

マイクロフィルム用資料

I S S N 0386 - 5878
土木研究所資料第3702号

土木研究所資料

水域での消毒副生成物生成能の 消長に関する研究報告書

平成12年2月

建設省土木研究所
下水道部水質研究室

Copyright © 2000 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

水域での消毒副生成物生成能の 消長に関する研究報告書

水質研究室 室 長 田中 宏明

主任研究員 白崎 亮

研 究 員 横田 敏宏*

研 究 員 松宮 洋介**

要 旨

水道水源の水質を守るための法律として、平成6年3月8日に「水道水源水質保全事業の実施の促進に関する法律」と「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」が公布された。後者の第5条では、都道府県知事は、指定地域において特定利水障害を防止するため指定水域の水質の保全に関し実施すべき施策に関する計画を定めなければならないとされている。この中で、水域の水質保全目標としては、トリハロメタン生成能濃度を定め、汚濁負荷量の推移を推計し、これに伴う指定水域の水質を予測するとともに、目標水質達成のための負荷量削減計画を策定することとしている。そこで、本報告では、トリハロメタン生成能等の水域での濃度予測に資するように、藻類の増殖・死滅、有機物の生分解に伴う消毒副生成物生成能の消長などについての研究をとりまとめた。

キーワード：トリハロメタン生成能、全有機ハロゲン化合物生成能、水質予測

* 現、地域振興整備公団都市整備事業部事業計画課課長代理

** 現、在ケニア日本大使館二等書記官

目 次

第1章 はじめに	
1. 1 研究の目的	1
1. 2 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基本方針の概要	1
1. 3 既往研究の概要	2
1. 4 トリハロメタン生成能の概要	2
1. 5 全有機ハロゲン化合物生成能の概要	3
第2章 藻類の増殖・死滅に伴う消毒副生成物生成能の消長	
2. 1 実験方法	4
2. 2 実験結果	4
第3章 付着藻類の消毒副生成物生成能に与える影響	
3. 1 実験方法	12
3. 2 実験結果	12
3. 3 実験方法	14
3. 4 実験結果	14
第4章 生活排水等に由来する消毒副生成物生成能の水域での消長	
4. 1 実験方法（藻類由来、生活排水由来、山林由来）	20
4. 2 実験結果	20
4. 3 実験方法（生活排水由来）	22
4. 4 実験結果	22
4. 5 実験方法（高度処理水）	24
4. 6 実験結果	24
4. 7 各発生源毎の挙動特性	24
第5章 底泥からの消毒副生成物生成能の溶出	
5. 1 実験方法	28
5. 2 実験結果	28
5. 3 ダムでの水深別測定	28
5. 4 測定結果	28
第6章 河川での実測値を用いた解析	
6. 1 測定方法	31
6. 2 解析結果	31
第7章 まとめ	34
参考文献	36
資料編	37

第1章 はじめに

1. 1 研究の目的

水道水源の水質を守るための法律として、平成6年3月8日に「水道水源水質保全事業の実施の促進に関する法律」と「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」が公布された。後者の第5条では、都道府県知事は、指定地域において特定利水障害を防止するため指定水域の水質の保全に関し実施すべき施策に関する計画（以下、「水質保全計画」）を定めなければならないとされている。さらに、水質保全計画の内容について、平成6年5月20日に告示された「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基本方針」では、指定水域の水質保全目標としては、トリハロメタン生成能（以下、「THMFP」）の濃度を定め、指定水域の THMFP に係る水質及び各種発生源からの汚濁負荷量に関する科学的調査に基づき、人口、産業等の動向を勘案して将来における汚濁負荷量の推移を推計し、これに伴う指定水域の水質への影響を予測することとしている。THMFP の水質予測を行うためには、発生源での負荷量を把握するだけでなく、水域での挙動を把握する必要がある。また、効果的な削減対策を行うためにも、THMFP の挙動把握は必要である。このため、本研究においては、THMFP や全有機ハロゲン化合物生成能（以下、「TOXFP」）といった消毒副生成物生成能について、藻類の増殖や生活排水等の生分解に伴う消長および付着性藻類の与える影響などについて把握するために実験等を行った。

なお、本報告書は、平成7年度から10年度まで実施した「水道水源河川における汚濁物質モデルに関する研究」中で行った研究結果をとりまとめたものである。

1. 2 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基本方針の概要

特定水道利水障害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第3条に基づき定められた「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基本方針」（平成6年5月20日総理府告示第17号）では、次のように方針が定められている。（抜粋）

第2 水質保全計画の策定その他指定水域の水質の保全のための施策に関する基本的な事項

1 水質保全計画の策定に関する基本的事項

法第5条の規定に基づく水質保全計画は、次に定めるところにより策定するものとする。

①指定水域における水質の保全に関する目標については、浄水場における浄水処理方法、水温、水素イオン濃度（pH）等を考慮して、特定水道利水障害を防止するために必要な公共用水域におけるトリハロメタン生成能の濃度として水質目標を設定するとともに、水質保全対策を総合的・計画的に推進することによる効果を踏まえ、その目標達成期間を定めること。

②指定水域のトリハロメタン生成能に係る水質及び各種発生源からの汚濁負荷量に関する科学的調査に基づき、人口、産業等の動向を勘案して将来における汚濁負荷量の推移を推計し、これに伴う指定水域への影響を予測すること。

2 指定水域の水質の保全のための施策に関する基本的な事項

(2) 指定水域の水質の汚濁の防止のための規制その他の措置に関する事項

水道水源特定事業場である工場・事業場について、その実態を調査し、地域特性や技術的可能性を勘案しつつ、所要の排水規制を行うものとし、排水口での濃度の管理が困難な畜舎については、その規模に応じ構造等に関する規制を行うものとする。また、排水基準及び構造基準に係る規制の対象とならない工場・事業場についても、所要の汚濁負荷の抑制に関する指導等を行うものとする。

(3) その他指定水域の水質の保全のために必要な措置に関する事項

生活雑排水による影響の大きな地域においては、未処理の生活雑排水対策として台所対策等の住民自ら行う対策の普及啓発の推進を図るものとする。

面源である農地から流出する汚濁負荷については、その実態の把握に努めつつ、営農の実情に即して適切な措置を講ずるものとする。また、市街地等から降雨等に伴い流出する汚濁負荷についても、実態把握に努めつつ実施可能な対策を検討の上、必要な措置を講ずるものとする。

この基本方針をふまえた指定水域での THMFP の濃度予測を行うためには、各発生源での汚濁負荷量の調査だけではなく、流達過程での変化量や閉鎖性水域での変化量を把握する必要がある。

1. 3 既往研究の概要

藻類の増殖・代謝は THMFP の消長の要因の 1 つとなるが、藻類の種類により THMFP 生成特性が異なること^{1) 2) 3) 4)}、代謝産物だけではなく死滅後の細胞からの溶出物質の影響が大きくなること^{1) 2) 5)} などが報告されている。

共存する物質の THMFP に与える影響としては、臭素イオンについて研究が行われており、次亜塩素酸や次亜塩素酸イオンにより臭素イオンが酸化されて生成する次亜臭素酸や次亜臭素酸イオンの方がフミン酸と反応してトリハロメタン (THM) を生成しやすいと報告されている⁶⁾。

THMFP の下水処理における除去率は、全国 13 処理場を対象にした調査では、最初沈殿で 14%、二次処理で 62%という除去率が得られ、溶解性の COD_{Cr} 等との相関があると報告されている⁷⁾。また、事業所排水に対する活性汚泥処理では、THMFP、TOXFP の除去率は BOD、TOC を指標とした場合に比べて低いことが報告されている⁸⁾。

1. 4 トリハロメタン生成能の概要

トリハロメタン (THM) とは、メタンの 4 個の水素原子のうち、3 個がハロゲン原子で置換された化合物の総称である。このうち、水中に比較的高い頻度で検出されるものは、クロロホルム、ブロモジクロロメタン、ジブロモクロロメタン及びブロモホルムであり、通常トリハロメタンとはこれら 4 種の化合物の総称である。トリハロメタンは、浄水処理過程で消毒用の塩素と原水中の有機物質が反応して生成される消毒副生成物であり、この有機物質をトリハロメタン前駆物質と呼び、その代表的なものは、生活雑排水、し尿、工場排水などに含まれる有機物質である。トリハロメタン前駆物質は完全には解明されていないため、その生成能を把握する必要性が生じており、一定の条件 (20℃、pH7.0、塩素接触時間 24 時間後の遊離残留塩

素 1 ～ 2mg/l) で、試料の塩素処理を行って生成したトリハロメタン総量をトリハロメタン生成能 (THMFP) と呼び、環境庁告示 30 号ではその試験方法が定められている。また、一般に、トリハロメタンは、塩素注入量、水温、pH、塩素との接触時間、臭素イオン等の因子に依存して生成量が異なる。

トリハロメタンは発ガン性の疑いがあり、浄水工程ではその生成抑制対策が行われている。トリハロメタンの低減対策としては、水源の変更、塩素注入方式の変更、粉末活性炭処理、粒状活性炭処理等の処理法が利用されている。なお、水道水の水質基準としては、総トリハロメタンで 0.1mg/l が基準値とされている。

1. 5 全有機ハロゲン化合物生成能の概要

全有機ハロゲン化合物 (TOX) とは、水中に含まれる有機ハロゲン化合物の総量を塩素の量として表すものであり、塩素消毒で生成する水中のトリハロメタンは全有機ハロゲン化合物の 20-30 % にすぎず、その他は不揮発性の有機ハロゲン化合物が大部分を占めているとの報告がある⁹⁾。全有機ハロゲン化合物濃度は X^- (ハロゲンを X で表示) を AgX にするのに必要な Ag^+ 量から求めるため、 Ag^+ と沈殿を作らないフッ素化合物は含まれない。塩素処理により生じるトリハロメタン以外の有機塩素化合物には、発ガン性の大きい物質も含まれる。例えば、パルプ工場の塩素処理排水からは変異原性が極めて強い 3-クロロ-4 (ジクロロメチル) -5 ヒドロキシ-2 (5H) -フラノン ($C_9H_7Cl_2O_3$) が検出されている。

一定の条件 (20 ℃、pH7.0、塩素接触時間 24 時間後の遊離残留塩素 1 ～ 2mg/l) で、試料の塩素処理を行って生成した全有機ハロゲン化合物を全有機ハロゲン化合物生成能 (TOXFP) といい、水道水源としての安全性の指標等となる。

第2章 藻類の増殖・死滅に伴う消毒副生成物生成能の消長

2. 1 実験方法

手賀沼の手賀沼公園、霞ヶ浦の土浦港、牛久沼の荻崎大橋で各々約 200 l の湖水を採水し、孔径 1 μ m のガラスファイバーろ紙でろ過した後、硝酸カリウムとリン酸ナトリウムを用いて、各湖水の栄養塩濃度を表-1 のように調整した。

表-1 各湖水の栄養塩初期濃度

	アンモニウム態窒素 (mg/l)	亜硝酸態窒素 (mg/l)	硝酸態窒素 (mg/l)	総窒素 (mg/l)	オルトリン酸態リン (mg/l)	総リン (mg/l)
手賀沼	1.12	0.27	6.30	9.49	1.00	1.19
霞ヶ浦	1.19	0.31	5.73	7.61	0.99	0.99
牛久沼	0.01	0.04	5.69	5.94	0.85	0.85

次に、20℃の恒温室内で、約 6000 ルクスの白色蛍光灯、容量 200 l のバケツを用いて、平成7年11月14日より58日間明条件で、さらに引き続き42日間暗条件で藻類の培養を行った。なお、藻類の植種は行わず、攪拌条件下で培養を行った。各湖水について、Chl-a、E260（波長 260nm の紫外吸光度）、D-TOC、CODcr、D-CODcr、THMFp、D-THMFp、TOXFP、D-TOXFP 等の分析を行った。なお、溶存態の測定は孔径 1 μ m のガラスファイバーろ紙を用いて、ろ過を行った後に分析を行い、粒子態については、未ろ過の試料濃度と溶存成分との差として算出した。

2. 2 実験結果

図-1、図-2、図-3に各湖水の Chl-a 濃度の時系列変化を示す。各湖水とも対数増殖期と死滅期が見られた。図中の近似曲線は、Chl-a 濃度が最大値を示す前のデータを対数増殖期、それ以降を死滅期として一次反応で近似したものである。手賀沼、霞ヶ浦では実験開始後、Chl-a 濃度が指数関数的に増加し、29日目に最大値に達した後、一次反応的に減少し死滅期に移行している。一方、牛久沼は実験開始後、同様に指数関数的に増加し、58日目に最大値に達した後、一次反応的に減少している。

図-4、図-5、図-6に各湖水の P-THMFp 濃度の経時変化を、図-7、図-8、図-9に各湖水の D-THMFp 濃度の経時変化を示す。図-4、図-5、図-6、図-9は最大値を示す前と、それ以降で各々一次反応と近似し、図-7、図-8については、全期間を一括して一次反応で近似した。この結果より、手賀沼の P-THMFp 濃度は Chl-a 濃度が一次反応的に減少している間も増加していることが示されている。また、霞ヶ浦の P-THMFp 濃度は、24日目に最大値に達しその後減少に転じており、比較的 Chl-a 濃度と同様な変化となっているが、牛久沼の P-THMFp 濃度は変動が大きく、明確な傾向が見られない。

各湖沼ごとに、Chl-a 濃度を対数増殖期と死滅期に分け、P-THMFp 濃度と Chl-a 濃度及び P-CODcr 濃度の相関関係、D-THMFp 濃度と E260、D-TOC 濃度及び D-CODcr 濃度の相関関係を検討するために、相関関係

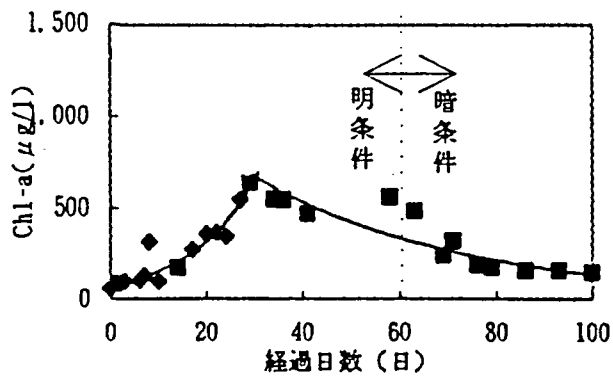


図-1 手賀沼のChl-a濃度の時系列変化

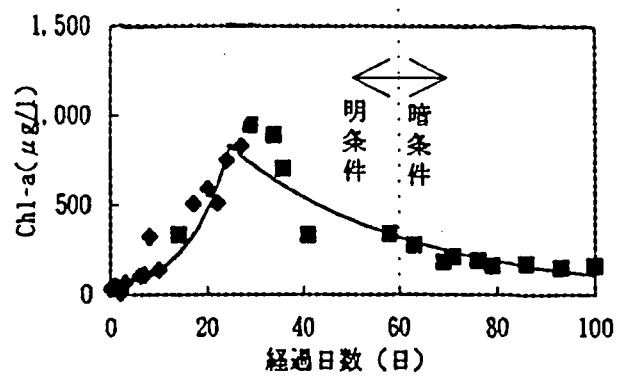


図-2 葎ヶ浦のChl-a濃度の時系列変化

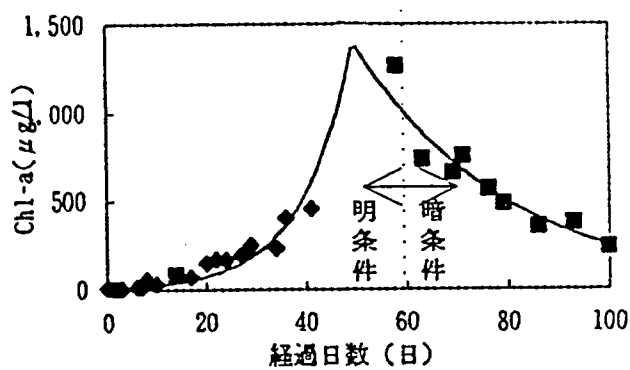


図-3 牛久沼のChl-a濃度の時系列変化

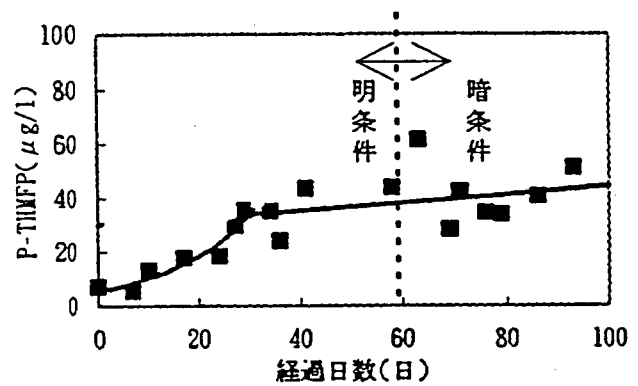


図-4 手賀沼のP-THMFP濃度の時系列変化

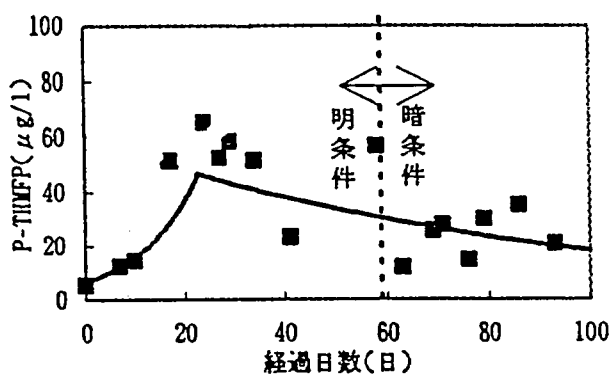


図-5 葎ヶ浦のP-THMFP濃度の時系列変化

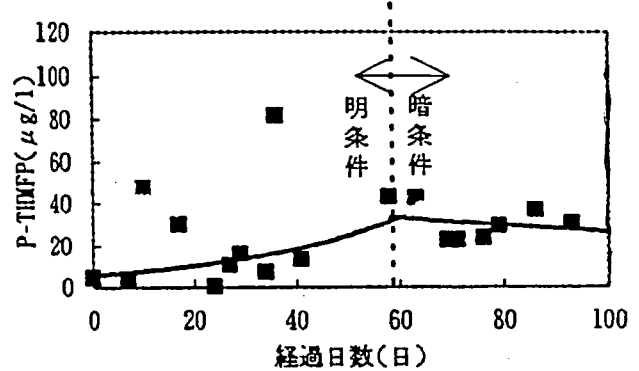


図-6 牛久沼のP-THMFP濃度の時系列変化

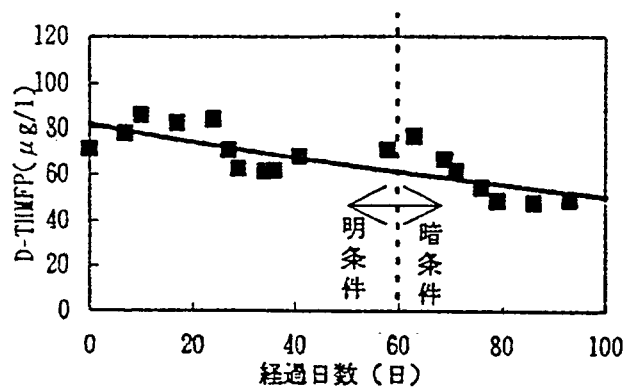


図-7 手賀沼のD-THMFP濃度の時系列変化

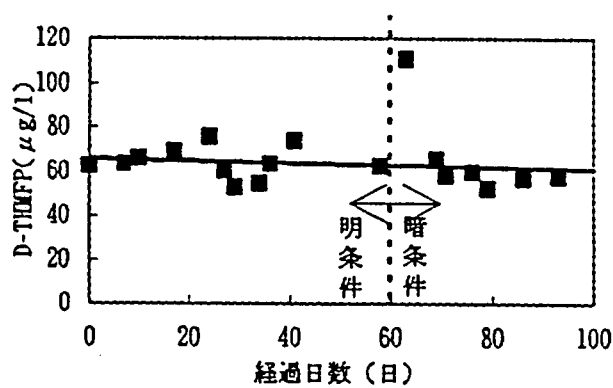


図-8 霞ヶ浦のD-THMFP濃度の時系列変化

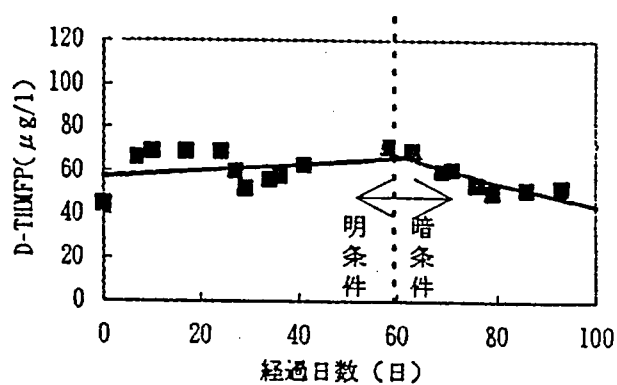


図-9 中久沼のD-THMFP濃度の時系列変化

に直線性を仮定した時の相関係数の 2 乗 (R^2) とデータ数 (N) を、それぞれ表-2、表-3 に示す。

表-2 P-THMFP 濃度と Chl-a 濃度及び P-CODcr 濃度との R^2 、N

		Chl-a		P-CODcr	
		R^2	N	R^2	N
手賀沼	対数増殖期	0.94	7	0.012	5
	死滅期	0.0003	12	0.59	10
	全体	0.17	19	0.14	15
霞ヶ浦	対数増殖期	0.89	7	0.34	5
	死滅期	0.53	11	0.32	10
	全体	0.69	18	0.35	15
牛久沼	対数増殖期	0.13	11	0.0019	9
	死滅期	0.16	8	0.51	6
	全体	0.12	19	0.021	15

表-3 D-THMFP 濃度と E260、D-TOC 濃度及び D-CODcr 濃度との R^2 、N

		E260		D-TOC		D-CODcr	
		R^2	N	R^2	N	R^2	N
手賀沼	対数増殖期	0.29	5	0.29	5	0.13	5
	死滅期	0.0022	10	0.019	12	0.081	10
	全体	0.29	15	0.0024	17	0.0043	15
霞ヶ浦	対数増殖期	0.14	5	0.34	5	0.11	5
	死滅期	0.085	10	0.089	9	0.16	10
	全体	0.0034	15	0.049	14	0.094	15
牛久沼	対数増殖期	0.0002	8	0.23	9	0.079	9
	死滅期	0.0078	7	0.33	8	0.10	6
	全体	0.010	15	0.040	17	0.11	15

この結果から、対数増殖過程においては、P-THMFP 濃度と Chl-a 濃度が手賀沼、霞ヶ浦では強い相関が認められ、死滅過程では、全ての湖水について P-THMFP 濃度と P-CODcr 濃度との相関性がやや高かったが、その他の項目については相関が認められなかった。

次に、THMFP 濃度と CODcr 濃度との R^2 と N を表-4 に示す。

表-4 THMFP 濃度と CODcr との R^2 、N

	R^2	N
手賀沼	0.71	14
霞ヶ浦	0.41	14
牛久沼	0.039	14

この結果からは粒子性、溶存性、対数増殖期、死滅期を区分せずに評価した場合、THMFP 濃度と CODcr 濃度とは、手賀沼と霞ヶ浦で弱い相関が認められた。

次に、図-10、図-11、図-12に各湖水の P-TOXFP 濃度の経時変化を、図-13、図-14、図-15に D-TOXFP 濃度の経時変化を示す。図中の曲線は、Chl-a 濃度が最大値を示す前後で、それぞれ一次反応として近似したものである。各湖水の P-TOXFP 濃度は、対数増殖期には指数的に増加し、死滅期には一次反応的に減少する傾向があった。また、D-TOXFP 濃度は、対数増殖期においては増加し、死滅期にはほぼ横這いとなった。

各湖沼ごとに、Chl-a 濃度を対数増殖期と死滅期に分け、P-TOXFP 濃度と Chl-a 濃度及び P-CODcr 濃度の相関関係、D-TOXFP 濃度と E260、D-TOC 濃度及び D-CODcr 濃度の相関関係を検討するために、相関関係に直線性を仮定した時の相関係数の 2 乗(R^2)とデータ数(N)を、それぞれ表-5、表-6 に示す。

表-5 P-TOXFP 濃度と Chl-a 濃度及び P-CODcr 濃度との R^2 、N

		Chl-a		P-CODcr	
		R^2	N	R^2	N
手賀沼	対数増殖期	0.69	7	0.13	5
	死滅期	0.24	12	0.10	10
	全体	0.31	19	0.10	15
霞ヶ浦	対数増殖期	0.87	7	0.49	5
	死滅期	0.76	11	0.37	10
	全体	0.79	18	0.43	15
牛久沼	対数増殖期	0.75	11	0.31	9
	死滅期	0.41	8	0.18	6
	全体	0.68	19	0.37	15

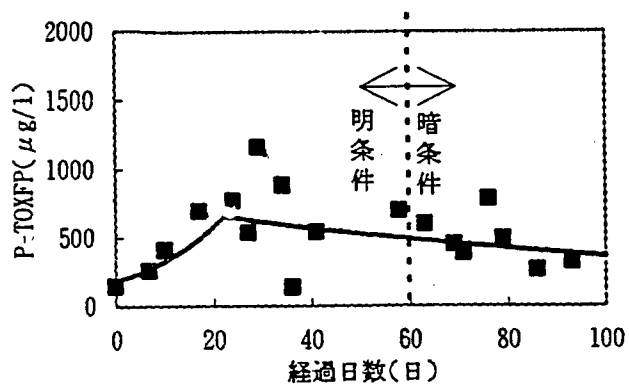


図-10 手賀沼のP-TOXFP濃度の時系列変化

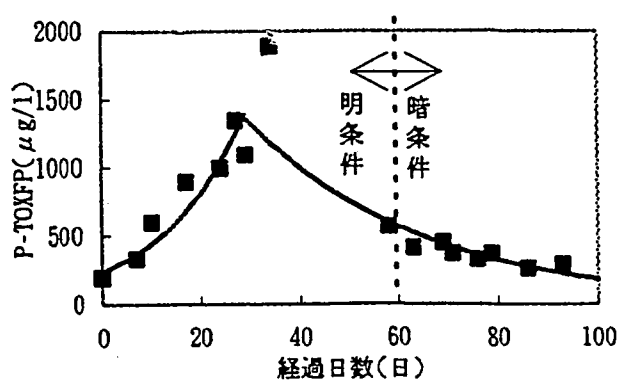


図-11 霞ヶ浦のP-TOXFP濃度の時系列変化

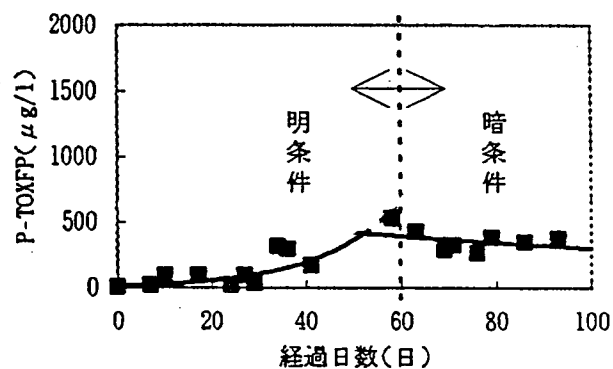


図-12 牛久沼のP-TOXFP濃度の時系列変化

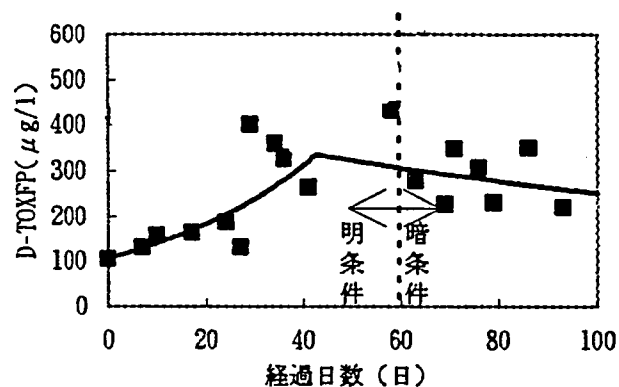


図-13 手賀沼のD-TOXFP濃度の時系列変化

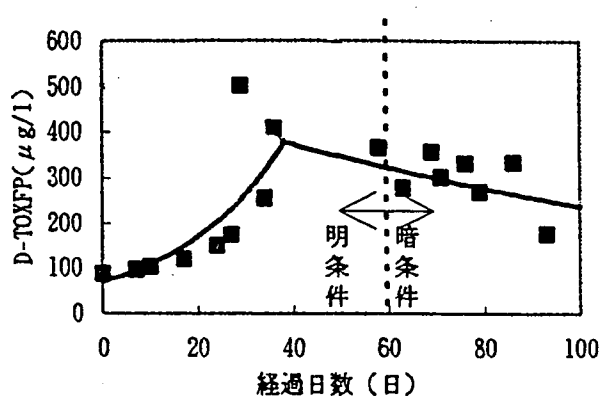


図-14 霞ヶ浦のD-TOXFP濃度の時系列変化

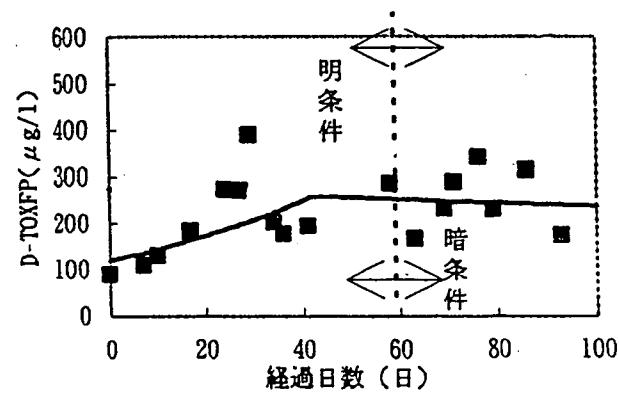


図-15 牛久沼のD-TOXFP濃度の時系列変化

表－6 D-TOXFP 濃度と E260、D-TOC 濃度及び D-COD_{Cr} 濃度との R²、N

		E260		D-TOC		D-COD _{Cr}	
		R ²	N	R ²	N	R ²	N
手賀沼	対数増殖期	0.023	5	0.088	5	0.0042	5
	死滅期	0.19	10	0.29	12	0.58	10
	全体	0.10	15	0.16	17	0.0099	15
霞ヶ浦	対数増殖期	0.75	5	0.69	5	0.073	5
	死滅期	0.36	10	0.098	9	0.032	10
	全体	0.26	15	0.029	14	0.0074	15
牛久沼	対数増殖期	0.52	8	0.036	9	0.0064	9
	死滅期	0.19	7	0.024	8	0.0000	6
	全体	0.35	15	0.041	17	0.0032	15

この結果から、対数増殖過程においては、P-TOXFP 濃度と Chl-a 濃度とに 3 湖沼とも強い相関が認められ、死滅過程でも、霞ヶ浦においては P-TOXFP 濃度と Chl-a 濃度に強い相関が認められた。また、対数増殖期では、霞ヶ浦の D-TOXFP 濃度が E260、D-TOC 濃度との間で相関が認められた。その他の項目については相関が認められなかった。

次に、TOXFP 濃度と COD_{Cr} 濃度との R²と N を表－7 に示す。

表－7 TOXFP 濃度と COD_{Cr} との R²、N

	R ²	N
手賀沼	0.015	14
霞ヶ浦	0.55	14
牛久沼	0.41	14

この結果からは粒子性、溶存性、対数増殖期、死滅期を区分せずに評価した場合、TOXFP 濃度と COD_{Cr} 濃度とは、霞ヶ浦と牛久沼で弱い相関が認められたが、手賀沼では相関性はなかった。

次に、各湖沼毎の THMFP 濃度と TOXFP 濃度の R²と N を表－8 に示す。

表-8 THMFP 濃度と TOXFP 濃度の R^2 、N

		P-THMFP と P-TOXFP		D-THMFP と D-TOXFP		THMFP と TOXFP	
		R^2	N	R^2	N	R^2	N
手賀沼	対数増殖期	0.71	7	0.29	7	0.41	7
	死滅期	0.0007	12	0.055	12	0.032	12
	全体	0.062	19	0.22	19	0.14	19
霞ヶ浦	対数増殖期	0.8	7	0.45	7	0.57	7
	死滅期	0.33	12	0.016	12	0.22	12
	全体	0.45	19	0.024	19	0.34	19
牛久沼	対数増殖期	0.26	11	0.0017	11	0.17	11
	死滅期	0.74	8	0.034	8	0.39	8
	全体	0.26	19	0.022	19	0.11	19

手賀沼、霞ヶ浦の対数増殖期及び牛久沼の死滅期の P-THMFP と P-TOXFP は相関性が認められたが、その他の場合は明確な相関性は認められなかった。

このように、各湖水、各状態によって相関性に差が見られたのは、藻体とろ液中の代謝生成物や分解生成物の消毒副生成物生成能に対する量的な関係が藻類の種類や増殖段階等によって異なる^{1) 2) 3) 4)}ためであると考えられる。

第3章 付着藻類の消毒副生成物生成能に与える影響

3. 1 実験方法

土木研究所内の屋外に設置されているステンレス製還流水路（全長 290m、深さ 500mm、上端幅 1,500mm、勾配 1/1,000）を用いて、付着藻類の THMFP に与える影響を把握する実験を行った。

実験を開始する前に、窒素、リン濃度を硝酸カリウム及びリン酸水素二カリウムを用い、それぞれ 20mg N/l、2mgP/l に調整した水道水により、約 2 ヶ月間循環運転を行い、藻類を水路に付着させた。藻類が付着した後、窒素、リン濃度は同じ条件のまま、循環運転から流下運転に切り替え、3 日の間隔を明けた後に測定を開始した。

水理条件は、流量 50l/min、水深約 2cm、流速 4.8m/min、滞留時間 1.04 時間であり、流入水として水路手前のタンクより、流出水として水路末端より、それぞれ 1 時間間隔で 24 時間採水を行った。また、日射量、気温、DO 等については現地測定を行い、付着藻類については流入部、中間部、流出部でそれぞれ 0.1m² づつ、実験開始時及び終了時に同じ場所で採取した。THMFP の測定に関しては、塩素添加前にすでに試料中に存在していた THM 濃度を減じて算出を行った。

3. 2 実験結果

日射量、気温の変化を図－16、溶存酸素の変化を図－17 に示す。流入水は日射量より、10 月 16 日 13 時～18 時、10 月 17 日 6 時～13 時を昼、10 月 16 日 18 時～17 日 6 時までを夜として各時刻に採水した試料のコンボジットを行い、流入は全時刻の採水試料のコンボジットを行った後、分析を行った。結果を表－9、表－10 に示す。

表－9 流入水及び流出水の水質

	COD (mg/l)	TOC (mg/l)	SS (mg/l)	Chl-a (μ g/l)	K-N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	T-P (mg/l)
流入	7.45	3.67	2.2	0.14	0.17	0.42	0.04	18.18	1.87	1.87
流出 昼	25.68	4.10	7.3	24.83	0.51	0.24	0.05	18.50	1.33	1.52
流出 夜	20.64	3.72	8.2	31.69	0.21	0.15	0.02	18.09	2.15	2.15

表－10 流入水及び流出水の水質

	THMFP (μ g/l)	CH ₃ Cl (μ g/l)	CHCl ₂ Br (μ g/l)	CHClBr ₂ (μ g/l)	CHBr ₃ (μ g/l)	TOXFP (μ g/l)
流入	40.44	8.45	10.26	12.70	9.03	47.50
流出 昼	45.69	22.25	12.44	8.93	2.07	203.94
流出 夜	22.06	12.66	5.91	3.49	0.00	149.07

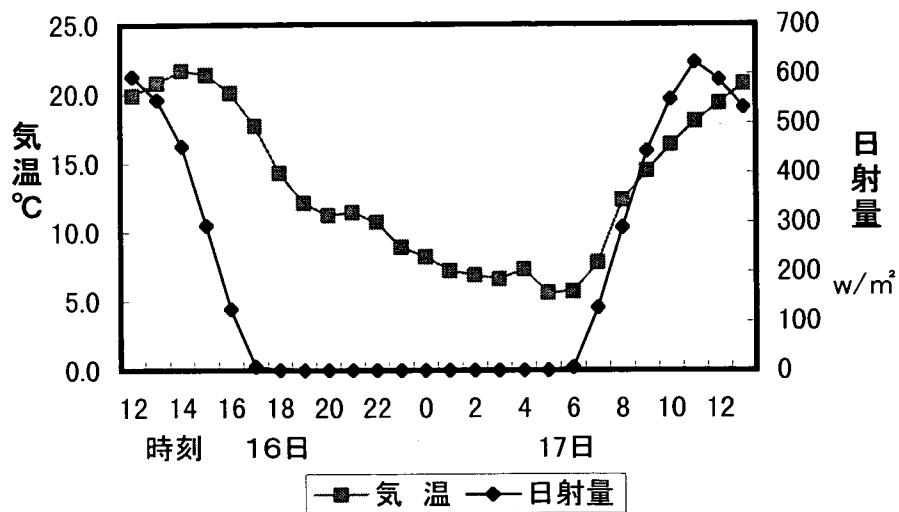


図-16 日射量、気温の変化

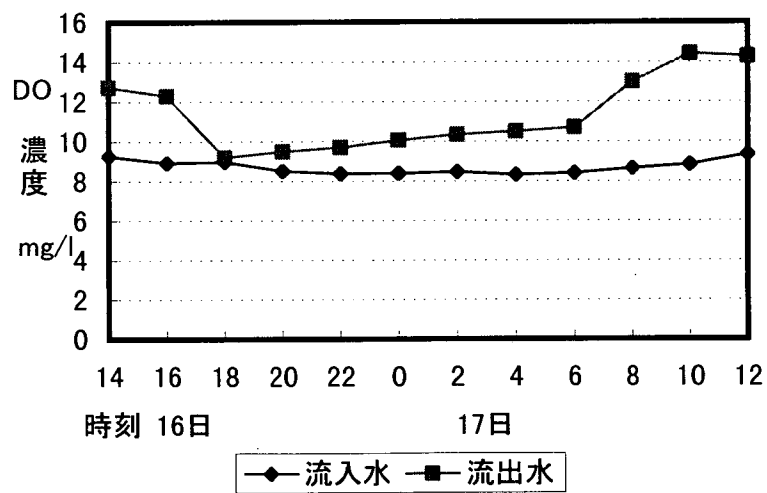


図-17 流入、流出水の溶存酸素濃度の変化

THMFP の内訳については、水道水等に由来すると推定される臭素イオンが原因となり、ジクロロブロモメタン等の臭素化合物の生成能がクロロホルムの生成能に対して相対的に生成量が大きかった。また、THMFP は夜間は流入水より流出水の濃度が小さく、流入水中の THMFP が沈降や吸着により減少していることが推測された。次に、流入部、中間部、流出部の 3 地点（各 0.1m²）で採取した付着性藻類量より、水路全体（156m²）の藻類量等を算出した結果を表－11 に示す。なお、実験開始時に採取した地点の実験後の付着量を増加分とした。藻類の付着状況を写真－1、写真－2 に示す。

表－11 付着藻類量等の変化

	COD _{cr}	SS	Chl-a
実験前	516.36g	3.02kg	23.17g
増加分	13.15g	0.26g	4.38mg

流入水中の THMFP が昼間も夜間と同様に減少していると仮定すると、藻類が付着した河床の単位面積当たりから生成される THMFP は 5.5(kg/km²・日)となり、臭素化合物の影響を除くためクロロホルム換算値を用いても 4.3(kg/km²・日)となり、合田等の報告¹⁰⁾ による代カキ期の田と同程度の高い値となった。なお、TOXFP については 59.5(kg/km²・日)となった。

3. 3 実験方法

3. 1 節に述べたステンレス製還流水路を用いて、藻類の付着量の違いによる水質への影響を把握する目的で実験を行った。

実験を開始する前に、窒素、リン濃度を硝酸カリウム及びリン酸水素二カリウムを用い、それぞれ 10mg N/l、1mgP/l に調整した水道水により、約 1 ヶ月間循環運転を行い、藻類を水路に付着させた。次に、水路ごとに付着藻類量を変化させるために、硝酸カリウム及びリン酸水素二カリウムを用いて、第 3 水路は、窒素、リン濃度を 5mgN/l、0.5mgP/l に調整し、第 5 水路は窒素、リン濃度を 2mgN/l、0.2mgP/l に調整し、約 1 ヶ月間循環運転を行った後、循環運転から流下運転に切り替え、翌日に測定を開始した。

水理条件は、流量 50l/min、水深約 2cm、流速 4.8m/min、滞留時間 1.0 時間であり、流入水として水路手前のタンクより、流出水として水路末端より、それぞれ約 12 時間採水を行い、水質分析を行った。また、日射量、水温、DO 等については現地測定を行った。なお、コントロールとして栄養塩を添加しない水路（第 4 水路）でも、流入水、流出水の水質測定を行った。また、気温、日射等による影響を把握するために、10 月 1 日（秋）と 12 月 1 日（冬）の 2 回実験を行った。

3. 4 実験結果

秋の日射量の変化を図－18、気温の変化を図－19 に、流入水、流出水の THMFP 濃度を表－12、D-THMFP 濃度を表－13、TOXFP 濃度を表－14、D-TOXFP 濃度を表－15 に示す。

冬の日射量の変化を図－20、気温の変化を図－21 に、流入水、流出水の THMFP 濃度を表－16、TOXFP

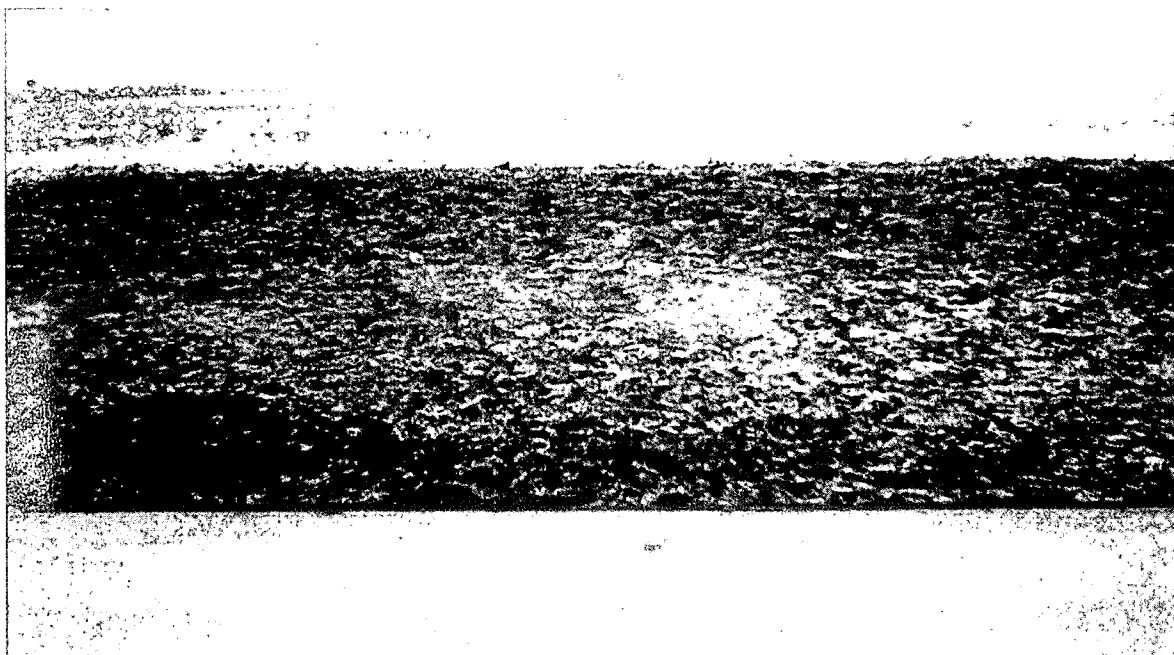


写真-1 藻類の付着状況

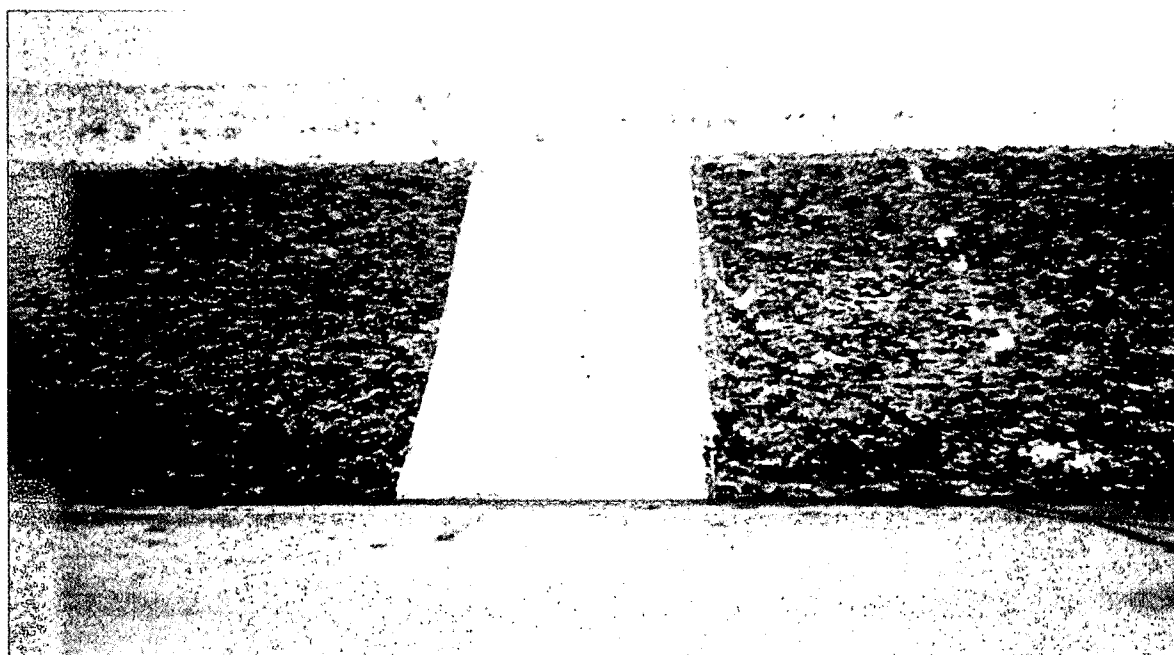
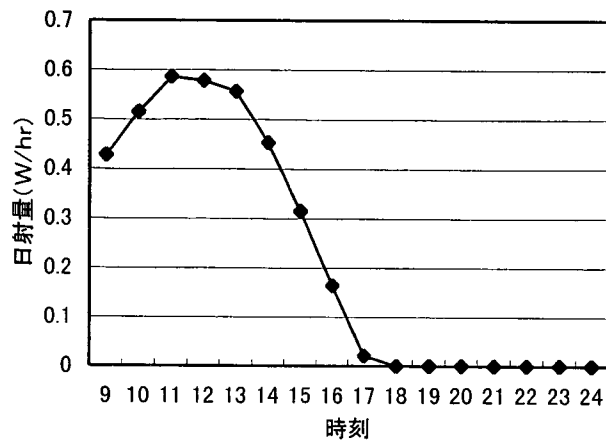
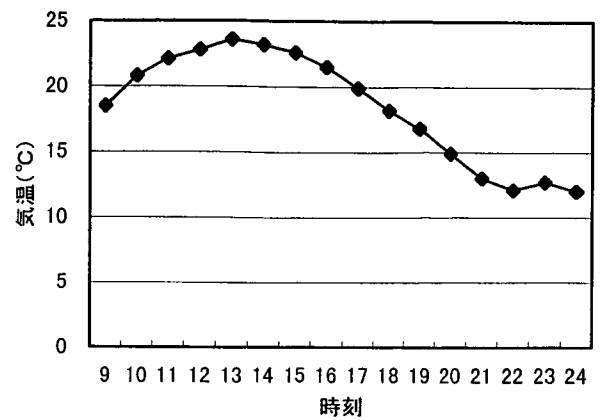


写真-2 藻類の剥離

濃度を表－17に示す。



図－18 日射量の変化



図－19 気温の変化

表－12 流入水及び流出水の THMFP 濃度 (秋)

時刻	単位 (μ g/l)					
	第 3 水路		第 5 水路		第 4 水路	
	流入	流出	流入	流出	流入	流出
9	18.88	13.52	11.84	10.51	11.91	14.83
13	12.50	11.16	12.78	10.61	13.83	13.20
17	12.76	9.43	12.51	9.07	10.32	9.81
19	11.55	9.34	12.19	10.22	11.80	10.43

表－13 流入水及び流出水の D-THMFP 濃度 (秋)

時刻	単位 (μ g/l)					
	第 3 水路		第 5 水路		第 4 水路	
	流入	流出	流入	流出	流入	流出
9	13.28	11.12	14.68	11.35	12.21	13.01
13	12.24	10.52	14.78	11.33	13.89	13.43
17	12.55	9.32	13.43	10.00	13.17	11.92
19	11.26	10.78	12.24	10.23	12.11	

表-14 流入水及び流出水の TOXFP 濃度 (秋)

単位 (μ g/l)

時刻	第3水路		第5水路		第4水路	
	流入	流出	流入	流出	流入	流出
9	125.39	153.11	133.16	181.14	112.02	115.89
19	112.42	132.73	74.61	143.94	79.95	84.58

表-15 流入水及び流出水の D-TOXFP 濃度 (秋)

単位 (μ g/l)

時刻	第3水路		第5水路		第4水路	
	流入	流出	流入	流出	流入	流出
9	135.31	157.20	148.98	127.93	64.63	118.61
19	59.88	77.55	115.53	73.83	149.6	127.03

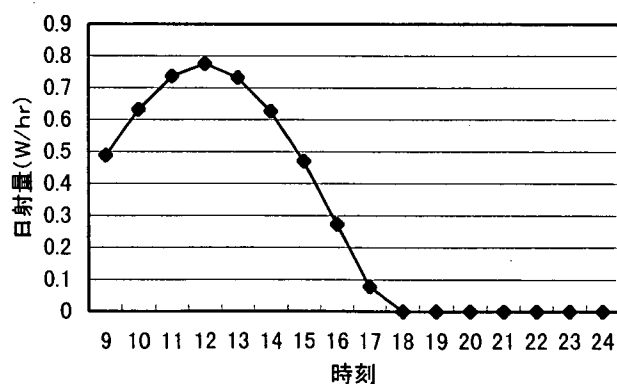


図-20 日射量の変化

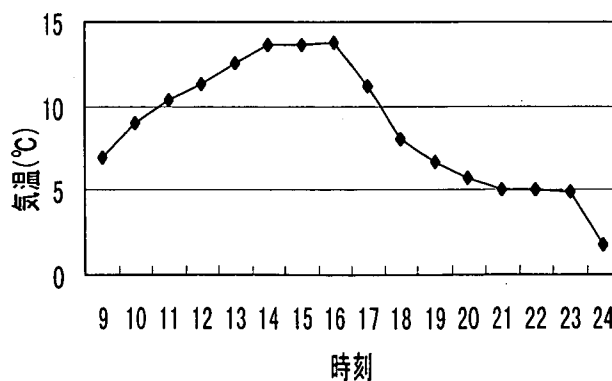


図-21 気温の変化

表-16 流入水及び流出水の THMFP 濃度 (冬)

時刻	単位 (μ g/l)					
	第3水路		第5水路		第4水路	
	流入	流出	流入	流出	流入	流出
1 0	29.16	35.35	25.57	20.76	26.30	15.90
1 2	23.01	24.84	23.68	20.97	22.82	15.96
1 4	22.28	25.28	24.43	19.64	23.14	17.10
1 6	22.90	21.44	24.45	20.42	22.49	19.15
1 8	22.34	32.29	24.20	26.44	43.23	15.66
2 0	29.73	21.68	24.90	30.97	20.44	15.32

表-17 流入水及び流出水の TOXFP 濃度 (冬)

時刻	単位 (μ g/l)					
	第3水路		第5水路		第4水路	
	流入	流出	流入	流出	流入	流出
1 2	28.16	38.54	12.62	21.81	0.33	1.55
1 6	15.95	43.11	4.88	17.84	22.63	15.79
2 0	44.62		14.69	93.82		16.17

表-12、表-13から付着性藻類の有無、付着藻類の量の大小による THMFP の流下過程での挙動の違いはなかった。

表-16からは付着性藻類量の有無による THMFP の挙動の違いが見られた。ブランクの第4水路では、何らかの機構により THMFP 濃度が減少しているため、この減少が第3水路及び第5水路でも生じていると仮定し、この減少分を第3水路と第5水路における流出濃度と流入濃度との差に加えた濃度の経時変化を図-22に示す。この図-22より、付着性藻類量が多い第3水路の方が第5水路よりも THMFP の生成量が多く、付着性藻類量の大小が THMFP の生成量に与える影響が見られた。

秋と冬で結果に差が見られた原因を考察すると、日射量が冬の方が大きく、この影響があったことも推測されるが確定はできなかった。

TOXFP についても、ブランクの減少分を流出濃度と流入濃度との差に加えた増加分は表-18、表-19のようになる。

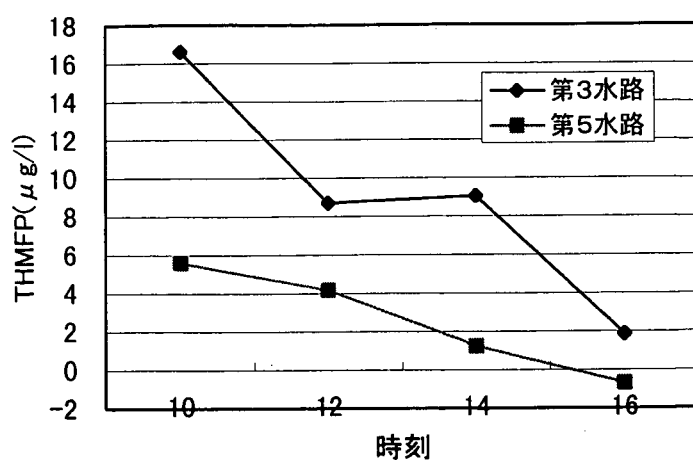


図-22 生成されたTHMFP

表-18 付着藻類による TOXFP 生成量 (秋)

(単位: μ g/l)

時刻	第3水路	第5水路
9	23.85	44.11
19	15.68	64.70

表-19 付着藻類による TOXFP 生成量 (冬)

(単位: μ g/l)

時刻	第3水路	第5水路
12	9.16	7.97
16	34.00	19.80

表-18、表-19より、藻類の有無により TOXFP の生成量が増加することがわかったが、付着性藻類量の大小による違いは見られなかった。

第4章 生活排水等に由来する消毒副生成物生成能の水域での消長

4. 1 実験方法（藻類由来、生活排水由来、山林由来）

藻類由来の試料としては、以下の方法により藻類以外の影響を取り除き実験用試料とした。

霞ヶ浦より採水した水を $74\ \mu\text{m}$ のふるいによりろ過した後、孔径 $1.2\ \mu\text{m}$ のガラスファイバーろ紙により 300ml をろ過して藻類を捕集し、ろ紙上の藻類を純水 100ml で洗浄した。そして、ろ紙ごと超音波破碎（ 200W 、 5分 ）を行い、藻類を分散させ、次に、観葉植物用肥料（窒素全量 10.00% 、（うちアンモニア性窒素 0.22% 、硝酸性窒素 0.22% ）、水溶性リン酸 3.0% ）を純水で 200 倍に希釈して作成した培地 10l に、ろ紙上の藻類を分散させた試料を投入し、約 12 時間の明暗サイクル（照度約 1000ルクス ）、 20°C において培養を行い、実験用の試料とした。培養期間中の Chl-a 濃度の変化を図-23 に示す。

山林由来の試料としては、流域の土地利用が主に森林で人家がほとんどない筑波山麓の山口川より採水を行った。

生活排水由来の試料としては、霞ヶ浦流入河川の新川及び手賀沼流入河川の大堀川の河川直接浄化施設の直上流地点で採水を行った。

実験は、それぞれの試料 5l を培養瓶に入れ密閉した状態で 20°C の暗所に置き、スターラーにより緩速攪拌を行った。THMFP、TOXFP の分析は、前処理として超音波による分解を行い、ろ過には GF/C ろ紙を使用した。

4. 2 実験結果

各試料の実験開始時の水質を表-20 に示す。

表-20 各試料の水質

（単位:mg/l E260 を除く）

試料の種類	SS	E260	TOC	D-TOC	CODcr	D-CODcr	BOD	D-BOD
藻類	50.0	0.098	40.8	12.6	34.3	12.6	15.8	3.4
大堀川	8.9	0.070	9.5	7.3	8.5	6.9	6.8	3.4
新川	34.6	0.129	9.6	6.4	10.1	5.6	5.5	1.6
山林	1.4	0.018	1.3	1.2	1.7	1.2	0.7	0.5

THMFP 濃度、TOXFP 濃度、D-THMFP 濃度、D-TOXFP 濃度の経時変化を、それぞれ図-24、図-25、図-26、図-27 に示す。

山林由来の試料は、THMFP、TOXFP とも、濃度が実験開始時より小さく、また減少量も小さかった。これは、山林由来の試料が既に生分解を受けているためと考えられる。

生活排水由来の試料は、THMFP 濃度、TOXFP 濃度については、大堀川の試料はほとんど変化せず、新川の試料は緩やかにではあるが減少した。D-THMFP 濃度については、大堀川、新川の試料とも緩やかに減少

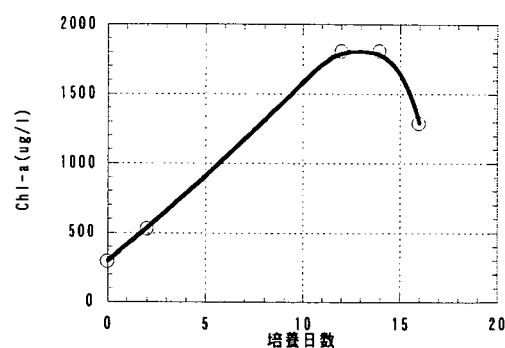


図-2 3 培養期間中の Chl-a 濃度の変化

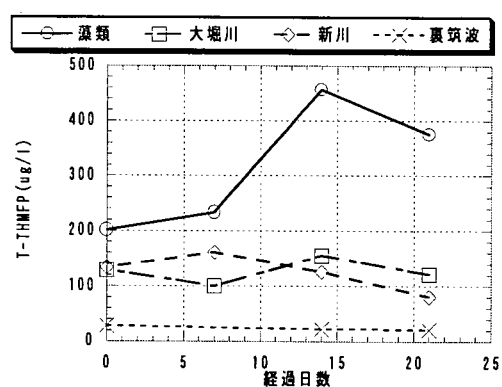


図-2 4 THMFP 濃度の経時変化

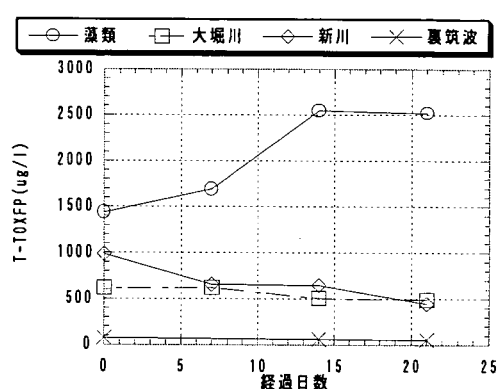


図-2 5 TOXFP 濃度の経時変化

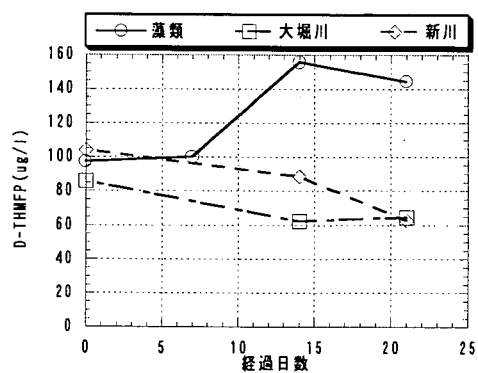


図-2 6 D-THMFP 濃度の経時変化

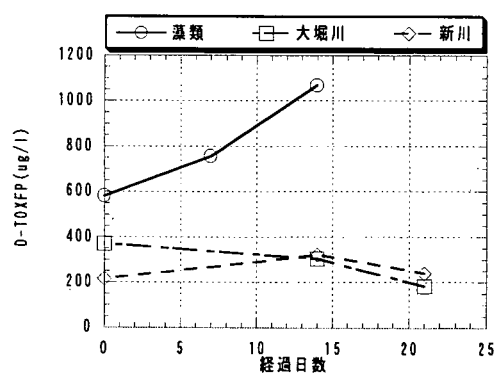


図-2 7 D-TOXFP 濃度の経時変化

したが、D-TOXFP 濃度については、大堀川の試料は緩やかに減少したものの、新川の試料は明確な傾向が見られなかった。

藻類由来の試料は、実験開始時と比較して4項目全てで増加する傾向が確認され、分解過程において消毒副生成物生成能が増加することがわかった。

この結果から、THMFP、TOXFP は由来によって挙動が異なることがわかった。

次に、単位 TOC 当たりの THMFP、TOXFP の経時変化を図-28、図-29に、単位 D-TOC 当たりの D-THMFP、D-TOXFP の経時変化を図-30、図-31に示す。

山林由来の試料は、THMFP/TOC、TOXFP/TOC ともほぼ一定で、THMFP/TOC については他の試料より高い傾向があった。

生活排水由来の試料は、THMFP/TOC、TOXFP/TOC とも、大堀川では実験開始時と比較して21日目には増加、新川ではほとんど変化がなかった。これは、表-20中のBODとCOD_{Cr}の測定値より、新川の試料の方が大堀川の試料より実験開始前に既に生物分解を受けていたためではないかと推測される。

藻類由来の試料は、D-TOXFP/D-TOCを除いて、実験開始時では他の試料よりも小さい傾向が見られたが、実験開始時と比較すると全ての指標で増加する傾向が確認され、分解産物の生成能の高さ、消毒副生成物生成能の生分解性の低さにより単位炭素あたりの消毒副生成物生成能が増加することがわかった。また、TOXFPについては、溶存態の単位炭素あたりの生成能が他の試料と比較して大きかった。

このように、単位 TOC 当たりの THMFP、TOXFP は、試料の由来、水域へ排出されてからの経過時間によって異なることがわかった。

4. 3 実験方法（生活排水由来）

前節の実験では生活排水由来試料の BOD 濃度が小さくなく、希釈、分解を実験開始時に既に受けていると考えられた。そこで、分解過程の温度依存性などもあわせて検討するために、汚濁負荷が主に生活排水で、より汚濁が激しい手賀沼流入河川の大津川簾心地区で採水を行い、実験用試料とした。

実験条件は、それぞれの試料を20 lのバケツに入れ、遮光した状態で10℃、20℃、30℃の恒温室に置き、水中ポンプにより循環させた。なお、溶解性試料は孔径1 μm のガラスファイバーろ紙を用いてろ過した後分析を行い、TOCの分析は前処理として超音波による分解を行った。

4. 4 実験結果

試料の実験開始時の水質を表-21に示す。

表-21 試料の水質

TOC	D-TOC	BOD	D-BOD
(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
119.0	56.0	88.4	31.6

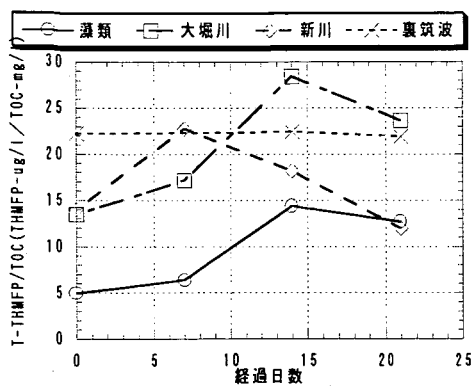


図 - 2 8 T-THMFP/TOC の経時変化

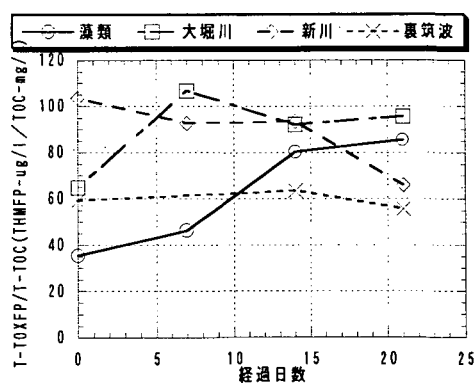


図 - 2 9 T-TOXFP/TOC の経時変化

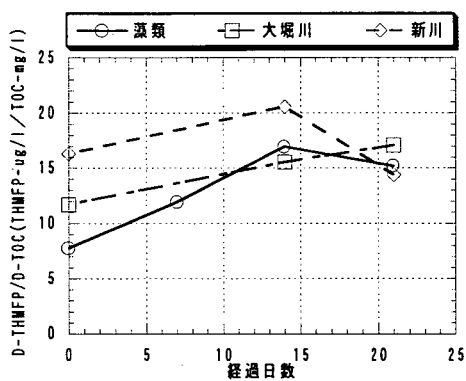


図 - 3 0 D-THMFP/D-TOC の経時変化

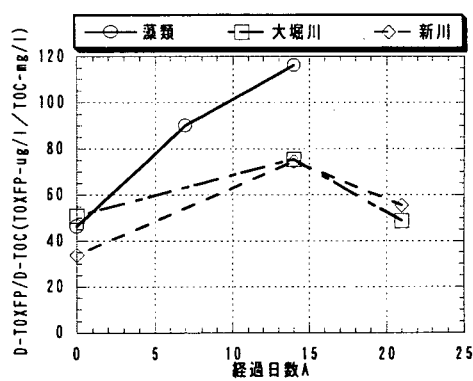


図 - 3 1 D-TOXFP/D-TOC の経時変化

TOC 濃度、BOD 濃度、THMFP 濃度、TOXFP 濃度、THMFP/TOC、TOXFP/TOC の経時変化をそれぞれ図-32、図-33、図-34、図-35、図-36、図-37 に示す。

TOC 濃度については時間の経過とともに減少し、18 日目には実験開始時に対して 10 ~ 22 % まで減少し、BOD 濃度は 18 日目には 2.6 ~ 29 % まで減少した。THMFP 濃度は時間の経過に対して一様な減少を示さなかったが、18 日目には実験開始時に対して 55 ~ 87 % になり、TOXFP 濃度は時間の経過とともに減少し、18 日目には 43 ~ 59 % に減少した。THMFP/TOC、TOXFP/TOC は時間の経過とともにほぼ一様に増加し、消毒副生成物生成能が TOC などの指標と比較して生分解性が低いことがわかった。このため、生活排水でも TOC などの有機物指標と消毒副生成物生成能の挙動は異なることがわかった。なお、事業所排水に対する活性汚泥処理における THMFP、TOXFP の除去率は BOD、TOC の除去率に比べて低いことが報告されている⁸⁾。THMFP/TOC、TOXFP/TOC の値は実験開始時では、4.2 節の大堀川、新川の試料より小さかったが、18 日後には、新川の 21 日後と同程度になっていた。また、消毒副生成物生成能の分解速度には水温依存性はなかった。

4.5 実験方法（高度処理水）

K 浄化センターの高度処理水（循環変法、急速砂ろ過等、塩素注入前）を試料として、4.3 節と同様の方法で実験を行った。なお、20℃では、間欠的な窒素曝気により溶存酸素条件を 2 以下にした条件でも実験を行った。

4.6 実験結果

試料の実験開始時の水質は、TOC 濃度が 6.50mg/l、D-TOC 濃度が 6.33mg/l であった。

TOC 濃度、THMFP 濃度、TOXFP 濃度、THMFP/TOC、TOXFP/TOC の経時変化をそれぞれ図-38、図-39、図-40、図-41、図-42 に示す。水温、溶存酸素条件にかかわらず、TOC 濃度については、14 日目には 20 % 程度減少したが、TOXFP 濃度についてはほとんど変化が見られず、THMFP 濃度については変動はあるものの明確な減少傾向は見られなかった。この結果より、水温、溶存酸素条件にかかわらず、既に下水処理工程により生分解等を受けている処理水では、消毒副生成物生成能は TOC に比して生分解性が低いこと及び放流された後の生分解はほとんど期待できないことがわかった。また、THMFP/TOC、TOXFP/TOC の値は 4.2 節の新川の 21 日後及び 4.4 節の天津川の試料の 18 日後の値と同程度であった。

4.7 各発生源毎の挙動特性

前節までの結果を用いて、発生源別に経時的な挙動の特性をまとめる。

藻類が死滅する過程では、THMFP 濃度、TOXFP 濃度ともに増加する傾向がみられ、死滅・分解する過程での分解産物は、当初の物質よりも高い生成能を有する場合があることがわかった。下水処理水（高度処理水）では、THMFP 濃度、TOXFP 濃度ともにほとんど変化がなく、山林由来の試料でも減少量は小さく、下水処理を受けたり、土壌に存在する微生物による分解を受けた後では、消毒副生成物生成能の水域での分解はほとんど期待できないことがわかった。また、生活排水由来試料の消毒副生成物生成能は、水域で分解さ

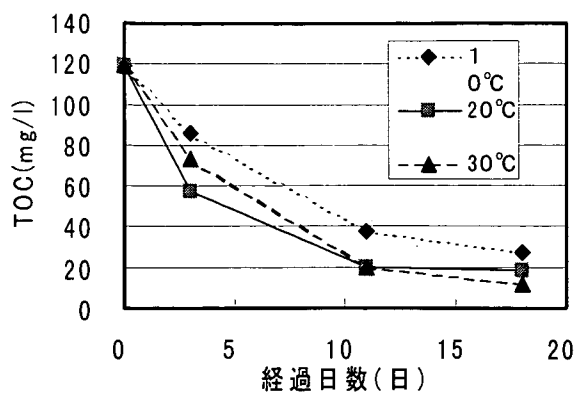


図-3 2 TOC 濃度の経時変化

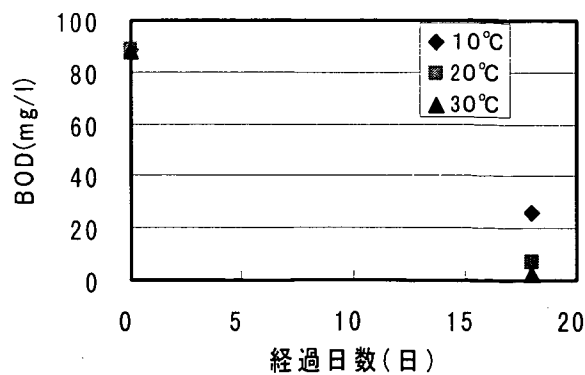


図-3 3 BOD 濃度の経時変化

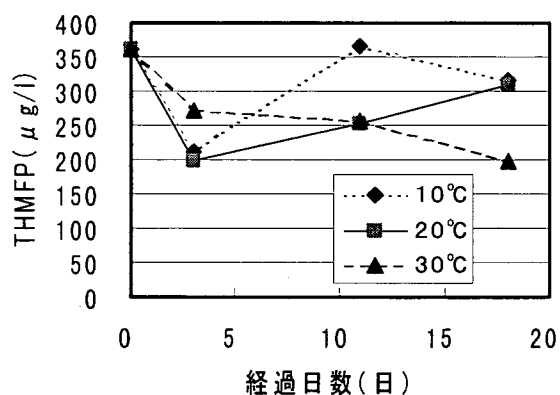


図-3 4 THMFP 濃度の経時変化

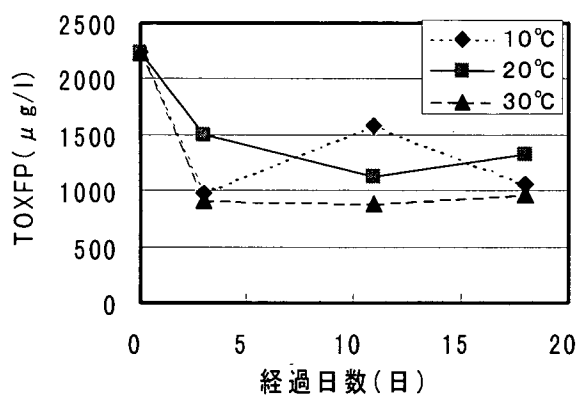


図-3 5 TOXFP 濃度の経時変化

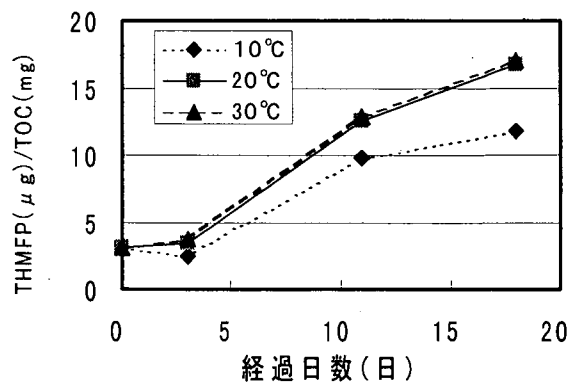


図-3 6 THMFP/TOC の経時変化

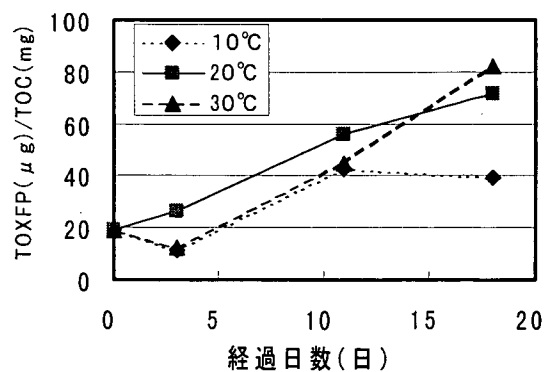


図-3 7 TOXFP/TOC の経時変化

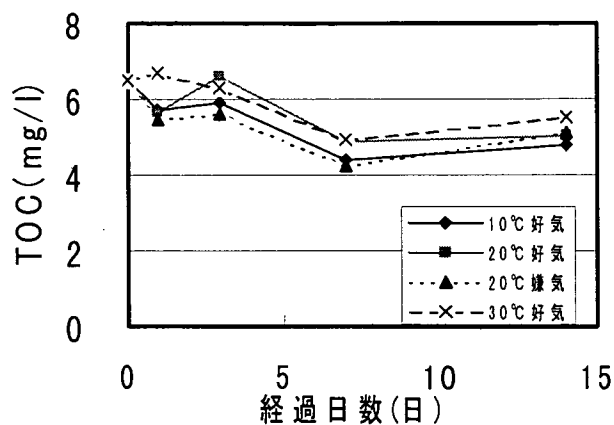


図-38 TOC 濃度の経時変化

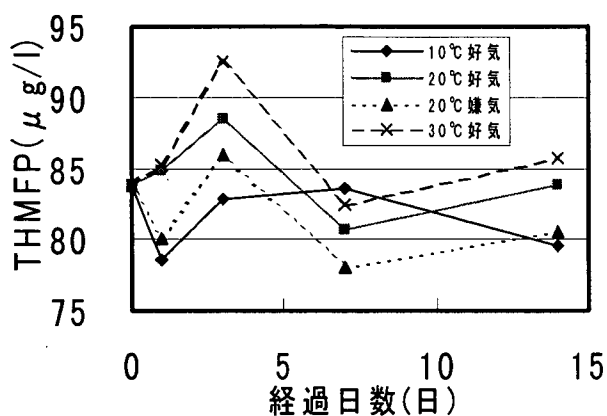


図-39 THMFP 濃度の経時変化

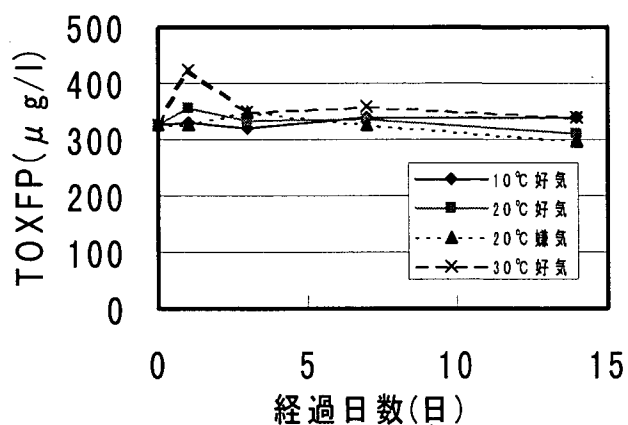


図-40 TOXFP 濃度の経時変化

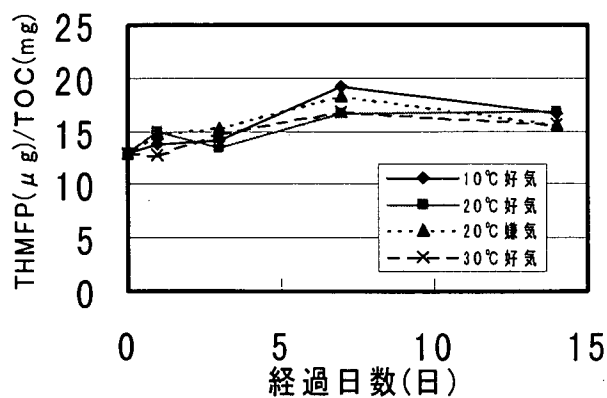


図-41 THMFP/TOC の経時変化

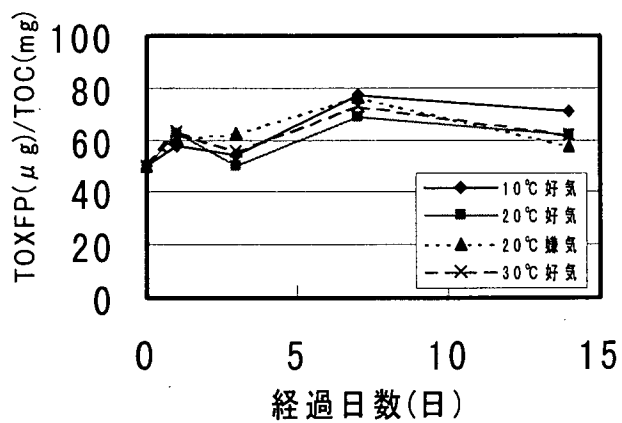


図-42 TOXFP/TOC の経時変化

れるものの、その割合は小さく、また、トリハロメタン生成能の方が全有機ハロゲン化合物生成能よりも生分解性が低い傾向があった。

THMFP/TOC、TOXFP/TOC は、藻類や生活排水で汚濁した河川水（大津川）では、分解開始直後は他起源の試料よりも小さいが、時間の経過とともに大きくなる傾向がみられ、消毒副生成物生成能が TOC で表わされるような有機物よりも生分解性が低く、このため、TOC 等の有機物指標とは挙動が異なることがわかった。山林由来試料の THMFP/TOC、TOXFP/TOC はほとんど変化がなく、また、THMFP/TOC は他の試料と比較して大きかった。下水処理水（高度処理水）の THMFP/TOC、TOXFP/TOC は若干増大する傾向があったが、これは、下水処理水では、THMFP、TOXFP のほうが TOC よりも生分解性が低いためである。

このように、消毒副生成物生成能は、水域へ排出されるまでのプロセスにより挙動が異なること、他の有機物指標との関係には幅があることがわかった。

第5章 底泥からの消毒副生成物生成能の溶出

5. 1 実験方法

千葉県に位置する手賀沼の大堀川河口付近でエクマンバージ型採泥器を用いて採泥を行い実験用試料とした。木の葉などを取り除いた後にシリンダーに底泥厚が約 30cm になるように充填し、現地で採水した湖水を孔径 $1\mu\text{m}$ のガラスファイバーろ紙でろ過した水を直上水として注入し、 10°C 、 20°C 、 30°C の恒温室に静置した。採泥状況を写真-3 に示す。直上水の溶存酸素条件は、実験開始時のみ窒素曝気を行い嫌気的な条件としたものと、実験期間中適宜曝気を行い好気的な条件にしたものの2ケースとし、採水は各シリンダーより全量採水により採取した。また、THMFP、TOXFP は保存性の物質ではないため、孔径 $1\mu\text{m}$ のガラスファイバーろ紙でろ過した THMFP、TOXFP 濃度の経時変化を別途測定し、この変化量を減じたものを底泥からの溶出量とした。

5. 2 実験結果

溶出実験の結果を図-43、図-44 に示す。溶出速度は、実験開始後 14 日までの溶出量を底泥面積あたりの溶出速度に換算した。

THMFP の溶出速度は、好気的条件下で $0.62 \sim 1.7\text{kg}/\text{km}^2\cdot\text{日}$ 、嫌気的条件下で 1.5 、 $2.7\text{kg}/\text{km}^2\cdot\text{日}$ となり、攪拌条件の違いを考慮しても、同一の水温では嫌気的条件下の方が大きいという結果が得られた。また、水温が高いほど溶出速度が大きくなる傾向が見られた。TOXFP の溶出速度は、好気的条件下で $6.3 \sim 11\text{kg}/\text{km}^2\cdot\text{日}$ 、嫌気的条件下で 1.7 、 $20\text{kg}/\text{km}^2\cdot\text{日}$ となり、溶存酸素、水温依存性は見られなかった。

5. 3 ダムでの水深別測定

平成9年8月20日午後に、M ダムにおいて水深別に8段階の採水を行い、THMFP、TOXFP の分析を行った。採水水深は全水深が 37.8m 、水温、DO の鉛直分布より、一次躍層が水深約 5m 、二次躍層が水深約 20m に存在したことを考慮して、表層、 4m 、 8m 、 14m 、 19m ($1/2$ 水深)、 26m 、 32.8m (底上 5m)、 36.8m (底上 1m) とした。

5. 4 測定結果

THMFP 濃度、TOXFP 濃度の測定結果を、それぞれ図-45、図-46 に示す。1回の測定ではあるが、二次躍層が形成されているダムの下層では、THMFP、TOXFP の濃度が上層に比べて高くなっており、また、溶解態の成分が大半を占めていた。これは、底泥からの溶出の影響と考えられ、底質、水理学的状況などによっては、底泥からの THMFP、TOXFP の溶出が水質に与える影響も無視できない場合があることがわかった。



写真-3 採泥状況

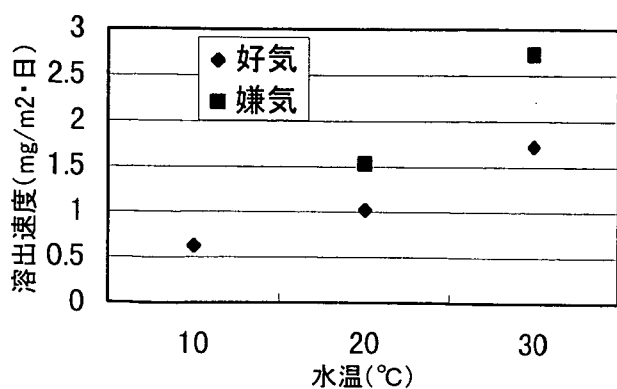


図-43 THMFP溶出速度

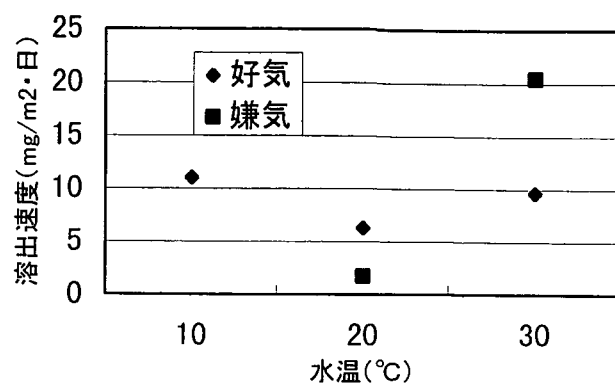


図-44 TOXFP溶出速度

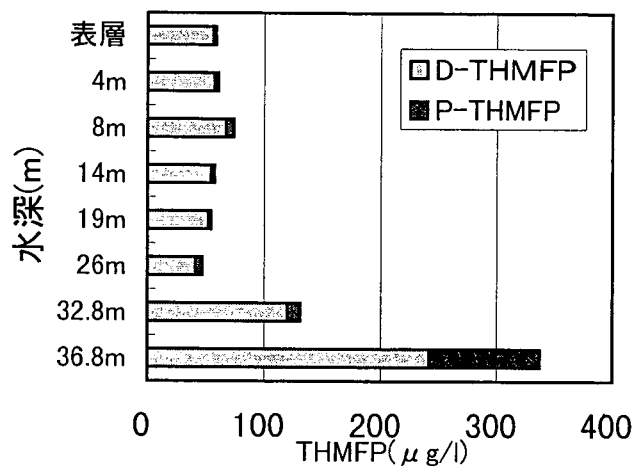


図-45 水深別THMFP濃度

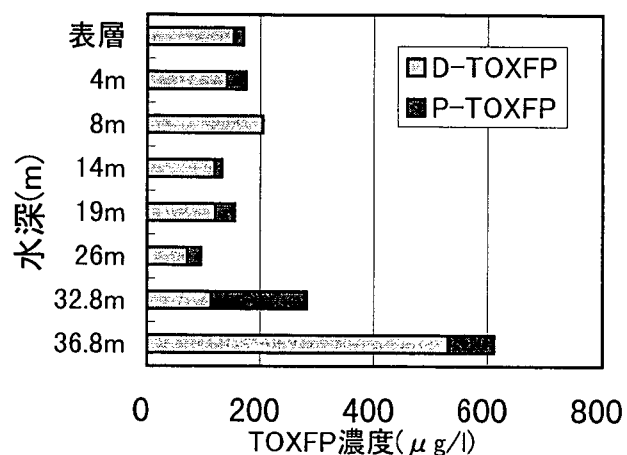


図-46 水深別TOXFP濃度

第6章 河川での実測値を用いた解析

6.1 測定方法

水質測定計画に基づく定期水質調査に合わせ、平成8年9月から11年1月まで利根川各地点で THMFP 濃度、TOXFP 濃度、Chl-a 濃度、COD_{Mn} 濃度を測定した。測定地点図を図-47に示す。

6.2 解析結果

THMFP の構成成分である CHBr₃ (プロモホルム)、CHClBr₂ (ジブロモクロロメタン)、CHCl₂Br (ジクロロプロモメタン)、CHCl₃ (クロロホルム) の生成能濃度の期間平均値を地点別に図-48に示す。支川の流入直下であり、支川の影響を受けていると考えられる刀水橋を除けば、下流になるに従い THMFP 濃度は増加した。また、下流の金江津、水郷大橋、河口堰ではジブロモクロロメタンやジクロロプロモメタンといった臭素イオンの影響を受ける生成能の増加が大きかった。

THMFP 濃度と Chl-a 濃度および COD_{Mn} 濃度の地点別、期間平均値の関係を図-49、図-50に、TOXFP 濃度と Chl-a 濃度、COD_{Mn} 濃度の関係を図-51、図-52に示す。なお、刀水橋のデータを除くとともに、THMFP 濃度に関しては臭素の原子量の影響を除くために、プロモホルム、ジブロモクロロメタン、ジクロロプロモメタンの質量で表現される濃度をクロロホルムの質量で表現される濃度に換算した値を用いた。

この結果から、Chl-a 濃度、COD_{Mn} 濃度が増加すれば THMFP 濃度 (クロロホルム換算値)、TOXFP 濃度が増加するという傾向が確認された。THMFP 濃度は上流から下流にかけて増加するが、この間の濃度変動要因としては、汚濁負荷の流入、臭素イオンの増加、藻類の増殖・死滅・代謝、沈殿、底泥からの溶出、生分解などが考えられる。水温、滞留時間、負荷発生源などが測定毎に異なっているため厳密な解析はできないが、図-49からは Chl-a1 μg の増加に対して THMFP が 0.9 μg 増加するように見える。しかし、図-53に示すように、比較的 THMFP の測定に関してばらつきの少ない第2章の手賀沼、霞ヶ浦の増殖期(10日まで)の Chl-a 濃度、THMFP 濃度の関係からは、Chl-a1 μg の増加に対して THMFP が約 0.1 μg の増加となっている。藻類の種類、増殖段階によって単位 Chl-a 当たりの THMFP 生成量は異なるが、この値からは、利根川の下流部での THMFP 濃度の増加は、Chl-a 濃度で表される浮遊性藻類の影響だけではなく、臭素イオンの増加、藻類の死滅・代謝の影響など大きい可能性があると考えられる。

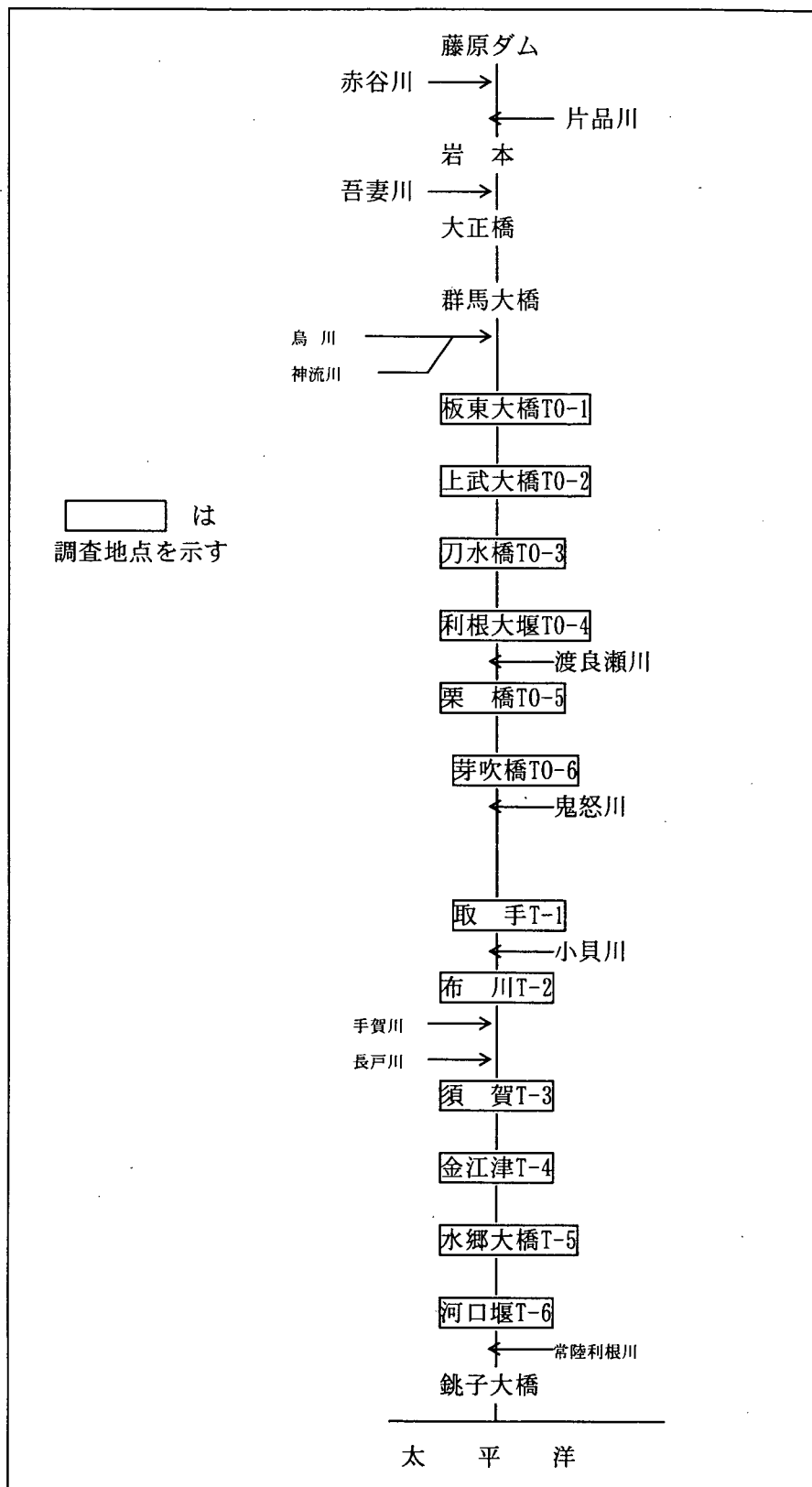


図-47 水質調査地点

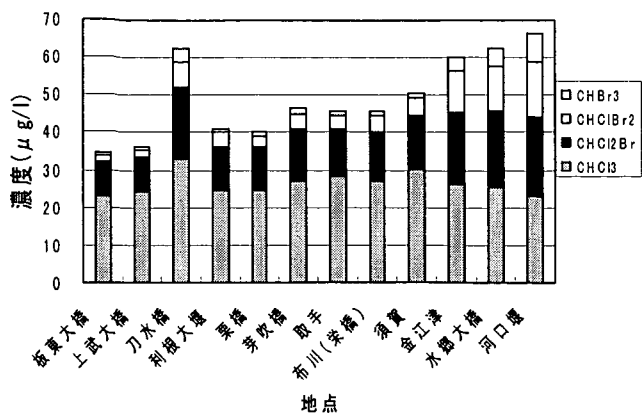


図-48 THMFP の内訳

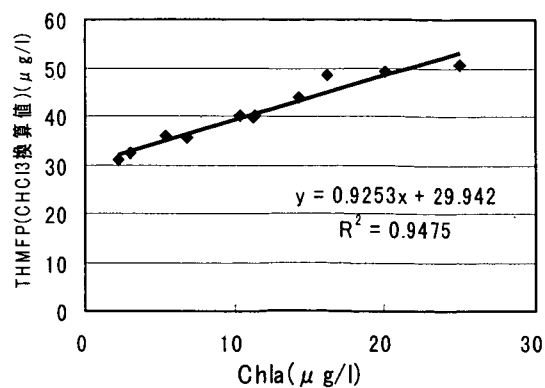


図-49 Chl-a 濃度と THMFP 濃度の関係

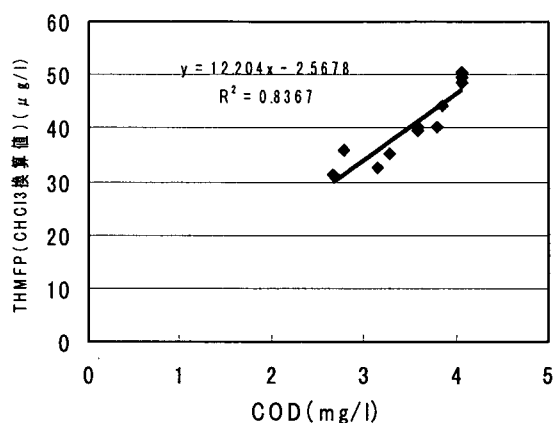


図-50 COD 濃度と THMFP 濃度の関係

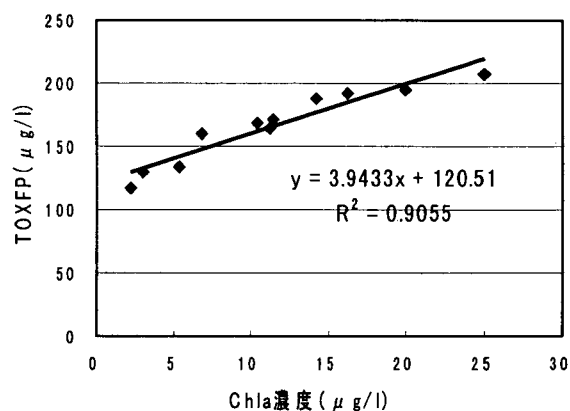


図-51 Chl-a 濃度と TOXFP 濃度の関係

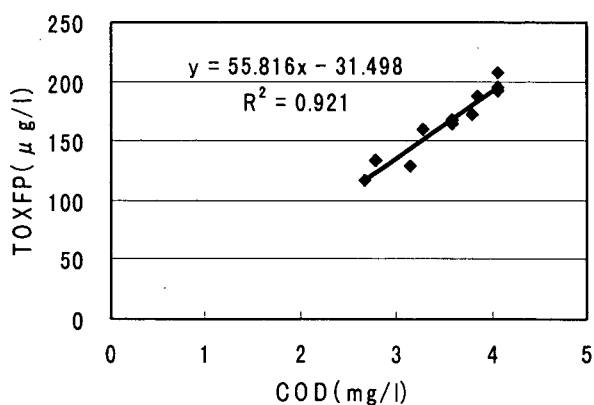


図-52 COD 濃度と TOXFP 濃度の関係

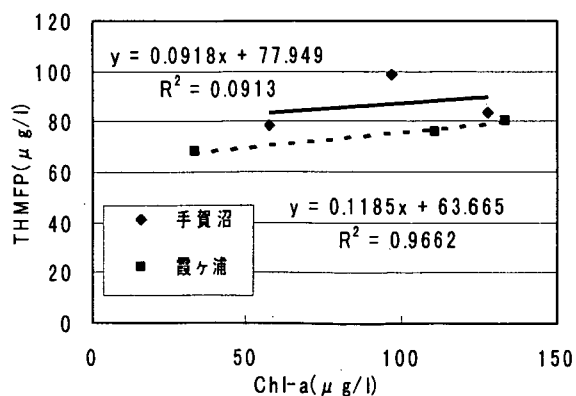


図-53 Chl-a 濃度と THMFP 濃度の関係

第7章 まとめ

藻類の増殖・死滅実験より、次のような結果が得られた。藻類を対数増殖過程と死滅過程に分けて、P-THMFP、D-THMFP、P-TOXFP、D-TOXFP と他の水質指標間の相関を求めた結果、対数増殖期では Chl-a と P-THMFP に強い相関がみられる場合があり、Chl-a と P-TOXFP の相関性も高かった。D-THMFP は対数増殖期でも変化が小さく、死滅期にはやや低下する傾向が見られた。D-TOXFP は対数増殖期に増加し、死滅期には横這いとなる傾向があった。また、COD_{Cr} と THMFP 及び TOXFP に弱い相関がみられる場合があった。

還流水路を用いて、付着性藻類の水質に与える影響を把握する実験より、次のような結果が得られた。河床に付着した藻類の単位面積当たりの THMFP 生成量は $5.5(\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{日})$ となる場合があり、実験に使用した水に含まれる臭素イオンの影響を除くためにクロロホルム換算値を用いても $4.3(\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{日})$ となり、代力キ期の田と同程度となる場合があった。また、THMFP の生成に対する付着性藻類の有無による差を把握したが、付着性藻類の有無により違いがみられない場合もあった。また、付着性藻類の量による差を把握したところ、藻類量が多い方が THMFP の生成量が多い場合があった。TOXFP の生成に関しては、付着性藻類が存在することにより TOXFP が生成したが、付着性藻類の量の大小による生成量の違いはみられなかった。

生活排水由来、山林由来、藻類由来、下水処理水由来の試料の生分解実験より、次のような結果が得られた。生活排水由来の試料の消毒副生成物生成能は水域で生分解されるものの、その分解性は低く、THMFPの方が、TOXFP よりも生分解性が低かった。また、生分解には温度依存性はなかった。山林由来、下水処理水といった既に生分解を受けている試料では消毒副生成物生成能の水域での分解はほとんど行われなかった。藻類が死滅する過程では、THMFP 濃度、TOXFP 濃度ともに増加する傾向があり、分解過程で生成される中間生成物は、分解前の物質よりも高い生成能を有していた。THMFP/TOC、TOXFP/TOC は、藻類や高濃度に生活排水で汚濁された試料では、分解開始時点では他由来の試料よりも小さいが、経時的に大きくなる傾向が見られ、消毒副生成物生成能が TOC で表されるような有機物よりも生分解性が低かった。山林由来の THMFP/TOC、TOXFP/TOC は経時変化がほとんどなく、また、THMFP/TOC は他の試料と比べて大きかった。下水処理水の THMFP/TOC、TOXFP/TOC は経時的にわずかではあるが増加したが、この結果は、山林由来試料では実験開始までに十分に生分解が行われているのに対して、下水処理水では水域でもさらに有機物の分解が行われるためである。このように、消毒副生成物生成能は、水域へ排出されるまでに受けた生分解の程度、水域へ排出されてからの経過時間により消長が異なることがわかった。

手賀沼底泥を用いた溶出実験より、次のような結果が得られた。THMFP の溶出速度は好氣的条件で $0.62 \sim 1.7(\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{日})$ 、嫌氣的条件で $1.5, 2.7(\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{日})$ となり、同一水温では嫌氣的条件の方が溶出速度は大きく、また、水温が高くなるほど溶出速度も大きくなった。TOXFP の溶出速度は好氣的条件で $6.3 \sim 11(\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{日})$ 、嫌氣的条件で $1.7, 20(\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{日})$ となり、酸素条件、水温依存性はみられなかった。また、夏期に一次躍層、二次躍層が形成されている M ダムで、8 月に水深別に THMFP、TOXFP を測定した結果、二次躍層より下層では上層に比べて THMFP、TOXFP の濃度が高くなっており、水理的条件によっては底泥

からの溶出が水質に影響を与えることがわかった。

利根川の板東大橋から河口堰にかけての測定値の解析より、次のような結果が得られた。利根川では、下流になるに従い、ジブロモクロロメタンなどの臭素イオンの影響を受ける成分の増加により、THMFP 濃度が増大していた。Chl-a 濃度、CODMn 濃度と THMFP 濃度（クロロホルム換算値）、TOXFP 濃度の相関性を、期間平均値で求めたところ相関性は高かった。この結果より、下流部における浮遊性藻類の増殖が THMFP 濃度、TOXFP 濃度の増加に寄与していることが確認されたが、臭素イオンの増加、藻類の死滅・代謝といった要因の影響も示唆された。

参考文献

- 1) 稲森悠平 他：トリハロメタン生成能に及ぼす藻類由来有機物の影響、水環境学会誌、vol.19、No11、pp885-890、1996
- 2) 江夏輝行 他：藻類に由来する消毒副生成物生成能の生成特性、第 50 回全国水道研究発表会講演集、p550-551、1999
- 3) 国実章一 他：藻類制御の面から見た公共用水域の水質管理技術の向上に関する研究、平成 9 年度環境保全研究成果集 (I)、環境庁 8-1 - 8-13
- 4) 福島博 他：藻類増殖過程で生成されるトリハロメタン前駆物質の評価、水質汚濁研究、Vol.6、No3、pp175-182、1983
- 5) 福島博 他：藻類によるトリハロメタン前駆物質の生成、水質汚濁研究、Vol.4、No5、pp229-235、1981
- 6) 相沢貴子 他：トリハロメタン生成に及ぼす臭素イオンの影響、第 18 回衛生工学研究会討論会講演論文集、pp234-252、1981
- 7) 西村孝彦 他：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、第 36 回、下水道研究発表会講演集、pp231-233、1999
- 8) 高橋正策 他：水道水源の水質保全を目的とした下水処理に関する調査、日本下水道事業団技術開発部報、pp145-158、1996
- 9) Koch, B. and Krasner, S. W.: Occurrence of distribution by-products in a distribution system, Proceedings: Annual Conference sponsored by American Water Works Association, Pt2, 1203-1230, 1989
- 10) 土木学会：低沸点有機塩素化合物の生成要因物質の制御に関する研究、1984

資料編

- ・ 発表論文

水道水源水域保全のための基礎的調査：第 3 3 回下水道研究発表会講演集、pp307-309、1996 ----- 39

水道水源水域保全のための基礎的調査（Ⅱ）：第 3 4 回下水道研究発表会講演集、pp212-214、1997 - 42

- ・ 排水基準 ----- 45

- ・ データ集 ----- 46

水道水源水域保全のための基礎的調査

建設省土木研究所 ○松宮洋介

田中宏明

1. はじめに

水道水源を守るための新たな法律として、平成6年3月8日に「水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律」と「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」が公布された。後者の第5条では、都道府県知事は、指定地域において特定利水障害を防止するため指定水域の水質の保全に関し実施すべき施策に関する計画（以下、「水質保全計画」）を定めなければならないとしている。さらに、水質保全計画の中身について、平成6年5月20日に告示された「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基本方針」の中で、指定水域の水質保全目標には、トリハロメタン生成能（以下、「THMFP」）濃度を含めること、指定水域のTHMFPに係る水質及び各種発生源からの汚濁負荷量に関する科学的調査に基づき、人口、産業系等の動向を勘案して将来における汚濁負荷量の推移を推計し、これに伴う指定水域の水質への予測をすることとしている。水質保全計画の策定に当たって、下水道管理者からの意見聴取の規定が設けられているのと同時に、この計画に基づき下水道の終末処理施設に関して排水規制が適用される。

基本方針が求めているような、THMFP濃度で指定水域の水質予測を行うためには、単に各種発生源での汚濁負荷量の調査のみならず、流達過程での変化量や閉鎖性水域での変化量を把握する必要がある。特に、閉鎖性水域を水源とした場合のトリハロメタン削減対策の効果予測のためには、陸域由来のTHMFP流出率及びN・P流出率の推定並びに湖内でのプランクトン増殖予測モデルの推定及び増殖したプランクトン量とTHMFP負荷量の関係式が必要となるとされている¹⁾。

そこで本調査では、藻類の増殖及び死滅過程におけるTHMFP濃度変化と種々の有機物指標との相関関係について実験を行ったので報告する。

2. 実験方法

平成7年11月9日に霞ヶ浦、手賀沼、牛久沼から、それぞれ、土浦港、手賀沼公園、茎崎大橋で、約200リットルの湖水を採水し、孔径1 μ mのガラスファイバー紙でろ過した後、硝酸カリウムとリン酸ナトリウムを用いて、各湖水の栄養塩濃度を表-1のように調整した。

表-1 培養液の栄養塩初期濃度

	アモニウム態窒素 (mg/l)	亜硝酸態窒素 (mg/l)	硝酸態窒素 (mg/l)	総窒素 (mg/l)	カルシウム態リン (mg/l)	総リン (mg/l)
手賀沼	1.12	0.27	6.30	9.49	1.00	1.19
霞ヶ浦	1.19	0.31	5.73	7.61	0.99	0.99
牛久沼	0.01	0.04	5.69	5.94	0.85	0.85

栄養塩濃度の分析方法は表-2のとおりである。さらに、約6000リットルの白色蛍光灯、攪拌装置、容量200リットルの大型バケツを用いて、同年11月14日より平成8年1月11日まで58日間明条件で、さらに、引き続き、1月11日より2月22日まで42日間、暗条件で、20℃の恒温室で藻類の混合培養実験を行った。藻類の植種は行っていない。各実験系の湖水についてクロロフィルa(Chl-a)、波長260nmの紫外吸光度(E260)、溶解性TOC(D-TOC)、化学的酸素要求量(CODcr)、溶解

表-2 分析方法

	分析方法
Chl-a	河川水質試験方法(案)50.4.2
E260	上水試験方法(1993年版)VI-1 21
TOC	河川水質試験方法(案)48.3.1
CODcr	河川水質試験方法(案)8.3.3
アモニウム態窒素(NH ₄ -N)	河川水質試験方法(案)46.1.3.3
亜硝酸態窒素(NO ₂ -N)	河川水質試験方法(案)46.2.3.3
硝酸態窒素(NO ₃ -N)	河川水質試験方法(案)46.3.3.4
総窒素(T-N)	河川水質試験方法(案)46.5.3.1
カルシウム態リン(PO ₄ -P)	河川水質試験方法(案)47.1.3.3
総リン(T-P)	テクニコオートアナライザによる
THMFP	環境庁告示第30号(平成7年6月16日)
TOXFP	上水試験方法(1993年版)VI-4 8

性CODcr(D-CODcr)、THMFP、溶解性THMFP(D-THMFP)を、表-2の方法に基づき分析を行った。D-TOC、D-CODcr、D-THMFPは孔径1 μ mのガラスファイバ-ろ紙を用いて、ろ過した後表-2の方法で分析を行っている。また、粒子性CODcr(P-CODcr)、粒子性THMFP(P-THMFP)をろ過の試料濃度とそれぞれの溶解性成分の濃度差として算出した。

3. 結果

図-1～3に各湖水のChl-a濃度の時系列変化を示す。各湖水とも対数増殖期とそれに伴う死滅期が見られた。図中の曲線はChl-a濃度が最高値を記録する以前のデータを対数増殖期として指数関数で近似したもの及び最高値を記録した後のデータを死滅期として一次反応で近似したものである。手賀沼、霞ヶ浦では実験開始後、Chl-a濃度が指数関数的に増加しており29日目に最高値に達した後、一次反応的に減少し死滅期に移行している。一方、牛久沼は実験開始後、Chl-a濃度は、同じく指数関数的に増加しており58日目に最高値に達した後、一次反応的に減少している。図-4～6に各湖水のP-THMFP濃度の時系列変化を、図7～9にD-THMFP濃度の時系列変化を示す。各湖水のD-THMFP濃度は死滅期だけでなく、対数増殖期においても実験期間中ほぼ横這いか長期的には減少する傾向にあった。死滅期においてはD-THMFP濃度の値がゆるやかであるが低下する傾向が見られる。しかし対数増殖期においては藻類の生産に伴うD-THMFPの増加と原水に含まれていたD-THMFPの分解のプロセスが重なり合って、あまり大きな変化がみられなかったことが考えられる。手賀沼のP-THMFP濃度は実験開始後直線的に増加し63日目に最高値に達した後、減少しており、Chl-a濃度が一次反応的に減少している時期も増え続けていたことが示されている。霞ヶ浦のP-THMFP濃度は実験開始後、指数関数的に増加し、24日目に最高値に達した後、一旦減少し、途中58日目に再び、高い濃度の値が得られているが、その変化の様子は、手賀沼よりは、Chl-a濃度の時系列変化に近いものとなっている。牛久沼のP-THMFP濃度は実験開始後から不規則な時系列変化をしめしており、36日目に最高値となった後、減少している。粒子に由来のTHMFPは測定方法に課題を有していることが示唆される。

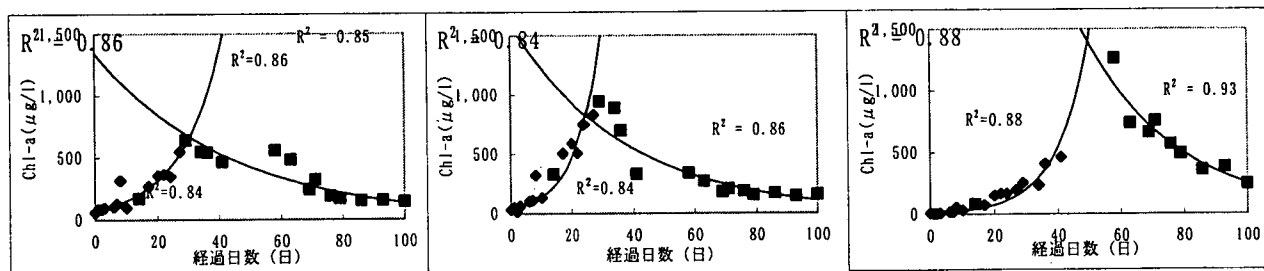


図-1 手賀沼のChl-a濃度の時系列変化

図-2 霞ヶ浦のChl-a濃度の時系列変化

図-3 牛久沼のChl-a濃度の時系

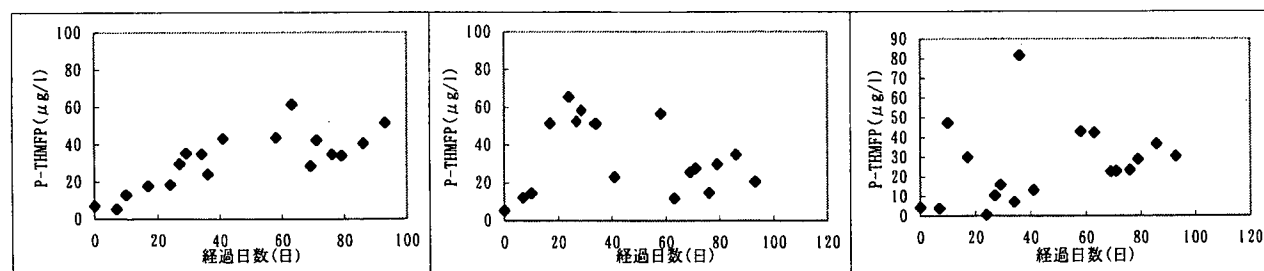


図-4 手賀沼のP-THMFP濃度の時系列変化

図-5 霞ヶ浦のP-THMFP濃度の時系列変化

図-6 牛久沼のP-THMFP濃度の時系列変化

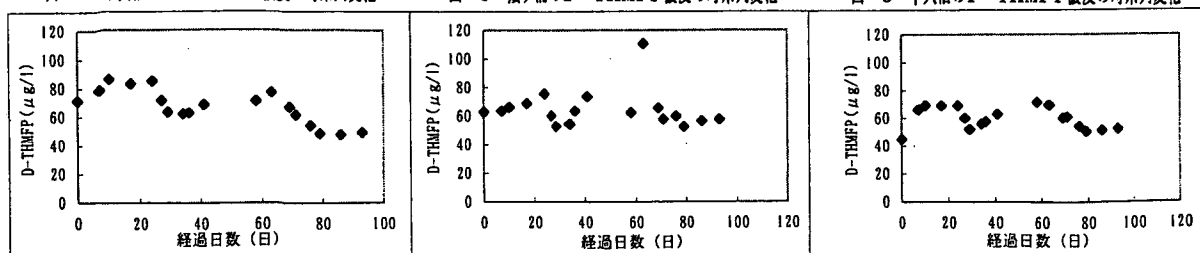


図-7 手賀沼のD-THMFP濃度の時系列変化

図-8 霞ヶ浦のD-THMFP濃度の時系列変化

図-9 牛久沼のD-THMFP濃度の時系列変化

各湖沼ごとに、Chl-a濃度の対数増殖期と死滅期に分けて、P-THMFP濃度とChl-a濃度及びP-CODcr濃度の相関関係、D-THMFP濃度とE260、D-TOC濃度及びD-CODcr濃度の相関関係を調べた。相関関係に直線性を仮定した時の相関係数の2乗(R^2)とデータ数(N)を表-3、4に示す。

表-3 P-THMFP濃度とChl-a濃度、P-CODcr濃度の R^2 、N

		Chl-a		P-CODcr	
		R^2	N	R^2	N
手賀沼	対数増殖期	0.94	7	0.012	5
	死滅期	0.0003	12	0.59	10
霞ヶ浦	対数増殖期	0.89	7	0.34	5
	死滅期	0.53	11	0.32	10
牛久沼	対数増殖期	0.13	11	0.0019	9
	死滅期	0.16	8	0.51	6

表-4 D-THMFP濃度とE260、D-TOC濃度、D-CODcr濃度の R^2 、N

		E260		D-TOC		D-CODcr	
		R^2	N	R^2	N	R^2	N
手賀沼	対数増殖期	0.29	5	0.29	5	0.13	5
	死滅期	0.0022	10	0.019	12	0.081	10
霞ヶ浦	対数増殖期	0.14	5	0.34	5	0.11	5
	死滅期	0.085	10	0.089	9	0.16	10
牛久沼	対数増殖期	0.0002	8	0.23	9	0.079	9
	死滅期	0.0078	7	0.33	8	0.10	6

この結果からは、対数増殖過程においてはP-THMFP濃度とChl-a濃度とが手賀沼、霞ヶ浦については強い相関がみとめられたが、他の項目及び過程では項目間の相関がみられなかった。但し、死滅期ではP-CODcr濃度とP-THMFP濃度との相関性がやや高かった。

各湖沼ごとのTHMFP濃度とCODcr濃度の R^2 とNを表-5に示す。この結果からは粒子性、溶解性、対数増殖期、死滅期を区分せずに評価した場合、CODcr濃度とTHMFP濃度については、手賀沼と霞ヶ浦で弱い相関がみとめられた。

表-5 THMFP濃度とCODcr濃度の R^2 、N

	CODcr	
	R^2	N
手賀沼	0.71	14
霞ヶ浦	0.41	14
牛久沼	0.039	14

4. まとめ

閉鎖性水域を水源とした場合のTHMFP削減対策の効果予測を行うために、室内実験により、藻類の対数増殖及び死滅期におけるTHMFP濃度、P-THMFP濃度、D-THMFP濃度と種々の有機物指標の相関関係について調査を行った。この結果、THMFPを孔径 $1\mu\text{m}$ のガラスファイバー紙によりP-THMFPとD-THMFPに分画し、さらに藻類を対数増殖期にある場合と死滅期にある場合に分けて相関性を調べると、対数増殖期ではChl-a濃度とP-THMFP濃度に強い相関がみられる場合があったが、他の項目とP-THMFP濃度、D-THMFP濃度には相関性がみられなかった。またD-THMFP濃度は対数増殖期でも余り変化がなく死滅期にやや低下する傾向がみられた。またCODcr濃度とTHMFP濃度の関係に弱い相関がみられる場合があった。

(参考文献)

- 1) 水道水質保全対策検討会：水道水質保全対策ガイドライン，平成7年1月24日衛水第13号厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課長通知
- 2) 建設省技術管理業務連絡会水質部会：河川水質試験方法（案），（財）土木研究センター，1982
- 3) (社)日本水道協会：上水試験方法，1993

問合せ先：〒305 つくば市大字旭1番地 建設省土木研究所下水道部水質研究室
電話0298-64-2211(内線4353) 松宮洋介

水道水源水域保全のための基礎的調査 (Ⅱ) — 富栄養化河川での消毒副生成物の挙動 —

建設省土木研究所 ○横田敏宏
田中宏明

1. はじめに

水道水源を守るための新たな法律として、平成6年3月8日に「水道水源水質保全事業の実施の促進に関する法律」と「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」が公布された。都道府県知事は、指定地域において特定利水障害を防止するため指定水域の水質の保全に関し実施すべき施策に関する計画（以下、「水質保全計画」）を定めなければならないとしている。この中で水域の水質保全目標としては、トリハロメタン生成能（以下、「THMFP」）濃度を定め、将来における汚濁負荷量の推移を推計し、これに伴う指定水域の水質を予測するとともに、目標水質達成のための負荷量削減計画を策定することとしている¹⁾。水質保全計画の策定にあたって、下水道の終末処理施設等の施設に対して排水規制が適用される。

THMFP濃度で指定水域の水質予測を行うためには、単に各種発生源での汚濁負荷量の調査のみならず、流達過程での変化量や閉鎖性水域での変化量を把握する必要がある。このため、THMFP濃度の湖内でのプランクトン増殖による影響については土木研究所においても調査を始めているところであるが、河川においても付着性の藻類等によるTHMFP濃度の寄与を調べることを目的として調査を行っている。

予測モデルの推定及び増殖したプランクトン量とTHMFP負荷量の関係式が必要となるとされている。

そこでここでは、河川中でのTHMFP及び有機ハロゲン化合物生成能（TOXFP）に対する付着性藻類の影響について土木研究所にある還流水路を用いた実験を行った結果を報告する。

2. 実験方法

2. 1. 実験設備

還流水路施設を使用し河川の模型とした。この施設は全長290mのステンレス製循環水路であって、深さ500mm、側壁上端部の幅1500mmの台形断面を有する（図-1参照）。地下タンク（約1300m³）に貯留された水道水をいったん円形のタンクに揚水し、循環用ポンプで水路上端部に送り、傾斜1/1000の水路を自然流下させ再びタンクに戻すか、ゲート操作によりそのまま排水する仕組みになっている。

富栄養化した河川の、河床に付着藻類が繁茂する条件を想定するため、硝酸カリウム及びリン酸水素二カリウムをそれぞれ、20mgN/l, 2mgP/lになるように水路に投入し、約2ヶ月水を循環運転させ水路に藻類を付着させた。

2. 2. 実験条件及びサンプリング

藻類が水路に繁茂した状態で循環運転から流下運転に切り替え、その後三日の間隔を空けた後に実験を開始した。硝酸カリウム及びリン酸水素二カリウムは同じ濃度で継続して投入している。

水理条件は、流量50l/min、水深約2cm、流速4.8lm/min、滞留時間1.04時間である。

10月16日13:00時より実験を開始し、17日13:00まで行った。採水間隔は、1時間で、上流のタンクを流入水、下流越流部を

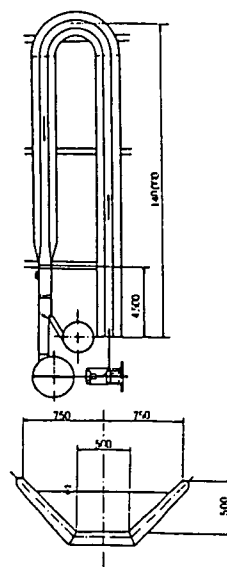


図-1 還流水路施設図
(単位: mm)

流出水として採水と同時に水温、pH、DOを現場測定した。またこれとは別に日射量については自動測定を実施した。(図-2, 3)

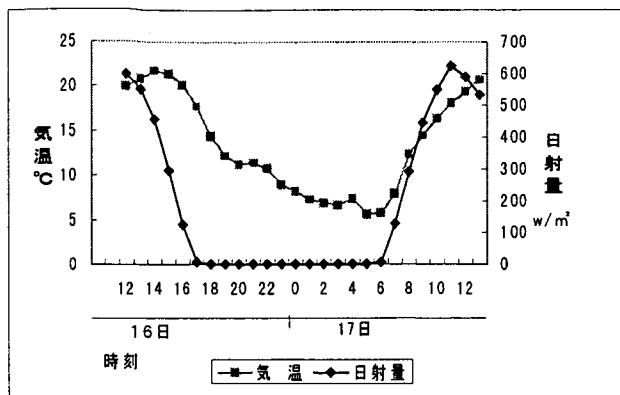


図-2 日射量・気温の変化

また、付着藻類については流入部、中間部、流出部でそれぞれ0.1m²づつ、実験開始時及び終了時に同じ場所で採取した。分析方法を表-1に示す。ここで環境庁告示法では、塩素添加後のTHM濃度のみを測定し塩素添加前にすでに試料中に存在しているTHMも含めてTHMFPとしているが、ここでは塩素添加後のTHM濃度から塩素添加前つまり試料中にすでに存在していたTHM濃度を差し引き純粋に塩素添加によって生成されたTHMを算出している。

3. 結果

図-2の日射量をもとに10/16 13:00~18:00、10/17 6:00~13:00を昼、10/16 18:00~10/17 6:00までを夜とし、各時間500mlづつ採取混合し昼及び夜のコンポジットサンプルを作成した。流入水及び昼・夜の流出水の分析結果を表-2, 3に示す。ここでTHMFPについてみると、水道水等に由来すると思われる臭素イオンが原因でCHBr₃(ブロモホルム)、CHClBr₂(ジブロモクロマトン)、CHCl₂Br(ジクロブロマトン)のCHCl₃(クロホルム)に対する生成量が多かった。THMFPについて、夜間はTHMFPが生成されず昼間も夜間と同様に沈降や吸着等がされていた。

表-2 流入水及び流出水の水質

	COD mg/l	TOC mg/l	SS mg/l	クロロフィルa μg/l	K-N mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	P04-P mg/l	T-P mg/l
流入	7.45	3.67	2.2	0.14	0.17	0.42	0.04	18.18	1.87	1.87
流出 昼	25.68	4.10	7.3	24.83	0.51	0.24	0.05	18.5	1.33	1.52
流出 夜	20.64	3.72	8.2	31.69	0.21	0.15	0.02	18.09	2.15	2.15

ると仮定すると昼のTHMFPの単位増加量CODあたりの生産量(g:THMFP/g:COD)は0.001、TOXFPは昼が0.009、夜が0.008となった。また、単純な単位増加量DOあたりで見るとTHMFPの昼は0.007、TOXFPの昼は0.040、夜は0.059となった。

次に、上中下流の付着藻類をコンポジットしたものの実験開始前と終了後の分析結果から水路全体の量に換算した結果を表-4に示す。TOXFPの河床の付着藻類の単位Chl-aあたりの生産量(g:TOXFP/g:Chl-a)は0.307、単位CODあたりの生産量

表-3 流入水及び流出水のTHMFP、TOXFP濃度

	THMFP μg/l	CH ₃ CL μg/l	CHCL ₂ Br μg/l	CHCLBr ₂ μg/l	CHBr ₃ μg/l	TOXFP μg/l
流入	40.44	8.45	10.26	12.70	9.03	47.50
流出 昼	45.69	22.25	12.44	8.93	2.07	203.94
流出 夜	22.06	12.66	5.91	3.49	0.00	149.07

表-4 付着藻類の分析結果

	COD	SS	クロロフィルa
実験前	516.36 g	3.02 kg	28.10 g
実験後	529.51 g	263.52 kg	32.48 g
増加分	13.15 g	260.50 kg	4.38 g

(g:TOXFP/g:COD)は0.018となる。THMFPについて、夜間はTHMFPが生成されず昼間も夜間と同様に沈降や吸着等がされていると仮定するとTHMFPの単位Chl-aあたりの生産量(g:THMFP/g:Chl-a)は0.028、単位CODあたりの生産量(g:THMFP/g:COD)は0.002となる。前年度の松宮・田中の手賀沼、霞ヶ浦、牛久沼の試料の室内培養の報告⁴⁾と比較すると単位Chl-aあたりのTHMFPはその未ろ過試料、ろ過試料どちらの比べても低く、単位Chl-aあたりのTOXFPは未ろ過試料より低くそのろ過試料より高い。さらに、真柄・相沢のMicrocystisの室内培養の報告⁵⁾と比較すると、そのろ過試料より高く、残渣より低い値となっている。また、河床の付着藻類の単位増加量Chl-aあたりについては、THMFP、TOXFPそれぞれ0.194、2.121、CODあたりについてはそれぞれ0.064、0.706となり、面積当たりについてはそれぞれ0.005 (g/m²・日)、0.060 (g/m²・日)となった。

4. まとめ

THMFP削減対策の効果予測を行うために、屋外還流水路実験により、付着性藻類のTHMFP、TOXFP負荷量について調査を行った。その結果

- ・河床の藻類の単位Chl-aあたりのTHMFP生産量は0.032 (g/g)、TOXFP生産量は0.331 (g/g)、増加量の単位Chl-aあたりのTHMFP生産量は207 (g/g)、TOXFP生産量は2120 (g/g)であった。
- ・河床藻類の単位面積当たりのTHMFP生産量は0.006 (g/m²・日)、0.060 (g/m²・日)であった。
- ・臭素イオンの影響により一般の河川水の場合よりCHBr₃、CHClBr₂、CHCl₂Brの割合が高く、THMFPが高めに出る傾向であった。

(参考文献)

- 1) 水道水質保全対策検討会：水道水質保全対策ガイドライン、平成7年1月24日衛水第13号 厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課長通知
- 2) 建設省技術管理業務連絡会水質部会：河川水質試験方法、(財)土木研究センター、1982
- 3) (社)日本下水道協会：下水試験方法、1984
- 4) (社)日本下水道協会：第33回下水道研究発表会講演集、4-13 水道水源水域保全のための基礎的調査
- 5) (社)土木学会：公共用水域における有機塩素化合物の発生メカニズムとその除去に関する研究、藻類によるトリハロメタン前駆物質の生成

問合せ先：〒305 つくば市大字旭1番地 建設省土木研究所下水道部水質研究室
電話0298-64-2211 (内線4353) 横田敏宏

特定排水基準（平成7年6月16日環境庁告示第29号）

別表の業種その他の区分の欄に掲げる区分ごとに、トリハロメタン生成能の欄（1）に掲げる値以上（2）に掲げる値以下とする。ただし、別表の22の項にあっては、トリハロメタン生成能の欄（1）に掲げる値以上とする。

別表

	業種その他の区分	トリハロメタン生成能 (単位：mg/l)	
		(1)	(2)
1	畜産農業	1. 3	5. 2
2	畜産食料品製造業	0. 4	0. 6
3	水産食料品製造業	0. 4	3. 6
4	野菜缶詰・果実缶詰・農産保存食料品製造業	0. 8	1. 1
5	食料品製造業（前3項に掲げるもの並びに調味料製造業、糖類製造業、精穀・製粉業、パン・菓子製造業及び動植物油脂製造業を除く。）	0. 3	0. 8
6	清涼飲料製造業	0. 6	1. 4
7	酒類製造業	0. 4	0. 5
8	繊維工業（衣服その他の繊維製品製造業を除く。）	0. 6	1. 7
9	パルプ製造業	1. 0	1. 7
10	紙製造業	0. 4	0. 8
11	無機化学工業製品製造業	1. 0	4. 3
12	有機化学工業製品製造業	1. 0	4. 5
13	医薬品製造業	0. 4	0. 6
14	金属被覆・彫刻業及び金属熱処理業（ほうろう鉄器製造業を除く。）	0. 4	1. 0
15	電気機械器具製造業	0. 2	0. 4
16	下水道業	0. 2	0. 3
17	洗濯業	0. 2	0. 3
18	し尿処分業（し尿浄化槽に係るものを除く。）	0. 4	0. 8
19	と畜場	0. 4	0. 6
20	し尿浄化槽（次項に掲げるものを除く。）	0. 2	0. 6
21	農業集落排水処理施設	0. 2	0. 3
22	1の項から前項までに分類されないもの	0. 2	

表 藻類増殖・死滅実験結果(手賀沼) (2. 2章)

	経過日数 (日)	Chl-a ($\mu\text{g/l}$)	E260 (-)	TOC (mg/l)	D-TOC (mg/l)	P-TOC (mg/l)	CODcr (mg/l)	D-CODcr (mg/l)	P-CODCr (mg/l)	BOD (mg/l)	D-BOD (mg/l)	P-BOD (mg/l)	TOXFP ($\mu\text{g/l}$)	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	D-TOXFP ($\mu\text{g/l}$)	D-THMFP ($\mu\text{g/l}$)	P-TOXFP ($\mu\text{g/l}$)	P-THMFP ($\mu\text{g/l}$)
明条件	0	57.6	0.022							5.34	2.39	2.95	250.3	78.1	105.3	71.2	145.0	6.9
	1	85.4																
	2	83.2																
	3	97.0	0.029	6.21	4.41	1.80	23.0	17.2	5.74	6.66	1.21	5.45						
	6	102.5	0.031	7.38	4.58	2.80	28.6	12.6	15.99	5.34	2.39	2.95						
	7	127.7											385.0	83.1	130.0	77.9	255.0	5.2
	8	315.5		7.38	4.58	2.80	30.1	17.7	12.40	5.26	0.38	4.88						
	10	96.9	0.066	6.69	5.77	0.92	34.7	17.2	17.45	5.23	0.07	5.16	562.0	98.6	156.0	85.6	406.0	12.9
	14	170.9		12.89	11.68	1.21	38.1	20.4	17.68	6.09	2.60	3.49						
	17	269.8	0.81	8.88	5.89	2.99	37.0	21.2	15.73	5.00	0.61	4.39	852.0	100.0	163.5	82.3	688.5	17.7
	20	355.2		9.36	5.30	4.06	40.3	19.3	20.99	5.63	0.38	5.25						
	22	365.6		5.97	4.60	1.37	40.3	19.12	21.18	6.07	0.45	5.62						
	24	348.3	0.99	6.79	4.07	2.72	43.5	16.2	27.32	11.2	0.76	10.44	952.8	102.7	185.4	84.2	767.4	18.5
	27	546.4		8.31	4.14	4.17	40.6	14.9	25.72	10.32	2.7	7.62	665.0	100.4	131.3	70.7	533.8	29.7
	29	639.1	0.105	4.38	4.35	0.03	30.4	16.8	13.66	11.48	0.38	11.10	1558.0	97.9	400.9	62.5	1157.1	35.4
	34	549.8	0.16	9.29	4.97	4.32	41.6	15.5	26.10	12.02	0.03	11.99	1239.4	96.2	360.2	61.3	879.2	35.0
	36	541.2		6.57	5.07	1.50	31.2	19.5	11.71	8.78	0.09	8.69	460.2	85.9	325.6	61.8	134.6	24.1
	41	467.4	0.081	7.93	4.40	3.53	43.4	21.5	21.93				805.9	111.0	263.1	67.7	542.8	43.3
暗条件	58	556.0		9.04	8.07	0.97	46.45	18.81	27.64	5.43	0.66	4.77	1131.7	114.3	433.4	70.6	698.3	43.7
	63	482.3	0.081	5.07	4.64	0.43	58.72	25.34	33.37	6.69	0.36	6.33	874.4	138.1	279.5	76.7	594.9	61.4
	69	239.9	0.083	6.61	5.14	1.47	24.31	24.08	0.23	6.09	0.82	5.27	676.2	94.7	227.3	66.3	448.9	28.4
	71	320.5	0.082	5.83	5.34	0.49	29.70	15.83	13.88	6.47	0.68	5.79	734.6	103.4	348.7	61.1	385.9	42.3
	76	188.1	0.079	6.36	5.74	0.62	26.49			3.58	0.32	3.26	1093.2	88.4	306.9	53.8	786.3	34.6
	79	169.4	0.093	9.5	5.35	4.15	30.39	22.59	7.80	3.1	0.51	2.59	718.2	82.2	230.6	48.3	487.6	33.9
	86	152.2	0.091	8.11	5.53	2.58				2.53	0.45	2.08	613.8	88.2	352.1	47.6	261.7	40.6
	93	156.2	0.09	15.13	4.15	10.98				2.83	1.53	1.3	540.6	100.2	220.2	48.9	320.4	51.3
	100	143.2	0.087															

表 藻類増殖・死滅実験結果(霞ヶ浦) (2. 2章)

	経過日数 (日)	Chl-a (μ g/l)	E260 (-)	TOC (mg/l)	D-TOC (mg/l)	P-TOC (mg/l)	CODcr (mg/l)	D-CODcr (mg/l)	P-CODCr (mg/l)	BOD (mg/l)	D-BOD (mg/l)	P-BOD (mg/l)	TOXFP (μ g/l)	THMFP (μ g/l)	D-TOXFP (μ g/l)	D-THMFP (μ g/l)	P-TOXFP (μ g/l)	P-THMFP (μ g/l)
明条件	0	33.3	0.021							2.51	0.82	1.69	280.5	67.9	87.6	62.6	192.9	5.3
	1	50.4																
	2	13.0																
	3	63.3	0.034	4.08	2.99	1.09	16.1	12.6	3.4	1.48	0.07	1.41						
	6	101.6	0.044	4.50	3.10	1.40	14.4	9.6	4.7	2.51	0.82	1.69						
	7	110.8											426.0	75.5	96.5	63.4	329.5	12.2
	8	321.1		4.50	3.10	1.40	19.3	8.7	10.6	2.42	0.01	2.41						
	10	133.3	0.113	5.18	3.55	1.63	27.0	7.7	19.3	2.91	0.08	2.83	698.5	80.4	102.3	65.9	596.2	14.5
	14	329.6		10.07	9.31	0.76	38.5	12.4	26.1	6.99	1.16	5.83						
	17	504.9	0.125	7.80	4.70	3.10	46.7	30.5	16.2	7.61	0.71	6.9	1016.3	120.3	120.5	68.8	895.8	51.5
	20	589.5		15.91	3.90	12.01				7.98	0.4	7.58						
	22	508.4		7.00	4.00	3.00	56.2	10.6	45.6	6.47	0.65	5.82						
	24	748.5	0.155	6.77	4.03	2.74	59.5	13.8	45.7	9.02	1.18	7.84	1139.0	141.0	149.5	75.5	989.5	65.4
	27	828.8		7.73	4.80	2.93	65.1	12.4	52.7	14.9	0.15	14.75	1517.5	112.6	173.6	60.2	1343.9	52.4
	29	944.5	0.256	3.72	2.03	1.69	84.5	11.0	73.5	9.52	0.08	9.44	1595.5	111.1	501.5	52.8	1094.0	58.3
	34	889.6	0.189	9.25	4.71	4.54	56.9	13.2	43.7	17.36	0.51	16.85	2138.2	105.6	254.8	54.3	1883.4	51.3
	36	699.0		7.36	5.64	1.72	97.6	21.8	75.8	16.74	0	16.74			407.8	63.5		
	41	332.1	0.095	9.48	5.92	3.56	36.3	20.5	15.7	-	-		1029.8	96.8		73.8		23.0
暗条件	58	339.5		12.28	10.32	1.96	45.0	17.0	28.0	4.12	0.70	3.42	934.2	119.1	366.9	62.5	567.3	56.5
	63	269.7	0.102	10.19	7.01	3.18	47.5	16.4	31.1	5.02	0.45	4.57	683.1	122.5	279.5	110.7	403.6	11.8
	69	181.4	0.097	7.54	6.17	1.36	27.8	15.3	12.5				798.1	91.2	358.4	65.6	439.7	25.5
	71	206.1	0.118	7.96	6.28	1.68	32.6	14.2	18.3				662.2	85.4	301.1	57.8	361.1	27.5
	76	186.0	0.086	7.52	6.48	1.04	39.0	17.3	21.7				654.2	74.6	331.6	60	322.6	14.6
	79	155.1	0.097				8.7	7.1	1.7				631.7	82.2	270.4	52.4	361.3	29.8
	86	169.5	0.096				8.2	5.8	2.4				588.6	91.5	333.7	56.6	254.9	34.9
	93	146.7	0.093	7.46	6.02	1.44							464.0	78.1	175.4	57.5	288.6	20.6
	100	157.7	0.092															

表 藻類増殖・死滅実験結果(牛久沼) (2. 2章)

	経過日数 (日)	Chl-a (μ g/l)	E260 (-)	TOC (mg/l)	D-TOC (mg/l)	P-TOC (mg/l)	CODcr (mg/l)	D-CODcr (mg/l)	P-CODcr (mg/l)	BOD (mg/l)	D-BOD (mg/l)	P-BOD (mg/l)	TOXFP (μ g/l)	THMFP (μ g/l)	D-TOXFP (μ g/l)	D-THMFP (μ g/l)	P-TOXFP (μ g/l)	P-THMFP (μ g/l)
明条件	0	8.7	0.005							0.17	0.04	0.13	100.5	48.8	89.5	44.5	11.0	4.3
	1	4.1																
	2	5.1																
	3	7.0	0.004	2.41	2.34	0.08	3.4	1.1	2.3	1.25	1.11	0.14						
	6	18.4	0.005	2.72	2.68	0.05	9.2	5.5	3.7	0.17	0.04	0.13						
	7	17.1											130.2	69.6	110.0	65.9	20.2	3.8
	8	53.8		2.72	2.68	0.05	8.0	6.2	1.8	0.82	0.17	0.65						
	10	31.6	0.006	3.27	2.57	0.70	3.1	3.1	0.0	0.75	0.13	0.62	223.0	116.2	130.5	68.9	92.5	47.3
	14	79.3		9.34	8.20	1.14	2.3	0.6	1.7	0.91	0.7	0.21						
	17	73.1	0.009	4.36	3.65	0.72	17.8	12.2	5.6	2.02	0.39	1.63	275.6	98.5	183.2	68.7	92.4	29.8
	20	148.5		3.53	3.18	0.35	14.7	7.3	7.3	1.40	0.35	1.05						
	22	167.0		3.67	3.22	0.44	14.7	7.3	7.4	3.06	0.76	2.3						
	24	167.1	0.087	4.08	3.00	1.08	23.0	10.0	13.0	3.77	0.37	3.4	297.3	69.3	271.9	68.8	25.4	0.6
	27	195.0		5.08	3.82	1.26	19.6	15.2	4.5	3.69	0.19	3.5	368.5	70.2	270.0	59.8	98.5	10.4
	29	251.3	0.081	2.21	0.90	1.31	30.8	9.3	21.5	3.12	0.02	3.1	428.3	67.5	390.9	51.8	37.4	15.7
	34	234.4	0.068	5.39	3.91	1.48	22.0	9.6	12.4	7.88	0.1	7.78	518.8	62.7	201.7	55.6	317.1	7.1
	36	405.1		6.10	4.10	2.00	36.6	18.5	18.1	5.69	0	5.69	470.7	138.9	176.2	57.3	294.5	81.6
	41	460.2	0.087	4.78	3.99	0.79	43.5	11.9	31.6	-	-	-	362.3	75.7	193.3	62.6	169.0	13.2
暗条件	58	1263.1		8.53	7.32	1.21	44.95	11.70	33.3	3.25	0.13	3.12	813.5	114.0	284.4	71.2	529.1	42.9
	63	736.1	0.081	7.35	6.11	1.24	69.04	12.84	56.2	6.48	5.60	0.88	594.7	111.2	165.6	69.0	429.1	42.2
	69	659.9	0.073	6.08	3.44	2.64	32.34	5.85	26.5	6.07	0.4	5.67	516.6	82.4	232.9	59.9	283.7	22.5
	71	753.5	0.075	5.57	3.57	2.00	31.08	8.60	22.5	6.62	0.78	5.84	611.1	83.1	290.2	60.5	320.9	22.6
	76	565.0	0.067	4.76	4.31	0.45	39.91	13.88	26.0	5.69	0.38	5.31	606.88	76.9	341.4	53.6	265.5	23.3
	79	487.8	0.082	5.75	5.11	0.64	31.77	16.40	15.4	4.55	0.49	4.06	611.3	78.7	230.6	50.0	380.7	28.7
	86	356.4	0.084	6.17	4.81	1.36				2.84	0.35	2.49	656.3	87.6	314.2	51.1	342.1	36.5
	93	379.0	0.079	3.7	4.6					3.51	0.27	3.24	552.5	82.4	175.1	52.1	377.4	30.3
	100	241.1	0.082															

表 気象・水質測定値 (3. 2 章)

日	時刻	気 温 ℃	日射量 W/m ²	流入水			流出水		
				PH	水温 ℃	D0 mg/L	PH	水温 ℃	D0 mg/L
1 6 日	12	19.9	596	—	—	—	—	—	—
	13	20.8	548	9.06	21.1	9.26	10.19	28.12	14.18
	14	21.7	454	8.40	21.2	9.26	10.24	24.30	12.74
	15	21.4	294	9.19	21.1	9.03	9.88	19.60	12.10
	16	20.1	124	8.40	21.0	8.91	9.38	16.50	12.29
	17	17.7	7	8.67	20.8	8.79	9.29	14.70	10.95
	18	14.3	0	8.40	20.6	8.96	8.42	12.60	9.19
	19	12.1	0	—	—	—	—	—	—
	20	11.2	0	8.17	20.2	8.49	8.11	10.90	9.48
	21	11.4	0	—	—	—	—	—	—
	22	10.7	0	8.12	19.9	8.37	8.15	9.80	9.69
	23	8.9	0	—	—	—	—	—	—
1 7 日	0	8.2	0	7.89	19.7	8.38	7.83	8.50	10.05
	1	7.2	0	—	—	—	—	—	—
	2	6.9	0	8.10	19.6	8.46	8.17	7.80	10.33
	3	6.6	0	—	—	—	—	—	—
	4	7.3	0	7.85	19.5	8.31	7.77	7.20	10.50
	5	5.6	0	—	—	—	—	—	—
	6	5.7	6	8.27	19.4	8.39	8.20	6.90	10.69
	7	7.8	127	8.14	19.3	8.49	7.20	7.20	12.85
	8	12.3	289	8.84	19.5	8.64	8.58	9.20	13.00
	9	14.4	443	8.31	20.1	9.11	9.96	18.90	14.08
	10	16.3	548	9.01	20.6	8.83	10.42	26.80	14.42
	11	18.0	623	8.50	20.9	9.42	10.47	29.00	14.44
	12	19.3	588	9.26	21.0	9.34	14.27	30.60	14.27
	13	20.7	532	8.12	21.2	9.40	14.28	30.30	14.28

表 気象データ(3. 4章)

1997/10/1

	風向	風速	気温	日射量	気圧
	deg	m/sec	℃	W/hr	hpa
09:00:00	305	1.1	18.5	0.428	1024.6
10:00:00	283	0.8	20.8	0.516	1024.6
11:00:00	300	1.0	22.1	0.586	1024.4
12:00:00	319	1.3	22.8	0.578	1023.8
13:00:00	305	1.9	23.6	0.556	1023.2
14:00:00	325	2.0	23.2	0.453	1022.8
15:00:00	348	2.2	22.6	0.315	1022.7
16:00:00	362	2.6	21.5	0.164	1022.9
17:00:00	340	1.9	19.9	0.021	1023.3
18:00:00	289	0.9	18.2	0.000	1023.7
19:00:00	298	0.6	16.8	0.000	1024.3
20:00:00	337	0.4	14.9	0.000	1024.7
21:00:00	335	0.3	13.0	0.000	1025.0
22:00:00	334	0.2	12.1	0.000	1025.2
23:00:00	379	0.9	12.7	0.000	1025.3
00:00:00	379	0.5	12.0	0.000	1025.3

表 水質測定結果(10月1日)(3. 4章)

第3水路						
時刻	流入			流出		
	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)
09:00	8.89	7.49	21.6	8.05	7.53	25.7
11:00	8.11	7.97	22.8	7.01	7.86	28.9
13:00	8.52	7.98	23.1	7.39	8.19	28.4
15:00	8.80	7.88	22.8	8.88	8.05	21.8
17:00	8.99	7.80	20.9	9.79	7.84	18.1
19:00	9.08	7.61	20.2	9.95	7.72	16.5

表 水質測定結果(10月1日)(3. 4章)

第4水路						
時刻	流入			流出		
	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)
09:00	8.63	7.34	21.9	7.81	7.38	25.8
11:00	8.62	7.54	23.4	6.96	7.69	28.9
13:00	7.82	7.78	24.1	6.90	7.94	29.1
15:00	8.77	7.93	23.1	8.92	7.89	21.6
17:00	8.91	7.84	20.6	10.08	7.92	17.4
19:00	9.06	7.61	19.9	11.01	7.72	14.4

表 水質測定結果(10月1日)(3. 4章)

第5水路						
時刻	流入			流出		
	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)
09:00	8.53	7.36	21.1	8.23	7.35	24.8
11:00	8.64	7.44	22	7.83	7.51	27.7
13:00	7.75	7.51	22.9	6.97	7.77	27.1
15:00	8.62	7.68	24	8.84	8.14	22.5
17:00	8.49	7.70	21.6	9.51	7.81	18.8
19:00	8.71	7.54	20.3	9.76	7.67	17.1

表 SS測定結果(10月1日)(3. 4章)

時刻	第3水路		第4水路		第5水路	
	in	out	in	out	in	out
9:00	2.40	1.30	0.90	9.30	0.80	0.50
13:00	1.80	0.40	1.00	5.50	1.10	0.60
17:00	15.50	3.90	2.10	1.30	2.10	1.30
19:00	0.90	0.90	1.40	5.00	1.40	5.00

表 E260測定結果(10月1日)(3. 4章)

時刻	第3水路		第4水路		第5水路	
	in	out	in	out	in	out
9:00	0.016	0.016	0.013	0.015	0.017	0.025
11:00	0.014	0.015	0.012	0.014	0.015	0.028
13:00	0.012	0.014	0.015	0.012	0.016	0.031
15:00	0.014	0.014	0.014	0.018	0.014	0.018
17:00	0.013	0.014	0.012	0.011	0.014	0.017
19:00	0.013	0.014	0.015	0.013	0.014	0.016

表 CODcr測定結果(10月1日)(3. 4章)

時刻	第3水路		第4水路		第5水路	
	in	out	in	out	in	out
9:00	6.25	7.92	7.06	6.58	6.20	6.11
13:00	6.35	7.44	6.92	6.92	6.63	6.58
17:00	6.39	6.92	6.58	6.87	6.92	6.92
19:00	6.97	7.06	6.68	7.06	7.63	7.06

表 THMFP測定結果(10月1日)(3. 4章)

時刻	3-in D					3-out D				
	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)	D-THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
9:00	13.28	6.58	1.89	0.04	4.77	11.12	6.92	1.92	0.04	2.24
13:00	12.24	5.77	1.78	0.04	4.65	10.52	6.39	1.94	0.04	2.15
17:00	12.55	5.81	1.82	0.05	4.87	9.32	5.50	1.66	0.04	2.12
19:00	11.26	4.94	1.66	0.03	4.62	10.78	6.46	1.74	0.04	2.54
時刻	4-in D					4-out D				
	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)	D-THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
9:00	12.21	5.56	1.87	0.06	4.72	13.01	8.61	2.37	0.03	2.01
13:00	13.89	7.51	2.02	0.04	4.32	13.43	8.77	2.39	0.07	2.20
17:00	13.17	6.90	1.94	0.03	4.30	11.92	8.25	2.07	0.06	1.54
19:00	12.11	6.02	1.84	0.03	4.23	0.00				
時刻	5-in D					5-out D				
	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)	D-THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
9:00	14.68	8.06	2.05	0.05	4.53	11.35	7.56	1.83	0.03	1.93
13:00	14.78	8.20	2.05	0.04	4.49	11.33	7.13	1.96	0.04	2.20
17:00	13.43	6.86	1.83	0.05	4.70	10.00	5.96	1.68	0.03	2.32
19:00	12.24	5.58	1.73	0.04	4.90	10.23	5.61	1.70	0.03	2.89
時刻	3-in T					3-out T				
	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)	D-THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
9:00	18.88	12.63	2.37	0.06	3.81	13.52	10.33	1.81	0.03	1.35
13:00	12.50	7.07	1.72	0.04	3.68	11.16	7.99	1.72	0.03	1.41
17:00	12.76	6.88	1.71	0.06	4.12	9.43	5.90	1.55	0.04	1.95
19:00	11.55	5.59	1.62	0.04	4.30	9.34	5.44	1.47	0.05	2.38
時刻	4-in T					4-out T				
	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)	D-THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
9:00	11.91	5.88	1.65	0.09	4.29	14.83	11.12	2.21	0.03	1.47
13:00	13.83	7.72	1.83	0.03	4.25	13.20	8.90	2.12	0.10	2.08
17:00	10.32	5.04	1.45	0.03	3.80	9.81	6.54	1.65	0.03	1.60
19:00	11.80	6.06	1.67	0.05	4.02	10.43	7.17	1.65	0.04	1.56
時刻	5-in T					5-out T				
	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)	D-THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
9:00	11.84	5.55	1.62	0.06	4.61	10.51	6.49	1.73	0.04	2.25
13:00	12.78	6.33	1.82	0.04	4.59	10.61	6.77	1.77	0.03	2.04
17:00	12.51	5.57	1.64	0.03	5.27	9.07	5.43	1.50	0.03	2.12
19:00	12.19	5.84	1.73	0.04	4.58	10.22	5.88	1.65	0.03	2.66

表 気象データ(3. 4章)

1997/12/11

	風向	風速	気温	日射量	気圧
	deg	m/sec	℃	W/hr	hpa
09:00:00	163	0.9	7	0.488	1037.1
10:00:00	199	1.6	9	0.632	1037.1
11:00:00	203	1.3	10.3	0.736	1036.8
12:00:00	271	2.3	11.3	0.775	1036.1
13:00:00	138	1.8	12.5	0.732	1035.5
14:00:00	278	2	13.7	0.626	1035.3
15:00:00	195	1.4	13.7	0.470	1035.3
16:00:00	264	1.5	13.8	0.273	1035.7
17:00:00	115	2.3	11.2	0.077	1036.5
18:00:00	136	2	8.1	0	1037.5
19:00:00	113	2	6.7	0	1038.5
20:00:00	126	1.7	5.7	0	1038.8
21:00:00	76	1.1	5.1	0	1039.2
22:00:00	86	1.1	5.1	0	1039.6
23:00:00	109	0.8	4.9	0	1039.5
00:00:00	92	0.6	1.8	0	1039.7

表 水質測定結果(12月11日)(3. 4章)

第3水路						
時刻	流入			流出		
	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)
10:00	10.5	8.11	12.7	10.6	8.37	12.3
11:00	9.2	8.25	13.1	10.3	8.37	13.4
12:00	9.7	8.27	13.2	10.2	8.5	15.9
13:00	9.6	8.22	12.7	10.1	8.41	11.8
14:00	8.8	8.26	13.4	9.9	8.36	10.4
15:00	9.5	8.33	12.9	10.5	8.37	8.6
16:00	10.1	8.31	12.1	10.9	8.34	7.8
17:00	10.1	8.27	11.2	11.7	8.23	7.8
18:00	10.4	8.25	9	11.8	8.22	6.8
19:00	10.4	8.21	10.1	11.9	8.22	7
20:00	10.7	8.25	9.1	12	8.22	5.7

表 水質測定結果(12月11日)(3. 4章)

第4水路						
時刻	流入			流出		
	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)
10:00	9.7	7.99	12.7	10.3	8.12	8.6
11:00	9.5	8.25	13.6	9.9	8.3	14.2
12:00	9.4	8.33	13.6	9.5	8.26	15.5
13:00	9.6	8.25	12.6	9.3	8.33	12.4
14:00	9	8.31	13.2	10	8.3	10.4
15:00	8.9	8.34	13.2	9.8	8.35	9.5
16:00	9.1	8.33	12.6	11	8.36	7.5
17:00	9.90	8.22	11.2	11.5	8.35	8
18:00	10.4	8.24	10.2	11.9	8.33	5.6
19:00	10.1	8.22	9.7	11.9	8.28	5.4
20:00	10.1	8.25	8.9	12.2	8.33	5.1

表 水質測定結果(12月11日)(3. 4章)

第5水路						
時刻	流入			流出		
	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)	DO(mg/l)	PH(-)	水温(°C)
10:00	10	7.36	14.2	9.9	7.9	12.2
11:00	9.5	8.22	13.9	10.1	8.33	14.2
12:00	9	8.27	13.3	9.8	8.48	15.5
13:00	9.6	8.3	12.8	9.8	8.35	12.8
14:00	9.1	8.29	13.2	9.5	8.41	11.3
15:00	9.4	8.32	13.3	10.2	8.4	8.8
16:00	9	8.33	12.6	10.5	8.42	8.1
17:00	9.60	8.3	11.6	10.9	8.46	8.3
18:00	10.7	8.34	12.2	11.2	8.28	6.8
19:00	10.6	8.34	8.4	11.6	8.29	6
20:00	10.8	8.34	9.4	11.2	8.29	5.6

表 SS測定結果(12月11日)(3. 4章)

(単位:mg/l)

時刻	第3水路		第4水路		第5水路	
	in	out	in	out	in	out
10:00	1.00	14.80	0.00	0.20	0.00	0.40
12:00	0.00	9.40	0.00	2.60	0.00	0.40
14:00	0.00	7.60	0.20	4.40	1.80	1.00
16:00	0.20	2.80	0.00	4.00	0.40	7.40
18:00	0.00	14.80	0.00	0.20	1.80	14.40
20:00	14.80	6.60	0.00	0.20	5.60	8.40

表 E260測定結果(12月11日)(3. 4章)

(単位:—)

時刻	第3水路		第4水路		第5水路	
	in	out	in	out	in	out
10:00	0.012	0.026	0.013	0.013	0.013	0.017
12:00	0.012	0.017	0.013	0.019	0.016	0.019
14:00	0.015	0.021	0.024	0.025	0.015	0.016
16:00	0.015	0.021	0.013	0.045	0.012	0.016
18:00	0.014	0.017	0.013	0.014	0.014	0.017
20:00	0.017	0.021	0.011	0.012	0.016	0.020

表 TOC測定結果(12月11日)(3. 4章)

(単位:mg/l)

時刻	第3水路		第4水路		第5水路	
	in	out	in	out	in	out
10:00	6.32	6.09	5.16	4.64	4.76	4.45
12:00	5.93	6.04	4.89	4.66	4.32	4.60
14:00	5.22	5.39	4.35	4.87	4.21	4.44
16:00	4.96	5.43	4.55	4.61	3.94	4.19
18:00	5.32	5.69	4.58	4.89	4.68	4.82
20:00	5.96	5.96	4.33	4.40	4.11	4.45

表 CODcr測定結果(12月11日)(3. 4章)

(単位:mg/l)

時刻	第3水路		第4水路		第5水路	
	in	out	in	out	in	out
10:00	9.75	10.01	9.88	10.01	9.44	9.50
12:00	9.88	4.26	9.82	9.44	9.37	9.44
14:00	9.88	10.01	9.63	9.82	9.50	9.82
16:00	9.56	9.82	9.44	9.63	9.37	9.50
18:00	9.82	10.01	9.69	9.44	9.37	9.44
20:00	9.69	9.95	9.31	9.31	9.82	9.88

表 THMFP測定結果(第3水路)(12月11日)(3. 4章)

	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
10時流入	29.16	7.96	10.58	0.17	10.45
10時流出	35.36	12.35	13.07	0.09	9.86
12時流入	23.01	5.48	8.20	0.02	9.30
12時流出	24.84	9.59	9.78	0.02	5.44
14時流入	22.28	5.21	7.78	0.02	9.27
14時流出	25.28	9.04	9.65	—	6.60
16時流入	22.90	5.61	8.08	0.03	9.18
16時流出	21.44	7.42	7.93	0.03	6.06
18時流入	22.34	5.50	7.88	0.04	8.91
18時流出	32.29	15.24	11.42	0.02	5.62
20時流入	29.73	11.19	10.38	0.02	8.13
20時流出	21.68	8.67	7.67	0.02	5.32

表 THMFP測定結果(第4水路)(12月11日)(3. 4章)

	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
10時流入	26.30	6.57	9.28	0.07	10.38
10時流出	15.90	4.21	6.16	0.04	5.48
12時流入	22.82	5.38	8.13	0.01	9.30
12時流出	15.96	4.49	6.31	0.01	5.15
14時流入	23.14	5.63	8.33	0.01	9.18
14時流出	17.10	4.82	6.58	—	5.70
16時流入	22.49	5.32	7.91	0.01	9.25
16時流出	19.15	5.89	7.11	0.03	6.12
18時流入	43.23	26.63	7.51	0.01	9.08
18時流出	15.66	4.16	5.60	0.03	5.87
20時流入	20.44	4.75	6.98	0.01	8.70
20時流出	15.32	3.98	5.50	0.04	5.80

表 THMFP測定結果(第5水路)(12月11日)(3. 4章)

	THMFP ($\mu\text{g/l}$)	CHCL3 ($\mu\text{g/l}$)	CHCL2BR ($\mu\text{g/l}$)	CHCLBR2 ($\mu\text{g/l}$)	CHBR3 ($\mu\text{g/l}$)
10時流入	25.57	6.21	9.25	0.04	10.07
10時流出	20.76	6.70	8.43	0.03	5.59
12時流入	23.68	5.61	8.53	0.01	9.53
12時流出	20.97	6.96	8.60	0.01	5.40
14時流入	24.43	6.11	8.93	—	9.39
14時流出	19.64	6.46	7.85	0.01	5.31
16時流入	24.45	5.88	8.75	0.01	9.81
16時流出	20.42	6.45	8.00	0.01	5.95
18時流入	24.20	7.35	8.37	0.04	8.44
18時流出	26.44	10.56	9.73	0.02	6.14
20時流入	24.90	7.52	8.70	0.02	8.66
20時流出	30.97	13.85	11.31	0.02	5.78

表 クロロフィル, フェオフィチン量の変化(4. 2章)

	経過日数 (日)	クロロフィル(三波長法)				クロロフィル(単波長法)	
		a	b	c	Total	クロロフィル (mg/m3)	フィオフィチン (mg/m3)
培養期間	0	127.9	6.1	2.9	136.9	293.7	296.9
	2	240.3	-1.1	0	239.2	532.7	551.7
	12	812.1	-10.2	41.5	843.3	1808.2	1851.6
	14	807.1	10.3	61.1	878.6	1803.4	1888.5
	16	521.5	10.7	33.5	565.7	1289.5	1403.7
分解期間	0	531.5	18.9	35.6	586.1	423.4	165.6
	7	403.5	15.2	24.2	442.9	445.8	924.3
	14	240.5	11.2	1.4	253.2	373.2	556.6
	21	125.3	21.3	5.1	151.8	280	352.5

表 分解によるTHMFPの変化(培養藻類)(4. 2章)

(単位: $\mu\text{g/l}$)

経過日数	THMFP	CHCL3	CHCL2BR	CHCLBR2	CHBR3	D-THMFP	CHCL3	CHCL2BR	CHCLBR2	CHBR3
0	201.16	195.35	3.32	-	2.49	97.34	91.74	2.98	-	2.63
7	233.31	228.45	2.64	-	2.22	100.13	95.90	2.35	-	1.89
14	456.31	445.81	7.89	-	2.60	155.85	148.30	5.10	-	2.45
21	375.15	367.01	5.65	0.17	2.31	141.04	81.62	54.45	-	4.97

表 分解によるTHMFPの変化(大堀川)(4. 2章)

(単位: $\mu\text{g/l}$)

経過日数	THMFP	CHCL3	CHCL2BR	CHCLBR2	CHBR3	D-THMFP	CHCL3	CHCL2BR	CHCLBR2	CHBR3
0	128.26	91.65	33.21	-	3.40	85.90	53.06	28.94	-	3.91
7	99.80	63.39	33.17	-	3.24	-	-	-	-	-
14	155.19	97.69	52.84	-	4.66	62.49	35.92	23.98	-	2.60
21	121.19	95.72	24.36	-	1.11	64.63	33.19	28.25	-	3.19

表 分解によるTHMFPの変化(新川)(4. 2章)

(単位: $\mu\text{g/l}$)

経過日数	THMFP	CHCL3	CHCL2BR	CHCLBR2	CHBR3	D-THMFP	CHCL3	CHCL2BR	CHCLBR2	CHBR3
0	133.35	107.26	25.05	-	1.03	103.85	79.60	23.23	-	1.02
7	160.90	123.33	35.15	-	2.42	-	-	-	-	-
14	125.58	103.29	21.02	-	1.27	88.67	68.26	19.16	-	1.25
21	80.96	59.18	20.58	-	1.20	62.61	32.02	27.48	-	3.11

表 分解によるTHMFPの変化(山林)(4. 2章)

(単位: $\mu\text{g/l}$)

経過日数	THMFP	CHCL3	CHCL2BR	CHCLBR2	CHBR3
0	27.78	21.20	6.13	-	0.45
14	21.78	16.40	5.16	-	0.22
21	20.85	15.01	5.59	-	0.25

表 各試料のTOCの変化(4. 2章)

(単位:mg/l)

経過日数 (日)	藻類		大堀川		新川		山林	
	T	D	T	D	T	D	T	D
0	40.79	12.57	9.51	7.32	9.55	6.37	1.248	1.21
7	36.67	8.38	5.81	3.77	7.07	4.36	—	—
14	31.71	9.185	5.46	4.02	6.9	4.31	0.97	0.92
21	29.49	9.51	5.12	3.78	6.77	4.34	0.95	0.91

表 各試料のBODの変化(4. 2章)

(単位:mg/l)

経過日数 (日)	藻類		大堀川		新川		山林	
	T	D	T	D	T	D	T	D
0	15.75	3.35	6.80	3.35	5.50	1.55	0.66	0.48
7	12.22	2.79	1.94	1.26	2.36	1.45	0.48	0.35
14	10.57	3.06	1.82	1.34	2.30	1.44	0.32	0.31

表 各試料のCOD_{Cr}の変化(4. 2章)

(単位:mg/l)

経過日数 (日)	藻類		大堀川		新川		山林	
	T	D	T	D	T	D	T	D
0	34.28	12.63	8.52	6.94	10.10	5.56	1.65	1.17
7	25.65	7.65	5.23	2.85	6.96	3.65	1.00	0.98
14	24.35	7.52	4.88	2.22	6.32	3.22	1.02	0.97

表 各試料のTHMFPの変化(4. 2章)

(単位: μ g/l)

経過日数 (日)	藻類		大堀川		新川		山林	
	T	D	T	D	T	D	T	D
0	201.16	97.34	128.28	85.90	133.48	103.96	27.78	24.66
7	233.31	100.13	99.75		160.90			
14	456.31	155.85	155.19	62.49	125.58	88.67	21.78	
21	375.14	144.34	121.19	64.63	80.96	62.61	20.85	

表 各試料のTOXFPの変化(4. 2章)

(単位: μ g/l)

経過日数 (日)	藻類		大堀川		新川		山林	
	T	D	T	D	T	D	T	D
0	1438.25	580.75	615.73	371.48	988.01	215.34	73.86	76.66
7	1695.75	755.25	620.23		655.18			
14	2550.25	1067.65	503.33	302.93	645.78	321.48	61.66	
21	2522.25	—	489.98	184.23	446.43	240.68	52.91	

表 生活排水由来試料分析結果(4. 4章)

	日数 (日)	TOTAL				DISSOLB			
		TOC (mg/l)	BOD (mg/l)	THMFP (μg/l)	TOXFP (μg/l)	TOC (mg/l)	BOD (mg/l)	THMFP (μg/l)	TOXFP (μg/l)
10℃ TOTAL	0	119.0	88.4	360	2237.7	56.0	31.6	262	1153.2
	3	86.0	-	211	981.9	24.0	-	177	975.8
	11	37.2	-	365	1578	18.0	-	226	1505
	18	26.8	25.9	315	1052.5	16.9	-	251	589
20℃ TOTAL	0	119.0	88.4	360	2237.7	56.0	31.6	262	1153.2
	3	57.0	-	197	1492.7	25.0	-	197	715
	11	20.1	-	252	1118	11.0	-	227	756
	18	18.5	7.1	310	1324	9.7	-	194	392
30℃ TOTAL	0	119.0	88.4	360	2237.7	56.0	31.6	320	1153.2
	3	73.0	-	272	914.4	24.0	-	231	1559.5
	11	20.0	-	258	889	10.0	-	161	-
	18	11.7	2.3	199	957.5	9.6	-	193	469

表 生活排水由来試料分析結果(4. 4章)

	日数 (日)	TOTAL					DISSOLB				
		THMFP (μg/l)	CHCL3 (μg/l)	CHCL2BF (μg/l)	CHCLBR2 (μg/l)	CHBR3 (μg/l)	THMFP (μg/l)	CHCL3 (μg/l)	CHCL2BF (μg/l)	CHCLBR2 (μg/l)	CHBR3 (μg/l)
10℃ TOTAL	0	360.05	326.50	31.05	tr	2.50	262.35	227.40	32.20	tr	2.75
	3	210.70	178.10	29.80	tr	2.80	176.50	146.10	27.60	tr	2.80
	11	365.43	317.93	42.60	tr	4.90	226.30	196.00	27.60	0.20	2.50
	18	314.91	239.50	65.29	0.19	9.93	250.64	175.20	65.00	0.19	10.25
20℃ TOTAL	0	360.05	326.50	31.05	tr	2.50	262.35	227.40	32.20	tr	2.75
	3	197.20	164.70	29.60	tr	2.90	187.00	154.08	29.20	tr	3.70
	11	251.78	208.18	38.30	0.40	4.90	226.92	185.52	34.90	tr	6.50
	18	309.55	235.40	66.93	0.39	6.84	193.60	132.90	54.56	0.40	5.74
30℃ TOTAL	0	360.05	326.50	31.05	tr	2.50	262.40	227.40	32.20	tr	2.60
	3	272.30	238.10	31.50	tr	2.70	231.30	197.50	30.70	tr	3.10
	11	257.60	212.80	41.20	0.30	3.30	160.57	126.40	29.07	0.30	4.80
	18	198.56	137.17	56.11	0.32	4.96	193.22	134.61	54.23	0.37	4.01

表 高度処理水分解実験結果(4. 6章)

	日数 (日)	TOTAL			DISSOLB		
		TOC (mg/l)	THMFP (μ g/l)	TOXFP (μ g/l)	TOC (mg/l)	THMFP (μ g/l)	TOXFP (μ g/l)
10°C好気	0	6.50	83.74	324.35	6.33	75.97	322.90
	1	5.69	78.56	329.47	5.13	75.27	307.87
	3	5.89	82.74	320.63	5.71	80.76	315.73
	7	4.38	83.55	338.23	4.26	79.74	322.43
	14	4.79	79.56	339.17	4.77	82.85	308.27
20°C好気	0	6.50	83.74	324.35	6.33	75.97	322.90
	1	5.65	84.82	355.01	5.27	79.93	335.11
	3	6.59	88.45	330.82	6.26	80.31	287.27
	7	4.86	80.71	334.65	4.77	79.71	310.30
	14	5.01	83.78	308.38	4.83	80.32	287.93
20°C嫌気	0	6.50	83.74	324.35	6.33	75.97	322.90
	1	5.44	80.01	327.19	5.30	79.98	320.84
	3	5.62	85.88	349.78	5.53	79.84	296.78
	7	4.25	78.00	324.21	4.24	77.86	306.96
	14	5.14	80.51	297.35	4.69	80.08	296.10
30°C好気	0	6.50	83.74	324.35	6.33	75.97	322.90
	1	6.66	85.15	423.06	6.14	77.70	344.81
	3	6.30	92.51	348.68	6.28	82.47	293.83
	7	4.91	82.44	358.65	4.70	74.31	358.10
	14	5.51	85.71	340.12	5.47	81.79	303.67

表 高度処理水分解実験結果(4. 6章)

	日数 (日)	TOTAL					DISSOLB				
		THMFP (μ g/l)	CHCL3 (μ g/l)	CHCL2BR (μ g/l)	CHCLBR2 (μ g/l)	CHBR3 (μ g/l)	THMFP (μ g/l)	CHCL3 (μ g/l)	CHCL2BR (μ g/l)	CHCLBR2 (μ g/l)	CHBR3 (μ g/l)
10°C好気	0	83.74	48.30	32.78	0.08	2.59	75.97	43.46	29.88	0.06	2.58
	1	78.56	45.09	30.88	0.06	2.53	75.27	42.61	30.02	0.05	2.60
	3	82.74	47.64	32.53	0.08	2.50	80.76	46.50	31.61	0.07	2.58
	7	83.55	47.73	33.03	0.06	2.73	79.74	45.51	31.54	0.05	2.64
	14	79.56	45.57	31.21	0.06	2.72	82.85	47.73	32.27	0.09	2.77
20°C好気	0	83.74	48.30	32.78	0.08	2.59	75.97	43.46	29.88	0.06	2.58
	1	84.82	50.23	31.97	0.07	2.56	79.93	45.81	31.46	0.05	2.61
	3	88.45	51.93	33.58	0.08	2.86	80.31	45.86	31.46	0.06	2.93
	7	80.71	45.67	31.78	0.04	3.21	79.71	44.94	31.54	0.06	3.18
	14	83.78	47.96	32.20	0.09	3.53	80.32	44.74	31.77	0.07	3.73
20°C嫌気	0	83.74	48.30	32.78	0.08	2.59	75.97	43.46	29.88	0.06	2.58
	1	80.01	45.95	31.19	0.05	2.82	79.98	45.09	32.24	0.06	2.59
	3	85.88	50.35	32.77	0.08	2.67	79.84	46.41	30.85	0.08	2.50
	7	78.00	43.66	31.29	0.05	3.00	77.86	44.00	30.97	0.04	2.84
	14	80.51	45.48	31.85	0.07	3.11	80.08	45.63	31.47	0.09	2.89
30°C好気	0	83.74	48.30	32.78	0.08	2.59	75.97	43.46	29.88	0.06	2.58
	1	85.15	51.65	30.95	0.04	2.52	77.70	44.70	30.28	0.05	2.67
	3	92.51	55.67	34.25	0.09	2.51	82.47	47.89	31.89	0.08	2.62
	7	82.44	49.47	30.24	0.05	2.69	74.31	44.09	27.69	0.05	2.48
	14	85.71	49.80	32.93	0.09	2.89	81.79	47.02	31.79	0.09	2.89

表 底泥からの溶出実験結果(5. 2章)

		採水量	TOC	BOD	THMFP	TOXFP	E260	D O
		l	(mg/l)	(mg/l)	(μ g/l)	(μ g/l)		(mg/l)
10℃ 好気	0	-	12.34	4.60	124.36	520.6	0.065	8.50
	1	1.55	18.10	5.93	138.41	761.55	0.115	6.72
	3	1.30	10.19	5.38	153.86	620.15	0.147	7.42
	7	1.20	7.88	3.58	142.37	1099.4	0.158	11.72
	14	1.22	9.48		185.93	1416.75	0.127	6.70
10℃ 好気 ブランク	0	-	12.34	4.60	124.36	520.6	0.065	8.50
	1	-	16.31	6.20	117.95	514.1	0.096	7.12
	3	-	10.45	8.30	120.51	667.96	0.090	7.72
	7	-	5.93	5.94	126.97	797.96	0.092	11.76
	14	-	6.78		137.37	559	0.082	5.45
20℃ 好気	0	-	12.34	4.60	124.36	520.60	0.065	8.50
	1	1.40	20.85	3.80	156.12	657.80	0.159	4.67
	3	1.40	10.86	2.68	151.88	585.70	0.157	4.85
	7	1.45	7.68	8.35	152.83	1419.25	0.127	4.38
	14	1.28	8.76		191.09	1231.45	0.133	0.33
20℃ 好気 ブランク	0	-	12.34	4.60	124.36	520.60	0.065	8.50
	1	-	14.71	5.63	121.33	3226.46	0.101	4.57
	3	-	8.21	5.10	118.37	865.96	0.079	7.15
	7	-	4.54	12.09	110.48	969.96	0.076	9.87
	14	-	4.41		111.52	743.80	0.070	4.77
20℃ 嫌気	0	-	12.34	4.60	124.36	520.60	0.065	
	1	1.45	20.85	6.20	160.93	430.80	0.178	
	3	1.30	12.08	6.50	159.20	661.50	0.213	
	7	1.30	10.19	4.03	185.07	1406.80	0.255	
	14	1.40	14.66		225.99	1255.95	0.393	
20℃ 嫌気 ブランク	0	-	12.34	4.60	124.36	520.60	0.065	
	1	-	14.72	7.43	188.01	1273.46	0.100	
	3	-	7.91	6.90	112.49	407.96	0.083	
	7	-	4.54	9.33	117.28	843.96	0.075	
	14	-	4.53		106.79	1122.40	0.096	
30℃ 好気	0	-	12.34	4.60	124.36	520.60	0.065	8.50
	1	1.22	18.72	5.90	152.59	685.40	0.142	3.65
	3	1.30	13.11	3.63	168.11	697.15	0.156	1.89
	7	1.20	7.79	10.40	179.37	1456.35	0.169	1.10
	14	1.10	12.56		253.21	1615.80	0.212	0.96
30℃ 好気 ブランク	0	-	12.34	4.60	124.36	520.60	0.065	8.50
	1	-	13.54	3.35	117.86	555.96	0.101	3.89
	3	-	7.96	4.10	115.68	598.46	0.075	6.58
	7	-	4.74	8.82	102.45	1063.96	0.082	5.60
	14	-	5.72		119.37	865.10	0.096	4.75
30℃ 嫌気	0	-	12.34	4.60	124.36	520.60	0.065	
	1	1.30	20.59	4.25	164.34	463.60	0.181	
	3	1.25	14.55	3.73	176.37	1257.45	0.251	
	7	1.18	11.03	4.18	244.25	2390.80	0.250	
	14	1.25	12.90		313.02	2431.95	0.228	
30℃ 嫌気 ブランク	0	-	12.34	4.60	124.36	520.60	0.065	
	1	-	17.20	4.15	128.23	534.96	0.101	
	3	-	8.62	3.98	115.01	607.96	0.075	
	7	-	3.49	8.32	99.78	786.96	0.070	
	14	-	4.03		100.83	838.40	0.071	

表 水深別TOXFPの分析結果(5. 4章)

水深	TOTAL			DISSOLVE		
	BASE	CL-IN	TOXFP	BASE	CL-IN	D-TOXFP
網場表層	1.37	171.35	169.99	0.95	153.40	152.45
一次躍層上水深4m	3.00	177.40	174.41	5.49	146.35	140.86
一次躍層下水深8m	3.10	208.20	205.11	9.40	213.55	204.15
二次躍層上水深14m	3.88	136.20	132.32	3.50	122.45	118.95
二次躍層下水深26m	6.04	101.55	95.52	6.63	78.15	71.52
網場1/2水深	1.88	156.40	154.52	1.69	122.15	120.47
網場 底上5m	6.94	289.25	282.31	5.65	118.65	113.00
網場 底上1m	19.73	632.50	612.78	2.73	535.00	532.27

表 水深別THMFPの分析結果(5. 4章)

水深	TOTAL					DISSOLVE				
	THMFP (μ g/l)	T-CHCl3 (μ g/l)	T-CHCl2Br (μ g/l)	T-CHClBr2 (μ g/l)	T-CHBr3 (μ g/l)	D-THMFP (μ g/l)	D-CHCl3 (μ g/l)	D-CHCl2Br (μ g/l)	D-CHClBr2 (μ g/l)	D-CHBr3 (μ g/l)
網場表層	59.05	45.41	12.25	0.05	1.34	56.69	42.71	11.22	0.12	2.64
一次躍層上水深4m	61.13	47.49	12.41	0.08	1.14	57.56	44.62	11.67	0.05	1.22
一次躍層下水深8m	74.39	62.91	10.15	0.05	1.28	67.39	56.10	9.95	0.10	1.23
二次躍層上水深14m	58.00	45.59	11.03	0.10	1.28	55.03	43.34	10.30	0.05	1.34
二次躍層下水深26m	47.56	31.50	14.73	0.12	1.21	41.58	26.93	13.16	0.15	1.35
網場1/2水深	54.99	36.41	15.86	0.08	2.64	52.79	41.66	10.52	0.07	0.53
網場 底上5m	131.10	85.34	32.14	0.44	13.18	119.59	92.88	23.70	0.15	2.86
網場 底上1m	337.39	157.50	158.60	1.32	19.96	241.84	177.90	57.90	0.25	5.78

表 利根川試料採水日(6. 2章)

	H8.9	H8.10	H8.11	H8.12	H9.1	H9.2	H9.3	H9.4	H9.5	H9.6	H9.7	H9.8	H9.9	H9.10	H9.11	H9.12	H10.1	H10.2	H10.3	H10.4	H10.5	H10.6	H10.7	H10.8	H10.9	H10.10	H10.11	H10.12	H11.1
板東大橋	9/3	10/8	11/5	12/3	1/7	2/4	3/4	4/15	5/6	6/3	7/1	8/5	9/2	10/7	11/4	12/2	1/6	2/3	3/3	4/14	5/12	6/2	7/7	8/5	9/21	10/6	11/10	12/1	1/5
上武大橋	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
刀水橋	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
利根大堰	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
栗橋	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
芽吹橋	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
取手	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
布川(栄橋)	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
須賀	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
金江津	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
水郷大橋	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
河口堰	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

表 利根川測定値(6. 2章)

THMFP($\mu\text{g/l}$)		H8.9	H8.10	H8.11	H8.12	H9.1	H9.2	H9.3	H9.4	H9.5	H9.6	H9.7	H9.8	H9.9	H9.10	H9.11	19.12	H10.1	H10.2	H10.3	H10.4	H10.5	H10.6	H10.7	H10.8	H10.9	H10.10	H10.11	H10.12	H11.1	平均
板東大橋		15	33	29	32	29	24	32	30	32	30	33	81	44	29	36	45	42	23	25	37	28	22	26	99	27	23	26	25	21	34
上武大橋		18	44	33	43	38	28	29	33	34	21	38	69	56	29	38	48	43	23	32	36	28	22	27	102	28	21	9	20	22	35
刀水橋		163	113	73	87	70	61	49	69	62	23	59	80	72	48	54	61	70	43	50	47	49	38	49	64	36	40	21	31	30	59
利根大堰		113	41	43	45	57	38	32	32	31	40	58	79	58	28	41	49	50	27	36	27	20	26	30	45	24	21	14	22	22	40
栗橋		27	43	40	45	50	47	33	33	40	20	55	81	67	28	43	50	40	28	35	39	43	22	43	53	29	22	14	23	26	39
芽吹橋		77	54	52	57	55	50	44	48	45	27	66	63	61	31	49	58	45	38	43	36	30	37	48	45	30	26	20	27	28	44
取手		30	53	55	57	59	60	47	46	63	32	66	59	73	34	44	47	47	35	45	35	25	33	51	45	38	27	12	24	26	44
布川(栄橋)		32	55	55	62	50	43	50	45	61	34	72	63	59	32	46	50	47	33	44	33	41	29	50	45	39	30	12	25	26	44
須賀		40	64	57	63	52	74	63	49	72	59	69	64	66	36	50	49	49	43	42	38	41	27	52	42	32	30	20	36	32	49
金江津		33	83	61	83	103	65	79	61	93	33	95	77	79	34	57	64	55	34	45	37	50	33	59	51	32	32	14	31	37	55
水郷大橋		41	82	77	89	89	63	82	64	106	54	38	70	74	32	63	54	64	42	39	37	49	33	56	46	29	26	22	32	45	55
河口堰		-	81	76	94	117	69	97	62	126	60	41	78	79	33	62	60	55	38	44	45	45	32	51	36	29	27	23	29	73	59

表 利根川測定値(6. 2章)

CHCl3FP($\mu\text{g/l}$)		H8.9	H8.10	H8.11	H8.12	H9.1	H9.2	H9.3	H9.4	H9.5	H9.6	H9.7	H9.8	H9.9	H9.10	H9.11	19.12	H10.1	H10.2	H10.3	H10.4	H10.5	H10.6	H10.7	H10.8	H10.9	H10.10	H10.11	H10.12	H11.1	平均
板東大橋		10	17	16	17	20	15	21	19	24	27	25	64	26	24	19	31	23	14	16	29	20	14	17	88	19	15	15	15	13	23
上武大橋		12	25	19	26	27	17	18	21	24	17	28	53	35	23	21	33	24	14	22	28	20	15	18	91	20	13	5	12	13	24
刀水橋		103	82	28	41	50	39	29	33	34	20	32	49	36	31	25	30	36	23	29	29	34	20	28	39	14	13	8	14	15	33
利根大堰		68	17	23	25	46	26	20	21	21	24	28	55	35	23	22	31	33	16	24	18	13	18	20	33	14	10	8	12	13	25
栗橋		17	17	20	23	38	35	20	20	29	17	45	59	40	22	24	34	22	16	25	24	28	14	26	37	20	12	7	12	15	25
芽吹橋		44	23	27	27	40	34	26	27	27	23	41	43	37	24	26	38	25	22	30	23	18	23	30	29	20	14	10	13	15	27
取手		20	23	30	30	43	45	29	27	40	25	51	42	48	28	24	31	26	20	31	24	14	20	34	29	28	16	6	13	15	28
布川(栄橋)		23	24	30	31	34	28	33	26	39	27	49	43	32	25	24	32	26	19	29	21	27	18	34	27	29	17	6	13	15	27
須賀		19	33	32	32	36	55	44	30	46	25	53	44	38	29	27	31	27	27	28	25	26	16	34	27	22	17	10	20	18	30
金江津		21	25	26	25	25	18	41	25	40	26	50	55	49	26	25	32	25	17	25	24	22	15	32	31	22	18	5	11	10	26
水郷大橋		13	28	20	26	24	28	48	27	33	32	64	43	33	21	25	29	25	21	24	21	27	19	22	19	17	13	10	12	16	26
河口堰		-	30	18	20	23	23	39	36	29	30	-	45	39	25	22	21	21	17	15	29	20	18	28	16	19	13	10	11	5	23

表 利根川測定値(6. 2章)

CHCl₂BrFP(μg/l)

	H8.9	H8.10	H8.11	H8.12	H9.1	H9.2	H9.3	H9.4	H9.5	H9.6	H9.7	H9.8	H9.9	H9.10	H9.11	19.12	H10.1	H10.2	H10.3	H10.4	H10.5	H10.6	H10.7	H10.8	H10.9	H10.10	H10.11	H10.12	H11.1	平均
板東大橋	3	10	8	9	8	7	8	7	6	—	6	17	17	4	14	13	15	8	8	7	7	7	9	11	7	8	10	9	8	9
上武大橋	4	12	9	11	10	7	8	8	7	—	8	15	19	4	13	14	16	8	10	8	7	7	9	11	7	7	3	8	9	9
刀水橋	42	22	21	20	18	14	13	17	16	—	17	28	31	7	23	25	26	18	20	18	15	18	19	23	18	15	10	14	13	19
利根大堰	31	14	12	12	10	9	9	8	7	—	10	23	20	4	15	16	15	10	12	9	7	8	9	12	10	9	6	9	8	12
栗橋	7	14	12	12	11	9	10	8	8	—	11	21	24	4	16	15	14	11	9	9	15	8	16	15	9	9	6	10	10	12
芽吹橋	22	17	15	16	14	12	13	12	12	—	14	19	21	5	19	19	16	15	13	12	11	13	17	14	9	10	8	12	11	14
取手	7	17	15	15	14	12	13	11	15	—	12	16	22	5	18	15	17	13	13	10	10	12	16	14	10	10	5	10	10	13
布川(栄橋)	7	17	15	18	14	11	12	11	14	—	13	18	23	5	18	16	18	13	14	11	14	10	16	14	10	11	6	11	10	13
須賀	12	19	16	18	15	15	14	11	17	19	13	19	24	5	19	16	18	15	13	13	15	10	18	14	10	12	9	15	13	15
金江津	8	27	19	24	25	22	24	17	28	—	18	20	27	6	24	26	23	15	19	12	24	15	24	18	9	13	6	15	16	19
水郷大橋	12	26	23	27	24	21	23	19	32	15	23	24	33	6	27	20	26	18	15	15	21	13	27	22	11	11	10	15	22	20
河口堰	—	25	22	26	28	23	32	16	40	18	24	29	34	6	27	26	21	17	22	15	22	13	21	17	10	12	11	14	18	21

表 利根川測定値(6. 2章)

CHClBr₂FP(μg/l)

CHCIB2FP (μg/l)																														平均	
	H8.9	H8.10	H8.11	H8.12	H9.1	H9.2	H9.3	H9.4	H9.5	H9.6	H9.7	H9.8	H9.9	H9.10	H9.11	19.12	H10.1	H10.2	H10.3	H10.4	H10.5	H10.6	H10.7	H10.8	H10.9	H10.10	H10.11	H10.12	H11.1		
板東大橋	1	6	4	5	-	2	2	3	2	3	2	0	0	0	0	0	1	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.02	0.02	-	-	-	2	
上武大橋	1	6	4	6	-	2	2	4	2	3	2	0	0	0	0	0	1	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	2	
刀水橋	15	8	17	16	-	4	5	14	10	3	9	0	0	0	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
利根大堰	11	8	7	7	-	2	3	4	3	9	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
栗橋	3	10	7	8	-	2	3	4	3	3	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	4	
芽吹橋	10	12	9	12	-	3	4	7	6	4	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
取手	2	11	9	10	-	2	4	7	7	7	5	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	4	
布川(栄橋)	2	12	8	12	-	3	4	7	7	6	5	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
須賀	8	10	8	12	-	3	3	7	8	12	5	0	0	0	1	0	1	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	5
金江津	3	26	14	26	42	12	10	17	22	6	11	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	
水郷大橋	12	22	27	28	30	8	8	16	33	6	14	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
河口堰	-	20	27	34	49	11	16	9	43	11	14	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	

表 利根川測定値(6. 2章)

CHBr₃FP(μg/l)

	H8.9	H8.10	H8.11	H8.12	H9.1	H9.2	H9.3	H9.4	H9.5	H9.6	H9.7	H9.8	H9.9	H9.10	H9.11	19.12	H10.1	H10.2	H10.3	H10.4	H10.5	H10.6	H10.7	H10.8	H10.9	H10.10	H10.11	H10.12	H11.1	平均
板東大橋	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	—	1	0	1	3	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
上武大橋	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	—	1	2	2	3	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
刀水橋	2	2	7	11	2	4	2	5	1	0	1	3	6	10	7	7	7	2	2	1	1	2	1	2	5	12	4	3	3	4
利根大堰	2	2	1	1	1	1	1	0	0	8	0	1	2	1	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
栗橋	0	2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	1	2	1	3	1	2	1	0	7	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
芽吹橋	2	2	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	2	2	4	2	3	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1
取手	0	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	2	1	3	1	3	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1
布川(栄橋)	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	4	2	3	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	2	1	1
須賀	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1	4	1	3	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
金江津	0	6	3	7	12	13	4	2	4	1	1	1	3	2	8	5	7	2	1	0	3	3	2	1	0	1	2	5	10	4
水郷大橋	3	6	8	8	10	5	3	3	9	1	2	2	8	4	11	4	13	2	1	1	2	1	7	5	0	1	2	4	8	5
河口堰	—	7	9	13	17	11	10	1	14	2	2	4	6	2	14	13	12	4	8	1	3	1	2	3	0	1	2	4	50	8

表 利根川測定値(6. 2章)

TOXFP($\mu\text{g/l}$)

	H8.9	H8.10	H8.11	H8.12	H9.1	H9.2	H9.3	H9.4	H9.5	H9.6	H9.7	H9.8	H9.9	H9.10	H9.11	19.12	H10.1	H10.2	H10.3	H10.4	H10.5	H10.6	H10.7	H10.8	H10.9	H10.10	H10.11	H10.12	H11.1	平均
板東大橋	108	74	72	85	107	175	213	97	95	126	129	247	88	94	114	136	65	85	75	119	111	119	232	143	102	74	89	116	103	117
上武大橋	-	103	60	89	135	529	139	115	96	98	129	238	141	81	104	144	56	95	99	117	135	122	98	171	140	64	132	85	90	129
刀水橋	252	525	142	189	261	888	332	151	209	190	196	239	157	171	161	259	170	226	209	220	276	153	181	195	129	140	150	175	143	231
利根大堰	-	76	78	117	236	354	169	108	89	122	137	303	129	62	108	142	112	107	128	99	120	105	103	150	240	68	75	109	82	133
栗橋	-	106	85	158	147	864	233	135	121	157	155	234	153	73	79	117	59	120	175	110	172	133	146	222	105	89	107	130	97	160
芽吹橋	224	112	117	134	206	578	195	139	142	223	206	167	146	85	127	162	80	178	190	214	173	142	213	112	235	73	98	108	92	168
取手	253	97	112	125	40	536	413	150	208	391	150	138	197	86	109	143	75	130	187	122	150	199	276	140	170	79	77	96	121	171
布川(栄橋)	261	284	95	136	140	318	203	144	191	220	134	154	91	114	100	162	88	130	205	134	213	147	316	145	163	120	77	160	93	163
須賀	268	134	194	168	253	283	454	170	272	260	136	171	143	127	107	156	101	236	219	128	171	156	201	279	125	194	72	148	116	188
金江津	-	429	25	232	298	339	207	177	273	229	187	236	183	106	131	282	126	103	186	292	193	138	271	144	158	62	76	133	170	192
水郷大橋	276	177	104	129	204	478	364	188	252	298	245	210	126	131	129	157	121	213	178	132	219	248	217	140	169	87	100	134	230	195
河口堰	-	209	190	180	291	362	407	204	329	271	277	219	169	148	241	168	104	178	194	142	176	222	194	147	136	83	90	114	355	207

表 利根川測定値(6. 2章)

TOX($\mu\text{g/l}$)

	H8.9	H8.10	H8.11	H8.12	H9.1	H9.2	H9.3	H9.4	H9.5	H9.6	H9.7	H9.8	H9.9	H9.10	H9.11	19.12	H10.1	H10.2	H10.3	H10.4	H10.5	H10.6	H10.7	H10.8	H10.9	H10.10	H10.11	H10.12	H11.1	平均
板東大橋	18	16	9	3	16	6	22	3	9	3	9	8	19	9	6	8	8	7	7	6	5	5	5	9	2	6	4	9	10	8
上武大橋	18	8	13	6	6	5	7	3	6	6	8	12	10	7	9	6	8	10	7	7	5	6	6	8	4	7	4	8	7	7
刀水橋	21	14	20	12	20	18	23	20	6	10	16	13	13	13	13	16	16	15	15	15	8	12	9	14	7	10	8	14	12	14
利根大堰	11	12	11	5	5	2	14	14	8	7	8	9	10	12	7	7	6	6	8	7	4	3	5	8	4	7	4	8	8	8
栗橋	15	19	12	4	5	9	2	6	7	6	8	8	11	11	6	15	5	12	6	7	9	6	4	8	2	10	4	12	6	8
芽吹橋	16	9	10	7	8	14	3	5	8	5	7	2	6	5	10	9	4	8	9	7	9	9	6	7	1	4	7	9	7	7
取手	21	20	12	5	4	8	4	10	8	7	6	5	4	7	7	6	3	7	10	6	12	4	4	9	3	7	3	9	7	8
布川(栄橋)	2	19	12	10	5	2	4	6	13	8	27	5	13	6	7	7	7	8	11	7	11	10	6	8	4	5	4	7	8	8
須賀	15	4	17	9	7	13	10	4	11	8	11	4	4	8	10	6	8	11	12	7	12	5	8	6	2	7	5	10	8	8
金江津	26	12	20	12	15	19	10	9	13	13	8	5	7	8	14	10	8	12	15	8	16	8	4	7	3	5	7	11	16	11
水郷大橋	16	8	25	11	13	16	17	6	17	8	20	7	13	9	14	10	11	10	13	10	12	7	5	7	3	6	5	10	14	11
河口堰	19	8	15	17	13	23	31	9	16	8	12	10	10	6	15	14	11	11	20	11	10	7	8	6	2	5	4	11	29	13