

安全でおいしい水を市民に

小島 貞男

はじめに

昔、外国の船乗りが日本へやってくると、「日本の水はすばらしい、世界一おいしい」と皆さんが言われたんですね。「横浜の水は世界一だ」とか、「神戸の水は赤道を越えても腐らない」とかいろんなことを言う。もっとも、外国の船がたまたま神戸と横浜に来たからで、ほかのところへ来れば、ほかのところもみな世界一になったと思います。

このように、全部がきれいで全部が飲めるような水ですと、今度は反対に、我々にはこれがおいしい水だということがわからないんです。だから、船乗りが世界一おいしいと言っても、我々は「当たり前の水じゃないか。日本にはどこにでもある水じゃないか」と、思いました。おいしい水というのがわからなかったんです。

ところが、日本にもだんだんまずい水が現れてきたら、「ああ、昔の水はおいしかった」ということがわかるようになりました。次いで、「ああいう水が飲みたいな」という願いが出てまいりました。つまり、まずい水ができて初めておいしい水がわかるんだなと私は思い当たりました。

1 日本で最初にまずい水を造る

まずい水を最初につくったのが私だということになっているんです。私だってまずい水をつくろうと思ってつくったわけじゃありません。そのとき私は玉川浄水場で、多摩川の水を浄化して都民に配るのが役目でしたが、まだおいしい水があるということは知りませんでしたから、水道は安全第一と安全だけを考えていたんです。

やがて、多摩川がだんだんと汚れてまいりました。汚れてくると、まずアンモニアが増えるんです。そして同時に大腸菌、この二つですね。昭和25年ぐらいまでの多摩川ではアンモニアも大腸菌もほとんど検出されませんでした。

ところが、昭和25年頃から急にアンモニアと大腸菌が増え始めたんです。アンモニアが増えすと、ぐあいが悪いことに消毒がうまくできなくなるんです。塩素がアンモニアと結合して結合塩素というのができちゃうんです。これは、殺菌力が弱いんですね。ですから、殺菌力が出るまで塩素を入れるわけですが、大体アンモニアの十倍入れなきゃならないんです。

普通の水ですと、1ppm入れたら消毒できます。地下水のようにきれいだったら0.5ppmで十分です。ところが、玉川浄水場ではどんどん増えてきましてついに100ppmも入れたんですよ。これは世界記録です。これだけ入れると水は酸性になってしまいますから、今度はアルカリ剤（カセイソーダ）を100ppm入れて、中和しなくちゃいけない。

すると、水の中に入れた薬が残って、水中の化学物質が増えてしまう。これで、安全だなと思って供給したら、こんどはまずいまずいと言われるわけです。「こんな水飲めない。昔のような水はつくれないのか」と言われました。「ああ、水道というのは安全だけじゃだめだ。水道水はおいしくなくっちゃいけないんだ」ということを、そのとき初めて知りました。

2 おいしい水とは

(1) おいしい水の条件

とにかく安全でなくちゃいかん、おいしくなくちゃいかんと、やっていたが、落ち着いて考えたら、まずどういう水がおいしいのか、調べる必要があるということになった。そこで、私はいろいろな水を造ってみんなに飲んでもらったんです。

その結果みなさんが、どういう水をおいしいと言ったかといいますと、ミネラル分が100mg/Lぐらい、硬度がその半分の50mg/Lぐらい、炭酸ガスが30mg/L入って、水温を15℃に冷やした水なんです。

これをみなさんおいしいと言うんですよ。よく考えてみると、湧き水の水質なんです。湧き水、地下水、谷川の水がこの条件にちょうど合うんです。

(2) おいしい水は安全な水

そこでいろいろ考えてみました。どうして我々は地下水をおいしいと感ずるんだろうと。よく考えてみると、これが一番安全な水なんです。我々は、本能的に安全な水を味で知っているんです。どうして安全かと言いますと、地下水は降った雨が原料ですけど、雨そのものはあまりきれいなものじゃないですよ。あの中にはバイ菌もいますし、アンモニアや亜硫酸などのガスも入っていますし、チッソやリンといった栄養分も入っています。いろんなものが入っていますが、土壌を通過するとき、土壌中の微生物によってみんな浄化されてしまうんです。有毒なものは無毒に、有害なものは無害に、みんなここで除去、分解されてしまう。

一方、土壌の中には炭酸ガスがいっぱいあります。これは有機物を分解した時にできた炭酸ガスです。水はこれを溶かし込んで地下に入っていくわけです。炭酸ガスを含んだ水は岩の成分であるミネラルを溶かします。つまり、鉱物成分を溶かし込みながらだんだん地下へ入っていくわけです。そして地下に数年、あるいは数十年たまっていたのちに湧き出したのが、湧き水なんです。地下水も同じなんです。そのくらい長く地下にあった。そうしますと、夏でも冬でも、その地方の平均気温の水になるのです。東京近辺ですと15℃です。こういう水を我々はおいしいと感ずるんです。つまり、これは人類が長い間かかって獲得した身を守るための本能だと私は思うんです。まったく合理的なんですね。あのおいしい水というのは一番安全な水なんです。

3 おいしい水を造る

(1) オゾン・活性炭処理

とにかく、こういう水がおいしんだということがわかりました。これを目がけて水をつくれればみなさんが喜ぶ。じゃ、こういう水をつくらうということで、それ以降、浄水処理方法をいろいろ工夫をいたしました。

例えば、入れた薬が水の中に残ると水をまずくするということですね。安全にしようと思ってたく

さん薬を入れると、どんどん水の味が悪くなるんです。そこで、水に残らない薬だけで浄化できないかということを考えたんです。中に残らない薬というのは何があるかという、ひとつは活性炭です。あれは吸い取るだけで何も出しませんから、これは使ってもいい。もうひとつはオゾンです。オゾンは、酸化したら酸素になっちゃうんですから、これも水の中へ残らない。この二つで処理ができないか考えた。最初、私はオゾンと活性炭の二つだけで処理ができるような気がしたんです。一生懸命この二つでできないかと二年間ほどやってみました。

当時オゾンは日本には向かないという考えがあって、日本の水道ではどこもやっていませんでした。ところが、やってみると、オゾンはカビ臭いにおいを取るのに非常に効果的であるということがわかった。殺菌力も強いから同時に殺菌もできる。ところが、困ったことに、オゾンでは全然アンモニアが取れないんです。いろいろな薬つまり酸化剤をテストしたけど、アンモニアを分解できるのは塩素だけなんです。しかし塩素を入れたら味はもうおしまい、カルキ臭くて飲めなくなる。

話が戻るようですが、あの嫌な塩素の臭いというのは、カルキ臭とよく言いますが、実は塩素の臭いじゃないんです。塩素だけならあんないやな臭いはしないんです。アンモニアがあってそこへ塩素を入れますと結合塩素というのができるんです。カルキ臭い臭いを出すのは結合塩素の中のトリクロロミンという化合物です。これがあの嫌な臭いを出すんです。ですから、あの臭いがしたら、「あっ、水源が汚れているな」と思えばいい。

(3) 生物膜処理法

私は汚れた水からでもおいしい水はつくれるはずだと思っていろいろと研究しましたが、最後まで解決できなかったのはアンモニアなんです。ほかのものは活性炭で取れば取れます。臭気もとれます。マンガンは前もってオゾンを入れてろ過すれば、取れます。そのほかのものも何とかなるんですけれども、どうしてもだめだったのはアンモニアだったんです。アンモニアは、塩素で酸化する以外に方法がないんです。しかし、塩素を入れちゃったら、もうおしまい。カルキ臭い水になっちゃいますから、塩素を入れないでアンモニアを取

る方法がないのかといろいろやってみました。過マンガン酸カリウムでもだめ、オゾンでもだめ、活性炭でもだめ、こんな研究を二年ぐらい苦労してつづけました。

その頃、私は毎月多摩川の上流から下流までの水質の変化を調べていましたが、その中でアンモニアがどう変わるかを見てみますと、流れ下るにつれてどんどん減るんです。あんなに汚れているように見える多摩川でも、どんどんアンモニアは減るんですよ。「ははあ、この浄化力を使えないだろうか」と気づいたんです。私は、何か新しい問題にぶつかりますと、ずーっと集中して考えるくせがあるんです。寝てても、起きてても考える、歩いていても電車の中でも食事中でも考える。このアイディアはたまたまお便所で考えついたんです。終わってじゃーと流しました。そのときに、「あっ、川だ。川の浄化作用を使えばいいんじゃないか」と考えついた。多摩川のように汚れていても、立川から砧というところまで20Km流れる間に、だいたい90%も、アンモニアが減るんです。これはたいした力だ。薬を入れないでアンモニアが取れるなんていうのは、これ以外にないと思いついたわけです。(図1)

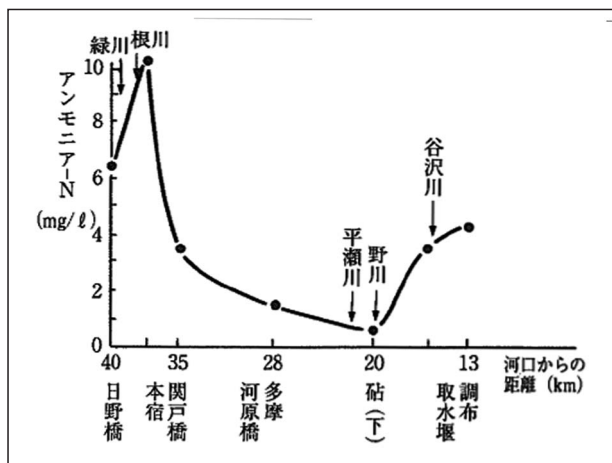


図1 多摩川の流下に伴うアンモニア性Nの変化 (小島原図)

それでは川ではアンモニアを何が浄化しているんだろうと考えて、図2のような実験をやったんです。非常に簡単な実験ですけど、まず多摩川の水を三個のビーカーの中へ入れ光の当たる所に並べる、第一のビーカーはエアレーションだけ、もうひとつのビーカーには、きれいに洗った石を底に並べて、同じようにエアレーション、そして、三番目のビーカーには、汚れた川底の石をそのまま底に

並べてエアレーションを行った。もし日光が浄化するんだったら、全部のビーカーがきれいになる筈だ。もしも酸素が浄化するんだったら、どのビーカーの水もエアレーションできれいになる筈である。ところが、実際は①、②のビーカーではアンモニアも、BODも全然減らないのに、汚れた石を入れたビーカーの水だけが急速に減っていたんです。「ははあ、これだ、この石のヌルヌルした汚れが浄化するんだ」ということがわかったのです。

川底の石についているぬるぬるした膜、よく水あかと言いますが、実は、微生物の膜なんです。これを顕微鏡で見ると、バクテリアもいるし、カビもいるし、藻類もいるし、いろんな微生物がここについているんです。その上を、水が流れて行くうちに全部の水がやがて底の礫に触れることになり、川の水全部が浄化されることになるんです。

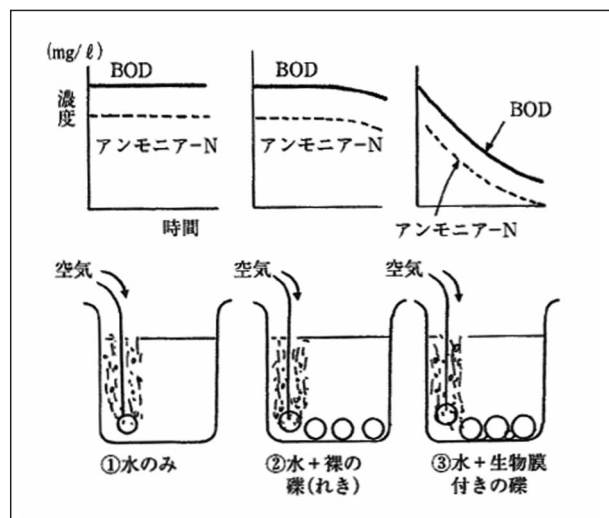


図2 河川の浄化機構を調べる実験 (小島原図)

この間の変化をもう一度、図1によって見ますと、緑川や立川市の下水の流入で一番この辺が汚れていたんですが、アンモニアが約10mg/l、あります。それが流れて砧の辺りまで来ると、約1mg/lまで落ちることがわかった。20Km流れて90%落ちるんです。

そこで考えたのは、生物膜が川底に一枚あると90%除去するのに約20Kmかかる。川の中に10枚の生物膜を設置すれば2Kmでも同じ力が出るはずだ。さらに100枚入れたら、200mでもいいはずだ。200mでもまだ浄水場の中につくる川として長すぎるから、長さ2mの川にして出てきた水を100回戻したら、これでも200mじゃないか、2mでもアンモニアが浄化ができるはずだとそのとき思いつい

たわけです。

実際には、水平だとこの板と板がくっつき合ったり、板の間へ生物膜が蓄まるから、垂直にした方がいい。また、板がくっつき合わないためには、蜂の巣が一番いい。六角形の筒状ですね、それをタンクへ入れればいいということを考えついたわけです。当時まだハニコムを日本でつくっていませんでしたが、これをメーカーに頼んでいろいろ工夫をしてもらいました。

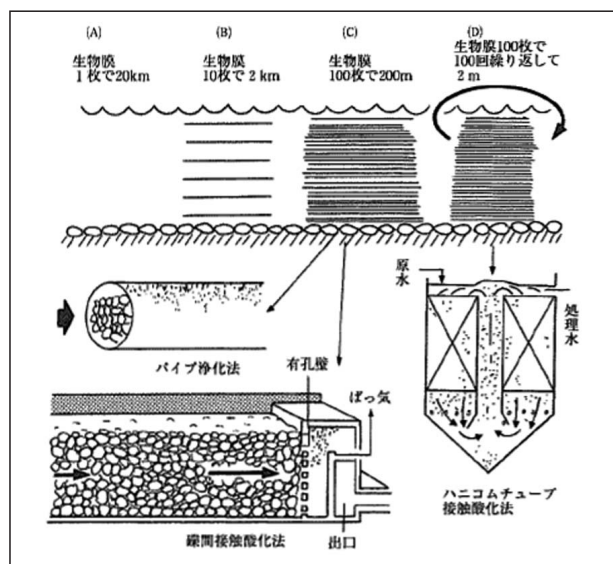


図3 河川の浄化作用を応用した水浄化技術3種（小島原図）

結局、図3の水槽に原水を入れてエアレーションする。そうすると、水がぐるぐるまわる。100回まわったら右の方から出ていくようにした。処理をつづけていると、生物膜が厚くなって落ちますから、底に溜まったら下から捨てる。これをハニコムチューブの接触生物酸化装置、と呼ぶことにしたのです。この方法は、水道で使われたばかりでなく工場廃水の処理の方、つまり汚水の処理にもたくさん応用されました。さらに茨城県から「科学万博で外国人も大勢来るのに、ここの水道水はすこぶる評判が悪い。何かおいしくする方法がないだろうか」と県知事さんから相談を受けた。私は、「多摩川で私が考えたハニコム生物膜法という方法がありますから、これをやってみたらどうでしょう」といって、20Kmの川を折りたたんで2mにするという前に述べた方法を提案しました。「じゃ、やってみよう」ということになり、すぐに実験を試みたら、あの霞ヶ浦の水がおいしくなることが証明されたんです。そこで、「科学万博に間に合わせるように早くつくれ」ということにな

り、大急ぎで16万m³/日全部この方法で処理することになったのです。

その後、ハニコム法は、霞ヶ浦の他に大阪府の水道や沖縄県の水道を始め各地の水道で採用され、おいしい水づくりに大いに役立ちました。

4 きれいな河川を取り戻すために (川の浄化を助ける礫間接触浄化法)

以上は、川の水を取ってからどう浄化するかというお話でしたけど、川そのものを浄化することができないかを考えてみることにしました。実はエネルギーを使わず、管理も要らないようなものが考えられないかと言われたんです。水道、下水が使う酸化装置図3のDまで考えた装置なんですけれども、川の水を浄化する場合は途中のCまででいいわけです。つまりたくさんの膜をつくれればいい。膜をつくれればいいということは、石ころでも何でもいい。例えば、石を詰めると、石の周りには必ず微生物の膜ができますから、この膜をいっぱいつくればいいわけです。しかも、石だったら上へ乗っても大丈夫です、こういう支える力が強いので、玉石を詰めてその中に水を流したら、図4のような状態になるわけです。

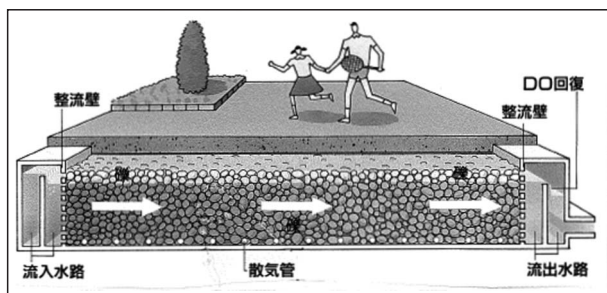


図4 汚れた河川水を浄化する礫間酸化法の概念図（小島原図）

つまり、100枚で200m分、これが100枚どころじゃない、もっと加えればもっとたくさん膜ができます。深くして、礫の厚さを大きくしこの中に水を流してやればよいわけです。もちろん、本流に対してはこういうことができませんが、支流の汚染を退治すれば本流もきれいになるはずですよ。したがって下流の支流毎にこれをつけたら如何ですかという提案をしました。

幸い下水道が整備されるまでの応急対策施設として、各地で採用され、実用化されました。

小島 貞男