

多摩川における有機汚濁物質の起源と削減に関する研究 (その4)

—下水処理場におけるトリハロメタン、TOX前駆物質の排出実態
および処理条件との関係 (第2報) —

嶋津 暉之 松井 彰良*
(* 埼玉工業大学)

要 旨

多摩川流域の下水処理場を対象として、処理水中のトリハロメタンおよびTOX前駆物質の排出実態を調査し、その変動要因の解析を行った。その結果、主に次のことが明らかになった。

- ① 処理水のTHMFPとTOXFPの主な変動範囲はそれぞれ40~100 $\mu\text{g}/\ell$ と 300~1200 $\mu\text{g}/\ell$ であり、夏期には低い値、冬期には高い値を示す。
- ② 処理水のTHMFP、TOXFPの変動に最も影響するのは、流入下水の性状であって、とりわけ、雨水や地下水の混入による流入下水の希釈度の影響が大きい。
- ③ 前駆物質の大半は流入下水にもともと含まれていたものであって、ばっ気槽に流入した下水中の前駆物質は、生物分解を受けて減少し、THMFPは初期値の1/2~2/3 まで、TOXFPは1/3程度まで低下する。
- ④ 活性汚泥微生物の代謝産物として排出される前駆物質は少なく、処理時間を長くすることによるTHMFPやTOXFPの増加はわずかである。
- ⑤ 処理水のTHMFPやTOXFPをより小さくするためには、流入下水中の前駆物質を十分に分解できるように、処理時間を長くしたり、活性汚泥濃度を高めて入念な処理を行うことが必要である。

キーワード: トリハロメタン、生成能、下水処理場、処理水、活性汚泥

Study on Origin and Reduction of Organic Pollution Substances in Tama-gawa (IV) —Actual Situations of Discharge of Trihalomethane and TOX Formation Substances, and Relationship between Them and Treatment Conditions in Sewage Disposal Plants (Second Report) —

Teruyuki Shimazu and Akira Matsui*
*Saitama Institute of Technology

Summary

Investigations were carried out to study the trend of the trihalomethane and TOX formation substances in the treated water of the sewage disposal plants in the basin of Tama-gawa. As a result, the following results were mainly clarified.

- (1) The change of THMFP and TOXFP in the treated water was mainly in the range of 40-100 $\mu\text{g}/\ell$ and 300-1200 $\mu\text{g}/\ell$ respectively. A low value was shown in summer and a high value in winter.
- (2) The change of THMFP and TOXFP of the treated water was influenced mostly by the properties of raw sewage. Especially, the influence of the degree of dilution with rainwater and underground water that

got mixed in raw sewage was considerable.

(3) Majority of the formation substances were included in raw sewage. The formation substances of raw sewage which flowed in aeration tanks were decomposed biologically and decreased gradually. THMFP decreased to 1/2-2/3 of initial values and TOXFP to about 1/3.

(4) The formation substances exhausted as metabolic products of the activated sludge microorganism were few. An increase in THMFP and TOXFP by lengthening the aeration time was insignificant.

(5) In order to reduce THMFP and TOXFP smaller in the treated water of sewage disposal plant, it is necessary to either lengthen the aeration time, or increase the density of activated sludge.

Keywords : trihalomethane, formation potential, sewage disposal plant, treated water, activated sludge

1 はじめに

東京都水辺環境保全計画では、多摩川の田園調布堰（以下、調布堰という）で環境基準を早期に達成し、より上位のB類型の環境基準（水道3級、BOD 3 mg/ℓ以下）をめざして施策を展開することになっている。水道原水としての利用を視野に入れると、BODだけではなく、トリハロメタン等の前駆物質、すなわち、浄水場での塩素注入によってトリハロメタン等の有機ハロゲンを生成する有機物質についてもその削減対策を考える必要がある。1993年に制定された二つの水道原水水質保全部法（「特定水道利水障害の防止のための水道水源水域の水質の保全に関する特別措置法」と「水道原水水質保全事業の実施に関する法律」）は、水道原水中のトリハロメタン前駆物質の削減を主目的としたもので、トリハロメタン等の前駆物質の削減が重要な行政課題になっている。

既報¹⁾の研究により、多摩川調布堰河川水のトリハロメタン等の前駆物質の排出源は下水処理場と推測されるので、1995年度は94年度に引き続き、多摩川流域の下水処理場を対象として、トリハロメタン等の前駆物質の排出の実態と処理条件との関係について調査を行った。更に、それを補完するため、実験室内で下水処理の模擬実験を実施した。それらの結果を報告する。

2 方法

(1) 調査対象

95年度は多摩川流域の下水処理場4施設を対象とした。いずれも市の単独処理場である。ただし、調査データの解析は、7施設を対象とした94年度の調査結果²⁾も含めて行った。7施設のうちの3施設は東京都の流域下水処理場である。

(2) 調査と実験の方法

ア 処理場の調査

各処理場の処理水を採取して、トリハロメタン生成能（THMFP）、全有機ハロゲン生成能（TOXFP）の他に、BOD、COD、TOC、E₂₅₄（254nm 紫外外部吸光度）、T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、塩素イオン（Cl）、硫酸イオン（SO₄）等を分析し、THM前駆物質、TOX前駆物質の排出実態を把握するとともに、生成能と各水質項目との関係を解析した。さらに、ばっ気槽の混合液を採取して混合液浮遊物質濃度（MLSS）等を分析するとともに、処理水量や施設容量を調査して、生成能と処理条件との関係を検討した。

イ 下水処理の模擬実験

各処理施設のばっ気槽流入水（第一沈殿池越流水）と返送汚泥を採取し、実験室内で当該施設の返送汚泥率と同じ比率の混合液をつくり、水温20℃の条件でピーカー内で混合液の連続ばっ気を行って、下水処理の模擬実験を実施した。この混合液を時折、採取して、そのろ過水のTHMFPとTOXFPを分析し、これらの生成能の時間変化を調べた。

(3) 分析方法

BOD、COD等の一般的な水質項目はJISに準ずる方法、MLSSは下水試験方法によって分析し、E₂₅₄は1 cmセルで測定した。なお、BODはアリルチオ尿素を添加して硝化を抑制した値を用いた。

THMFPおよびTOXFPの分析方法は前報²⁾と同じである。これらの生成能はろ過水、ろ過水ともほとんど差がないことを前報の予備実験で確認しているため、試料の長期保存を可能にするため、グラスフィルターGFC（孔径 1.2μm）とメンブレンフィルター（孔径0.45μm）でろ過したものを生成能の分析試料とした。また、塩素注入濃度は3段階とし、塩素注入24時間後の残留塩

素濃度をX軸、トリハロメタン測定値をY軸に取り、3データの回帰直線から残留塩素濃度2 mg/ℓのトリハロメタン濃度を求め、その値をTHMFPとした。TOXについても同様に残留塩素濃度2 mg/ℓのTOX濃度をTOXFPとした。

3 結果及び考察

(1) THMFPとTOXFPの傾向

ア 頻度分布

7処理施設全体についての下水処理水のTHMFP、TOXFPの頻度分布を図1、2に示す。THMFPは60~80 $\mu\text{g}/\ell$ のものが多く、8割程度は40~100 $\mu\text{g}/\ell$ に入っており、ばらつきが比較的小さい。多摩川・調布堰河川水のTHMFPは60 $\mu\text{g}/\ell$ 前後であるので、それと比較すると、THMFPに関しては下水処理水の多くは調布堰河川水と同程度である。その中位数は67 $\mu\text{g}/\ell$ で、調布堰河川水の約1.1倍である。なお、94年度の処理水のTHMFP測定値のうち、185~244 $\mu\text{g}/\ell$ を示した4データは今回は異常値として除外した。また、前報²⁾ではCl換算のTHMFPも示したが、今回は普通表示

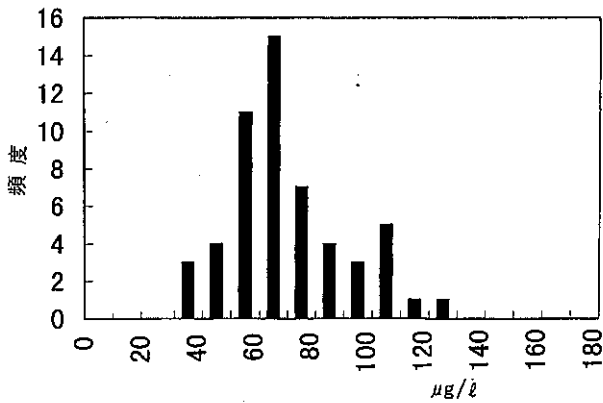


図1 処理水のTHMFPの頻度分布

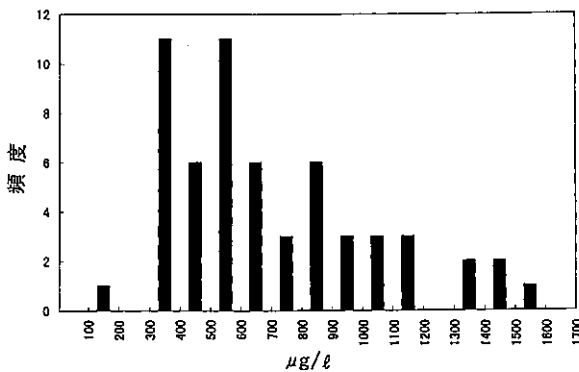


図2 処理水のTOXFPの頻度分布

のTHMFPのみとした。

一方、図2のTOXFPはばらつきがTHMFPより大きく、全体の8割程度が入る範囲をみても、300~1200 $\mu\text{g}/\ell$ に広がっている。その中で最も頻度が高いのは300~600 $\mu\text{g}/\ell$ の群である。調布堰河川水のTOXFPは250 $\mu\text{g}/\ell$ 程度であるから、処理水のTOXFPは調布堰河川水の1~5倍の値を示すものが多い。処理水の中位数は598 $\mu\text{g}/\ell$ で、調布堰河川水の約2.4倍である。

イ 季節変動

A施設処理水のTHMFP、TOXFPの季節変動を図3

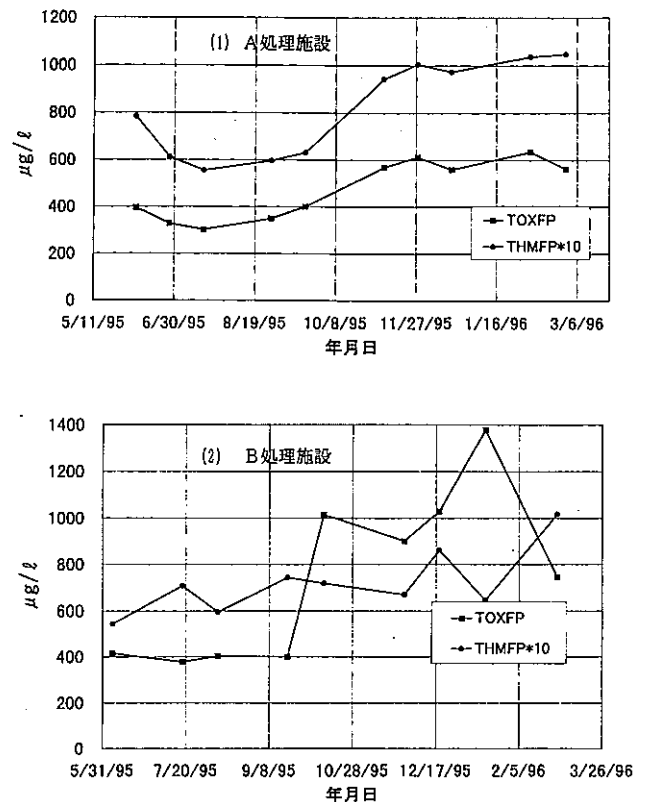
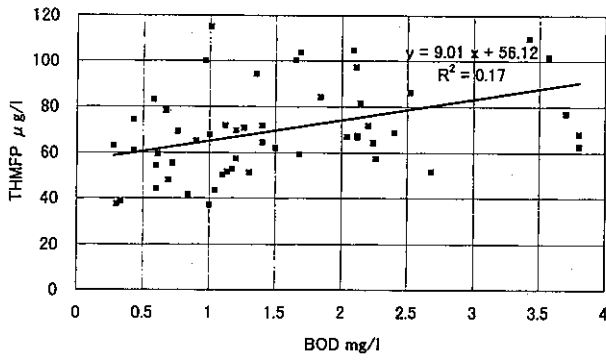


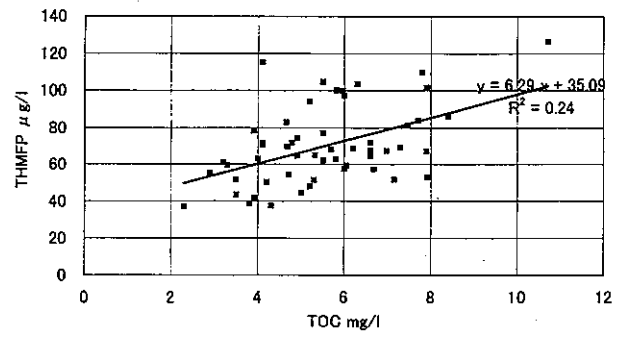
図3 処理水のTHMFP、TOXFPの季節変化

表1 下水処理水のTHMFPとTOXFP

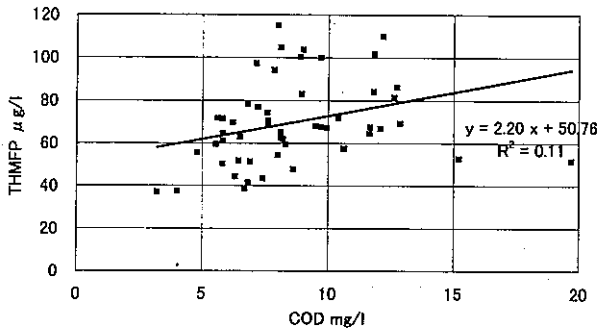
処理施設	調査回数	THMFP ($\mu\text{g}/\ell$)				TOXFP ($\mu\text{g}/\ell$)			
		平均値	中位数	最大値	最小値	平均値	中位数	最大値	最小値
A	16	74	69	105	37	480	470	930	190
B	11	60	50	128	38	580	540	850	320
C	10	69	69	102	44	720	650	1380	380
D	10	75	72	110	52	1210	1170	1510	870



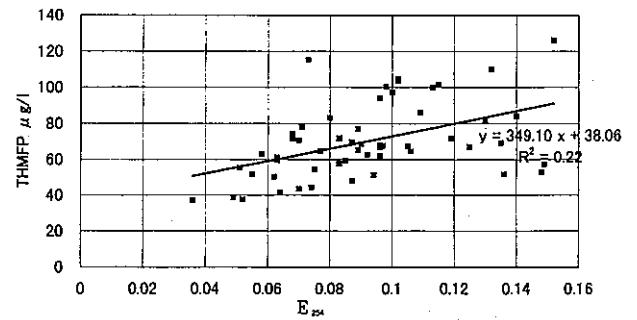
(1) BODとTHMFP



(3) TOCとTHMFP

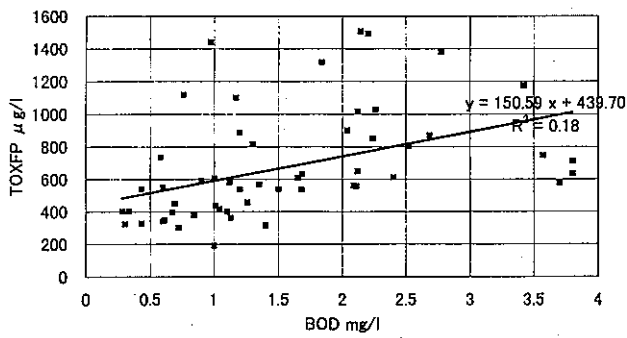


(2) CODとTHMFP

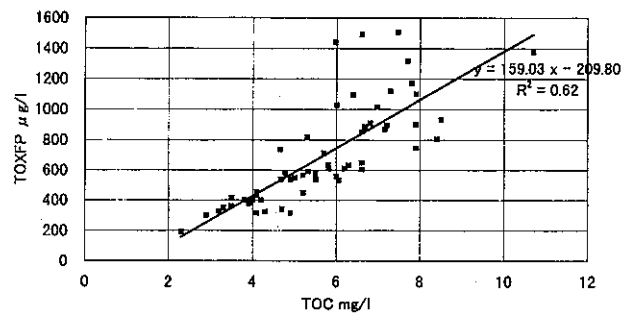


(4) E₂₅₄とTHMFP

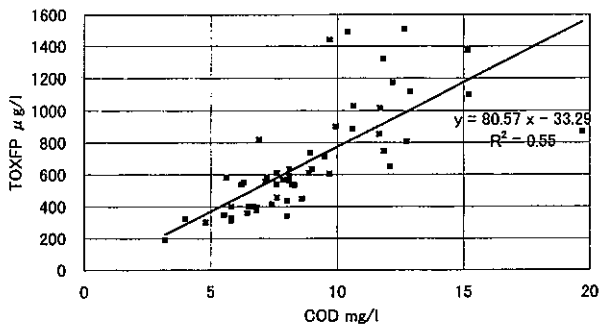
図4 処理水の各水質項目とTHMFPとの関係



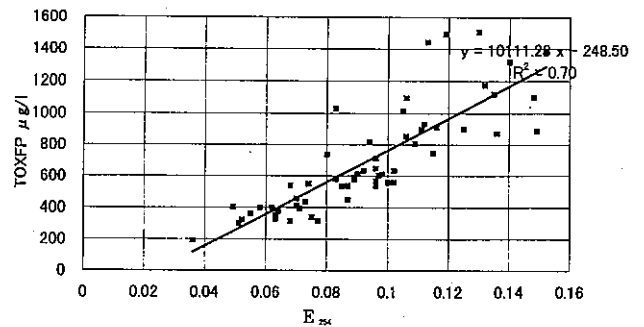
(1) BODとTOXFP



(3) TOCとTOXFP



(2) CODとTOXFP



(4) E₂₅₄とTOXFP

図5 処理水の各水質項目とTOXFPとの関係

(1)に示す。THMFP、TOXFPとも、春から夏にかけて低下し、夏から秋、冬にかけて次第に上昇する傾向がある。最大値は最小値の約2倍である。B施設処理水の生成能の季節変動は図3(2)のとおりで、A施設のように山と谷が明瞭な動きは示していないが、冬期が高い傾向はA施設と共通している。

ウ 処理場による差

A~D施設のTHMFP、TOXFPの平均値、中位数、最大値、最小値を表1に示す。THMFPの平均値が最小の施設はBで60 $\mu\text{g}/\ell$ 、最大の施設はDで75 $\mu\text{g}/\ell$ であり、各施設とも同程度の値を示している。中位数、最大値、最小値とも同様で、処理施設による差が小さい。一方、TOXFPの平均値が最小の施設はAで、480 $\mu\text{g}/\ell$ 、最大の施設はDで、1210 $\mu\text{g}/\ell$ であり、D施設はA施設の2.5倍の値である。B、C施設はAに近い値を示している。このように、THMFPは施設による差がわずかで、TOXFPはその差が比較的大きい。

(2) 有機物質の各水質項目と生成能との関係

ア ろ過水の各水質項目との関係

下水処理水におけるTHMFPとBODとの関係を図4(1)、CODとの関係を図4(2)、TOCとの関係を図4(3)、E₂₅₄との関係を図4(4)に示す。ただし、生成能はろ過水の値であるので、それに合わせてBOD、COD、TOC、E₂₅₄ともろ過水の値を示した。なお、E₂₅₄は不飽和結合を有する有機物の指標である。同様にTOXFPと各水質項目との関係を図5(1)~(4)に示す。それぞれの相関係数を表2に示す。

表2 THMFP、TOXFPと水質項目との相関係数

	BOD		COD		TOC	E ₂₅₄
	ろ過水	非ろ過水	ろ過水	非ろ過水	ろ過水	ろ過水
THMFP	0.41	0.21	0.32	0.34	0.40	0.47
TOXFP	0.43	0.53	0.74	0.82	0.79	0.84

THMFPはいずれの有機物質の水質項目とも右上がりの関係はみられるが、バラツキが大きく、相関係数はあまり高くない。

一方、TOXFPはBOD以外の水質項目とは相関が比較的高い。COD、TOC、E₂₅₄との相関係数はそれぞれ0.

74、0.79、0.84であり、BODとの相関係数は0.43である。BODは微生物によって分解されやすい生物易分解性有機物質を表す指標であるから、BODとの相関が低いということは、下水処理水においては主に難分解性有機物質がTOXFPを生成することを示している。そのことは、難分解性有機物質の指標とされるE₂₅₄とTOXFPの相関係数が最も高いことから裏付けられる。下水処理場での処理が順調に行われていれば、CODもTOCもその大半は難分解性有機物質で構成されているから、その結果として、CODやTOCとTOXFPとの相関も高くなっている。

イ 非ろ過水の水質項目との関係

排水規制はろ過水でなく、非ろ過水のBODやCODについて行われるので、水質規制項目としての非ろ過水のBODやCODと生成能との関係をみたのが図6、7である。THMFPはろ過水と同様、BOD、CODとの相関が非常に低く、従来の水質規制項目BODやCODの規制ではTHMFPを示す有機物質の排出抑制につながらないことを示している。一方、TOXFPはBODとの相関は低いが、CODとは多少高い相関関係がみられる。したがって、河川放流の場合もCOD規制を加えれば、TOXFPを示す有機物質の排出を一定程度抑制することができる。

(3) 生成能の変動要因の検討

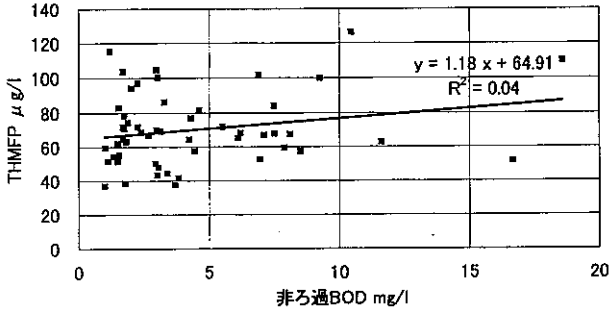
ア 雨水や地下水の混入率の影響

前述のように、下水処理水のTHMFPは2倍以上、TOXFPは4倍以上の数値の変動があった。次に、このような変動が生じる原因を検討してみる。

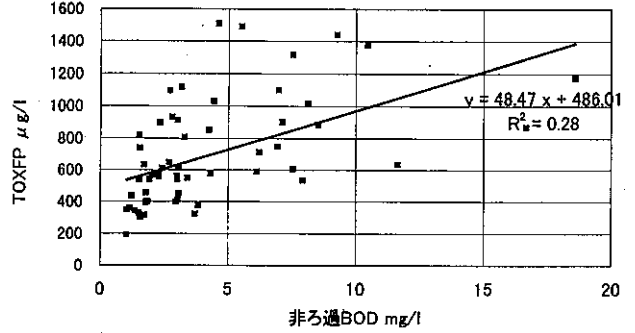
下水処理水においてTHMFPやTOXFPの前駆物質の起源は次の三通りが考えられる。

- ① 流入下水にもともと含まれているもの
- ② 流入下水中の有機物質が下水処理場での生物分解でTHMFP等の前駆物質に変質したもの
- ③ 活性汚泥微生物の内生呼吸による代謝で排出されるもの

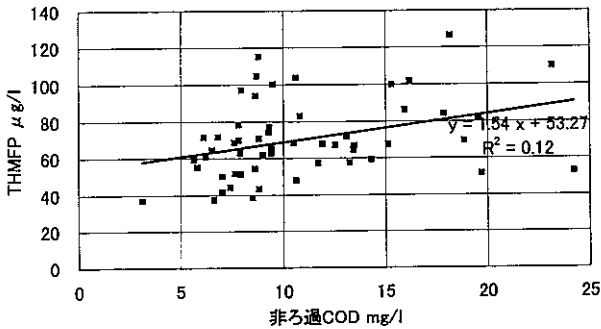
このうち、①と②は各下水処理場の流入条件によって左右される。家庭排水以外の事業場排水の種類と流入量によっても変わってくるし、また、下水管への地下水の浸入度や雨天時における雨水排水の混入率によっても変わる。地下水や雨水排水の混入率が高まると、処理の状況とは関係なく、処理水の生成能の濃度が低下する。



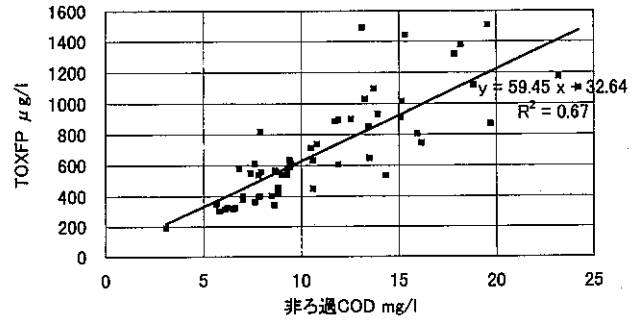
(1) 非ろ過BODとTHMFP



(1) 非ろ過BODとTOXFP



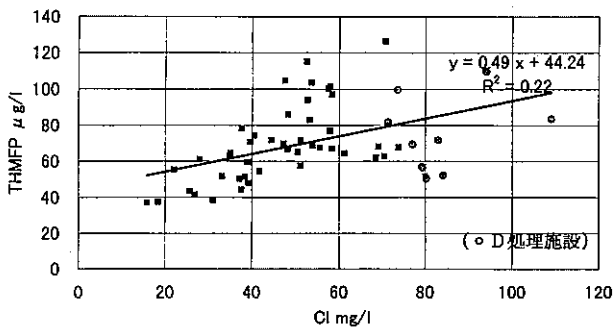
(2) 非ろ過CODとTHMFP



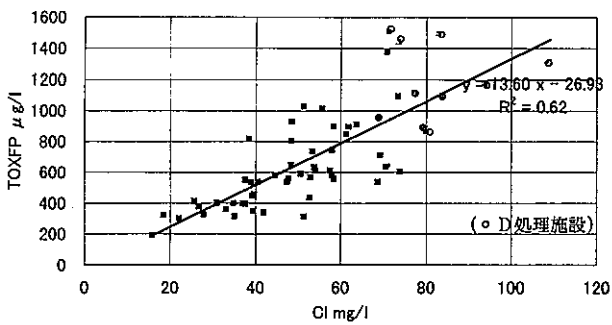
(2) 非ろ過CODとTOXFP

図6 処理水の非ろ過BOD、CODとTHMFPとの関係

図7 処理水の非ろ過BOD、CODとTOXFPとの関係



(1) ClイオンとTHMFP



(2) ClイオンとTOXFP

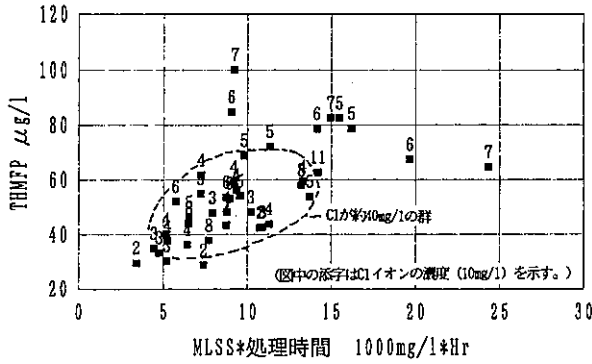
図8 処理水のClイオンと生成能との関係

このうち、事業場排水の流入状況は把握することが困難であるが、地下水や雨水の混入率は処理水のClイオン濃度で推測することができる。下水のClイオン濃度は雨水や地下水に比べてかなり高いので、雨水や地下水の混入率が上昇すると、Clイオン濃度が低下する傾向がある。

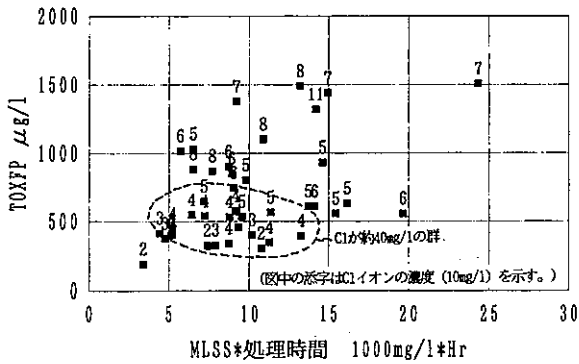
処理水のClイオンとTHMFPとの関係を図8(1)、TOXFPとの関係を図8(2)に示す。両図とも、右上がりの傾向がみられ、地下水や雨水の混入率が生成能に影響していることは明らかである。しかし、THMFPはClイオンとの相関係数が0.47にとどまっておき、両者の関係はバラツキが大きい。一方、TOXFPは相関係数が0.79で、地下水や雨水の混入率がかなり影響しており、流入水の性状が処理水のTOXFPをきめる大きな要因になっている。ただし、同じClイオン濃度でも、TOXFPにおいて2倍程度の差がみられており、TOXFPの変動を雨水や地下水の混入率だけで説明することはできない。なお、(1)ウでみたようにD処理施設のTOXFPの平均値は他の処理施設より高い値を示したが、これは図8(2)で明らかなように、流入水の性状によるものである。

イ ばっ気槽の処理条件との関係

Clイオン濃度だけでは説明できない生成能の変動要因



(1) MLSS × 処理時間と処理水のTHMFP



(2) MLSS × 処理時間と処理水のTOXFP

図9 ばっ気槽のMLSS × 処理時間と処理水の生成能との関係

として各処理施設における処理条件の差がある。まず、処理条件としてばっ気槽の滞留時間×MLSSを取り上げ、処理水のTHMFPやTOXFPとの関係を見たのが、図9(1)、(2)である。滞留時間×MLSSは活性汚泥処理の進行度を示す指標である。通常はばっ気槽の滞留時間が長いほど、また、ばっ気槽の活性汚泥濃度が高いほど、処理がよく進行する。同図ではClイオンの影響もあるので、Clイオンの値を各データの添字として示した。Clイオンが同程度の群をくくって、滞留時間×MLSSと生成能との関係を見ると、バラツキが大きく、一定の傾向を見出すことはむずかしい。

次に、処理条件として硝化や脱窒素の進行度との関係を知るため、処理水の非硝化型窒素(ケルダールN=N_{H4}-N+有機性N)および溶解性T-Nと生成能との関係を見たのが図10(1)~(4)である。前者は硝化が進まないほど、大きくなるので、硝化進行度のマイナスの指標であり、後者は脱窒素が進まないほど、大きくなるので、脱窒素進行度のマイナスの指標である。Clイオンが同程度の群をくくって、これらの指標とTHMFP、TOXFPと

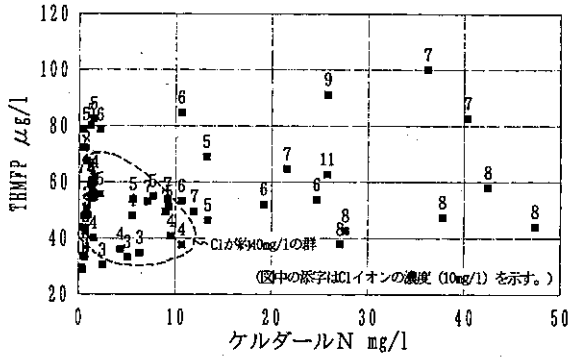
の関係を見ると、バラツキが大きく、一定の傾向を読み取ることはむずかしい。前回の研究²⁾では、硝化および脱窒素がよく進行するほど、処理水のTOXFPが低くなる可能性を示唆したが、測定データを蓄積してみると、原水の性状等の影響が大きく、そのような傾向を見出すことは困難であった。

ウ THMFP/TOXFPの比を変動させる要因

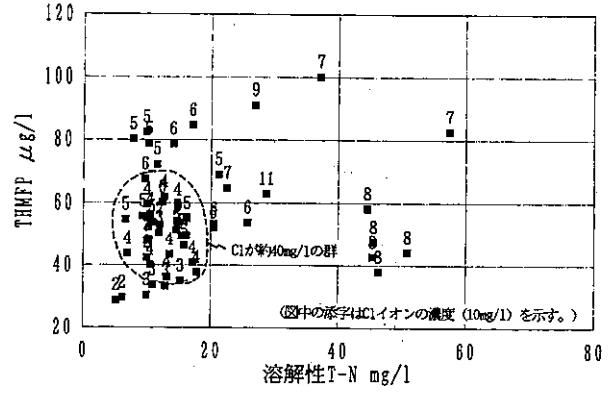
THMFPとTOXFPとの関係を図11に示す。両者の対応が明瞭ではなく、相関係数も0.41にとどまっている。また、前述のようにTOXFPは4倍以上の変動を示すのに対して、THMFPの変動幅は2倍少しいるので、TOXFPが上昇しても、THMFPがあまり増えない傾向がみられる。そのため、THMFP/TOXFPの比は概ね0.05から0.25へと大きく変動する。調布堰河川水のTHMFP/TOXFPは0.2程度であるから、下水処理水の大半は河川水に比べてこの比が小さい。

THMFP/TOMFPを変動させる要因を検討してみる。図12は処理水の非ろ過BODとTHMFP/TOXFPとの関係をみたものである。処理水のBODが小さくなると、THMFP/TOXFPが上昇する傾向がある。BODは生物処理がよく行われているか否かを示す指標であるから、このことは、生物分解が進むほど、トリハロメタンを生成しやすい有機物質の濃度が相対的に高まって、THMFP/TOXFPが上昇することを示している。ただし、このことが、生物処理によってトリハロメタンを生成しやすい有機物質が生産されることによるのか、或いはトリハロメタンを生成しない有機ハロゲン前駆物質が減少することによるのかは不明である。このように、生物処理の進行度がTHMFP/TOXFPを変動させる要因の一つであると考えられる。なお、生物処理の進行でTHMFPの絶対値が大きくなるわけではなく、あくまでTOXFPに対する比率が相対的に増加するだけである。

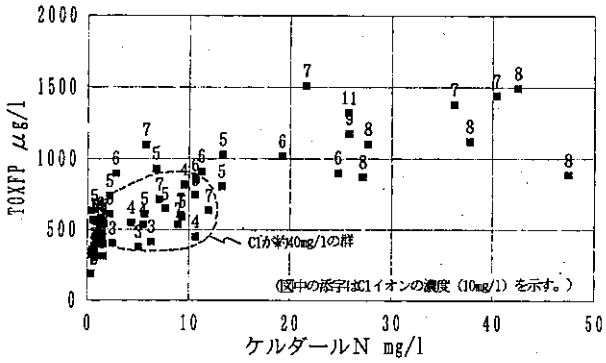
もう一つの要因は、Brイオンの影響である。試料中のBrイオンは塩素(Cl₂)を加えると、Br₂となり、ブロム系トリハロメタン(CHCl₂Br、CHClBr₂、CHBr₃)を生成する。Br₂はCl₂よりトリハロメタンの生成効率が高いので、試料中のBrイオンがブロム系THMFPを増加させ、THMFPを大きくさせるとされている。図13はBr⁻/Cl⁻とブロム系THMFP/THMFPの関係を見たものである。Clイオンに対するBrイオンの比が高まると、THMFP中のブロム系



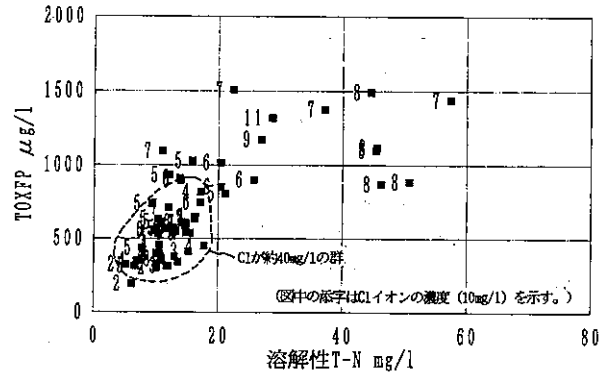
(1) 処理水のケルダールNとTHMFP



(3) 処理水の溶解性T-NとTHMFP



(2) 処理水のケルダールNとTOXFP



(4) 処理水の溶解性T-NとTOXFP

図10 硝化進行度、脱窒進行度と生成能との関係

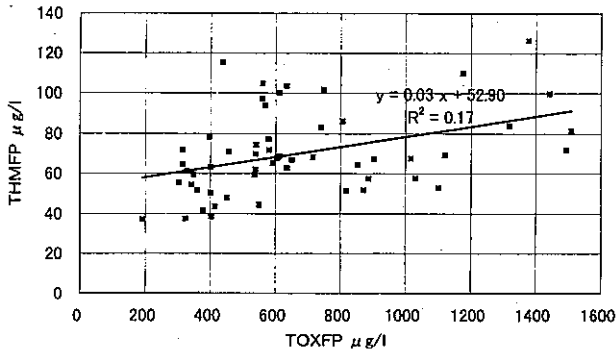


図11 処理水のTOXFPとTHMFPとの関係

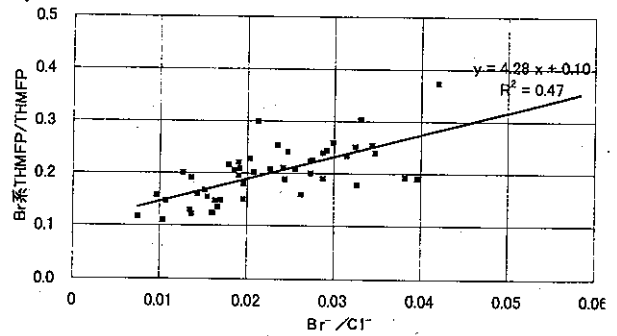


図13 処理水のBr-/Cl-とBr系THMFP/THMFPとの関係

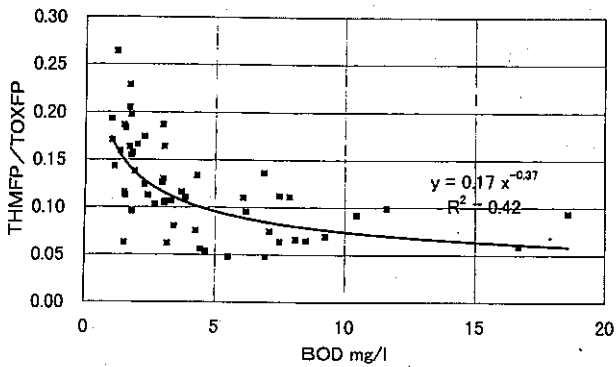


図12 処理水の非ろ過BODとTHMFP/TOXFPとの関係

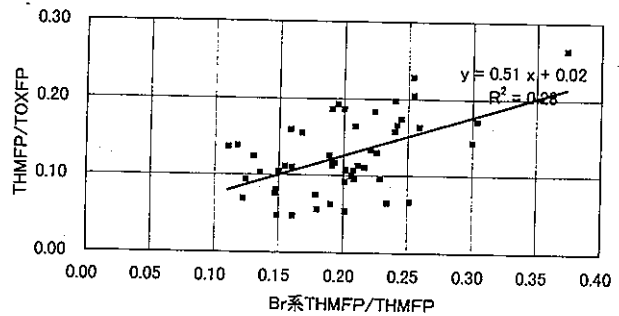
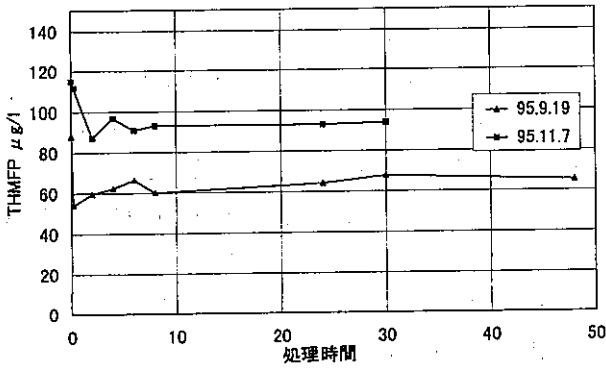
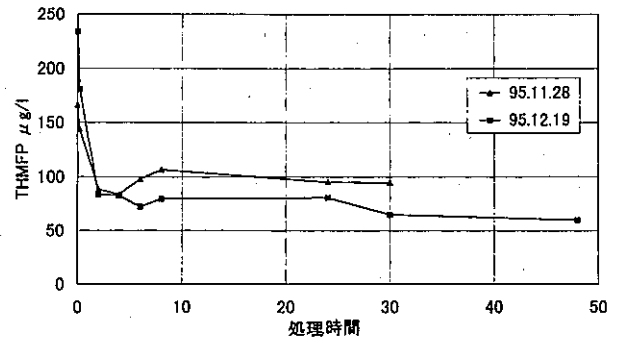


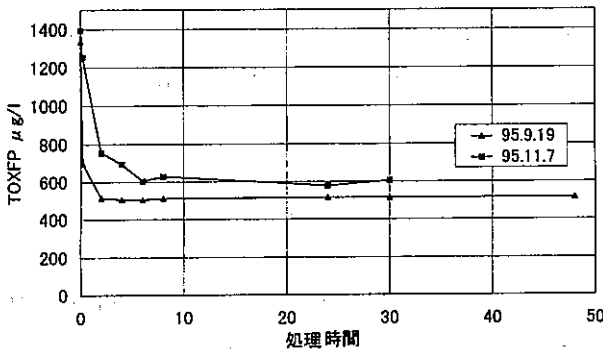
図14 処理水のBr系THMFP/THMFPとTHMFP/TOXFPとの関係



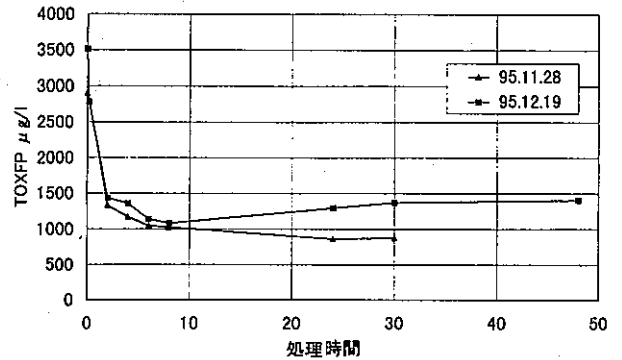
(1) A処理施設のTHMFP



(3) B処理施設のTHMFP



(2) A処理施設のTOXFP



(4) B処理施設のTOXFP

図15 下水処理の模擬実験による生成能の経時変化

THMFPの割合が上昇する傾向がある。次に、図14でブロム系THMFP/THMFPとTHMFP/TOXFPとの関係をみると、バラツキは大きいですが、THMFP中のブロム系THMFPの割合が高まると、THMFP/TOXFPの比が大きくなる傾向を読み取ることができる。このように、Brイオンによるブロム系トリハロメタンの生成がTHMFP/TOXFPを変動させる要因の一つになっている。

(4) 活性汚泥処理の模擬実験

ア 模擬実験の結果

(2)で述べたように、処理施設の調査データでは処理条件と生成能との関係をとらえることができなかったため、処理時間等との関係を知るため、各処理施設のばっき槽流入水と返送汚泥を混合して、実験室内で下水処理の模擬実験を行い、混合液ろ過水の生成能の時間変化を調べた。その実験結果の例を図15(1)~(4)に示す。

まず、THMFPの動向をみると、処理を開始してから2~6時間のうちに減少して、その後は横這いに近い傾向になり、処理時間を長くしてもほとんど変わらない。その後、処理時間の経過とともに増加傾向を示す実験例

もあるが、それでも増加率は1~2割程度にとどまる。THMFPの最終値は初期値の1/3~2/3である。

次に、TOXFPも処理開始後の減少速度は大きく、6~8時間でほぼ安定した値を示すようになる。長時間の処理を行っても、TOXFPの濃度はあまり変わらないものが多い。濃度が増加した実験例でも最大で3割程度の増加である。TOXFPの最終値は初期値の1/3程度である。以上のTHMFP、TOXFPの動向は他の実験例でもほぼ同様であった。

イ 前駆物質の動向

先に述べたように、下水処理水においてTHMFPやTOXFPを示す有機物質の起源としては、①流入下水にもともと含まれているもの、②流入下水中の有機物質が下水処理場での生物分解でTHMFP等の前駆物質に変質したもの、③活性汚泥微生物の内生呼吸による代謝で排出されるものの三通りが考えられるが、実験結果をみると、③の寄与は予想外に小さかった。③の寄与がほとんど見られない実験例が多く、寄与が見られたとしても、THMFPの場合で2割、TOXFPの場合で3割の増加が最大であった。

処理を開始してから、THMFP、TOXFPとも比較的

すみやかに減少し、THMFPは初期値の1/3~2/3まで、TOXFPが1/3 まで減少する事実をみると、②よりも①が生成能の大半を占めていることを伺わせる。運転開始直後の急速な減少は活性汚泥の有機物質の吸着現象によるもので、その後は生物分解による減少である。その過程では生物分解による①の減少と②の増加が並行して進んでいるが、全体としてすみやかな減少を示すということは①の減少が②の増加よりも卓越していることを表している。

(1)で述べたように、処理水の生成能とBODとは相関が低く、処理水においては生物難分解性の有機物質が生成能の大半を占めているが、処理の過程での急速な減少をみると、生物易分解性の有機物質も生成能を持つことが分かる。生物処理により、処理水中の生物易分解性有機物質が少なくなり、難分解性有機物質の占める割合が高くなった結果として、難分解性有機物質が生成能の大半を占めるようになったのであって、易分解性有機物質の生成能が小さいということではない。

上記の模擬実験の結果を処理施設の現状にあてはめてみる。調査当日の各施設のばっ気槽水温は18~23℃であり、模擬実験の水温20℃に近い。各処理施設とも返送汚泥を含むばっ気槽の滞留時間は、4~7時間であり、TOXFP、THMFPが急速に減少してフラットになる時点前後までの処理が行われていることになる。ただし、模擬実験のビーカーテストの場合は送風量が過大にならざるをえず、その結果として実施設よりも生物による酸化分解が早い速度で進む可能性がある。この点を考慮すると、実施設ではフラットになる前の時点の処理で終わっていることが多いと考えられる。とすれば、実施設においては、現状より処理時間を長くすると、生成能をより小さくできることになる。活性汚泥処理においては汚泥濃度を上げることが処理時間の延長と同様に、処理を進行させる効果があるから、処理時間の延長が施設面で困難な場合はMLSSを引き上げれば、生成能をより小さくできる可能性が高い。

4 おわりに

以上の調査および実験の結果により、下水処理場の処理水に含まれるトリハロメタン前駆物質およびTOX前駆物質は次の傾向があることが明らかとなった。

① 処理水のTHMFP、TOXFPは処理施設によっても、

また、季節によっても異なり、大きく変動するが、全体の8割程度が入る変動範囲はTHMFPが40~100 $\mu\text{g}/\ell$ 、TOXFPが300~1200 $\mu\text{g}/\ell$ である。季節によって変動し、夏期には低い値、冬期には高い値を示す。

② 処理水のTHMFPはBOD、COD、TOC、 E_{254} のいずれともバラツキが大きく、相関関係が明瞭ではない。TOXFPはBOD以外の水質項目とは相関が比較的高く、最も相関が高いのは、生物難分解性有機物質の指標とされる E_{254} であり、生物易分解性有機物質を表すBODとの相関は低い。しかし、このことは、生物易分解性有機物質の生成能が小さいことによるのではなく、下水処理水における難分解性有機物質の占める割合が易分解性有機物質よりはるかに大きくなっていることによるものである。

③ 処理水のTHMFP、TOXFPの変動に最も影響するのは、流入下水の性状であり、とりわけ、雨水や地下水の混入による流入下水の希釈度が処理水のTHMFP、TOXFPを変動させる大きな要因になっており、希釈度の大きい下水の処理水は低い生成能を示す。

④ 前駆物質の大半はもともと流入下水に含まれているものであって、ばっ気槽に流入した下水中の生成物質は、生物分解を受けて比較的すみやかに減少し、THMFPは初期値の1/3~2/3まで、TOXFPは1/3 程度まで低下する。

⑤ 活性汚泥微生物の代謝産物として排出される前駆物質は少なく、処理時間を48時間まで長くしても、生成能は最大で2~3割増加するだけであり、処理時間を長くしすぎることによるTHMFPやTOXFPの増加はわずかである。

⑥ 処理水のTHMFP/TOXFPの比は0.05~0.25と大きく変動した。この変動要因の一つは、生物処理の進行度であり、生物処理が進んで処理水のBODが低くなるほど、トリハロメタンを生成しやすい成分の割合が高くなり、THMFP/TOXFPが大きくなる傾向がある。ただし、生物処理の進行でTHMFPの絶対値が大きくなるわけではなく、あくまで増加するのはTOXFPに対する比率である。もう一つの変動要因は、Brイオン濃度であり、Br⁻/Cl⁻の割合が大きくなると、生成効率の高いブロム系トリハロメタンが多くつくられて、THMFP/TOXFPが上昇する傾向がある。

⑦ 処理水のTHMFP、TOXFPを変動させる因子とし

て、各処理場の硝化や脱窒の進行度等を取り上げたが、原水の性状等の影響が大きく、これらの因子との関係を裏付けるデータは得られなかった。

⑧ 以上の結果を踏まえると、下水処理水のTHMFP、TOXFPは流入下水の性状でさまる部分が多いが、十分な処理を行えば、これらの生成能がより小さくなる可能性が高い。下水処理場においてTHMFP、TOXFPをより低くするためには、処理時間を長くしたり、活性汚泥濃度を高めて入念な処理を行うことが必要と考えられる。

引用文献

- 1) 嶋津暉之ら：多摩川における有機汚濁物質の起源と削減に関する研究（その1），東京都環境科学研究所年報1994,p.161～172
- 2) 嶋津暉之ら：多摩川における有機汚濁物質の起源と削減に関する研究（その2），東京都環境科学研究所年報1995,p.231～241