

<特集>第45回環境保全・公害防止研究発表会

特別講演：座長 西 森 郷 子

(全国環境研協議会会長：高知県環境研究センター所長)

見えない公害から地域住民を守る

—水環境を中心に—

山 室 真 澄

(東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)



はじめに

ご紹介いただきました山室です。拝見したところ、公害列島といわれた頃にはまだ生まれていなかった方もいらっしゃるようです。

1970年代の高度経済成長期、日本は公害列島と言われていました。あまりにひどかったので環境基準がつけられました。「東京の公害」でネット検索すると、当時の様々な写真が出てきます。川はまるでゴミ捨て場、東京湾では漁師さんたちが界面活性剤で泡だった水面で漁をしている写真があります。空気については、七夕の短冊に「こうかがくすもぐをなくしてほしい」と書かれ、子供達が酸素ボンベで呼吸する写真もあります。1970年当時、私は10歳で大阪に住んでいたのですが、生駒山という観光地の山から帰るときは、大阪の市街地はスモッグで全く見えませんでした。そういう状況だったので、初夏には体育の授業でも光化学スモッグで屋外に出られない状態でした。

私の年代だと今の中国よりもひどい状態が日本にあったことは記憶の片隅にあるのですが、多くの若い人達には、日本はこういうところから環境を回復させたことが認識されていません。日本は凄まじい環境破壊に直面し、そのころからモニタリングを始めたので、それ以前の環境に関する記録というのは、水質データも含め、ほとんど存在しません。つまり記録がある最も古いのが1970～80年代の、日本の環境が最悪だった状態なのですが、この時代を知らない方が多数になるにつれ、最も古いからの理由で、この頃を自然再生の目標とする事業さえ行われてしまっています。

そういう状況なので、「公害」という言葉は今では死語に近いのですが、私は今でも公害はあると思っています。その理由をこれから説明していきます。

1. 目に見えない有機物がもたらす公害

目に見えない有機物がもたらす公害ですが、水質とし

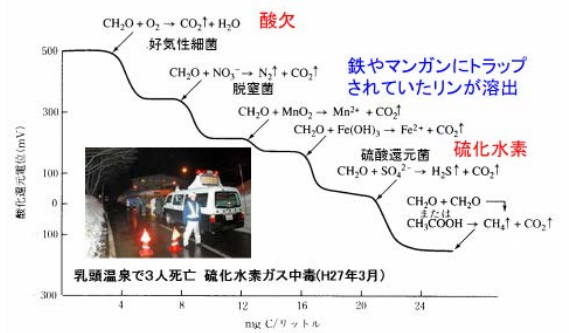
ての汚濁物質は2タイプあります。人の健康の保護に関する環境基準、これは毒物が対象で、重金属とか合成有機化合物です。それに対して、生活環境の保全に関する環境基準は、有機物が対象になっています。有機物そのものに毒性があるわけではないのですが、過剰に存在することで貧酸素化をもたらします。

貧酸素化は、酸素の供給よりも消費が多くなることで起こります。湖底や海底への酸素供給が減少すれば貧酸素化しますが、その減少の原因には、流れの減少や、光が当たらなくなることによる光合成による酸素発生の減少などがあります。一方、消費の増加をもたらすものの一つは水温上昇で、それだけで物理的に溶解する酸素が減ります。有機物濃度の増加も、消費を拡大する原因の一つです。

酸素がなくなるとなぜ困るかという、底泥付近に生息する動物が死滅するからです。ですから、環境省はこれまでのCODに加えて、底層溶存酸素という新たな指標を制定しました。

酸素がなくなると酸欠になりますが、酸素がなくなってもさらに貧酸素化は進みます。そこで言葉として貧酸素化と言うとおかしいので、これからは酸化還元電位を使って説明します。

有機物増加による酸素減少がもたらす悪影響



この図は酸化還元電位が縦軸で、横軸が水中にどれくらい有機物があるかです。その消費によって酸化還元電

位が水の中でどれくらい下がるかを示しています。酸化還元電位が500mVを切ると酸素は水中から無くなります。そのとき、8mgC/Lくらい有機物があるとさらに下がり、脱窒が起こります。もっと有機物がある水中では、マンガンや鉄と化合している酸素がバクテリアによって使われ、マンガンや鉄を溶出するようになります。

ここまでは貧酸素という被害はありますが、もっと大変なのはここからです。さらに還元的になると硫化水素が発生するようになります。硫化水素は生態系を破壊します。東京湾などでは、水中で硫化水素が発生してそれが表層に行くと硫黄に変化し青白くなるので青潮と呼ばれていますが、そうすると硫化水素が水中に存在するので、魚が苦しくなり表層に出てきます。貧酸素という言葉からは、ただ酸素がなくなるだけと思われがちですが、酸素がなくなりさらに有機物があると、このような猛毒がでてくる状況にまでなってしまうのです。

従って、有機物濃度を減らすことが、生態系を保全する意味では水質浄化なのです。有機物が多すぎると酸欠になり、硫化水素が発生して生態系が破壊されるからです。このため海や湖ではCODを有機物の指標として、ある程度まで下げようとしているわけです。窒素やリンを減らすのも有機物を減らす為です。このことは「富栄養化対策マニュアル」（環境省地球環境局）に、「アオコや赤潮は、有機物を合成してCODを高めるから、アオコや赤潮が増えるのに使われる窒素やリンを減らさなくてはいけない」旨が記されています。それなのに、窒素やリンを減らす為に有機物を増やすアサザやヨシを植えることが水質浄化対策として行われています。本末転倒です。

ここまでは有機物それ自身は毒にならないと言ってきましたが、あることによっては毒になります。

有機汚濁の指標としているCODは、水道水の有機物を測るために明治時代に採用されました。しかし有機物以外にも過マンガンを消費する場合もあるなど正確に有機物量を反映しているとは限らない為、水道水の有機物指標は平成15年からTOCになりました。COD/TOCは約1.3なので、水道水質としては、CODで6.5mg/Lを超えると法律の規定で使えないことになっています。水道原水の湖沼水有機物が多いと、塩素処理されるときに有機塩素化合物ができます。ですので、水道水は法律によって、例えば、塩素処理した後に総トリハロメタンが0.1mg/L以下にすることを義務づけています。このトリハロメタンには発がん性や変異原性があります。

その上で、各家庭の蛇口から供給される水には遊離残留塩素で0.1mg/L以上存在することが義務づけられているので、再び塩素が添加されます。浄水場で検査した時点では有機塩素化合物を規制未満にした水ですが、有機物を大幅に除去するわけではないので、もともと有機物

濃度が高い原水の場合、蛇口でも塩素が残るような塩素を加えて水道管に流すとどのようなことが起こるでしょうか。

私はつくば市にある産業技術総合研究所に勤めていましたが、その化学物質リスク管理研究センターが、室内、屋外、個人のVOC暴露濃度調査を、2002年の晩秋から冬にかけて1ヶ月行いました。有機化合物を吸着できるバッチを親と子それぞれの寝室、リビング、外気、および親子が装着して毎日測る、という調査のボランティアが募集され、12家庭が参加しました。このとき、C家庭では3日間だけ浴室も測りました。

その結果の一部ですが、C家庭のVOC濃度のほとんどはほかの家庭と比べ桁違いに低くなっていました。C家庭は実は我が家ですが、高気密、高断熱、床暖房の当時まだ新築3年でした。確信犯的に住宅用換気扇を1度も回していないので、外気との交換は極めて低いです。無垢材を使用し、ワックス不使用でした。ただし家具は市販のものなので、VOCの発生源がないわけではありませんが、外気よりVOCが低い場合さえありました。無垢材に吸着したのだろうと考えています。

ただし1項目だけ、家の中の方が外気より高いという、ごく当たり前の結果を示した物質がありました。トリハロメタンの1種、クロロホルムです。外気より屋内の方が高く、さらに3日だけ測った浴室が最も高い。こうなると何が原因かわかりますね。水道水から揮発したのです。

このように2002年に既に、水道水起源のトリハロメタンが室内大気を汚染することが私には分かっていたのですが、2007年になってようやく、イギリスの研究者が、飲料水の殺菌により意図的・非意図的に発生する物質とその遺伝毒性と発がん性に関するレビューと研究、という論文を出し、塩素消毒された水でシャワー、入浴をした人の群はガンリスクが有意に高いと報告しました。飲まなくても呼吸や皮膚から有毒物質が取り込まれることが分かったのです。

日本でも2010年、気相曝露量の実態調査結果が報告され、浴室の濃度が最大と、我が家と同じ結果でした。また居間のトリハロメタン濃度は浴室ほど高くありませんが、在室時間が長いため、総曝露量としては浴室に近くなると報告されました。

さらに東京都の環境安全研究センターは屋外プールの消毒副生物濃度を調査し、ほとんどが水道水質基準を超えていたと報告しました。塩素処理をしているプールに尿が混じると、尿酸と塩素が反応して塩化シアンや三塩化窒素ができます。アメリカの調査では、EPAの基準を超える濃度になっていたそうです。塩化シアンは、化学兵器として用いられる猛毒です。

塩素消毒は病原菌を死滅させるために行うものですが、

それによって急性の病気を防いでも、副生物によって慢性的病気（ガンを含む）になっている可能性は否定できません。消毒によって発生する有害物質はトリハロメタン以外にも数多くあり、特に怖いのがホルムアルデヒドです。国際的に発がん性が認められている数少ない物質のひとつで、シックハウス症候群の原因にもなっています。

このように湖沼水を飲料水に使用する場合、有機物濃度を下げないと、塩素消毒によって有害物質が生成されます。しかし平野の湖沼は人為的な富栄養化以前から有機物濃度がかかなり高いのです。陸上の栄養塩を溶かしながら下流に水が流れてくるからです。だから平野の湖沼は鯉や鮒、エビなどの魚介類が豊富に採れていたのです。近代化以前の日本の大部分で、飲用水は井戸水、つまり地下水を使うのが主流でした。今でも熊本市は豊富な地下水を水道水源に使っていて、CODは非常に低いです。しかし人口が集中する大都市で地下水を使うことで、かつて全国的に地盤沈下が起こりました。このため、大都市を中心に表流水を利用するようになったのです。首都圏の場合、汽水だった霞ヶ浦を淡水化してダム代わりに利用するようになりました。それだけでは不足するので、群馬や埼玉などの山間部に多数のダムを造っています。現在、首都圏で使っている水は、元からある川の水はたった1割で、9割がダム開発で使えるようになった水です。

排水が入らない森林にあるダムの水の有機物は少ないと期待されますが、例えば秩父にある浦山ダムでは、竣工から10年でアオコが発生しています。何故でしょうか。この図は、現在の最上流域での渓流水の硝酸濃度から50年前の中流域での硝酸濃度を引いた値です。普通は上流より下流の方が高いのでマイナスになるはずなのに、どこもプラスになっています。なぜ現在の渓流水の硝酸濃度が、50年前の中流よりも高いのか。首都圏の工業地帯や車からは、燃焼起源の窒素酸化物が発生します。陸の方が比熱が小さいので、昼間は陸域の空気の方が海より早く暖まって上昇気流が起こり、それを補うように海から陸に向かう風が発生します。その窒素酸化物を含んだ風は関東平野の場合、荒川低地に沿って内陸に向かい、寄居のあたりで窒素酸化物が硝酸の雨となって降ります。ですので寄居付近の渓流水の硝酸濃度が最も高くなります。次に斜面に当たるのが先程のダムがあった地点です。ですので、首都圏からの大気の影響が少ない所にダムを作っていたら、ここまで硝酸濃度が高くならず済んだのです。

首都圏で使われる水に首都圏からの窒素酸化物が供給されるのは自国の責任ですが、島根県を含む日本海側の地域では、大陸で排出された窒素酸化物が季節風に乗ってやってきます。日本で発生するNOxは大幅に減少してい

ますが、越境大気からの供給が非常に多いので、降水中の硝酸濃度は増加傾向にあります。

ところで、本日、宍道湖に行かれた方は、一部でアオコが出ているのをご覧になったかもしれません。宍道湖では表層水のN/P比が減少傾向にあり、アオコが発生しやすい環境になっています。なぜ硝酸の雨が降っているのにN/P比が下がるのでしょうか。実は中国からの越境大気には、窒素だけではなく、ここ10年でリンも含まれるようになったからです。

島根県保健環境科学研究所の神谷氏が、1983-84年、2001-2002年に毎日斐伊川で採水して全リンと全窒素を測りました。1980年代と2000年代で比較すると、後者で全窒素濃度だけが増えていました。今では全国各地で報告されている、いわゆる森林の窒素飽和が起こっていたのです。

ところが、窒素とリンの両方が大気から付加された場合、土壌中の細菌は増えたリンに見合った窒素を取り込むので、森林土壌から斐伊川に出ていく窒素は減ります。水中のリンに対して相対的に窒素が減ったので、N/P比は相対的にリンに対して窒素が減って減少したわけです。

ここ10年で越境大気リンがやってくるようになった理由は、中国で石炭燃焼量が増えたからです。石炭は水銀も含んでいるため、中国での水銀排出量は急激に増えています。この水銀も越境大気として日本に飛来します。以上、目に見えない公害のまとめです。

#### 目に見える汚濁(有機物)による目に見えない公害(有機塩素化合物)、加えて海外からの負荷

- 湖沼水を飲用水に使用する場合、有機物濃度を下げねばならない(：塩素消毒によって有機塩素化合物がでる)。
- 最上流部のダムでさえ、大気降下窒素の流入により富栄養化し、有機物濃度が高くなるケースがある。
- 日本海側は越境大気負荷によるN/P低下によるアオコ発生リスクだけでなく、水銀の増加さえ懸念される。

## 2. 見た目にはよいことがもたらす弊害

環境省では底層D0と別に、透明度も環境基準にしようとしていました。透明度を高くすることで沈水植物が生えるようにしたかったからです。2001年にNatureに掲載された「沈水植物が優占する透明な状態と植物プランクトンが優占する濁った状態のどちらかで安定する。」との論文を根拠にしたと思われます。

しかし、その著者自身が2007年に「あれは単純化しすぎでした。」と自説を撤回しています。例えば「栄養塩

濃度が一様に高くなっても、浅いところでは光が届くので、現実には深いところから徐々に沈水植物がなくなる。湖沼全体で急に消滅することはない。」としています。また「シャジクモ優占で透明な状態vs維管束植物優占で少し濁った状態」との新説も述べています。

さらには「浅い湖沼は、水草があって魚が少ない湖か、水草がなくて魚がたくさんいる湖かどちらかになる。」と書いています。沈水植物が増えることで魚が増えるとする日本の多くの方が持っているイメージとは正反対です。

実は2002年にNatureに掲載された論文に対して、欧米では現実に基づき様々な反論が出ていました。その中には「水草が増えても、透明度の改善とか魚が増えるとか多様性が増えるとかは起こらず、むしろその繁茂により弊害が起こる。」と指摘した論文もありました。まさにその弊害が日本で起こっていて、琵琶湖と宍道湖では水草繁茂前よりアオコが深刻化しているのです。琵琶湖の南湖は一面水草に覆われるにつれ、2016年は過去最多で、2017年は過去最速でアオコが発生しました。宍道湖も今日またアオコが発生しています。それは実は当たり前のことでした。水草が光合成して二酸化炭素を使うと、化学平衡により、 $H^+$ が減少してpHが高くなります。pHが高くなると $CO_2$ が減り、多くの植物が利用できない $HCO_3^-$ になります。藍藻はこれを光合成に使えますが、緑藻や珪藻は利用できないので、水草が繁茂すると藍藻が有利になります。pHによりどの植物プランクトンが増えるかについては、10年か20年前にアメリカで論文が出ていますが、生態学者の大部分が知らなかったようです。

維管束植物も大部分が $HCO_3^-$ を使えないのですが、侵略的な水草、例えば諏訪湖で問題になっているヒシは水中から二酸化炭素を取るのではなく、空気中から取るから二酸化炭素不足になりません。アサザも同じです。ですのでヒシやアサザに覆われた湖ではアオコが発生しやすくなります。宍道湖で大発生しているオオササエビモは $HCO_3^-$ を使う上に、沈水植物ですが水面まで葉を出すことで大気中の二酸化炭素も使えるので、宍道湖でもアオコが発生しやすくなってしまいました。

では、日本のかつての湖沼はなぜ水草で覆われていなかったのでしょうか。私どもが出した本に書きましたが、1950年代半ばまでは平野部の湖沼では根こそぎに近い強度で水草が刈り出されていました。公式統計では採草が行われていた当時、琵琶湖全体で3万トン刈り出していたのですが、実態としては10万トンぐらい取っていたと推計されました。琵琶湖南湖だとその半分くらいで年間5万トンが肥料用に刈り出されていました。今の南湖の沈水植物の現存量は一面生えていても1万8000トンなので、その3倍近い根こそぎにのような刈り取りを行っていた

ことになります。つまり伸びては刈り、伸びては刈りという、地上で雑草を駆除するのと同じような状態ですね。

では、根こそぎ除去をしていた頃と今とでどちらが魚がいるかという、根こそぎに採草されていた1950年代までの方が琵琶湖南湖には魚介類が豊富に生息していました。水草があまりにも大量に繁茂することによって、当然ながら琵琶湖ではセタジミを掻くことができなくなりました。アオコも発生しています。今後はさらに、次に紹介する大型緑藻の異常繁茂をもたらす可能性が高いと考えています。

ここから維管束植物の水草ではなく、緑藻についてお話しします。緑藻のうちのアオサの仲間により、トラックの運転手が死亡した事例があります。沿岸にアオサが増えたため、潮が引いているときに回収作業をしたら、硫化水素が発生して死亡したのです。

先程、酸化還元の話をしました。通常は硫化水素が出るような還元状態は干潟堆積物のかなり深い所で起こります。堆積物の表面を覆うアオサから硫化水素が出たということは、アオサは非常に好気的な堆積物表層で硫酸還元菌を養って硫化水素を発生しやすくしていることになります。生きているアオサと堆積物と水を使ったメソコスム実験により、どこから硫化水素が発生しているのか調べた報告では、10日目以降はずっと、生きているアオサから出ている結果になりました。この論文では、硫化水素を発生する硫酸還元菌は生きたアオサの表面に生息しており、同じくアオサの葉の表面に生息する発酵細菌から硫酸還元に必要な酢酸の供給を受けるため、アオサは好気的な状態で光合成しながら硫化水素を発生していると説明しています。

*Spirogyra*という緑藻の例では、直接光が当たって光合成をして酸素がたくさん出ている部分で、硫化水素も発生していました。緑藻が死んで腐ってからではなく、緑藻が生きている時から硫化水素が出ていて、その底生緑藻と共生している硫酸還元菌が出しているのです。世界一透明度が高い、貧栄養のバイカル湖は、世界遺産になってから観光客が増え、下水処理が追いつかなくなりました。このため地下水から入ってくる硝酸やリンが増え、大量の緑藻が生えています。その緑藻の表面で硫化水素が発生し、巻貝が大量死しています。

北米の五大湖では、30年以上前から、緑藻の一種であるシオグサが大発生し、その枯死堆積物に絶対嫌気性菌のボツリヌス菌が繁殖して、水鳥が大量死しています。Great Lake Botulismでネットで検索すると、水鳥が死んだ様子を写した多くの画像が出てきます。

一般に、浅いところほど鉛直混合により貧酸素化しないはずですが、琵琶湖南湖では浅いところほど貧酸素化しています。浅いところほど密に水草が生えているためだ



と思います。湖底が貧酸素化するとリンが溶出し、底生緑藻の繁茂を促すので、水草問題は単に水草だけの問題ではなくて、今後はもしかしたら硫化水素を発生し、ボツリヌス菌を育ててしまう緑藻を増やしてしまうのかもしれない。

宍道湖でも湖岸がシオグサに覆われるところがあります。五大湖でシオクサが増えた原因は外来性二枚貝が侵入してその貝がリンを排出するようになったからですが、宍道湖には昔からシジミがいたので、シジミからのリン供給が原因ではありません。このことから、宍道湖では水草によって浅いところでリンが溶出するようになった可能性があります。

ということで、トピック2のまとめです。水草は地上の雑草と同じという意識があった方がいいと思います。

**水草の繁茂は見た目には自然が回復しているように見えるが、有機汚濁負荷を増やし、pHを高めてアオコを発生しやすくし、鉛直混合阻害により湖底を貧酸素化する。貧酸素化はリンの溶出を促し、底生緑藻の異常繁茂を引き起こす。**

**底生緑藻の異常繁茂は淡水で好気的な環境でも硫化水素を発生させ、生態系を破壊する。**

**かつては根こそぎに近い状態で沈水植物を採草しても毎年生え、魚類が豊かに生息していた。日本の平野部湖沼は、その頃並の根こそぎ刈り取りを行うことで豊かな生態系を維持できる。**

### 3. 目に見えない農薬がもたらす目に見えない公害

日本の農業は先進国の中では特殊です。

他の先進国の主食は小麦なのに対して、日本は米なので水田が多く、水田では除草剤にしても殺虫剤にしても、年間使用量の大部分を5月上旬の田植え時期に使います。その農薬を含んだ水が、水田から川や湖に直接流入します。欧米では小麦ですから、土壌にしみこんで地下水として流出するので、直接河川に出ることはありません。

かつて除草剤のCNPとPCPが新潟県でのガン発生率が高い理由であることが分かり、禁止になりました。田植え時に測定されたCNP濃度は非常に高く、しかも川とその川から取水した水道水のCNPの濃度はほとんど一緒でした。つまり、浄水場で塩素消毒しても分解されなかったということです。

農薬には殺虫剤、殺菌剤、除草剤などがありますが、その中で一番怖いのが神経系に作用する殺虫剤で、現在ではネオニコチノイド系が主流になっています。日本では1992年11月にイミダクロプリドが登録されました。ネオニコチノイドを使うようになってから赤とんぼやミツバチがいなくなったと言われますが、データで証明することはできていません。

ところがここに、宍道湖の動物プランクトンの炭素量

の月毎のデータがあります。92年11月にイミダクロプリドが許可されて、93年の5月のゴールドデンウィークに田植えに使われた途端に、宍道湖では動物プランクトンが急激に減って、同時に1993年5月には迷惑害虫であるオオユスリカの幼虫が消滅しています。同じ頃に霞ヶ浦、諏訪湖、琵琶湖でもオオユスリカが減っています。

さらには宍道湖で動物プランクトンやオオユスリカが減ったときに92年に30tくらいあったウナギの漁獲量が93年には8tくらいまで減って、その後横ばいになっています。甲殻類にはミジンコなどの動物プランクトンやエビなどが含まれますが、ウナギはエビなどの大型の甲殻類を餌にしています。つまり餌が減ったことでウナギが減った可能性があるのです。

ネオニコチノイド系殺虫剤は、有機リン系に比べて人体への安全性が高く、水溶性で植物体に浸透し、残効が長いとされています。だから塩素消毒しても分解されないのですが、世界各国で最も主流な殺虫剤になっています。

環境省の「子供の健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）」の資料を見ると、日本の子供の精神及び行動の障害の受療率は1993年頃から増加していて、ネオニコチノイドの使用開始、その後の使用量の増加と一致しています。しかし人の精神疾患の原因特定は非常に難しいので、これがネオニコチノイドによるものかどうかの検証は不可能だと思われる。

### 4. 解決案

先ほど、ホルマリンは塩素消毒で発生すると話しましたが、ホルマリンは単純な反応式で生成します。表流水には様々な有機物が入っているので、塩素消毒でどのような毒性物質が発生するか予測することは極めて困難です。さらに、表流水に流入する農薬は、それ自体は希釈されて無害だったとしても、加水分解、生分解、光分解したものが塩素消毒されたときに発生する毒性物質については、事前に安全性を検証することは不可能です。

下流域で有機物濃度は減らすことは非常に難しいので、塩素消毒による有害物質の発生は今後も続くと考えられます。さらに、表流水には越境大気起源の水銀まで供給されること、日本は主食が米なので水田から農薬が流入する状況であることにも留意する必要があります。

私案ですが、表流水は飲料以外の用途に用いて、そのためのろ過だけ行い、塩素消毒は行わないことにすればどうでしょうか。既存の水道施設をそのまま使用して、安全性が確保された地下水だけを飲用に供給する。それは大変ではないかと思われるかもしれませんが、全国の水使用量の推移と、平成24年度一般家庭水使用目的別実態調査（東京都水道局）から試算すると、消毒が必要な

水は4%前後しかないことが分かります。

例えばミネラルウォーターですが、日本やアメリカは原水を加熱殺菌またはそれと同等以上の効果を持つ方法で殺菌処理しますが、ヨーロッパでは逆にあらゆる殺菌処理を禁じています。殺菌処理による副生物の危険性を考慮しているからです。その代わり、集水域も含め外部からの影響の汚染を避けるあらゆる予防手段をとって、コンタミを防いでいます。

世界のどれくらいの国で水道水がそのまま飲めるかを調べた結果では、先進国も含めほとんどありません。塩素処理して水道水を飲用にするよりも、安全な飲料水だけ個別に供給する方が環境にもよいし、健康リスクも低い。なぜ日本は下水まで塩素処理して流すほど、塩素処理にこだわっているのでしょうか。

ところで、日本では人口減少が問題になっていますが、鎖国していた時の江戸末期の人口は約3300万人程だったそうです。そして近年の人口減少により、おそらく2050年±40年くらいで、外国人労働者などをカウントしなければ、人口は3000万人程の江戸時代並に戻りそうです。

江戸時代は、食料は今で言う一次産業で生産されたものだけ、光熱用のエネルギーも光合成起源や水力など、移動用エネルギーも人間自身や家畜でした。このことから私は、鎖国していた江戸時代の人口が、日本で化石燃料を含む輸入を行わない場合に養える人口の上限だと思っています。ですので、今、日本が封鎖されたとしても、理論上は3000万人は生き残ると思っています。先程、生産に必須である農業用水が、農地が減っても利水権が残っていたことで減っていないことを紹介しました。また耕地面積は江戸時代よりも現在の方が多くなっています。

ここからは私の独断ですが、関ヶ原の合戦の時には、人口が一番多い地域と少ない地域での比が、6.7でした。当時人口が最大だったのは近畿です。それが明治維新の時には、江戸に集中していたとはいえ、比は3まで小さくなりました。江戸時代を通じて、人口分布が均等になる方向で推移したことが分かります。現代はこの比が23と、日本史上最大の集中が進んでいます。

江戸時代、なぜ人口は均等化したのか。それは、各藩がそれぞれの風土に合わせた土地利用を進めることで石高の増加を図ったからだだと思います。江戸の真似をしても意味はありませんし、領民に十分な食糧を供給できないようでは、幕府から取りつぶされる危険もあったわけです。そのため、それぞれの風土に応じた土地利用でまかなえるだけ人口が増えた結果、均等に近しい人口配分になったのでしょう。これにより、さっき言った3000万人という、日本の自然資源で最大限の人口を養っていたのだと思います。逆に言うと、現在の首都圏一極集中の

人口分布では、3000万人は養えないと思います。水ひとつとってもダムで蓄える表流水に頼り、その表流水には様々な問題があるわけですから。

ということで、最後のスライドです。

### 見えない公害から地域住民を守るために

- 江戸時代は幕藩体制により、藩の失政はその藩の消滅につながっていた。また原因と結果が見えやすい状態だった。持続性のないやり方は淘汰され、結果としてそれぞれの風土で最適で持続的な資源利用になり、人口が分散した。
- 人口が集中すると、負荷や有害物質も集中する。
- 江戸時代の生活様式は文献にしか残っていないが、急速に変化し始めた1950年代以前については、当時10代だった人がまだ生き残っているのだから、持続的な生活様式を目指す上で参考になる。
- それぞれの地域の現場の実態をモニタリングし、事実から原因と結果を見極め、実態に即した対策をそれぞれの地方で創出する。

私は、江戸時代のようなリサイクル社会は、それぞれの地方での多様性に富んだ持続性のある生活につながると思います。そのようなリサイクル社会を、今のハイテクを使って再現する。そして、それぞれの地方で違う現場の実態を、それぞれの地環研の方々がモニタリングをして、それぞれの地域で違う因果関係を見極めて、実態に即した対策を考えていく。これが、これから何が起こるか分からない時代における、地環研の方々に期待されていることだと思います。

ご静聴ありがとうございました。

### 質疑応答

北海道立総合研究機構 石川氏

2つほどお伺いしたいのですが、一つは、地球温暖化です。私たちがコントロールできないことが、温暖化の問題としてあると思いますが、そういう中で地環研はどのような風なアプローチをするのがいいか、もし何かお考えがあれば聞きたいというのと、もう一つは水道水の話があったと思いますが、要は塩素を投入する要因ってというのはやっぱり安いからだと思うんですけど、それをオゾンに切り替える方法では単純に解決しないのか、その2点をお聞きしたいと思います。

#### 講師

まず後者について、オゾンはやっぱりコストの問題、あと規模の問題があります。だからすべての地方でそれが出来るかというところがあります。

もう一つの温暖化ですが、北海道がこれから直面する温暖化と、沖縄が直面する温暖化は違うと思います。水環境に関しては、たぶん雨の降り方が違ってきたり、湖沼も全循環していたのがなくなるというような、ドラスティックな変化が起こる地方もあると思います。それ

を止めることはかなり難しいので、それぞれの地域の資源で出来るような適応策をやっていくしかないのかなと思います。

**環境省環境研究技術室 上田氏**

最後に、江戸時代とは言わないけれど江戸時代のように、地域をそれぞれ活性化して分散して、持続可能な社会全体を作っていきますよ、というお話がありまして、実は今、環境省が進めようとしている「地域循環共生圏」というのにまさに合うので、大変心強いと伺ったところです。ただ単純に江戸時代に戻るのではなくて、先端のICTを使って、効率化、最適化をして、QOLを下げずに、しかし物質循環的には江戸時代を目指す。しかも、当時藩だったように地域それぞれが活性化して、全体最適化を目指すのが望ましいのではないかという風に、私どももやっと考え始めているんですけども、ぜひご意見いただけたらと思っています。

**講師**

例えば、農業を無農薬に変えるというのは、高齢化している担い手にとって難しいと思うのですが、ドローン

を使ってカメムシが出ているところだけに農薬を撒くとか、そういうことができるようになればいいと思っています。ただし、高齢者がドローンを使いこなすのは難しいので、そういうハイテクで環境にも優しいのを売りに、若者が高齢化した農業に戻ってくるような工夫が必要かと思っています。

今はITやSNSなど、いろいろなものがあり、若者に情報を伝えやすい時代だと思うので、そういうものを通じて若者や、農業は知らないけどもそういう機械は知っているような人たちをネットワークで繋げることによって、それぞれに最適なものをみんなで作っていくことが全国レベルでできて、その中で島根県に住みたい、宮崎県に住みたい、青森県に住みたいといった、それぞれ特色があることをアピールしていく中で、それぞれの好みに合ったところに住んでいくような、そういう社会になればと思いますし、それを後押しするのが、還暦間近の私たちの世代が頑張らなくてはいけないところだと思います。