

実験屋、最後の16年を振り返って

宇井 純

沖縄大学で教える機会を与えられて、16年が経過し、ここにめでたく大学生生活の停年を迎えるようになった。この沖大での仕事の中で、私が最大の感謝を以て受け止めていることは、小さいながら科学実験室を用意してもらい、そこで沖縄の現実に取り組んだ実験研究をやらせてもらったことである。日本国内一般の受取り方とは明らかに異なって、私が自ら最も得意とするところは、小学校2年生以来続けて来た、すでに60年のキャリアを持つ化学実験の分野にある。特にその地域の社会条件に適應した地域住民による適正技術の開発研究という分野で、先進工業国といわれる日本におけるその必要性を指摘し、実行している研究者として、私は日本の最先端であると自任し、日本の科学技術史研究の第一人者である中山茂もそれを評価している（中山茂：科学技術の社会史1981 岩波書店）。

そういう生え抜きの実験屋、というより職人を目指してきた私にとって、その生涯の最後の部分に、小さいながら自由に使える科学実験室が与えられ、そこで沖縄の地域にとって必要な研究を進める事が出来たのは、本当にありがたいことであった。確かにその設備内容は、日本の普通の公立中学校にも及ばない貧弱なものであるかも知れない。しかしここから南の東南アジア、太平洋の島々の国々へ行けば、国で唯一の研究所でさえ、この水準に及ばないというところはたくさんある。かつて世界最高の水準を誇ったドイツの化学研究の礎をおいたのは、ギーセン大学のリービッヒ教授だが、新任の彼に研究室として与えられたのは、馬小屋であった。ドイツの化学工業の出発点はそこにあったのである。

今私が進めている研究は、微生物による排水の処理であり、その原理は20世紀初頭にさかのぼり、都市下水をはじめとする多くの排水に応用されている。だが、都市の巨大化に伴ってこのシステムは益々巨大化する方向に研究が進んでいる。私の研究はその反対の方向で、汚染をいかに発生源で小さいうちに処理するか、等身大の技術を目指している。そして沖縄では地域環境を汚染している最大の汚染源として、伝統的な産業の一つである豚の排出する汚染と取り組むことになった。沖縄県全体をまとめて試算してみると、養豚業の排出する汚染3に対し、人間が排出するものが1に相当する。人口1人当たり、すでに200万円近い設備投資を投入して建設されている沖縄の下水道と比較しても、費用便益計算の上から言っても今の沖縄で急務を要するのは、実は畜産排水の方なのである。

オランダで学んだこと

私は1968年から69年にかけて、WHO（世界保健機構）から奨学金を得て、ヨーロッパの公害の調査を行い、その中で数ヶ月オランダの国立衛生工学研究所で、当時日本でも注目を引き始めた、酸化溝と呼ばれた簡単な設備を研究するためにデルフトに滞在した。デルフトはその昔オランダの東インド株式会社が存在していたころとあまり変わりのない静かな中世都市で、その一角にある研究所で私が見たものは、オランダのどこにでもある排水溝と、それを攪拌する鉄のブラシを組み合わせた実に簡単な、これで下水がきれいになるのだろうかと思わせるものであった。

私を出迎えたこの溝の発明者、パスフィーア老師は、私の差し出した名刺をしげしげと眺め、それ

から突然笑い出した。

「お前は変わった名前だが、本当に日本人かね」

初対面の人間に笑うなんていささか失礼な、と腹を立てて私は答えた。

「あまり多い名前ではないがたしかに古くからある由緒ある名前ですよ。それにしても笑うのはなぜですか」

「いやそれは失礼した。実は日本人はここへ毎月のように団体にバスを仕立てて見学にやって来る。そこでこの現場へ案内して1時間位説明して、さてこれから一番大切なところを話そうと思うと、きまって皆時計を見てそわそわして、次の予定がありますからと帰ってしまうのだ。そこでいつも日本人というのは頭がよくて、私が過去17年間もかかって研究して来たことが1時間でわかってしまうのか、それとも全くわかっていないのか、どちらだろうと思っていた。そこへお前がやって来て、4ヶ月余りもここで勉強したいと言うので、ついおかしくなって笑ってしまった。お前はここに2日以上滞在して勉強したいと言った最初の日本人だ」

そんなに多くの日本人がここに来て、よく調べないで帰るといふ話は初耳だったが、たしかにこの簡単な構造では、1時間も話を聞けば、それ以上のことは何もなさそうに見えた。

しかし実際にこの酸化溝にデルフト市の下水を張り込み、1日4回、4時間ブラシを廻して運転し、1時間ブラシを止めて生ずる活性汚泥を沈澱分離させ、次の1時間で上澄みを抜き新しく下水を入れて運転を開始する、この操作をタイマーで自動的にやらせていると、時間と共に次第に変化が現れて来る。まず最初の1週間位で、下水中の有機汚染物質が除去されて、処理水の水質が目立って良くなると共に、ブラシで下水を攪拌しているにもかかわらず、下水特有の悪臭が感じられなくなって来る、浄化されていることがわかった。師匠に報告すると、

「まだまだいろんな変化が出て来るから、あわてずにゆっくり調べなさい。変化は遅いからサンプルを取って測るのは週1回でいい」

空いた時間、酸化溝のそばの芝生に寝ころがりながらいろいろ考えていると、通りがかった老師が笑いながら、

「お前も半分位オランダ人になった。それでよい、日本人は忙しすぎるのだよ」

と諭してくれた。1月位経つと処理水のアンモニアが次第に減り始め、ほとんどゼロになるころに、こんどはその十分の一以下の硝酸性窒素が出現するようになる。時間と共に活性汚泥は徐々に増加してゆくが、その増加速度は普通の下水処理法に比べて大分遅く、どうやら半分以下らしい。これは実は下水処理場の運転の上で大切なことで、下水処理水と汚泥を別けることはそれほど難しくはないのだが、金と手間がかかるのは泥の始末の方なのである。それが普通の処理場の半分以下となると大いに助かることになる。

約4ヶ月、こうしてデータを手に入れて、日本へ帰ろうとする私に老師は、はなむけの言葉をくれた。

「この酸化溝運転の秘訣は1日4回運転を止めて流し出すところにあって、同じ溝を処理反応と泥の分離に交互に使うことで、悪臭やアンモニアの除去が自然に出来ているのだが、これを土木屋のエンジニアに渡すと、必ず後段に沈澱池をつけて、連続で運転しようとする。たしかにそうすると能率は上がるのだが、特性の方が死んでしまうので、やらないように。それともう一つ、オランダの下水はアメリカや日本に比べて濃いので、3日ここへ貯めて処理するように設計した。下水が薄ければこの時間

は短くして差し支えないが、最低2日は貯めるのがよさそうだ。2日を切るとどうもよくない。

この酸化溝のプロセスを日本のメーカーに売ったのだが、その後何とも言って来ない。一体売れているのかどうか調べて知らせしてほしい」

日本での歪曲

帰ってすぐに、この技術を導入した石井鉄工所という中堅タンクメーカーを訪れて、パスフィーア老師に言われた通りに伝えた。返って来た言葉は意外なものだった。

「あれは失敗しました。あまりに構造が簡単なので金を払ってもらえなかった。そこで2台目から沈澱池とポンプをつけたら、金を払ってくれるようになりました」

つまり老師がやってはいけないということをその通りにやったのであった。たしかに金にはなるが特性を失ったこの方法が、下水道の補助金を付ける下水道事業団の標準設計になって、中小規模の都市下水道にぼつぼつ普及を始めているという。私が習って来たオリジナルの設計と運転は、いくら説明しても下水道の分野では誰も聞いてくれず、私もそれ以上説明する熱意を失った。だが産業排水処理の分野では、1973年の大分県臼杵市のフンドーキン味噌工場以来、暇のあるときに設計をして、数例の応用例が出来た。予想通り、有機物と窒素はキッチンと除去できている例がほとんどである。但し、この時期の東大都市工学科での仕事は、自主講座公害原論の活動の合間になされたものであるから、そう例は多くない。

1986年に私が沖縄に来て間もなく、恩納村喜瀬武原にあるプロイラー農場、沖縄畜産開発のプロイラーを処理する際に生ずる排水の処理を頼まれて、1日数トン～十数トンの排水を池を使って処理することになった。これは小さな谷間を仕切って水を貯めるだけの簡単な設備であったが、一応処理した水を地域の小さな河川に放流できる程度に処理できた。これは私の設計としては最も原型に近い、土をかき寄せて作っただけの池を使ったものであり、大体うまく動いていたようであるが、90年代後期に、農場そのものが倒産してしまい、池も動かなくなって、人に実物を見せて説明する事が出来ないのは不便で残念であった。

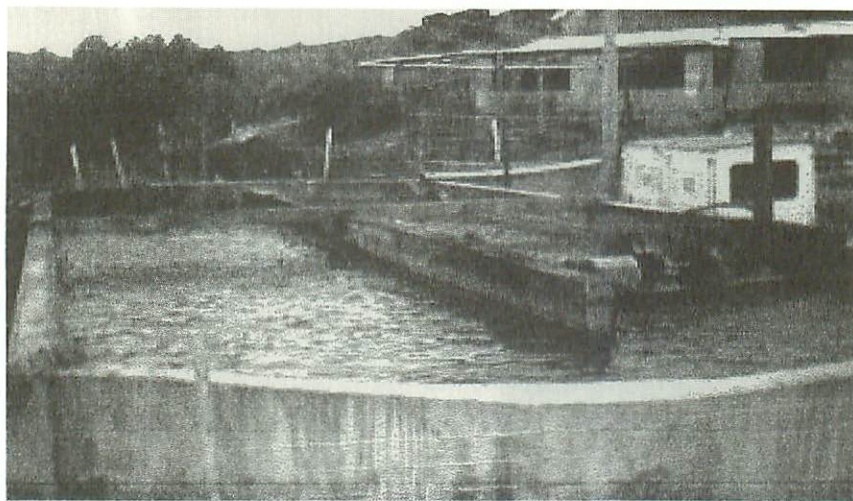
90年代の初めになって取り組んだのが、沖大2号館の水洗便所の下水を処理する酸化溝で、この処理水と雨水を合わせて水洗便所へ循環する方法をとった。この方法は普通の連続法活性汚泥の浄化槽に比べて変動に強く、学校のように季節毎に大きく人数が変化するところには適しているが、予想しなかった落とし穴が一つあった。それは学校の便所も家庭と同じように、食べたものが全部大小便として排出され、それが下水に出て来るという前提で有機物とアンモニア性窒素の比率を設定しているのだが、どうやら学生は学校の大便所をあまり使わないので、有機物が不足気味の下水が出て来て、バランスを失って窒素がうまく取れない時がある。この時には浄化槽内が酸性になって、放置するとコンクリートが溶けかねないので、アルカリ性にして有機物を足してやる必要が生ずる。これが学校の浄化槽を運転する時に考慮しなければならぬ条件であり、特に夏休みのように便所があまり使われない時に起こりやすい。たくさん使う時にはある程度回復するが、やはり時折監視を必要とする。

大学の方は、そういう次第でガタピシしながらも運転中である。これと並行して、科学実験室が出来て、基本的な分析が可能になったので、データを取って確認することが出来て大いに助かった。折角条件が揃ったので、沖縄の差迫った環境問題の一つとして影響の大きい畜産排水の発生源における処理をやって見ようと考えた。沖縄本島中南部の中小河川は、豚を主とする畜産排水と都市下水で、

何の用途にも使えないほど汚染され、悪臭を放っている。これを発生源で取組んでみようというのである。1996年、沖縄の米軍基地に直接間接由来する環境問題に対して、日本環境会議が沖大で開かれて、そこでの決議として沖縄環境ネットワークが結成され、内外の人々の力を合わせて沖縄の環境問題に恒常的に取り組むことが採択された。そのネットワークの仕事の一つとして、南部港川に注ぐ雄樋川を取り上げて、その浄化作戦をまず上流部から始めようというのである。

幸い沖縄県の大城農林部長は、沖縄大学の先輩でもある。畜産排水の処理研究を県の畜産試験場と協力してやろうという提案を快く受け止め、試験場に紹介してくれた。今帰仁村の試験場を訪れ、研究員と話してみると、やはり畜産排水の処理にはずいぶん苦勞をして、いろいろ実験室規模で実験をしているが手が足らなくてデータが出せないという。私の提案は、百頭位の規模で実際に出て来る汚水を修理する施設を作ることで、構造が簡単なだけに自分たちでやって見ようということになった。98年の秋から試験場の研究員と作業員が手のあいた時にブロックを積んで池を作り、99年1月にはほぼ完成したので汚水を入れて運転を開始し、4月には大体予想した通りに、家庭下水に比べて百倍近く濃厚な豚の尿尿を主成分とする畜産排水が、自然に生成した微生物に処理されて有機物が99%は除去され、窒素も90%以上除かれているという結果が得られて、テレビをはじめマスコミに紹介すると共に、畜産農家にも公開した。

この時に大里村の大城秀雄環境保健課長がこれを見て、ぜひ大里村内の畜産農家で実現させてみたいと申し入れがあって、村内数軒の農家に実際に相談してみた。その中で、経営している農場の広さ、経営形態、後継者の存在などを考えて、雄樋川最上流の金城寿助農場が最適であろうと決まった。たまたま私の手元に環境事業団からの研究助成費があり、これを使ってコンクリートブロックやセメントなどの材料費を150万円支給して、建設作業は金城氏一家の家族で池を作ってしまった。これが99年秋のことである。それ以来この装置は順調に動いている。金城農場では、この処理水を野菜にかけると生育が速くなり、甘みが増すというので、川には全く放流せずに液肥として使っている。またこ



(写真：大里村金城農場の豚100～200頭規模の処理場)
コンクリートブロック積み約120㎡の池。0.5馬力と1馬力の水車を入れた。

の水をつけてやると挿木や接木の根がよく出ることを経験的に見つけて、その用途にも使っている。

動かして見なければわからないということが実際にあるものだとしみじみも思った。大体100～200頭の豚から毎日出て来る汚水の量は1～2トンという前提で処理場を設計し、運転していたのであるが、子豚が生まれ、大きくなり、やがて出荷した後の掃除があると、その日は30～50トンの汚水が入って来ることもある。大体池に100日分位貯めて運転しているから、50日分入って来てもそれほどあわてなくてすむが、これが連続型の処理場だったら、間違いなく壊れてしまい、元に戻るのに2～3ヶ月はかかる。実際に動物を飼うときには、こうした変動も承知しておかなければならない。実際規模で農家の営農条件に合わせて運転しないと、こういうことはわからない。

オランダでは汚水の攪拌に使われていたのは鉄のアングルを植えこんだブラシであったが、日本ではウナギやエビの養殖に古くから使われている水車が、大きさも値段も手頃であって、構造も簡単であり実用に適している。水中に生物の呼吸のための酸素を送り込むという目的では、魚の養殖も汚水処理も全く同じ目的なのである。ここでもすでに他の分野で商業的に成立している技術を利用することは、競争によってコストが低下しており、部品の供給などもすでにルートが確立している点で有利である。下水処理の分野では、この目的のために数多くの機械が市販されているが、今のところコストとパフォーマンスの比で養殖用水車に及ぶものはない。ただこの用途では大きさに限りがあり、2馬力止まりであることは一つの限界で、大きな規模になると何十台もの水車が並ぶことになる。

宮古の人は気が早い

大里村の金城農園の浄化槽は見学者が千客万来だが、問題がないこともない。その一つは、概してお役所から来るお役人は態度がでかい。あまりに態度の悪い県庁のお役人に腹を立てた金城さんは、お役人はお断り、どうしても見せてもらいたいなら沖縄大学の宇井教授の許可をもらって来いと申渡したようだが、私のところへ許可を取りに来た県のお役人はほとんど居なかった。沖縄県の担当者の熱意とはその程度のものらしい。

宮古の平良市から視察に来た人は、熱心に見て帰ったが、どれ位の建設費がかかったかと尋ねられて、前述のように材料費が150万円で、建設の手間は別であると申し上げた。ところがこの人は総工費が150万円であると早とちりして帰ったらしい。しばらくして予算が議会を通ったから、150万円で500頭位の農家に作れという命令が来た。それは100頭規模の処理場の材料費だと説明したが、相手はもう議会を通して予算化したのだから動かさない、年度末になると予算が流れたらお前のせいだと来たものである。

この担当者の早とちりのおかげで何回か平良市との間を往復し、宮古島の上水道企業団が見かねて助け船を出した。地下水の保全ができて硝酸性窒素が減るならば、企業団にとってもプラスになるので、差額を出してもともかく建設しようということになった。いったん決まると宮古では話が早い。01年の6月に500頭ほどを飼っている最大の農家、松堂農場に池が作られ、そこに満々と汚水を貯めて、水車を入れてスイッチを押す完成式に招かれた。はじめから全量を入れたら悪臭が出るのだかと思っただが、もう引き返すわけには行かない。案の定猛烈な悪臭が夏の間中続いて、議会でも問題になったという。困ったことにこういう場合にすぐ効き目のある特効薬というものがなく、ある時間が経って微生物が増えて来るのを待つしかない。秋の終わりになってようやく多少悪臭が落ち着き、我々もほっとしたものであった。しかしもう1軒養豚農家があるので、そこも同じように処理すること、

実験屋、最後の16年を振り返って

予算は前回と同じ150万円というので、さすがに私も頭に来て、伊志嶺平良市長宛にこれまでの経過と、担当者の早とちりでどれほど位苦労をしているか手紙に書いた。

これはさすがに効果があった。市長からあの温顔で、いろいろ不行届があったが、それは改めることにしてもう一軒の農家もやってくれと言われれば断るわけには行かない。400頭ほどの下地農場にも池が作られ、今度は松堂農場からの種汚泥に悪臭が出なくなるように十分空気を入れ、そこへ順次汚泥を入れるようにしたら、順調なスタートを切ることが出来た。このあたりの経過は地域研究所の移動シンポジウムで、02年9月に現地で報告したところが一部公表された。

豚から牛へ一更に困難な一歩

99年のどこかで、私はボクシングの世界ウェルター級チャンピオン、平仲信明氏に出逢っている。その時の話題が、豚で成功した処理法が牛に応用出来ないかというものだった。酪農牛の糞と尿は、普通混合した形で排出されるスラリーと呼ばれるもので、有機物濃度で豚の2～3倍、泥状で扱いにくく、豚に比べて数倍は難しいと思われるものである。平仲氏の友人からもらったサンプルを実験室の中で1年近く扱ってみたが、実験室規模では海のものとも山のものともわからない結果であった。平仲氏の友人の農家では現在使っていない牛舎があって、その地下に数十トンのこれも使っていない浄化槽がある。これを平仲氏が先頭に立って中に入って掃除し、改造して小さな池を作り、回分法で1年ほど動かしてみた。大体臭いと窒素はなくなるが、豚のように処理水が分離するのは望めそうもないということがわかった。

内閣府と沖縄県が、産・官・学の協力研究という政策を打出した時に、これに積極的に応募してみようというのも平仲氏のアイデアであった。これも彼の幅広いファンの存在によって実現し、7千万円ほどの研究費がついて、02年7月から、大里と南風原の60～100頭の2軒の酪農家について実際規模の浄化槽を建設し、運転することが始まった。約半年のデータを見るところでは、池の大きさと入って来る排水の比率を変えた実験は、一勝一敗というところで、十分な容積と時間を確保できるならば、悪臭と窒素が取れるばかりでなく、有機物も豚の場合と同様に除去できて、河川に放流する基準も満たせるようになる。我々の研究では、すぐにそこまで目指しているのではなく、処理液を液肥や土質改良材として利用できれば差当たって十分だという立場をとっているのだから、それならば2軒とも十分成功したと言ってよい。こうして牛についても100頭規模までなら何とか処理できる目途がついたと言える。

今後の見通し

この数年で、実験室を使っただけの研究はほぼ一段落した感がある。もちろん今後も運転データの確保は必要だし、実験室レベルでの仕事は続くであろう。しかし仕事の重点は、次第に普及の方向に移行することは間違いない。元世界チャンピオンの平仲氏のところには、日本国内だけでなく、世界中から彼の指導を受けたい青年が、いつも百人以上つめかけて居るのであって、彼が土建業を営んでいるのも、この青年たちを食べさせる一環の仕事である。私の仕事は建設業としては池を一つ作るだけだから、素人の若者でも特に難しい技術や機械を必要とせずに来れる仕事であり、現に畜産農家が自作している。この仕事を平仲氏と一緒にやってみて、さすが世界一になるような男は、その決断といい、人の先立って動く行動力といい、世界一流になるだけのことはあると感じた。ある時尋ねてみたこ

とがある。

「世界チャンピオンというのは、どれ位見込みがあると思ったら挑戦するものかね」

「二割か二割五分あると思ったらやるものです」

これには私も驚いた。我々科学者が実験を行う時には、少なくとも半分以上、大体は七割位の見込みがないと手を出さないものである。それでいて実験の成功率は、やってみると野球の打率とほぼ同程度で、二割成功すればよい方であり、二割五分なら大体プロとして商売になり、三割だったら大成功といってよい。四割の成功などというのは、天才かまぐれであり、我々凡人には決して長続きしない。要するに我々科学者は臆病だったのであり、失敗をおそれて手を出さないから、日本の科学は世界一流にはなれないのである。勇気がなければ一流にはなれないということをつくづく考えさせられた一言であった。

今私が目指しているものは、民衆が必要だと思ったら自分で作れるような簡単な技術であるが、その内容は必ずしも単純なものではない。私の技術は、下水処理としてはいまだに水車という動力を必要とするだけ複雑なのであって、インドのカルカッタで実際に行われているような、太陽光線で浄化して魚を飼い、資源を回収しているシステムには及ばない。もちろんカルカッタの場合は、熱帯で広い空地があったという条件がこの自然な方法を可能にしたのであるが、日本ではどこでも狭くてコンクリートの構造が必要かということ、そうとは限らない場所もたくさんある。要は私たちはまだ頭の使い方が足りないということであり、まだまだ工夫をする余地があるのだろう。

沖縄滞在の終り近くになって、沖縄にとって役に立つ仕事が出来たのは幸いであり、まだ2～3年はこの研究が続くであろうから、平仲氏たちとの協力も進むことになるだろう。水商売の職人として、それは有終の美を与えられたものであり、沖縄大学の経営者をはじめとして、関係したすべての人々に感謝をしている。他方で、何でこんな簡単なことに気がつかなかったのであろうと、下水道の職人としていささか恥じ入るところもある。特に人間の生屎尿については、その処理におそらく過去1兆円をこえる税金が投入されて来て、それでもうまく行かずに苦労してきたのであるが、もし最初からパスフィーア老師の教えに従っていれば、この金もかけずにすみ、資源の利用もできたものを、と悔やまれるものがある。世の中には、しばしばこういうことがあって、足元を深く掘れとは、ニイチエの言葉を伊波普猷が引用した通りであった。これが理工系の学部がある大学だったら、もっと実験は楽だったろうと思うこともあるが、その分行政などの雑用にコキ使われていたことだろう。これ位のところが丁度よかったのかも知れない。だが私の提案を聞かなかったことによって、沖縄県民はおそらく何千億円から1兆円位の不必要な費用を今後負担することになるのだろう。こうして他所者がいささかこの土地の問題に寄与できたことを感謝して、16年の恩恵に答えることにする。