについての様な倫理観に関しては、多くの意見があろう。

大学で教育、実験を行うと、たとえば、化学の実験を行うと、必然的に廃水、薬品廃棄物ができる。化学実験にともなう廃水を処理せずにそのまま公共水域へ排出することは、廃水中に有害な化学物質が含まれている可能性があり、不可能である。実験にともなう廃水中に有害物質を含まないように注意することは、実験者の義務であるが、実験に際し、必ずしも流さないようにすることはできない。そのために、大学、事業所では廃水を処理するための施設を備えており、また、施設の設置が法律により義務づけられている。

実験にともない発生する有害成分は、廃水のみならず、有害な廃ガス、薬品廃棄物である。有害

*東京都立大学理学部化学科

**東京都立大学環境保全施設

ガスはドラフト、それに付加された除外設備を通して大気中に放出される。現状では、この排気ガスに対する十分な規制はなされておらず、大学においては、特別な処理の規制はない。しかし、本学においては、ドラフトの先にアルカリ洗浄、活性炭吸着装置を設置し、酸、有機溶媒等の有害物質の大気への放出を防いでいる。

薬品廃棄物は、実験に際し、必要以上に試薬を調整し、結果として、不要になった物、あるいは、実験の結果、必要でない成分、さらに、はなはだしい場合には、実験に用いる試薬を多量に購入しすぎ、あるいは、薬品管理のまずさにより、購入薬品の一部をそのまま放置し、結果として使用されることなく廃棄される物質がある。これらの薬品を、一般の廃棄物と同様に廃棄するわけにはゆかない。これらの薬品は、それぞれ、その性質に基づき適切に処理を行い、廃棄しなくてはならない。一般廃棄物で考えられる分別収集とは別の次元の分別収集が必要とされる。

本研究においては、本学を例にあげ、大学が教育・研究を行うに当たり、どの程度のエネルギーが使用されているかについて、特に、水および実

験にともなう廃棄物問題を中心に環境保全施設で取り扱う廃水、廃棄物の成分、量、また、廃水を処理するために使用する薬品の量を過去4年間にわたり整理し、それらの環境へ与える影響を考察することにする。本学環境保全施設の実験廃水処理施設の概要については、すでに記しており(落合正宏、若杉和夫、1991、1992)、ここでは、処理に使用したろ材および薬品類について述べる。

2. 水道使用量と廃水処理量

大学が運営されるためには、理工系の実験がなくとも水が使用される。これらの水の使用量は、大学に在籍している教職員、学生の数によりある程度決まってくるものである。一般に、人が一日あたり消費する水の量は300ないし400ℓである。大学は、教職員、学生にしても一日24時間存在し、生活しているわけではないので、必要な水使用量は上記の消費量の一部分である。大学で炊事、洗濯、入浴の全てを行う人はいないだろうから、100ℓ/日/人と仮定する。小、中学校の設計時において、水道水の使用量は70-100ℓ/人/日で行う

表1 水道使用量・処理薬品量・交換ろ材量 (1991-94)

	1991年	1992年	1993年	1994年	合計	年平均	単位
総水道使用量		177,000	183,703	200,863	561,566	187,189	m ³
処理水量	61,815	76,238	73,381	72,615	284,049	71,012	m ³
処理薬品量							
塩化第二鉄	13,500	13,500	13,500	13,500	54,000	13,500	kg
高分子凝集剤	210	210	210	210	840	210	kg
水酸化ナトリウム	21,600	21,600	21,600	21,600	86,400	21,600	kg
メタノール	450	450	450	450	1,800	450	kg
塩酸				2,400	2,400	600	kg
次亜塩素酸ソーダ	1,920	1,920	1,920	1,920	7,680	1,920	kg
交換ろ材量							
生物ろ過 アンスラサイト			16.0		16.0	4.0	m ³
二層ろ過 砂	5.0	5.0	5.0	5.0	20.0	5.0	m ³
活性炭交換量	9.0	9.0	9.0	9.0	36.0	9.0	m ³
重金属キレート交換量				0.5	0.5	0.13	m ³
水銀キレート交換量				1.0	1.0	0.25	m ³
凝集沈殿発生汚泥量	27.0	27.0	27.0	27.0	108	27.0	m ³

とされており、本学での試算においてもこの最大値を考えることに対して、大きな誤りはないであろう。教職員、学生、依託職員の合計数を約7,000人とすると、大学で使用する一日の水道水は700 m³、年間200日とすると、140,000m³と計算される。しかし、大学が消費する水道水は、年平均で190,000m³で（表1）、計算値よりも25%ほど大きいことになる。水道水の一部は、環境保全施設にて処理され、トイレの洗浄水として使用されており、この再利用水を考慮に入れると、大学が使用している水は230,000m³となる。この数値より計算すると、40%となり、この差はもっと大きくなる。理工系の実験廃水が年間70,000m³であり、水使用の差が90,000m³と計算されることは、上記のおおざっぱな仮定を元にした、水使用の計算はかなり良い一致といえる。

保全施設への流入水量は薬品類を使用する予定のある実験室からの廃水が全て流れ込むもので、理・工学部の半分以上の実験室の流しが接続されている。この場合、必ずしも、実験廃水のみではなく、そこで生活したりした場合にも、保全施設へ流入する。保全施設への流入水量は92年に最も大きい数値を示した後、若干ではあるが、減少傾向にある。実験に使用される水は蒸留水の製造、器具の洗浄の他、冷却水や水道栓に直結した減圧装置によるものがある。前者の水使用は他の代わりの方法を見いだすことはできないが、後者については、循環装置を使用するなどにより代用ができる。さらに、減圧装置に関しては、直結使用では、有機溶媒が廃水中に混入してしまう。新しい下水道排除基準によりジクロロメタンなどの揮発性有機化合物の濃度基準値が制定され、水を節約すること以外においても、循環装置の使用がなされなくてはならない。

大学において、年間使用される水道水は八王子キャンパスに移転してから、一貫して増加の傾向にある。1991年は正確な使用量は不明であるが、92、93、94年と表1に示したように増加した。この増加は全体の使用量から考えるとそれほど大きいものではなく、今後の使用量の推移を観察することが重要であろう。

3. 実験廃水処理にともなう薬品、ろ材の使用

実験廃水を処理するためには、多量の薬品を投入しなくてはならない。処理の第一段階として、生物処理が行われる。生物処理は実験廃水に含まれる、有機質成分を除去することを目的としており（落合正宏、他、1995）、処理は、微生物が廃水中の有機質成分を吸着、取り込むことによりなされる。実験廃水は時により、有機質が少ないことがあり、生物を維持するために、有機栄養分としてメタノールを加えることがある。このメタノールは、常に使用するわけではないが、年間で450kg、使用されている。このメタノールが微生物により酸化され、全て二酸化炭素となったと仮定すると、約560kg/年の二酸化炭素が放出されたことになる。

第二の処理は塩化第二鉄と高分子凝集剤を用いる凝集沈殿処理である。凝集沈殿のために、塩化第二鉄を13,500kg/年、高分子凝集剤を210kg/年使用している。凝集沈殿した物質は汚泥として、廃棄される。この様にして発生する汚泥は、水分を含んではいないが、27m³/年となる。

汚泥の比重を1と仮定し、加えた凝集沈殿剤は塩化第二鉄と高分子凝集剤で13,710kgであり、汚泥は27,000kgとなるので、水分を含め、13,290kgの廃棄物を排出する。水分を90%とすると、実験による廃棄物量は年間約1.3tonとなる。

第三の処理工程は、凝集沈殿により処理された物質のうち、上澄み中に一部残留する懸濁物質を除去するための二層砂ろ過である。砂のろ材も使用しているうちに、目詰まりしたり、当初の粒径が保たれなくなり、毎年一回交換している。これに要するろ材の量は、5 m³にのぼる。この工程においては、砂ろ過された懸濁物は再度、元に戻されることになるため、目に見える廃棄物は発生しない。しかし、前述のように、ろ材の交換が必要となる。

第四の処理工程として、凝集沈殿により処理されない溶解性物質を、活性炭による吸着法を用い

て除去している。活性炭も永久に使用可能なわけではなく、毎年一回の割合で交換されている。活性炭吸着塔の体積は約9m³であり、この全量を交換する。活性炭は吸着物質を除去し再使用可能であるが、本学においては、再処理のために保管しておくスペースの関係より、廃棄処分を行っている。

第五の処理工程では、これまでの処理により除去されない、あるいは除去を免れた重金属、水銀をキレート樹脂により、除去している。このキレート樹脂もキレート能力がなくなる前に、交換しなくてはならない。キレート樹脂は、処理された実験廃水に含まれる水銀、重金属の濃度が低いので、それほど頻りに交換しなくてもよいが、定期的に一部分交換を行っており、その交換量は年間平均すると重金属、水銀で、それぞれ、0.13、0.25m³となる。キレート樹脂の場合、吸着した物質自体が有害物質であり、その処理は、有害物質と同じ処理をしなくてはならない。

すなわち、使用されたこれらの吸着剤は一部は処理委託会社により、再生されるが、大部分は焼却、埋め立てなどの廃棄処分がなされる。これらの吸着剤は、重金属や有害化合物を吸着しているために、安易に廃棄することはできない。これらの廃棄物が、環境の外変を引き起こすことは、言うまでもないが、廃棄物の量、質により、環境へ与える影響を定量的に計測することが必要となる

う。

この様に、実験廃水を処理と言っても、処理にともなう廃棄物が年間多量に排出される。本学が設計、建設された当時の廃水規制と現在の法律とは変更があり、廃水の基準値、規制項目とも増加し、現状の学内体制では対応しきれない。新しい規制に対応するためには、処理施設を改修することも一案ではあるが、これらの規制項目に含まれる化合物の使用を最小限にし、さらに、廃水中へ混入しない様に、適切な措置をとるとともに、実験を行う者は細心の注意をはらわなくてはならない。

4. 実験にともなう特殊廃棄物

実験を行うと、実験にともない、上述の廃水の他に、実験に使用された薬品類の廃棄物が発生する。これらの廃棄物は、言うまでもなく、一般廃棄物とは別のルートで回収される。もちろん、これらの廃棄物を、「水に流せば」の思想で、実験廃水と一緒に流すことはできない。環境保全施設では、実験にともない発生する廃棄物を、表2の分類により、回収している。

回収された薬品は、本来は本学において、処理、処分すべきかもしれないが、本学には、処理する人員、スペースがないために、処理会社に処理を委託している。最も多量に発生する、実験廃棄

表2 廃有機溶媒・濃厚廃液委託処理量 (1992-94)

	1992年		1993年		1994年			合計	年平均	単位
	3月	12月	3月	12月	3月	8月	12月			
可燃性有機溶媒・廃油	2,920	4,048	1,725	2,953	2,130	3,423	2,770	19,969	6,656	ℓ
難燃性有機溶媒	230	236	300	251	56	798	590	2,461	820	ℓ
重金属廃液	142	627	273	477	272	386	0	2,177	726	ℓ
有機廃液	120	200	103	140	0	340	0	903	301	ℓ
廃アルカリ	35	0	0	4	0	0	0	39	13	ℓ
廃酸	30	68	100	14	0	50	0	262	87	ℓ
固形無機、有機試薬	88.0	116.0	48.2	0	297.8	133.4	0	683.4	227.8	kg
水銀試薬	0.78	0	10.90	0	2.16	0	0	13.84	4.61	kg

物は、本学の場合、有機溶媒である。難燃性有機溶媒とは塩素、フッ素等を含む有機溶媒である。処理会社において、可燃性、難燃性有機溶媒はいずれも焼却処理されている。可燃性有機溶媒は6,656ℓ/年排出されており、この焼却により約12ton/年の二酸化炭素が発生する(可燃性有機溶媒の炭素比率を80%、比重を0.7と仮定した)。難燃性有機溶媒を考慮すると、さらに排出二酸化炭素の量は増加する。しかし、この可燃性有機溶媒に起因する二酸化炭素発生量は、一般的な自家用車が年間約1,000ℓのガソリンを消費していることと比較すると、環境への影響としてほとんど無視できる量かもしれない。それよりも、問題は、焼却の方法により発生する気体の成分は異なることになるが、難燃性有機溶媒の燃焼により含ハロゲンの有害物質が発生する可能性にある。

重金属廃液等も回収後、処理会社において硫化物あるいはその他の方法により固形化し、また、固形廃棄試薬は、最終処分地にて埋め立て処分を行っている。一般に、最終処分地は人口の少ない遠隔地域に設定されるが、本学が委託している処理会社においても、その案内によれば、最終処分地は北海道にあり、東京で発生した廃棄物を輸送している。最終処分地は臭気などの近隣への直接の影響から、地下水汚染の様態に時間の経過による環境への影響を最小限にするための処置がなされてはいるものの、有害物質を永久的に安全に閉じ込めておくことは、先日、新聞・TV等でも話題になった核廃棄物と同様に難しい問題である。

5. おわりに

理工系の大学において、教育・実験を行うことにより、一般廃棄物とは異なる特殊な実験廃棄物

が発生し、濃厚廃液として、あるいは、実験廃水中に含まれてくる。本研究において、本学で使用された、水道水量、廃棄された薬品量、廃水を処理するための薬品、ろ材の使用量をまとめたが、今後、この量が都市環境へ与える影響を定量化することが必要である。また、今回は、エネルギーとしての電気、ガスに関する把握を行っていないが、間接的に環境へ影響を与える因子として重要である。本学規模の大学において、これだけの環境へ与える因子が考えられることは、首都圏の全ての理工系学部を有する大学が同様な影響を与えていることとなる。教育機関としての大学が都市環境へ少なからぬ影響を与えているといえる。実験に直接起因する廃棄物を処理して、学外に対する影響を少なくすることが必要であることは言うまでもない。しかし、廃棄物はどの様な処理/処分方法を用いたとしても、環境の外変をさけることはできない。特に、実験にともなう廃棄物はそれ自体が有害物質である可能性が高く、廃棄物の量を少なくすることは当然であるが、廃棄物を出さないようにすることを究極の目標とすべきである。

参考文献

- 落合正宏・若杉和夫(1991) 東京都立大学新キャンパス環境保全施設「1. 廃水処理施設の概要と管理」、『水処理技術』32、663-668。
落合正宏・若杉和夫(1992) 東京都立大学新キャンパス環境保全施設「2. 廃水処理施設の初期運転実績」、『水処理技術』33、39-43。
落合正宏・山城邦子・後藤和幸・若杉和夫(1995) 生物ろ過処理による実験廃水中の有機物の除去。水処理技術 36、391-400。

Key Words (キー・ワード)

Water Consumption (水道使用量), Laboratory Waste Water (実験廃水), Laboratory Wastes (実験廃棄物), Waste Water Treatment (廃水処理)

Environmental Impacts from Scientific Divisions of University

Masahiro Ochiai* and Kazuo Wakasugi**

*Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University

**Environmental Science Research Center, Tokyo Metropolitan University

Comprehensive Urban Studies, No.56, 1995, pp.55-60

The environmental impacts were discussed in concerning with the laboratory wastes and water consumption that were used in case of the scientific experiments in the university. We estimated the quantities of water consumption and laboratory chemical wastes in a case of Tokyo Metropolitan University. The water consumption that used the experiments of scientific divisions accounted for 40% of those that were used by the staffs and students except scientific experiments. The organic halocarbon waste solvents were of 820 liters/year and have potential hazards after incineration treatment.