

第5節

水環境の未来図

1 はじめに

「水環境」とは、辞書で調べると「水質や水量等、水に関わる重要な環境要素によって構成される環境の状態を表したものであるが、本書の読者は「水環境」と聞いて何を思い浮かべるだろうか。筆者の場合、今でも夢にまで出てくる光景は、なぜか排水溝から河川に流出する黒い水である（写真1）。たとえば都心を流れる日本橋川。現在、この川の上には首都高速道路が川に沿って走っているの、日本橋川は日陰となり、水の色はよけいに黒く見える。将来的には（2040年頃）日本橋川の上にかかっている首都高速道路は地下に移設され、日

中央大学大学院理工学研究科客員教授 中川直子



写真1 日本橋川の排水溝

本橋川には陽があたるようになるという。すると日本橋川の水は何色になるだろうか。筆者が予想するのは、皇居のお堀のような緑色だ。なぜなら、富栄養化現象という、リンや窒素およびカリウムなど、植物にとっての栄養があまりすぎる状態になっているため、皇居のお堀のように陽が当たると日本橋川にも緑色のプランクトンが大量発生してしまうと予想されるからだ。私たちは現在、高度に発達した社会システムの中で暮らしていて、それを支えているインフラの1つが下水道システムだ。私たちが日常で使ったトイレや台所などから排出される水は下水道に集められ、その先にある下水処理場（水再生センター）で河川や海域に流しても問題がないように処理をしている。しかし、その処理は完全なものではないし、都内は合流式下水道という、大雨が降った後には未処理下水がそのまま河川や海に流れてしまう下水道が未だほとんどであるため、放流先では富栄養化が起こり、植物プランクトンが大量発生して河川の水の色は緑色になるのだ。

メソポタミア文明やインダス文明の中、モヘンジョダロの遺跡でも下水道の原形となるものがあつたといわれているが、下水道が定着したのは18世紀半ばである。パリやロンドンで人口が増えてくると、尿尿の処理に困って人々は尿尿を道路に捨てるようになった。そのため、尿尿を介してペストやコレラなどの伝染病が流行するようになってしまった。それではいけないと、下水道をつくってそこに家から出る汚水を流すことで、いったん家の中は衛生的できれいになったのだ。我が国、日本も明治時代に初めて下水道が作られてから今日に

至っている。そういつたわけで、たしかに私たちの生活はこのシステムにより快適になった。しかし、このシステムは尿、厨房や風呂などの雑排水、自然由来の排水、工業排水などの汚水を水で薄めて下水管に集めて流してしまうシステムだ。水洗トイレにより、飲料可能な水も大量に消費されている。もちろん、前述したように、下水道の先には下水処理場（水再生センター）があつて、そこで汚れた水を浄化するのだが、そのシステムが完全ではないので、赤潮やアオコという、プランクトンが大量発生する富栄養化現象が起きてしまう。プランクトンが大量発生すると、プランクトンも呼吸をするので、水中の酸素がなくなつて、魚や養殖されているカキなどが窒息して死んでしまつたりするのだ。赤潮の原因となるプランクトンは、ヘテロカプサというプランクトンで赤い色をしている。これが大量に発生すると水の色が赤く見える。またアオコという水が緑色に見える現象は、ミクロキスティスとかアナバナとよばれる緑色のプランクトンが大量発生したために起こる富栄養化現象だ。世の中ではこのプランクトンが魚やカキを殺したと悪者扱ひされているが、本当は自然界には無駄なものはないはずだ。どのような生物も食物連鎖の中でお互いに助け合つて生きている。特に、ミクロキスティスは毒をだすと問題視されているが、「ミクロキスティスは普段は毒をださない。ミクロキスティスも酸素が足りなくて苦しいから毒を出すのだ」と唱える学者もいる。このように、従来の水循環システムは、水消費の増大や河川・湖沼の富栄養化が問題になっている。一方、農業地域では作物の栄養分であるリンやカリウムが枯渇してい

るといふ問題を抱えている。

生牡蠣を食べるとノロウイルスに感染することがあるという。ノロウイルスに感染すると、激しい嘔吐や下痢の症状に見舞われる。あれは私たち人間がノロウイルスに感染すると、激しい嘔吐や下痢によって対外に排出するため、ノロウイルスが下水道管に入り、下水処理場（水再生センター）に運ばれるが、消毒耐性が強いゆえに、消毒されても死なずに（不活性化せずに）海に排出され、繁殖されているカキの中に入ってしまう。それを他の人が生の状態で食べたりするとノロウイルスに感染してしまうのだ。水循環ならぬ、ノロウイルス循環だ。もちろん、加熱すればノロウイルスは死ぬが、生の状態で食べると感染する確率が高くなる。それでも生牡蠣は美味しく魅惑的だ。たとえ感染するリスクがあるといっても、生牡蠣の誘惑にはなかなか勝てない。生牡蠣を食べることによるノロウイルスの感染確率を計算した学者によると、生牡蠣を食するのは3個までにとどめたほうがいいらしい。その真偽の判断は読者にまかせよう。

2 現在の水循環システムの問題点

少々脱線したが、このように、今の水循環システムは何かがおかしいとは思わないだろうか？ もういちど考えてみると、今の水循環システムでは、河川や湖沼、海では栄養があり

すぎてプランクトンが大量発生してしまうという問題が起きている。その他にも前述したように、ノロウイルスなどの病原菌が繁殖しているカキ（牡蠣）の中に入ってしまったという問題もある。一方、農業地域では栄養分が足りなくて、化学肥料を使って作物を栽培している。作物が育つには窒素・リン・カリウムという栄養分が必要だが、リンは我が国日本では全然足りないもので、かつてアメリカ、中国四川省、モロッコからリン鉱石を輸入していた。リンはもともと海鳥のフンである。私たち人間の大便にも多く含まれている。しかし、アメリカも自国の分が足りなくなるということで、1999年に輸出をストップしてしまった。中国四川省は大地震が起こってダメになった。そうなると、日本は将来的にリンが枯渇化してしまう。それゆえ、21世紀の下水道処理施設は間違いなくリン資源再生センターになると言われている。すでに、2005年に下水処理センターは水再生センターと改名されている。

それではどのような水循環システムが望ましいのだろうか。世界中に下水道を整備することは、全世界の経済レベルをはるかに超えているだろう。また、排水中のリンや窒素が河川・湖沼などにおいて富栄養化を引き起こしていることを考えると、下水を1つの管に「集めない」システムが望まれる。また、表1は、家庭排水において、各設備から排出される汚濁負荷の割合を示したものだ。この表を見てもわかるように、尿尿は有機物濃度が高く、かつリン、窒素を多量に含んでいる。一方、トイレ以外から排出される雑排水は尿尿に比べると汚濁負荷の割合が比較的小さいことがわかる。それゆえ、尿尿と雑排水を「混ぜない」シ

表 1 家庭排水における汚濁負荷の割合

	水量	COD	NH ₄ -N	PO ₄ -P
水洗トイレ	31%	44%	97%	80%
台所厨房	13%	23%	0.3%	9.4%
洗面	13%	3%	0.1%	1.3%
風呂	16%	3%	0.6%	1.1%
シャワー	12%	6%	0.7%	4.1%
洗濯	16%	22%	1.2%	4.3%

システムが水処理の効率を上げるうえでもよいと考えられる。他にも、さまざまな視点から考えると、下水を1つの管に「集めない」そして「混ぜない」排水処理システム、つまり分離分散型排水処理システムがよいと考えられる。

3 新たな水循環システムのファンタジー

このような背景のもとに、新しく提案されたのが分離分散型排水処理システムだ(図1)。このシステムは「集めない」「混ぜない」という概念にしたがって、水を使用しないトイレを用いることにより、尿尿に多く含まれる栄養塩を水循環系から分離する。また、窒素やリンを含む尿と尿を農業の有機肥料として利用することで、有限資源であるリンの再利用が可能となる。また雑排水は環境に配慮した方法で生物学的に処理をする。いわば、莫大な資源である私たち人間の尿尿を廃棄物として水環境中に捨てるのではなく、農地に返して有効利用しようというシステムだ。私たちが使った後の水はなるべく分け



図1 分離分散型排水処理システムの概念図

出所：中川・大瀧（2009）より抜粋。

で、栄養分になるものは大地に返す。特に私たちの尿尿が富栄養化現象の原因となっているから、これは大地に返した方がいい。お風呂の水は私たちが排出する汚水の中ではそれほど汚れていない。そのような水は生物学的な処理をしてもすぐにきれいになるので再利用する。そうすれば、河川、湖沼、地下水は汚染されず、健全な水循環が復活すると考えられる。尿尿の輸送に水を用いないことから、水消費量も減少する。これが、分離分散型排水処理システムの概念だ。

もともと日本も江戸時代は循

環型社会だったのだ。お米の副産物のワラで、ムシロやワラジなど日用品をつくり、残ったものは肥料にしていた。人間の排泄物は、有機肥料として重宝され、農家がお金を払って回収し、下肥問屋や専門の商社や小売店まであったという。19世紀のはじめ、パリの人口が60万人、ロンドンの人口が90万人という時代に、日本の江戸は120万人という巨大都市だった。このように多くの人口を抱えることができたのも、必要なものを必要なだけしか使わず、余り物もほとんどない高度な循環型社会を形成していたからだといわれている。このように、もともと我が国日本はいい循環型社会の文化を持っていたのだから、江戸時代の我が国の循環型社会を現代の技術で衛生的に問題のないような形にして復活させたいというのが私の夢だ。分離分散型排水処理システムを実現するには、要となるのが排出元であるトイレだ。図1のように、水を使用しないトイレを用いることにより、尿尿に多く含まれる栄養塩を水循環系から分離して、肥料として大地に戻すのだが、病原菌が循環しないように、トイレは病原菌を排除してかつ作物の肥料を作ることができるトイレでなければならぬ。そして、トイレを通じてできた肥料を農地に撒き、作物を育てる。できた肥料は有機肥料なので、あとは太陽の光と水だけで、ミネラルたっぷりの美味しい作物が育つ。それを私たち人間が食べてミネラルを吸収し健康になる。そして排泄したものからトイレを通して肥料を作り・・・という資源循環のループをつくる。キーワードは資源循環、地消地産だ。資源が枯渇化するということを心配しなくてもよくなるのだ。英知を結集して、このようなファンタ

ジーが現実化することを心から願っている。

4 結び

写真2は、沖縄県宮古島の海岸の風景である。白砂でとてもきれいだだが、宮古島でも富栄養化のために、サンゴがなくなってきている。実はサンゴ礁というのは、栄養のない、貧栄養の中でしか育つことができないのだ。サンゴ礁がだめになるということは、観光事業で成り立っているこの島の経済を脅かすことでもある。非常に便利で快適な世の中にはなったが、その代償として水環境が悪くなっていること、そしてその問題を解決するには、現在の水循環システムを見直す必要があること、さらに分離分散型排水処理システムという、尿尿と雑排水を分けて処理するシステムの概念のことを書いた。もともと大地の栄養となる尿尿は、水環境中ではなく、大地に還元したほうがよいことも書いた。私たち人間の尿尿



写真2 沖縄県宮古島の海岸風景

も、きたないもの、くさいものとして水で流してハイさよならと扱いがちだが、実は微生物の力をかければ、莫大な栄養や資源になるということを覚えておいてほしい。「水環境」を良くするには「健全な水循環」が必要不可欠なのだ。

参考文献

中川直子・大瀧雅寛(2009)「分離分散型排水処理システムの環境負荷評価―秩父におけるケーススタディ」『土木学会論文集』65(2) 97-103頁、土木学会。