

特 集

多品種・少量・不定時排出特性をもつ廃水の処理 (大学における廃水処理の現状と課題)

環境管理センター長 高 橋 照 男

は じ め に

企業の工場・事業場に比べ教育・研究・医療等を目的とする大学及び研究機関等からの廃水は量的に少なく、従来法律的には聖域扱いされていた。しかし 1974 年末の法改正で、大学及び研究機関等からの実験排水も水質汚濁防止法の適用を受けることになり、この時点で企業並みの取扱いを受けることになった。

以後矢つぎばやに法規制の整備が行われ、1976 年には下水道法適用地域にある大学等が、そして 1979 年には大学病院等 300 床以上の病床数を持つ病院も対象となり、これで大学等は全面的に水質汚濁防止法の適用を受けることになった。

さらに 1981 年には、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海に排水を排出する特定事業場は、排出水量と化学的酸素要求量、COD を常時測定して汚濁負荷量を求め、記録・保存するという総量規制が適用されるようになり、1985 年には富栄養化しやすい湖沼を対象にその主因物質といわれる窒素・磷の排出が規制されることになった。

こうした状況の下で全国の大学等は廃水処理施設を相次いで新設し、学内の廃水処理態勢を整備した。そして各大学とも不慣れな廃水処理の仕事に一生懸命取り組み、充分とはいえないまでもどうやらこの約 10 年間に各々独自の処理方式並びに管理態勢を作り上げた。なおこの間に各大学で処理業務に携わっている教職員が、情報交換・技術研修・研究発表を行う場を望むようになり、1979 年に大学等廃棄物処理施設協議会が発足した。

本稿では大学等の廃水はどのような排出特性なのか、多種・少量・不定時排出特性という取扱いの比較的難しい廃水はどのように処理すればいいのかなど、大学に於ける廃水処理の現状とその課題について、日頃考えていることの一端を簡単に述べてみたい。

1. 排出動態

工場で製品を生産する場合は、一定量、一定品質の原料を Input として生産プロセスに供給して加工・処理する。その結果 Output として一定量、一定品質の製品が得られる。この際水等は

ユーティリティとして使用し、生産プロセスからは途中一定量・濃度の廃ガス・廃水等が排出される。

大学等に於ても、教育・研究・医療活動等を目的として諸種の化学物質や水等を使用するが、工場のように特定の製品を生産するわけではない。さらに学内には排出源を持つ関係部局は多く廃水は量・質とも時間変動が大きいという特長を持っており、その処理は簡単ではなく、両者は大きく相異しているといえる。しかし最近の軽薄短小型の付加価値の高い製品を製造する企業は大学の廃水特性と類似点が多いといわれている¹⁾。

ところで大学・研究所等から排出される廃液・廃水の実状・実態はまだ十分に把握されているとはいえないが、表1は自然科学系の学部を有する国立大学（95），並びに研究所（6）に勤務

表1 研究室当りの年間薬品類使用量（kg）

		無機系										有機系												
群	調査対象薬品類系	水銀及び水銀化合物	シアン化合物	フッ素化合物	酸類	アルカリ類	六価クロム化合物	カドミウム化合物	ヒ素化合物	重金属化合物	合計	アセトン	エタノール	エーテル	塩化メチレン	クロロホルム	酢酸エチル	ヘキサン	ベンゼン	メタノール	油類	その他の有機化合物	合計	
医歯	医歯	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	28	14	5	0	0	0	0	0	2	3	0	52	
工学	土建	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	5	
	機械	1	0	2	4	1	0	0	0	1	9	3	4	0	0	0	0	0	0	0	60	0	68	
	電気	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3	4	4	0	1	0	0	0	0	3	1	1	14	
	応化	0	0	0	8	4	0	0	0	1	14	41	23	8	8	10	2	15	14	30	3	0	153	
理学	物理	0	0	6	6	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	
	生物	0	1	0	3	2	0	0	0	0	6	12	37	8	0	3	5	7	3	7	0	0	83	
	化学	0	0	0	12	5	1	2	0	1	20	24	51	19	6	40	9	1	22	33	5	1	210	
農学	農化	0	0	0	16	9	0	0	0	1	27	26	29	35	6	13	25	26	19	28	2	0	209	
	農生	0	0	0	5	2	0	0	0	0	7	4	21	2	0	1	2	0	0	5	3	0	38	
	農工	0	0	0	6	2	0	0	0	0	8	4	5	2	0	5	0	2	0	5	46	0	68	
薬学	薬学	0	0	0	6	1	1	0	0	0	8	36	74	17	27	102	53	32	8	101	1	0	450	
合計		1	1	9	69	29	2	2	0	4	118	184	263	95	47	174	97	84	66	215	127	3	1,354	

する教授540名を選び、アンケート調査を行った結果を示したものである。²⁾

研究室当りの年間薬品使用量は、有機系薬品の方が無機系薬品に比べて数倍多く、また有機系薬品の総使用量は、薬学系、農化系、化学系、応化系、生物系の順になっている。なお表では学部を群、学科集団を系に類別して示している。

また無機系薬品は、酸・アルカリの使用量が圧倒的に多く、排出源も多分野に涉っており、ついで重金属化合物、フッ素化合物が多い。

有機系は、エタノール、メタノール、アセトン、クロロホルム、油類が多い。これを系別にみると薬学系が非常に多いことがわかる。またアセトン、エタノールのようにどの系でも使用されている薬品と、かなり特定の系でしか使われていない薬品があることがわかる。

さらにこうした大学等の廃水の特性について考えてみると、以下に示すような諸点をあげることができる。

- (1) 多種類、多形態
- (2) 少量で、時間的・季節的変動が大きい
- (3) 排出源は主として自然科学系の研究室（講座）、化学実験室等で、広域に分散している。
(理、工、農、医、歯、薬、教育の各学部、教養、研究所、施設、附属病院等)
- (4) 化学物質名・種類・購入量等はわかるが、その目的・使用方法・消費量等の実体は研究室ごとにまちまちで、把握し難い。
- (5) 開発研究による新物質の合成に伴う廃液
- (6) 病原菌、変異原物質、発ガン物質等の混入の恐れ
- (7) 水質・水量の変動が大きく、しかも一過性で排水の連続監視が難しい
- (8) その他

このため大学等の廃水処理の方法を決定するには、廃水の排出動態についての十分な資料・データの検討が必要であろう。

2. 実験廃水の処理

図1に示すように実験廃水の処理は次の4種類に大別できる。

- A：個別処理
- B：小規模処理
- C：大規模処理
- D：委託処理

まずAは廃液などが混ざり合わない個々の廃液毎に処理する方法で、排出源で排出者自身が処理を行う原点処理に相当する。Bは比較的処理量が少ない場合、排出者の共同作業によって小規模の処理装置で処理を行うという実験室規模の処理の仕方を示している。

Cは無機廃液あるいは有機廃液に分別された廃液を、大学に設置されている比較的大規模な処理装置で処理する仕方である。Dは外部の処理専門業者に委託して処理する。なお学内に処理装置を設置していても、処理専門業者に委託して処理している大学もあり、現在各大学での実験廃水の処理はA、B、C、Dを適当に組合せた方法が採用されているといえる。

なお上述の大規模処理装置に採用されている処理プロセスの主なもの、まず無機系廃液は凝集沈殿法・フェライト法・電解浮上法の3種類で、大学に廃水処理施設が設置されるようになった初期の段階では、西日本に位置する大学を中心に凝集沈殿法が多く採用されたが、最近ではフェライト法及び電解浮上法等の処理装置が多く設置されるようになってきた。

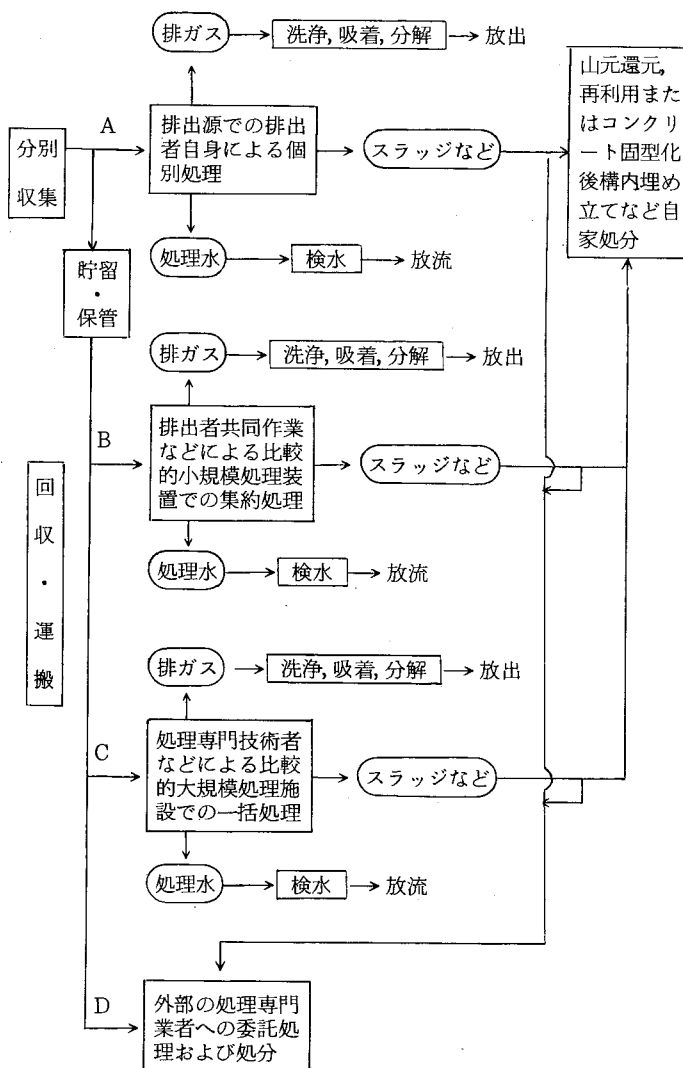


図1 実験廃水の処理

また有機系廃液は焼却処理をするが、廃液をそのまま噴霧・焼却する噴霧燃焼法と、廃液を灯油によってO/W型エマルジョンにした後焼却するエマルジョン燃焼法が用いられている。このほか無機系廃液と有機系廃液を同時に処理するラボフェリックス法も実用されている。この方法は噴霧燃焼法とフェライト処理法を組み合わせた処理方法と考えることができる。

さらに最近では洗浄排水、解剖廃水、美術工芸系排水、食堂排水等の処理施設や、pH調整槽等も設置・運転されており、処理水を再利用するための中水道施設を設けている所もあるなど、大学の廃水処理施設はかなり整備されてきた。

こうした多様な大学廃水の処理に関する技術的諸問題について、最近大学等廃棄物処理施設協議会³⁾が中心になって2年間の調査研究を行い、その結果をかなり詳細な成書にして出版している。

3. 処理システム

大学の排水は実験排水、生活排水、雨水に区別され、さらに実験排水は図 2 に示すように実験廃液と洗浄排水に分けることができる。実験廃液は濃厚な廃液であるから、排出源である研究室毎に表 2 - I に示す排出指針に従って分別貯留し、学内の無機廃液処理施設・有機廃液処理施設までポリ容器で運び無害化処理を行う。一方低濃度の洗浄排水は排出源に於てそのままあるいは何等かの原点処理をした後、流しに直接放流する。(表 2 - II 参照) ここで問題となるのは、廃液が生じた場合その都度貯留するのか流しに流すかの判断を排出源の教職員あるいは学生達が行なければならない。このため廃液を発生・排出する人達全員が環境科学の知識をある程度持っていないと、うまく正確には対応できない。さらに実験廃液は収集運搬した後、前に述べたように処理装置によって処理するが、この場合処理に必要な技術的知識が要求される。なぜなら大学に於ける実験廃液の処理は、排出者自身がその廃液の性質を最もよく知っているから、排出者による処理が最も安全であり、自分が排出した廃液は自分で処理するという教育的見地からも、排出者にその処理の責任があるとする原点処理が望ましく、多くの大学ではこうした姿勢で廃棄物の処理に取り組んでいる。

実験廃液は各種の廃液が混合されることもあり組成も複雑なため、一つの処理プロセスで簡単に処理することは一般に難しい。本学では無機及び有機廃液の処理は、凝集沈殿法並びに噴霧燃

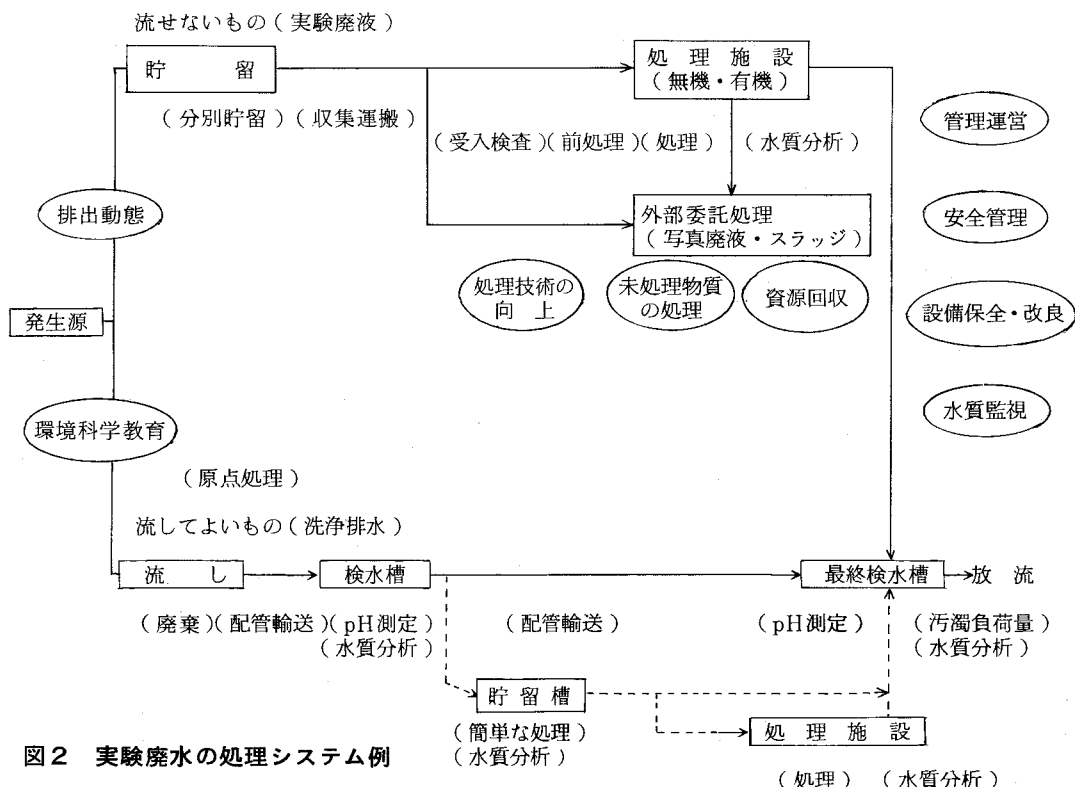


表 2 廃液・排水処理指針（岡山大学の例）

I 流しに流せないもの

無機廃液	(1) 重金属含有廃液 (白色 20 ℓ ポリ容器)	銅・亜鉛・鉄・マンガン・クロム・カドミウム・鉛等の重金属化合物を含有する廃液 実験器具等の二次ススギ水まではこの廃液とする
	(2) 水銀含有廃液 (赤色 20 ℓ ポリ容器)	無機水銀含有の廃液 実験器具等の四次ススギ水まではこの廃液とする
	(3) シアン含有廃液 (青色 20 ℓ ポリ容器)	シアン化合物を含有する廃液 出来るだけ重金属類を混入しないこと 必ずアルカリ性で貯留のこと
有機廃液	(1) 可燃性廃液（廃溶媒） (白色 10 ℓ ポリ容器 （必要に応じ金属容器等を使用））	自燃性があり、灯油と混合できる有機溶媒で、ベンゼン・トルエン・キシレン・ヘキサン・酢酸エチル・エーテル・機械油等
	(2) 難燃性廃液（廃液） (白色 10 ℓ ポリ容器)	ホルマリン等の難燃性有機廃液

II 流しに流してよいもの

実験洗浄系流し	(1) 水質汚濁物質を取扱った実験器具の洗浄水	実験器具等の三次ススギ水以後を流しても良い ただし、水銀を使用した場合には五次ススギ水以後とする。
	(2) 水質汚濁物質を取扱わない実験の廃液及び実験器具の洗浄水	そのまま流しに流しても良いが、pH 値、固型物の有無などには十分注意すること、なお内容物の履歴が不明確なものは流さないこと
	(3) 中和した酸又はアルカリ	重金属を含まない酸又はアルカリを pH6～8 に中和して少量ずつ流す
生活系流し	(1) 生活排水	人の飲食により生じた排水及びそれらに使用した器具の洗い水など
	(2) 水溶性有機化合物	重金属を含まない有機化合物のうち、たん白質・脂質・アミノ酸・糖類等（炭化水素・鉱物油・有機溶剤・殺虫剤及び強力な消毒剤は不可）
	(3) 固体培養基の煮沸液・液体培養基の消毒廃液・動物舎廃水	必要に応じオートクレーブ等で消毒処理し多量の水で希釈して流す
	(4) 界面活性剤	必要に応じて中和し多量の水で希釈して少量ずつ流す

表3 受入基準

1. 無機及び有機廃液は排出者の責任で処理を行っていますので、その内容物は必ず把握しておいて下さい。
2. 上記廃液に放射性物質・国際規制物質・PCB・病原菌・爆発性物質・猛毒物質・固型物等が入っていると当センターは利用できません。
3. セレン・ベリリウム・オスミウム・タリウムなどの特殊な物質を含有した廃液は、当センターでは処理できません。原則として各排出単位において処理を行って下さい。
4. 廃液は性状の同じものの以外はできるだけ分別貯留をおすすめします。特に無機廃液と有機廃液の混合廃液は排出者の責任で分離しないと当センターは利用できません。
5. 当センターの無機及び有機廃液処理施設で処理できる廃液は限定されていますので、必ず各部門の利用の手引きに従って下さい。

焼法を採用し、各種の無機系並びに有機系廃液をそれぞれ同一の処理プロセス・装置で処理している。従っていずれも表3に示すように受入基準を設け、上述の処理プロセスでは処理が難しい物質の搬入・受入れを制限し、無害化処理を容易にしている。そして受入れられない実験廃液は排出源に貯留してもらっている。このため最近では処理の難しいこの種の物質の処理技術の開発を進めることが必要になってきている。なお廃液を資源として回収し、再利用できるものは再利用するという方法を採用している大学もある。

一方洗浄排水は流しに放流し配管で輸送する。この排水は水質検査を行い異状がなければ最終検水槽へ送り放流する。しかし洗浄排水の水質分析をどの程度の頻度で行うのか、また水質異常が発見された場合にはどのようにして排出源を特定し、排出責任を問うのかといった問題がある。本学の場合 pH と溶液導電率は学部毎に常時連続的に計測し、測定値は環境管理センターに電送・記録している。それで水質基準に違反する場合は直ちに学部へ緊急連絡するようにしている。なおその他の水質項目については現在の技術では連続分析が困難であるから、適当と思われる頻度で採水し分析を行っている。即ち各学部の排水は年2回の頻度で測定し、水銀と鉛についてはこれまでに何回か水質異常が検出されたことがあるので、学部毎に毎月測定を行うようにしている。なお最終放流口はすべての水質項目を毎月測定している。しかしこの程度の水質分析の頻度でも時々異常が検出されているという現状は分析頻度がなお不十分なことを示している。

つぎに生活排水は流し等から直接配管で輸送し、合併処理槽に送り活性汚泥処理を行っている。この処理水は前述の洗浄排水と最終検水槽で合流し、公共用水域へ放流する。最終検水槽では、COD・排水量・pH・溶液導電率を常時測定し、その結果は環境管理センターへ電送し、常時監視している。

なお図2に○で示す項目は、環境管理センターの役割や課題をわかりやすく示したもので

ある。

本学では排出者による処理を明確にする見地から技術指導員制度を設け、技術指導員を中心に排出源の人達によって処理装置を運転・処理している。そして合処理施設に所属する教職員（専門技術者）はこれに協力して処理業務を行っている。従って排出者が処理施設を利用して効果的な無害化処理を行うためには、十分な環境科学の知識を身につけている必要がある。このため環境管理センターでは毎年講習会並びに実習を行って、技術指導員の養成を行っている。なお洗浄並びに生活排水の管理は、部局毎の水質管理員にご協力いただいている。

しかし大学では学生は入学して数年間勉強すると卒業し、春にはまた新入生を迎えることになるので、特に学生に対しては毎年繰返して環境科学教育・実習を行わないと、無害化処理の徹底は期しがたい。

4. 処理プロセスの選定

大学に於いてこの種の無機・有機廃液等の処理プロセス・装置を選定・設置するに際しては、単に能率よく効果的に、しかも経済的に処理できるといった機能的な面だけでなく、有害物質の除去機構が明確に説明・理解でき、教育的に利用できるような処理方式がよい。さらに前述した原点処理にできるだけ近付けられるようなやり方、すなわち排出者自からの手で処理操作ができ、処理過程がわかり、処理結果の確認もできるようなプロセスが望ましい。

図3は処理操作の形式を模式的に示したもので、(a)は10～20ℓのポリ容器に入れた廃液を処理プロセスに連続供給して処理する場合で、有機廃液の噴霧燃焼法がこれに相当する。厳密には連続操作とはいえないが、処理プロセス内の廃液の滞留時間は短く処理操作も簡単で、排出者の手でかなりな程度までの処理ができ、研究室ごとにその処理結果を容易に知ることができ便利である。

(b)は無機廃液の凝集沈殿法等がこれに相当するが、まずポリ容器の廃液を表2-2の分類に従って原水槽に貯留する。この場合、槽容積は通常

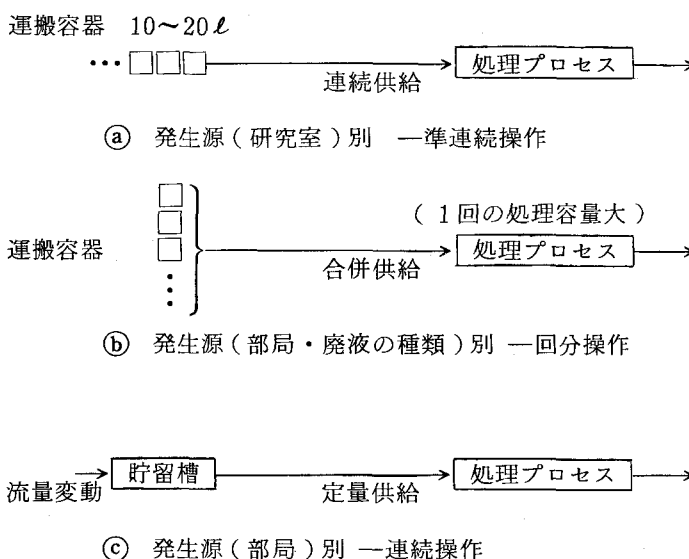


図3 連続操作と回分操作

500 ℓ 程度で回分操作で処理を行う。従って一回分の処理量は 500 ℓ 程度で大きく、また処理プロセス中での廃液の滞留時間も長く、処理結果の短時間内の確認は難しい。このためポリ容器で施設に搬入した廃液を発生源ごと、あるいは部局ごとに処理することも容易ではない。しかし原水槽を数多く設けるか槽容積を小さくするなど設備上の工夫をすれば、手間はかかるが部局別に貯留することは容易で、その処理結果の確認もできるようになる。

(c)は流しに流す洗浄排水や生活排水の処理の際にみられる。まず発生源から廃液は配管輸送するので、貯留槽に貯めて流量変動をなくし、処理プロセスに定量供給する。この方法は連続処理が可能で操作も簡単であるが、多くの発生源からの排水が混合することになり発生源の特定は難しく、特別な配管設計、水質分析などを行うようにしないと排出者責任を明確にすることは難しい。

5. 環境管理センターの役目

最後にセンターの役割りについて少し記しておきたい。大学に於ける廃棄物処理、とりわけ廃液処理の問題は、排出源が多く、まさに多品種・少量排水の処理はどうすればよいかといった課題といえる。加えて廃液を単に処理施設によって無害化すれば事足りるというわけにはいかず、どうしても環境科学教育の見地から施設の活用を考えることが必要である。このため排出者責任・原点処理を基本方針とすることが望ましいと考えている。

こうした要求を満たすためには、企業で用いられている廃液処理方式とは異なる優れた多品種・少量排水の処理システムの開発が望まれている。現在用いられている各大学の処理施設は、いずれも上述の観点からすると充分とはいえず、今後大学と企業とが協力して改良・改善を行うことが必要であろう。

さらに廃水は単に処理・無害化して捨てるのではなく、廃水中に含まれる有用成分を再利用・再資源化する方法の研究並びにその教育も必要で、この種のプロセス開発も望まれている。さらに廃水処理にとどまらず廃棄物全般に対して上述の観点からの取組みも必要であろう。

さらに我が国の水環境の問題は地方都市の公共下水道の普及の遅れから、生活排水による水質汚濁が顕在化してきており、湖沼や閉鎖性水域の富栄養化に対しては早急な対策が必要である。解決のための技術的手段としては小規模分散型の排水処理方式の開発が望まれている。この問題はこれまでに述べた大学廃水の処理と共通性も多く、こうした観点からの検討を行い地域環境の保全に貢献することも重要であろう。

また一方で国際的な環境問題として酸性雨や炭酸ガス濃度の増加、フロンによるオゾン層の破壊、海洋の油汚染の問題等地球規模での広域汚染が重要な課題となりつつある。

酸性雨の問題に関しては文部省科学研究費、重点領域研究で全国の幾つかの大学で共同研究を行う動きもあり、こうした広域環境問題に対する取組みも研究課題であろう。

このように考えると今後に残された解決を要する課題は山積しているといえる。

翻って全国の大学等の処理施設をみると省令化されているのは、現状では東大、京大、名大の3大学しかなく、一般には講座規模の組織（教授、助教授、助手、技官）よりは小さい。これらの施設はこれまでに述べた複雑な廃棄物を無害化することを義務付けられているにも関わらず、万全な処理をするには組織・規模とも充分とはいえず、各大学のこの種施設の省令化による整備は必要条件といえよう。

図4に大学に於けるこの種の施設の役目をわかりやすく示した。処理業務を行うことはもちろんのこと、環境科学教育・研究も欠かせない。廃棄物の処理業務に関してはこれまでに述べた通りであるが、施設を活用した排出者に対する環境科学教育に関しては、文部省科学研究費・特別研究・環境科学・検討班で、「大学における廃棄物処理と環境科学教育」について昭和56年以来継続して検討が行われ、その成果は毎年研究報告集⁴⁾にまとめられている。

また大学に於ける廃棄物の排出動態については、これまでも詳細な調査研究が行われているが、さらに各大学での具体的な資料に基く集大成が今後必要であろう。いずれにしても質・量とも一定しないためその処理は簡単ではなく、この

種の多種・少量・不定時排出特性を持つ廃棄物の処理技術並びに最適処理プロセスの確立・開発は、急を要する研究課題といえる。

また大学では低濃度水銀廃水の排出がしばしばみられ、比較的排水量も多くこの効果的な処理方法の確立が急がれている。また適正な処理が難しい廃棄物の無害化や、排出基準に定められた水質項目の分析監視・連続計測技術の開発等も、現状では充分とはいえない。さらに今後の先端技術開発に伴う廃棄物の処理技術の開発等も重要な研究課題といえよう。

このために大学におけるこの種の施設は、廃棄物処理・教育・研究の3つの機能を持つことが不可欠と考えられ、どの分野に重点を置くかは個々の大学の事情によるが、図4のそれぞれの円の大きさで各大学の特色を表わすことができよう。

ところで、大学に於ける廃棄物処理の問題は各大学共通の課題であるから、たとえば微量有害化学物質や処理の難しい廃棄物の処理方法の開発等は、一大学での解決がかりに困難であったにしても、大学間の共同研究を活発化することができるならば、その成果が期待できよう。これら

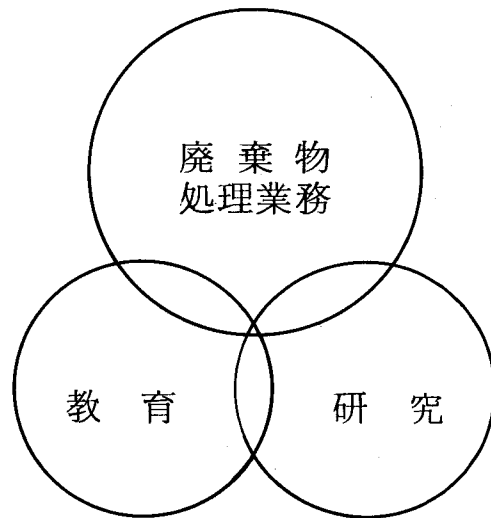


図4 大学に於ける廃棄物処理施設の役目

の点に関しては大学等廃棄物処理施設協議会の今後の活動に期待したい。

お わ り に

多種・少量・不定时排出特性を持つ大学廃水の処理について、まずその排出動態を、そして処理方法、設備等に関する現状と課題を簡単に述べた。大学が処理施設を設置して廃水の無害化処理を行う以上、地域水環境の保全に安易な姿勢は許されず、他のモデルとなるような処理システムを構築するのが大学に課せられた使命といえよう。

最近産業排水による環境の汚染は減少傾向にあるとはいえ、先端技術産業の進展による新たな汚染の問題も発生している。また従来から新規物質の開発に伴う微量有害化学物質の処理方法の開発の課題があり、湖沼、河川、内湾等閉鎖性水域の富栄養化による汚染の進行といった地域的な環境保全の問題もある。またアスベストによる環境汚染、さらには酸性雨等のような国際的な問題も最近多く、これらの諸課題に対して何等かの対応が迫られている。

それには研究態勢の整備拡充が不可欠であり、各大学のこの種施設の充実、環境科学教育カリキュラムの確立が望まれているといえよう。また廃棄物処理施設協議会を中心とした共同研究態勢の確立も重要なことである。

参 考 文 献

1. 岡山大学環境管理センター編，環境資源科学研究成果集 第1巻（先端技術開発に伴う多品種・少量・不定时排出特性をもつ廃水の処理・再資源化に関する研究）（1987）
2. 白須賀公平，正藤英司，高月 紘，高橋照男，谷口 宏，早野茂夫，大学，研究機関，医療機関などで発生する有害廃棄物の排出動態の調査とその評価，日産科学研究報告書 8，361（1985）
3. 大学等廃棄物処理施設協議会編，大学等における廃棄物処理とその技術（1988）
4. 文部省「環境科学」特別研究，研究報告集，
B 135 - S 618（1982）， B 190 - S 714（1983），
B 209 - S 814（1984）， B 250 - S 907（1985），
B 278 - S 002（1986）， B 329 - S 102（1987），