

印旛沼及び手賀沼における環境残留性有機汚染物質の濃度調査

栗原正憲* 清水 明 吉井直美 中田利明 横山智子

(* : 千葉県環境生活部水質保全課)

1 目的

環境への残留性が高く、人の健康や生態系への有害性がある物質として規制されているヘキサブロモシクロドデカン（以下「HBCD」）、UV-320 とその類縁化合物 3 種（以下「BUVs」）及びパーフルオロオクタンスルホン酸（以下「PFOS」）と有機フッ素化合物（以下「PFCs」）について、印旛沼と手賀沼の底質及び水質の濃度を調査した。

2 調査方法等

2・1 調査期間

2014 年～2017 年

2・2 調査地点

(1) 印旛沼 (図 1)

沼内の①～⑦の地点で採泥し、阿宗橋(新川)及び鹿島橋(鹿島川)で採水した。

(2) 手賀沼 (図 2)

沼内の①～⑤の地点で採泥し、ふるさと大橋(大堀川)及び二子橋(大津川)で採水した。



図 1 印旛沼調査地点

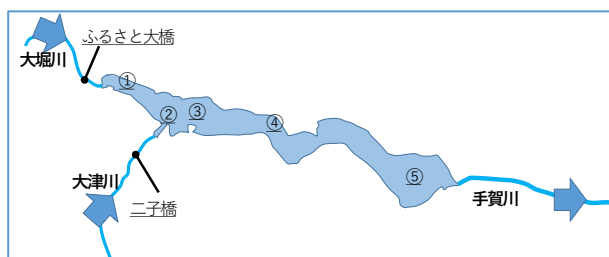


図 2 手賀沼調査地点

2・3 調査方法

(1) 調査対象物質

① HBCD (α , β , γ 体) : 臭素系難燃剤

化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（以下「化審法」）の第一種特定化学物質であり、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（以下「POP s 条約」）の規制対象物質である。

② BUVs (UV-320 (2-ベンゾトリアゾール-2-イル-4,6-ジ-ターシャリ-ブチルフェノールの製品名) と

その類縁化合物 3 種 UV-326, UV-327 及び UV-328) : ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤

UV-320 は、化審法の第一種特定化学物質であり、UV-327 は、化審法の監視化学物質である。

③ PFCs (炭素数 5～14, 16 の直鎖パーフルオロカルボン酸を、PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, 炭素数 4, 6, 8, 10 の直鎖パーフルオロスルホン酸を PFBS, PFHxS, PFOS, PFDS とした。) : 界面活性剤等

PFOS は化審法の第一種特定化学物質及び POP s 条約の規制対象物質である。

(2) 調査分析方法

底質及び沼水、河川水について、既報¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾に準じて前処理を行い、LC/MS/MS で分析した。

底質については、深度別に調査を行うため、手賀沼の根戸下及び手賀沼中央において、アクリル管を用いた柱状採泥器を用い、沼底表面から深さ約 50cm の試料を採取した。柱状試料は最深度部分数 cm 廃棄したのち、深度 0~20cm は 2cm 幅、深度 20cm 以降は 5cm 幅に分割した。目で色相、臭気、混入物及びおおよその粒子サイズを観察した。底質調査方法(平成 24 年 8 月 環境省 水・大気環境局)に準じて CN コーダー (YANAKO(株)製) で全有機炭素を測定した。

3 調査結果

3・1 印旛沼

2017 年度の底質の調査結果を表 1 及び図 3 に示した。また、同一地点の底質及び水質の濃度変化を表 2-1 及び表 2-2 にまとめた。

なお、2016 年及び 2017 年の調査における水質の HBCD、BUVs の UV-320 及び UV-327 は 0.5ng/L 未満だった。

表 1 印旛沼における環境残留性物質濃度 (底質) 2017 年 11 月 20 日 単位 ng/g

地点番号	地点名	α-HBCD	β-HBCD	γ-HBCD	合計	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328	合計
①	舟戸大橋下流	0.53	0.06	0.09	0.68	0.05未満	1.70	0.57	1.21	3.52
②	鹿島川河口	3.85	0.82	2.34	7.0	0.43	26.32	6.21	23.99	56.9
③	上水道取水口下	1.51	0.27	0.43	2.2	0.59	10.72	8.11	15.70	35.1
④	一本松下上流	5.32	0.80	0.47	6.6	0.29	6.75	4.38	12.40	23.8
⑤	一本松下	1.47	0.20	0.27	1.9	0.47	7.51	5.64	11.07	24.7
⑥	一本松下下流	0.61	0.08	1.19	1.9	0.28	5.08	3.97	7.15	16.5
⑦	北印旛沼中央	0.42	0.06	0.10	0.58	0.22	3.12	2.82	6.15	12.3

地点番号	地点名	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTrDA	PFTeDA	PFHxDA	PFBS	PFOS	PFDS	合計
①	舟戸大橋下流	0.07	0.09	0.15	0.22	0.13	0.06	0.06	0.04	0.03	0.03未満	0.03未満	0.17	0.17	0.03未満	2.9
②	鹿島川河口	0.08	0.14	0.23	0.30	0.21	0.17	0.37	0.37	0.32	0.18	0.08	0.23	0.60	0.04	4.2
③	上水道取水口下	0.09	0.11	0.31	0.31	0.21	0.16	0.40	0.26	0.28	0.13	0.05	0.45	0.55	0.12	4.1
④	一本松下上流	0.06	0.09	0.23	0.24	0.19	0.15	0.26	0.16	0.16	0.08	0.04	0.25	0.45	0.05	2.4
⑤	一本松下	0.10	0.10	0.25	0.32	0.29	0.21	0.51	0.31	0.29	0.13	0.05	0.70	0.72	0.08	3.4
⑥	一本松下下流	0.10	0.13	0.68	0.51	0.31	0.21	0.46	0.27	0.24	0.11	0.03	0.24	0.87	0.09	1.3
⑦	北印旛沼中央	0.08	0.10	0.29	0.32	0.29	0.19	0.36	0.18	0.16	0.06	0.03	0.22	0.62	0.05	3.3

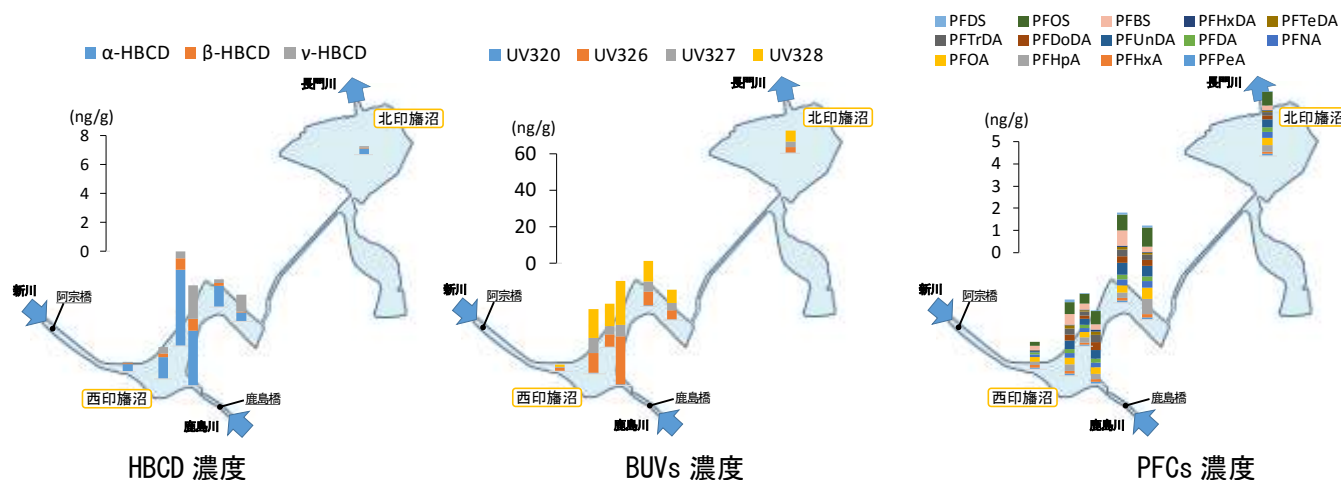


図 3 印旛沼における環境残留性物質の地点別濃度 (底質) 2017 年 11 月 20 日 単位 ng/g

表 2-1 印旛沼における環境残留性物質濃度変化（底質） 単位 ng/g

地点	調査地点	調査年月	α-HBCD	β-HBCD	γ-HBCD	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328
③	上水道取水口下	2014/9	13	2.4	2.2	—	—	—	—
		2016/9	3.3	0.50	0.94	0.82	16	11	21
		2017/11	1.5	0.27	0.43	0.59	11	8.1	16
⑤	一本松下	2014/9	0.61	0.13	0.67	—	—	—	—
		2016/9	0.77	0.16	0.21	0.53	9.7	7.1	12
		2017/11	1.5	0.20	0.27	0.47	7.5	5.6	11
⑦	北印旛沼中央	2014/9	0.16	0.04	0.36	—	—	—	—
		2016/9	0.52	0.12	0.18	0.32	4.9	4.3	5.8
		2017/11	0.42	0.06	0.10	0.22	3.1	2.8	6.2

地点	調査地点	調査年月	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTTrDA	PFTeDA	PFHxDA	PFBS	PFOS	PFDS
③	上水道取水口下	2012/7	0.18	0.10	0.19	0.31	0.27	0.19	0.69	0.32	0.42	0.19	0.08	0.01	0.94	0.17
		2016/9	0.13	0.19	0.19	0.78	0.23	0.18	0.40	0.31	0.28	0.14	0.05	0.01	2.1	0.09
		2017/11	0.09	0.11	0.31	0.31	0.21	0.16	0.40	0.26	0.28	0.13	0.05	0.45	0.55	0.12

表 2-2 印旛沼における環境残留性物質濃度変化（水質） 単位 ng/L

調査地点	調査年月	α-HBCD	β-HBCD	γ-HBCD	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328
阿宗橋	2014/9	0.5	0.5未満	1.5	—	—	—	—
	2016/12	0.5未満	0.5未満	0.5未満	0.5未満	1.9	0.5未満	0.5未満
	2017/10	0.5未満	0.5未満	0.5未満	0.5未満	0.9	0.5未満	2.1
鹿島橋	2014/9	0.5未満	0.5未満	0.5未満	—	—	—	—
	2016/12	0.5未満	0.5未満	0.5未満	0.5未満	1.3	0.5未満	0.5未満
	2017/10	0.5未満	0.5未満	0.5未満	0.5未満	0.9	0.5未満	2.2

調査地点	調査年月	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFBS	PFHxS	PFOS
阿宗橋	2012/7	5.2	6.5	8.3	23	6.1	1.9	0.9	1.0	1.8	2.7
	2016/12	4.0	4.9	3.7	16	4.0	0.72	0.5未満	0.71	1.0	2.0
	2017/11	4.5	5.2	5.6	16	3.4	1.0	0.5未満	1.8	1.2	2.0
鹿島橋	2012/7	4.1	5.2	8.2	11	3.7	0.60	0.56	0.5未満	0.57	2.0
	2016/12	4.8	7.0	4.8	15	2.4	0.5未満	0.5未満	0.65	0.87	1.6
	2017/11	5.3	7.3	5.4	10	1.9	0.5未満	0.5未満	1.0	1.0	2.8

3・2 手賀沼

2017年度の底質の調査結果を表3、図4に示した。また、同一地点の底質及び水質の濃度変化を表4-1及び表4-2に、底質の深度別濃度を表5-1、表5-2にまとめた。

なお、2015年及び2017年におけるHBCDの水質調査結果は、0.5ng/L未満であった。

表 3 手賀沼における環境残留性物質濃度（底質） 2017年7月24日 単位 ng/g

地点番号	地点名	α-HBCD	β-HBCD	γ-HBCD	合計	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328	合計
①	大堀川河口	3.9	0.80	2.2	6.9	0.56	35	14	29	79
②	大津川河口	4.2	1.4	11	17	0.62	34	15	57	106
③	根戸下	5.0	1.2	2.7	8.9	0.81	32	18	59	109
④	手賀大橋下流	0.34	0.1未満	0.20	0.64	0.23	8.6	6.1	11	26
⑤	手賀沼中央	0.53	0.1未満	0.76	1.4	0.33	13	8.4	15	37

地点番号	地点名	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTTrDA	PFTeDA	PFHxDA	PFOS	PFDS	合計
①	大堀川河口	0.15	0.27	0.27	0.36	0.10	0.65	0.34	0.77	0.24	0.10	0.48	0.17	4.0
②	大津川河口	0.15	0.26	0.30	0.30	0.13	0.64	0.49	0.76	0.31	0.10	0.68	0.13	4.4
③	根戸下	0.13	0.27	0.28	0.31	0.15	0.74	0.50	0.85	0.30	0.11	0.65	0.18	4.6
④	手賀大橋下流	0.08	0.17	0.17	0.16	0.07	0.24	0.13	0.25	0.08	0.03	0.21	0.04	1.7
⑤	手賀沼中央	0.11	0.22	0.23	0.38	0.14	0.60	0.23	0.38	0.11	0.04	0.52	0.07	3.2

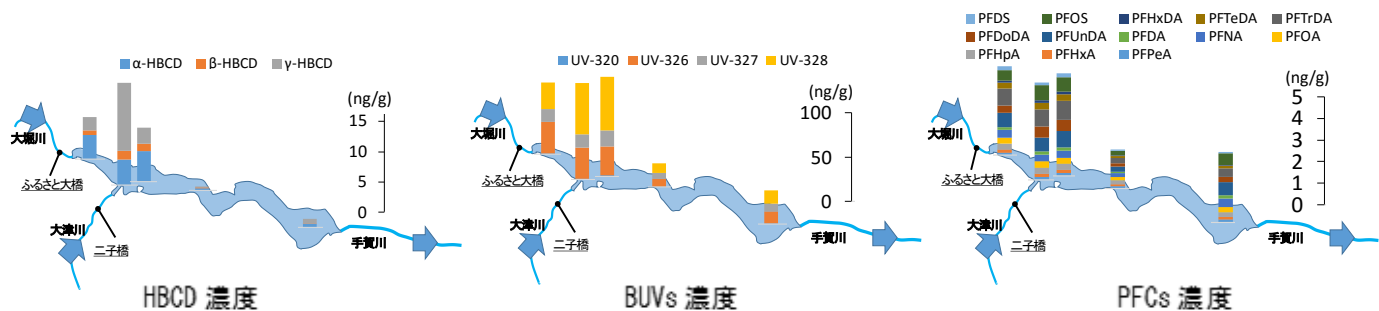


図4 手賀沼における環境残留性物質の地点別濃度（底質） 2017年7月24日 単位 ng/g

表4-1 手賀沼における環境残留性物質濃度変化（底質） 単位 ng/g

調査地点	調査年月	α-HBCD	β-HBCD	γ-HBCD	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328
手賀沼中央	2015/8	1.1	0.2未満	0.44	0.30	9.8	7.1	12
	2016/8	1.3	0.27	0.36	0.50	12	12	18
	2017/7	0.53	0.1未満	0.76	0.33	13	8.4	15
根戸下	2015/8	24	4.2	8.5	1.0	29	20	66
	2016/8	7.3	1.4	2.0	1.8	29	33	62
	2017/7	5.0	1.2	2.7	0.81	32	18	59

調査地点	調査年月	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTTrDA	PFTeDA	PFHxDA	PFOS	PFDS
根戸下	2012/5	0.03	0.05	0.12	0.33	0.56	0.17	1.4	0.62	1.3	0.39	0.12	1.3	0.36
	2016/8	0.81	0.70	0.24	0.89	0.44	0.20	0.83	0.55	0.84	0.32	0.11	0.99	0.17
	2017/7	0.13	0.13	0.27	0.28	0.31	0.15	0.74	0.50	0.85	0.30	0.11	0.65	0.18

表4-2 手賀沼における環境残留性物質濃度変化（水質） 単位 ng/L

調査地点	調査年月	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328
ふるさと大橋	2015/8	0.5	3.2	0.54	0.59
	2017/7	0.5未満	6.9	1.4	2.0
二子橋	2015/8	0.5	2.4	0.43	2.2
	2017/7	0.5未満	13	1.7	2.7

調査地点	調査年月	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFBS	PFHxS	PFOS
ふるさと大橋	2017/7	6.3	10	4.2	6.4	7.7	0.46	0.5未満	1.8	1.7	3.1
	2012/5	3.9	4.5	4.7	8.7	40	0.65	1.6	1.8	5.1	12
二子橋	2017/7	5.6	8.7	4.8	7.5	7.2	0.53	0.5未満	2.9	7.7	4.5
	2012/5	4.4	6.0	8.1	10	10	1.1	1.2	1.9	4.7	5.1

表5-1 手賀沼における環境残留性物質濃度（底質）の深度別濃度（根戸下）

2015年8月3日 単位 ng/g

深度 (cm)	UV-320 (ng/g)	UV-326 (ng/g)	UV-327 (ng/g)	UV-328 (ng/g)	α -HBCD (ng/g)	β -HBCD (ng/g)	γ -HBCD (ng/g)	有機炭素 (%)	色	臭気	混入物	粒子サイズ
0 ~ 2	0.99	29	20	61	37	6.8	9.2	6.8	暗緑褐色	泥臭	無し	粘土~シルト
2 ~ 4	1.1	29	21	71	11	1.6	7.9	6.0	暗緑褐色	泥臭	無し	粘土~シルト
4 ~ 6	1.2	25	19	47	8.1	1.5	7.7	5.3	暗緑褐色	泥臭	無し	シルト
6 ~ 8	0.45	14	9.1	26	3.2	0.45	5.8	2.9	暗緑褐色	泥臭	植物繊維	シルト~細砂
8 ~ 10	0.47	14	9.6	25	4.1	0.72	4.3	2.2	暗緑褐色	泥臭	植物繊維	シルト~細砂
10 ~ 12	0.68	16	12	32	22	3.6	5.3	3.5	暗緑褐色	泥臭	植物繊維	シルト~細砂
12 ~ 14	0.46	12	9.3	23	2.4	0.65	4.7	2.9	暗緑褐色	泥臭	植物繊維	粘土~シルト
14 ~ 16	0.12	4.2	2.4	5.7	1.4	0.30	0.29	1.8	暗緑褐色	泥臭	植物繊維	粘土~シルト
16 ~ 18	0.11	2.3	1.1	1.8	<0.2	<0.2	<0.2	1.6	暗緑褐色	泥臭	植物繊維	粘土~シルト
18 ~ 20	<0.1	4.4	1.2	1.8	<0.2	<0.2	<0.2	1.6	暗緑褐色	泥臭	植物繊維	粘土~シルト
20 ~ 25	<0.1	0.97	0.25	0.39	<0.2	<0.2	<0.2	1.6	暗緑褐色	泥臭	植物繊維,貝殻	粘土~シルト
25 ~ 30	<0.1	0.50	0.22	0.21	<0.2	<0.2	<0.2	1.5	暗緑褐色	泥臭	植物繊維,貝殻	粘土~シルト
30 ~ 35	<0.1	5.9	<0.2	<0.1	<0.2	<0.2	<0.2	1.5	暗緑褐色	泥臭	植物繊維,貝殻	粘土~シルト
35 ~ 40	<0.1	5.2	<0.2	<0.1	<0.2	<0.2	<0.2	1.4	暗緑褐色	泥臭	植物繊維,貝殻	粘土~シルト
40 ~ 45	<0.1	22	<0.2	0.16	<0.2	<0.2	<0.2	1.4	暗緑褐色	泥臭	植物繊維,貝殻	粘土~シルト

表5-2 手賀沼における環境残留性物質濃度（底質）の深度別濃度（手賀沼中央）

2015年8月3日 単位 ng/g

深度 (cm)	UV-320 (ng/g)	UV-326 (ng/g)	UV-327 (ng/g)	UV-328 (ng/g)	α -HBCD (ng/g)	β -HBCD (ng/g)	γ -HBCD (ng/g)	有機炭素 (%)	色	臭気	混入物	粒子サイズ
0 ~ 2	0.29	10	6.7	12	0.86	<0.2	0.52	5.3	暗緑褐色	無し	無し	粘土~シルト
2 ~ 4	0.31	9.4	7.4	13	1.3	<0.2	0.36	5.3	暗緑褐色	無し	無し	粘土~シルト
4 ~ 6	0.30	11	6.9	11	0.56	<0.2	0.33	5.3	暗緑褐色	無し	無し	粘土~シルト
6 ~ 8	0.32	15	6.8	11	0.82	<0.2	0.48	5.5	暗緑褐色	無し	無し	シルト
8 ~ 10	0.31	12	6.9	13	0.80	<0.2	0.58	5.4	暗緑褐色	無し	無し	シルト
10 ~ 12	0.25	14	6.8	11	1.0	<0.2	0.42	5.3	暗緑褐色	無し	無し	シルト
12 ~ 14	0.34	23	8.1	14	1.1	0.24	0.72	5.6	暗緑褐色	無し	無し	シルト
14 ~ 16	0.40	21	9.4	15	0.55	0.25	0.27	5.5	暗緑褐色	無し	無し	シルト
16 ~ 18	0.33	11	7.5	12	1.4	0.32	0.44	5.1	暗緑褐色	無し	無し	シルト
18 ~ 20	0.27	27	6.2	10	0.43	<0.2	0.55	4.3	暗緑褐色	無し	無し	シルト~細砂
20 ~ 25	0.26	15	5.9	9.6	0.64	<0.2	0.23	3.7	暗緑褐色	無し	無し	シルト~細砂
25 ~ 30	0.26	15	6.4	10	0.43	<0.2	<0.2	4.4	暗緑褐色	微泥臭	植物繊維	シルト~細砂
30 ~ 35	<0.1	11	2.5	5.4	0.23	<0.2	<0.2	6.5	暗緑褐色	微泥臭	植物繊維	シルト~細砂
35 ~ 40	<0.1	3.9	<0.2	0.19	0.23	<0.2	<0.2	7.3	暗緑褐色	微泥臭	植物繊維	シルト~細砂

4 参考文献

- 1) 清水明, 植村匡詞, 栗原正憲, 吉澤正: 有機フッ素化合物の環境汚染実態と排出源について, 平成 24 年度千葉県環境研究センター年報(2013)
- 2) 栗原正憲, 清水明, 藤村葉子, 本田恵理, 飯村晃: 印旛沼における HBCD の実態調査. 千葉県環境研究センター年報, (2016).
- 3) 栗原正憲, 中田利明, 飯村晃: 手賀沼における底質中 HBCD 及び BUVs の鉛直分布調査. 第 25 回環境化学討論会要旨集, (2016).
- 4) 栗原正憲, 吉澤正: 廃棄物に含まれる有機フッ素化合物の含有量測定方法の検討, 平成 22 年度千葉県環境研究センター年報(2011)
- 5) 吉識亮介, 田中真由美, 山本勝也, 羽賀雄紀, 中越章博, 松村千里, 藤森一男, 熊谷哲: ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の分析検討. 日本水環境学会シンポジウム講演集, vol.18, p81-82(2015).
- 6) 木村久美子, 西野貴裕: ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の分析方法の検討. 第 24 回環境化学討論会要旨集, p470-471(2015).