

新河岸川におけるビスフェノールAの実態調査

Investigation about bisphenol A(BPA) in the water in the Shingashi River

安武宏一郎¹ 中村佳代¹ 大沼節子² 佐々木和江³ 福井吉孝⁴
Kouichirou Yasutake Kayo Nakamura Setsuko Onuma Kazue Sasaki Yoshitaka Fukui

ABSTRACT: Recently, environmental endocrine disrupters (ED) or environmental hormones which behave like as estrogen have become a concern to many people.

In this study, the authors are especially interested in bisphenol A (BPA), which is one type of ED.

Until quite recently, it was considered that BPA was not considered to cause health problems in human beings, though it did have certain influence on other living things.

But recently its existence in the ovaries and umbilical cords in humans has been confirmed by some researchers.

Therefore it is important to make clear what extent ED exists in nature.

In this paper, the authors consider the presence of BPA in the upper stream of the Shingashi River. The Shingashi River flows through Kawagoe-shi (Saitama pref.), and is familiar to many people as a good place for walking and fishing.

For measurements of BPA, many places in the Shingashi River have been selected.

Using by ELISA method, BPA levels in the river water are analyzed.

As a result, we have concluded the following:

- ① Only small amounts of BPA exist in the water of Shingashi River;
- ② It is clear that BPA exists in domestic drain water;
- ③ There are many drainage ditches along the river. Therefore the quantity of BPA in flow water grows greater downstream;
- ④ It is assumed that drain water from a waste treatment plant located beside the river contains small amounts of BPA.

KEYWORDS: Endocrine disrupters, Environmental hormones, Bisphenol A, Shingashi River, ELISA method

1 はじめに

環境中には、生殖に関するホルモンの作用を阻害する性質を持つ内分泌攪乱化学物質が存在する。これは、一般に環境ホルモンと呼ばれている。近年、この擬似的にエストロゲンのように働く内分泌攪乱物質いわゆる環境ホルモンへの関心が高まっている。本研究では、中でもポリカーボネート製食器、エポキシ樹脂が使われている缶などから溶出されるビスフェノールAに着目した。身近にある環境におけるビスフェノールAの実態を把握するため、生活排水が流入するが、釣り等で人々に親しまれている埼玉県西部を流れる新河岸川を対象に選び、各採水地点におけるビスフェノールAの、時間ごとの濃度変化や上・中・下流といった場所毎の濃度の違い、そして川沿いにある終末処理場からの放流水の及ぼす影響についてELISA法による分析結果に対して検討を加えることを目的とした。

¹ 東洋大学大学院工学研究科土木工学専攻 ² 不二熱学(株) ³ (株)第一技研

⁴ 東洋大学工学部環境建設学科 正員

2 ビスフェノール A について

ポリカーボネートは、耐熱性や強度などが優れているため、電気機器、機械部品、哺乳瓶、給食用食器などに使われている。また、エポキシ樹脂は、箸の素材や、缶の内側のコーティング、接着剤などに使われていて、急性毒性がなく、現在でも大量に使われている。ビスフェノール A の構造式は図-1 のようになっており、女性ホルモン（図-2）のエストロゲンと同様にベンゼン環を持つ。食品衛生法では、食器の材質中に含まれるビスフェノール A は 500ppm 以下、溶出の上限は 2.5ppm としている¹⁾。また、2001/4/1 に施工された P R T R 制度（特定の化学物質の環境への排出量等の届出制度）では、4,4'-イソプロピリデンジフェノールとして第一種指定化学物質に指定されている²⁾。

ビスフェノール A は、生物に影響を与えるものの人体への強い影響は無いと言われてきた。しかし、最近になって人の卵巣やへその緒などにも存在していることが確認され、次世代への影響が危惧されるようになった。そのビスフェノール A の環境中での拡大を防ぐためにも、その存在の実態を把握することは重要である。

3 分析方法

分析には、簡便でしかも精度良くビスフェノール A が検出できる E L I S A 法を用いた。

E L I S A (Enzyme - Linked Immunosorbent Assay) とは、抗体または抗原を酵素で標識化することにより対象物質を高感度に測定する方法で、主に臨床検査等で汎用されている。簡便な操作により多検体を同時に処理できる。などの利点がある³⁾。しかし、E L I S A 法による河川水中などの β -エストラジオールの定量結果とガスクロマトグラフィー質量分析 (GC - MS 法) による結果とを比較すると、E L I S A 法が高い値を示す場合が多い。環境ホルモン物質分析マニュアルでは、環境中のビスフェノール A 測定法として GC - MS 法が採用されている。しかし、GC - MS 法には抽出操作が繁雑で大量検体処理には適さない側面があり、煩雑な操作が含まれるほか、分析に高価な機器を必要とする欠点がある⁴⁾。

以上の各点を考慮した上で今回は、簡便な操作で多検体を同時に処理でき、環境中のビスフェノール A を特異的に検出できる等の特徴を持ち合わせた E L I S A 法を採用した。図-3 は、今回用いた B P A E L I S A キットの写真である。

4 新河岸川におけるビスフェノール A

4.1 新河岸川での採水地点

研究対象に選んだ新河岸川は、入間川右岸の段丘の水流を集め川越市の北を巡って流れる。川越市にある

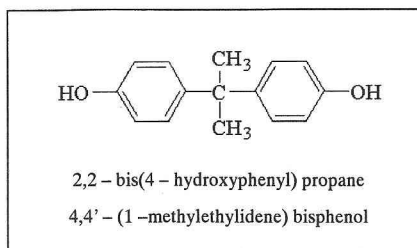


図-1 ビスフェノール A の構造

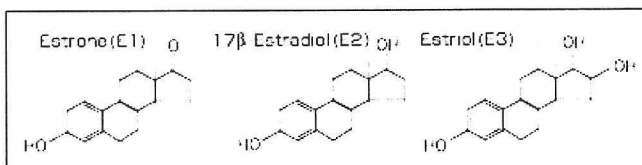


図-2 エストロゲンの構造



図-3 B P A E L I S A キット
(武田薬品工業株式会社)

伊佐沼の水や付近の排水と共に荒川に沿って南下し、幾つかの支川を集めて、東京都北区にある岩淵水門の下流で隅田川に注いでいる流路延長 25.7km、流域面積 411km²、平均流量 2.54m³/s の 1 級河川である。環境基準では E 類型に属する河川であり、濁度が高く、かび臭いので景観にも悪影響を及ぼしていると思われる。

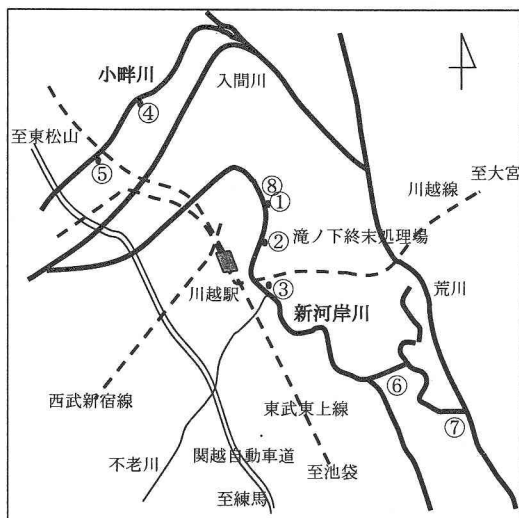
現在、川越の市街地などの新河岸川右岸は下水道が整備されている。しかし、新河岸川と荒川・入間川にはさまれた新河岸川左岸の地域は、古くから田畑があったため、今でも浄化槽を使っており、その排水は河川へと流れ込んでいる。

本研究では、主な測定点として川崎市滝ノ下終末処理場付近の 3 箇所と下流の新河岸川放水路として南畑排水機場付近を選び、それぞれ前日や当日に雨の降っていない日を選んで採水し、ビスフェノール A の濃度を測定した。(表-1) その際同時に水温、濁度、DO などの水質も測定した。(図-4,5)

4. 2 分析結果と考察

1) 深さ方向の変化

ビスフェノール A 濃度が、水深方向でどの程度の違いがあるのかを調べたのが図-6 である。滝ノ下終末処理場地点において、採水時の新河岸川水深 100cm のうち、河床より 90cm を上層 (a)



①	新河岸川 上流
②	滝ノ下終末処理場排水地点 (図-5)
③	新河岸川 下流
④	小畔川 下流
⑤	小畔川 上流
⑥	新河岸川 放水路
⑦	新河岸川 南畑排水機場
⑧	雨水、雑排水流入口

図-4 採水地点周辺図

表-1 採水日時と場所

Case No.	日時	採水地点番号*
1	2000/10/23 10時	②, ⑥, ⑦
2	2000/10/24 16時	②, ⑥, ⑦
3	2000/10/30 12時	②, ⑥, ⑦
4	2000/10/31 14時	②, ⑥, ⑦
5	2000/12/1 10時	④, ⑤
6	14時	④, ⑤
7	2001/4/23 11時	①, ②, ③
8	2001/6/5 13時	①, ②, ⑧
9	2001/7/15 13時	② - a,b,c**
10	2001/8/1 10時	①, ②, ③
11	14時	①, ②, ③
12	2001/8/8 14時	①, ②, ③
13	14時	①, ②, ③

* 採水地点番号は左図にあるとおり

** a,b,c は深さ方向にそれぞれ上層,中層,下層



図-5 滝ノ下終末処理場放流口

とし、50cm を中層 (b)、10cm を下層 (c) とした。このグラフから中層、下層に比べて上層のほうが 0.001 ($\mu\text{g/l}$) 程度大きくなっているものの、それほど大きな差はないことがわかった。このことから、水深に対してビスフェノールA濃度はほぼ一様に分布していると言える。

2) 場所による変化

2000/10/23~31 の間に行った調査で得られた②,⑥,⑦地点での時間毎のビスフェノールA濃度変化を図-7に示す。このグラフを見ると、②処理場地点では、10時と14時に比較的高い値を示していることから、10時は朝食後、14時は昼食後といった家庭の生活サイクルによるものと言える。これは、滝ノ下終末処理場よりもさらに上流で家庭からの排水が流入したものと考えられる。

次の⑥放水路地点においても同様に、10時から12時にかけて濃度が減少し、12時から14時にかけて上昇、14時から16時にかけて再び減少している。これについては、②処理場地点で表れていた生活サイクルによる濃度変化が、処理場地点から放水路地点までの間にある、様々な排水の流入経路によって、より顕著に表れたものと考えられる。

⑦排水機場地点では、10時の時点で濃度がもっとも高く、12時以降は濃度が減少しているが、これについては、荒川からの水で、濃度が薄まってしまったものと考えられる。

図-8は②滝ノ下終末処理場地点で得られたデータを用いて、時刻とビスフェノールA濃度の相関関係を表わしたグラフである。これを見ると、14時に最も高い数値が出ていることがわかる。これについては、付近に家庭からの排水が流入しているところはないため、一概に家庭排水であるとは言えない。また、滝ノ下終末処理場の排水については、家庭からの排水が処理場内で処理され、排出されるまでに12時間程度かかる。そのため14時に排出されている水は、朝の2時ごろ家庭から排出されたものだと考えられるため、生活サイクルからくるものだと考えづらい。

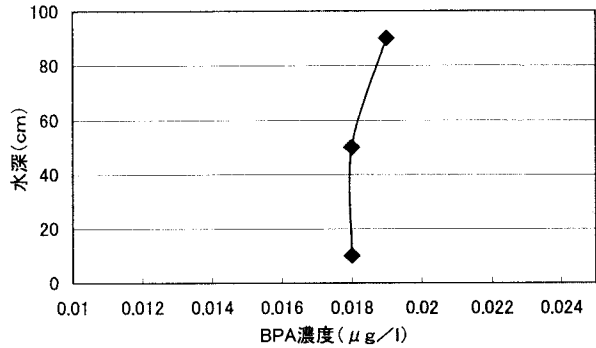


図-6 深さ方向のBPA濃度変化

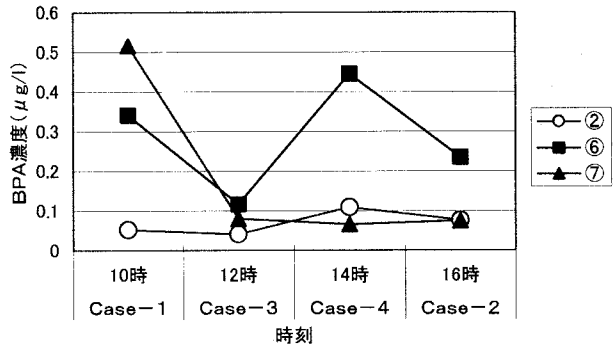


図-7 ②,⑥,⑦地点における経時変化

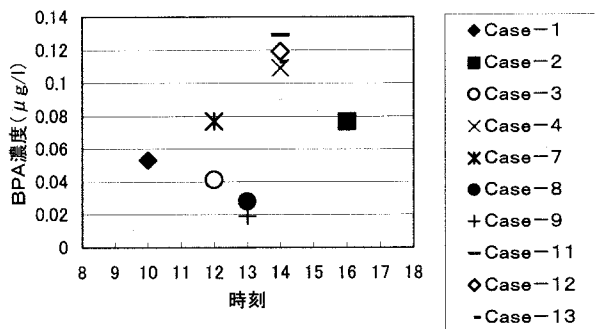


図-8 ②処理場地点の時刻とBPA濃度の相関

3) 付近の排水による影響

次に、滝ノ下終末処理場近辺での3地点、①、②、③における地点毎のビスフェノールA濃度を図-9に示す。このグラフにある上流地点のうち、2001/4/23のものは滝ノ下終末処理場に至るまでに⑧排水口からの排水流入がある場合であり、2001/8/8のものは滝ノ下終末処理場に至るまでに⑧からの排水が流入しない場合の値である。これを見ると、2001/4/23に採水したのも2001/8/8にしたものも、流下するにつれてほぼ一様に増加しており、途中

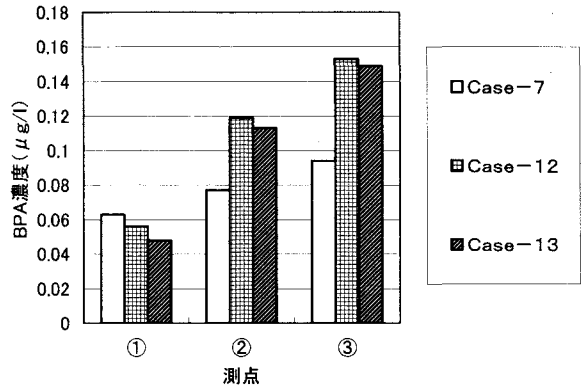


図-9 滝ノ下終末処理場付近のBPA濃度変化

の⑧排水口からの流入水は、ビスフェノールAの濃度にはあまり影響を与えていないことがわかる。また、近距離であるにもかかわらず上流から下流にかけてビスフェノールAの濃度が上昇しているのは、滝ノ下終末処理場からの排水が何らかの影響を与えているものと考えられる。

4) 季節変動による影響

図-10は、滝ノ下終末処理場で得られたビスフェノールAの濃度データを、採水した日にち順に並べたグラフである。このグラフから、日によってばらつきが見られるが、長期的な変動などは確認できないため、季節的な変動はないものと思われる。また、2001/7/15(Case-9)のデータが最も低い値を示しているが、これは2001/7/15のみが日曜日であるため、全体的な家庭排水の量が少なかったことが原因だと思われる。次に、2001/8/1(Case-10)には他に比べて高い値が出ているが、これについては原因不明である。なお、飛び抜けて大きな値のようだが、溶出基準である2500μg/lよりも非常に少ない値ではある。

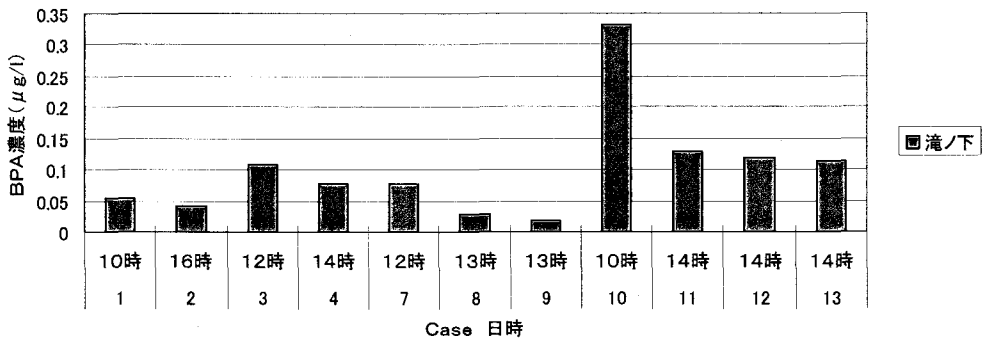


図-10 滝ノ下終末処理場における季節変動

5) 水質との関連性

新河岸川での値を、同じく荒川水系で入間川左支川の1級河川である小畔川(流域面積:55.8km²、流路延長:18.5km)と比較してみる。両者の、ビスフェノールA濃度についてのグラフとBOD・CODについてのグラフを図-11に示す。このグラフをみるとビスフェノールA濃度は、新河岸川のほうが小畔川に比べて非常に高い濃度で検出されている事がわかる。また、河川の評価によく用いられているBODやCODも、新河岸川のほうが小畔川よりも高い値を示している。このことから、BODやCODの高い川、つまり

環境基準でE類型に属する新河岸川のほうが、BODやCODが低くC類型に属する小畔川よりもビスフェノールAの濃度が高いことになる。よって、BOD・CODが高い河川では、ビスフェノールAの濃度が高くなると言える。

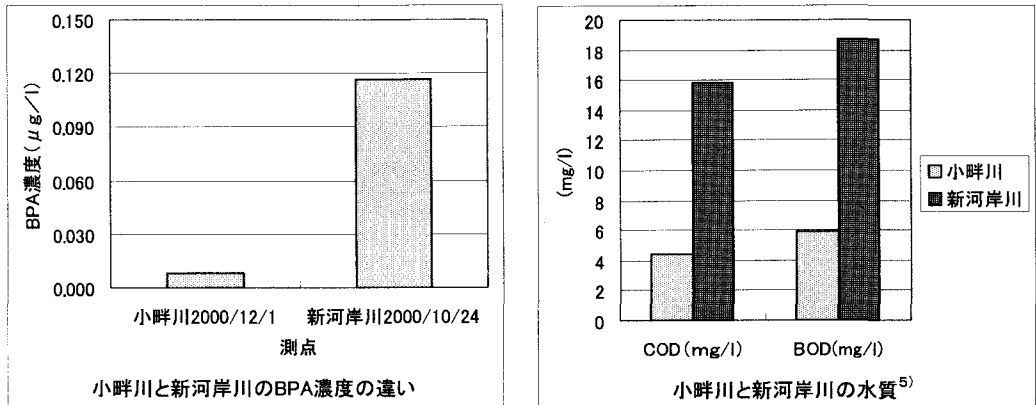


図-1.1 新河岸川と小畔川のBPA濃度、水質の違い

5 まとめ

今回の研究では、 $0.3 \sim 0.02 (\mu\text{g/l})$ というオーダーで、非常に微量ではあるが新河岸川にビスフェノールAが存在することが判った。この値は、現在の安全基準である食品衛生法の溶出基準 $2500 (\mu\text{g/l})$ よりもかなり低い値になっている。次に、概して10時よりも14時に濃度が高くなっていることから、朝から昼にかけて家庭から出される生活排水中にビスフェノールAが含まれており、その排水が河川に流入した結果、ビスフェノールAの濃度が高まったと考えられる。また、途中で流れ込む雑排水の影響で、下流に流下するにつれて濃度が高くなっていくことが判った。終末処理場の下流で濃度が高くなることは、処理場からの放流水中にビスフェノールAが含まれている可能性を示唆している。

今回の調査によって、新河岸川でのビスフェノールAの存在を確認できたものの、河川水中での挙動や、家庭排水中に含まれる濃度、終末処理場の放流水による1日の変動は捕らえきれなかった。今後さらに計測する時間の範囲を広げ、ケースを増やすことで、新河岸川に存在するビスフェノールAの濃度に影響を及ぼす因子を正確に捕らえることができると思われる。

ビスフェノールAについては、現在その毒性について様々な議論がなされている。なかには、ラットに対してではあるが、低量の $2.0 (\mu\text{g/l})$ でも影響があるという報告もなされているため⁶⁾、今回確認したような低濃度でも無視できるものではない。また、行政の行っている調査も近年活発になってきてはいるが、まだまだ多くの河川では行われていないのが現状である。それゆえ我々が、新河岸川で引き続き調査を行い、身近な河川におけるビスフェノールAの実態を把握していくことは、非常に重要なことだと考える。

参考文献

- 1) 筏義人：環境ホルモン きちんと理解したい人のために、講談社、1998
- 2) 経済産業省：化学物質管理促進法（PRTR法）のホームページ、www.meti.go.jp/policy/chemical_management/low/
- 3) タケダ環境汚染診断薬 BPA ELISAキット使用説明書、武田薬品工業株式会社
- 4) エヌ・ティー・エス：環境ホルモン汚染対策－測定・評価から企業対応まで－、1999
- 5) 埼玉県環境防災部：公共用水域及び地下水の水質測定結果－平成7～11年度、1996～2000
- 6) 小島正美：ビスフェノールAの毒性 安全基準の見直し必要、毎日新聞、2000/4/27
- 7) T.Colborn and D.Dumanoski and J.P.Myers 長尾力 訳：奪われし未来、翔泳社、1997
- 8) 大石正道：入門ビジュアルサイエンス－ホルモンのしくみ、日本実業出版社、1998