

第一工大方式水循環システムの10年の研究を顧みて

石井 勲* 樋渡 重徳*

田中 光徳* 岡林 悦子*

Looking back at the ten-year-history of the water recirculation system
by the Dai-ichi Kodai method

Shigenori HIWATASHI Isao ISHII

Mitsunori TANAKA Etsuko OKABAYASHI

The construction of sewerage system has been promoted to solve the worsening water contamination in rivers and lakes. Although the public sewerage system, which requires large costs for expansion, is appropriate to urban areas, it is inefficient in the small towns and villages where the population density is smaller and contributes the damage of the eco-system and nature.

And the effluent standard of sewage treatment plants, 20 mg/ℓ of BOD, is too high because the limit value of water contamination is 5 mg/ℓ of BOD. In the water recirculation system experimented in our university, wastewater can be treated to 1 mg/ℓ of BOD and high water purification efficiency can be obtained only by random supply of waste Yakult containers (65 ml), whose bottoms are removed, in an aeration tank.

The recent research shows that the Yakult containers are also very effective for nitrogen removal. This paper describes the result of our research on the system.

序 文

近年、河川、湖沼をはじめ、水質汚濁が進行し、その対策として下水道整備が進んでいる。しかし、下水道は都会の地域にあっては、有効であるが、町村などの人口の低下、とくに過疎地域においては管渠の延長など莫大な財源で非効率も甚だしく、一方では生態系、自然を損うことを理解してほしい。更には、下水道の放流水の規制値は、BOD 20 mg/ℓであり、水質汚濁の限界値、BOD 5 mg/ℓにも及ばない。本学で研修している水循環システムは、BOD 1 mg/ℓレベルまで処理が可能で、しかも、使用するろ材は Yakult 廃容器 (65 ml) のみで、その底をカットし、ばっ気槽へランダムに投入することにより、高性能の浄化が可能となる。

最近では、更に窒素の除去についても、Yakult ろ材が、有効であることも実証された。これらを含め、

現在までに研修した、本システムのまとめを報告する。

§ 1. はじめに

人間が生きてゆくために重要なのが水と空気である。その水が現在、汚濁へ移行している。水の汚濁は日本のみでなく、世界一、きれいな海をもっているパラオでさえ、年間 4 万人もの日本人観光客が押し寄せ、海を汚しており、人魚ジュゴンも、今ではいなくなったという。筆者もかつては現地へ行き、浄化装置をとりつけ、生活排水対策の一助とした。カナダにおいても水環境問題がクローズアップされ、一昨年は、国際見本市の開催と、当時の広中環境庁長官も来カされ、プリティッシュ・コロンビア大学で水環境の講義も行った。韓国においても、水汚染問題が浮上し、慶南大学主催でソウルにて、下水処理国際セミナーも行った。

以上は、日本同様、水汚染対策に関心のある諸外国の例について述べたが、要は、わが国の水問題の現状について述べてみたい。

* 土木工学科 (第一工業大学環境衛生開発研究所)

§ 2. 昔の水と今の水

「水清し」という言葉がある。これは私たちの半世紀以前の水の姿である。当時は、私の住んでいる筑後川流域には水泳場があった。福岡市では百道海水浴場もあった。このように人間と水とが、融和する水辺の風景は、今の人々には縁がなくなっている。それは何故か、言うまでもなく、水の汚染である。かつて、ある有名なテレビタレントが5年後の日本の水は飲めないと放映し、国民にショックを与えたことがあった。それというも、今の飲料水には全国至るところで発ガン性物質の THM (トリハロメタン) が含有され、健康上の不安が終始つきまわっているからである。

それは、国民が便利さのみに心を奪われ、水を無神経に汚す、汚れた水道の原水は浄化法に執着し、大量の薬品を入れる。この悪循環が今日の結果を招いているのである。以前の飲料水をつくる浄化法は緩速ろ過で原水をゆっくり砂の中に通していた。今では、需要が多いから、原水に薬品を入れ、当時の40倍以上のスピードでろ過する急速ろ過法を用いている。そのため、180 ml (1合ビン) のろ過後の水には大腸菌群が以前の20個に対し、100倍の2000個が検出される。勿論、大腸菌群は消毒により殺菌されるが、それだけ消毒には塩素の量が増加する。

私は、かつての大阪の水の実態を見るため、淀川とその上流の琵琶湖の水質調査を行った。水の良し悪しを検査するのに透明度がある。それは直径30 cmの白い円板を水中に沈め、見えなくなるまでの長さである。琵琶湖の南湖で測ったのが、97 cmしかない。1 mも見えないのである。因に、北海道の摩周湖では44 mも見える。この水が京阪地方に給水している水がめの実態なのである。勿論のこと、アンモニアが含有されておれば飲めないし、これを除去するのに消毒に使う塩素を入れる。その量がアンモニア濃度の13倍を投入するので、アンモニア濃度が1 ppm あれば13 ppmの塩素が必要となる。この塩素を原水の汚濁(フミン酸)が化学反応を起こして発ガン物質であるTHMが生成される訳であるが、水が汚れるほど、更に塩素が必要で、発ガン性物質は、それに比例して生ずることとなる。

九州は、大阪地方の飲料水と比較すれば、よい方であるのだが、デパートでミネラルウォーターを買い求めている風景があちこちで見られる。それも一昨年は福岡市が濁水で大変だった。今年は東京地方が水不足

で悩んでいる。人間が生きていくためには、豊富な水、キレイな水、それを以前どおりに確保することが先決である。何故に水がなくなったのかを反省し、是正することが、今後、水環境に携わる者、とくに研究者の第一の使命である。

§ 3. なぜ水が汚れたのか

河川は雨量を森林で豊富に涵養し、それが徐々に流される。一方では家庭などより排出される汚水は自浄作用により良質の水となり、それらの支川が合流し、水量を増しながら流域を潤しているのである。

ところが、森林は伐採され、とくに九州では数年前の未曾有の台風で森林が悉く倒れ、まだ植林さえも放置されているところが多い。筑後川はとくに、被害が強く、森林による雨水の涵養も不可能に近く、雨水はどっと流れてしまい、日照り続きでは水量の少ない状態が続いている。そこで、各所にダムが作られ、本川だけでもその数は10を越し、ダム銀座と言っても過言ではない。このような状態では、自浄作用はほとんど期待できず、少しの汚濁水でも河川は汚染される。昔は、川底の砂や小石が透きとおって見え、小川にはメダカやしじみがいた。今の小川は汚水の溜まり場と化し、ドブ臭さとビニールや野菜くずが流れている。

飲料水にしろ、今の水は蛇口から出て一瞬のうちに排泄物とともに流れ去ってしまう。その水を汚濁させている最大の原因が家庭より出される生活排水である。すなわち、台所、風呂、洗濯、トイレなど、これらの汚濁量は全国的に河川総汚濁量の2/3を占めている。久留米市でも筑後川の汚濁の74%が生活排水の汚濁量であった。更に困ったことは、合成洗剤による水の汚染である。以前は、石ケンであったがため、河川に排出されても分解し易く、それが現在は、ほとんどが石油を原料とする合成洗剤に変わったがため、河川中では分解力に乏しく、河川への残留となる。残留した合成洗剤は、飲料水源に混じり、それを飲み水として使う。一昨年、飲料水の水質基準で、この成分MBAS含有量が、従前の0.5 ppmより0.2 ppmへ減少されたものの、水道水に含有される限度が下ったままで根本的な解決策ではない。

しかし、一方では私達が生活を営んでいく以上は、自然の形態をある程度は変え、人工物を作るのは当然のことで例えば、ダムにしろ、それなりに住民に利益を与えてきたし、それ自体に人工物としての良さはあるが、一方では人工物を総合して、力学的に安定した

線に持ってゆく努力が必要であろう。例えば、護岸工事においても、従来のコンクリート護岸は河川への汚染を助長し、単に景観上の損失のみでなく、漁業水質、生物群などへ悪影響を与えているのは言うまでもない。それが今日では建設省は「自然型工法」をとり入れ、河川的美観を含め、それなりの効果が上っている。この点は評価したいと思う。

§ 4. 下水道対策の問題点

このように、河川、湖沼の他、内海に至っての富栄養化も、その元凶が生活系排水に起因しているのは、前述したとおりである。これを解決するのが下水道である。しかし、下水道には大きな問題点がある。下水道敷設が条件であって、人口の少ない町、村、とくに過疎地帯にあっては、下水道敷設には、莫大な財源は元より、生態系、自然を損うことを重視しなければならない。すなわち、下水道には、小川とか、水路とか土などが持つ自浄能力は全く使われない。水は土に還ってこそ、浄化が可能となる。今の下水道では、整備されるに従い、河川の水量は減少し、小河川は断ち切られている。なくなった川は取り戻すことはできない。これが、下水道整備の宿命であり、下水道が自然とかみ合わない所以である。もっとも、汚水処理の合理性を考えると、都会では建造物の過密、そして自然はすでに削減しており、下水道が不可欠であるのは云うまでもない。

これに対し、人口の少ない、河川上流域の町、村において都市型の下水道を敷設すれば自然は消失してしまう。下水道には、その調和が何よりも必要である。具体的に言えば、上流域町村においては、各家庭から出される生活系排水は、その排水源において処理する最小単位の家庭用下水道、すなわち、戸別下水道（個人下水道）をそれぞれ義務づけることによって容易に解決できる。そうすれば、1人、1日、300ℓにも及ぶ生活系排水は清浄な水に処理されて小溝へ流れ込み、それが集められて、小河川へ、次々に水量を増して、中河川を経て、本川、湖沼へと流れ、自浄作用によって自然環境はそのまま保持されるのである。

しかるに、河川などの浄化には、国をあげて下水道の整備が進められている。人口の多い都会地では、下水道は必要欠くべからざるのは当然であるとしても、人口の少ない、とくに過疎地域にまでも拡張することは、財源と、更には100年の大計を必要とし、しかも生態系としての自然の破壊を含め、下水道化には慎重

を期したい。

ここで、河川流域の人口分布図を見ても、全国至るところ河川上流域は過疎地帯であり、下流域に都市は集中している。現在、河川上流域で既に汚染が進行しているとき、下流域でいくら下水道が普及しても、流域住民にとっての下水取水源は常に汚染の恐怖にさらされている。要は、下水道敷設が困難な上流域で住民が生活排水をたれ流しするかぎり、現在の下水道敷設に関係なく河川全体が河川汚濁の域から脱し得ない。更に、最近では、森林の伐採や、多くのダム建設によって上流域の水量が激減している。そのため、少量の汚染源でさえ、川は上流より汚染しはじめているのである。

以上から、国は戸別下水道の考え方に立脚せねばならぬと思う。現在、厚生省では、これらの地域においては、助成金を支給して、合併浄化槽の推進を図っている。しかし、普及率は、1割にも達せず、大半は依然として、し尿だけを処理する単独浄化槽である。これでは、台所、洗濯、風呂などの生活雑排水は、そのまま放流されるし、従って、単独浄化槽が増えれば増える程、河川は汚濁される。よって、上流域住民に対しては、即刻、単独浄化槽を禁止する英断がなされねば河川の浄化は程遠いと云わねばならない。

§ 5. 脱窒について

1992年10月、建設省は太田川流域に470人槽の第一工大方式浄化システムを設置した。当河川流域には多くの自治体があり、とくに、広島市がその最下流に位置している。この源流で温井ダム工事が行われ、約500人の作業員が住みついている。このまま源流を放置すれば太田川の汚染は避けられず建設省では、その一手段として、第一工大式浄化装置を採用することになったのである。そこでダムを担当している建設省の中江技官が94年河川学会で、当システムの脱窒経過を発表した。次にその要旨を述べる。

温井ダムのワークステーションに設置されている第一工大式合併浄化槽は、BOD除去率95%、また窒素除去においてもその効率が抜群であることが判明した。このことは、「自然にやさしいダムづくり」を目指している温井ダム建設事業に大いに貢献できることを確信していると発表している。

その論文の一節に、従来のBODの他、今回は当浄化槽の脱窒効果についての各種の試験を行い、現在のところ、接触ばっ気槽への分注運転が最も効果的と考

え、その運転を継続しているところである。更に、第一工大式浄化槽は、近年、その浄化性能の高率から徐々に普及し始めている。今回の温井ダム浄化施設は元より、一般家庭から学校等の大規模な施設まで設置されており、BOD除去の他、さらに脱窒効果を高めるシステムも内包されていることが判明したと述べている。最後に、データ(1994. 7. 5)を示し、検証報告としている。

| | | |
|-----|----------|----------|
| 処理水 | BOD | 5.5 mg/ℓ |
| | 総窒素(T-N) | 9.0 mg/ℓ |
| | 硝酸性窒素 | 8.7 mg/ℓ |
| | ケルダール窒素 | 0.3 mg/ℓ |

| | | |
|------|--------|-------|
| 以上より | BOD除去率 | 95.7% |
| | T-N除去率 | 71.9% |

(参考)：下水道法規制値 BOD 20 mg/ℓ

一般下水道及び浄化槽の脱窒効果は5～30%である。

§6 おわりに

第一工大式水循環システムの浄化理論については、学会誌及び本学研究報告で発表を順次行ったので、それらを参照されたい。ここで、現在までの研究の歩みを次の如く、要約、本年'96年4月、第一工大式水循環システム技術の普及について科学技術庁より、長官賞の栄に浴した。通称、ヤクルト容器をばっ気槽内へ、ランダムに投入することにより水の浄化力を飛躍的に高め、BOD 1 ppmの処理を可能にした。1985年、アジア農林医学会(韓国、ソウル)で発表して以来、国内各地をはじめ、海外においては、パラオ、カナダ、韓国でも採用されている。また、毎年10カ国に及ぶ開発途上国の技術者に対しても、本システムの講習を、引き続き行っており、高性能浄化システムとして関心をよんでいる。その他、最近では河川や湖沼の水質浄化に応用され、東京都足立区の垢川浄化もその1つとして、評価されている。更に、'92年より、広島、鳥取県境に温井ダムが建設中であるが、その太田川源流では、約500人処理の浄化装置に採用、河川浄化に一役を担っている。

なお、寒冷地のニューファンドランド州では、本システムの性能実験が行われていたが、浄化力に異状がないため、州をあげて取り組むという。

また、南極においても世界各国の調査団、観光団が多数、来極するため、その排出するし尿で環境汚濁を引き起こしているといわれる。ここでも、本システムによる浄化が検討されている。

さて、ここで訴えたいことは、河川上流域における下水道への可否である。当然、生態的に、また財政的に、その他数々の問題点がある。よって、これらの地域にあっては、本システムにより、使った水はその場において処理し、自然界に還すという個人下水道が基本である。現在、飲料水に含まれるトリハロメタン対策も又、深刻である。どの河川でも、ダムが建設され、水量が減量し、昔の河川特有の自浄作用は望むべくもなく、逆に少量の汚染源でも直ちに川の汚染に結びついている。従って、上流域の汚染が現実となっている今日、下流でいくら下水道を進めても、上流域での河川浄化対策が行われないうちに河川全域が汚染されることになる。この際、水道水源である河川上流域の浄化対策こそが急務である。長期の大事業にならざるを得ない下水道計画と、その一方で緊急を要する河川の浄化という、二つの相反する課題に有効に対処するには、この手段しかないと思う。

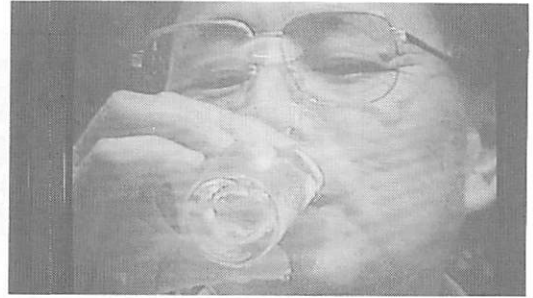
ここに朝日新聞論壇(1993. 8. 3)、天声人語(全国誌)1994. 11. 25を掲載し、主にTV写真を添え参考に供したい。

参考文献

- 1) 石井 勲, 山田國廣共著, 浄化槽革命合同出版 1994
- 2) 石井 勲, 山田國廣共著, 改定下水道革命 藤原書店 1995
- 3) 石井 勲, 地域汚染を止めるために, エントロピー, 1990
- 4) 坂元紘二他, 福岡周辺のおいしい水(「石井式」水循環システムについて) 不知火書店 1993



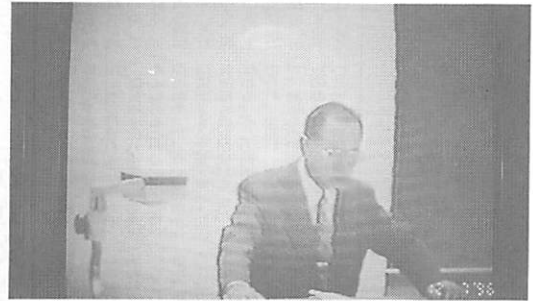
発表風景 (NHK)



BSゴルフ場の処理水を飲む (TBS)



1993年 パラオ環境使節団 (NHK)



1994年 カナダ British Columbia 大学で講演 (同)



1995年 韓国TVに出演



1995年 Yakult ろ材の説明 (NHK)



日本TVでの放映, 河川水との比較 (1996. 7)



1996年 埴川現場写真

