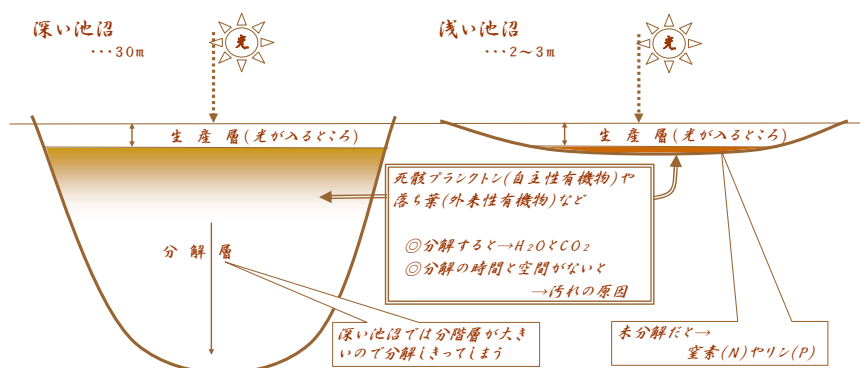


テーマ「次の世代にきれいな水環境をのこすために」

一湖のしくみと浄化



こんにちは、ご紹介いただきました加藤です。こんなに暑い日は生きているだけで十分ですので、わざわざお運びいただきまして、あるいは無理やり義理でお越しいただきまして恐縮です。皆様に渡していただいた演題のとおりにお話できるかどうか、心もとないですけど。

えーと、私はですね、非常に汗っかきで、こんなに暑い日は大変ですね、高特さんと吉祥寺の駅でお会いするのに涼しいところはないかと思って探したら、マルイは今日休みなんですね。

こんなところにいたら、今日のセミナーで喋る気力がなくなってしまおうと思ひまして、東急インのロビーへいきました。そうしたら、おじいちゃん、おばあちゃんが沢山涼みに来ているんですね。やっぱり長く生きている人は知恵があるんですね。

私自身はものすごく汗っかきなんですけど、汗っかきである私のこどもが、こんなに汗っかきだったらかわいそうだと思っていたら、幸い子どもは汗っかきでない。家内は汗っかきでないんですね。そこに気がつくのに10数年かかったわけではありませんが。

でも私のほうが実はらくなんですね。汗をかいているぶんだけ体温が低いので、で、家内のほうは熱がこもっているのが大変ですね。熱中症で30年後かに静岡のどこかで老夫婦死去なんてい

うと家内のほうが先じゃないかと思うのですが…。エネルギーを放散している本体のほうは、じつは涼しいんですね。システムっていうのはそういうものなんですね。

そういうふうなことを含めて、あるいはそういうふうなことを頭に入れながら、水をきれいにする、ということの仕組みの話をですね、少しさせていただければいいかなと思います。

今日のこのセミナーには、いろんな方がいらっやっていますので、ここにいらっやる全ての方に全てわかる話をするというのは、ちょっと無理ですね。で、どうぞ暑いのでお休みになって、気になるころがあれば是非、拾っていただければと思っているのですが。

—清流はあっても清池はない—

今日お集まり頂いた方々の共通の目的と申しますか、井の頭池をきれいにするということですが、さまざまところで様々な環境に関わっていらっやると思うのですが、水をきれいにするということはどういうことか、話を進めていきたいと思っています。

「きれいな水」ということを表す日本語というのは、「清流」というイメージがあると思います。

ところがですね、「清池」あるいは「清湖」という言葉はございません。それはどうしてでしょう。

今日の話はこれに尽きるころがあるのですが、なぜだと思いませんか？

…流れていない。

ええ。流れていないと何故でしょう。

…???

難しいですね。

流れていない、ということでそのとおりなんですね。

流れていない、昔から「川三尺流れて水清し」と言われていますが、水の汚れを薄めていく、希釈していくということは、思い当たる方がいらっやるかもしれません。じつは、そういうことは間違いではないのですが。

たとえば井の頭池でいえば、何をもって汚いと思うられますか？

…透明度が低い。

それは何がもたらしているのですか？

…植物プランクトン。

藻類ですね、主に藻類。植物プランクトンがいちばん大きい。



で、ここで「川」、たとえば長野県を流れる梓川。梓川が緑色になっているということはないのですが、藻類はいますね。アユがいたり、イワナがいたりします。じゃあ、藻類がどういう状態かといえますと、梓川では、底の礫に付着していますね。付着藻の状態では藻類は繁殖します。それは梓川の水が上高地から流れ出るきれいな水といえども、藻類を養うだけの栄養分が含まれているということなんです。

じゃあ藻類はどこで育つのですかという、川底の礫です。確かに流れがありますから、プランクトンはどんどん流されていく。そこでもうちょっと考えていただくと、どうして「清流」という言葉があって、「清池」という言葉がないのか、ということがおわかりになると思うのですが。

流れがあると、「池→汚い＝透明度が低い＝藻類(植物プランクトン)」ということが起こりにくい。とくに井の頭池は藻類が増えていますが、藻類が増殖するには時間がかかる。前回の話を東京都の方にきれいにまとめていただいた資料をみると、「藻類は一定の倍加時間で増殖する」とあります。藻類の量が倍になる時間が一週間、早いもので三日です。そうしますと、それより早い時間で水道水で廻してやれば、あるいは湧水がそれだけ豊富にあれば、井の頭は間違いなく「池→汚い＝透明度が低い＝藻類(植物プランクトン)」ということにはならない。

実は私のささやかな成功例で、長野の松本城のお堀をきれいにするということを注文されて取り組んだのですが、肝心なのはそれだけなのです。松本城のお堀では、たくさんの地下水が確保できるとがわかりました。そこで、お堀の容量をはかりまして、そこに大増殖しているプランクトンを調べまして、じゃあ、何日以内に水を回転させればいいのかを考えました。それだけなんです。その後、さまざまな事をしましたが、基本はそれだけです。これが大事なんです。

じゃあ、そのしくみはどういうことによってもたらされるのか、といえますと、藻類は生き物ですから増えるわけなんです。われわれ地球型生命、非地球型生命体はここには誰ひとりもいません。それ以外の生命があるかどうかは、我々は知らない。あるかもしれない。ただし、2030年を目途に有人飛行を計画していますので、いずれ火星に生命を発見するかもしれませんね。

ただし、その、アメリカ、ヨーロッパよりは日本の宇宙科学はほんの少し、いや、非常に遅れているのですが、我々が生命探索というときに想定している生命も、実は地球型生命なんです。それ以外は想定していません。

—窒素(N)とリン(P)が鍵—

それで、いまから生命の遺伝子の話に入ります。生命は何からできているか、という話ですが、炭素(C)、水素(H)、酸素(O)、窒素(N)、リン(P)・・・など、こんなものからできています。全て同

じなんです。今日お家に帰られて調べていただければわかると思うのですが、ほとんど宇宙にある最も多い元素から順番に使っているんです。ちょっと例外があって、ヘリウム(He)は使っていないのですが。これは元素自体が安定、いろんなものと反応してくれないので生命活動には役立たない。

全宇宙に存在している元素の多いものから使って、生命ができています。で、われわれ、基本的に材料として炭素(C)、水素(H)、酸素(O)……で増殖している。途中に遺伝子という非常に精巧なプログラムを使っているのですが、材料はこれらの元素です。

これを頭にいれて考えて頂ければ、先ほど言ったプランクトンが増殖する理由がわかると思います。水はありますから、酸素、水素はいりません。水中にはふんだんにある。それから大気中には、今まさに大問題の二酸化炭素(CO₂)がたくさんございます。これも、水面と、水面を挟んだその上の空気と、水面の下のガスは、「平衡」といって、濃度が一定になって行きますからこれも無制限にある。植物プランクトンは太陽の光をつかっていますが、太陽は地球よりおそらく長持ちしますので、太陽光も無制限。そうすると、どうやら、窒素(N)とリン(P)が増殖を制限することになる。

増殖を「律速」するもの、律速条件は、窒素(N)とリン(P)ということですね。じゃあ、その窒素(N)とリン(P)をもう一度見直すと、少し難しい話に入っていきますが、実は窒素はですね、これはガスの状態(N₂)で大気中の8割、80%を占めている。ところが、窒素をガスの状態で生物が直接取り込むことができるものは限られています。しかも、水の中でそれができるのは非常に限られます。それができるのは藍藻の仲間のあるものだけです。ただし、窒素はたくさんありますから、窒素は形を変えていって、硝酸(NO₃)という形になります。で、雨で供給されます。直接ではなくても、雨が運んでくれる。これは雨が運ぶ量がその水域の生物の律速条件を決定していると考えられます。日本の川や湖で窒素が律速になることはほとんどありません。

「われわれ、基本的に材料として炭素(C)、水素(H)、酸素(O)……で増殖している。」ということを「自然界に生物が増えるための条件は、整っている。」というふうにだけにみてはいけません。さっきの「汗っかきは涼しい」という話と同じです。これは、生物そのものの考え方が間違っているんです。「自然界に生物が増えるための条件は、整っている。」のではなく、「自然界に揃っているものを使って、生物が誕生している。」のです。生物は、自然界のなかで、環境とやり取りをして、増えたり減ったりしているんです。

—中でもリン(P)の除去が重要！—

で、そのことは、たとえば水の生態系に関して言いますとどういうことですか、といいますと、きれいな水、きれいな湖は、あるいは清澄な湖は、自然の状態でも、窒素やリンが増加します。これ

を富栄養化といいます。この窒素は、先ほど申しましたが、雨が運ぶものです。リンはどこからくるかという土壌、あるいは岩石の表層から流されてきます。リンはもともと岩石成分に含まれています。

たとえば、まったく自然の状態でも富栄養化は進行します。そして、どんどん進行していくと、池は浅くなってきます。浅くなってきて最後は湿地になります。自然の状態でもこういうふうに遷移します。これを「遷移」、自然の移り変わりといいます。これが自然の状態だと思います。

で、今われわれが直面しています、例えば井の頭公園池は、この遷移をものすごい短い時間で、20年、30年で進んでしまっている。これは通常ですと、まあ何千年とか、何万年のプロセスです。それを100倍くらい、あるいは1000倍くらい短くしてしまっている。ただし、その短くするプロセスで、プロセスに様々なひずみが生じてくることは、想像に難くないのです。当然、問題があるんですが、その前に、富栄養化というのは、自然条件ともう一つ人為的な要因があることを付け加えておきます。

先ほど、井の頭池に流入する汚い河川、汚濁河川からの流れ込みがないだろうかと、井の頭池を拝見していたのですが、井の頭池の場合、それはいいですね。そうしたら、それ以外に、窒素やリンが多量に持ち込まれた原因があるはずですよ。そうすると、考えられるのは雨、これは地球上にあるいは地域に等しく降りますから。あとは、地下水。地下水の窒素とリンはどうなのか。こういうことは考えていけないといけません。それと同時にですね、気になるのが、底泥です。長い時間をかけて窒素やリンが底泥に蓄えられている。つまり、池底に窒素とリンの供給源をもってしまっている、ということです。それが理由で、底泥がなくなる限り、雨水によって供給される微小の窒素とリンがありますから、われわれが望む以上の植物プランクトンが増えてしまう。

—＜自然＞のしくみを理解すること—

これは今から20年くらい前にドイツで実際に行われた話なのですが、富栄養化して植物プランクトンが増えたドイツのある都市の池で、底泥の上にシートをかけてやってですね、窒素とリンが溶出しないようにしたらいいじゃないか、ということで、単純なシートじゃなくて化学物質をつかってコーティングをしたものを底泥の上にかきました。1年はもったかもしれませんが、でも、それは絶対だめなんです。なぜ駄目だかわかりますか？

これは微生物を知らない人がやったんですね。シートをかけたら底泥中の酸素がなくなります。酸素が供給されるのは、植物が光合成するからですが、シートで遮断されて酸素の供給がなくなれば、生物の酸素呼吸で、底泥のなかの酸素がなくなっていく。酸素がなくなれば生物は死んじやうと考えた単純な化学者がこういう方法を用いたんですね。

底泥にはそもそもたくさんの有機物がたまっている。その上にシートをかけたのです。

底泥中の酸素がなくなると、酸素がいない、酸素が嫌いな、嫌気性細菌が増えます。

たとえば、どぶ川、昔は東京にもたくさんございました。海水などが混じれば、含まれる硫酸を使って硫化水素を作る細菌がいます。それで硫化水素の異臭がしたのですけども、さらにメタンを発酵する菌などがいます。

ドイツの場合ですと、たとえば、メタンがどんどん生成されますから、シートが浮き上がっていったのですね。案の定、そのメタンガスでシートが剥がされてしまいました。

そのことが示すようにですね、ここの生態系をうまく理解して直してやろうとせず、いきなりシートを被せようとする、自然はそんなに甘くはありませんよ、ということになる。すると、結局、長い時間をかけて蓄えられた窒素とリンを減らすしかない、というのが実は結論なんです、そのために、まずは外からの汚濁の持ち込みをなくしていかないとイケない。

たとえば諏訪湖にアオコが発生しました。長野県の諏訪湖は、当時の人口が 20 万。湖の周囲が16kmぐらいなんです。もし、湖の周りに1mおきぐらいに人が立って、おしっこをして、それが処理されずに流入したら、湖はどうなりますか？説明するまでもないですが富栄養化が進行します。

そこで、諏訪湖は広域下水道で外からの持ち込みを遮断することによって、歯止めがかかりました。底泥がきれいになったわけではありませんが、歯止めがかかりました。で、どういうふうになったかといいますと、「遷移」、これがキーワードですね。

藍藻(アオコ)は汚染の指標といいますか、汚染の代表の植物プランクトンですが、これが、珪藻類になり、さらにきれいになると緑藻類になります。生物の量はといいますと、じつは減ってきます。数分の一から 10 分の1、あるいはそれ以下となります。水の表面に漂っていたものが、水の鉛直方向、深さ方向にある程度分散して落ちていきますので、見た目はずっと改善されます。

しかし、おそらく我々の身の周りの水中を緑藻類の段階までもってくるのはかなり難しい。諏訪湖は今珪藻の段階です。ですから、時と場合によっては、藍藻類が出現したときと同じ生物量になり、少し水が汚れることはありますが、徐々にレベルが落ち、珪藻が優占するまでにきれいになれば良いと考えています。では、それまでにどういう作業が考えられるか、ということになります。「今現在、井の頭公園の池で、まわりからそれほど持ち込みがないとしたら、池の底にたまっている、ストックされている窒素やリンを徐々に除いてやれば、池はきれいになる。」というのは素直な考え方です。じゃあ、それはどうしたらいいのか。やはり、何かをしてやる必要はあるんですね。その何か、ということの糸口になるような話をしたいと思います。



—＜自然＞は物質循環系—

これは100年ほど前の言葉ですが、湖というのは、あるいは池ですが、「湖はひとつのほぼ閉じられた生態系(宇宙)である」です。流入河川や流出河川がありますが、ほぼ閉じられた生態系です。深い湖があります。その浅いところには植物プランクトンが発生します。これはCO₂を使って光合成します。すると有機物ができます。このなかに炭素、水素、酸素、窒素、リンがある。

植物プランクトンは徐々に元気がなくなり、死んでしまいます。その死んでいく過程で、植物プランクトンを分解する生き物、つまり分解者、多くは「従属栄養細菌」ですが、水中には酸素があります。一番底以外は酸素があり、従属栄養細菌は酸素をつかって分解をします。すると、窒素、リン、二酸化炭素が出ます。すると、これをまた植物プランクトンが取り込む。

外からチッソやリンがどんどん持ち込まれるのを防いでやりますと、総量が決まっていますので、植物プランクトンがたくさん増えるということはないですね。大增殖することは起こりません。これがその窒素やリンのしくみです。ところがこのプロセスがなくなりますと、浅い池になります。深い湖も浅い池も光が届く深さは変わりません。

そうすると、光合成する場所の大きさは変わらないのですが、窒素やリンは雨で供給され、底に有機物がたまり、分解するスペースが小さくなります。すると、相対的に窒素やリンが多い状況ができてきます。

実は、有機物であろうが無機物であろうが、深い湖も浅い池もちょっとずつ増えていくことになりますね。もう少し詳しく見ていきますと、世の中、あるいは地球上にいる生物がどういうことをしているかということですが。

—ある条件では、微生物が窒素を湖の外へガスにして放出する—

窒素は、硝酸の形、硝酸性窒素で供給され、植物プランクトン内で有機態の窒素になります。これが分解されると、今度はアンモニア態窒素(NH₄⁺)になります。それが、また亜硝酸(NO₂⁻)硝酸(NO₃⁻)となり、今度はそれが窒素ガス(N₂)に変換されます。脱窒です。脱窒は微生物がやってくれるのですが、微生物はなにも人間のために仕事をしてくれません。自分のために仕事をしています。硝酸や亜硝酸をこのように動かすのは、微生物が自分のためにやっているんです。

我々もご飯なりパンなり食べ、呼吸をして酸素を取り込み、その酸素で最終的に水と二酸化炭素にまで分解してエネルギーにしているのですが、ある種の微生物の場合はそうではなくて、硝酸や亜硝酸を窒素ガスに変えることでエネルギーにしているのです。

微生物が硝酸や亜硝酸を窒素ガスに変換する、これが脱窒ということなのですが、じゃあ、どうい微生物が、どんなときに脱窒をするの？ということになります。それは、特定の微生物が、酸素がほとんどなくなったとき、なんですね。池の底がその付近で行われることが多い

このへんの仕組みをコントロールしながら水処理を考えていくと、微生物を最大限に活用できるのではないかと思います。自然界ではこの仕組みが実に見事にできています。どういふうに進行するか、もう少し話を進めます。日本で私が調査しているのは、長野県大町にある代表的な湖、木崎湖です。生態系の研究がたくさんされている、研究がしやすい湖ですが、この湖の水温と深さの関係はグラフのようになります。深さ30m、水温が25度くらいですね。

今のお風呂は、温度調整をした水がザーと出てきて理科の教育にはまったく使えないのですが、以前は、お風呂に水をはって、窯で薪あるいはガスバーナーで、火をつけて熱を加えていました。そうするとどうなるかといいますと、あまり賢くない小僧に、お風呂が沸いたかどうか見て来いと言いますと、横着な小僧は、上だけ、ちょろっと触って、沸いたよと言います。そこで親父がお風呂に入ろうとしたら、下のほうは冷たい水だった、ということです。

つまり、熱い水は、冷たい水より軽いものですから、力をかけてまわしてやらない限り、軽い熱い水は冷たい水にのっかって動きません。ということは、グラフのような水は上下にまったく動きませんね。これが、寒くなるとどうかとういこと、上から冷えてきます。一番水の密度が大きくなる 4℃のあたりで、冬になりますと、上から下まで温度が一定になります。その直前のときまでは温度による密度差、密度の差がありますから、軽い水が乗った水は回りません。そうすると酸素は上から下へ供給されませんが、生物は酸素を使います。酸素を使う生物は池全体にいます。とくに底のほうに魚やミミズのような動物がいますから、底のほうから酸素がなくなってきますね。そうすると、その酸素がなくなってきたところで脱窒が進行するのです。ある時期の池底で脱窒が進行する、そういうふうにして物質はバランスよく自然界を巡っています。

—浅い池や湖が汚れる理由—

この話と、結論だけもう一つっておきますと、リン(P)を引き抜くことはとても難しい。これはとても難しい。たとえば、水草でリンを吸い取ってやって、水草ごと刈りあげてやるという方法があります。非常にまあ基本的というか、素朴な方法ですね。しかし、生き物の機能を使ってやる方法は、じつはとても難しい。



リンはリン酸態といいまして、このリン酸というのは生命にとってもっとも必要な化合物のひとつなんです。たとえば、DNA、DNA はリン酸が繋ぎになっているわけですね。リン酸とお砂糖できたバンドの上に記号、暗号をもった塩基という物質が並んでいる。DNA というのはそういうものです。ですから、リン酸というのは生物にとってまったく必須の物質なんです。

このリン酸はですね、湖の中、あるいは泥の中で蓄積いたしますと、先ほど言いました池底の酸素が少ない状態、低酸素状態から無酸素状態になると、リン酸が底泥から溶出します。それで、さきほどやっかいと言いましたのは、浅い湖はますます汚濁がすすんで底泥がたまります。そしてこのどろどろのヘドロ状態のなかには実はたくさん生物がいますが、生物が酸素を使いますと無酸素状態になる。そして簡単にリンが溶出します。

当然、水中には植物プランクトンがいますから、溶出したリンを取り込んでまた増えます。増加のスパイラルに簡単になります。そうするとますます泥がたまります。なぜなら、分解してやるペースが少ないから。

つまり、脱窒は、実は起こりますけど、それををはるかにしのぐスピードで、そのスパイラルが進行するというのが浅い湖の特徴です。浅い池の底泥に蓄積した窒素やリンが簡単に溶出してどんどんスパイラルすることはしかたがないのです。

深い湖はそれに対して、たしかに、水源の供給がじわじわとくるんですが、システム全体のなかで物質を動かしていきますので、時間がゆったり流れているんですね。それを我々によって、遅れているものを進めているというような印象の時間の速度になっているんです。

北海道の摩周湖もいわゆる汚くなっていますが、ただし、それは自然の遷移に近い速度でという言い方をさせていただいています。

光がどのくらいの深さまで届くかといいますと、外洋ですとかなりの深さまで届きますが、きれいな湖で15mくらい、摩周湖ですと10mくらい、浅い湖ですと2~3mです。そうするとちょうど、光合成をする層と分解する層が同じくらいですね。光合成の層で植物プランクトンがさらに生成されたら、それが沈降していく間に分解されます。

もうひとつ話をしますと、例えば10mの湖で死んだプランクトンが下まで落ちていくのにどれくらいかかるか、落ちていく速度ですね。いったい分解する時間がどれくらいあるかということですが、浅い湖の場合は、30m水深の湖よりはるかに時間が少ないですね。このプランクトンの比重が1.05gぐらいのプランクトンですと、1日ぐらいで落ちますね。まあ、風などの問題がありますからなかなか計算どおりというわけにもいきませんが、30mの湖ですと数日ですね。

それから深い湖でいいのは、分解して窒素やリンがでますけれども、温度で成層しています。先ほど言いましたように、直接植物プランクトンは有光層でしか光合成できません。そこへいつ、栄

養分が上がってくるかといいますと、水温が一定になって、湖の水がまわったときですね。そういう物理的な水の動きで窒素やリンが供給されますから、深い湖でプランクトンが増えるのは春だけなんです。

夏の太陽光が強いときは、むしろ窒素とリンが消費されて、それが条件となって徐々にプランクトンが減ってきますから、そういう自然の仕組みが働いているから、夏、たとえば摩周湖や琵琶湖の北湖がとても汚いということは、おこらないんです。

ところが浅い湖は、ご存知のように風でしょっちゅうまわりますから、分解された窒素やリンは植物プランクトンにまたすぐ使われちゃう。そして、加速して供給された養分がそっくりそのまま増えていく。つまり、脱窒、或いは窒素というのは廻りますよという話と、リンは、リン酸と有機態とのあいだのやり取りの話ですね。

でも、脱窒が進行するときに、リンが同時にでるということは必ずしも言えないですね。というのは、ちょっと専門的な話になりますが、窒素は、硝化もしくは脱窒と形を変えますが、硝化も脱窒もどちらも微生物によるものです。

それと、お解かりいただけるように、これはイオンですから水のなかに溶けてあります。水のなかに解けているものを微生物が取り込んで変換させていきますので、身体そのものは影響しません。リンも出たり出したりではなくて、生き物も増えるためにリンを使います。そういう意味では消費しながら脱窒の過程を進みます。この過程でエネルギーをつくりながら、リンを使いながら増えるということです。

世界の様々な湖の窒素対リンは10対1くらいですね。これは、私の師匠のものですが、実際に計って見ますとこういうデータになります。で、植物プランクトンはどうかという、我々が汚れていると目安にしている植物プランクトンは N:P は20:1~10:1です。見事に自然を使うんですね、やつらは。

—環境という器には容量がある—

えっと、池底をさらうというのも確かに手なんです。ただ、最後の話になりますけども、植物の葉っぱの持ち込みが非常に多くて、これも分解しますから、その分解過程で窒素やリンができてそれが供給源になる。これはきっちり見積もる必要があると思うのですが、大変な汚染河川を抱えているのと同じだろうと考えられます。

その辺のところをですね、市民の方がたくさんいらしているので、落ち葉が入ることをどう考えるかということをご検討なさるといいと思います。やっぱりですね、水がきれいだとどれくらいの効果があるかっていうのは、もちろん私は経済学者ではありませんけども、ものすごい効果があると思

うんです。水がきれいになることによって人々が得ることの喜び、価値、をお金に換算してもいいと思うんです。だれかちゃんと算出してみたらいいんです。これはかなりあると思うのですね。

もちろん飲むわけでもなんでもないので、たとえば、この周辺に住んでいる方が、子どもが足をつけてもいいと思うぐらいきれいな水になったとしましょう。生活は厳しいですけども、1万円や2万円は払っていいですね。で、100万人の方が1万円ずつでしたら、相当なことができます。

落ち葉は有機物の塊ですので、それを除かないときれいにはならない。先ほどいいましたが、バクテリアは我々のために分解してくれるわけじゃない、自分たちが増えるために分解します。それが生物の理屈ですからどんどん増え、酸素がなくなるまで分解します。それで酸素がなくなったらどうするか、メタンをつくるバクテリアが出てくる。それは、住民問題に確実にになりますから、そういう意味で20年後くらいは住民対策で大変な問題になると思います。

—手法は汚染の段階によって使い分けること—

神田川はかき混ぜれば若干異臭を発生するだろうと、お茶の水の橋の上から見てるとそう思います。異臭を発生するメタンガスはメタン生成菌、硫化水素は硫酸還元菌がつくっています。自然界にある異臭は微生物が作っているんですね。

どんな微生物が作っているかというと、嫌気性菌です。酸素がないところで増殖する微生物が作っているんです。ですから、このような場合は、爆気をして酸素を空気中から水中へ送り込んでやれば、異臭の発生は止まります。

わずか100年、50年くらい、まあ100年ちかくなりました。戦後の昭和に入ってから水が急速に汚れて水に酸素がない世界が露出してきて、そこに我々が接することがなかった微生物がでてきた。彼らは生きるために硫化水素やメタンを出している。それを我々は異臭ととらえている。で、先ほどもお話ししましたが、富栄養湖では年間1cmきれいな湖、貧栄養湖では年間<0.1cmの泥が底に溜まっています。それはなぜか先ほど申しました、きれいな湖、深い湖は途中で分解して、無機化されてから回っているからですね。



浅い水域で分解を促進させるには、爆気をしたらどうか。噴水を動かしてどんどん曝気したらどうか、ということですが、ちょっと今日の話聞いてわかっていただけたかなと思うのですが、水中

に酸素があれば、それは必要がないですね。これは20年前、30年前、40年前、公害問題が盛んな頃に神田川、隅田川の水がヘドロと化して、多々良の水がヘドロに化して、あるいは名古屋湾がヘドロと化して硫酸還元菌の異臭がした。そういう水に対しては、曝気は効果があります。

—水環境を戻すことが出来るか：物質を循環させる—

噴水は景観としての役目ですね。じゃあどうするかというと、分解が進行するための空間と時間を作ってやる。ビニールシートをかけるより、そこにいる生態系をつかってやったらどうですか、というのが私の考えで、これからの研究生活のなかでも変わることがないでしょう。空間と時間を与えてやったら少しでも分解するでしょう。どれくらいか？ほんの少しです。でもほんの少しすすむことは将来にむけて差が出ます。ほんの少しすすめないと、池はどんどん浅くなります。これはまちがいないですね。

ですから、いま、池がもっている生産量と分解量を超えて分解してやらないときれいにならない。今の自然の状態でほっといたのではきれいにならない。きれいな水をもっと入れてやる。これはひとつの手です。ただし、きれいな水、イコール、窒素とリンが少ないということが条件ですね。これが望めないのなら、分解のための時間と空間を与えてやるしかない。今東京都と高特さんが協働事業でやっているのがこれですね。それから水草を入れて引き抜いてやる。まあ、さまざまな考え方がありますがけれども、順序からいいますと、落ち葉はなくす必要があります。

1980年代から90年代にかけて、遺伝子組み換え技術というのができまして、環境にも応用され始めた。ロシア船籍のタンカー、ナホトカ号が10年ぐらい前に福井沖で座礁しまして、タンカーですからオイルが大量に流出しました。そのときに、環境問題に熱心な方たちが、バケツをもってオイルの掻き出しにいった。

そのときに、アメリカのベンチャー企業から売込みがありまして、遺伝子の組み換えで、石油を早く分解できる菌を開発したということなんですね。日本の法律では、それは許されない。で、私の出したコメントは、駄目だ、ということです。なぜ駄目かというと、海洋には、石油、石炭、ガソリン、炭化水素とよばれるものを分解する細菌がすでにいるからです。ただし、海水の温度で、あなた方が望む速度では分解しません。これが自然界の姿なんです。

そういうふうな話で、新しいことをやらなくても、自然界には必要なバクテリアが揃っているということなんです。これは今、勉強しはじめているところなんです。井の頭池の水1mLに100万の細菌がいます。100万の細菌がいたら、その中から、たとえば藻類や落ち葉をしっかりと分解してくれる細菌(バクテリア)に、活躍の場を与えてやる。これが自然に一番負荷をかけない水環境の改善策の一つだと思います。そういう特性を持っていて、かつ安全な材料も高特さんたちは見つけています。

これは研究の方の遺伝子解析という先端的な技術を使って私どもが確認しています。

我々が欲しいものは、我々の浅知恵で作らなくても自然界には揃っている。それを増やしてやればいいじゃないかという話です。即効性はありません。たぶん。どういうところで即効性がでるかという、もっとも閉鎖的空間、処理槽のよう



なところですね。こんな開放的な空間では即効性は出ませんが、最初のサインが出るのは時間の問題で、工夫の仕方の問題ではないかと私は考えます。

—質問に答えて—

「池の浄化を接触酸化を進めるのに、もっとも重要な働きをする細菌は何ですか？」と言う主旨の質問に答えて・・・

サイトファーガーという細菌です。

細菌は有機物、水の中、海水や湖ですと、酸素を使って分解する細菌が主流なんです、そのなかでやはり、大きな生物の遺骸、体、植物プランクトンや植物の葉っぱなどですね、そういうものはセルロース、あるいは動物ならキチンですが、そういうセルロースのような大きな高分子を分解できる生き物の代表選手がこれです。最初から解けていくんじゃなくて、生き物が酵素をだして分解しているわけですから、分解を進めるには、そういうアタッカー、一番バッテリーがいなきゃいけない。一番バッテリーを増やしてやればいい、ということですが、当然一番バッテリーだけでは、全部の分解、あるいは、その代謝系といいますか物質循環は完成しませんので、そこには1000とまでにはいきませんでしょうけど、何段階かのグループにわかれて分解します。それは酵素のほうから見ても、それはわかっています。どういう分解酵素をつくることができるかということで、実験でわかっています。

一番最初に大きな有機物を分解できる酵素を持った生き物、その次に小さくなったものを分解できる生き物、分解できる酵素を持った生き物、その一番最初の生き物がサイトファーガーです。