

対談

世界の中の「日本の下水道」

—国際交流の視点と技術開発の方向—



石川 忠男氏

(財)下水道新技術推進機構 理事長



松井 三郎氏

京都大学名誉教授

“水の世紀”，“環境の世紀”と謳われた21世紀に入り，早くも10年目を迎えようとしています。刻々と変わりゆく世界の流れの中で，日本の下水道は何を道標にしなければならないのか。地球温暖化防止，国際貢献，水ビジネスなどのグローバルな課題から，良好な水循環の創出，下水汚泥の資源化まで，さまざまな観点からの模索が始まっています。

そこで，今回の対談には，このほど下水道機構の技術委員会委員長に就任された松井三郎京都大学名誉教授をゲストに迎え，これからの下水道事業が目指すべき方向性と，国際交流における新たな視点について本機構の石川忠男理事長とともに，ざっくばらんに語っていただきました。

ヘルメットと角棒と環境問題

石川 本日の対談には今年度から下水道機構の技術委員長にご就任いただいている松井京都大学名誉教授にお越しいただきました。では、さっそくですが、学生時代のお話からお伺いできますか。当時はどのように過ごされていたのかをお聞かせください。

松井 学部時代は合唱団の活動にかなり入れ込みまして、4回生まではほとんどそれに没頭していました。しかし、一方で公害問題がどんどん進行してきて、庄司光先生の授業で「公害とは何ぞや」という試験が出されましてね。見事に悪い点数をいただきました。

そして、大学院に入る際の卒業研究で目覚めまして、大学院からは研究に没頭しました。しかし、それと並行してどんどん学園が荒れていくわけですね。

石川 ちょうど学園紛争の時代ですね。

松井 紛争のまっただ中でしたが、こちらとしては修士論文の研究をしたいという時期でした。京都御所の東側に下水道幹線が走っていて、その幹線のマンホールに入って雨天時の汚濁負荷量の流出とか晴天時の汚濁負荷量計算のため、下水の流速、水深、溶解性BOD、SS性BODを測りに行っていたわけです。雨ガッパを着てマンホールから出てきたら、警察のパトロール車に不審尋問をうけましてね。今時分何をやっているんだと言うわけです。それで研究の内容を話して理解してもらいました。そんな時代でした。

石川 当時、成田空港のタワーの中に学生が乱入した事件がありましたが、たしか下水道を通して浸入したんですよね。そういう意味では、下水道に入っているのは不審者と思われるのも当然かもしれないですね。その後、院を卒業されてから、たしかテキサス大学に留学されましたね。それはどういう経緯からですか。

松井 紛争がエスカレートしてくると、こちらは大学から支給された黄色いヘルメットと角棒をもって、校内に突撃してくる赤ヘル、白ヘル、黒ヘルのデモ隊から体を張って校舎を守らなければならないわけです。その役目は、学内に立てこもって必死で卒業研究や修士論文をやっている工学系の大学院生でした。

石川 大学を守る側にいたということですね。

松井 そうなんです。しかし、攻撃してくる方は先を尖らせた鉄パイプです。武器の威力というのをつく

づく感じました。鉄パイプで殴りかかってきたのを角棒で受けとめると、ポンッと折れてしまうんです。しかも4～5人が横に列をつくって押してくる。これはもう逃げるしかない。今からすると漫画みたいな戦争ごっこをやっていました。

そういう中で、学園紛争の目指している方向と自分自身が本来やりたいこととは明らかに乖離が起きているなと感じました。そのときに、恩師の岩井先生からテキサス大学のグロイナ先生がPh. Dの院生を求めているという話がありました。それが、その後の人生の大きな転機になったんです。

印象に残る人々との出会い

石川 テキサス大学の研究テーマはどういうものだったのですか。

松井 当時は水俣病の問題が非常に気になっていて、とくに水銀汚染の影響が漁民の方々に集中して出たということは、食物連鎖問題なんです。食物連鎖は当時の生態学で盛んに言われてはいましたが、メカニズムの解明には至っていませんでした。

グロイナ先生がやっておられたのはアメリカ原子力委員会から委託された放射能汚染の研究でして、実験水路に放射性物質を流して、その過程で底質と植物にどのように分配されていくのかを調べるものです。放射性トレーサーですから、ごく微量で非常に正確に測れるわけです。

私は先生に日本で起きている水俣病の話をして、ぜひとも放射性の水銀を使って研究させてほしいと頼みました。当時は水銀の化学分析が非常に難しいために、その測定方法がなかったんです。ところが、放射性の水銀を使うと、きちんと測れます。それで、クロレラ・ピレノイドーザという植物プランクトンを使って、無機水銀とメチル水銀を取り込む現象「キネティクス」について数学的に記述する研究をしました。

石川 帰国されてからは茨城県の鹿島下水道事務所におられたそうですが、そこではどのようなことを。

松井 石油精製、ナフサ分解、エチレン合成、プロピレン合成、高分子洗剤合成、グリセリン合成等のプラントから排出される石油排水の活性汚泥処理に没頭していました。

石川 石油排水というと、水銀問題に加えて、当時は重金属の問題もずいぶんありました。そこで実務も



石川 忠男（いしかわ ただお）

1968年・東京大学工学部都市工学科卒業，建設省入省。1984年・岡山県土木部下水道課長。1988年・建設省都市局下水道部公共下水道課建設専門官。1991年・日本下水道事業団技術開発研修本部研修部長。1992年・同技術開発部長。1995年・建設省河川局治水課都市河川室長。1995年・同河川局河川環境課長。同年・建設省都市局下水道部公共下水道課長。1997年・同都市局下水道部長。2000年・日本下水道事業団理事。2005年・同副理事長。2007年・同理事長。2008年から現職。1944年・栃木県生まれ。

経験されて，それから金沢大学に移られました。

松井 鹿島では苛性ソーダ生産の電気分解に使用する触媒水銀の処理も経験しました。金沢に移ってからは，留学時代から抱えていた研究をしていました。それは環境汚染物質が遺伝子に傷をつけて，それがその後，癌などの病気につながるであろうというものです。

実は，テキサスにいたときに，DNAの二重らせんを発見してノーベル賞をもらったフランシス・クリックのノンフィクション小説を読んで，環境汚染は将来DNAとの関わりが大事になると考えて，理学部大学院の細胞生理の講義も受けたりしていたんです。

それで金沢大学では癌研究所に行きまして，当時第一線で活躍されていた吉川先生の手ほどきを受けました。最初に研究したのは，枯草菌「バチルス・サティリス」を使って，水環境中の汚染物質の中で遺伝子を傷つけるものがあるかどうかを「レック・アッセイ」という方法で比較的簡便に検出する方法の開発です。

この後，吉川先生は金沢大学から大阪大学医学部の遺伝学教室の教授をやられて，その後，遺伝子研究の先端を走ることになる奈良先端大学の創立に関わられています。その吉川先生と小笠原先生のお二人が，世

界に呼びかけて「バチルス・サティリス」のDNAを全部読み切ろうということをやられたんですよ。

大腸菌の遺伝子はアメリカの研究陣が中心になって全部読み切れていたわけですが，枯草菌は日本の研究陣の吉川先生のグループが国際協力で初めて全解読しました。その後，ヒトの遺伝子に進んだというわけで，つまり，地球上の生命体で遺伝子を全部読み切ったのは，大腸菌と枯草菌とヒトの遺伝子なんです。そういう先生に出会いましたから，金沢大学で学べたことは非常にラッキーだったと思います。

石川 今お話しいただいた以外の方々からいろいろな影響を受けながら研究活動を行ってこられたと思いますが，とくに印象に残る方はいらっしゃいますか。

松井 私の恩師である岩井先生は勿論ですが，テキサス大学のグロイナ先生，エッケンフェルダー先生，同じくドクター論文を審査してもらったスピース先生，スタンフォード大学のマッカーティー先生ですね。国内では，下水道行政の分野の久保先生，私の恩師である末石先生，北大の丹保先生，東北大の松本順一郎先生など，多くの方々の影響を受けました。

中でも印象深い先生は，デンマーク工科大学のポール・ハレモエス先生です。先生はヨットマンで，バルト海のヨットレースに何度もチャレンジされていたから，下水処理と海洋汚染という問題を最初から非常に広い視野でやっておられました。

この先生がAIT（アジア工科大学）*の客員教授に來られて，そこで教えられたのが環境倫理なんです。しかし，先生の環境倫理は，ユダヤ教，キリスト教，イスラム教という一神教の世界の中で考える倫理でした。AITに来てみると，学生の中にヒンドゥー教徒や仏教徒がいて，全く違った次元で環境倫理が構成されるということに遭遇されたわけです。先生とはストックホルム・ウォーター・シンポジウムの会議運営の関係で長くお付き合いしていましたから，会うたびにアジアの宗教原理について質問されました。それで，大急ぎでヒンドゥー教や仏教，ジャイナ教，儒教，道教を彼に英語でレクチャーしなければいけなくなって，毎年会うたびにおもしろい議論をしてきたんです。

その過程で京大にもお呼びして，「不確実性」「環境倫理」など非常におもしろい講義をしていただきましたが，その2カ月後に急にお亡くなりになりました。

*Asian Institute of Technology（1959年に日本と欧米諸国の支援によってタイ国に設立された大学）

石川 松井先生から吸収したアジアの宗教を入れた体系づくりを行う時間はなかったんですね。

松井 それが非常に残念です。

情熱を持って国際交流せよ

石川 今のお話でも国際的な会議のことが出ましたが、そのような会議や学会の中で力を入れているものはありますか。

松井 久保先生がストックホルム水賞を受賞されましたが、私もその翌年からストックホルム・ウォーター・シンポジウムの科学プログラム委員に選任され、以来12年間、毎年シンポジウムのテーマをつくる作業に参加させていただいています。

この会議では、河川や湖沼、生態学、水道、下水道といった分野の専門家が集まるだけではなく、経済学者、行政の担当者や水問題に関心をもっている政治家、それから国連の中の水に関連する組織が22部門あるんですが、そこの方々も出席されます。そういう中で、水全体の大きな問題は何か、どういう流れで動いているのかをヒアリングして、それでテーマを生み出していくわけです。その作業はものすごく刺激的でした。

石川 霞ヶ浦の湖沼会議のときに、私は建設省の河川環境課長をしていて、行政側の委員で参加させていただいたのですが、会議をリードするリーダーシップは素晴らしいなと思いながら見ていたんです。

松井 お褒めいただいて恐縮です。あの会議には、約8,000人も参加者にお集まりいただいたのですが、こんな規模になる会議は他の国では考えられません。やはり、茨城県民の情熱が結集したことと、当時、日本全体で水の問題を考えようという大きな動きがあったことが形になって表れたのだと思います。

石川 あのとときは、一般市民を含めて行政サイドも研究サイドも、また反対意見を持つ人も幅広く集めて討論しました。会場の中でもさまざまな議論が展開されて、非常におもしろいというか、興奮するような場面もありました。

松井 私はそのことが非常に素晴らしかったと思っています。つまり、異なった意見を持っていたものの、湖を大切にしたいという点では一致していました。その情熱があったからこそ議論ができたと考えているんです。これからは、湖沼会議で行われたような議論の場面がますます大事になっていくと思います。



松井 三郎（まつい さぶろう）

1966年・京都大学衛生工学科卒業。同大学院修士課程、テキサス大学博士課程を修了し1972年・茨城県鹿島下水道事務所。その後、金沢大学助教授、京都大学助教授を経て1987年・京都大学工学部教授。1997年・同大学院工学研究科附属環境質制御研究センター教授。2007年・退官。この間、環境ホルモン学会理事、土木学会環境工学委員会委員長、ストックホルムウォーターシンポジウム科学プログラム委員、国連地球環境ファシリティ科学技術パネルメンバーなどを歴任。2008年から水制度改革国民会議理事長なども務める。1944年大阪府生れ。

石川 これから先生の後輩たちが国際的に活躍することになると思いますが、国を越えた人と人との関係をつくるために、必要な心がけとか、コツのようなものはありますか。

松井 海外での交流は、やはり言葉の壁があるわけです。その壁をできるだけ意識しないで、率直に話すということがポイントになります。もう一つは、やはり国籍、人種、宗教の違いを超えないといけません。同じ人間として、すばらしい方がいて、彼らと議論すると、水環境をよくして自然環境や人の生命を守ろうという志の高い人は、問題提起の次元も非常に高いのです。逆に低い人とは、結局会話が進まなくなる。

ですから、志の高い人達と会話をしたり議論を戦わせたりすることが大切です。それができる人は、何の問題もなく自分の視野が広がっていくと思いますよ。

新たな下水道モデルの開発

石川 今、世界各国の方と情報交換したり、国際会議に出られたりして、世界の水分野での研究、特に技術的な分野での研究は、どういう方向に進んでいるとお感じですか。

松井 先進国は、下水道という社会資本を整備して

きて、生活するうえでのいろいろな問題を克服してきました。ところが、途上国はこれからなんですね。1970年の時点で、西洋の国々はどの国も整備率が50%を超えていました。日本がまだ20%にも達していない頃です。日本はそこから頑張って、今や70%を超えています。つまり、50%の差を50年で詰めたんですね。

ということは、途上国が今後、同等のレベルまで来るには、どうみても30年とか50年はかかるのです。そのことが将来を考える起点になると。そして21世紀における課題とは、我々がやってきた下水道が本当に唯一のモデルなのかということです。別のモデルもあり得るんじゃないかと。それを考えることが、今後の地球的課題ではないかと思っています。

石川 それは日本の国際貢献にもつながると思いますが、そのときに日本の成功事例を持って行くだけではダメだということですね。

松井 それぞれの国に合ったモデルがあり得ると思っています。しかし、日本モデルの成功した部分の本質は我々自身がしっかりと持っていて、この部分は受け継いで欲しいが、この部分は必ずしもモデルにならないという研究をこれから進めていく必要があると考えています。

石川 つまり、技術だけではなく、それを実現するための行政的な仕組み、財政的な仕組みも含めていろいろなタイプを考えなければならないということです。最近、水をビジネスとする動きが各国で広がってきていて、日本もそれに対する戦略を立てなければならないという論調もありますが、日本の水ビジネスの海外展開について何かお考えはありますか。

松井 水のビジネス展開という動きに対しては、かなり批判的な論調が多いことはたしかです。ですが、地球上で人間が生きていく経済システムを考えると、市場経済型にならざるを得ない。恐らくそれが最も弾力性をもって、いろんな状況を乗り切るメカニズムなんです。

それを考えると、水は社会資本という要素を持っているし、反面ビジネス的な要素も持っています。それは水分野の中でもとくに水道と下水道が持っている要素だと思います。ですから、この二つの要素をうまく成立させるには、国によって、あるいはその国の地域によっていろんな組み合わせ方があると思います。そこに日本の水ビジネスがどう関わっていくかですね。



その国の状況、置かれた時代性、その国の中でも、南北の気候の違いとか、あるいは周りに農業形態があるのか、漁業があるのか、工業や生産の状況はどうか。それによって、水道、下水道のビジネスモデルは違ってくると思います。それはだれもやったことがないことで、たまたまフランスの二大企業が先駆的に請負事業をやっていますが、彼らがすべて成功しているわけではないのです。これから日本の企業が、場合によっては官民一体になって、そういうモデルづくりをする可能性は十分あると思います。

下水道と「食の安全」との関係

石川 日本の下水道整備は先ほどのお話のように、ここ50年くらいで一気に伸びて、水環境も最悪の状態と比べると相当よくなっています。これが理想型なのかどうかというのは評価の分かれるところですが、今後の技術開発の方向性に関する先生のお考えはどうでしょうか。

松井 注目しているのは下水汚泥です。焼却せざるを得ないところは当然残ると思いますが、別の方法で下水汚泥の活用ができるところは大いに活用すべきです。その一つはコンポストとしての農業利用です。

もう一つは、我々が今、非常に見落としている海の水質の問題です。沿岸の魚介類への視点が少し弱いのではないかと。つまり、我々日本民族は魚食民族だということです。

1990年に世界湖沼会議が中国の杭州であったとき、日本料理店に中国側の先生や行政のトップの方をお招きしたんですが、中国の方々は刺身にいっさい手をつけませんでした。ところが、2006年に上海に行ったら、高級レストランはどこでも刺身が置いてありました。

十数年で世界の食生活はガラッと変わって、その途端に魚の値段はどんどん上がるし、太平洋のマグロが激減しています。

そうすると、沿岸部分の漁業をしっかりと守ることが、水環境問題の新たな眼目になってくるわけです。下水道はこれまで、飲み水の安全性のためにいろいろな工夫をしてきましたが、それをその先の海まで広げなければなりません。そこに下水道の技術開発のチャレンジがあるし、それをやることで下水道料金を払っていただく市民の理解が得られると思っています。

石川 魚介類の安全性ということは、処理水に含まれる化学物質や重金属をしっかりと管理できるような処理の高度化につなげるということですか。

松井 そうです。それと発生源対策ですね。

石川 工場排水、あるいは家庭排水でも抗生物質などの薬を使いますから、そういうものをうまくコントロールできるようにしないといけないわけですね。

松井 そうです。ですから、工場内で使っている化学物質の管理をしっかりと、下水道に入れるものと入れないものを工場自身で分けてもらう。それが今、企業活動に求められているCSR（Corporate Social Responsibility）の環境分野における責任ですね。

それから家庭においても、化粧品や薬剤などを不必要に流さずに、むしろゴミとして焼却するというような行動が必要です。

石川 汚泥のコンポストの研究は、既に30年ほど前から行ってきていますが、当時から騒がれたのが、水銀や亜鉛などの重金属です。基準よりも低いという状態のコンポストでもユーザーのほうで嫌がってなかなか使ってもらえなかったのですが、その辺はどうやって解決したらいいのでしょうか。

松井 重金属類は、発生源対策が今でもかなりできていると思うのですが、もう一段階高めると同時に、農地の土壌中の重金属濃度をしっかりとモニタリングすればいいと考えています。野菜や穀物は、もともとある程度の重金属を吸収するわけです。ということは、コンポストを入れて重金属濃度が上がったときに一時的に入れるのをやめる。しばらくしたら、野菜や穀物のほうに移動しますから、また減ってきます。その繰り返しで食の安全性を確保できると思います。

もう一つ残っている問題は、医薬品系統と環境ホルモン系統ですが、これも別の形でコントロールができ

るようになると思います。

有用菌こそがコンポストの本質

石川 先生の奥様が家庭でコンポストを製造されているという話を聞いたのですが、どのような取り組みですか。

松井 町内会の50家族の生ごみを我が家のガレージにあるコンポスト置き場に集めています。生ごみを枯葉が入っているボックスの中でかき回して1ヵ月ほどできあがりますから、それを契約している美山町の農家に運んで、有機野菜をつくってもらっています。生ごみからできたコンポストにはリンとカリはしっかりとある。ただ窒素がやや足りないので、農家の方が家畜糞を加えて最終的な肥料にします。

そうして採れた野菜を我が家のガレージの前で2週間に1回青空市を開いて循環させています。家内が独学で始めてもう3年になります。

石川 奥様が身をもって食物循環をやっておられるわけですね。

松井 初めは、EM菌を使ったり米糠を使ったりしていましたが、うまくいかなくて、いろいろやっているうちに我が家のすぐ隣にある公園の落ち葉を使うようになりました。そうすると、うまくいった。これはあくまでも家内の試行錯誤で、なぜうまくいくのかというものの理論づけを求められたんです。

石川 それは枯葉にすき間があって、好気性になるということですかね。

松井 そうなんです。非常に好気性になって、それから空気の保温効果があるわけですね。だから熱発酵しても熱が逃げない。それから分解したアンモニアが落ち葉に吸収されて臭いがほとんど出ません。

ところが、うまくいく秘密はほかにあって、実は落ち葉の中に枯草菌がいっぱいたったわけですね。よく考えたら、私は枯草菌の専門家だったんですね。

石川 そうなんですか。本当の意味での専門家が、すぐそばにいらっしゃったわけですね。

松井 その枯草菌が生ごみを分解するんです。コンポストの中には、枯草菌のほかにいろんな菌もいっぱいいますが、最終的に枯草菌が優先になって、彼らは食べ終わったら胞子の状態で眠っているんです。それをもう一度有機農家の方が牛糞を入れて発酵し始める。それが畑に入ると、枯草菌が畑の中で目覚めて連



町内会の方々が集まって生ごみからコンポストづくり



2週間に1度は、ガレージで有機野菜の青空市を

作障害を起こす悪い菌や線虫を抑えつけてくれるわけです。だから農薬を使わなくても野菜が育つ。

もう一つの日本の伝統的な堆肥のつくり方は、秋から始まって冬を越す堆肥です。畑の中に穴を掘って、その中に人糞も入れる。発酵温度は枯草菌型より低いのですが、これは放線菌型なんです。コンポストで増殖した枯草菌や放線菌が他の悪い菌や線虫を抑え込んでいる。これがコンポストの本質だと思うんです。

石川 私も10坪くらいの家庭菜園をやっていますが、やはり連作障害が起きないように畝を六つに分けて、翌年はつくる作物を変えたりしています。生ごみもそのまま埋めたりしていますが、3カ月もすると跡形もなく消えています。これからは落ち葉も一緒に混ぜてみたいですね。

松井 よく考えたら枯草菌の最たるものが納豆菌なんですね。最近はプロバイオティクスと言いますが、おなかを整える最もいい菌で、ヨーグルトもラクトバチルスですよ。だから、バチルス属は人間のお腹に

入っても整腸作用があって、畑にまいても野菜を守ってくれる。人間にとってはバチルス属様様ですよ。

現代の「目きき人」として

石川 では、最後に、下水道の研究者、技術者、関係企業などへのメッセージと、技術委員長としての抱負をお聞かせ願えますか。

松井 日本の下水道技術は非常に高いレベルにあって、なおかつ経験が豊富です。下水道をここまで完成させて、運営しているノウハウは非常に得がたいものでして、この経験を次代の人たちにしっかりと継承していただきたいと思います。次世代を担う若者たちに、社会資本の中でも非常に重要な仕事である下水道の魅力を語っていただいて、持続可能なシステムをつくってほしいし、私もそうありたいと思っています。

ただ、残念なことに、かつてほどマーケットが広がらなくなってきています。いくつかの企業の撤退もありましたが、それは再編という意味で、ある程度マーケットと供給する側とのバランスがとれてくると思うのです。それを乗り切った企業には、もう一度元気を出して頑張っていただきたいですね。

そして、日本の国内だけがマーケットではありません。途上国などはもちろんですが、アメリカも日本と同じような問題を抱えていますから、これから大きなマーケットになり得ると思います。ヨーロッパは、東ヨーロッパが今大きなマーケットになって、そこにEUが相当の投資をしています。その中で、大型の設備は無理にしても、小型の移動できるような設備や技術があれば、ビジネスの可能性はあると思います。

前任の田中先生が委員長をしておられた頃から委員として参画させていただいていますが、こういう組織は世界でも類を見ません。産学官から下水道の現代の「目きき人」が集まっているわけです。ですから、委員会としてしっかりといい技術を見出して、各界に知っていただくようにする。これが私どもの役割だと思います。

石川 下水道機構も今年で設立から17年目に入ります。これからも先生にお世話になりながら、さらに新技術が広く使われるよう各方面に対して働きかけをしてまいりたいと考えておりますので、引き続きよろしくをお願いします。