

## 2.3 公害に関する研究および教育体制

市川 新\*

### 1. 公害について

編集委員会から公害シンポジウムの執筆依頼を受けたのは、東大紛争の「正常化」が始まった直後である。公害は、資本主義の経済効率の計算にはのせにくく、また、計量不可能 (untangible) なことを理由にして、あえて計算にのせようとしない企業およびそれを黙認したり、学問的ないし実証的に反論できない学問水準と公害対策行政の故に、公害運動は、現在の体制を大きくゆり動かすような形でしか行なわれないのである。すなわち、公害問題が、現在の資本主義に対するアンチテーゼとして提起されているのであり、ちょうど、戦後民主主義の形骸化を告発する形で行なわれている東大紛争はじめ全国の学園紛争と一脈通じるものであることは、ここで詳しく述べるまでもないことであろう。

公害が、このような大きな問題から派生しているにもかかわらず、それを現象としてのみ捉えようとするのは、可能であっても、本質的な解決にはならないであろう。今日までの公害対策が、そのような「臭い物にはフタ」式のものに追われていたことが、今日の公害行政の立ち遅れと、なっているのである。

上記の東大紛争の提起した問題の一つに、専門バカになるなというものがある。以下に述べるように、衛生工学的研究分野は、広くかつ深くなってきているので、それに全精力を注ぎこんだとしても、専門バカになることは、困難な時代になってきている。一方極端な例かもしれないが、中共のように毛理論をマスターすれば何事もなしうるという考え方：専門技術よりも、社会的問題に対する関心・態度・実行が何よりも重要であるという考え方がある。衛生工学についていうと、専門技術をマスターすることと、生産過程における人的にも資源的にも含めた形の衛生工学に対する投資、または分配の法則

を究明する問題と2つにおいて考えられよう。例えば、処理技術を除去率で90%のもから99%に上げるための技術と、生産過程の改良によって廃棄物を半分にする技術の開発するのと、どちらが窮極の公害問題に対する解答になりうるかという問題提起なのである。これは、学術の進歩と、分配の正義の問題の2つに分けて考えられるが、これを別個なものとして考えようというのではなく、統一した形で捉えようとするものである。教育に従事するものを始め、多くの衛生工学者は、前者に比重をかけていたのに対し、後者に比重をかけよという問いかけなのである。事例でいうと、1963年の日本水道協会の主催による界面活性剤に関するシンポジウムで、衛生工学者が欧米の例を参考にしながら、ソフト化(生物学的に分解可能なもの)の必要性を強調したのであるが、生産者側はそれに対して不可能であることを強弁し、そのまま、おしきられてしまった。しかしながら、わずか5年弱でほぼ完全にソフト化が行なわれているが、ハード型の生物分解の技術の進歩でもなく、またそれゆえのソフト化に対する衛生工学者の要請を受けたものでもなく、企業側の営業ベース(ソフトなものの宣伝効果によるものと考えてよからう)による改革なのである。これと同じような例として、近い将来に低硫黄の重油(1%以下)が急速に普及することを筆者は予測している。現在大気中の、SO<sub>2</sub>濃度を減少させるために公害対策関係者から強い要請があるにもかかわらず、低硫黄分の重油の使用は、遅々として進んではいない。もし、ある石油会社が低硫黄の石油の精製に成功したら、高濃度の硫黄を含む重油は、またたくまに市場から追放されるであろう。すでに、I社での実験プラントは実用化の一手手前までできているのである。

このように考えてみると、衛生工学、公害問題のあり方そのものから考えなおさねばならなくなってくる。この問題に対してわれわれ衛生工学者はなんらかの解答を出し、その研究対象・目的を明確にする必要があろう。筆者自身についていえば、現在まだまとめきれていない段階である。このシンポジウムでは、いろいろな角度からこの問題が述べられるものと思うが、筆者は、上記の問題に対しては問題提起にとどめ、職務上の問題である公害に関する研究・教育体制について論ずることにする。

公害という言葉が使用されるようになったのはかなり古いものであるが、今日ほど公害という言葉が広く使用され、中央官庁・地方自治体に公害課ができたのは、それほど前ではない。過去にさかのぼれば、足尾銅山等をあげることができるが、その当時は、公害というよりも、鉍害であった。それゆえ、公害の専門家というものは存在しなかったのである。公害基本法によれば、公害は、大気汚染・水質汚濁・騒音・振動・悪臭・地盤沈下

\* 正会員 工修 東京大学助教授 工学部都市工学科

の6種となっているが、多くの専門家がいるのは、最初の2つで、あとの4つについては、専門家は非常に少ない。筆者は、この中で水関係の公害専門家、さらに範囲を広げて、衛生工学者の問題について述べてみたい。

## 2. 衛生工学と土木工学

水質汚濁を含めて、水に関する技術者は土木工学技術者で占められ、その関係でこの論文が土木学会誌に掲載されるのである。水に関する技術者のうち、衛生工学者といわれるのは、その対象が上水道、下水道等の水を中心とした生活環境の問題に関係する分野を取り扱う技術者である。この定義にしたがって水質汚濁をも研究対象となり、同じ考え方により、大気汚染・ごみ・し尿処理等が衛生工学の対象として考えられてきている。1967年9月に、北大衛生工学科創立10周年記念として開催された土木学会衛生工学委員会によるシンポジウム「衛生工学のあり方」において、左倉教授（都立大）は上記の主旨による衛生工学の定義を行なっている。すなわち、衛生工学とは、土木工学の一分野ではなく土木工学と密接な関係をもつ一つの独立した分野を確立すべきものである。

たしかに、明治初年アーノルド・パーマーが横浜の上水道計画を立てて以来、また、茂庭博士、米元博士が下水道を手がけて以来、上下水道は土木技術の対象となり今日に至っている。これは、今まで、上下水道とも建設の時代であって、管の埋設・水路の建設・浄水場・下水処理場の建設等の土木工事がその大部を占めていたことによる。当時は、まだ山紫水明であり、水質について考慮すべき点がなかったとはいえないが、大きな問題とはなりえず、第2義的な意味しかもたなかったといっても過言ではない。このような事情は現在においても同様であり、上水道は拡張時代、下水道は建設時代である。下水道の建設費をみても、全費用のうちその90%以上が管の布設に要する場合がまれではない。このほかに処理場の土木工事費を考えると、土木工事（土木技術）に対する依存度が大きいことも肯かれることと思う。上記シンポジウムで、田辺博士（日本水道コンサルタント）は、東京都だけで衛生工学者が400人いると述べられたが、これは、土木技術のうちその対象が上水道および下水道の水関係施設の土木工事に従事している技術者の数をあげたので、真の衛生工学者の数を示すものではない。

このような考え方が、北大・京大・東大の衛生工学（東大のみ都都市工学科衛生工学コース）の設立および現況にも適用されているのである。上記3大学の水関係の教官20名のうち、衛生工学科出身者4名を除くと、ほとんどが、土木工学科出身者で占められ、それ以外は、

わずか3名にすぎない。たしかに、上記3大学の衛生工学科はすでに多数の卒業生を出し、上水道界・下水道界に進出し、建設事業に参加して、土木技術者として評価されているものも少なくない。それゆえ、社会の要請という面からのみみれば、このようなシステムは、必ずしも的是はずれのものということではできない。

しかし、上記の教官のうち、上に述べた建設に関係するような研究を行なっているものは皆無に近い状態である。これは、過去数年間の土木学会の衛生工学シンポジウムおよび同学術講演会の研究発表課題を調べれば明らかになることである。

このような衛生工学者から「質」の技術者としての衛生工学者に対する要請も大きくなりつつある。この「質の技術者」の必要性を強調した最初の人は、多分故広瀬教授であろう。先生御自身工学と医学の両方をきわめ、新しい衛生工学の形成に努力され、晩年は生物学の導入に努力され、筆者の学生時代に、Mckinneyの「衛生工学者のための微生物学」を紹介しておられた。先生の著書の序文に「新しく生れ出する衛生工学者のための教科書であると」書かれているが、当時の土木中心主義の時代にあっては、画期的なことであつたものと想像される。

新しく創設された衛生工学科は、上述のように、理想的なものとはなりえなかったが、現在の教官および大学院生を含めた研究スタッフの研究内容をみると、先生の意図しているものが実現し、それをはるかに凌駕するものとなっている。これは、単に上記3大学のみならず、土木工学科の中にある衛生工学研究者にまでおよんでいる。ちなみに、日本衛生工学界に、生物学反応の機構を説明するメハイレス・メンテンの式を最初に導入し、応用したのは、土木工学科の研究室であつた。

教室内部の研究および教官の関心がそのようなものに向けられているにもかかわらず、現実の衛生工学科は、土木工学科衛生工学コースとしか考えられないような教育体制がとられている。前記シンポジウムで久保博士（建設省）は、衛生工学者は土木工学の基礎課程を受けて、大学院で広義の衛生工学を行なうことが理想であると述べているが、これは、社会の受入れ側からみた意見であり、現実にはそれに近いカリキュラムが立てられている。すなわち、土木工学の基礎に加えて、衛生工学的な分野を上積みするような形で行なわれているのが現状である。それゆえ、衛生工学専攻の学生は両者の中途半端な形にならざるをえず、極端な場合には「不特定構造物のわからない土木技術者」というおかしなものができ上がっている。

しかしながら、真の衛生工学者にとって土木技術は果たしてどれだけ必要なものであろうか。もちろん公害対策を現実とするためには土木技術が必要不可欠なものであ

ることは事実であり、これを否定するものではない。今までも、土木工学的なアプローチが、水問題の緩和剤としてどれだけ役立ってきているか説明するまでもないことであり、特に強調したい気がする。しかし、衛生工学においては、土木工学は他の分野に比して大きな比重を占めているが、あくまでも一分野にすぎないものと考えべきである。まして、衛生工学科が、土木工学科の拡充の肩代りをしているとしたら大きな間違いというべきであろう。このことは、現在、公害問題に化学、医学を始めとするあらゆる分野の人が参加し、それ相応の研究教育を行なっていることから推定できよう。

研究レベルについて述べても教育と研究の二マタをかけている問題もあるが、教育の内容と研究の内容が上述のように分れていて、それが研究自身をも不十分なものとしている。さらに、衛生工学の進歩発展は目覚ましいものがあり、その進歩を追うことすら手一杯となっている点をあげなければならない。活性汚泥処理によって水質汚濁を防止するという方法をとる以上、上述のような生物学的反応理論は必須のものとならざるをえない。また、沈殿・乾燥等の水処理のメカニズムは、化学工学の知識を必要とする。分析技術一つを取ってみても、土木技術の多くのものが百分率台のオーダーであるのが、土木的衛生工学においては mg/l (p.p.m.) のオーダーが必要である。さらに、水銀汚染、カドミウム汚染の場合には、 $\mu\text{g/l}$  (p.p.b.) のオーダーの精度が要求される。他にガス分析等があり、その一つ一つをマスターするのは、いずれも1年を要しよう。

これらすべてをマスターすることすら不可能に近いのに、上記の土木工学にしばられた形での衛生工学を続けていては、研究水準はもとより、教育水準のレベルアップも不可能といわざるをえない。大学の研究水準と民間企業の研究所のレベルを比較は単純に行なえないとしても、大学の水準が見劣りすることは否めない事実であろう。その責任は、筆者をも含めて痛切に反省せねばならないが、上記の問題を根本的に検討しなければ、研究水準のレベルアップは望みえないであろう。

### 3. 衛生工学教育のあり方

以上の視点にたって、衛生工学教育のあり方について以下に述べてみたい。ここで考えているのは、衛生工学者が将来活躍すると思われる分野において、必要な基礎知識および研究、ならびに実践を行なうための応用可能な理論および技術のことである。この考え方が、他の公害分野にも共通の問題として応用できるものとする。

水について「量」「質」「運動」の3本の柱を提案する。「量」というのは、水資源の開発・洪水の予測から、都

市用水・工場用水の需要予測に至るものを含めるものである。今までも、水文学・河川工学・上水道学というカリキュラムの中で取り扱われていたが、総合的には取り上げられてこなかった問題である。これをマスターするための道具としては、統計学・確率論があげられよう。

「質」というのは、物性論的問題・物理化学の反応論・生物反応の理論から、一般水質の解釈・水処理技術・病原菌および微量重金属等の生体におよぼす影響・生態学等、多様な面をもっている。現在量と質をあわせて考えなければならなくなっているし、上述のように、質に対する精度が高く求められていることも合せて、質に対する要求は大きいものといわざるをえず、将来ますます大きな問題となることが予想される。今までの土木技術者は、質を研究することが「水質屋」という表現のもとに毛嫌いしていた感がある。BOD一つ理解することも「水質屋の問題」と考えられていたといっても極論ではない。水質屋は、浄水場および下水処理場の維持管理面を担当せねばならず、衛生工学は本来、建設が中心であるという考え方をすればやむをえなかったものである。しかし、現在水質学は衛生工学の一つの分野を確立せねばならないときにきている。もちろん、これまでに至る過程で土木技術者のみを責めるのは酷であって、確立を阻止していた原因として、物理学・化学・生物学の専門家の責任も大きい。

現在においても、水質学・水質分析・上下水道学において「水質」研究・教育が行なわれているがまだ十分なものでなく、真の水質学を1日も早く確立せねばならない。そのために、物理・化学・生物の知識が必要と思われるが、本来教養課程ないし基礎工学 (Engineering Science) として習得しているものばかりであり、特に衛生工学者のためにおこすことは必要なかろう。

水の「運動」は、水理学・流体力学といわれるもので説明され、土木技術者の最も得意とする所のものである。現在は、水のマスとしての運動論はもとより質との関係をも重視せざるをえず、いわゆるノンニュートニアン液体としての取り扱いが必要となってきた。この問題に対しては、電子計算機の利用等により要求されているものがすべて行なわれていると考えて差し支えなからう。

以上、衛生工学の学部教育は「量」「質」「運動」の3本の柱で考えるべきことを述べてきたが、これらはいずれも週2時間で1年単位の充実した講義と、週3~4時間の半年~1年の実験・演習が行なわれれば十分なものとする。これは、今までの上水道学・下水道学という分類からすれば革命的な再編を意味しよう。この考え方は、大気についても応用が可能であり、特に質・運動については、ほとんど同一である。

なお、欧米においても以上の考え方において統一したものを作るのが成功していないが、その試みはすでに行なわれている。私が現在留学中のベルギーのリエージュ大学の化学工学科の E. Leclerc 教授は、上記の考えに立ち、“Libre de l'eau” (全5巻)を出している。まだ未完成で、もちろんそのままの応用は意味のないことであるが、新しい衛生工学の確立を目指して歩み始めているのである。

上に述べた柱のほかに、土木工学の基礎科目である。構造力学・土質力学さらに電気工学・計測工学・統計学・確率論等の基礎工学を加えて、衛生工学のカリキュラムにすべきであろう。

なお、今までに見落されていたことは衛生工学の都市計画との関連であろう。上水道・下水道とも都市施設でありながら、今まで都市施設としての考え方が行なわれず、都市計画とは無縁にすごされてきた。たとえば上水道の将来計画において、人口予測は都市計画におけるものと別個に行なわれているのである。現在、大都市を中心としてその調整をはかり始めているにすぎない。さらに、上記の量および質の問題にしても、衛生工学の対象

は天然自然の現象から生ずる問題だけでなく、都市化・工業化という人為的原因による影響を中心としていて、後者の比重が大きいのである。もちろん、天然自然現象の方が要因として大きいことが多い。たとえば洪水の場合、地表面の舗装等による変化、河川改修の影響等よりも、降雨強度そのものの変化が大きいことも事実である。しかしながら、人為的变化に対応することこそが現在衛生工学者に求められているのではなからうか。そのためには、都市活動をよく知り、都市・工業活動が、水の自然の循環にいかなる影響を与えているのかを十分に把握しておかなければならない。

東大の都市工学科は、衛生工学と都市計画の政治的な合体の産物であることはまぎれもない事実であるが、上記の視点に立つならば、まことにユニークな存在といふべきである。現在新しい衛生工学者が生まれようとしていて、その特徴を生かすことがわれわれの使命であると信じている。

以上衛生工学の教育・研究体制を通じて公害問題について私見を述べてきたが、ご批判を賜われれば幸いである。

土木学会監修・土木工学叢書

# 土質力学

東京大学教授 最上武雄編著 B5・1,050頁 定価7,500円

土質工学から栄養を得て育てられた土質力学の各分野を現在の権威ある執筆者によってまとめられた最新の理論とデータを盛りこんだ文字通り土質力学の全領域に亘る最新刊である。

□ 主要項目 □ 土の物理化学的性質/浸透に関する事象/応力伝播/圧密/土のせん断/土の動的性質/土の塑性力学/粒状体の力学/索引 その他各項目に参考文献を収録した。

## 上水道学 | 土木材料実験

石橋多聞著 B5・420頁定価3,000円

最近15年間に急速に進展した水道技術を余す処なく詳しく解説したもので、水源から、取水、導水と送水、浄水、配水、給水、維持および管理に至るまで、基礎知識から理論までを含め、最新の技術を紹介した最新刊である

国分正胤編 A5・536頁定価1,100円

特価1,000円 44年10月31日締切  
土木材料実験の経験の深い研究者がそれぞれの専門とする分野を担当し、各試験項目ごとに目的、方法、参考資料まで、実験操作を順序よく判りやすく解説した。

東京都港区赤坂1-9-4/〒107 技報堂 振替口座東京10/(電)585-0166