

# 下水道施設における 微量化学物質に関する現況と対策 についての調査研究

## 1. 調査目的

近年、産業の発展や科学的知見の集積等に伴い、多岐にわたる化学物質の水環境における存在が確認され、環境行政において微量化学物質の対策は大きな課題となっている。下水道分野においても、下水道終末処理施設及び終末処理場につながる下水道システム全体は特定施設の一つとして水質汚濁防止法に規定されており、下水道管理者自らが水質の管理を行うことが環境に対する下水道の責務であるとも考えられる。

また、工場や家庭で使用される多くの化学物質は、その後低濃度レベルであっても下水道に混入する恐れもあり、下水道の維持管理上からも有害物質などの下水道への流入状況や下水道施設への影響を調査する必要もある。

本調査は、以上の背景を受けて、下水道施設における微量化学物質の実態調査を行い、下水道分野の微量化学物質への対応、対策(案)を検討する目的で実施した。

## 2. 調査内容

本調査は、平成9年度～14年度の6年間を予定しており、文献等により絞りこんだ環境に影響の大きいと思われる微量化学物質について、2年毎、3ステップでの実態調査を中心に検討を行う計画である。

平成9～10年度は、表-1に示す内容で、消毒副生

成物の包括的な指標であるTOX（全有機ハロゲン化合物）と水道水源法により規制されているTHMFP（トリハロメタン生成能）の2物質を対象物として選定し、平成9年度は、全国13処理場において秋季調査及び冬季調査の2回の実態調査を実施した。

表-1 平成9～10年度の調査内容

項目	内容
調査期間	秋季（平成9年10～11月）、冬季（平成10年1～2月）、春季（平成10年5月）、夏季（平成10年8月）の4季合計4回
調査処理場	全国13カ所
調査日	原則的に対象処理場での通日調査日と一致させる
調査箇所	流入水、最初沈殿池流入水、最初沈殿池流出水、二次処理水、放流水の5カ所を1調査につき1回採取
調査時刻	流入水質の平均的な水質濃度を示す時刻より平均滞留時間を鑑みて処理場毎に決定する。
調査項目 (対象項目)	TOX、THMFP
調査項目 (一般項目)	pH、水温（現地調査） SS、COD <sub>Cr</sub> 、D-COD <sub>Cr</sub> 、 NH <sub>4</sub> -N、UV <sub>260</sub>

表-2に、調査対象処理場の概要を示した。

同時に、TOX及びTHMFPの既往の調査事例及び下水中に多い（検出頻度が高い、濃度が高い）物質について、文献を収集整理した。

表-2 調査対象処理場の概要

調査目的	対象処理場													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
処理方法	標準活性汚泥法	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	嫌気好気活性汚泥法							●	●	●	●	●	●	
	酸素活性汚泥法					●							●	
汚泥処理施設併設	嫌気好気法	●	●	●				●	●	●	●	●	●	
	急速砂ろ過							●					●	
	凝集沈殿							●						
	活性炭吸着							●						
消毒施設	塩素消毒	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	オゾン消毒													
工場排水の流入	5%未満				●	●	●			●				
	5~10%	●	●						●			●	●	
	10%以上			●				●	●			●	●	
河川に放流	AA、A類型										●			
	B類型	●							●		●			
	C、D、E類型				●	●	●	●	●	●	●	●	●	
海域への放流		●	●									●	●	
処理規模(晴天時)	~100,000m <sup>3</sup> /日			●				●	●	●	●	●	●	
	~200,000m <sup>3</sup> /日					●	●	●		●				
均下水量	200,000m <sup>3</sup> /日以上	●		●									●	
調査実施日	秋季調査	11/5	11/11	10/15	10/1	10/2	10/1	10/8	10/14	10/15	10/21	11/12	10/28	10/29
	冬季調査	1/8	1/20	1/13	1/22	1/8	1/28	1/20	1/21	1/21	1/20	2/25	1/28	1/27

### 3. 調査結果

#### 3.1 微量化学物質の既往調査の整理

微量化学物質についての下水道分野における調査事例について、JICSTより過去10年間の文献を収集

した。

本年度は、TOX及びTHMFPの調査事例として、建設省土木研究所3件、環境庁1件、大阪府立公衛研1件、日本下水道事業団3件の合計8文献について事例を整理した。

また、下水道施設から検出される微量化学物質の実態調査事例として、建設省土木研究所2件、福岡市1件、日本下水道事業団1件の合計4文献について事例を整理した。

#### 3.2 実態調査の結果

##### (1) 処理工程と季節変化の比較

図-1及び図-2に秋季調査及び冬季調査の13処理場の分析結果を比較した。

TOXは、地域的な相違(濃度差)が大きく、H処理場及びI処理場の流入濃度が秋季・冬季調査とも高かった。これは、工場排水の有無等流入下水の水質特性の地域差によるものと考えられる。H処理場は工場排水の混入率(主に染色工場排水)が10%以上であり、その影響とも考えられる。

TOXは流入下水の濃度が0.05mg/l以下の処理場は処理による除去率は低く、処理工程での濃度の低下が少なかった。また、流入濃度が高い(0.1mg/l以上)処理場では二次処理前後で濃度が減少し、生物処理槽で処理される量が多いと考えられた。

K処理場の冬季調査では、TOX濃度が処理過程で

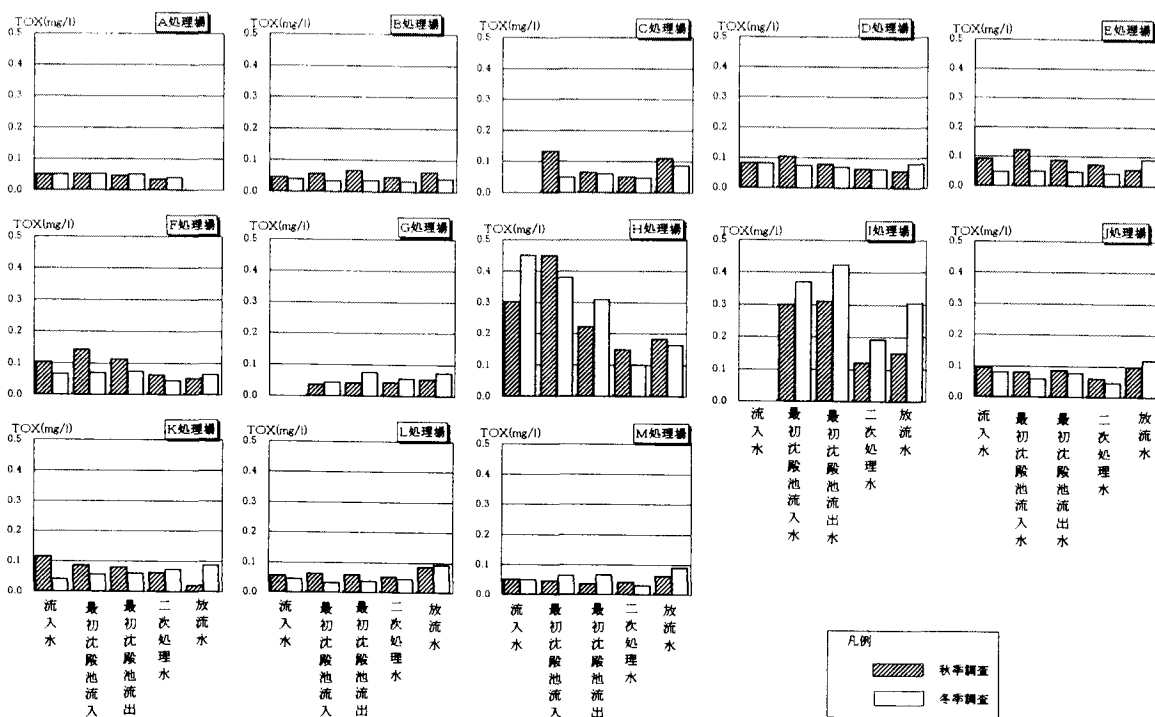


図-1 TOXの処理場毎の分析結果の比較(秋季・冬季調査)

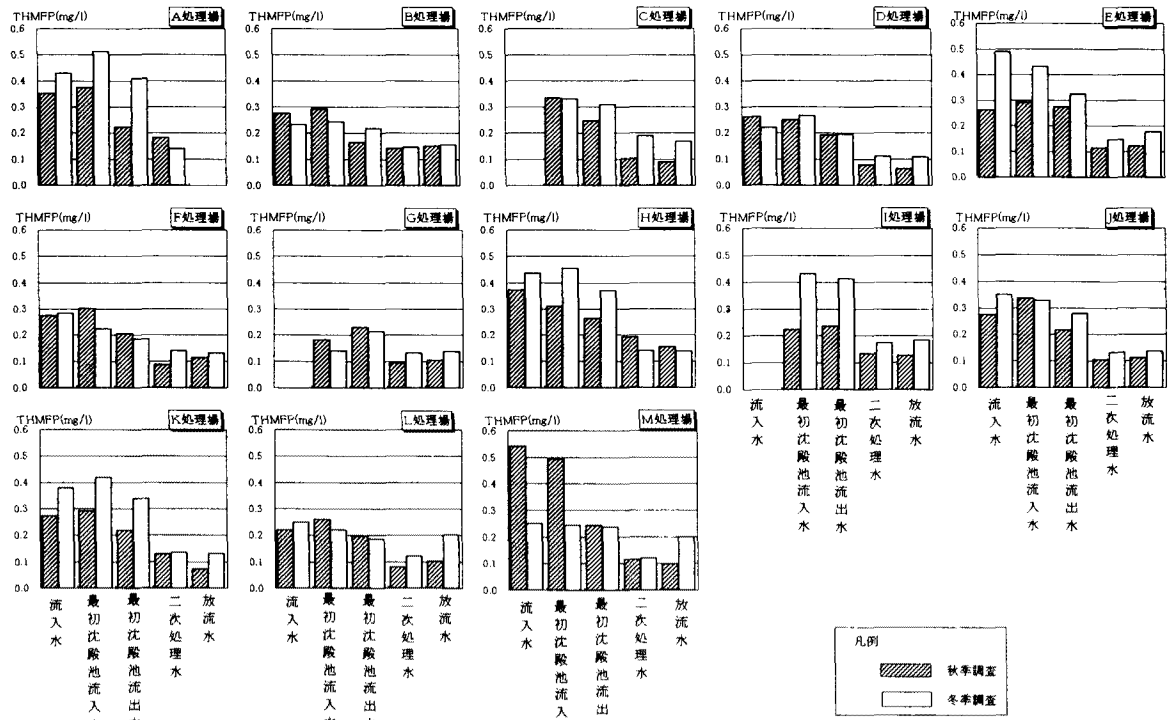


図-2 THMFPの処理場毎の分析結果の比較 (秋季・冬季調査)

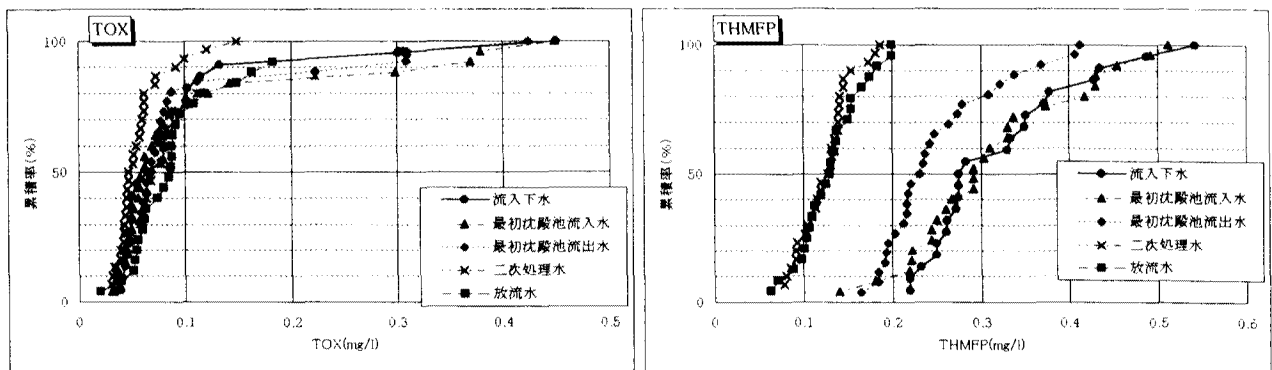


図-3 TOX, THMFPの累積分布

上昇し、秋季調査と挙動が異なったが、生物処理棟内で有機溶剤を用いた工事が行われていた。

THMFPは、I 処理場、E 処理場、K 処理場、M 処理場を除いて季節の違いによる濃度の変動は少なく、いずれの処理場でも処理工程に従って濃度は低下した。E 処理場、L 処理場、M 処理場では二次処理水より放流水の方が濃度が高い現象が見られるが、L 処理場及びM 処理場は、海域へ放流される処理場であり、海水の影響とも考えられる。

図-3 に調査地点毎のTOX及びTHMFPの累積分布図（濃度の低いものから順に並べて累積処理場数の全体における比率を計算したもの）を示した。

TOXは、THMFPに比較して流入下水から処理水に至る各試料とも濃度の範囲が広く、処理過程における平均的な濃度の低下は少なかった。また、一部濃度の高い処理場も存在したが、流入下水においても大半の処理場は0.1mg/l以下の低濃度であった。放流水は処理水よりデータのばらつきも、濃度範囲も大きく、塩素処理による影響（塩素との反応によるTOXの生成）を受けていると考えられる。

THMFPは、処理工程が進むと処理場間の濃度差が少なくなり、二次処理水、放流水では全ての処理場で0.2mg/l以下であった。これは、生物処理槽で処理されることを示している。

(2) 塩素処理工程におけるTOXの生成

各処理場の塩素添加前後のTOX濃度とTOX生成反応に関連があると考えられる二次処理水のアンモニウム態窒素濃度、塩素添加量、塩素の接触時間を整理し、検討したが、現段階では、塩素添加量、接触時間も明確な関係は見られなかった。これは、処理場毎の有機物の種類（TOX前駆物質）の濃度が異なるためと考えられる。

図-4 にアンモニウム濃度とTOX増加量の関係

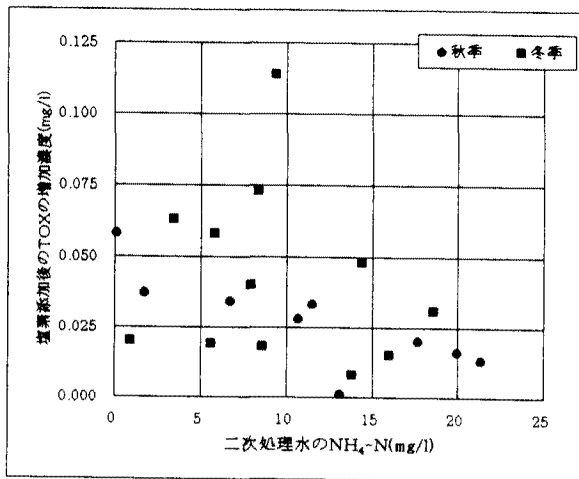


図-4 NH<sub>4</sub>-NのTOX生成量への影響

を示した。アンモニウム態窒素が多いとTOX生成量が少ない傾向は見られるものの、顕著な関係は見られなかった。

(3) 各種分析項目とTOX, THMFPの相関関係

TOXは、有機物濃度（COD<sub>Cr</sub>, D-COD<sub>Cr</sub>, UV<sub>250</sub>）、pH, SS, アンモニウム態窒素のいずれについてもあまり相関関係は見られなかった。

THMFPは有機物濃度との正の相関が見られた。これは、塩素と反応してトリハロメタンを生成する物質が有機物であるためでもある。同様にSS, アンモニウム態窒素とも相関が見られたが、これはSSやアンモニウム態窒素とも有機物濃度と相関関係にあるためであると考えられる。pHとは相関関係は見られなかった。

図-5 にCOD<sub>Cr</sub>とTHMFPの相関関係を示した。この相関関係の結果は、下水道事業団の実態調査の結果とほぼ一致している。

3.3 水処理方式・各種影響項目の検討

(1) 最初沈殿池での汚泥処理液の混入の影響

汚泥処理液（汚泥処理返流水や濃縮分離液）は最初沈殿池に返流され、最初沈殿池流入負荷が上昇する為、汚泥処理液の混入のある処理場では、最初沈殿池流入水で流入水よりもSSや有機物濃度が高くなる処理場が多く、THMFPは同様の傾向を示したが、TOXは、処理場毎の濃度の変動が大きく、汚泥の混入による影響は明確には見られなかった。

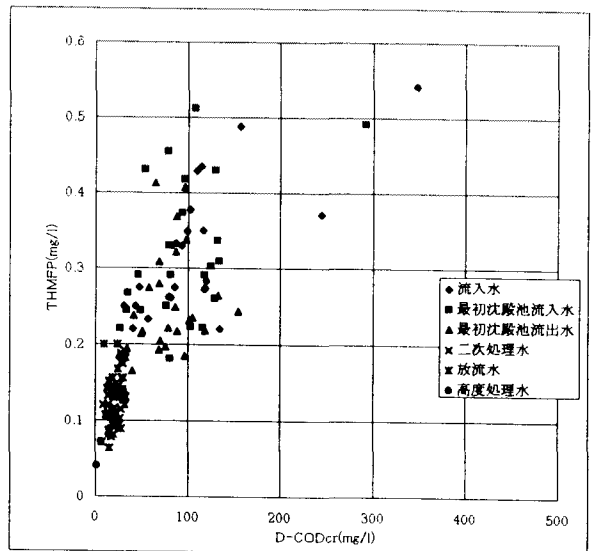
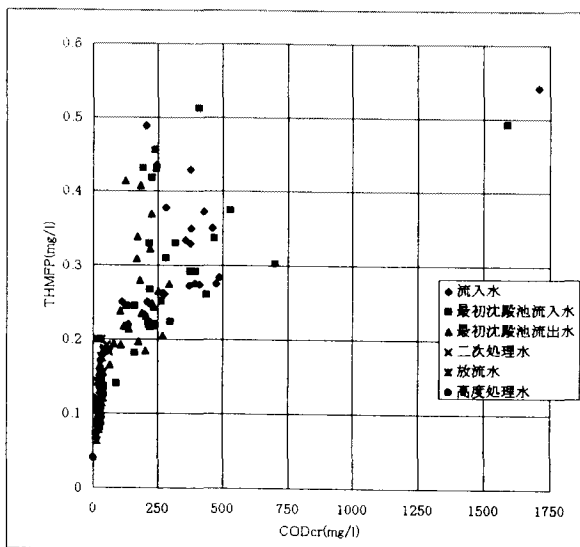


図-5 COD<sub>Cr</sub>とTHMFPの相関関係

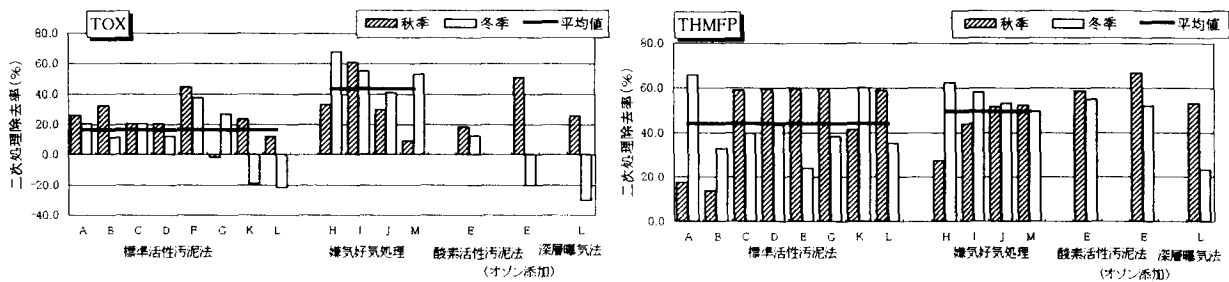


図-6 二次処理方式と生物処理槽での除去率の比較

(2) 二次処理の処理方式と除去率

TOX, THMFPとも水処理方式による除去率への影響は顕著ではなかった。

嫌気好気処理を行っている処理場には, TOX の流入濃度の高いH及びIの2処理場があり, 除去率は33~68%と標準活性汚泥法より高い結果となったが, 除去率は流入濃度が高いほど高くなる傾向があるため, 処理方式の違いとは考えにくい。

THMFPの生物処理における除去率は全般的に最初沈殿池流出水に対して40~60%で, 最初沈殿池での除去率より高かった。

(3) 高度処理の除去率

G処理場の凝集+砂ろ過+活性炭処理及びJ処理場の砂ろ過の高度処理水の調査を実施した。

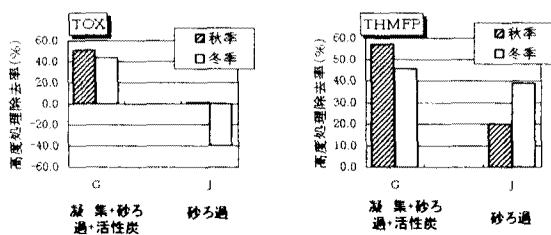


図-7 高度処理の除去率

TOXは, 凝集+砂ろ過+活性炭処理による高度処理では二次処理後さらに二次処理水に対して40~50%の除去率が得られ, 処理効果が見られたが, 砂ろ過は二次処理後の前段で塩素が添加されているため, 処理後の濃度が二次処理水より高くなり, 効果は不明であった。

THMFPの二次処理後の除去率は, 凝集+砂ろ過+活性炭処理では二次処理水に対して約40~60%, 砂

ろ過では約20~40%で高度処理の処理効果が見られた。

(4) 工場排水の混入の影響

TOXの除去率は, 流入濃度が0.1mg/lを超える処理場で除去率が高い傾向にあったが, H処理場を除いて, 工場排水の混入率の高い処理場で特に流入水の濃度が高いとはいえなかった。

THMFP除去率は, 平均的には工場排水の混入の少ない処理場ほど除去率が高くなったが, 処理場間での除去率の差が大きく, 工場排水の混入の影響は明確ではなかった。

(5) 放流先の水域と放流水濃度の検討

放流水のTOX濃度が, 0.1mg/lを超える処理場は少なかったが, 流入濃度の高い処理場は放流水質も高かった。また, 河川A及びB類型へ放流する処理場では放流水の濃度は低かった。

放流水のTHMFP濃度は, 0.1mg/lを超える処理場が多く, 特に冬季調査で多かった。海域に放流する処理場では他の処理場より放流水のTHMFP濃度が高い傾向も見られた。

(6) 処理規模と除去率の関係

TOX, THMFPとの処理規模と除去率の関係に明確な傾向は見られなかった。

3.4 処理過程における収支の検討

各処理場の処理日報による各処理工程での水量と実態調査の水質濃度より負荷量を計算し, 最初沈殿池流入水負荷量を100%として処理工程での残存負荷量比率を比較した。

TOXは, 殆どの処理場で処理工程が進むに連れて除去(残存率が低下)されていたが, 塩素処理により放流水で負荷が上昇している処理場も多かった。

THMFPは, 処理工程が進むに連れて除去(残存率が低下)されており, 除去率の高い処理場では残存率が20%程度であった。

## 4. 調査のまとめと今後の課題

### 4.1 平成9年度調査のまとめ

下水道施設における微量化学物質に関する現況と対策についての調査研究として、平成9年度に実施したTOX及びTHMFPの2回の実態調査の結果、以下が示された。

- ① TOXは、処理場間の濃度の差が大きく、季節変動は少なかった。また、処理工程での変動は、流入濃度の高い処理場では処理工程での濃度の減少が見られたが、流入濃度の低い処理場では明確な濃度の減少は見られなかった。
- ② THMFPは、処理工程で除去されるが、放流水の水質濃度は0.1mg/lを上回る処理場が多く、特に冬季調査では多かった。
- ③ TOXは、塩素処理工程の後に濃度が上昇する処理場が多かったが、二次処理水のアンモニウム態窒素の濃度の他（塩素添加量、塩素処理での接触時間）は明確な関係は見られなかった。
- ④ 各種分析項目との相関関係では、TOXは殆ど相関関係は見られず、THMFPは、有機物濃度（COD<sub>Cr</sub>、D-COD<sub>Cr</sub>、UV<sub>260</sub>）と正の相関関係が見られた。この相関関係は、文献調査の結果と一致していた。
- ⑤ 処理方式と除去率について、汚泥処理液の混入、二次処理方式、工場排水の混入率、処理場の規模の比較を行ったが、TOX、THMFPとも明確な差異は見られなかった。

- ⑥ 高度処理による除去率の比較について、凝集沈殿+砂ろ過+活性炭吸着処理では、TOXで40～50%、THMFPで40～60%の除去効果が見られた。

砂ろ過処理ではTHMFPは20～40%の除去効果が見られたが、TOXの除去効果は不明であった。

- ⑦ 処理過程における水質負荷量収支を計算した結果、TOX、THMFPとも処理過程が進むに連れて負荷が減少している処理場が多かった。

### 4.2 今後の課題

次年度（平成10年度）には、引続きTOX及びTHMFPの春季（5月）、夏季（8月）の調査を行う予定であり、今後の課題としては、以下がある。

- ① 四季を通じての調査結果を得ることにより、季節変動をさらに把握する。
- ② 実態調査の検体数が増えることにより、下水処理場でのTOX及びTHMFPの挙動をさらに検討する。
- ③ 処理場の濃度特性（他と比較してTOXの高い処理場やTHMFPの高い処理場等）を把握し、流域の特性などその影響を検討する。
- ④ TOX及びTHMFPの実態調査で得られた結果について問題点を整理し、文献を参考に、その対策（案）を検討する。
- ⑤ 平成11～12年度に実施する微量化学物質の項目を文献等により選定する。

---

●この調査研究に関する問い合わせは

研究第一部長	山根 昭
研究第一部主任研究員	横川 佳重
研究第一部研究員	木町 元康
研究第一部研究員	平野 裕司