

水の中に何が含まれているかご存知ですか？

BY STEVE HENTGES | 2017年5月3日 11:48 AM

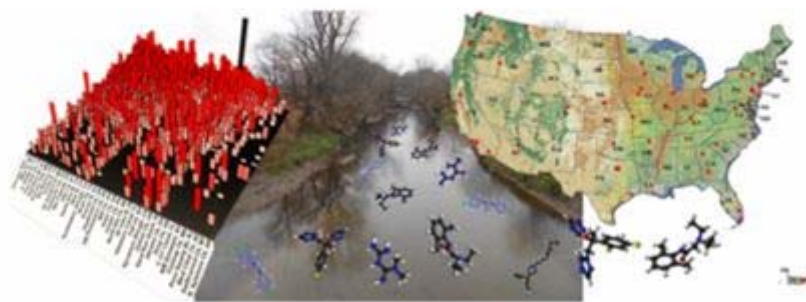
地球上で生命が進化したのは水の存在によるものであると広く信じられています。居住可能環境の一般的な定義は、生命維持のために液状の水が多量に存在している事です。端的に言えば、水無くして我々は生きていられません。

しかし、ただ水が存在するだけではなく、それ以上に重要な事があります。望ましからざる汚染物質によるヒトと環境に対するリスクを避けるために、水はきれいで衛生的でなくてはなりません。その目標を念頭に置いて、水中の種々の汚染物質を探索し、大抵痕跡レベルの汚染物質を検出するような数多くの環境モニタリング調査が行われてきました。

実用上の理由から、大抵のモニタリング調査は限られた化学物質のみを対象としており、これは水中にあらゆるものが存在している訳ではなく、我々が探すべき物質を知っている事を意味しています。これらの研究からかなりのデータが得られますが、現実には水中に存在する化学物質によるヒト健康や環境への影響への理解には結びつきません。

このような制約に対処するステップとして、[米国地質調査所 \(USGS\)](#)および米国環境保護庁 (EPA) は、最近米国の水路に存在する複合汚染物質混合物を理解する上でさらに手掛かりとなる[詳細研究](#)を行いました。

既往の研究からの知見に基づけば、低レベルの汚染物質が検出されるのは驚くべき事ではありませんが、いくつかの発見の中には未だに意外なものもあります。例えば、12種類の最も頻繁に検出される汚染物質のうち、3つを除く全ての物質は殺虫剤や人間の薬として生物学的活性を持つよう設計された合成化学物質です。



恐らく直観に反して、我々が良く耳にするような汚染物質は、大抵水中には存在していません。例えば、[ビスフェノール A \(BPA\)](#)は、ポリカーボネートやエポキシ樹脂製造用の主原料で、長年メディアで人気のある話題になってきました。

BPAは、水路の40%未満で検出されましたが、非常に低いレベルでしか検出されませんでした。検出された最高レベルでさえ、1ppb未満であり、EPAが設定したBPAの安全摂取限度に達するまで摂取しようとすれば、大人が1日あたり21,000リットル(5,600ガロン以上)の水を飲まなければなりません。これは明らかに不可能であり、検出されたBPAの量ではヒト健康への懸念はなさそうな事を示しています。

これらの複合汚染物質混合物が生物学的システムとどのような相互作用を持つのかしっかりと把握するため、研究者らは最初に生物学的活性を測定するための一連のスクリーニングテストとして[全ての水サンプルの試験を行いました](#)。たった一つの例外を除いて、試験を行った全ての水サンプルで、最も頻繁に検出される生物学的活性タイプであるエストロゲン活性が陽性でした。

しかし、この結果も直観に反しているかもしれません。研究者らは、観察されたエストロゲン活性のほとんど全てが自然界に存在するホルモンによるもので、特に強力なエストロゲンとして知られ、最も頻繁に検出される汚染物質のトップ 12 の一つであるエストロンに起因しています。

反対に BPA は弱いエストロゲン作用を持つと知られているにも関わらず、観測されたエストロゲン活性に対して 1%未満の寄与しかありませんでした。さらに、これらの結果から水中に存在する BPA はヒト健康への懸念とはなりそうにない事がわかります。

USGS と EPA はなぜ研究を行い、そして何を行ったのか？

USGS と EPA によると、「水路中の化学物質混合物による曝露は世界中の懸念事項」であり、従って潜在的汚染物質排出源(例えば、排水処理設備)中だけではなく、全てのタイプの水塊中の種々の汚染物質レベルを測定しようと、世界中の科学者達が何百もの研究を行ってきました。

これらの研究では、水中の多種多様な汚染物質の存在が、～一般的には非常に低いレベルですが～立証されています。天然物(例えば、ヒトや動物のホルモン、植物エストロゲン)も合成化学物質(例えば、薬、殺虫剤、工業化学品)もどちらも頻繁に見つかります。実用的な理由から大抵の研究では、普通は少数の化学物質のみを対象としています。

結果のデータは有益ですが、全体像は把握できません。水中の汚染物質の全貌、複合混合物のヒト健康や環境への潜在的リスクを理解し、そしてリスクを緩和するための最適な活動に対する優先順位付けを行うためには、より完全な知識が必要です。

以前対象とした研究の限界に取り組み始めるため、USGS と EPA は 1)水中の汚染物質の広範囲のレベル測定、2)汚染物質混合物の生物学的活性の評価、3)見つかった汚染物質への生物学的活性の関連付けのために、2つのアプローチを結び付けた研究を設計しました。

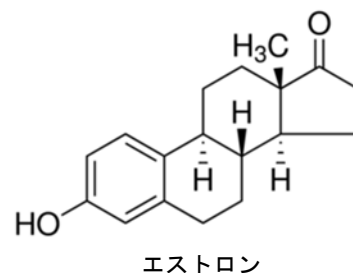
[研究の最初のパート](#)では、全国の 38 水路の表面水中の 719 物質の分析を行いました。[研究の第二部](#)では、エストロゲン、アンドロゲン及びグルココルチコイド活性を測定する 4 つのバイオアッセイで、水サンプルの生物学的活性をモニターしました。

彼らは何を発見したのでしょうか？

要するに彼らはたくさんの発見をしました。全ての水サンプルは少なくとも一つの汚染物質を含有し、多いものでは 162 種類にも及んだサンプルもありました。開発地域と比べると水路中の汚染物質の数は一般的に少ないですが、未開発地域の 4 つの水路に於いてさえ汚染物質が見

わかりました。見つかった汚染物質のタイプが特に関心を惹きます。66-84%の水路で見つかった 12 種類の最頻検出汚染物質は、全て人為起源物質で、この事はヒトの活動に起因する結果である事を意味しています。

これら 12 種類の化学物質のうち、3つ以外の全ては、殺虫剤や人の薬として生物学的活性を持つ合成化学物質でした。おそらく、最も印象的なのは、残りの3つのうちの1つはヒトの体内で自然に生成される強力なエストロゲン様ホルモンであるエストロンでした。



全体的に、検出された 406 の化学物質の 57%は、(例えば薬や殺虫剤のように)生物活性を持つよう設計された合成化学物質でした。しかし合成化学物質だけが生物活性を持っている訳ではありません。エストロン同様に、植物が生み出すエストロゲン化合物である、天然に存在する植物エストロゲンもまた普通に検出されました。

発見が何を意味するのでしょうか？

非常に多くの化学物質がしばしば検出され、特に生物学的活性を持った化学物質の発見は憂慮すべきように思えます。しかし低レベルの汚染物質は、必ずしも懸念するには及びませんし、検出頻度が多いのは近年高感度の分析方法が利用可能になった影響でもあります。分析方法が十分高感度であれば、ほとんど全てのものが検出可能だと言っても過言ではないでしょう。

汚染物質のレベルを超越した他の要因、特に生物学的作用強度が極めて重要です。弱いエストロゲン作用を持っていると知られている BPA の場合が良い例です。USGS と EPA が報告しているように、BPA のエストロゲン作用は、プロトタイプのエストロゲンで、この研究で頻繁に発見されるエストロンの作用の約 1/100,000 です。

作用強度が低い結果、体重 70kg(154 lb.)の典型的な大人の場合、EPA の設定した BPA の安全摂取限度まで到達するには、BPA の最大検出レベル(163 ng/L)含有する水を 1 日あたり 21,472 ㍺(5,672 ガロン)も飲む必要があります。BPA 濃度が最大レベルの水はシカゴ・サニタリー・シップ運河の水であり、飲む事はないでしょうから、特にあり得なさそうです。

汚染物質の健康および環境上の重要性についてより多くの状況を提供するために、USGS と EPA は、さらに一歩進んで 4 つの標準的なバイオアッセイ中の生物学的活性を測定しました。エストロゲン作用、アンドロゲン作用、そしてグルココルチコイド活性を測定するアッセイでは、直接健康や環境リスクを評価する事は出来ませんが、リスクの相対的可能性に関する情報を提供します。重要なのは、アッセイが全ての水サンプルに対して試験を行っていて、本質的に水サンプルからヒトや野生生物が暴露される実際の化学物質混合物の評価を行っている点です。

一つを除く全ての水サンプルからエストロゲン活性を検出しました。唯一の例外は未開発地域の水路の水のうちの一つで、エストロゲン活性レベルがかなり変動していました。アッセイはスクリーニングデータにしかありませんが、エストロゲン活性を示した水路のうちのいくつかは、水生生物、特に魚類へのリスクが示唆されました。

しかし再び作用強度の話です。USGS と EPA が報告したように、ヒトの体内で生産される天然エストロゲン(主にエストロン)によって、観察されたエストロゲン活性のほぼ全てを説明できます。逆に、他の全てのエストロゲン化合物の存在によって説明できるエストロゲン活性は1%未満であり、そのうちの一つがBPAです。BPAの弱いエストロゲン作用強度を考慮すると、その1%のうちほんの何分の一のみがBPAの寄与でしょう。

この新しい研究で特に取り上げられていないのは、汚染物質がどこから来たのか？という質問です。研究の範囲内ではありませんが、USGS と EPA が報告した事例証拠によれば、最も高生物学的活性を有するサンプルは、かなりの量の流量に寄与する廃水処理プラントの下流で集められたサンプルでした。この証拠は廃水中に多くの汚染物質を検出したと報告している他の研究と辻褃が合っています。

今一度言います。BPAは有益なサンプルです。BPAは廃水中に普通に検出されますが、[数多くの研究](#)でBPAは廃水処理プラントで容易に生分解される事が示されていて、排水処理プラントから環境中へ放出されるBPAの量は実質的に減少しています。同様の研究のうちいくつかでは、他の多くの汚染物質が今日の廃水処理プロセスでは効率的に分解されない事もまた示されています。

この新たな研究では、水中にどんな汚染物質が存在し、それらの複合化合物が健康影響を及ぼすかどうかを良く理解するためには、更なる研究が必要だと提案しています。より重要なのは、新しいデータが更なる研究に重点的に取り組む一助となり、やがてリスク緩和措置の優先順位付けに役立つであろうと言う事です。