

## 下水処理と病原微生物

### 1. 研究分野

水中病原微生物の分野は微生物学、公衆衛生、環境工学の3分野にかかる。微生物的な話や健康リスクなどがあり、国連では水と衛生が強調されている。水を処理するのが建設系分野のやること。国際会議では各分野の研究者が仲良くやっている。

日本では下水道の役割について環境浄化の色合いが強いがヨーロッパでは水道も下水道も感染症抑制対策という点でとらえられてきた歴史がある。

### 2. 現在の課題

新興再興感染症の耐性菌や復活してきた結核などの課題があるが、ノロウイルスも問題になってくる。発展途上国における水と衛生が国連等で重要視されている上下水道の災害対応もある。被災後の対応が後手にまわっているのが課題

### 3. 現在進行中のテーマ

ウイルスの測定法がある。電子顕微鏡で見ることができるのは患者のサンプルとか1 ml 中に10の5～6乗のオーダーのもの。浄水場では水道法では病原性微生物がないこととなっているので、1000 lを濃縮する中で、一匹いるかないかのような精度が求められている。

また試料濃縮するとフミン質などあってウイルスだけ取り出すのも大変で、共存物質をどうするかが課題。

浄水場で毎日濃縮して調べるわけにもいかない。そこで除去率が重要と考える。クリプトの場合0.1度の濁度なら見ないと見なしていいという基準になっているが、ウイルスがどの程度除去されているのかはよく分かっていない。

ウイルスの除去率を調べようということになって、通常は添加して挙動を調べるのいいが実際の浄水場ではできないので、高い感度で調べようとした。ノロは濃度が低くて測定が難しいので、人畜無害で濃度のずっと高いウイルスを使うなどの研究をしている。

環境の指標について、現在は大腸菌を主に考えることになっているが、その有効性や限界については疑問視されるようになってきている。クリプトだけ別扱いして、あとは大腸菌で考えられている現状については問題があるのでは。ウイルスで考えようということでPMMoVウイルス（トウガラシ微斑ウイルスといってタバスコとかに含まれる植物に関連するウイルス）があり、この植物ウイルスやAichiウイルスなど使っていきたい。

消毒効果の測定も細胞培養がいいができないこともあるので、別の方法も検討している。

### 4. 合流式下水道の話

雨天時越流水を現実的にどうしていくか調べている。欧米では、越流水の汚れより病原微生物の流出が問題視されてきている。

化学物質は流出するのはいやだが通常は慢性毒性が問題になるので、ある日だけに出たところで影響は少ない。病原微生物は摂取するとすぐ影響があるのでリスクが大きく重要な問題である。

気になるのがオリンピック会場となるお台場のこと。トライアスロン競技はお台場ですでに開催されている。トライアスロンの水浴国際基準は250 CFU/100 ml以下で日本の水浴基準糞便性大腸菌群数1000 CFU/100 ml以下とそれほど変わらないが、沿岸の水質がどうなるか気になることである。患者から排出されるノロウイルスは1

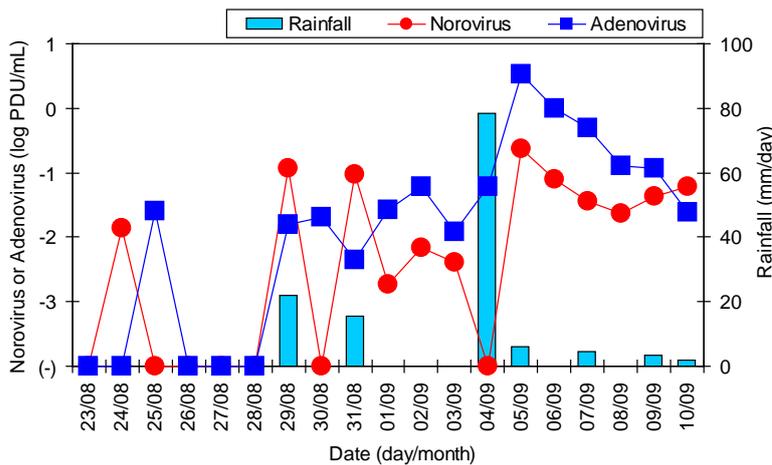
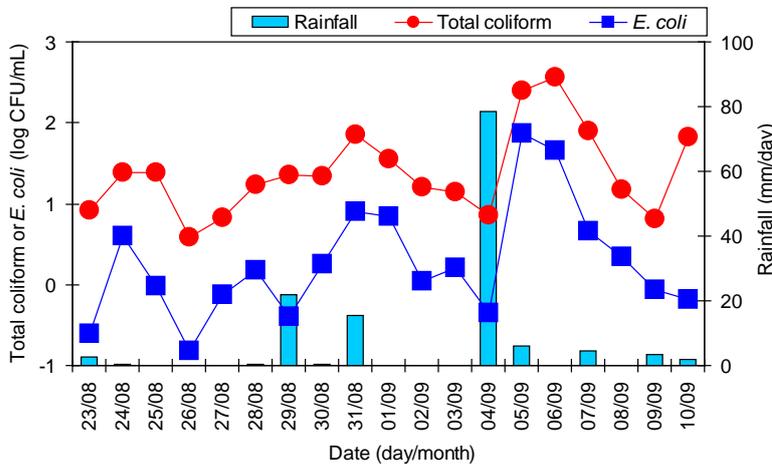
0の8乗のオーダーで、一方一個くらい口に入っても感染する可能性がある。

東京湾に流れ込む病原微生物の経路は、下水処理場からもないことはないが、雨天時越流水が主である。見積もるための調査が必要で、大腸菌だけでなく微生物の違いによってどうなるかも考えて実施している。今日報告するのは3点。下水処理場の調査、お台場の調査、最近の調査も

6処理場の調査では処理場に大腸菌群が10の5乗で入ってきて、二次処理では百から千程度だが塩素消毒で適正に処理されている。基準は千で二次処理でクリアしている。一方で大腸菌に感染するファージは千程度で入ってきて1程度に処理されるが塩素消毒では変化していない。ノロウイルスは型が二つあるが皆冬に高く100~1000で、夏は2L0gくらい低い。処理水についても流入濃度に応じて2L0g低くなっている。

エンテロウイルスやアデノウイルスも測定しているが、顕著な季節変動はみられない。

下水処理場は2L0g程度のしっかりとした除去率で、入ってくる濃度が高いのもっと除去率を上げるべきという考えもある。



お台場の海水のデータについてほぼ毎日測定した。雨が降ったら沢山サンプルを取るようにした。一例であるが、大腸菌群、大腸菌E. coliについて傾向は同じだが、雨が降ると2L0g程度上昇している。ノロウイルスとアデノウイルスも同じような濃度上昇が見られた。上がったあとはだだらと下がるので降雨後数日間は感染リスクが高い状態にある。

ノロウイルスの下がり方がゆるやかで、しつこく残っている可能性と太陽光によって不活化しても遺伝子が残るので測

定されてしまう可能性とがある。

雨の前のサンプルを取るようにしたが、潮の上げ下げなどあって複雑なので、降雨後は一日2回とるようにした。雨が降ったあと時間遅れで微生物濃度が上昇する。大腸菌コロニー、大腸菌群、糞便性大腸菌群は2L0g~4L0gほど増加後、3~5日ほどで元の濃度に。ファージは降雨後上がってその後ゆるやかに下がっていくが、ノロウイルスとA

i c h i、アデノウイルスは降雨後ゆるやかな上昇はあるものの大腸菌ほど濃度変化していない。

海水浴の微生物基準の測定は年一回だが、リスク管理の観点から測定頻度の考え方の整理が必要である。

下水処理場を測定点とすることにより、地域の公衆衛生状況の把握ができる。例えば、ノロウイルスの濃度変化の状況を調べたり、ロタウイルスのワクチンを打ったら社会から減るのかとか、ワクチンと野生株の存在を比較するなどのことをするのに下水処理場ほど適したところはないので、病原微生物の基礎情報を提供できる場として社会的貢献ができる可能性がある。

オリンピックが近づき前知事が大雨のあとお台場で大腸菌が多いことがあると発言、現知事もお台場でトリアスロンを行わないかもしれないと述べるなど都知事のレベルまでこの情報が届いている。

合流式下水道の雨天時越流水対策として簡易処理の可能性がある。処理する能力が上れば上がるほど環境中への流出が少なくなる。ただし短時間で処理する必要がある。お台場の海を囲っても潮の干満があって満潮の際外の水が入ってくるので、対抗するためバラスト水処理施設のような施設をつくってきれいな水を入れることがある。昔有明水再生センターから処理水をおくったことがあるが干満によって水質はあまり良くならなかった。

#### 5. 雨天時越流水の簡易処理 ポリ鉄

簡易処理としては30分程度の短時間処理となると物理化学処理になると思われ、病原微生物を中心に考えることがある。現在ポリ鉄に取り組んでいる。

ポリ鉄は製鉄排水からでてきて、酸性で $\text{FeSO}_4$ が主成分。

下水処理場で使用実績あり、おもに消臭目的で硫化水素が $\text{H}_2\text{S}$ が出てくると困るので $\text{FeS}$ にしておとなしくしてもらうもの。PRTR（化学物質排出移動量届出制度）対象外なので取り扱いしやすい。

鉄分が海の鉄分不足に貢献する可能性がある。リンも減りやすい可能性がある。

ポリ鉄の凝集実験ではすぐに沈殿する。30分の沈殿時間とした。急速攪拌を2秒間、緩速攪拌3分間、その後27分の静置としているが5分も静置すればきれいになり、うわ水を取るだけだったらもっと短くて良い。254nm吸光度では1.5あったものが0.4くらいになる。この程度では紫外線照射には少し厳しい。0.2くらいにできれば紫外線消毒も視野に入ってくる。

ポリ鉄の実験は、ポリ鉄添加を $30\text{mg/l}$ と $60\text{mg/l}$ の2ケース、slowというのは3分間急速攪拌、rapidは2秒間の急速攪拌の後3分間ゆっくり攪拌している、白い部分は塩素消毒で減った分、黒いのが凝集沈殿で減った分を示している。凝集と塩素消毒の効果を見ると、塩素消毒だけだと-1（1Log）程度であるが、凝集を入れることによって効果が増大している。rapidで-4（4Log）となっていて、塩素消毒が効かなくなっているように見えるが、実際は検出限界を超えるほど微生物がいなくなっている状況まで処理がされていることを示している。

微生物による消毒効果であるが、大腸菌は塩素処理だけでも効果があるが、2種類の大

腸菌にくっついているファージは塩素消毒では効果が少なく、凝集処理をして消毒が効きはじめて、 $-2$  ( $2 \text{ L o g}$ ) 程度の活性汚泥法なみの効果があった。

塩素消毒は、大腸菌を不活化することができるが、トリハロメタンのような消毒副生産物の懸念、WETという放流先の生態への影響懸念で、海外では消毒後に中和処理をする動きがある。海外は消毒問題で遅れていてクリプトの問題が出てから消毒の動きがはじまっているが、その時点で生態系に対する意識が高くなっているので塩素については、中和などが必要とされている。また紫外線の方に行っている。

日本では塩素で大腸菌を死滅させることが先にあって、生態系への配慮がこれから。

再処理など考えると塩素処理がそう優位性を持っているわけではない。また塩素はウイルスや原虫に対してあまり効果がない。

大腸菌は現在水環境での指標となっているので、下水道で塩素処理をして大腸菌を減らして、一方でウイルスが出て行くのはおかしなことになる。

ポリ鉄処理の今後の課題として汚泥処理のコストがある。汚泥発生は少ない方がいいが。あらゆる場所で同じ事をするということではなく、水産資源の確保のため塩素を減らすとか、水浴のため病原微生物をなくすとかなど地域に必要な環境に合わせて方向性を見通していくのがいい。処理費用を負担してもらうことがあり、お台場周辺企業に協力してもらうなどの方法もある。

貴重なお台場の水質を改善する方策について研究を進めていきたい。