

トリハロメタン生成能負荷量原単位の算定

山口県衛生公害研究センター

阿部 吉明・神田 文雄・柴田 公子
大比田義昭・山本 征治・前田 達男

Determination of Trihalomethanes Formation Potential Pollutant Load Per Unit Production

Yoshiaki ABE, Fumio KOUDA, Kimiko SHIBATA
Yoshiaki OHITA, Seiji YAMAMOTO, Tatsuo MAEDA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health

はじめに

水道水の塩素処理により発生するトリハロメタン (THM) を削減するためには、浄水過程での除去対策とともに水道水源水域においてトリハロメタン発生の原因となる前駆物質の低減化を図ることが重要であり、その前駆物質量の多少を表示する指標としては、トリハロメタン生成能 (THMFP) が使用される。

前駆物質としては、一般的に天然の腐植土に含まれ自然界に由来するフミン質の他、人為的汚染源である浄化槽等の生活系排水や工場・事業場排水に含まれる有機物質も一因であることが明らかになってきている。

国においても平成6年5月「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」(水道水源水質保全法)を制定し、THMFPの排水規制などの総合的施策を講じてきている。

本県のTHMFPの河川、湖沼における濃度等の実態は、これまでの調査研究によりある程度解明したが、自然系、生活系及び産業系別の排出状況は、その発生源が多様多様であることなどからなお不明部分が多い。

そこで今後の水道水源水域における排出負荷削減対策に資するため、特にTHMFPが高いと予想される土地系の農業排水、浄化槽等の生活系排水及びし尿処理場、下水処理場排水について、THMFP及び関連物質の排出実態を調査し、原単位等を算出した。

調査方法

1 調査対象

(1) 農業排水

山口市内2箇所の標準的な水田を対象とし、代かき時及び生育時における田面水の河川への流出による影響について調査した。図1-1に示す水田1は圃場整備され、水管理がバルブ操作により簡易かつ合理的になされ、田面水は大雨時以外通常外部へ流

出しない構造であるのに対し、図1-2に示す水田2は圃場整備されておらず山間地に所在し、常時上流から灌漑用水が供給され、しかも田面水は漏水等により常時外部へ流出しているいわゆる「水持ちの悪い」水田である。

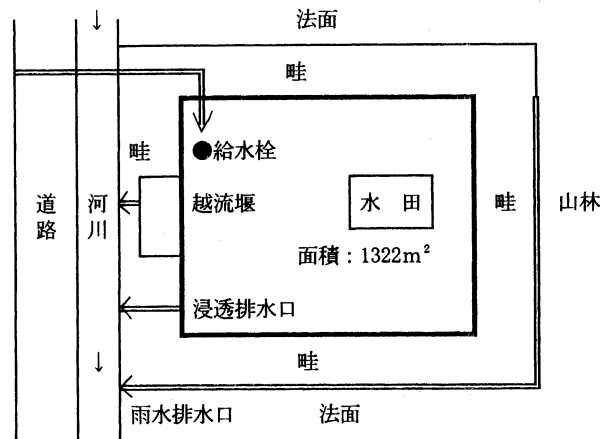


図1-1 水田1の概要

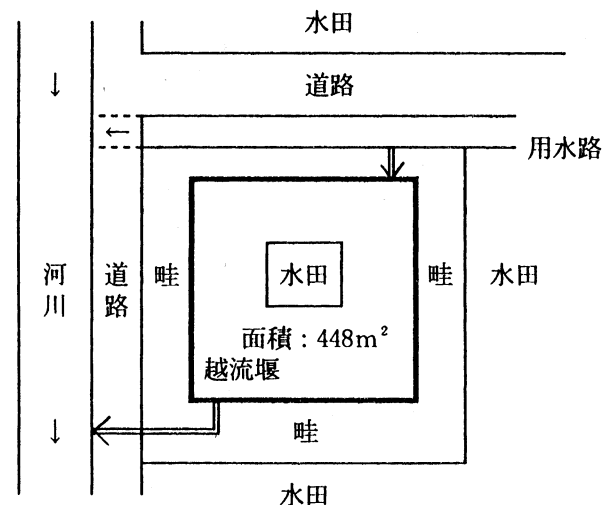


図1-2 水田2の概要

(2) 路面排水

山口市内の国道片側一車線3箇所、二車線2箇所及び県道片側一車線2箇所の計7箇所について、降雨時に道路表面を流れて側溝等に流出する排水を対象とした。

(3) 生活雑排水及び浄化槽排水

山口市内及び萩市内の生活雑排水25箇所、単独処理浄化槽19箇所及び合併処理浄化槽20箇所の消毒前の排水を対象とした。

単独処理浄化槽は旧構造基準の処理効率の悪い全ばっ気方式を含んでいるが、合併処理浄化槽は全て新構造基準の嫌気ろ床接触ばっ気方式である。

なお、生活雑排水はできるだけ水質、水量の変動を少なくするため午前、午後の2回採水し混合した。

(4) し尿処理場及び下水処理場

県内12箇所のし尿処理場及び22箇所の下水処理場の処理後の排水を対象とし、いずれも塩素消毒前の試料採取を原則としたが、一部は消毒後の試料も含まれている。12箇所のし尿処理場のうち、生物処理に付加して、物理処理(凝集沈殿、砂ろ過)及びオゾン処理を行っているのが6事業場、また、下水処理場は全て生物処理であり、そのうち1事業場は紫外線を照射していた。

また、12箇所のし尿処理場のうち、8箇所は排水量1,000 m^3 /日未満であり、下水処理場では排水量10,000 m^3 /日以上が22箇所のうち、10箇所であった。

2 調査年月

農業排水は平成9年5月～8月、路面排水は平成9年8月、生活雑排水及び浄化槽排水は平成9年10月、12月、し尿処理場及び下水処理場排水は平成10年5月～7月に調査を実施した。

3 調査項目及び測定方法

調査項目及び測定方法は表1のとおりである。

THMFP以外の分析項目は上水試験法に従ったが、THMFPは、「トリハロメタン生成能に係る分析方法マニュアル」(平成8年3月環境庁水質保全局水質規制課)に準じた方法で行い、測定は溶媒抽出ガスクロマトグラフ(ECD)法で行った。試験操作は試料に次亜塩素酸ナトリウム(有効塩素5%以上の原液を希釈して使用)を段階的に添加したものを100mLフラン瓶に数個調整し、そのpHを燐酸緩衝液を使用して7.0 \pm 0.2に保ち、24 \pm 2時間後の遊離残留塩素濃度が1～2mg/Lの場合の試料のクロロホルム、プロモジクロロメタン、ジプロモクロロメタン及びプロモホルムを測定し、これらの合計をTHMFPとした。

なお、浄化槽排水等塩素を消費するアンモニア性窒素(NH₄-N)を多量に含む試料については、試料を10倍以上に希釈した後、NH₄-Nの等量以上の次亜塩素酸ナトリウム溶液を添加後、上記と同様にしてTHMFPを測定した。

表1 調査項目及び測定方法

調査項目	測定方法
水温、外観、透視度、pH、塩素(イ)、T-N、T-P、NH ₄ -N、BOD、COD、260nm紫外線吸光度、TOC、DOC	上水試験方法
THMFP (クロロホルム、プロモジクロロメタン、ジプロモクロロメタン、プロモホルム)	平成6年7月14日付け、環水管第149号、環水規第163号
降雨量	簡易雨量計
河川流量	電磁流速計(横河ウエザック(株))
水田流出量	容器法
浄化槽等排水量	水道使用量から推定
し尿処理場等の排水量	実績排水量(アンケート調査)

調査結果及び考察

1 農業排水

(1) THMFP等の排出実態

ア 代かき水質

水田の代かき水及び試験室に持ち帰った代かき水のTHMFPの経日変化を表2に示した。

現地試験と試験室試験で減少傾向に差がみられたのは、実際の水田では温度差や風による攪拌などによる影響と考えられる。現地試験では20日後に約250 $\mu\text{g/L}$ 、試験室試験では10日後に約320 $\mu\text{g/L}$ に低下した。これは代かきから田植えにかけての1～2週間のTHMFPが330 $\mu\text{g/L}$ であったとの合田らの報告²⁾とよく一致していた。

表2 水田代かき水のTHMFPの経日変化

経過日数	現地試験 ($\mu\text{g/L}$)	試験室試験 ($\mu\text{g/L}$)
0	5460	6170
1	743	349
2	682	398
3	708	374
5	555	-
7	703	370
10	528	322
20	253	-

イ 生育期における田面水質と河川水質

水田1について、生育期である5～8月に田面水と河川水のTHMFPを測定した結果を表3に示した。

田面水質は代かきから約1週間後に約190 $\mu\text{g/L}$

であったのが、その後、一時降雨による水質の悪化がみられたが、ほぼ50~100 $\mu\text{g/L}$ で推移し、合田らの報告値²⁾の50 $\mu\text{g/L}$ とよく一致していた。なお、代かき水の流出によると思われる河川水質への影響は、降雨時を除き特にみられなかった。

表3 生育期における田面水と河川水のTHMFP

調査月日 (水田1)	天候	降雨量 (mm)	田面水 ($\mu\text{g/L}$)	河川上流 ($\mu\text{g/L}$)	河川下流 ($\mu\text{g/L}$)
5月9日	晴		186	29	42
5月13日	雨	139	306	67	140

6月12日	晴		115	9	24
7月1日	晴	3	34	41	36
生 7月2日	雨	39	105	-	-
育 7月8日	雨	104	-	-	-
期 7月9日	雨	33	48	-	-
7月10日	雨	34	51	-	-
8月19日	晴		130	25	25
生育期平均			80	25	28

注) 代かきは5月1日

ウ 降雨量と水田流出量

図2に水田1における降雨量と水田流出量の関係を示した。

水田流出量は降雨時間、降雨強度、降雨開始時の水田保水量、気温及び湿度等により変動すると考えられ、降雨開始時刻と水田流出開始時刻、降雨終了時刻と水田流出終了時刻とは数時間のズレが生じていた。

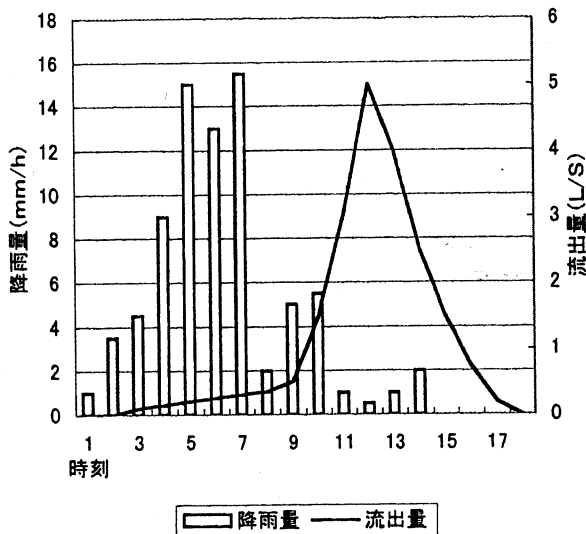


図2 降雨量と水田流出量

エ 水田流出率

水田1及び水田2について降雨量及び水田流出量を測定し、表4のとおり水田流出率を算出した。

その結果、水田1の最大流出率は0.47、平均流出率は0.32、水田2の最大流出率は0.26、平均流出率は0.15であり、合田らの報告値³⁾0.60に比べかなり小さかった。これは降雨直前の水田保水量の多少による誤差や降雨強度の変動による水量測定誤差、水田構造の違いによる漏水や地下浸透量の差によると考えられる。

特に水田2は漏水や地下浸透量が多いことが推測された。

表4 降雨量と水田流出量からの水田流出率の算出

水田	計測期間	降雨量 (mm)	水田降水量 (m^3)	水田流出量 (m^3)	流出率 (流出量/降水量)
水田1	7/1~7/2	34.8	45.8	15.2 (9.8 ~ 20.6)	0.33 (0.21 ~ 0.45)
	7/7~7/12	324.0	427.2	134.5 (67.6 ~ 200.9)	0.31 (0.16 ~ 0.47)
水田2	7/7~7/12	328.1	147.3	21.5 (18.3 ~ 38.7)	0.15 (0.13 ~ 0.26)

注) 水田流出量=水田降水量-蒸発散量-地下浸透(流出)量-土壌保持量

(2) 原単位の算出

代かき水のTHMFPは現地試験での測定値、流出率は水田1の最大値の0.47を採用し、年間降雨量は1700mm(山口県発生負荷量管理等調査において使用)と仮定して排出負荷量原単位を算出した結果、

代かき直後に10.5 $\text{kg}/\text{km}^2/\text{日}$ であったのが、1週間後は1.36 $\text{kg}/\text{km}^2/\text{日}$ 、10日後は0.49 $\text{kg}/\text{km}^2/\text{日}$ となり、代かき直後に比べ20分の1以下となった。

また、生育期の水田流出水の排出負荷量原単位は、0.15 $\text{kg}/\text{km}^2/\text{日}$ となった。

2 路面排水

THMFP等の分析結果を表5に示した。それによると、THMFPの平均値は0.037mg/L、TOCの平均値は3.8mg/Lで道路の種類や交通量の違いによる差はあまりみられなかったが、一般的には、交通量の多少、道路整備の状況など調査地点の選定の問題や降雨直後の採水か否かの試料採取上の問題がある

と考えられる。

また、合田ら²⁾が報告したTHMFP 0.097~0.940 mg/L、TOC 5~102mg/Lに比べかなり低かった。

なお、年間降雨量を1700mmと仮定して、路面排水のTHMFP排出負荷量原単位を算出すると0.12km/km/日となった。

表5 路面排水の水質調査結果

道路	交通量	THMFP (mg/L)	pH	SS (mg/L)	COD (mg/L)	260nm	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)
国道片側一車線	少し	0.039	7.9	22	3.4	0.061	2.6	1.6
国道片側一車線	少し	0.020	8.2	* 316	3.0	0.090	3.0	0.8
国道片側一車線	やや多し	0.037	7.9	14	4.8	0.077	3.5	2.0
国道片側二車線	やや多し	0.033	7.8	33	5.5	0.082	5.1	2.2
国道片側二車線	多し	0.036	7.7	17	4.7	0.083	4.2	1.8
県道片側一車線	やや多し	0.052	7.7	18	4.7	0.075	4.3	2.4
県道片側一車線	多し	0.043	7.5	44	5.0	0.080	3.8	2.1
平均		0.037	7.8	25	4.4	0.078	3.8	1.8

注) *は除いて平均値を算出している。

3 生活雑排水及び浄化槽排水

(1) THMFP等の排出実態

ア THMFP

THMFP等の分析結果を表6に示す。

平均では単独処理浄化槽は0.556mg/L、合併処理浄化槽は0.183mg/L、生活雑排水は0.228mg/Lでいずれもバラツキが大きく、朱ら⁴⁾の報告の単独処理浄化槽0.031mg/L、合併処理浄化槽0.046mg/Lに比べかなり高かったが、小川ら⁵⁾の報告の単独処理浄化槽0.270~1.700mg/L、合併処理浄化槽0.078~0.560mg/Lとよく一致しており、いずれも水道水源水質保全法に基づき都道府県知事が定めることとされているし尿浄化槽に係る特定排水基準(下限値0.2mg/L、上限値0.6mg/L)のほぼ範囲内にあった。

なお、合併処理浄化槽に比べ単独処理浄化槽の方が高いのは、単独処理浄化槽の処理目標値が高く、残存有機物質が多いことが要因と考えられ、生活雑排水のバラツキが大きいの処理施設がないため原水濃度の差が大きいのことや排水量及び水質の変動が大きいのなど採水上の問題が考えられる。

イ その他の項目

表6に示すその他主な項目の平均値についてみるとT-N、T-P、NH₄-N、260nm吸光度、

CODは単独処理浄化槽、BOD、TOC、DOCは生活雑排水が最も高く、単独処理浄化槽と合併処理浄化槽のDOCはTOCとほぼ同じでTOC成分のほとんどは溶存性であることが推測された。

ウ THMFPの成分構成比

表7の総THMに対する成分別割合についてみると、クロロホルムは単独処理浄化槽では78%、合併処理浄化槽では77%、生活雑排水では87%を占め、単独処理浄化槽と合併処理浄化槽がいずれの成分もほぼ同じ割合を示したのに対し、生活雑排水はクロロホルムの割合がやや大きかった。

なお、才本ら¹⁾による河川及び湖沼の構成比は、クロロホルムは66~74%であり、これと比べてみると浄化槽はクロロホルムの割合がやや大きく、ブロム系THMがやや小さくなっていった。

エ 処理方法別、人槽別THMFP

表8に示すように、単独処理浄化槽では新構造基準で新設が禁止された全ばっ気方式、分離ばっ気方式は、分離接触ばっ気方式に比べ施設間のバラツキが大きく、平均値も分離接触ばっ気方式の0.283mg/Lに対し、それぞれ0.628mg/L、0.706mg/Lと2倍以上高かった。

一方、すべて嫌気ろ床接触ばっ気方式である合併処理浄化槽では、バラツキも少なく平均値は

表6 THMFP等の分析結果

項目	浄化槽等			処理場	
	単独処理浄化槽	合併処理浄化槽	生活雑排水	し尿処理場	下水処理場
THMFP (mg/L)	0.556 (0.186~1.514)	0.183 (0.091~0.308)	0.228 (0.006~1.234)	0.357 (0.039~0.802)	0.142 (0.091~0.226)
透視度 (cm)	24 (6~50)	48 (26~50)	35 (5~50)	—	—
pH	6.8 (4.0~8.2)	7.4 (6.6~7.8)	6.9 (4.8~7.6)	7.1 (6.3~7.9)	6.9 (6.4~7.5)
塩素価 (mg/L)	106 (46~231)	47 (20~167)	—	3420 (16.6~18000)	221 (10~1770)
T-N (mg/L)	125 (51~221)	37.4 (7.6~89.8)	7.5 (0.4~63.2)	8.9 (0.1~30.0)	9.3 (1.9~20.0)
T-P (mg/L)	13.8 (3.20~36.7)	3.37 (1.70~9.30)	0.72 (0.00~6.80)	0.60 (0.03~2.60)	1.20 (0.06~3.10)
NH ₄ -N (mg/L)	57.7 (13.3~218)	6.29 (0.25~19.7)	1.01 (0.01~18.3)	5.01 (0.02~19.2)	2.99 (0.04~17.3)
BOD (mg/L)	42.7 (3.1~274)	7.6 (2.8~22.1)	64.9 (0.2~433)	—	—
COD (mg/L)	52.6 (7.7~150)	14.7 (7.5~21.4)	35.1 (0.6~332)	17.3 (2.0~79.5)	6.5 (3.8~10.1)
260nm 吸光度	0.408 (0.064~1.141)	0.145 (0.061~0.361)	0.094 (0.007~0.39)	0.194 (0.032~0.824)	0.079 (0.042~0.114)
TOC (mg/L)	18.9 (5.1~45.9)	14.9 (3.8~44.4)	34.9 (0.3~254)	9.3 (1.6~18.4)	4.2 (2.6~6.4)
DOC (mg/L)	15.2 (4.3~36.3)	11.3 (3.4~40.9)	17.6 (0.1~172)	9.1 (1.6~18.0)	4.0 (2.7~5.9)

表7 THMFPの成分構成比

	クロロホルム (%)	ブromoクロロホルム (%)	ジブromoクロロホルム (%)	ブromoホルム (%)
浄化槽等				
単独処理浄化槽	77.8 (37.6~91.2)	18.4 (8.8~55.4)	3.8 (0.0~8.9)	0.0
合併処理浄化槽	76.6 (54.9~86.1)	18.8 (12.2~28.8)	4.6 (1.0~16.8)	0.0
生活雑排水	86.8 (33.3~92.6)	11.7 (0.0~38.5)	1.4 (0.0~33.3)	0.1 (0.0~3.1)
処理場				
し尿処理場	25.9 (26.0~68.7)	15.7 (1.5~33.3)	14.3 (6.0~32.1)	44.1 (0.0~81.4)
下水処理場	42.2 (0.0~76.5)	24.7 (7.1~37.5)	19.7 (2.6~41.7)	13.4 (0.0~59.7)

0.183mg/Lと単独処理浄化槽の分離接触ばっ気方式よりもやや低かった。

人槽別では測定例が少ないので評価は難しいが、単独処理浄化槽では5人槽でやや高く、6人槽でやや低いものの平均値ではほぼ同程度であり、合併処理浄化槽では人槽による差はあまりみ

られなかった。

オ THMFPとその他の項目の相関

表9にTHMFPとその他の項目との相関係数を示した。THMFPと特に強い相関があるのは、単独処理浄化槽では260nm吸光度、合併処理浄化槽では260nm吸光度、COD、生活雑排水では260nm吸光度、透視度、COD、BOD、TOC、DOCであり、いずれも有機汚濁物質の指標成分である260nm吸光度と強い相関があった。

(2) 原単位の算出

THMFPの調査結果と水質調査対象家庭の水道使用量から推定した排水量原単位を使用して表10のとおり、THMFP排出負荷量原単位を算出した。

その結果、平均値では単独処理浄化槽は49.5mg/日/人、合併処理浄化槽は55.4mg/日/人、生活雑排水は51.5mg/日/人となり、いずれもかなりバラツキはあるものの平均値はほぼ同じとなった。

表8 処理方法別、人槽別THMFP

区 分	単独処理浄化槽				合併処理浄化槽				
	基数	最大	最小	平均	基数	最大	最小	平均	
処理方式 全ばっ気	4	1.072	0.438	0.628	0	-	-	-	
分離ばっ気	9	1.514	0.233	0.706	0	-	-	-	
分離接触ばっ気	6	0.488	0.186	0.283	0	-	-	-	
嫌気ろ床接触ばっ気	0	-	-	-	20	0.308	0.091	0.183	
人槽 (人)	5	4	1.514	0.186	0.775	3	0.244	0.142	0.189
	6	3	0.476	0.216	0.308	4	0.182	0.091	0.158
	7	4	0.999	0.426	0.590	7	0.308	0.116	0.194
	8	5	0.749	0.202	0.536	5	0.253	0.105	0.171
	10	3	0.625	0.280	0.501	1	0.246	0.246	0.246

表9 THMFPとその他の水質項目との相関

	透視度	pH	塩素イオン	T-N	T-P	NH4-N	BOD	COD	260nm	TOC	DOC
浄化槽等											
単独処理浄化槽	-0.571	0.359	-	0.093	0.292	0.289	-0.313	0.358	0.633*	0.161	0.170
合併処理浄化槽	-0.357	0.320	-	0.504	0.349	0.446	0.467	0.629*	0.668*	-0.069	-0.088
生活雑排水	-0.846*	-0.589*	-	0.445	0.531*	0.406	0.805*	0.844*	0.885*	0.785*	0.783*
処理場											
し尿処理場	-	0.247	0.797*	-0.091	0.030	0.393	-	0.662	0.606	0.580	0.585
下水処理場	-	0.079	0.554*	0.280	0.473	-0.135	-	0.085	0.276	0.010	0.050

注) *は1%の危険率で有意の相関がある。

表10 浄化槽等のTHMFP原単位

	単独処理浄化槽	合併処理浄化槽	生活雑排水
平均水道使用量 (L/日/人)	315	303	226
THMFP (mg/L)	0.556 (0.186~1.514)	0.183 (0.091~0.308)	0.228 (0.006~1.234)
排水量 (L/日/人)	89	303	226
THMFP原単位 (mg/日/人)	49.5 (17~135)	55.4 (28~93)	51.5 (1~279)

4 し尿処理場及び下水処理場

(1) THMFP等の排出実態

ア THMFP

THMFP及びその他の項目の分析結果を表6に示した。平均では、し尿処理場は0.357mg/L、下水処理場は0.142mg/Lでいずれも施設間のバラツキが大きく、朱⁴⁾らが報告したし尿処理場で0.235mg/L、下水処理場で0.038mg/L及び藤平蔵⁶⁾らが報告したし尿処理場で0.172mg/L、下水処理場で0.076mg/Lに比べやや高かった。

特にし尿処理場でバラツキが大きいのは老朽化

した施設が多いこと、処理方法に差があることなどが考えられるが、水道水源水質保全法の特定排水基準と比べてみるといずれも平均値ではし尿処分業(下限値0.4mg/L, 上限値0.8mg/L)、下水道業(下限値0.2mg/L, 上限値0.3mg/L)の下限値以下であった。

イ その他の項目

表6に示すその他の主な項目の平均値についてみると、塩素イオンは下水処理場では221mg/Lであるのに対し、し尿処理場は3420mg/Lと非常に高いのは、一部のし尿処理場が海水希釈していることが原因と考えられる。

T-N, T-Pは下水処理場の方が高いが、NH4-N, COD, 260nm吸光度, TOC, DOCはし尿処理場の方が高かった。なお、DOCはTOCとほぼ同じでTOCのほとんどは溶解性であることが推測された。

ウ THMFPの成分構成比

表7の総THMに対する各成分割合についてみると、クロロホルムはし尿処理場では26%、下水処理場では42%を占め、プロモジクロロメタン

はそれぞれ16%, 25%, ジプロモクロロメタンは14%, 20%, プロモホルムは44%, 13%であり, 施設間での差が大きく, 浄化槽に比べブロム系が非常に高かった。

また, 一般的にし尿処理場の方がブロム系成分が高く, 特に海水を希釈水として使用している一部のし尿処理場では80%以上の高い割合であった。

エ 処理方法別、排水量別THMFP

下水処理水のTHMFPはオゾン酸化により30%低減したとの松原らの報告⁷⁾があるが, 表11の分析結果によると生物・物理処理にオゾン処理を付加しているし尿処理場では生物処理のみに比べ約2分の1であった。また, 下水処理場では排水量による差はあまりみられなかったが, し尿処理場では排水量が少ない方がやや高かった。

表11 し尿処理場等の処理方法別、排水量別THMFP

事業場	し尿処理場				下水処理場			
	事業場数	最大	最小	平均	事業場数	最大	最小	平均
処理方法 生物処理	3	0.802	0.039	0.526	21(2)	0.226	0.091	0.149
生物処理+物理処理	3	0.680	0.067	0.339	0	-	-	-
生物処理+物理処理+化学処理	6(5)	0.669	0.039	0.281	1(1)	0.125	0.125	0.125
排水量 1000m ³ /日 > x	8(3)	0.736	0.039	0.404	5	0.226	0.104	0.162
(m ³ /日) 1000m ³ /日 ≤ x < 10000m ³ /日	4(2)	0.802	0.039	0.261	7(1)	0.224	0.109	0.154
10000m ³ /日 ≤ x	0	-	-	-	10(2)	0.195	0.091	0.124

注) 1 し尿処理場の化学処理は, すべてオゾン処理で, 下水処理場の化学処理は, 紫外線照射処理である。
2 () 内は塩素処理していない事業場数である。

オ THMFPとその他の項目の相関

表9に示すようにし尿処理場, 下水処理場とも塩素イオンと強い相関があり, し尿処理場はCOD, 260nm吸光度, TOC, DOCとやや強い相関があったが, 下水処理場ではあまり相関はなかった。

MFP排出負荷量原単位は9.2mg/日/人, 下水処理場(生活系)の排水量原単位は0.330m³/日/人, THMFP排出負荷量原単位は46.5mg/日/人であった。

カ 塩素消毒後の排水中のTHM

塩素消毒を行っているし尿処理場及び下水処理場について, 消毒後の排水中の総THMを測定した結果, し尿処理場は0.024mg/L (0.000~0.140mg/L) で下水処理場の0.012mg/L (0.000~0.081mg/L) よりやや高かったが, 水道水源水質保全法の特定排水基準の数分の1であった。なお, 施設間の差が大きく, 検出されない施設があったのは試料採取から測定まで時間的経過があり, THMが消失したことが一因であると考えられる。

表12 し尿処理場等の原単位

項目	し尿処理場	下水処理場
THMFP (mg/L)	0.357 (0.039~0.802)	0.142 (0.091~0.226)
実処理人口 (人)	37,008 (2,800~95,650)	19,219 (153~68,818)
総排水量 (m ³ /日)	756 (125~2,722)	9,656 (52~27,581)
生活系排水量 (m ³ /日)	756 (125~2,722)	6,275 (52~17,167)
産業系排水量 (m ³ /日)	0	957 (0~4,863)
その他排水量 (m ³ /日)	0	2,424 (0~9,424)
総排水量 実処理人口 (m ³ /日/人)	0.042 (0.004~0.207)	0.469 (0.248~1.194)
生活系排水量 実処理人口 (m ³ /日/人)	0.042 (0.004~0.207)	0.330 (0.220~0.488)
THMFP×総排水量 実処理人口 (mg/日/人)	9.2 (0.4~39.4)	64.3 (31.2~126.9)
THMFP×生活系排水量 実処理人口 (mg/日/人)	9.2 (0.4~39.4)	46.5 (27.1~81.2)

(2) 原単位の算出

表12にTHMFP調査結果, 水質調査対象事業場に対するアンケート調査による処理人口及び排水量から算出した排水量原単位及びTHMFP排出負荷量原単位を示した。

その結果, かなりバラツキはあるが平均値では, し尿処理場の排水量原単位は0.042m³/日/人, TH

5 THMF P検査に影響を及ぼす因子の検討

THMF P検査に及ぼす因子のうち、pHは磷酸緩衝液の添加で7.0±0.2に調整し、反応時間は24±2時間に設定することとされている。

しかし、塩素添加量については、反応時間が24±2時間後の試料中の遊離残留塩素濃度が1~2 mg/Lとなるよう添加することとされているが、浄化槽等の排水はNH₄-N等塩素を多量に消費する物質を含み、不連続点を生じるため塩素添加量の設定が難しいこと、また、THMF Pが高いと予想される試料は10倍以上に希釈する必要があり、希釈倍率による誤差が生じることが考えられる。

そこで、し尿処理場の排水を使用し試料中のNH₄-N濃度、塩素添加量及び希釈倍率の違いによるTHMF Pの差について検討した。

(1) 遊離残留塩素濃度とTHMの生成

表13に示すように不連続点以降では遊離残留塩素濃度に関係なくTHM濃度はほぼ一定となるが、希釈倍率が大きいほどやや高い値となった。

(2) THMの生成に影響を及ぼす塩素/NH₄-N比と希釈倍率の関係

NH₄-N 1 mgを完全分解するのに必要な塩素の理論量は7.6mgであるが、表13に示すようにいずれの希釈倍率でも総THMは塩素/NH₄-N比がほぼ等量の10までは上昇し、10以降はほぼ一定となった。

これは塩素/NH₄-N比が等量までは塩素が主にNH₄-N等の還元性物質により消費され、等量から10以上ではフミン酸などの前駆物質により消費されてTHMが生成したと考えられる。

また、THMF Pは希釈率が2~20倍ではほぼ同じであったが、100倍希釈では2倍希釈に比べ約2倍高くなった。

従って、NH₄-Nを多量に含む試料で高濃度のTHMF Pを測定する場合には、事前に試料中のNH₄-N濃度を測定し、塩素/NH₄-N比が等量以上となるように塩素を段階的に添加するとともに適正な希釈倍率を設定する必要がある。

まとめ

今回、水道水源水域においてTHMF Pが高いと予想された土地系の農業排水、浄化槽等の生活系排水並びにし尿処理場及び下水処理場について、その排出実態を調査し、表14に示すように排出負荷量原単位を算出した。

今後、今回算出したこの原単位や既存資料を使用して、河川、湖沼での自然系、生活系及び産業系別の排出負荷

表13 THM生成に及ぼす塩素/NH₄-N比と希釈倍率の関係

希釈倍率 塩素/NH ₄ -N	総THM (μg/L)					
	2倍	5倍	10倍	20倍	50倍	100倍
2.5		31	31			119
3.7					59	
5.0	82	66	52	55	79	126
6.0	82	63	66			
7.0		81	75			
7.5		74	103		100	134
8.0	105		98	86		
9.8	**240					
10.0	*254	**281	*290	298	259	198
11.0	*212		**276			
12.0	*239		**279	**289		
12.5		*270	**296		**362	242
14.0			*266	**283		
15.0		*238	*254			*397
16.0				*272		
18.0				*273		
20.0			*312	*311		**417
25.0			*352	*219	*325	**521
*及び**の平均	236	263	291	275	344	445
**の平均 (THMF P)	240	281	284	286	362	469

注) *は不連続点以降である検液、**は不連続点以降でかつ遊離残留塩素濃度が概ね1~2mg/Lである検液の場合の総THM濃度を示す。

表14 THMF P排出負荷量原単位総括表

項目		THMF P	流出率	排出負荷量原単位 (μg/L)
農業排水	代かき期 (5月)	5460	0.47	10.5 kg/km ² /日
	代かき直後 (1週間後)	703	0.47	1.36 kg/km ² /日
	20日後	253	0.47	0.49 kg/km ² /日
	生育期 (6~8月)	80	0.47	0.15 kg/km ² /日
路面排水		37	0.80	0.12 kg/km ² /日
浄化槽等	単独処理浄化槽	556	—	49.5 mg/日/人
	合併処理浄化槽	183	—	55.4 mg/日/人
	生活雑排水	228	—	51.5 mg/日/人
処理場	し尿処理場	357	—	9.2 mg/日/人
	下水処理場	142	—	46.5 mg/日/人

注) 1 農業排水及び路面排水の原単位の算出には、年間降雨量は1700mmを使用し、路面排水の流出率は0.80とした。
2 農業排水及び路面排水のTHMF Pは発生濃度を、その他は排出濃度を示している。

割合を試算し、その妥当性を検証するとともに地域特性に応じた効果的な削減対策を検討する。

なお、今後の主な検討課題としては、

- 1 水田構造、気象及び時期的変動を考慮した農業排水の原単位の設定

- 2 産業系の工場・事業場の排出実態と評価
- 3 排出濃度は低いが負荷量が高いと予想される森林流出水について、森林の物質循環との関連性の面からの調査研究等が上げられる。

文 献

- 1) 才本光穂ほか：山口県衛生公害研究センター業績報告, 18, 7～15 (1997)
- 2) 合田健ほか：昭和60年度環境保全研究成果集, VOL. 1, No. 6, 1～23 (1985)
- 3) 合田健ほか：昭和58年度環境保全研究成果集, VOL. 1, No.10, 1～26 (1983)
- 4) 朱春黙ほか：土木学会論文集No.545/Ⅱ-36, 113～123 (1996)
- 5) 小川浩ほか：第30回日本水環境学会年会講演集, 335 (1996)
- 6) 藤平蔵芳光ほか：富山県環境科学センター年報, 25, 29～34 (1996)
- 7) 松原英隆ほか：第30回日本水環境学会年会講演集, 145 (1996)