

下水道における化学物質等 リスク管理に関する調査研究

1. はじめに

下水道管理者は、「特定化学物質の環境への排出量の把握等および管理の改善の促進に関する法律（以下、「化学物質管理促進法」という）」第2条第6項に定める「指定化学物質等取扱事業者」であり、化学物質管理促進法によってPRTR届出の義務などが平成13年度から課せられる。そして、化学物質管理促進法が対象とする指定化学物質は435物質（第1種354物質、第2種81物質）と膨大な数であることから、化学物質管理促進法第3条に定める化学物質管理指針に基づいて、従来からの規制を中心とした法対象の化学物質の管理と異なる対応が必要となる。

そこで本調査の目的は、下水道管理者がこのようなPRTR等の化学物質管理促進法への対応を行っていくために、取り組む必要があるテーマの一つであるPRTR制度の運用に関する検討（当該年度1年間の排出量等の届出に際して生じる課題の検討）を通じて、必要となる事項や留意すべき項目をとりまとめるとともに、運用上での課題を整理することである。また、下水道のリスク管理の範囲に属する内分泌攪乱化学物質も含めた検討を行う。本調査研究は、平成13、14年度の2カ年で実施する。

2. 調査内容

本調査研究では、平成9～12年度に実施された

PRTRパイロット事業の結果と、各都市の特定事業場に対するアンケート調査結果を活用して、事例的検討を行うことにより運用上の課題を整理する。事例的検討の検討手順を図-1に示す。これまでのパイロット事業報告書（全国データ）を用いて、一般的に下水道へ流入する化学物質を整理する。下水道へ化学物質を排出している（下水道への移動を行っている）PRTR対象事業所を把握するために、調査対象都市の事業所に対するアンケート調査を実施する。調査対象都市の事例的検討結果を踏まえて、PRTR制度の運用に関する課題を整理する。また、下水道における内分泌攪乱化学物質に関して実態調査および文献調査を実施する。

3. PRTR事例検討調査結果

3.1 PRTRパイロット事業調査結果

PRTRパイロット事業は、我が国にふさわしいPRTRシステムの構築を目指して、1997（平成9）年度から環境省（平成12年度から経済産業省と共同）によって実施されている事業である。平成14年度から化学物質管理促進法に基づく届出（平成13年度1年間の排出・移動量の届出）が実施されることにより、平成13年度が最後となる。

PRTRパイロット事業の概要を表-1に示す。平成9～12年度に経済産業省・環境省が実施したPRTRパイロット事業調査結果について、下水道に関連する項目をとりまとめることによって、下水道

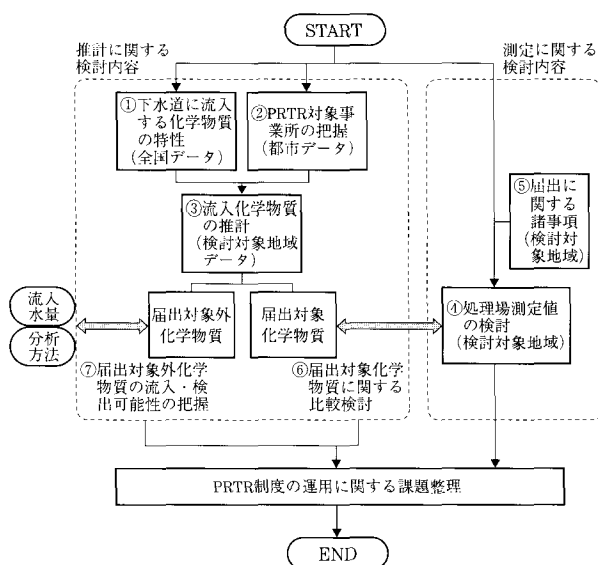


図-1 PRTR事例的検討の検討手順

に流入する化学物質の特性を把握した。把握した結果を以下に示す。

PRTRパイロット事業は、下水道に流入する化学物質の特性を把握（全国データ）するために平成9～13年度の5カ年で実施されて、対象地域は徐々に拡大し、平成12、13年度の2カ年を通じてすべての都道府県および政令指定都市で実施されている。対象化学物質は、平成12年度以降、化学物質管理促進法に定める第1種指定化学物質（354物質）となっている。下水道に関連する項目としては、「下水道からの排出・移動」と「事業所から下水道への移動量（下水道への流入量）」が化学物質別・

業種別などに公表されている。

下水道からの排出・移動に関しては、下水道のみで公表されているデータは平成12年度のみであり、平成12年度データでは、下水道から42物質（施行規則で定める下水道の届出対象化学物質：30物質，上記以外の化学物質：12物質）の排出・移動量が報告されている。

下水道への流入に関しては、調査対象地域が日本全国の一部地域にもかかわらず、平成9～12年度のPRTRパイロット事業を通じて、123物質（354物質の約1/3）が下水道への移動として報告されている。123物質の内訳は、施行規則で定める下水道の届出対象化学物質（ただし、横出し基準を除く）が29物質，上記以外の化学物質が94物質である。

それぞれの化学物質の下水道への移動量の大きさと、下水道への移動を報告した事業所の数に関係は認められない。

354物質を対象化学物質とした平成12年度データの特徴は次のとおりである。下水道への移動量が多い業種は、化学工業や繊維工業である。下水道への移動を報告した事業所が多い業種は、化学工業や廃棄物処理業である。下水道への移動量に関して、地域的な特徴は認められない。

下水道への移動量については報告されていないが、他の媒体への排出・移動量が報告されている化学物質が172物質存在する。

以上から、さまざまな種類の化学物質（第1種指定化学物質）が、下水道へ流入している可能性があることが明らかとなった。

表-1 PRTRパイロット事業の概要

パイロット事業年度		平成9年度	平成10年度	平成11年度	平成12年度	平成13年度
届出データの年度		H8	H9	H10	H11	H12
調査スケジュール	調査票発送	H9.9	H10.10~11	H11.10~11	H12.6~7	H13.7
	回答の回収	H9.12	H10.12~11.1	H11.12~12.1	H12.8~9	H13.8
	報告書公表	H10.5	H11.8	H12.8	H13.8	?
対象地域		2地域	3地域	13都道府県市	30都道府県市	29府県市
対象化学物質数		178	176	176	354	354
対象事業所数	対象(a)	1,818	2,040	8,425	16,149	(調査中)
	様式1報告(b)	943	1,110	5,009	7,499	
	報告率(b/a)	(51.9%)	(54.4%)	(59.5%)	(46.4%)	
	様式2報告(c)	502	587	1,891	2,327	
	報告率(c/b)	(53.2%)	(52.9%)	(37.8%)	(31.0%)	
報告率(c/a)		(27.6%)	(28.8%)	(22.4%)	(14.4%)	

注) 様式1: 事業所の概要等（調査資料を送付した全ての事業所に報告を依頼）
 様式2: 対象化学物質の排出量・移動量等
 （対象化学物質を報告対象量以上取り扱っている事業所等に報告を依頼）
 出典) 環境省，経済産業省：平成9～12年度パイロット事業報告書など

表-2 アンケート回収状況

都市名	対象処理区域	発送数 (A)	回収数 (B)	回収率 (B/A)	宛先不明 (C)	回収率 ^{注2)} (B/(A-C))	備考
A市	A-1	433	122	28.2%	62	32.9%	注1
B市	B-1	195	55	28.2%	12	30.1%	
C市	C-1	312	108	34.6%	22	37.2%	郵便番号471の地域
D市	D-1	442	115	26.0%	73	31.2%	
合計		1,382	400	28.9%	169	33.0%	

注1) 川崎市が別途調査した定期立入検査事業場

(86件発送, 69件回収)を含む。

注2) 宛先不明分を除いた回収率

また一つの下水処理場について、下水道への流入量(事業所からの下水道への移動量)と下水道からの排出・移動量の比較検討を行うことは、化学物質リスク管理の観点から重要である。

3.2 PRTR対象事業所の把握(都市データ)

(1) アンケート回収状況

アンケート回収状況は、表-2に示すとおりである。回収率は全体で28.9%であり、PRTRパイロット事業の報告率(46.4%:H12)を下回った。回収率が下回った原因として、次の事項を挙げることができる。

PRTR届出対象に該当しない21人未満の事業者が半数を占めており、PRTRの認知が低い状況にある。また、回収率が低いながらも、ガソリンスタンドや洗濯業(クリーニング業)、写真現像業のデータが得られるので、PRTRパイロット事業では把握できないような事項についても検討することが可能となる。

事業者の規模別の回収状況については、アンケート未回答事業所の状況が不明なため、正確に把握することは不可能である。参考までに、表-3に示した1事業所当たりの従業員数(平成11年事業所・企業統計をもとに算出)を用いて、3グループに分類したときの回収状況を表-4に示す。

規模の小さな事業所の回収状況が低くなっていることが、表-4から推察される。

(2) 事業者規模(従業員数)について

アンケート回答事業所における従業員数の状況を図-2に示す。PRTR届出対象に該当しない21人未満の事業所が回答の半数程度を占める。

事業所数(アンケート発送数)は多いが、回収率が低かった4業種の従業員数の状況を図-3に示す。これらの業種においては、21人未満の事業者の占める割合がさらに高くなっており、回収率を低く

表-3 業種区別のアンケート回収

業種区分	発送数 (A)	回収数 (B)	回収率 (B/A)	参考(1事業所 当たり従業員数)
化学系製造業	8	5	62.5%	37.0
金属系製造業	88	57	64.8%	23.0
機械系製造業	38	31	81.6%	47.6
食料品製造業	215	44	20.5%	26.2
その他製造業	79	32	40.5%	16.1
ガソリンスタンド	250	34	13.6%	5.6
洗濯業	346	73	21.1%	3.3
写真現像業	106	25	23.6%	5.5
その他非製造業	252	99	39.3%	16.2
合計	1,382	400	28.9%	-

注1) 川崎市が別途調査した定期立入検査事業場

(86件発送, 69件回収)を含む。

※参考(1事業所当たり従業員数)は、平成11年事業所・企業統計調査をもとに算出した。

表-4 事業所規模別のアンケート回収状況

業種区分(1事業所当 たり従業員数による)	発送数 (A)	回収数 (B)	回収率 (B/A)
平均21人以上の業種	349	137	39.3%
平均10~20人の業種	331	131	39.6%
平均9人以下の業種	702	132	18.8%
合計	1,382	400	28.9%

した原因となっている。

(3) PRTRの認知

アンケート回答事業所全体では、約1/3の事業所

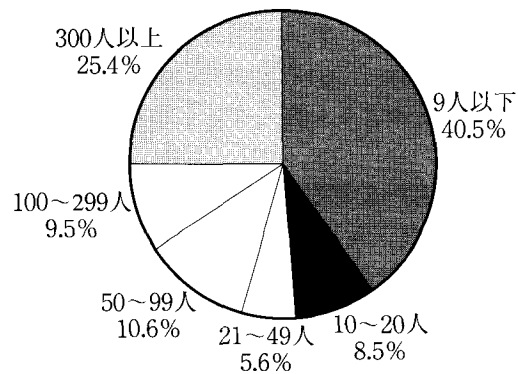


図-2 アンケート回答事業者における従業員数の状況

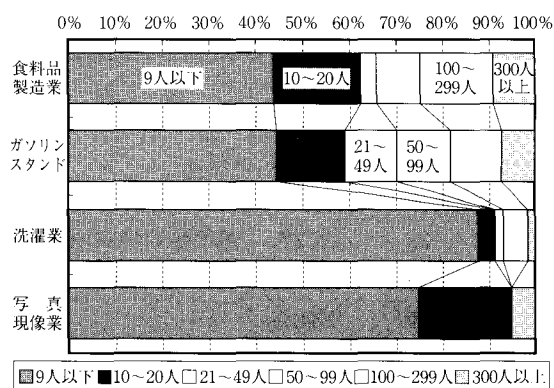


図-3 事業所数が多い4業種における従業員数の状況 (事業者の従業員数)

が化学物質管理促進法を知らない状況にある。届出義務の対象となる可能性がある21人以上の事業者については、おおむね化学物質管理促進法を認知している状況にある。アンケート回答事業所全体で、PRTRパイロット事業に回答したことがある事業所は30%を占める。届出義務の対象となる可能性がある21人以上の事業者については、半数程度の事業所がPRTRパイロット事業に回答した経験を有している。

(4) PRTR対象化学物質の取り扱い

事業所におけるPRTR対象化学物質の下水道への移動の状況を図-4に示す。アンケート回答事業所400件のうち、PRTR対象化学物質を取り扱っている事業所は183件であり、回答事業所の45.7%であった。PRTR対象化学物質を取り扱う事業所183件の中で、72件(取り扱う事業所の約40%)が下水道への移動を報告している。事業者の従業員数と下水道への移動の関係については、明確な関係が認められない。製造品出荷額等と下水道への移動の関係に関しては、製造品出荷額等が1,000億円以上の事業者において下水道への移動が行われていないことがわかるが、明確な関係が認められない。ただし、回収率の違いや21人以上の事業者における自己処理の状況を勘案すると、21人未満の事業者における下水道への移動を行っている事業所の割合は、21人以上の事業者の割合よりも高くなると推察される。

3.3 下水道への移動量の推計

PRTR対象化学物質の取り扱いと事業者の従業員数との関係を表-5に示す。約1/4が下水道への移動を報告している。

4都市のアンケート結果より、下水道へ流入する化学物質を業種別に整理すると、以下のとおりで

表-5 PRTR対象化学物質の取り扱いと事業者の従業員数との関係

	総数	21人未満事業者	21人以上事業者
PRTR化学物質を取り扱っている事業所数①	117	40	77
上記の事業所の中で下水道への移動を報告した事業所数②	29	10	19
②/①	24.8%	25.0%	24.7%

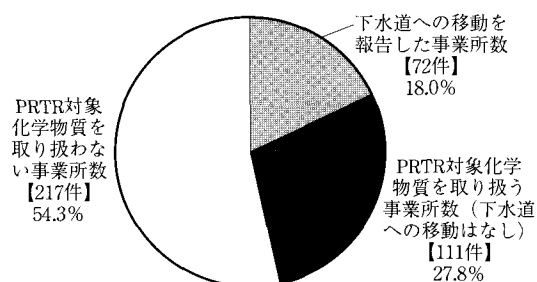


図-4 事業所におけるPRTR対象化学物質の下水道への移動の状況

表-6 アンケートを通じて下水道への移動が新たに確認された化学物質

政令番号	化学物質名(政令名)	下水道への移動量計(kg/年)
44	エチレングリコールモノエチルエーテル	2,320.0
67	クレゾール	0.001
171	3,3'-ジメチルベンジジン(別名 ₁₀ トリジン)	0.000071
243	バリウムおよびその水溶性化合物	1.1

ある。

化学系製造業では、コバルト/モリブデンおよびその化合物・ニッケル化合物・ヒドラジンが報告され、金属系/機械系製造業では、亜鉛・クロム・無機シアン化合物・ジクロロメタン・水銀/ふっ化水素/ほう素/マンガンおよびその化合物・銅・鉛等が報告された。

アンケートを通じて、下水道への移動が新たに確認された化学物質を表-6に示す。ガソリンスタンド・洗濯業は、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸・エチレングリコール等が報告された。また、定量下限値未満のデータの取り扱いが重要であることが明らかとなった。

4. 下水道における内分泌攪乱化学物質に関する調査

4.1 調査目的

内分泌攪乱化学物質(以下、環境ホルモンと称す)

に関しては、大都市において、下水道における実態調査が平成10～12年度に実施され、下水道として優先して検討すべき物質が掲げられたところである。

本調査は、下水処理場における実態をさらに把握し、汚泥系を含めた濃度・負荷量の挙動の検討を行うこと、また、ステロイドホルモンについてはELISA法（①従来法と②改善法）と機器分析法の分析比較を行いデータを蓄積し、今後のモニタリングの方法について検討すること、環境ホルモンに対する国外での動向、ならびに国内の各省庁・自治体および関係研究機関の調査・研究動向とその成果を把握するとともに、下水道の放流先に生息している生物に与える影響に関する知見を集積することを目的とし、平成13、14年度の2 ヶ年において実態調査および文献調査を実施する。

4.2 平成13年度実態調査結果

4.2.1 調査対象処理場

実態調査は、藤沢市の辻堂浄化センターと北九州市の日明浄化センターにおいて実施した。

4.2.2 調査日時

調査は、平成13年11月8日（木）および平成14年1月23日（水）に通日で行った。

4.2.3 調査対象物質

下水道として今後優先して検討すべき物質として

掲げているノニルフェノールおよびその関連物質、ビスフェノールA、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、ベンゾフェノン、ステロイドホルモン類を調査対象物質とした。

ノニルフェノールの原因物質であるノニルフェノールトリエトキシ酢酸は、平成13年度に標準物質が入手できたことから新たに検討対象物質として追加した。

なお、17β-エストラジオールに関しては、比較的簡易な分析手法であるELISA法の前処理による影響や機器分析法であるLC/MS/MS法とELISA法との相違を検討するために、3つの分析方法を採用した。

4.2.4 分析方法

分析方法は、「下水道における内分泌攪乱化学物質調査マニュアル（案）-2001-」（以下、「調査マニュアル（案）」という）に準じて行うこととした。

4.2.5 調査結果

本実態調査で得られた知見の概要は、以下のとおりである。

- ・辻堂、日明両浄化センターの流入下水および処理水の濃度実態は、既往調査結果と比較した結果、おおむね最小値～中央値の濃度レベル範囲に位置付けられた（表-7～8参照）。
- ・ノニルフェノール原因物質をノニルフェノールに

表-7 流入下水中の環境ホルモン濃度レベル比較表

物質名	流入下水濃度 (g/l)							
	本調査		既往調査 (平成10～12年度)					
	最小値	最大値	最小値	中央値	75%値	90%値	最大値	
① ビスフェノールA	0.06	0.12	tr (0.04)	0.53	0.95	1.5	9.6	
② フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	1.3	6.7	1.4	12	19	29	68	
③ ベンゾフェノン	tr (0.01)	0.12	0.03	0.17	0.30	0.68	2.60	
④ ノニルフェノール	0.5	2.6	0.7	4.4	7.5	12	75	
⑤ ノニルフェノールエトキシレート (n=1~4)	24	35	6.1	28	43	62	270	
(n≥5)	25	88	tr (0.2)	81	150	250	810	
⑥ ノニルフェノキシ酢酸類	ノニルフェノキシ酢酸		n.d.	1.9	n.d.	0.8	1.5	3.0
	ノニルフェノールモノエトキシ酢酸		4.9	10	2.5	44	92	140
	ノニルフェノールジエトキシ酢酸		7.1	12	5.9	16	20	29
	ノニルフェノールトリエトキシ酢酸		4.2	12				
⑦ 17β-エストラジオール	(ELISA法①：従来法)		0.024	0.042	0.0091	0.042	0.052	0.064
	(ELISA法②：土研改善法)		0.014	0.019				
	(LC/MS/MS法)		0.006	0.011	0.0036	0.0081	0.011	0.013
⑧ エストロン (LC/MS/MS)			0.015	0.020	0.015	0.043	0.056	0.060
⑨ エチニルエストラジオール (LC/MS/MS)			n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

※網掛けは該当濃度レベルが位置付けられた範囲

表-8 処理水中の環境ホルモン濃度レベル比較表

物質名	処理水濃度 (g/l)						
	本調査		既往調査 (平成10～12年度)				
	最小値	最大値	最小値	中央値	75%値	90%値	最大値
① ビスフェノールA	n.d.	0.06	n.d.	tr (0.02)	0.06	0.20	0.52
② フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	n.d.	n.d.	n.d.	tr (0.4)	0.8	1.7	6.2
③ ベンゾフェノン	n.d.	n.d.	n.d.	0.05	0.08	0.19	1.0
④ ノニルフェノール	n.d.	n.d.	n.d.	tr (0.2)	0.4	0.5	1.0
⑤ ノニルフェノールエトキシレート (n=1~4)	tr (0.5)	0.8	n.d.	0.7	2.1	4.2	23
(n≥5)	n.d.	1.7	n.d.	tr (0.4)	1.2	4.8	24
⑥ ノニルフェノキシ酢酸類	ノニルフェノキシ酢酸		n.d.	tr (1.5)	n.d.	tr (3.1)	2.9
	ノニルフェノールモノエトキシ酢酸		1.9	3.2	n.d.	3.1	9.7
	ノニルフェノールジエトキシ酢酸		5.2	14	n.d.	3.1	9.8
	ノニルフェノールトリエトキシ酢酸		tr (1.1)	1.4			15
⑦ 17β-エストラジオール	(ELISA法①：従来法)		0.0070	0.017	n.d.	0.010	0.021
	(ELISA法②：土研改善法)		0.0038	0.0110			0.028
	(LC/MS/MS法)		n.d.	0.0012	n.d.	n.d.	tr (0.0008)
⑧ エストロン (LC/MS/MS)			0.0038	0.030	n.d.	0.0044	0.011
⑨ エチニルエストラジオール (LC/MS/MS)			n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.027

※網掛けは該当濃度レベルが位置付けられた範囲

表-9 ノニフェノール換算濃度の一例 (日明浄化センター冬期調査)

物質名	流入下水		初沈流入水		初沈流出水		終沈流出水	
	濃度 μg/l	構成比 %	濃度 μg/l	構成比 %	濃度 μg/l	構成比 %	濃度 μg/l	構成比 %
ノニフェノール	0.5	0.7	0.3	0.5	0.3	0.7	0.1	1.6
ノニフェノールエトキシレート (n=1~4)	25.0	36.8	23.6	38.4	7.1	16.0	0.4	6.3
ノニフェノールエトキシレート (n≥5)	29.3	43.1	22.6	36.9	22.0	49.6	0.1	1.6
ノニフェノキシ酢酸	0.5	0.7	0.6	1.0	0.4	0.9	0.4	6.3
ノニフェノールモノエトキシ酢酸	6.1	9.0	5.8	9.5	3.8	8.6	1.6	25.4
ノニフェノールジエトキシ酢酸	4.3	6.3	6.0	9.8	8.4	19.0	3.1	49.3
ノニフェノールトリエトキシ酢酸	2.3	3.4	2.4	3.9	2.3	5.2	0.6	9.5
計	68.0	100.0	61.3	100.0	44.3	100.0	6.3	100.0

換算した結果、流入下水から終沈流出水までの各水処理工程におけるノニフェノールトリエトキシ酢酸が占める割合は3~15%であった (表-9 参照)。

・ELISA法の測定値をLC/MS/MS法での17β-エストラジオール理論換算値と比較した結果、ELISA法①はLC/MS/MS法のおおむね1.5~2.8倍程度、ELISA法②はLC/MS/MS法のおおむね0.8~1.5倍程度であり、ELISA法②の測定値とLC/MS/MS法での17β-エストラジオール理論換算値はほぼ同程度のレベルを示した (図-6 参照)。

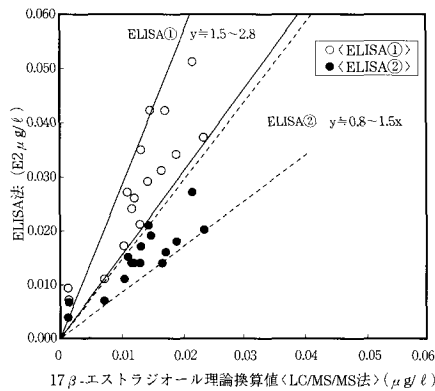


図-6 17β-エストラジオール理論換算値の比較

4.3 平成13年度生物影響に関する情報収集結果

本文献調査で得られた知見の概要は、以下のとおりである。

・OECDは、生態系影響を調査する試験法として、魚類・ミジンコ・藻類の短期毒性試験 (ベースセット試験) をスクリーニング試験として行うことを推奨しており、この試験法は欧米諸国で広く用いられ

ている。我が国においても化学物質の生態影響試験法は、このOECDの試験ガイドラインに準拠している。

・環境省では、平成13年度に新たにリスク評価に取り組み物質として8物質をリスク評価している。なお、環境省はリスク評価としてノニフェノールに関して予測無影響濃度 (PNEC) 0.608 μg/l を公表した。

・日本下水道事業団 (JS) では、JSが施工した関東および長野県内の中小規模の10下水処理場 (OD法8, 回分式活性汚泥法1, 標準法1) について、実態調査を実施し、OD法では環境ホルモン等を含む総合的なエストロゲン様活性についても、より安定した処理を行っていることがわかった。

・水生生物への影響として、ノニフェノール、ビスフェノールA、そして17β-エストラジオールの3物質について文献調査を行った結果、研究対象としている濃度レベルは、本実態調査結果ならびに既往実態調査結果での処理水中の濃度レベルに比べて高いものであった。

5. おわりに

本調査研究では、PRTR等の化学物質管理促進法への対応を行っていくために、PRTR事例的検討調査を行い、PRTR制度を運用する上での留意点・課題等を整理し、21人未満の事業所に関するデータが得られ、特にPRTR届出対象事業者とのリスクコミュニケーションの必要性が明らかとなった。また、下水道における内分泌攪乱化学物質に関して実態調査および文献調査の結果、排出実態・分析法・生物影響に関する知見が得られた。

●この研究を行ったのは

研究第一部長	宮原 茂
研究第一部総括主任研究員	栗林 栄
研究第一部主任研究員	二階堂悦生
研究第一部主任研究員	津倉 洋
研究第一部研究員	杉本 東
研究第一部研究員	野尻 希守

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長	田中 修司
研究第一部総括主任研究員	武 亨
研究第一部主任研究員	白崎 亮
研究第一部主任研究員	二階堂悦生
研究第一部主任研究員	津倉 洋
研究第一部研究員	杉本 東
研究第一部研究員	一松 雄太