

表5-9-2 水処理工程毎のダイオキシン類除去特性

施設番号 17			濃度 (除去率)				
			浸出水原水	第1 凝集沈殿	生物処理	第2 凝集沈殿	砂ろ過 活性炭吸着
ダイオキシン類	TOTAL	pg/L	3500 ( 0 )	( )	2100 ( 40.0 )	180 ( 94.9 )	120 ( 96.5 )
	SS性	pg/L	3500 ( 0 )	( )	2100 ( 40.0 )	180 ( 94.9 )	120 ( 96.6 )
	非SS性	pg/L	27 ( 0 )	( )	4.4 ( 83.7 )	3.0 ( 88.9 )	0.95 ( 96.5 )
ダイオキシン類	TOTAL	pg-TEQ/L	29 ( 0 )	( )	16 ( 44.8 )	1.5 ( 94.8 )	0.84 ( 97.1 )
	SS性	pg-TEQ/L	29 ( 0 )	( )	16 ( 44.8 )	1.5 ( 94.8 )	0.84 ( 97.1 )
	非SS性	pg-TEQ/L	0.25 ( 0 )	( )	0.0076 ( 97.0 )	0.0074 ( 97.0 )	0.00095 ( 99.6 )
コプラナ P C B	TOTAL	pg/L	1500 ( 0 )	( )	1100 ( 26.7 )	77 ( 94.9 )	29 ( 98.1 )
	SS性	pg/L	1500 ( 0 )	( )	1100 ( 26.7 )	76 ( 94.9 )	28 ( 98.1 )
	非SS性	pg/L	16 ( 0 )	( )	1.4 ( 91.3 )	0.82 ( 94.9 )	0.46 ( 97.1 )
コプラナ P C B	TOTAL	pg-TEQ/L	5.1 ( 0 )	( )	2.3 ( 54.9 )	0.17 ( 96.7 )	0.067 ( 98.7 )
	SS性	pg-TEQ/L	5.1 ( 0 )	( )	2.3 ( 54.9 )	0.17 ( 96.7 )	0.067 ( 98.7 )
	非SS性	pg-TEQ/L	0.042 ( 0 )	( )	0.00021 ( 99.5 )	0.000082 ( 99.8 )	0.000046 ( 99.9 )
p H	—	8.2	( )	8.3	8.2	8.3	
DOC	mg/L	260 ( 0 )	( )	110 ( 57.7 )	100 ( 61.5 )	34 ( 86.9 )	
SS	mg/L	159 ( 0 )	( )	129 ( 18.9 )	7.8 ( 95.1 )	3.6 ( 97.7 )	
AOX	μ g/L	1300 ( 0 )	( )	1400 ( — )	1400 ( — )	230 ( 82.3 )	
E 260nm	—	3.311	( )	2.482	2.334	0.407	

注1 除去率は、原水ベースにて算出した。

No.9、No.14およびNo.17における第2凝集沈殿処理工程への流入水中のダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/L) は、それぞれ233、0.224、0.025および16.0、コプラナPCB濃度 (pg-TEQ/L) は、それぞれ4.20、0.0182、0.00121および2.30であった。すなわち、第2凝集沈殿処理工程におけるダイオキシン類等の除去率が比較的良かった処分場No.9およびNo.14における流入水の共通特性としては、対象物質のSS性割合が低いことおよび濃度の絶対値が低いことであった。

以上の結果より、第2凝集沈殿処理工程のみによるダイオキシン類等の除去効果は大であると見られた。

また、生物処理工程と凝集沈殿処理工程をユニットとして考えると、処分場No.4、No.9、No.14およびNo.17におけるダイオキシン類の除去率は、それぞれ98.4%、89.0%、5.3%、94.8%となった。一方、コプラナPCBについても除去率は、No.14の施設を除いて93.2%、33.2%、94.9%となった。

#### ④ 砂ろ過・活性炭吸着処理工程

凝集沈殿処理工程の後段に砂ろ過処理単独もしくは活性炭吸着処理との併用を行っている処分場は、No.4、No.9、No.14およびNo.17であり、その場合のダイオキシン類除去率は、それぞれ42.3%、82.2%、45.6%および33.9%、コプラナPCB除去率は、それぞれ33.4%、62.8%、25.6%および63.0%であった。なお、処分場No.4のみが活性炭吸着処理を行っていない。処分場No.4の砂ろ過処理工程においてのみ、SS性ダイオキシン類が増加したが、それ以外の処分場においては、ダイオキシン類およびコプラナPCBは減少した。

#### ⑤ 全体工程

生物処理、凝集沈殿処理後の原水中のダイオキシン類およびコプラナPCBの除去率は、それぞれ89%~99% (95%~99%-TEQベース) および15%~95% (85~97%TEQベース) であった。ダイオキシン類濃度とすると実測値で9.0~183pg/L、TEQ値で0.018~1.78pg-TEQ/Lであった。

また、上記フローに砂ろ過・活性炭処理を付加すると最終処理水はダイオキシン類およびコプラナPCBの除去率は、それぞれ97%~100% (97%~100%-TEQベース) および37%~98% (97%~99%-TEQベース) となった。濃度では実測値で4.9~121pg/L、TEQ値では0.0067~1.1pg-TEQ/Lとなった。

図5-1-1、図5-1-2にNo.4およびNo.14の施設における水処理過程でのダイオキシン類除去特性を示した。No.4の施設は原水中のダイオキシン類濃度 (TEQベース) が130pg-TEQ/Lと高い例であり、また、No.14の施設では2.0pg-TEQ/Lと比較的低い例である。

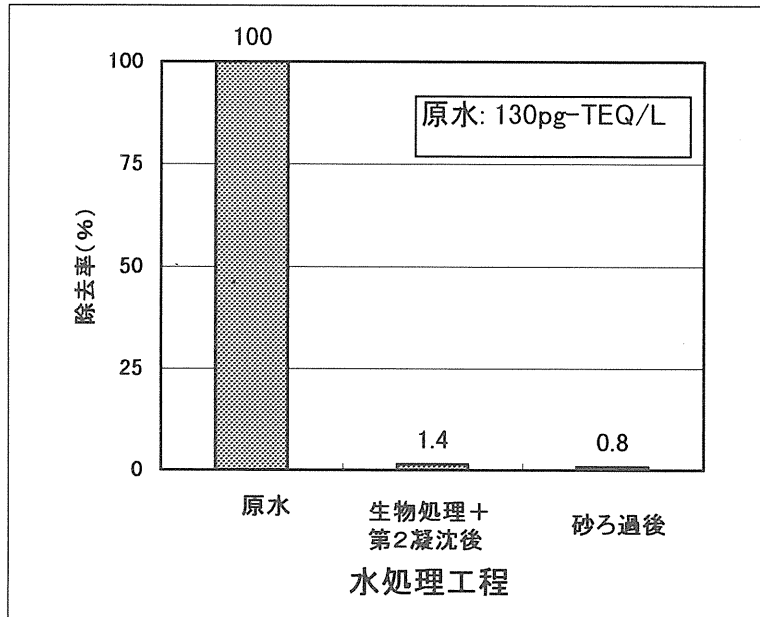


図5-1-1 水処理工程でのダイオキシン類除去特性(施設No. 4)

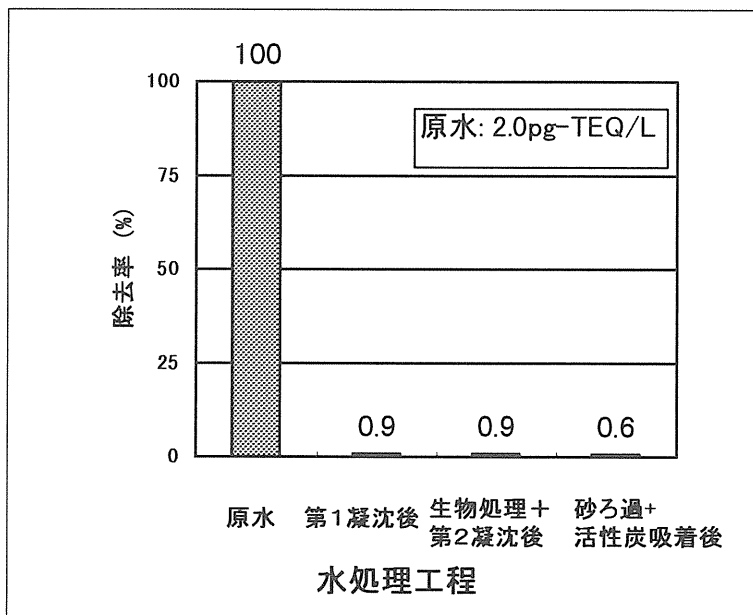


図5-1-2 水処理工程でのダイオキシン類除去特性(施設No. 14)

### (3) 水処理過程の諸条件とダイオキシン類濃度の関係

#### ① 水処理工程における一般水質項目とダイオキシン類の挙動

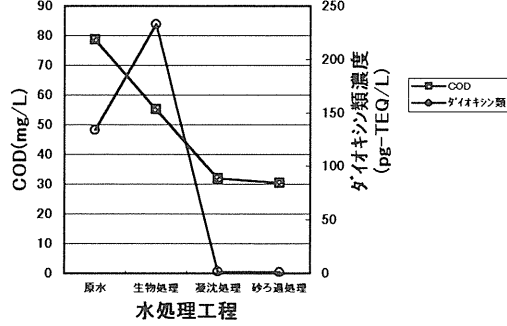
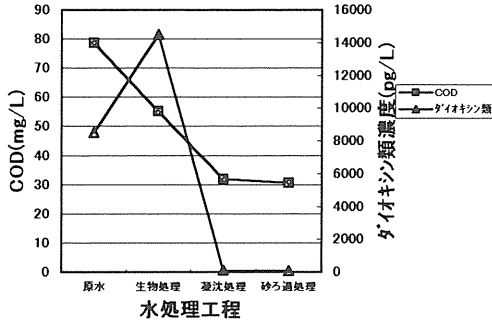
図5-2～5に水処理工程における一般水質項目（COD、TOC、T-N、SS）とダイオキシン類濃度の挙動を示した。

各水質の濃度は水処理工程を経るごとに減少し、それに伴いダイオキシン類濃度も減少していることが分かる。したがって、生物処理、凝集沈殿処理、砂ろ過・活性炭吸着処理を適正に運転することでダイオキシン類の低減化となる。

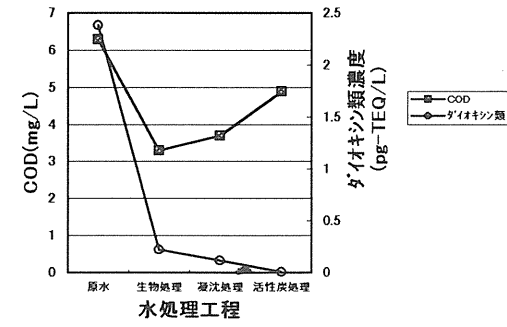
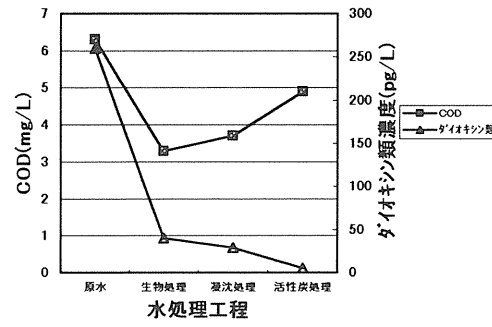
#### ② 一般水質項目とダイオキシン類の関係

図5-6に一般水質項目（pH、COD、TOC、SS、Cl<sup>-</sup>）とダイオキシン類の関係を示した。これによると、COD、TOC、SSについては濃度が増加するとともにダイオキシン類濃度も増加している。ここで、COD、TOC、SS濃度とダイオキシン類濃度との相関係数を求めると、それぞれ0.24、0.24、0.71であった。

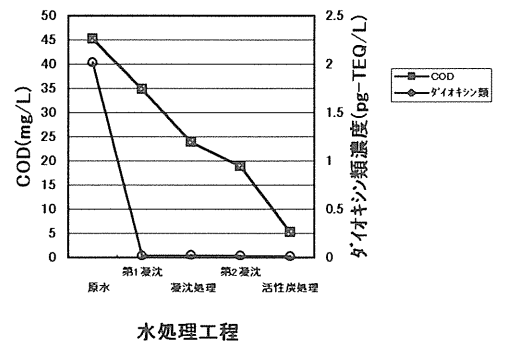
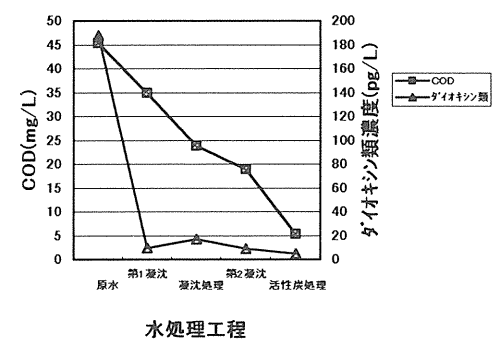
No. 4



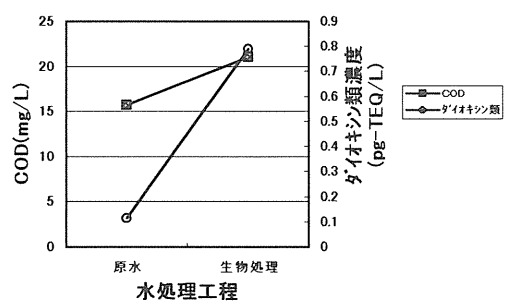
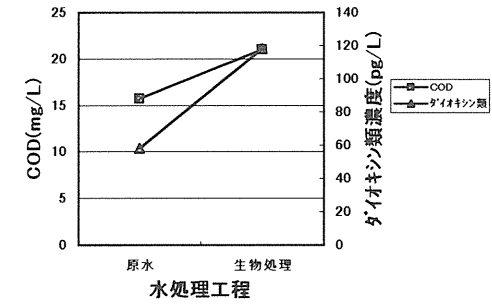
No. 9



No. 14



No. 16



No. 17

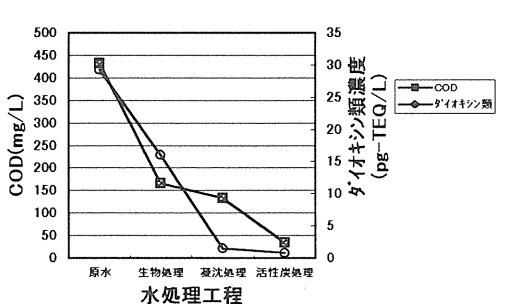
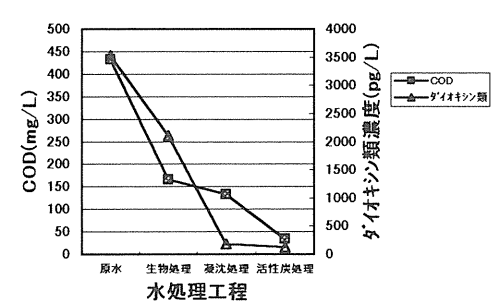
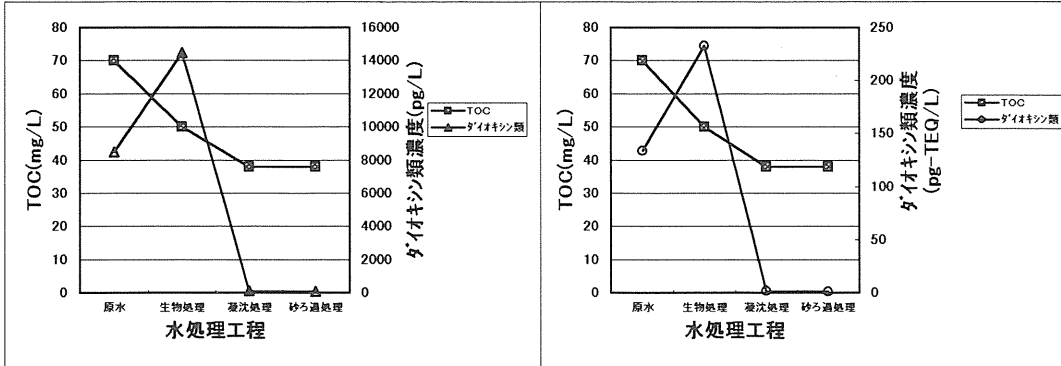
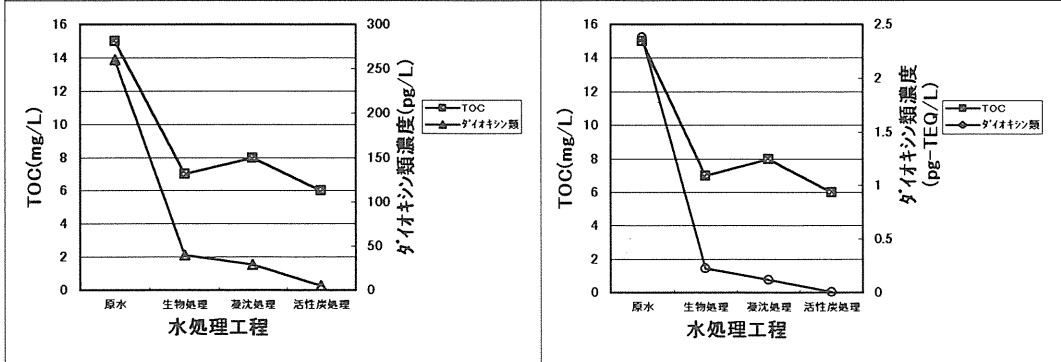


図5-2 水処理工程におけるCODとダイオキシン類濃度の関係

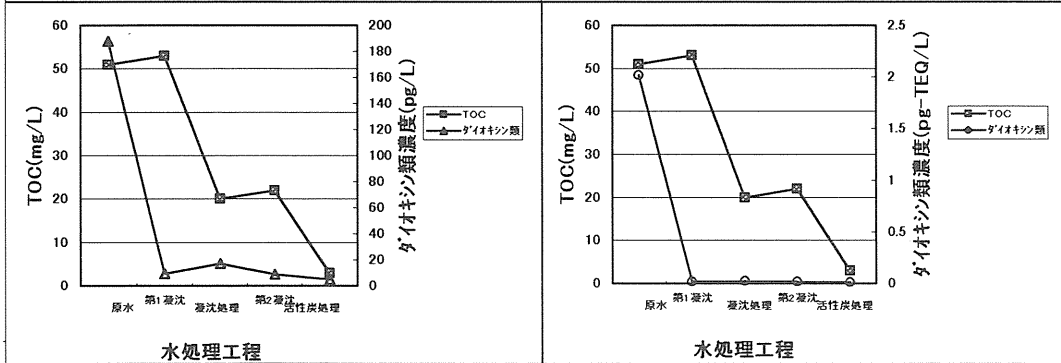
No. 4



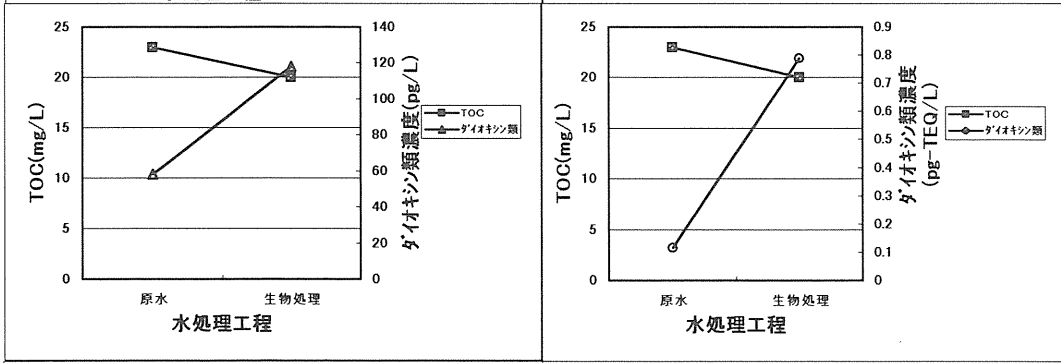
No. 9



No. 14



No. 16



No. 17

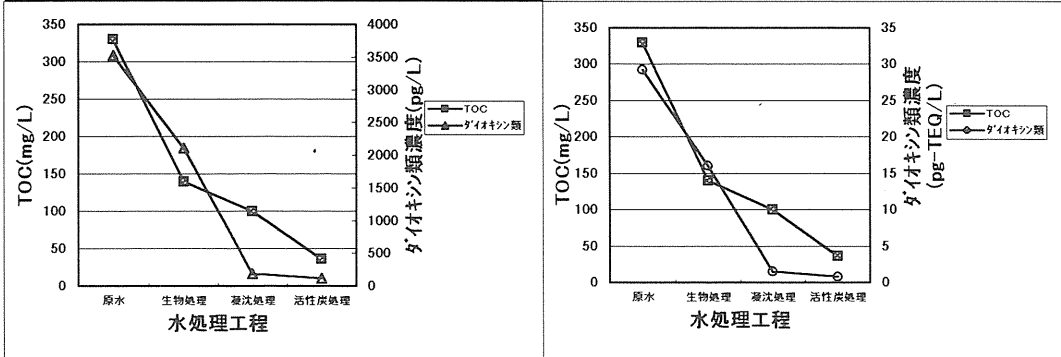
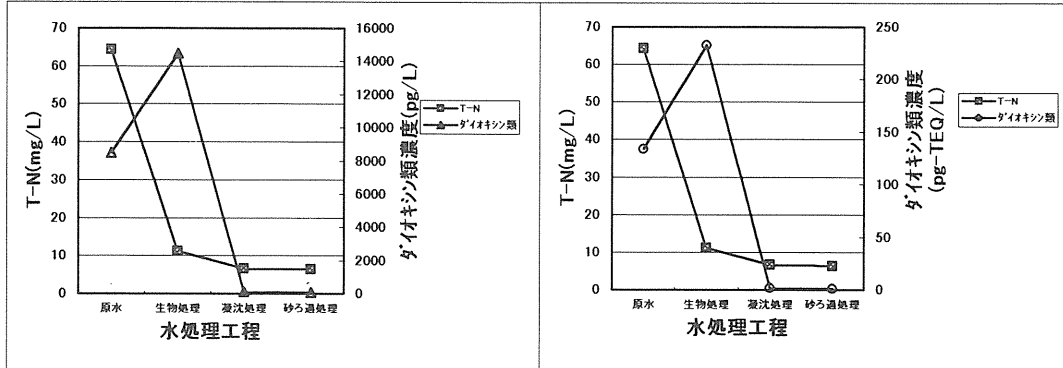
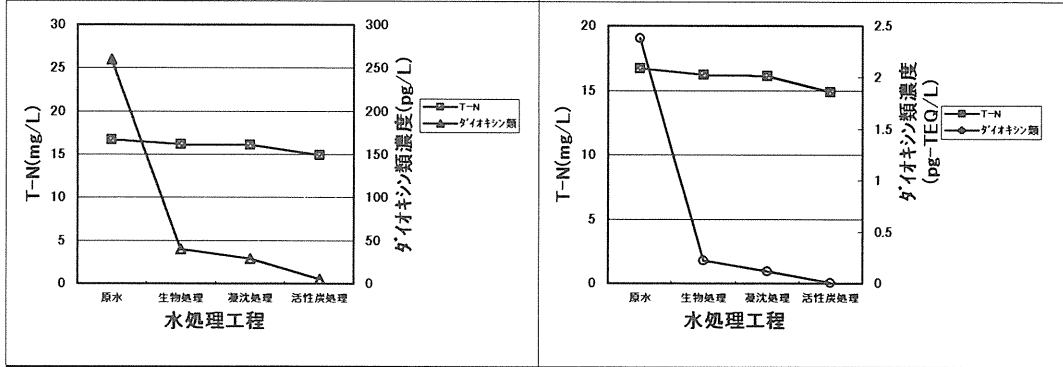


図5-3 水処理工程におけるTOCとダイオキシン類濃度の関係

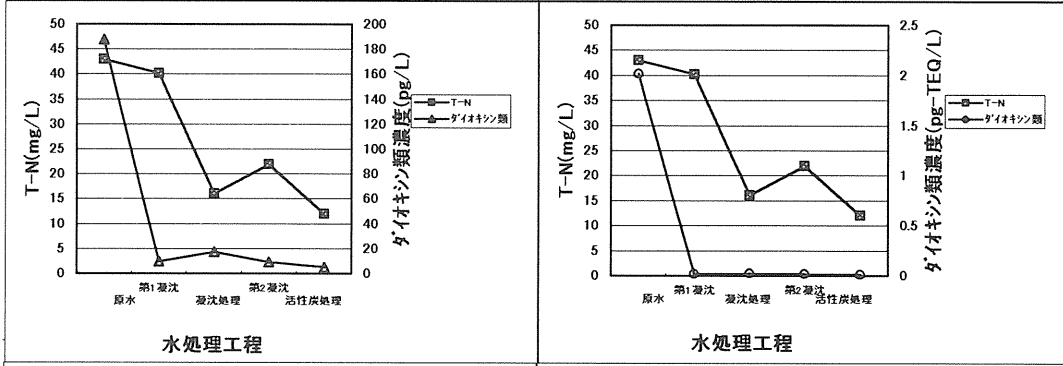
No. 4



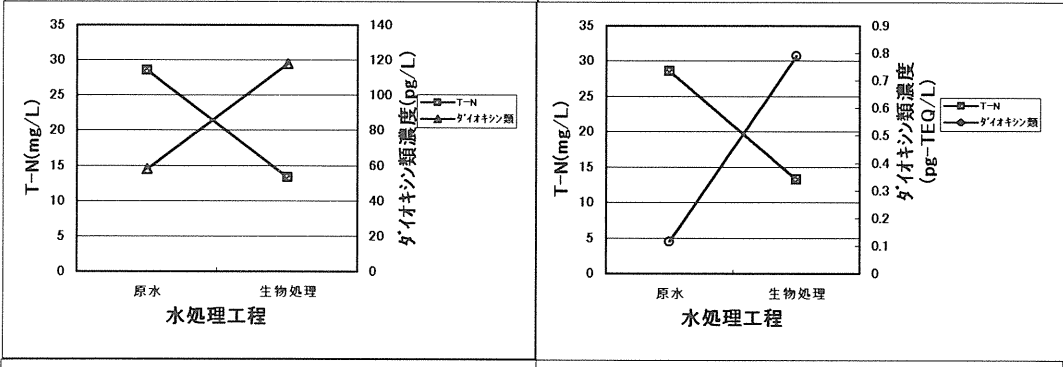
No. 9



No. 14



No. 16



No. 17

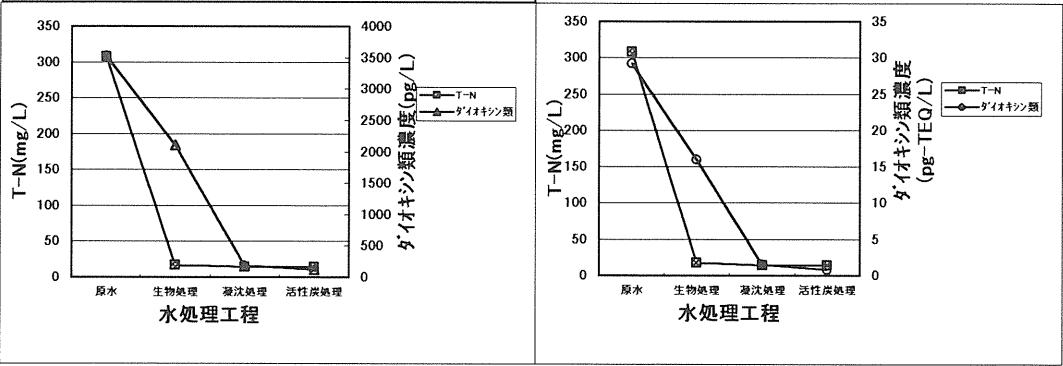


図5-4 水処理工程におけるT-Nとダイオキシン類濃度の関係

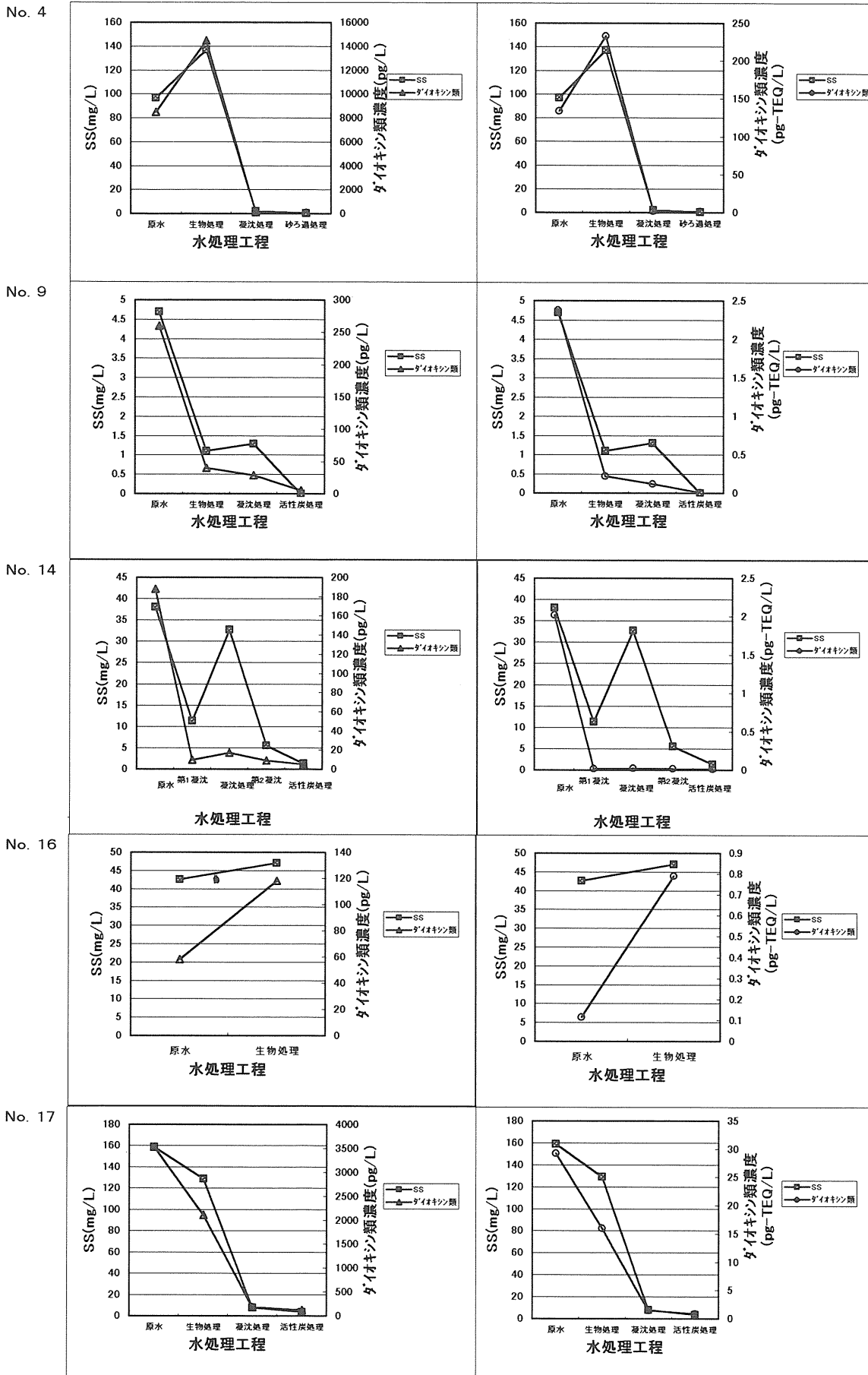


図5-5 水処理工程におけるSSとダイオキシン類濃度の関係



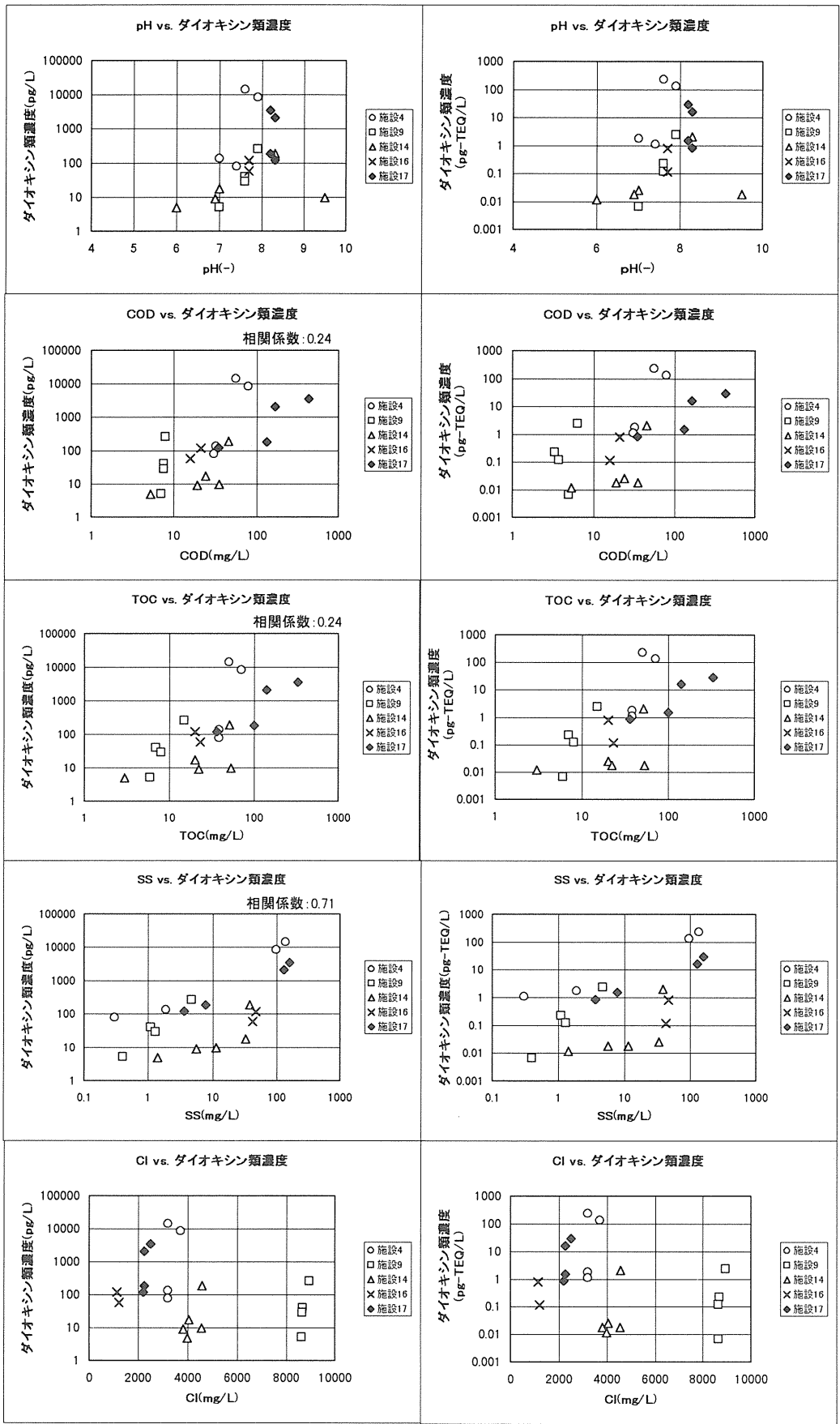


図5-6 一般水質項目とダイオキシン類濃度の関係

#### (4) その他の水質項目に関する知見

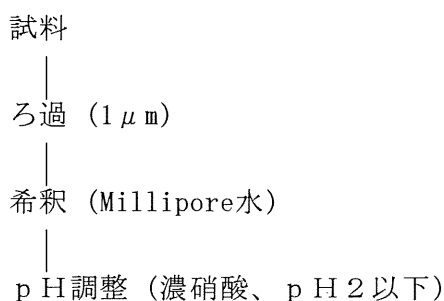
##### ① AOX (吸着性全有機性ハロゲン)

###### a. 分析方法

###### ・ 試料の前処理

試料にSSが多く含まれていると活性炭への通水操作を困難にしたり、測定結果がばらつくため、試料は全て1 $\mu$ mメンブランフィルターろ過を行い、分析に供した。また、試料中の無機ハロゲン化合物濃度が高いと、AOX分析結果に誤差を与えるため、500mgCl/L以下となるように希釈を行った。今回の試料の無機ハロゲン化合物濃度は1,100~9,000mgCl/Lと高濃度であるため、10倍または20倍の希釈を行って分析した。

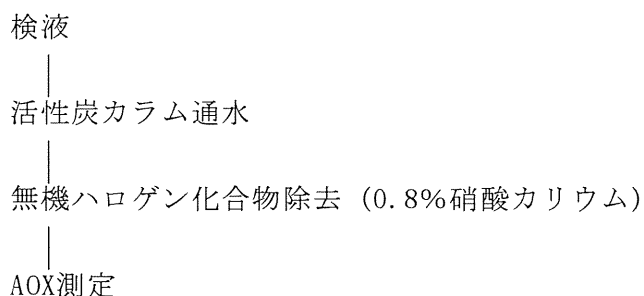
###### (前処理フロー)



###### ・ AOX測定

AOXは上水試験法に準拠して測定した。前処理した試料を粉末活性炭カラムに通水し、AOXの吸着を行った。次いで、0.8%硝酸カリウムで活性炭中の無機ハロゲン化合物を除去し、TOX測定装置 (三菱化学、TOX-10 $\Sigma$ )で測定した。

###### (AOX測定フロー)



###### b. 分析結果

###### ・ 水処理工程におけるAOX濃度

浸出水原水中のAOXは、No. 4、9、14、16は42~240 $\mu$ gCl/Lと低濃度であったが、No. 17は1,300 $\mu$ gCl/Lであった。処理水中のAOXは、No. 14、16はそれぞれ19、54 $\mu$ gCl/Lと低濃度であったが、No. 4、9、17は180~250 $\mu$ gCl/Lであった。各施設ごとのAOXの増減を見ると、No. 4では、AOXは減少しなかった。No. 9では、凝集沈殿処理、活性炭処理の過程で減少しているが、全工程の減少率は25.0%であった。No. 14では、第2凝集沈殿処理と生物処理、活性炭処理の過程で減少しており、全工程の減少率は85.4%であった。No. 16では、生物処理後に28.6%の増加があった。No. 17では、AOXは活性炭処理で大きく減少しており、全工程の減少率は82.3%であった。

・ 水処理工程におけるAOXと非SS性ダイオキシソ類濃度との関係

今回、AOXは試料をメンブランフィルターろ過して測定したので、非SS性ダイオキシソ類と比較した。図5-7に水処理工程ごとのAOXとE260nm、AOXと非SS性ダイオキシソ類濃度の関係を示す。AOXとE260nmは同じような挙動を示した。また、AOXと非SS性ダイオキシソ類濃度については、施設No. 9、14は類似した挙動を示したが、他の施設では異なった挙動を示していた。

・ 浸出水中のAOXとダイオキシソ類との相関

図5-8にAOXとE260nm、COD、非SS性TOC、非SS性ダイオキシソ類の関係を示す。AOXとE260nm（相関係数：0.92）、AOXとCOD（相関係数：0.78）、AOXと非SS性TOC（相関係数：0.79）の間には、ある程度の相関が見られた。一方、AOXと非SS性ダイオキシソ類濃度については、相関は弱かった。

## ② バイオアッセイ指標

### a. 方法

・ 試料の前処理

（ろ過）

浸出水試料3Lのうち500mLを懸濁物質除去のためガラス繊維ろ紙（Whatman GF/F）を用いて吸引ろ過した。ろ液のうち、500mLは250mLポリエチレン製のビン2本に入れ、1本をマイクロトックス試験用に暗所4℃で、もう1本を水質分析用に暗所-21℃で保存した。ろ過を行わない2.5Lのうちの2Lは以降の濃縮操作に用いるため、ガラス瓶に入れ操作まで暗所4℃で保存した。また残り500mLは、1本をマイクロトックス試験用に暗所4℃で、もう1本を水質分析用に暗所-21℃で保存した。

（XAD-2000樹脂による固相吸着溶媒抽出）

Amberlite XAD-2000樹脂（Sigma）を、購入後、アセトン、アセトニトリル、メタノールの順でそれぞれ12時間ずつソックスレー抽出器で洗浄し、使用までメタノール中で保存した。

2Lのガラスビンにろ過した浸出水試料を2L入れ、水で完全に置換したXAD-2000樹脂を容積で20mL分メスシリンダーで計り採り加えた。容器内をスターラーを用い500rpmで2時間攪拌し、試料と樹脂を接触させた。その後、樹脂を吸引ろ過にて回収し、窒素ページにより完全に水分を除去した後に、酢酸エチルを、60mL加え、15分間攪拌した後吸引ろ過にて溶媒と樹脂を分離した。無水硫酸ナトリウムを加え脱水して、酢酸エチルによる抽出液を得た。樹脂を窒素ページして酢酸エチルを完全に除去した後、メタノールを、60mL加え、15分間攪拌した後吸引ろ過にて溶媒と樹脂を分離し、メタノールによる抽出液を得た。

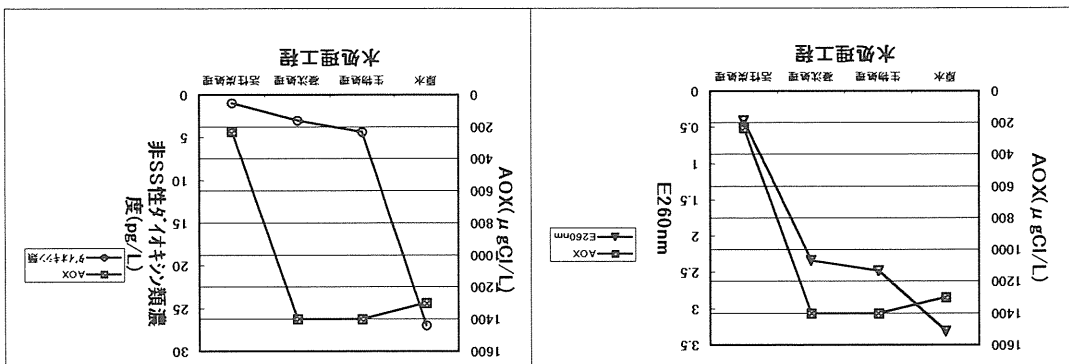
これら抽出液は、ロータリーエバポレーターを用いて溶媒を蒸発留去させ、秤量した後に1mLのジメチルスルホキシド（DMSO、和光純薬）に展開させて用いた。

・ Microtox™試験

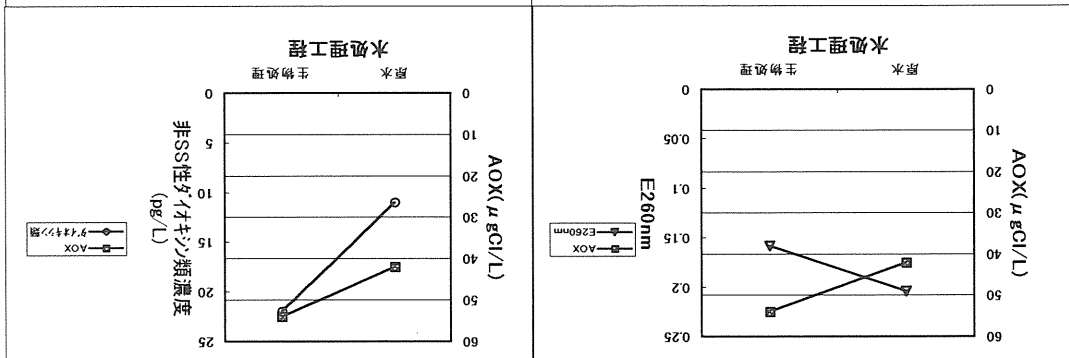
（原理）

マイクロトックス試験は、均質な状態で培養および凍結乾燥保存された海洋性発光微生物*Photobacterium phosphoreum*を試験生物として、発光量の減少から試料の急性毒性を評価する、迅速かつ簡易な急性毒性試験方法である。*P. phosphoreum*の発光は、

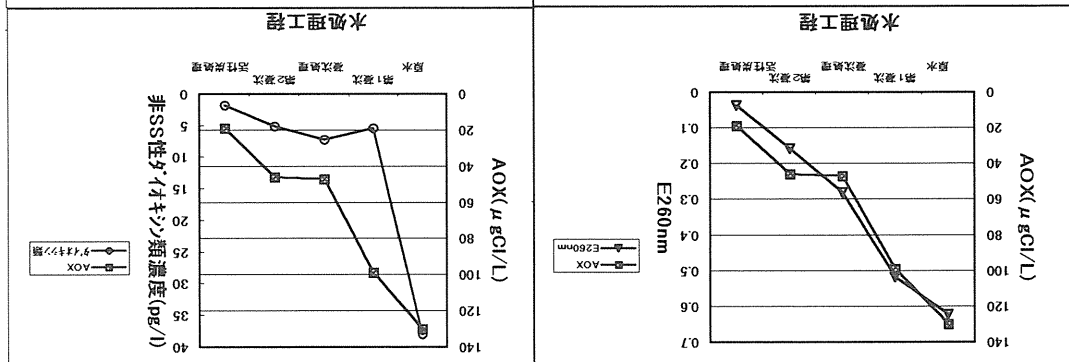
No. 17



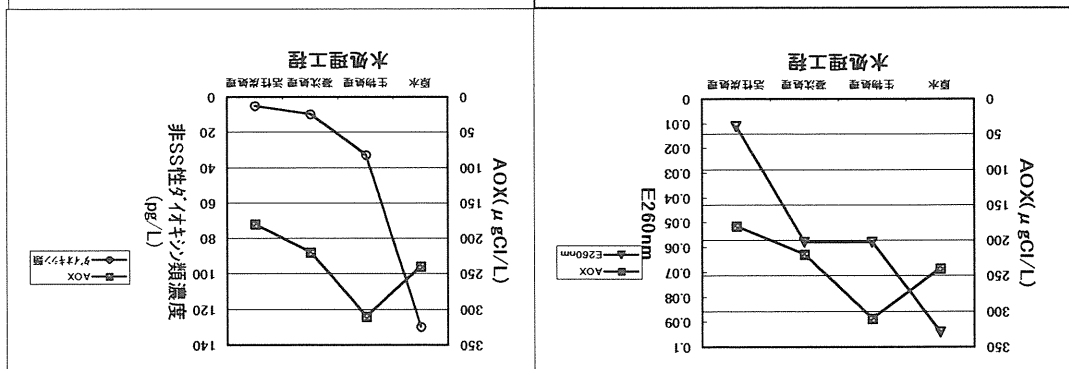
No. 16



No. 14



No. 9



No. 4

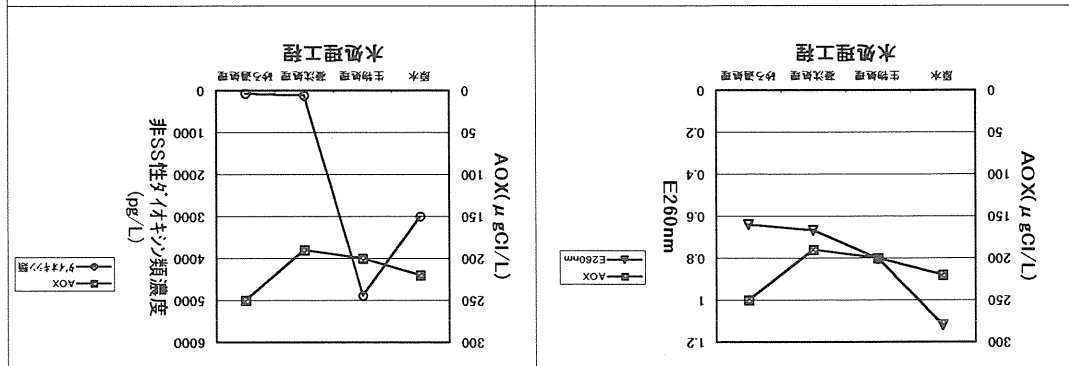


図5-7 水処理工程におけるAOXとE260nm, 非SS性アオキシノ類濃度の関係

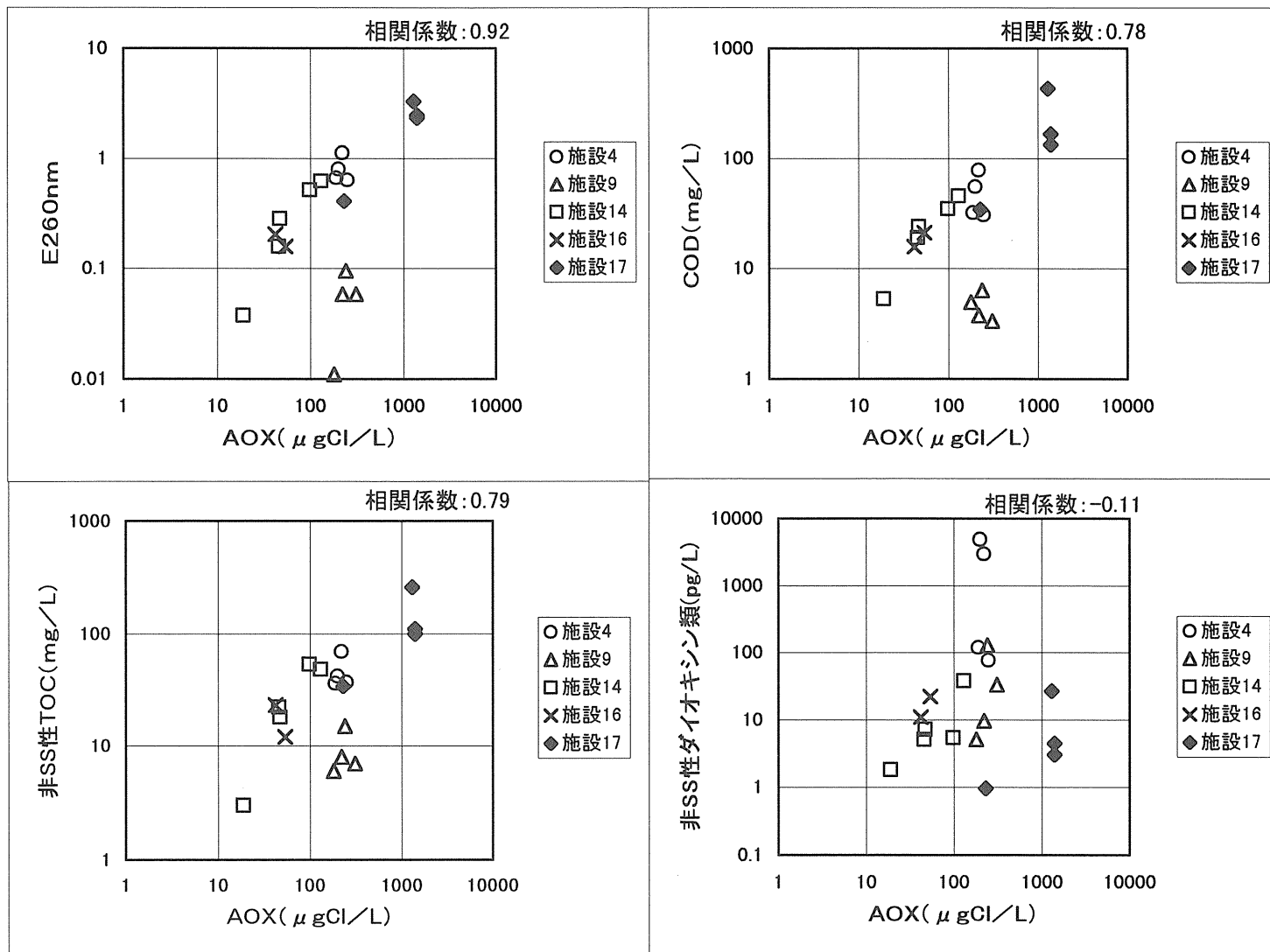


図5-8 AOXとE260nm, COD, 非SS性TOC, 非SS性ダイオキシン類濃度の関係

還元されたFMN（フラビンモノヌクレオチド）にルシファラーゼが作用する一連の酵素反応による。発光量の減少は、酵素への化学物質の結合により、酵素の作用が阻害されるためと考えられている。試料の毒性は、この発光量の減少に関するEC<sub>50</sub>（半数影響濃度）で評価する。

（操作）

試験には、市販の*P. phosphoreum*菌株、再生液および毒性試験器モデル500（Azur Environment）を用い、希釈液は塩化ナトリウム（水質試験用、和光純薬）と超純水を用いて調整した。

操作の概要は以下の通りである。

- i) 暗所、-20℃で保管した*P. phosphoreum*（凍結乾燥株）を、付属の再生液（超純水）にキュベット内で懸濁させ、試験装置の5℃に維持された孔に入れ菌株を再生した。
- ii) 22%NaCl溶液を用いて試料を2%NaClに調整し、これを2%NaCl希釈液を用いて順次2~10倍希釈し、全4本の希釈系列と希釈液のみの対照をキュベットに作成した。これら原液、希釈液のキュベットは、液量を1,000 μLに調整し、それぞれ2本ずつ用意し、試験器の15℃に維持された孔2列に入れた。
- iii) 別の2列の孔のキュベットには、先に再生した細菌懸濁液を10 μLを分注し、15℃で15分間後に前培養した、各細菌懸濁液の発光量を初期発光量として、ターレット（発光量測定孔）で測定した。
- iv) 各試料希釈液を500 μL細菌懸濁液に添加した。
- v) 5分および15分後に各キュベットをターレットに入れ、発光量を測定した。

得られた発光量より、次式で各試料濃度についてΓ値求めた。なお、Γ値とはt時間後の光の残留量に対するt時間に消失した光の量の比である。

BR=（試料添加t分後の対照の発光量） / （試料を入れる直前の対照の発光量）

$$\begin{aligned}\Gamma(t) &= (\text{消した発光量}) / (\text{残留している発光量}) \\ &= (I(0) \cdot BR - I(t)) / I(t) \\ &= I(0) \cdot BR / I(t) - 1\end{aligned}$$

ここで、I(0)：試料を入れる直前の発光量，I(t)：試料添加t分後の発光量である。試料濃度を横軸にとり、Γ(t)を縦軸にとって、回帰直線より、Γ(t)が1となる試料濃度をEC<sub>50</sub>とした。これは光の減少割合が50%の時に相当する試料濃度である。本研究では、Γ値の計算には15分後の発光量を用いた。なお、EC<sub>50</sub>(%)の数値が低いほど毒性が強くなることを示している。

なお、DMSOに展開した酢酸エチルおよびメタノール抽出物を用いた試験では、生理食塩水で100倍に希釈したものを試料として用いた。

#### ・MRL試験

（原理）

DNAが損傷するとさまざまな修復を行うが、この中でDNA合成の遅延を回避するために、応急的に、ギャップをでたらめな塩基で埋めるSOS修復と呼ばれるものがある。M

RL試験は、SOS遺伝子のプロモーター・オペレーター領域下流にレポーター遺伝子（ルシフェラーゼ遺伝子（*luxAB*、*Vibrio harveyi*由来）連結した組み替え体試験菌株（大腸菌 *Escherichia coli*）において、SOS遺伝子の転写量を、レポーター遺伝子由来の酵素活性として測定するDNA損傷性試験である。

（操作）

試験菌株として、大腸菌において、膜透過性に関与する *rfaC* 遺伝子と除去修復遺伝子 *uvrB* を欠損し、*recA* 遺伝子にレポーター遺伝子として発光遺伝子 *LuxAB* を連結した融合遺伝子を染色体上に内在する MM96 株を用いた。この試験株は、膜透過性に関する *rfaC* 遺伝子を欠損しているため、PAHs 等の変異原物質に対しても応答を示すことに特徴がある。

操作の概要は以下の通りである。

i) まず -80℃ で凍結保存しておいた菌の表面をエーゼでかきとり平板培地に塗布し、37℃ で2日程度培養して復元した。

ii) 次に滅菌した試験管に5mLの滅菌済みのLB前培養培地を分注し、保存培地に形成された菌を植菌した後37℃で1晩（16時間）振とう培養した。

iii) 培養後の前培養液 1 mL を、LB培地100mLに植菌し、3時間、37℃、200rpmで振とう培養した。

iv) 試験物質をクリーンベンチ内で、滅菌した試験管にDMSOで数段階に希釈し、全液量を100 μLになるように分注した。この時、DMSOの溶媒のみの陰性対照系も同時に作成した。

v) 試験物質を分注した試験管について、S9mixを1mL添加した系としない系を用意し、培養液を加えて全液量を5 mLとし、更に37℃、200rpmで2時間振とう培養を続けた。

vi) 培養終了後、培養液200 μLにエタノールで10倍希釈した *n*-decyl aldehyde を20 μL 添加して発光を開始させ、5秒後、10秒間の発光量積分値 (LU) を、生物化学発光量測定装置 (UPD\_8000、明電舎) を用いて測定した。また、測定後即座に吸光度計を用いて培養液のOD600を測定し、菌濃度を求めた。

毒性の強さは、陰性対照におけるLUの2倍となる時の試験物質の濃度（最小検出濃度）として表した。

なお、S9無添加の試験系における陽性対照物質にはマイトマイシンC (MMC)、1,8-dinitropyrene (1,8-DNP) を、S9添加の試験系にはBenzo[a]pyrene (B[a]P)、1,8-DNPを用いた。陰性対照はS9添加、無添加によらずDMSOの溶媒のみを用いた。

## b. 結果と考察

### ・Microtox™試験（表5-10）

濃縮・抽出操作なしで試料をそのまま用いた場合には、処分場No. 4の生物処理後のサンプル、曝露時間5分のみにおいて、希釈率100%付近で毒性が検出された。しかし、この毒性は曝露時間15分では消えており、確定的ではない。

一方、酢酸エチルおよびメタノール抽出物では多くの試料で、特に酢酸エチル抽出物中に毒性がみられ、処分場No. 4の凝集沈殿後およびNo. 14の第一凝集沈殿前のサンプルでは、EC<sub>50</sub>は試料水換算で希釈率100%以下となっていた。これは、濃縮・抽出操作により、試料水の複雑なマトリックスが一部単純化され、共存物質によりマスクされ

表5-10 Microtox™ 試験結果

施設番号	採水種類	前処理なし		前処理あり (XAD-2000)			
		EC <sub>50</sub> (%* <sup>1</sup> )		AcOEt抽出物		MeOH抽出物	
		5分	15分	5分	15分	5分	15分
4	生物処理流入水	-	-	884	814	>1000	>1000
	生物処理処理水	95.4	-	>1000	>1000	-	-
	凝集沈殿流出水	-	-	50.3	140	-	-
	急速ろ過処理水	-	-	>1000	>1000	-	-
9	生物処理流入水	-	-	>1000	>1000	-	-
	生物処理処理水	-	-	-	>1000	-	-
	凝集沈殿処理水	-	-	875	>1000	>1000	-
	活性炭塔処理水	-	-	-	-	-	-
14	第1凝沈流入水	-	-	16.3	15.4	-	-
	第1凝沈処理水	-	-	>1000	907	-	>1000
	生物処理処理水	-	-	>1000	>1000	-	-
	第2凝沈処理水	-	-	110	159	146	720
	活性炭塔処理水	-	-	438	821	200	283
16	生物処理流入水	-	-	>1000	>1000	-	-
	生物処理処理水	-	-	>1000	>1000	-	-

注

\*1 希釈率 (原水 : 100%)

\*2 前処理による濃度補正をした希釈率 (原水 : 100%)

AcOEt:酢酸エチル、MeOH:メタノール



ていた毒性が発現しているためと考えられる。これらの結果だけでは、物質を特定することはできないが、酢酸エチルにより抽出されていることから比較的疎水性の物質であること、また、それまで見られなかった毒性が凝集沈殿操作後に現れることが多いことから、凝集剤または凝集助剤が関与していることが推測される。

・MRL試験（表5-11）

まず、得られた最小検出濃度は、それぞれの処分場間および代謝活性剤（S9mix）を加えた系（+S9）と加えない系（-S9）では試験バッチが異なるので数値を直接比較できないことに注意されたい。各試験バッチの感度のばらつきを示すものとして、陽性対照における最小検出濃度を同時に示している。また、標準品を用いた検討では、評価値の変動係数（精度）は30～40%の範囲にあった。

ほぼ全ての試料の抽出物で何らかの遺伝子毒性が検出されている。処理プロセスにおける増減には明確な傾向はなく、原水が必ずしも最大の遺伝子毒性活性を有するとも限らない。処理により低減されるもの、また処理により生成（または添加）されるものがある。また、代謝活性の有無にもそれぞれ応答しており、おそらく複数種の遺伝子毒性物質が試料水中に含まれる。

また、検出された遺伝子毒性活性はTOC等の他の一般的な水質項目、さらにはダイオキシン類とも特に明確な関係はない。これらの活性が人や周囲生態系に対して問題があるレベルにあるかどうかはこれだけでは判断できないが、最終処分場浸出水に遺伝子毒性物質が含まれ、処理操作に関係なく挙動していることから、予防原則という視点において、原因となる物質（群）を解明してゆく必要があると考える。

表5-11 MRL 試験結果

採水種類	最小検出濃度*1			
	+S9		-S9	
	MeOH抽出物	AcOEt抽出物	MeOH抽出物	AcOEt抽出物
No. 4	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$
生物処理流入水	N. E.	>100	N. E.	14.4
生物処理処理水	>100	>100	83.3	49.3
凝集沈殿処理水	43.5	19.0	>100	30
急速ろ過処理水	>100	32.8	41.5	91.9
<i>Positive Control</i>	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$
1,8-DNP	707	268	69.5	190
B[a]P	316	146	-	-
MMC	-	-	0.00450	0.0093
No. 9	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$
生物処理流入水	>100	>100	56.3	32.9
生物処理処理水	N. E.	>100	66.6	>100
f凝集沈殿処理水	14.6	>100	12.9	18.0
活性炭塔処理水	>100	>100	>100	29.8
<i>Positive Control</i>	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$
1,8-DNP	724	445	161	62.3
B[a]P	420	428	-	-
MMC	-	-	0.00841	0.00592
No. 14	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$
第1凝沈流入水	36.0	51.7	16.3	51.1
第1凝沈処理水	89.8	>100	48.5	>100
生物処理水	50.8	76.2	49.7	>100
第2凝集沈殿処理水	>100	87.3	64.4	>100
活性炭塔処理水	>100	>100	74.5	>100
<i>Positive Control</i>	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$
1,8-DNP	259	139	160	194
B[a]P	362	725	-	-
MMC	-	-	0.01154	0.01220
No. 16	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$	$\mu\text{L}/5\text{mL}^{*2}$
生物処理流入水	>100	>100	57.2	63.8
生物処理処理水	>100	>100	64.8	53.3
<i>Positive Control</i>	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$	$\mu\text{mol}/5\text{mL}$
1,8-DNP		544		243
B[a]P		383		-
MMC		-		0.00451

\*1 最小検出濃度とは、発光量積分値 (LU) が陰性対照系 (投与量0) の2倍となる濃度である。

\*2 抽出物1  $\mu\text{L}$  が原水1mLに相当する。

MeOH : メタノール、AcOEt : 酢酸エチル

1,8-DNP : 1,8-dinitropyrene、B[a]P : Benzo[a]pyrene、MMC : マイトマイシンC

## 5-4. まとめ

### 1) 水処理施設におけるダイオキシン類収支

収支結果から水処理施設でダイオキシン類が除去されていることが分かり、ほとんどのダイオキシン類が、水処理の過程で汚泥側に移行していた。したがって、ダイオキシン類を高濃度に含有する汚泥の適正な管理が必要である。

また、汚泥中のダイオキシン類を測定した2ヶ所の施設についてダイオキシン類収支を検討するために汚泥中のダイオキシン類の実測値と計算値を比較した。その結果、実測値は計算値の0.9～2倍となった。

### 2) 水処理工程ごとのダイオキシン類除去特性

凝集沈殿工程では、ダイオキシン類の除去効果は高く、除去率は30～99%であった。特に流入水でSS性割合の高い場合において除去率は顕著であった。

また、砂ろ過・活性炭吸着処理工程のダイオキシン類の除去では、SS性とも非SS性とも除去効果が高く、除去率は38～94%であった。

一方、生物処理工程のみの除去効果は、汚泥由来のSSに起因する影響により十分に把握できなかった。今後、精密調査が必要と考える。

水処理工程全体〔(第1凝集沈殿) + 生物処理 + 凝集沈殿処理 + 砂ろ過 + (活性炭吸着処理)〕では、流入水のダイオキシン類濃度190～8500pg/L (2.1～130pg-TEQ/L) に対して、処理水の濃度は4.9～120pg/L (0.0067～1.1pg-TEQ/L) まで低下した。除去率で示すと97～100% (97～100%TEQベース) であった。

### 3) 水処理過程の諸条件とダイオキシン類濃度の関係

水処理工程における一般水質項目 (COD、TOC、T-N、SS) とダイオキシン類濃度の挙動によると水処理工程を経るごとに減少している。適正な施設運転がダイオキシン類の低減化となる。

また、COD、TOC、SS濃度とダイオキシン類濃度は弱い正の相関が認められた。今回の実態調査の範囲では、 $SS \leq 10$ とするとダイオキシン類濃度は260pg/L (2.4pg-TEQ/L) 以下となった。

### 4) その他の水質項目に関する知見

#### (1) AOX

原水中および処理水中のAOX濃度は、それぞれ42～1300  $\mu$ gCl/L、19～250  $\mu$ gCl/Lであった。水処理施設においては、凝集沈殿、活性炭吸着処理の過程で減少している。また、水処理工程におけるAOXと非SS性ダイオキシン類濃度の関係では、施設No. 9、No. 14は類似した挙動を示したが、他の施設では異なった挙動を示していた。

そのほか、浸出水中のAOXとダイオキシン類との相関では弱い正の相関が見られた。

#### (2) バイオアッセイ指標

##### ① Microtox™ 試験

濃縮・抽出操作なしでは、処分場No. 4の生物処理後のサンプル、暴露時間5分のみにおいて希釈率100%付近で毒性が検出された、一方、酢酸エチルおよびメタノール抽出物では多くの試料で、特に酢酸エチル抽出物中に毒性がみられた。

## ②MRL試験

ほぼすべての試料の抽出物で何らかの遺伝子毒性が検出された。処理プロセスにおける増減には明確な傾向はなく、原水が必ずしも最大の遺伝子毒性活性を有するとならない。また、検出された遺伝子毒性活性はTOC等の他の一般的な水質項目、さらには、ダイオキシン類とも特に明確な関係はなかった。