

# 京都府内の河川における有機フッ素化合物の実態について

近藤 博文 蒲 敏幸 田口 寛

## A Survey of Perfluorinated Organic Compounds in the Rivers of Kyoto Prefecture

Hirofumi KONDO Toshiyuki KABA Hiroshi TAGUCHI

京都府内の河川における有機フッ素化合物 (PFCs) の実態調査を行った。対象物質はペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) 及びペルフルオロオクタノ酸 (PFOA) に加えて炭素鎖長の異なる同族体とした。調査の結果、PFOS 及び PFOA がそれぞれ <1-17ng/L 及び 1.2-100ng/L 検出された。その他の PFCs が多くの地点で検出され、その濃度は <1-59ng/L であった。このうち、京都府内の主要な淀川水系の河川である宇治川、桂川及び木津川においては、PFOS 及び PFOA がそれぞれ <1-2.9ng/L 及び 1.7-19ng/L 検出された。この結果は近畿地方において先に実施された調査結果と同程度であり、日本国内の他の地域と比べると高い値であった。また、一部の地点において比較的高濃度にその他の PFCs が検出された。

In this research, we investigated contamination of perfluorinated organic compounds (PFCs) in rivers in Kyoto Prefecture. Target compounds were perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoate (PFOA) and their homologues with different chain length. The ranges of PFOS and PFOA concentrations were <1-17ng/L and 1.2-100ng/L, respectively. The other PFCs were detected at many sampling points, with concentrations in the range of <1-59ng/L. At Uji river, Katsura river, and Kizu river that are main tributaries of Yodo rivers flowing in Kyoto Prefecture, the ranges of PFOS and PFOA concentrations were <1-2.9ng/L and 1.7-19ng/L. These results were similar to the previous reports for another Kinki area but remarkably higher than in other areas of Japan. In addition, the other PFCs were detected in comparatively higher concentrations at some sampling points.

キーワード：有機フッ素化合物、PFOS、PFOA

key words：Perfluorinated organic compounds, PFOS, PFOA

### はじめに

ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)、ペルフルオロオクタノ酸 (PFOA) 等の有機フッ素化合物 (PFCs) を原料とする高分子化合物は撥水性、撥油性、耐熱性、潤滑性、電気絶縁性、表面張力低下性等の優れた特性を有し、様々な用途に大量に用いられてきた<sup>1,2)</sup>。しかし、PFCs は難分解性、生態内蓄積性を有するため、人体への影響が懸念されており、近年、地球的規模で環境中からの検出例が報告されるとともに<sup>3,4)</sup>、人体内における検出例も報告されている<sup>5)</sup>。また、2009年5月に開催された残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約の第4回締結国会議において、PFOS 及びその塩並びにペルフルオロオクタンスルホン酸フルオリド (PFOSA) が、新規対象物リスト (付属書B) に追加され、地球的規模でその使用が規制されることとなった。国内においても、PFOS 及び PFOA が2002年に化学物質審査規制法の第二種監視化学物質に指定され、2010年4月には、PFOS 及びその塩並びに PFOSA が第一種特定化学物質に指定され、製造、輸入及び使用が禁止もしくは制限されることとなった。

(平成23年7月31日受理)

Saito et al.<sup>6)</sup> は国内の河川・湖沼 79カ所を対象とした PFOS 及び PFOA の調査を実施し、近畿地方において汚染レベルが高く、特に PFOA の高濃度汚染の実態を報告している。また、Harada et al.<sup>7)</sup> は近畿地方の住民の血液中から他地域に比べて高濃度の PFOS 及び PFOA が検出されたと報告している。これらをうけて地方環境研究所等により詳細な調査が実施され、その環境実態が明らかにされてきた<sup>8-10)</sup>。

本研究では、京都府内における PFCs の環境実態を把握するために2009年に淀川水系の河川を対象として16地点、2010年には府内南部の河川を対象として15地点において調査を実施した。なお、対象物質としては PFOS 及び PFOA に加えて炭素鎖長の異なる同族体とした。

### 材料と方法

#### 1. 分析対象物質

PFOS を含むペルフルオロアルキルスルホン酸類 (PFASs) 及び PFOA を含むペルフルオロカルボン酸類 (PFCAs) を対象とした。対象とした PFCs を Table 1 に示す。

#### 2. 試薬及び標準品

メタノール、アセトニトリル及び蒸留水は LC/MS 用 (関

東化学製)を用いた。固相カートリッジとして Sep-Pak Oasis WAX (Waters 製)を用いた。標準液として PFCs 混合標準液 (PFAC-MXB、2μg/mL メタノール溶液、Wellington 社製)を用いた。内部標準物質は同位体ラベル化 PFCs 混合標準液 (MPFAC-MXA、100ng/mL メタノール溶液、Wellington 社製)を用いた。

3. 前処理方法

平成 14 年化学物質分析法開発調査報告書<sup>11)</sup>及び Taniyasu et al.<sup>12)</sup>の方法を参考に前処理を行った。採取した試料 200mL に内部標準物質を 2ng 添加したのち、あらかじめコンディショニングした固相カートリッジに通水した。固相カートリッジを窒素吹きつけにより乾燥後、0.1% アンモニア/メタノール溶液 4mL で溶出し、窒素吹きつけにより 1mL に濃縮し試験溶液とした。

4. 装置

液体クロマトグラフタンデム型質量分析計 (LC/MS/MS) は Waters 社 製 ACQUITY UPLC 及び Quattro PremierXE を用いた。Table 2 に分析条件を示す。

5. 試料

5-1. 淀川水系主要河川調査 (2009 年 2 月調査)

2009 年 2 月に府内における淀川水系の主要河川である、宇治川、桂川及び木津川において三川合流前と上流 1 地点で採水を行った。採水地点を Fig. 1 (No.1 - 6) に示す。

5-2. 淀川水系河川調査 (2009 年 5 月調査)

2009 年 5 月に宇治川、桂川及び木津川流入河川 (公共用水域調査地点) 10 地点において採水を行った。採水地点を Fig. 1 及び Fig. 2 (No.7 - 16) に示す。

5-3. 府内南部河川調査 (2010 年 7 月調査)

2010 年 7 月に府内南部の河川 (公共用水域調査地点) 15 地点において採水を行った。2009 年 5 月の調査地点に加えて淀川水系 3 地点及び由良川水系 2 地点を追加した。採水地点を Fig. 1 及び Fig. 2 (No.7 - 21) に示す。

Table 1. Target PFCs

Name	Acronym	Formula
Perfluorobutane sulfonate	PFBS	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> H
Perfluorohexane sulfonate	PFHxS	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> SO <sub>3</sub> H
Perfluorooctane sulfonate	PFOS	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> SO <sub>3</sub> H
Perfluorodecane sulfonate	PFDS	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> SO <sub>3</sub> H
Perfluoropentanoic acid	PFPeA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH
Perfluorohexanoic acid	PFHxA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH
Perfluoroheptanoic acid	PFHpA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> COOH
Perfluorooctanoic acid	PFOA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH
Perfluorononanoic acid	PFNA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
Perfluorodecanoic acid	PFDA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH
Perfluoroundecanoic acid	PFUnDA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> COOH
Perfluorododecanoic acid	PFDoDA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> COOH
Perfluorotridecanoic acid	PFTTrDA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> COOH
Perfluorotetradecanoic acid	PFTeDA	CF <sub>3</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH

結果

1. 淀川水系主要河川調査結果 (2009 年 2 月調査結果)

測定結果を Table 3 に示す。PFOA は全ての地点で検出され、その濃度は 1.7 ~ 19ng/L であった。PFOA を除く PFCAs では、PFPeA、PFHxA、PFHpA 及び PFNA が全ての地点で検出された。特に、PFNA は 1 ~ 12ng/L と PFOA と同程度に検出された。PFOS は <1 ~ 2.9ng/L であった。

Table 2. LC/MS/MS conditions

LC conditions		
Instrument	ACQUITY UPLC (Waters)	
Column	UPLC BEH C18 2.1 × 50mm(Waters)	
Retention gap column	UPLC BEH C18 2.1 × 100mm(Waters)	
Mobile phase	A : 2mM Ammonium Acetate aq B : Acetonitrile	
Gradient	0.0 → 8.0min B : 1 → 95% 8.0 → 9.0min B : 95 → 95% 9.0 → 9.1min B : 95 → 1%	
Flow rate	0.3 mL/min	
Column temp.	40°C	
Injection volume	5 μL	
MS conditions		
Instrument	Quattro Premier XE (Waters)	
Ionization mode	ESI(-)	
Source temp	120°C	
Desolvation temp	350°C	
Capillary voltage	1 kV	
Cone gas flow	50 L/hr	
Desolvation gas flow	600 L/hr	
Collision gas flow	0.2 mL/min	
	Quantification ion [m/z]	Confirmation ion [m/z]
PFHxS	: 399.00 > 79.90	399.00 > 98.90
PFOS	: 499.00 > 79.90	499.00 > 99.00
PFDS	: 598.80 > 80.10	598.80 > 98.90
MPFHxS ※	: 403.00 > 83.90	403.00 > 103.00
MPFOS ※	: 503.00 > 79.90	503.00 > 99.00
PFPeA	: 263.00 > 219.00	
PFHxA	: 313.00 > 269.00	313.00 > 118.90
PFHpA	: 362.90 > 318.90	362.92 > 169.00
PFOA	: 412.98 > 369.00	412.98 > 169.00
PFNA	: 463.00 > 419.00	463.00 > 169.00
PFDA	: 513.00 > 468.90	513.00 > 219.00
PFUnDA	: 563.00 > 518.80	563.00 > 269.00
PFDoDA	: 612.93 > 568.90	612.93 > 169.00
PFTTrDA	: 662.88 > 618.90	662.88 > 169.00
PFTeDA	: 712.89 > 668.80	712.89 > 169.00
MPFBA ※	: 216.95 > 172.00	
MPFHxA ※	: 315.00 > 270.00	
MPFOA ※	: 417.00 > 371.90	
MPFNA ※	: 467.96 > 422.90	
MPFDA ※	: 514.95 > 469.90	514.95 > 219.00
MPFUnDA ※	: 565.00 > 518.80	565.00 > 269.10
MPFDoDA ※	: 615.00 > 569.90	614.97 > 269.00

※ Internal standard

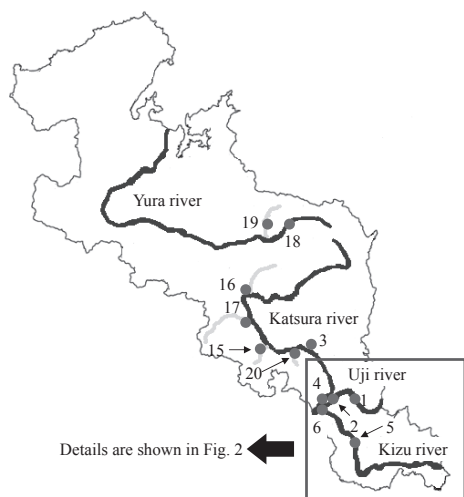


Fig.1 A map of Kyoto prefecture and sampling points

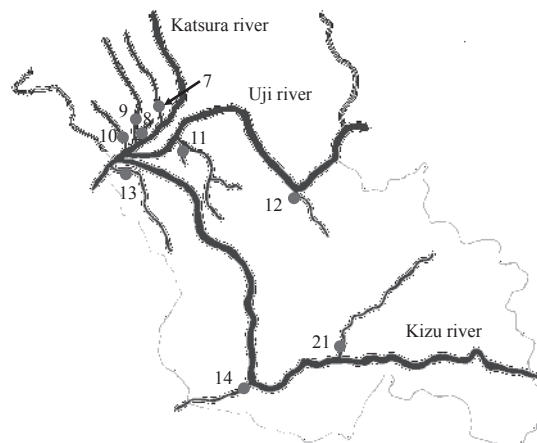


Fig.2 Detailed map of Fig.1 (South of Kyoto city and sampling points)

2. 淀川水系河川調査結果 (2009年5月調査結果)

測定結果を Table 3 に示す。PFOA は全ての地点で検出され、その濃度は 2.7 ~ 26ng/L であった。PFOA をのぞく PFCAs では、PFHxA、PFHpA 及び PFNA が多くの地点で検出され、桂川流入河川である西羽東師川 (戌亥橋)、七間堀川 (桂川流入前) 及び小畑川 (小畑橋) において PFNA が PFOA と同程度に検出された。特に、七間堀川 (桂川流入前) において PFNA が 59ng/L と比較的高濃度に検出された。PFOS は <1 ~ 2.4ng/L と主要河川と同レベルであった。

3. 府内南部河川調査結果 (2010年7月調査結果)

測定結果を Table 4 に示す。PFOA は全ての地点で検出され、その濃度は 1.2 ~ 100ng/L であり、大谷川 (二ノ橋) において 100ng/L と比較的高濃度に検出された。PFOA を除く PFCAs では、由良川 (安野橋)、棚野川 (和泉大橋)、田原川 (桂川流入前) 及び和東川 (菜切橋) においては不検出あるいは検出されても低濃度であった化合物が多

かった。また、その他の地点においては PFPeA、PFHxA、PFHpA、PFNA 及び PFDA が多くの地点で検出された。PFOS は <1 ~ 17ng/L であり、大谷川 (二ノ橋) において 17ng/L と比較的高濃度に検出された。また、由良川 (安野橋)、棚野川 (和泉大橋)、田原川 (桂川流入前) 及び園部川 (神田橋) においては PFOS を含む PFASs 全ての化合物が不検出であった。

2009年5月の結果と比較すると同程度の濃度となった地点及び化合物が多かったが、大谷川 (二ノ橋) において約 4 ~ 5 倍、場外排水路 (相島橋) 及び山田川 (木津川流入前) において約 2 ~ 3 倍の高い値を示した。

考察

PFOS、PFOA 等は広く用いられているため、人為的影響の大きい地点で検出されると考えられ、調査を行ったすべての地点から PFOA が検出された。これは人為的な汚染源の存在によるところが大きいものと考えられる。

Table 3. Concentrations of PFCs in the rivers [ng/L]

No.	Sampling Point	Date	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA	PFTrDA	PFTeDA
1	Uji river (Ingenbash bridge)	2009/02	<1	<1	1.5	<1	1.4	2.2	1.7	11	4.2	1.1	1.2	<1	-	-
2	Uji river (Gokobashi bridge)	2009/02	<1	<1	2.2	<1	2.0	2.8	2.8	19	12	1.8	<1	<1	-	-
3	Katsura river (Hozukyo)	2009/02	<1	<1	<1	<1	1.5	1.1	1.3	1.7	1.0	<1	<1	<1	-	-
4	Katsura river (Uji river plunge point)	2009/02	<1	1.3	2.9	<1	1.5	1.7	1.1	7.0	6.7	2.3	2.4	<1	-	-
5	Kizu river (Tamamizubashi bridge)	2009/02	<1	<1	<1	<1	1.5	2.2	1.7	12	3.9	<1	<1	<1	-	-
6	Kizu river (Gokobashi bridge)	2009/02	<1	<1	<1	<1	1.2	2.2	2.4	11	3.1	<1	<1	<1	-	-
7	Nishihazukashigawa river (Inuibashi bridge)	2009/05	<1	<1	2.0	<1	<1	<1	<1	2.7	3.5	<1	<1	<1	<1	<1
8	Hichikenborigawa river (Katsura river plunge point)	2009/05	<1	<1	1.5	<1	<1	2.3	3.3	18	59	<1	<1	<1	<1	<1
9	Koizumigawa river (Shin-yamazakibashi bridge)	2009/05	<1	<1	2.2	<1	<1	1.7	1.3	13	4.7	<1	<1	<1	<1	<1
10	Obatagawa river (Obatabashi bridge)	2009/05	<1	<1	2.4	<1	<1	2.5	<1	16	12	<1	1.4	<1	<1	<1
11	Jougaihaisuiro river (Aijimabashi bridge)	2009/05	<1	<1	2.0	<1	<1	2.9	2.1	17	<1	<1	<1	<1	<1	<1
12	Taharagawa river (Hotarubashi bridge)	2009/05	<1	<1	1.7	<1	<1	2.2	<1	26	5.2	<1	<1	<1	<1	<1
13	Ootanigawa river (Ninohashi bridge)	2009/05	<1	<1	<1	<1	<1	2.3	1.7	19	<1	<1	<1	<1	<1	<1
14	Yamadagawa river (Kizu river plunge point)	2009/05	<1	<1	1.5	<1	<1	1.9	1.6	17	13	<1	<1	<1	<1	<1
15	Inukaigawa river (Namikawabashi bridge)	2009/05	<1	<1	1.7	<1	<1	<1	1.4	8.3	2.5	<1	<1	<1	<1	<1
16	Tabaragawa river (Katsura river plunge point)	2009/05	<1	<1	1.5	<1	<1	<1	<1	4.1	1.6	<1	<1	<1	<1	<1

Table 4. Concentrations of PFCs in the rivers [ng/L]

No.	Sampling Point	Date	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUDA	PFDOA	PFTrDA	PFTeDA
7	Nishihazukashigawa river (Inuibashi bridge)	2010/07	<1	<1	5.1	<1	1.1	1.6	1.0	10	2.1	<1	<1	<1	<1	<1
8	Hichikenborigawa river (Katsura river plunge point)	2010/07	1.9	1.7	3.4	<1	5.6	12	6.5	28	19	2.7	<1	1.1	1.8	1.7
9	Koizumigawa river (Shin-yamazakibashi bridge)	2010/07	<1	<1	2.8	<1	1.6	1.6	1.8	13	2.2	<1	<1	<1	<1	<1
10	Obatagawa river (Obatabashi bridge)	2010/07	<1	1.2	1.0	2.8	1.7	2.0	2.0	16	17	1.5	<1	1.7	2.0	2.5
11	Jougaihaijiro river (Aijimabashi bridge)	2010/07	1.5	<1	8.9	<1	3.9	5.4	7.8	28	19	2.5	<1	<1	<1	<1
12	Taharagawa river (Hotarubashi bridge)	2010/07	<1	1.1	4.0	<1	1.2	1.8	1.5	18	3.1	1.0	<1	<1	<1	<1
13	Ootanigawa river (Ninohashi bridge)	2010/07	5.9	2.3	17	<1	3.7	9.3	10	100	16	1.3	<1	<1	<1	<1
14	Yamadagawa river (Kizu river plunge point)	2010/07	2.5	3.1	9.6	<1	4.1	6.1	7.4	39	16	2.3	<1	1.3	<1	<1
15	Inukaigawa river (Namikawabashi bridge)	2010/07	<1	1.1	2.6	<1	1.4	2.8	2.1	12	1.9	1.7	<1	<1	<1	<1
16	Tabaragawa river (Katsura river plunge point)	2010/07	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3.9	<1	<1	<1	<1	<1	<1
17	Sonobegawa river (Kandabashi bridge)	2010/07	<1	<1	<1	<1	1.0	1.1	1.4	4.7	12	3.5	<1	<1	1.7	<1
18	Yura river (Annobashi bridge)	2010/07	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2.7	<1	<1	<1	<1	<1	<1
19	Tananogawa river (Izumiohashi bridge)	2010/07	<1	<1	<1	<1	1.1	<1	<1	1.2	1.7	2.1	<1	1.3	1.3	<1
20	Nishikawa river (Katsura river plunge point)	2010/07	<1	1.4	4.1	<1	1.6	2.5	3.4	9.6	6.4	1.3	<1	1.3	<1	<1
21	Watsukagawa river (Nakiribashi bridge)	2010/07	<1	<1	1.7	<1	<1	1.1	<1	14	1.0	<1	<1	<1	<1	<1

一方、人為的な汚染が少ない地域における PFCs の起源については揮発性を有するフルオロテロマーアルコール (FTOH) 等の前駆物質が大気中を拡散し、環境や生体中で分解し、最終的に PFCs が生成することが報告されていること<sup>13)</sup>、Oono et al.<sup>14)</sup> が、近畿地方においては FTOH が大気中で高い濃度で検出されたことを報告していることから、比較的人為的な汚染が少ないと考えられる由良川 (安野橋) 及び棚野川 (和泉大橋) において PFOA が検出された要因としてこれら揮発性を有する前駆物質の影響が考えられる。

Murakami et al.<sup>15)</sup> は、PFNA と鎮痒剤 Crotamiton を都市排水の指標とした調査において、両者が高い相関性があると報告していること、また、PFNA が PFOA と同程度に検出された桂川流入河川である西羽東師川、七間堀川及び小畑川は人口密集地域を集水域としており、これらの河川の PFNA の起源は都市排水によるものと考えられる。

Saito et al.<sup>6)</sup> は、近畿地方における河川の PFOS 及び PFOA の幾何平均値は 5.73ng/L 及び 21.15ng/L と報告している。今回の調査結果は一部の地点を除くと、その平均値を下回るものであった。しかし、2010 年 7 月大谷川二ノ橋で PFOS が 17ng/L、PFOA が 100ng/L と比較的高濃度に検出された。その要因としては、特定の発生源の影響を受けている可能性が高いものと考えられる。しかし、Zushi et al.<sup>16)</sup> が PFHxA、PFHpA、PFOA 及び PFOS の汚染が降雨の洗い流しによって路面などから引き起こされると報告していること、さらに、PFOA については服部ら<sup>17)</sup> が淀川において雨水により河川中の濃度が高まると報告していることから、降雨を含めた複数の要因の影響を受けている可能性があるものと考えられる。

今回の調査により、府内南部河川における PFCs の環境実態の概況について明らかとすることができた。一部の河川において、比較的高濃度の PFCs が検出されたことから、今後も継続的に調査を実施し、その発生源等の環境実態について調査をする必要があると考えられる。

また、PFOS の規制強化に伴い、代替品として炭素鎖の短い他の化合物の使用が増大する可能性が高いことから、より多くの同族体について環境実態を調査する必要があると考えられる。

### 謝辞

本研究は地方環境研究所・国立環境研究所 C 型共同研究「フッ素系界面活性剤の汚染実態と発生源について」の一環として実施したものであり、関係者の皆様に感謝いたします。また、2009 年 2 月の調査については前処理及び分析を大阪市立環境科学研究所山本氏、また、2009 年 5 月の調査においては分析を財団法人ひょうご環境創造センター・兵庫県環境研究センター竹峰氏の協力により実施しました。ここに両名に深く感謝いたします

### 引用文献

- 1) 独立行政法人日本学術振興会・フッ素化学第 155 委員会編. 2010. フッ素化学入門 2010 基礎と応用の最前線. pp.309-435, 三共出版, 東京.
- 2) 国立環境研究所. 2006. 有機フッ素化合物等 POPs 様汚染物質の発生源評価・対策並びに汚染実態解明のための基盤技術開発に関する研究. 国立環境研究所特別研究報告
- 3) Dreyer A., Weinberg I., Temme C., Ebinghaus R. 2009. Polyfluorinated Compounds in the Atmosphere of the Atlantic and Southern Oceans: Evidence for a Global Distribution. Environ. Sci. Technol. 43, 6507-6514.
- 4) Kim S. K., Kannan K. 2007. Perfluorinated Acids in Air, Rain, Snow, Surface Runoff, and Lakes: Relative Importance of Pathways to Contamination of Urban Lakes. Environ. Sci. Technol. 41, 8328-8334.
- 5) Olsen G. W., Hansen K. J., Stevenson L. A., Burris J. M., Mandel J. H. 2003. Human Donor Liver and Serum Concentration of Perfluorooctanesulfonate and Other Perfluorochemicals. Environ. Sci. Technol. 37, 888-891.
- 6) Saito N., Harada K., Inoue K., Sasaki K., Yoshinaga T., Koizumi A. 2004. Perfluorooctanate and Perfluorooctane Sulfonate



- Concentrations in Surface Water in Japan. *Journal of Occupational Health*, 46, 49-59.
- 7) Harada K., Saito N., Inoue K., Yoshinaga T., Watanabe T., Sasaki S., Kamiyama S., Koizumi A. 2004. The Influence of Time, Sex and Geographic Factors on Levels of Perfluorooctane Sulfonate and Perfluorooctanoate in Human Serum over the Last 25 years. *Journal of Occupational Health*, 46, 141-147.
  - 8) 津田泰三, 井上亜紀子, 居川俊弘, 田中勝美. 2010. 琵琶湖水中および琵琶湖周辺河川水における PFOS および PFOA の濃度調査および琵琶湖への河川流入負荷量の推定. *環境化学*, 20 (3), 259-263.
  - 9) 上堀美智子, 清水武憲, 大山浩司. 2011. 大阪府内の水環境中における有機フッ素化合物の実態調査. *全国環境研誌*, 36 (1), 44-51.
  - 10) 竹峰秀祐, 吉田光方子, 松村千里, 鈴木元治, 鶴川正寛, 中野武. 2010. 兵庫県内の河川および海域の有機フッ素化合物の汚染実態について. *兵庫県環境研究センター紀要 (研究報告等)*, 1, 12-19.
  - 11) 環境省. 2005. 平成 14 年度化学物質分析法開発調査報告書. P1-11.
  - 12) Taniyasu S., Kannan K., So M.K., Gulkowska A., Sinclair E., Okazawa T., Ymashita N. 2005. Analysis of fluorotelomer alcohols, fluorotelomer acids, and short- and long-chain perfluorinated acids in water and biota. *Journal of Chromatography A*, 1093, 89-97.
  - 13) Paul A.G., Jones K.C., Sweetman A.J. 2009. A First Global Production, And Environmental Inventory For Perfluorooctane Sulfonate. *Environ. Sci. Technol.* 43, 386-392.
  - 14) Oono S., Matsubara E., Harada K., Takagi S., Hamada S., Asakawa A., Inoue K., Watanabe I., Koizumi A., 2008. Survey of Airborn Polyfluorinated Telomers in Keihan Area, Japan. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 80 (2), 102-106.
  - 15) Murakami M., Kuroda K., Sato N., Fukushi T., Takizawa S., Takada H. 2009. Groundwater Pollution by Perfluorinated Surfactants in Tokyo. *Environ. Sci. Technol.* 43, 3480-3486.
  - 16) Zushi Y., Takeda T., Masunaga S., 2008. Existence of nonpoint source of perfluorinated compounds and their loads in the Tsurumi River basin, Japan. *Chemosphere*. 71, 1556-1573.
  - 17) 服部晋也, 森口泰男, 宮田雅典. 2011. 淀川水系および高度浄水処理過程における PFOA および PFOS の実態調査. *用水と排水*, 53 (3), 49-57.