

招待論文

**INVITED
PAPER**

招待論文 環境衛生工学の回顧と展望

A HISTORICAL SKETCH OF SANITARY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING IN JAPAN

丹保憲仁

Norihito TAMBO

北海道大学 総長
(〒060 札幌市北区北8条西5丁目)

Key Words : sanitary engineering, environmental engineering, engineering history, environmentally educated engineers

1. 始まりの頃¹⁾⁻⁵⁾

環境衛生工学という学問分野が日本に成立しておよそ半世紀近くの時間が経った。土木工学の中の一分野としての上下水道工学を衛生工学と名付けてからであれば、およそ120年の時間が経ったと云ってよいであろう。1860年代に日本が近代を求めて国を開き欧米の様々な学問を追った中の我々の先輩の業績の最大のものとして、近代水道等によるコレラ等の疫病の克服がある。特筆すべきは、内務省の衛生局長であった長与専齋(1838~1902年)が、生命をまもる基本としてあらかじめ環境を整えることを最も重要な施策と考え、その活動に「衛生」なる語をあてた。今日の我が国の衛生学、衛生工学等の始まりである。1885~1886年(明治18~19年)といった年には10万人を超える数の人々がコレラで死に、その対策としての水道が最も緊急を要する施策と考えられていた。それと機を一にして、古い江戸期の和風水道からの展開を図る日本最初の西洋式水道である横浜水道が明治20年(1887年)英国人パーマー技師の指導で完成した。同年に東京帝国大学の招きで上下水道の専門家であるバルトン(1856~1899年)が英国から来日し、工科大学の衛生工学講座の初代教授を務め、かたわら内務省の工師を兼ねて東京水道などの設計に携わることとなった。日本の水道工学、下水道工学を中心とする土木工学の範囲内における衛生工学はここに始まるというよいであろう。

このようにして、日本は英国流の衛生工学を英国人の手を経て国内に導入することとなった。1876年に日本最初の単科大学として発足した札幌農学校は工科の教育をその課程の三本柱の一つとしていたが、鉄道、道路、農業土木等がその中心であり、その次の年に日本最初の総合大学として発足した東京大学のように衛生工学とい

た範疇の明確な教育は行われていなかった。

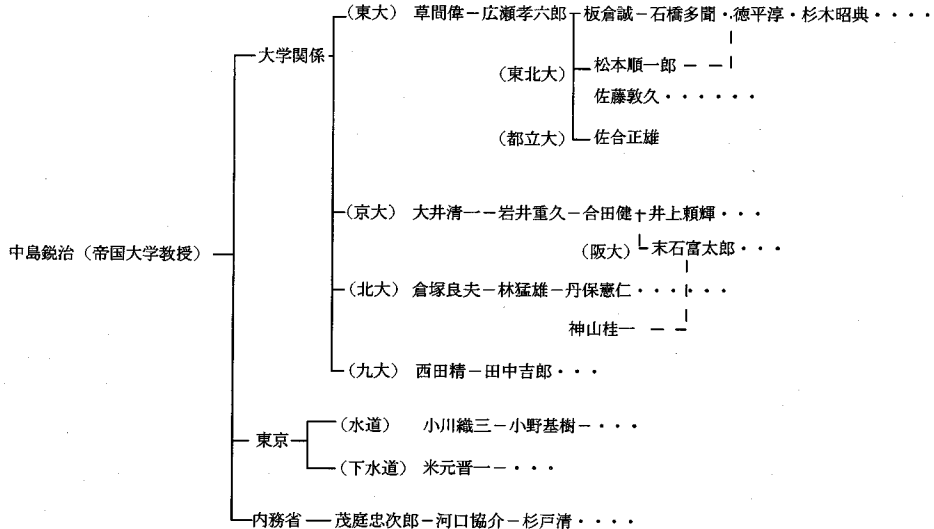
日本が近代の上下水道技術を導入した先である英国は、1700年代の後半から用水輸送と汚水排除による輸送型の比較的単純な上下水道を都市に敷設し始めていた。1800年代に入って、砂ろ過、さらには蒸気ポンプと鉄管の使用が可能になったことで、圧力をもって給水しうるようになり、砂ろ過といった自然模倣の技術によって水質を改善することが一般化した。用水の原水保護のために下水を都市の地先に吐き出さず、河岸に沿って埋設した遮集渠に下水を集めて都市の下流に送り出す方法が用いられ始め、水文大循環サイクルに直接乗った形で給排水を可能にする輸送重視・軽水質変換型の近代上下水道の基本が形を整えてきた。

1820年代の後半に至って、現用されているような緩速砂ろ過の方式がほぼ確立し、処理水を所定の量だけ貯水し、加圧して都市に供給し、都市のさまざまな排水を下水管を束ねる遮集渠で集め、都市下流へ送り沈殿等の軽度の処理を施した後放流する、といったことが始まった。水洗便所を広く用い、下水をより高度に処理して河川に放流する近代下水道技術が現れてくるのにはさらに50年近くの時間が必要であり、日本が1800年代に導入することができたのは、上水技術が主なものであった。

2. 先達の時代^{1),3),5)}

日本の衛生工学の歴史は一言でいってしまえば、東京大学のバルトン先生(William Kinnimond Burton)に始まるというよいであろう。バルトンは1882年(26歳)からロンドンの衛生保護組合の技師として前述のような英国の上下水道の普及期を過ごした。1887年(明治20年)、31歳の時招かれて帝国大学の衛生工学の初代教授として上下水道を講じた。その後日本の主要都市の水

表一 1 日本の衛生工学者 (Old Boys) の系譜



道計画の指導も併せて行うようになった。1896年(明治29年)、40歳で帝国大学教授を退任し、1899年東京にて逝去された。

バルトン教授の後を中島鋭治氏が継ぎ、日本人の衛生工学担当の教授の第一号となる。その後、北は北海道大学から南は九州大学まで各大学に続々と成立し、今日の衛生工学、環境工学の活動を担うにいたる諸学科、研究室等はその流れの末につながる。表一1は歴史的な衛生工学関連の組織の中での中心的な立場にいたる人の流れを、名誉教授段階の方々まで略々描いたものである。

1887年(明治20年)横浜水道が完成した後1889年(明治22年)函館、1891年(明治24年)長崎、1895年(明治28年)大阪がそれぞれ給水を開始し、東京市水道も1898年(明治31年)に給水を始め、明治末約30の水道と500万人の給水人口(人口比率9.8%)にまで至った。中島鋭治門下およびその技術を汲む多くの人たちが水道の建設に参画した。

この頃の上下水道技術者は、土木工学の中で広い識見を有してさまざまな仕事を可能とした人が多く、琵琶湖疏水を築造したことで知られる田辺朔郎氏の業績のように、総合的に計画を行う目と力を持っていたことを思い起こしたい。システムエンジニアとしての衛生工学がその初期には衛生を中心におきながらも、広く流域と対話をしつつ実を挙げていったことも見習いたい。その後、日本は近代化を進めるとともにその影として幾つもの大戦争を行うことになる。その間、水道は着々と普及の度を進め、資材の国産化を進めていったが、基本的に緩速る過が急速る過に代わるといった水処理についての高速度化が進んでいったことその他に、極端に新しい展開はなかった。第二次大戦を経て資材の国産化、技術の国産化

が進んだことは一つの収穫でもあった。

下水道については戦後にいたるまで東京、大阪等の幾つかの都市における事例はあるものの、その大きな展開は1960年(昭和35年)代を待たなければならなかった。尿尿の処理に関わることの大きな転換としては、1921年(大正10年)東京市が市営による尿尿の汲み取りを開始し、市外に排除、投棄することを決めたことが思い起こされる。江戸期以来、尿尿は重要な肥料であり、近隣農家がそれを汲み取り、畑に施し、その収穫物をまた都市に戻すという年単位の循環が行われていた。尿尿は農民から収穫期に礼を施してまで持ち出される有価物であったものが、この時期を境として廃棄物化し始め、今日の問題につながるようになった。下水道を普及し排水を川に放流するか、尿尿処理をより衛生的に行い資源化を考えるかは、今後還元型社会を考える際の一つの議論の対象となり得る。個別浄化槽の是非を含めて江戸期からの転換過程をもう一度見直す必要がある。

江戸期の上水は常に水量不足であり、低質の浅井戸水(特に下町)とのハイブリッドな使い方がかなり広く行われ、上水を管轄する町奉行(時には普請奉行であった時代もある)がしきりに上水を雑用途に多用しないようにふれを出している。江戸の水利用は水道水の上質用途への制限利用と低質用途水の地先利用を行う型の二元給水の原型である。いずれも近代が閉塞しつつある今日再考すべき事例である。昨今の環境白書のように、思考を飛躍させて、いとも簡単に「先住民に学ぼう」などという前に、200年前の直近の先祖の都市における生き方も学ばなければならないだろう。

下水道についていえば、欧米においてすらその普及は上水道にかなり遅れることになった。1800年代の終わり

頃になってようやく分流式下水道が作られ始めた。もちろんローマの下水道、パリの下水道等の例を挙げるまでもなく、大都市には地下の川ともいべき排水渠がめぐらされていた。しかしながら下水処理を含む下水道の成立ははるかに遅れて、1900年代の初めから中葉までの発達を待つこととなる。日本でも1900年(明治33年)に下水道法が制定されたけれども、その主たるものは大都市の主要地域の排水であり、高級処理が始められたのは1923年(大正12年)の三河島処分場の散布ろ床がその始めである。大正、昭和期の失業救済土木事業として活発に排水を中心とした下水道工事が行われた。1940年(昭和15年)にいたってようやく排水面積26,339ha、排水地域人口506万人という数字に達した。この人口は上水道が明治末年に達した数字とほぼ同様であり、都市排水のみについても約30年の遅れをもって下水道事業は水道事業を追ってきたことがわかる。

日本人の衛生工学の開祖ともいべき、中島鋭治帝国大学教授(1858~1925年)は1880年(明治13年)に東大理学部土木工学科に入学し、卒業後すぐ助教授となり、水道をその終生の専門とした。外遊後1887年(明治20年)バルトン教授のもとで衛生工学科の助教授となり、1896年(明治29年)教授となってより初めて日本語による教育を衛生工学の分野で行うこととなった。

その門下から大井清一(1877~1946年)が1911年(明治44年)京都帝国大学教授、西田精(1877~1946年)が1913年(大正2年)から九州帝国大学教授として衛生工学講座を担当し、1921年(大正10年)同門の一番末の弟子の草間偉教授(1881~1972年)が東大教授となり中島鋭治教授を継ぎ、日本の旧帝国大学の三つの衛生工学講座をそれぞれ担任して多くの卒業生を育てた。現在この分野で最大の組織を持っている北海道大学は戦後まで衛生工学の講座を持たず、水工学講座の中で衛生工学の講義がされてきた。上述の三教授とともに中島教授の薫陶を受けた倉塚良夫教授(1879~1942年)が講座外の講義として衛生工学を講じた。その他高等工業専門学校でも上下水道の講義がそれぞれ行われたが、必ずしもその分野での専門家が育ってはいなかった。山梨高等工業学校(現山梨大学)の巽巖教授はその数少ない一人である。

23歳の若さで京大助教授となった大井清一先生はベルリン大学で上下水道工学を学んだ後、1911年(明治44年)教授となり、1924年(大正13年)より工学部長を務め、1937年(昭和12年)退官された。京大教授のまま京都市会議員をされたり、水道協会の設立等に広く活躍された。その門下からは明治末期、大正、昭和期に上下水道を建設し、運営する中心的な人物を極めて多く輩出し、日本上下水道の大きな人脈の祖となった。さらにこの講座は岩井重久教授に引き継がれ、現在の京都大学衛生工学科の大きな組織と、上下水道を超えて衛生工学が土木内外の広

い分野に進出し、我が国に現在のような衛生工学分野が確立されるに至る大きな動きを生む原動力の一つになった。昭和30年代の岩井重久先生の周辺には合田健教授の他、末石富太郎、南部祥一、筒井天尊、神山桂一、井上頼輝氏等のその後の日本の衛生工学分野の中核的な教授となる人々が並び、淀川の本格的な汚濁研究(毎日新聞賞、昭和36年)を始め、すばらしい先導的な研究を続けていた。

九州大学の西田門下からは田中吉郎教授と続く流れの中から多くの上下水道関係者が輩出している。

東京帝国大学の草間偉先生は、続く広瀬孝六郎先生とともにハーバード大学等の米国における衛生工学を日本に移入された。草間先生が導入された活性汚泥法は大正末期、名古屋の堀留処理場が活性汚泥法による第一号として動き出すことに連なった。1920年頃より30年間の長きにわたり日本の衛生工学をリードした。同門の四人の教授が同時に北大、京大、九大にあって、日本の衛生工学界の四本柱となった。構造工学からの転身であり、学位は「無線電信柱の設計について」というものであったが、衛生工学分野における研究は活性汚泥法におけるものが多かった。水道関係の多くの計画にも関係し、土木学会の会長も務め、昭和17年早稲田大学の土木工学科の創設にあたった。古き良き時代の大教授であろう。

広瀬孝六郎先生は、北大教授として赴任した林猛雄氏や、後年名古屋市長を務め上下水道界の大御所である杉戸清氏などの同門の近い先輩として、草間先生の門下に学び、その後を継いだ。医学部の卒業でもあり、医学博士、工学博士として衛生工学のあるべき最も理想的な勉学を若い時代にされた方である。その意味では、近年までの我が国衛生工学の実質的な祖と申し上げてもよいのではないかと思う。米国のハーバード大学、ドイツのプロシア水・土・空気研究所に1932年から1935年(昭和7年~10年)まで留学し、当時発展が著しかった欧米の古典的衛生工学を自ら学び日本に持ち帰られた。米国ではアメリカにおける衛生工学の祖といわれたフェア先生(Gordon Maskew Fair)に学んだ。筆者が米国に滞在していた1963年、アメリカ水道協会のキャンザス・シティの年会に出席した時、フェア先生が基調講演をされた。その時の紹介のセンテンスが今もって耳を離れない。“He is the Moses of the American sanitary engineering”なる言葉であった。その後、フェア先生にもお目にかかったし、広瀬先生と帯同されて出来たばかりの北大の衛生工学科の実験室にも来ていただいた。私には広瀬先生が日本の衛生工学のモーゼであろうと思われる。学風は今日論じられているような意味での精密な手法や鋭さには若干遠いところがあるが、その中に脈々と人の衛生を説かれる魂が宿っており、上水道学、下水道学⁹⁾であり、上水道工学、下水道工学ではないことが広瀬先生の真骨頂であったように思われる。繰り返し

勉強させていただいた本である。私的にいわせていただければ、魂を育てていただいたお一人である。フェア先生のご本も Water supply and waste-water disposal⁷⁾なるゲイヤー先生 (John Charles Geyer) との共著の初版本 (1954 年) は真っ黒になるまで何回も何回も読んだ本であり、考え方、問題の扱い方、さらにはもっとも特徴的なことは命題の立て方とその配列がすばらしく、水に関する衛生工学を確立した名著であろうと思う。今でも仕事に迷いのある時はこれを繙くことがしばしばである。英文もいささか難しく、同じ単語を近隣のページに二度と使わないという凝りようであり、読み通すのに最初は極端に苦労したのも懐かしい思い出である。下手な訳本の出なかったのも大変に良かったと思っている。その後継本として出版され現在も入手できるオークン先生 (Daniel Alexander Okun) を加えてフェア・ゲイヤー・オークン共著の二冊本 Water and waste-water engineering⁸⁾は前書に比べてテクニカルには充実していると思うが、小生には通常の技術本のように思われ、参考書として本棚に置くという感じが否めない。親切にいただき、いまだにさまざまなご教示を仰いでいる、ノースカロライナ大学のオークン先生には申し訳ないことである。このことは、この本がフェア先生とその流れを汲む人々による分担で書かれ、それぞれがそれぞれの分野における優れた業績を挙げた人々であるにもかかわらず、フェア先生とゲイヤー先生が二人で魂を込めて書かれたものとの違いが歴然とあらわれたものであろう。一冊の本を一人で書くというは大変に難しいことであるが、これから本を書いたり読んだりする時に心すべきことのように思われてならない。共同研究を一冊の本にするようなことがこの頃しばしばあるが、論(文)集と本との違いを明確に意識した上でことを進めるべきであらう。極めて示唆的な例である。テクニカルと体系を伝える本との違いもまたそこに含まれる。

北海道大学工学部はその創立の初めから衛生工学講座を要求し続けてきた。1924 年工学部創設メンバーである倉塚良夫教授は 1935 年から工学部長をも務められ、自ら努力をされたにもかかわらず、開拓地に衛生工学なるものが必要かといったこともあったとかで、他の旧三帝国大学の土木工学科のように衛生工学講座を持たず、その代わりに鉄道工学が二講座という開発型の学科構成が戦後まで続いた。しかしながら、倉塚良夫先生は講座外として衛生工学を常に掲げ、講座の主題であった港湾工学とともに多くの卒業生を育てた。1942 年(昭和 17 年)逝去されたが、工学部長大坪喜久太郎教授のご尽力で、遺稿が第二次大戦後岩波書店より「浄水工学(上)(下)」⁹⁾の二巻として上梓された。この二冊が示すところは、戦前の日本の水道が知り得た技術の最奥の集大成であり、浄水工学に関する単行本として、今に至るまでおそらく

最も優れたものの一つであらう。今でも各分野についての往事の技術の先端を知ろうとすればこの本を繙くにはくはない。その後あまり使われなくなった技術も含め、いまだに技術の基本書としての命脈を保っていることは驚くべきことである。

林猛雄教授 (1901~1985 年) がその後を継いで、今日の日本の上下水道界をリードする数々の人々を世に送った。衛生工学の先達の一人であるとともに、写真測量を日本に紹介したことで著名である。このことは、帝国大学につながる人脈の先頭に位置するバルトン先生が英国王立写真学会員であり、写真を日本に紹介し、写真学会を作ったり、写真集を発行したということとなにか因縁があるのだろうか。私事に互って恐縮ながら、写真を趣味とする小生にとっても見逃すわけにいかないところである。前述の大坪工学部長の発議で林教授が協力し、日本最初の衛生工学科が北海道大学にできることとなり、講座を求めつつついに得られなかった倉塚良夫先生の悲願が北大創立 80 周年を機として 1957 年に、工学部創設以来 30 余年にして達せられたことになる。次の 1958 年に日本の第二番目の衛生工学科として京都大学に衛生工学科が新設されることになる。

3. 衛生工学科・都市工学科・環境工学科等の成立^{10),11),13)}

北海道大学に日本で最初のフルサイズの衛生工学科が学部・大学院を通したプログラムをもって設立されたのは 1957 年である。四講座構成、定員 15 名がその開設時の大きさであるが、すぐに定員 40 名、六講座構成となった。続く 1958 年に京都大学に四講座構成の衛生工学科が発足した。衛生工学の分野の学問のさまざまな歴史からいえば、京都大学が第一番目に設立される榮譽を担って少しも不思議がないわけであり、京都大学工学部長石原藤次郎教授と北大工学部長大坪喜久太郎教授がともに水工学の教授であったところから、協力して衛生工学科を申請した結果である。もしかすると、北大が偶々 80 周年という節目を迎えたために、第一号の榮譽をいただいたのではないかと恐縮している。

このように、長い間求めて得られなかった衛生工学が学科としてすんなりと北大に認められ、続いて京大に、そして都市工学の中の半学科という形ではあるが、1960 年に東大に衛生工学の課程が認められたことには一つの背景がある。1951 年(昭和 26 年) 6 月から 8 月にわたり H.L. Hazen 博士(電気工学)を団長とするアメリカ対日工業教育顧問団(The American Advisory Mission for Engineering Education to Japan)が来日し、在日連合軍総司令部(マッカーサー司令部)に勧告をすることとなった。日本国内の旧帝国大学工学部を訪れて、団員各

自の専攻分野に応じてパネル討議を行った。団員中に Municipal and rural sanitation や Water supply and sewerage などの名著で衛生工学分野における広い識見を知られているテキサス大学のスチール教授 (Ernest W. Steel) が参加されていたことは日本の衛生工学にとって誠に幸いであり、同博士を中心に有益な討議が行われた。同博士の討論の中で Civil Engineering としての衛生工学の重要性が強調された。同顧問団はその後に日連合軍司令部へ報告書を提出したが、その中に、日本において未発達な工学分野として化学工学 (chemical engineering) と衛生工学 (sanitary engineering) の二分野を挙げ、できるだけ早急に日本の大学のできるだけ多くの工業化学科を化学工学科に組織替すること、さらに少なくとも三つの主要大学 (leading university) に衛生工学科を創ることを勧告した。このことはその後の我が国の両分野の動向を考える時に無視し得ない事項である。すなわち、その後日本では続々と化学工学科が創られて、重化学工業の発展を促し、石油化学時代を日本に招来した。それに対して、衛生工学の分野では北大に1957年第一の学科が創られ、続いて京大に創られ、一年おいて1960年に東大に半学科が創られて三つで衛生工学科の設立は終わった。大阪大学に環境工学科が創られる1968年まで八年の間があき、社会の問題は上下水道を中心とした古典的な衛生工学から公害問題を大きく射程に入れる環境工学へと移りつつあった。勧告書の中に盛られた化学工学と衛生工学が日本には足りない、という意味は、ざっといえば、化学と機械工学の狭間にある化学工学と、土木と医学・化学の狭間にある衛生工学のような複合的な工学が日本にはないぞ、ということであったように思われる。その後、1970年代に続々と誕生する境界領域の新設学科のはしりである。この勧告書に書かれた「少なくとも三つの衛生工学科を」という数字は今考えれば残念でならない。現在この地球環境の時代に、もしもっと多くの衛生工学科が誕生していたら、もう少し状況は違っていたかもしれないと思う。しかしこれとても、縦割り社会の中で社会の産業分類に対応した形で定食型のカリキュラムを学生に教授しても、環境にまだ余裕のある近代前期の成長型社会においてのみ有用であり得たようにも思え、今この地球環境の時代に対応するものではなかったのかもしれない。これから事を新たに考える方が良いのかもしれない。

これから述べることは、1960年代から1980年代にかけての、古典的衛生工学分野に立脚した衛生工学科や土木工学科の中の衛生工学分野の挙動についてである。

日本に600近くある大学の中で工学分野については、国立大学が大きな役割を研究と大学院教育等に果たしてきた。国立大学の中でも東京、京都、東北、九州、北海道、名古屋、大阪、東工大、一橋等の大学が大学院重点

化大学として現在構造を転換しようと努力している。高度の衛生工学の教育は主としてこれらの大学のグループの中に限られる。前述のように、これらの中でも北海道、京都、東京、大阪の各大学が古典的な意味の衛生工学からさらには、若干の展開を見せる環境工学へと学科を整備してきた。

北海道大学は1957年、日本最初の衛生工学科として上述のようないきさつで成立した。京都大学が次の年にほぼ同じ様な衛生工学科を創った。東京大学は残念ながら計画系の教育と衛生工学の教育が二成分のまま同一学科内に存在する形の都市工学科として成立し、衛生工学については半学科分の課程であった。このことは、先の連合国の調査団が三つの衛生工学科を示唆したことが二つ半で終わってしまったということともなり、また、東京中心の日本の社会構造の中で、衛生工学の分野の発言権が他分野に対して力を発揮するのにいささかの弱点になった恨みなしとしない。

同じ衛生工学科でも、北海道大学は上水、下水、水質、衛生設備、産業環境、都市環境、清掃、大気汚染の各講座から成り、水、空気、エネルギー、固体廃棄物と都市の代謝に関わる全ての工学系と環境系の問題に対応できるような構成をとっている。主として実務的な工学をその対応する正面として教育がなされる。初期の頃は、空調・暖房などの人間そのものと環境の関わりに関する建築設備型のグループと上下水道・水質等の社会的な環境を扱うグループの二つに対応する構成をとり、統一的な進捗が難しい状況もあった。しかしながら、1970年代の後半にいたって、空調・大気環境等々がエネルギー問題、地域問題、廃棄物問題などと密接に関連して説かれるようになり、広いスペクトルを持つ総合型の都市環境工学系の比較的バランスのよい学科として近年にまでいたっている。現在、さらにより広い環境系の学科群の中心たるべくコースを変革中である。

京都大学はこれに対して、放射線衛生工学講座を最初から持っており、水道工学、環境衛生工学、衛生設備工学、水質工学、産業衛生工学の構成をとった。北大、京大いずれの学科も化学工学、医学等の教員を持ち、複合領域に対応する教育を目的としてきた。

それに対して東京大学の都市工学科は建築計画、交通計画等のグループと衛生工学のグループが二本の柱となり、衛生工学も広瀬孝太郎先生が研究教育の中心を水におくようにとお考えになっておられたこと (筆者も直接伺ったことがある) もあって、三つの講座とも水関係を主体にしたものであり、大気汚染、清掃、エネルギー、騒音等の現代における衛生工学の広がりを含み得ない。科学研究費の分類等においても、この都市工学と衛生工学との重なりあわない部分についての処理がしばしば難しい状況を示す。教官陣に他分野の出身者

を殆ど含まないことも特徴的である。

欧米の大学では通常の土木工学科の中でも衛生工学分野の担当者として微生物学者、化学者などが正規の教授として違和感なく組み入れられるのが1960年代から普通のことであった。日本の土木工学科ではこのようなことは極めて希であり、衛生工学科ですら自体の出身者や土木の出身者で教官団を構成し、他の専門家をあまり、時にはほとんど教授団に加えていない。したがって、衛生工学のための化学、微生物学といった学部レベルの教育では有用であるが、学問そのものを創出していくにはいささか基礎的な力の不足が目立つことが少なくなかった。驃馬はそれ自体極めて有用な動物であるが、仔を生むことができない。衛生工学も微生物学的・化学的な問題についても確かに明確な問題意識の上で立派な仕事をしてきたと思う。しかし、そこで育てられた大学院生が微生物学、化学の中心的部分に関わる問題提起ができるかということになると、若干の躊躇を感じざるを得ない。自己の集団の中でしか通用しない、いささか自閉的な研究を続けてきたのかもしれないということを反省することもある。近代という縦割り社会の中では、確かにその社会固有の重要な哲学と手法が必要である。確かに古典的衛生工学が主題とした部分について、戦後50年の日本の上下水道等の飛躍的な拡充に確かに大きな役割を果たした。しかしながら、これがひとたび公害といったような縦割り社会の分担を超えたところに及ぶ問題となれば、残念ながら、この様な学科の構成と教育の仕方だけでは問題を真つ正面から捉えることはできない。地球環境の時代といわれるものが今我々の周辺に大きなインパクトを与えつつある。古典的な衛生工学科(学部基準の定食型教育)ではほとんど対応が不可能になりつつあることは誰が見ても明らかである。専門領域を限定し、そこだけで通用することばのみでものごとを進めることが出来なくなったことは、公害時代よりもっと当たり前のことになってきつつある。

これに対して、その創立の時期が8~10年、前述の三学科より遅れた大阪大学は、初めから環境工学科として出発した。1960年代後半から1970年代にかけて公害問題が日本の最も緊急を要する対処課題となった時に、上述の衛生工学科群は、都市の代謝構造等を設計することを中心課題とする20世紀初頭型の都市技術を中心に構成を定めたために、重化学工業等より生ずる環境汚染に対処する能力を十分に自蔵していなかった。さらにまた、開放型の代謝が自然の中に余裕を持って収まることを前提に、個別分野のテクニカルなものを中心にして構成されたカリキュラムは、社会そのものに立ち向かう力を養うようにはなっていなかった。抽象的な問題に対する感度は高い(環境的にセンシティブ)が、環境的な問題対応能力(環境的な教育基盤)を持ち得ていなかった苦し

思いであり、若い人々の挙動は運動的なものに走り、専門の学科を無価値なものというような闘争にすらなったように思う。衛生工学教育は戦後の都市等の生活環境問題の改善に大きな役割を果たすとともに、その限界もまた明確になったというべきであろう。大阪大学はその創立の中心に末石富太郎教授や上田篤教授などの日本の環境学のそうそうたるメンバーがいたこともあって、工学というよりは環境学を初めから標榜し、環境の質向上をソフト面を重視しつつ行う姿勢をとった。その意味で極めて新しい環境の学科であったというべきであろう。現代の環境問題の相当の部分を取った先駆性は北海道大学が衛生工学科を創った時に劣らないものであると思う。確かに前述の衛生工学科群に比べれば設計、建設等の能力において不十分なところがあり、既往の縦割り型社会の中で高い評価が得にくいという困難もあったに違いない。しかしながら、次の時代への着実な歩みを独立の学科として描いてみせた功績は極めて大きい。大阪大学の環境工学科は学生に環境のさまざまな障害を除去しよりよい環境を求める、広範で深い人間と自然に対する理解を深めるということを教育の目標に掲げている。環境問題は優れて学際的であるということから、他の学科と共同で仕事をしなければならない。そして新しい科学的なパラダイムを解析、計画、設計について打ち立てることが環境工学の大きな目標であるとしている。これらの点で、確立された分野を対象にした前述の衛生工学科群とは異なる目標をもって運用される新しい学科として理解されるべきであろう。したがって、教官等の構成からいえば、建築、土木、生物工学等の集合体であるが、それぞれが出身母体の論理をここで発揮しようとならないために、東京大学のような分別されたコース構成をとることもなく、計画、設計、解析等を総合的に相互に支えあい、水・空気・熱・エネルギーといった対象を超えた都市地域、人間等の環境評価と設計等に課題を集中しようと心がけている新しい学科のモデルといえるであろう。しかしながら、筆者は次の節でこのような問題を考えていく時に、学科サイズの教育で環境工学を独立に持つことの問題を若干挙げてみたい。そのことによって、衛生工学科が環境工学科に動いてきたことの意味をより明確に捉え、有用な教育と研究の組織に発展させることができるような気がする。端的に言って、環境工学科なるものは文明の転換期の過渡的な先駆者としての役割を果たすもののように思われ、数十年スパンの教育を考える時に、必ずしもこの寸法の教育組織はベストのものではないような気がするからである。

土木工学科の中や化学工学の一部で環境の分野を内蔵したものが現れてきた。土木工学でいえば、東京帝国大学に始まる旧三帝国大学が衛生工学講座を初めから内蔵していた。現在では東北大学が三講座相当、九州大学が

表一 2 日本の主要な衛生・環境工学科 (1994年の概数)

| 大学名および 学科名 (in English) | 設立年 | 教授・ 助教授 (助手) | 一学年の定員 | | |
|---|------|--------------------|--------|----------------|------|
| | | | 学 部 | 修士課程 | 博士課程 |
| 北海道大学 Sanitary & Environmental Engineering | 1957 | 16 + (16) | 55 | 16 + (X) | 8 |
| 京都大学 Environmental & Sanitary Engineering | 1958 | 12 + (12) | 45 | 12 + (X) | 7 |
| 東京大学 Urban Engineering | 1960 | 10 + (10) | 20 | 8 + (X) | 4 |
| 大阪大学 Environmental Engineering | 1968 | 12 + (12) | 45 | 12 + (X) | 6 |

一講座と二研究部門、広島大学、岐阜大学、山口大学、宮崎大学等々、その他幾つかの大学も教官一人もしくは一講座相当の衛生工学グループを持っている。土木工学の中における衛生工学講座の役割は単なる一分野なのか、時として土木環境工学という名称で土木工学本体の変質を目論む場合の中心柱になりつつあるのかが問われている。若干の大学で、土木が本当の意味で Civil Engineering であり、その主題は人がどのようにこの地球の上で生きていくかということに緊急に扱っていかねばならないことを、今具体的に言うということで環境工学化しようかどうか模索している。ロンドンの University College も Civil and Urban Engineering から Civil and Environmental Engineering にその名を変えた。社会的にその流れが大ききものであるから、という説明を聞かせてもらったが、単なるムードでは困る。環境的に sensitive な程度では教育研究はできないので、システムとして Environmentally Educated な構造を創る覚悟がなければこのような名称変更はすべきでないだろう。もし、土木工学科が本当の意味で Civil Engineering をバランスよく教育し、その課程が殆ど全て Environmentally Educated なものであれば、将来の教育システムとして有効なものであり、さらには社会の動きがより好ましい方向に展開していくであろう。この場合には環境工学科を独立的に創るよりははるかに得るものが大きいに違いない。

4. 学会・協会等の活動について¹²⁾

衛生工学、環境工学の分野ほど現在多くの発表メディアを持っている分野はないであろう。土木学会、水道協会、下水道協会、水環境学会、廃棄物学会、大気汚染学会、環境科学会、空調衛生工学会等々、さらにはこれに対応する多くの国際学会、さまざまな国際会議、研究発表の分野に事欠かない。発表のメディアの多さに比べて研究者の数の少なさの方がかえって問題になるくらいで

ある。最悪の時には一人の人間が似たような論文を幾つもの場で発表するようなことすら目につく。土木学会の第七部として環境工学を中心とした部分が独立し、論文集を発行し、研究発表会を独立に進められるようになったことは極めて喜ばしいことである。しかしながら、その論文がどれだけの範囲の人に、どのように使われるであろうかということにこれからも十分に評価して発表の場を意味のあるものにしていかねばならないであろう。既成の学会のある種の権威を借りて、単に学位や研究成果による社会的な評価を得ることにしか使われないようでは大変である。学会というものが、先述したような縦割り社会の定型的なカテゴリ内でのものに納まってしまえば、このような心配は杞憂ではない。卒業論文や修士論文等のジュニアの発表が数多く現れる年次大会、地方支部大会と、博士課程レベル以上の人たちがその成果を問う学会誌といったような住み分けになるのだろうか。国内で少数部数発行される学会誌というものの性格付けとそのレベル維持については十分これから検討する必要があるように思われる。国際学術誌も含めて研究成果を広く世に問う手段が我々の分野では極めて多くあるだけに、それとの住み分けもまた、気の重いことになりそうである。どの学術誌にも同じ様な集団から出た同じ様なレフリーがいて、それぞれが並列的に、常に高いレベルで成り立つような条件を求めることはなかなか難しいであろう。旧制大学から転換した大きな総合大学を中心にして大学院重点化が進行し、今後博士課程の学生の論文数は飛躍的に増すことが期待される。また、土木環境工学化されたさまざまな大学からのこの分野への投稿も増えるであろう。総合化された環境分野のレベルの高い論文集として発展していくことを期待したい。

我々が若かった 1963~1964 年の頃、衛生工学の横断的な勉強会を創ろうとして、「雑魚の会」を計画したことがある。東大・杉木、京大・末石、北大・丹保、公衆衛生院・南部といった当時の最若手のグループである。当時衛生工学委員会は広瀬先生、岩井先生、佐合先生、林先生、板倉先生等々が最長老で、久保さん(建設省)、松本先生(東北大)、合田先生(京大)、徳平先生(東大)が幹事団を構成して委員会を動かしておられた。1963年、アメリカから帰ってきて、国内の横の仲間の勉強会をしようと計画していたところ、一世代前の幹事の先生方の知るところとなり、衛生工学委員会のもとに衛生工学討論会を開こう、ということにいただいた。1964年12月5日がその初会合であり、主旨はそれぞれがある程度まとまった仕事を進めてきた時に、皆の前で開陳して討論を相互に交え、より確実なものにした上でしかるべき学会誌に投稿することにしよう、というものであった。第一回衛生工学討論会のメンバーは合田(京大)、内藤(中央、現関東学院理事長)、杉木(東大)、神山(北大)、松本

(東北大)、井出(荏原)、関川(栗田)、宗宮(京大)などの諸氏で、京大の宗宮教授が現在現役で残っている以外、全て卒業、もしくは故人となられ、今昔の感に堪えない。以後、杉木、南部、末石、丹保が衛生工学委員会の幹事を引継ぎ、このシンポジウムをずっと続けてきた。討論をし、研究をお互いに高めるということが主旨であり、数少ない衛生工学分野の研究者の共同成長を旨としたものであった。次の幹事団に引き継いだ頃から衛生工学の分野の人々の数も増してきて、このシンポジウムを公の研究発表会として認知し、概要集を論文集として研究業績の独立した一本と認めてはどうかという意見が起こり、現在の環境工学研究フォーラムの中心部分をなすような論文集型のものになった。私個人はこのことに賛成できずにいる。その理由は、わずか数百部しか刷られないシンポジウム(フォーラム)の刷りものを論文集と称して身内だけで格付けして、どれだけのための社会的インパクトを出し得るのであるのか、自分たちの内部資料に近いものを、学位論文を提出するための発表要件論文数を確保するための手段として、その他の論文集にはなかなか載りにくい等々の理由を挙げて、貴重な研究を狭い場に落とす、もしくは落とさなければならないと考えることがなかなか理解しがたかったからである。大変に多くのレフり付きの学術誌が衛生工学分野にはあるだけに、この思いは深い。衛生工学がグループとしていささか衰弱し始めたのではないかと残念に思ったりもしたものである。

衛生工学委員会が肝煎りになって環境システム委員会が1987年12月に発足し、第一回の環境工学シンポジウムを初代の委員長である末石富太郎教授(大阪大学)のもとに開いてから、衛生工学は土木工学の他の分野とつながった環境という大きなキイ・ワードの主たる担い手でありながらも、その一構成因子であることを具体的に表現した。衛生工学委員会で得られた経験を基として、さまざまな工夫、努力が新たに展開された。環境の時代に向かう土木工学の大きな柱となりつつあることは同慶にたえない。

さらに土木学会の各種活動の横断的なものとして、地球環境委員会が1991年4月に発足し、当然のことながら衛生工学、環境工学もその主力メンバーとなった。先に述べ、また次節においてさらに加えるように、地球環境問題(Global Environmental Issues)は近代の科学技術文明が地球を縦横に使い詰めてもはや余裕が無くなったことによって発生したことである。したがって、全ての事柄がすべて地球環境の問題につながる。仮説をたてればいくらでも、どの分野でも全てこの問題につながる。したがって、自分では計測できないようなことがらでも、情報として条件を提示されればどういふふうに分かってきた近代システムが反応するかといったことは理解できるはずである。地球環境の限界という絶対的に近

い制約条件をあらゆることを行うに際して意識するという意味で、土木工学の中での地球環境の研究は意味があると思う。自分でその限界を計測評価することがほとんどできない場合が多い我々の力量と専門の性質から、事の扱いは定量化しにくい。それでも環境にSensitiveという次元では極めて有用な活動であろう。多くの仲間が集まって論ずることに意味があるが、それを我々のさまざまなシステムの設計に的確に用いるための要件とするには多くの困難さを伴う。Environmentally Educatedな技術にまでSensitivityを高めていくためには長い道のりが必要であるように思われる。このことが一方で我々の衛生工学、環境工学が将来どのような方向に向かって行くのであろうか、また行くべきであらうかとの議論ともつながっていくように思われる。

5. 地球環境からの制約が常に要件としてある技術へ

200年にわたって人類の大増殖をもたらした近代という時代が地球の容量限界に打ち当たってもう動きが取れなくなってきたことをいろいろな現象が示している。1972年ストックホルムで開かれた第一回国連人間環境会議がこれを世界的に公知した最初のものであろう。地球環境の時代の始まりである。近代社会の成長を支えたのは、近代科学技術である。自然現象や時には社会現象までも比較的単純に様式化された道筋に整理し、「一定の手順によれば一定の結論に達する」ことを目標として学問体系を組立て、地球上のあらゆる活動を理解し、その運用をはかるようになってきた。近代科学技術は、大規模な生産技術と高速大量輸送技術に支えられた比較的単純粗放なものであり、空間をそれぞれの目的に応じて分け取って縦割り社会とすることでようやく機能を発揮するものである。大規模農場、単品生産の大工場、原料取得の大鉱山、巨大タンカー群などその例に事欠かない。

しかしながら、この文明は地球の環境に余裕のある段階では極めて有効な手段であり、その成功によって現在では動物の総重量の25%をも人類が占めるようになった。ここにいたって、機能別に分け取る空間が自然との相剋なしには求め得ないことを強く知るにいたり、ついに人類はその生き方を変えることを覚悟せざるを得なくなった。地球環境の時代の始まりである。生態学的に自然と共生することが多く語られているが、問題を発生したのは都市・産業空間である。まず、蔓延りすぎた人間が住んでいる社会において、生産・消費・循環の仕組みを縦割りからさまざまな技術を組み合わせて複合させた省資源、省エネルギー型に組み換えていくことから始めなければならない。情報科学の発達がそこで意味を持ってくる。最初は物質による汚染、循環の不調等をエネル

ギーを多用する技術で解消しようとする。公害防止技術といったものが次々と提案された衛生工学・環境工学が化学工学等とともに働いてきた1970年代頃までの状況である。

しかしながら、縦割りに存在している都市産業のそれぞれの活動をそれぞれにエネルギーを用いて環境になじませる方策は、廃熱による汚染という究極の汚染の限界が問題になり、別の方向の対応を取らなければならない。廃熱（エネルギー）汚染の一つの局面であるグリーン・ハウス・エフェクトによる地球温暖化が本当に大きな問題であるならば、もはやエネルギー多用型の環境制御技術は方向を変えねばならない。ノン・ディスチャージ型の社会を設計しようとする際に、それらがエネルギー多投与型にならないように、単様な活動を適切に複合させて相互に補償しあい、エネルギー消費率の最小限度の増加で物質を循環させる形に進めて行かざるを得ないであろう。そのためには、さまざまな物質、エネルギーの消費をその質によって評価しながら行うようにならなければならないだろう。エネルギーをカロリーやキロワットと量で表現するような技術ではなく、最終的には常温の熱となって失われる途中過程におけるエントロピーの低下を段階的に利用するといった、エネルギーの質利用技術まで行かなければならないだろう。その過程で、物質についても最小のエントロピー増加で利用する技術に転換して行くであろう。これらを全ての産業と消費について設計、運用するのが Environmentally Educated Engineering であり、全ての工学が環境工学そのものとなるに違いない。したがって、我々の分野だけが環境工学と名乗るわけにはいかなくなるように思う。

その段階では、教育は全て地球環境の制約を頭においた上で進めることになるのではないかと思う。したがって、縦割り社会の中で産業別ともいえる形で構成されてきた伝統的な学部・学科方式による高等教育の複線化が始まり、次第に融合化されていくであろう。個人個人が少なくとも複数の分野に手足をおく力を持っていないければ、次の時代にはさまざまな問題を扱っていくことができないであろう。定食型の学科別（縦割り社会の産業分類別）教育メニューを組んでおいて、観念的に、広い一般教育は大事だ、地球環境問題は緊急だ、などといった成果はなかなかあがらない。近代社会を閉塞（成熟ではない）に至るまで成長させた近代科学の基礎しか、脱却する際の当面の武器がないという困難に現代社会は直面している。確からしい基礎を精選して学び、それらを新しい地球環境時代の論理と倫理でもう一度使い直すしかことを解決に向かわせる方法がないように思う。

衛生工学ははっきりとした、人間の健康をまもり、社会の代謝を設計するといった目的を持っていた。しかし、それが環境工学となり、環境システム工学となり、環境科学、環境学、さらには地球環境科学となるともうそれ

は縦割り社会の職業分類別のもではあり得ない。代謝問題を扱い、汚染制御をそれに加える、といった範囲に自己都合で定義を与えたものを環境工学と呼ぶのなら、環境工学科というものはあり得るだろう。環境科学、地球環境科学などというものは、少なくとも現在の産業分類型の大学の学科システム（近代後期の大学はほとんどこの形である）にはなじみにくく、時としては自己矛盾に苛まれることとなるだろう。思い切って16世紀に後戻りして、オックスフォード、ケンブリッジ風にカレッジを教育の基礎において、哲学の教授と科学の教授が同じ部屋に住んでいるというようなところまで戻らなければならないのかも知れない。文系と理系の学問などと勝手に分類しておいて環境科学だ、環境学だなどというわけにはいかない。統合化と学科システムは別な流れのものであるように思う。

教育は、今始めて2010年から2030年頃社会を担う人を育てるのである。大学が一番先に変わらなければならないであろう。幸いなことに、大学は今方向を変えても人々がすぐに飢え死にすることはない。社会で生産に携わっている人たち、経済を運用している人たちよりも長いスパンで問題を見ることが出来る。社会の変化に追従するのではなくて、我々が先見を発揮する時ではないだろうか。行政も経済も生産すらもまだ近代を抜け出す兆しすら見せていない。

6. いま、大学は¹³⁾⁻¹⁶⁾

衛生工学科群も北海道大学で始まってから40年近い時間が流れた。土木工学科も土木環境工学を指向し始めた。今、いろいろな大学がどんな風に動こうとしているかは、さまざまな試行錯誤の一つの現れである。国際化の時代であればこそ、来る世紀の初め10年目か20年目かに、創造し発信する科学技術を持たなければ、他の先進諸国が情報を易々と使わせてくれなくなるかも知れない恐ろしさを感じるのは私だけだろうか。貿易収支のインバランスでさえ今世紀末で日本はこれだけ苦しみ抜いている。これがもし、創造的情報の輸入過多のインバランスともなれば、その逆の苦しみを処理する方法なしに苦しみ続けることになりかねない。資源のない、多消費国の日本において創造的な情報を創らなければならないことの持つ意味である。そのようなわけで、日本の基幹総合大学の理工系の学部は、東大、京大を皮切りに次々と大学院重点化を始めた。大学の行政を預かる身になってさまざまな大学の改革を見ている時に、各大学がどの程度深く考えていたのか、またどんな思惑だったのかということが透けて見えてきて勉強にもなるし、それでいいのかなと思うこともある。主要な衛生工学の課程を持っている大学についてざっと眺めてみよう。

最初に重点化をしたのは学科の官制順に転換をした東京大学である。都市工学科の構造を保存したまま、その内容を現代化しつつある。構成原理からいえばオーソドックスなデパートメント・システムである。本郷キャンパスは古典的な構造でいき、柏の新キャンパスに斬新な新大学院大学を作り、近代の次に備える計画である、と吉川東大総長が駒場を含めた東大三キャンパス計画を話しておられたので、柏にこれから作られる新大学院にも期待したい。

京都大学は、学部を土木工学系全体が地球工学科なる大学科に構成し、その中に環境工学を大きな要素として取り込んだ構成をとっている。その意味では土木環境工学科型の行きかたを学部教育では取るようにしたように思う。基礎重視の大学科であるという意味で現代化が進んでいる。また、環境的な教育が極めて色濃く強化されているのが特徴である。大学院はデパートメント型を採り、環境デザイン工学、環境システム工学、環境マネジメント工学、物質環境工学といった大講座群に環境質制御研究センターを付属させている。講座名称から見て、若干ソフト的な部分を大きくしているのではないと思われる。新しい地球環境の時代へ土木工学をすり付け、その中で環境工学という分野がその存在をアピールしつつ、伝統的な分野を保存しようとしているように思える。

北海道大学は京都大学と異なり、学部はまだ学科システムの旧来型から転換し得ないでいる。学科目制となり、上下水道、水質、大気汚染、廃棄物処理、騒音、熱、空調、環境計画といった従来の教育を基礎化しつつ大学院につながることとなり、学科名称を衛生工学から環境工学に変えることとなった。もう一度学部課程の議論が必要かも知れない。大学院については大幅な次の時代への転換が始まった。土木、建築、衛生、資源の4学科を再編成して社会工学系とし、社会基盤工学、都市環境工学、環境資源工学の3専攻に再編成し、衛生工学科は土木、建築、資源の三学科と組んで、都市環境工学と環境資源工学の両専攻の主要メンバーとなっている。環境衛生工学、人間環境計画学と都市環境計画学がそれぞれ旧来の3講座相当の寸法を持つ三つの大講座となって交通システム工学、建築計画学の2大講座と組んで都市環境工学専攻を構成し、環境保全システム工学と廃棄物資源工学がそれぞれ旧来の3講座相当の寸法を持つ二つの大講座となって、水圏工学や地殻資源工学の二つの大講座と組んで環境資源工学専攻を構成する。これらの大講座はそれぞれ必修カリキュラムを10単位程度持ち、修士では最低二つの大講座の提示する科目群、博士課程ではさらに第三の科目群を履修することによって科目履修を複合化する。工学のスクーリングを専門化し複合して多様化する新しいカリキュラム構成の中で環境が次の時代へのキー・ワードとして使われたと考えてよい。

東北大学、九州大学等の土木工学系の学科も環境問題を極めて重視し、その内容を充実しつつある。とりわけ、九州大学の附属環境システム工学研究センターは二分野構成ながら、地球・地盤環境の研究に優れた成果を挙げ、10年の時限を更改して新たなシステムの強化に向かう態勢をととのえつつある。その他さまざまな大学でさまざまな努力が進んでおり、衛生工学、環境工学が単なるデパートメントを超えようとする動きが顕著になりつつある。たいへん楽しみの多い、しかし困難の多い今日の我々の学問の展開である。

すべての工学が Environmentally Educated なものになった時に、環境工学は我々のみのものではなくなる。その時に、古典的な衛生工学（縦割り社会の専門家）を超えた、我々の存在意識はどのような形のものであろうか。「衛生」を教育の核として持ち、他のさまざまな専門分野と複合化・融合化したのがその姿であるのだろうか。10年、20年かけてじっくりと考えていく必要がある。

参考文献

- 1) 鳥海たへ子：遺稿 霧の中から～祖父バルトンに思う～/遺歌集 強き糸、日本下水道文化研究会、1994.4.
- 2) ヒュー・パーティキング（斉藤博康訳）：英国上下水道物語一人間と都市を救い育てた苦闘の歴史、日本水道新聞社、1995.8.
- 3) 近代水道百人、(近代水道百人選考委員会編)日本水道新聞社、1988.10.
- 4) 明治以前日本土木史、社団法人土木学会、1936.6.
- 5) 日本土木史/大正元年～昭和15年、1965.12.
- 6) 広瀬孝六郎：上水道学、下水道学、養賢堂、1952、1953.
- 7) G.M. Fair, J.C. Geyer: Water supply and waste-water disposal, John Wiley & Sons, Inc., 1954.
- 8) G.M. Fair, J.C. Geyer and D.A. Okun: Water supply and wastewater engineering, John Wiley & Sons, Inc., 1966-1968.
- 9) 倉塚良夫：浄水工学(上)(下)、岩波書店、1950、1953.
- 10) 衛生工学科創立20周年回顧と展望、京都大学工学部、1979.3.
- 11) 北海道大学工学部衛生工学科25年史、北海道大学工学部衛生工学科、1982.12.
- 12) 第一回衛生工学研究討論会講演論文集、土木学会衛生工学委員会、1964.12.
- 13) The Environmentally Educated Engineer-Focus on fundamentals, Eds. D. Elms and D. Wilkinson, CAE (Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury), 1995.3.
- 14) 東京大学工学部都市工学科における教育カリキュラム、東京大学工学部、1996.4.
- 15) 京都大学工学部カリキュラム、京都大学工学部（住友恒教授のご好意による）、1996.
- 16) 北海道大学工学部・工学研究科機構改革案、1993.6.

(1996.7.24 受付)