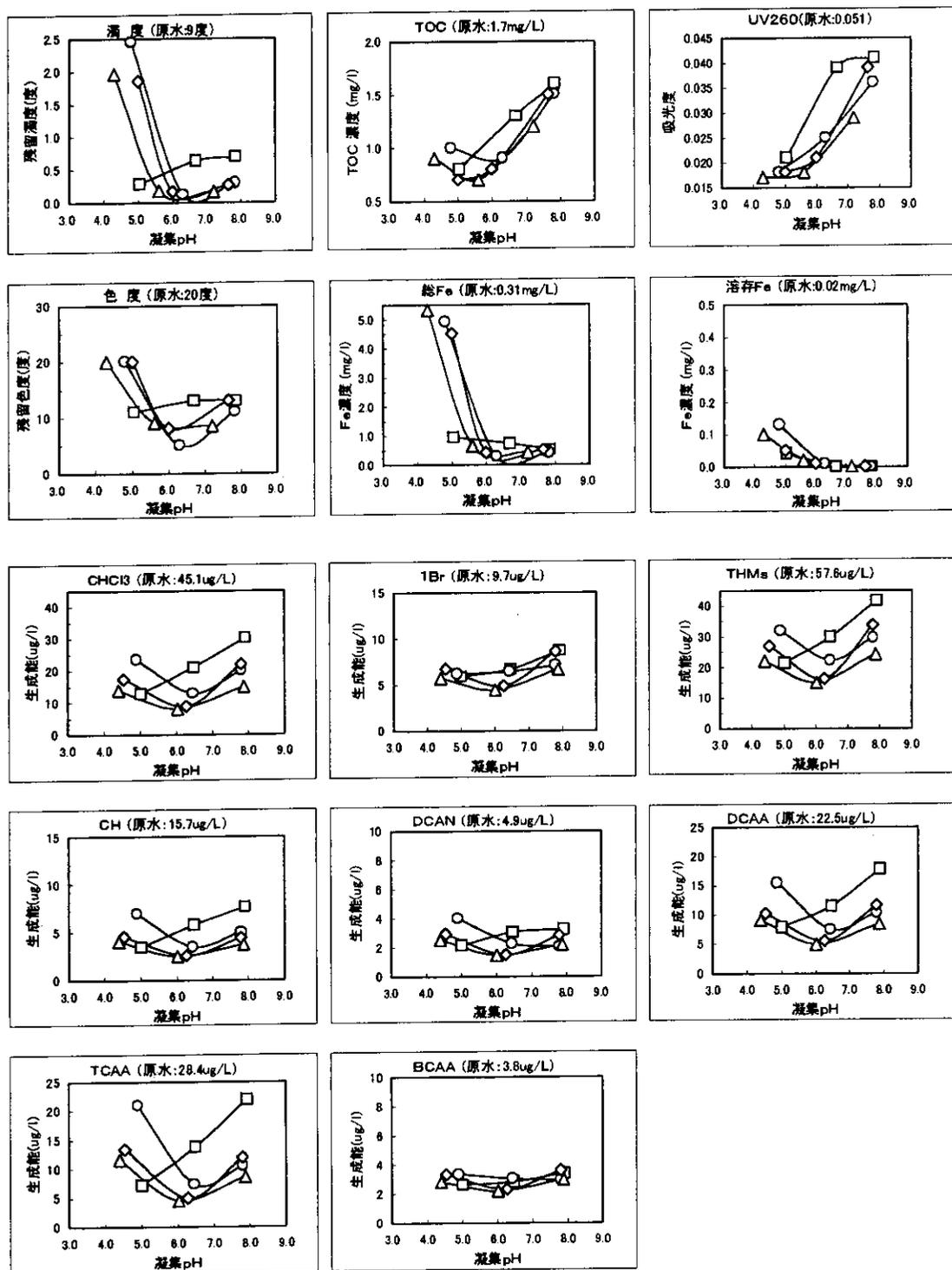


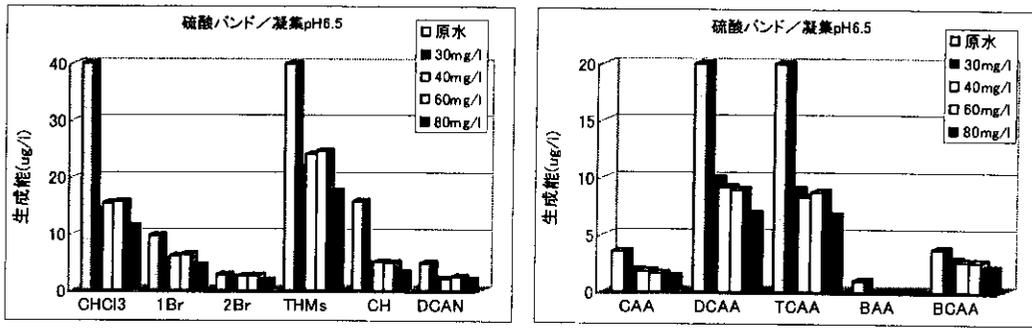
(凡例: 凝集剤注入率 □30mg/l ○40mg/l ◇60mg/l△80mg/l)

図-2 硫酸バンドによる凝集効果



(凡例: 凝集剤注入率 □30mg/l ○40mg/l ◇60mg/l△80mg/l)

図-3 塩化第二鉄による凝集効果



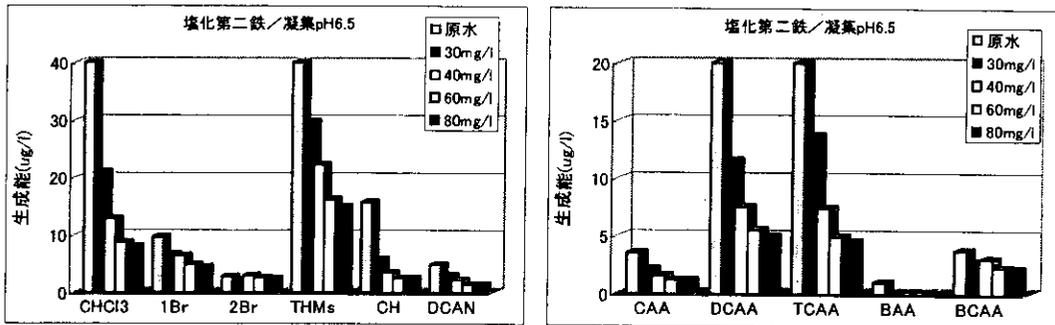
硫酸バンド（凝集pH6.5）：生成能（ug/l）

	CHCl ₃	1Br	2Br	THMs	CH	DCAN	CAA	DCAA	TCAA	BAA	BCAA
原水	45.1	9.7	2.8	57.6	15.7	4.9	3.5	22.5	28.4	1.0	3.8
30mg/l	14.0	5.2	2.3	21.6	4.8	2.1	1.9	9.9	9.0	0.0	2.8
40mg/l	15.4	6.1	2.5	24.0	5.1	2.2	1.8	9.2	8.3	0.0	2.7
60mg/l	15.6	6.4	2.6	24.6	5.0	2.5	1.6	8.9	8.7	0.0	2.6
80mg/l	11.3	4.4	1.8	17.4	3.3	2.0	1.4	6.8	6.7	0.0	2.1

硫酸バンド（凝集pH6.5）：低減率（%）

	CHCl ₃	1Br	2Br	THMs	CH	DCAN	CAA	DCAA	TCAA	BAA	BCAA
30mg/l	69	46	18	63	69	58	46	56	68	100	24
40mg/l	66	37	11	58	68	56	48	59	71	100	29
60mg/l	65	34	7	57	68	49	54	60	69	100	30
80mg/l	75	55	36	70	79	60	61	70	76	100	44

図-4 凝集 pH6.5 における各物質生成能の低減効果(硫酸バンド)



塩化第二鉄（凝集pH6.5）：生成能（ug/l）

	CHCl ₃	1Br	2Br	THMs	CH	DCAN	CAA	DCAA	TCAA	BAA	BCAA
原水	45.1	9.7	2.8	57.6	15.7	4.9	3.5	22.5	28.4	1.0	3.8
30mg/l	21.0	6.7	2.1	29.7	5.8	3.0	2.1	11.5	13.7	0.0	2.8
40mg/l	12.8	6.4	2.9	22.2	3.5	2.2	1.5	7.5	7.4	0.0	3.0
60mg/l	8.7	4.9	2.6	16.2	2.5	1.5	1.2	5.5	4.9	0.0	2.3
80mg/l	8.0	4.4	2.5	14.9	2.5	1.5	1.2	5.0	4.5	0.0	2.2

塩化第二鉄（凝集pH6.5）：低減率（%）

	CHCl ₃	1Br	2Br	THMs	CH	DCAN	CAA	DCAA	TCAA	BAA	BCAA
30mg/l	54	31	27	48	63	38	40	49	52	100	26
40mg/l	72	34	0	61	78	54	57	67	74	100	19
60mg/l	81	50	9	72	84	70	67	76	83	100	39
80mg/l	82	54	13	74	84	70	67	78	84	100	42

図-5 凝集 pH6.5 における各物質生成能の低減効果(塩化第二鉄)

pH6.5 攪拌条件:急撹110rpm・7分、緩撹40rpm・10分、静置15分

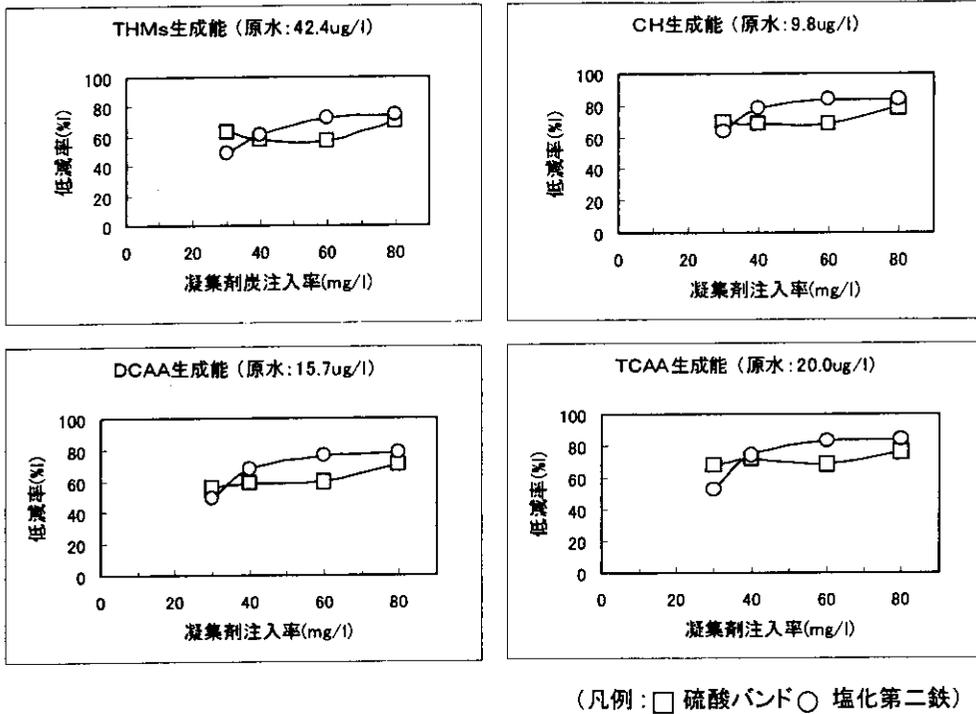


図-6 凝集剤注入量増加による各物質生成能の低減率(凝集pH6.5)

大阪府水道部の事例を示す。図-7と図-8はDCAA生成能を凝集剤量の増量(容積注入率として適正值である100mg/Lからその5倍量の50mg/Lまで)あるいは凝集pHの制御(6.2から7.2の範囲、適正值は7.0程度)による除去を検討した結果である。凝集剤の増量はDCAA生成能の低減化にほとんど期待できない結果であるが、凝集pHを6.5程度に下げることによって7.0に比べて約40%低減できると指摘できる。

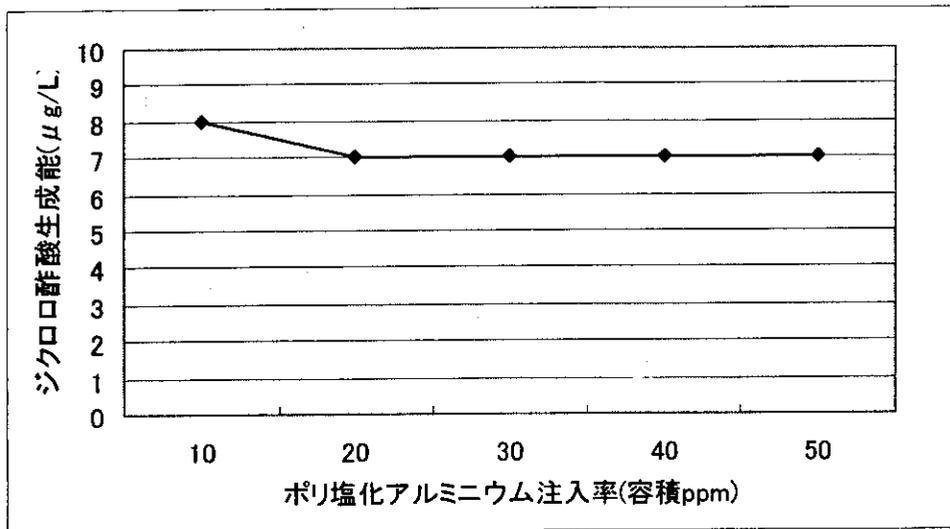


図-7 凝集剤注入率とDCAA生成能の除去

(凝集剤注入 15分攪拌→静置 15分→GF/Bろ過→試験)

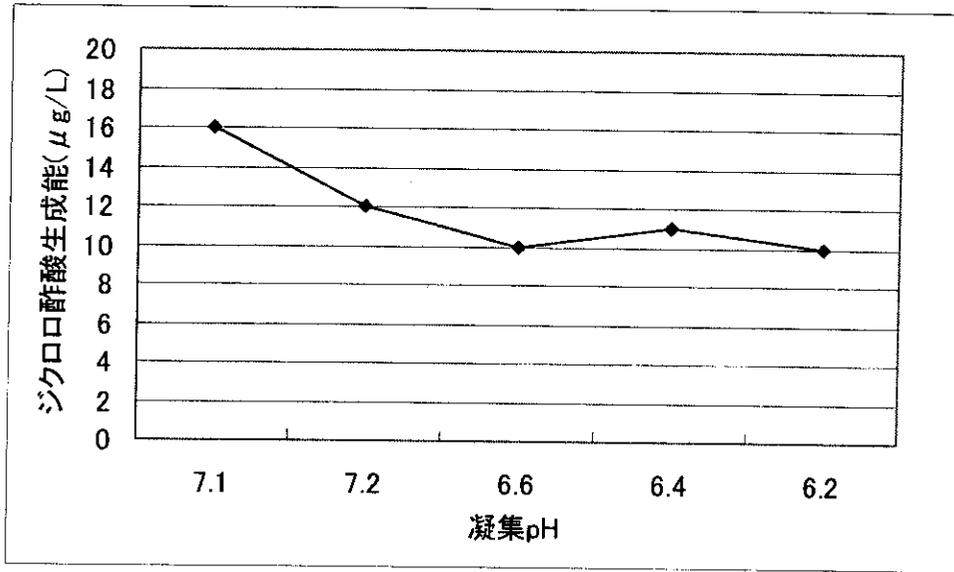


図-8 凝集 pH と DCAA の除去

(pH調整→凝集剤注入 15分攪拌→静置 15分→試験)

奈良県水道局の事例を示す。凝集剤注入量による除去効果では、凝集剤にポリ塩化アルミニウム (PACL) を用い、凝集条件を、急速攪拌 180rpm・3分、緩速攪拌 50rpm・10分、凝集 pH7.0 に調整し、各注入率における凝集処理水の各物質の生成能について測定した。なお、実施設での注入率は、30mg/L である。凝集による生成能を図-9、除去率を表-5 に示す。

[採水日:H11.10.12 濁度:5.8, pH:7.3, E260:0.269, KMnO4消費量:7.0 mg/L]

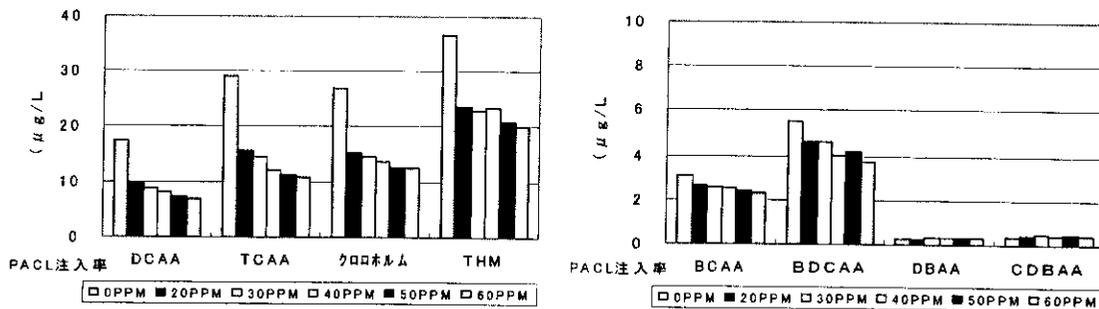


図-9 凝集処理水の生成能

表-5 凝集処理による除去率

	DCAA	TCAA	クロロホルム	THM	BCAA	BDCAA	DBAA	CDBAA
20PPM	44%	46%	43%	36%	14%	17%	-18%	-18%
30PPM	49%	50%	46%	37%	16%	17%	-24%	-22%
40PPM	53%	58%	49%	36%	17%	27%	-32%	-17%
50PPM	58%	61%	53%	43%	20%	24%	-31%	-23%
60PPM	60%	63%	53%	45%	24%	32%	-26%	-13%

この条件でジクロロ酢酸除去率は、44～60%とクロロホルムをわずかに上回る除去率

を示したが、凝集剤を3倍に増加しても除去率の増加は、ジクロロ酢酸で16%、クロロホルムで10%とわずかであった。凝集処理による紫外吸収除去とジクロロ酢酸の除去曲線を図-10、図-11に示す。紫外吸収除去曲線からみて、注入率をさらに増加しても効果は、ほぼ平衡状態と予測される。

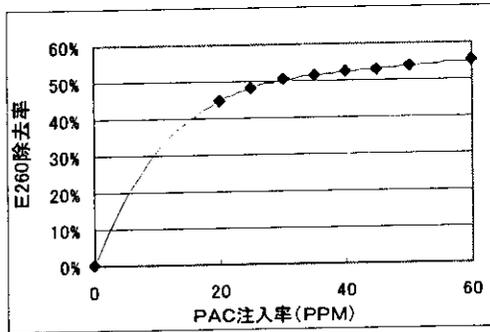


図-10 凝集による紫外吸収除去

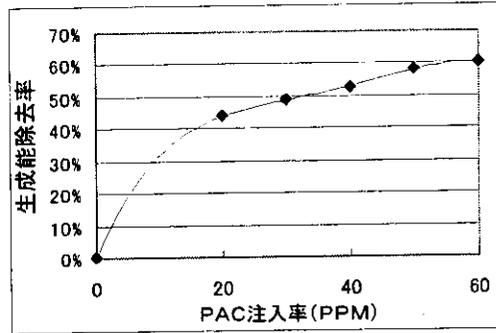


図-11 凝集によるジクロロ酢酸除去

また、凝集処理水のジクロロ酢酸生成経日変化を確認するために、凝集処理水 (PACL 注入率: 30mg/L から 120mg/L) に1日後の残留塩素濃度が 2mg/L になるように塩素添加後、1日、3日及び7日後のジクロロ酢酸生成量を測定した。図-12に生成量、図-13に除去率を示した。凝集剤注入率が 50mg/L 以上で除去の伸びに鈍化傾向が見られ前回の結果と同じく凝集強化による効果はわずかであった。各処理水の除去率は、経過日数の過程でほぼ一定であり、各処理水の経日的ジクロロ酢酸増加率に大きな差がないことを示している。除去率は紫外吸収 (E260) 除去率と良く相関していた。

[採水日:H12.10.12 濁度:4.3, pH:7.7, E260:0.303, TOC:2.7 mg/L]

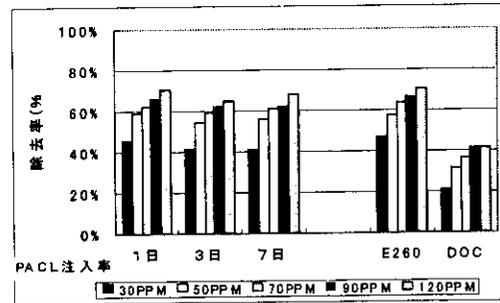
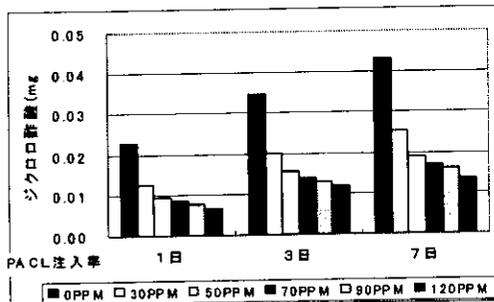


図-12 凝集処理水の経日的 DCAA 生成量 図-13 凝集処理水の経日的 DCAA 除去率

次に凝集時 pH によるジクロロ酢酸処理性を確認する目的で、凝集 pH を 5.8 から 7.5 に設定し、凝集処理 (注入率:50mg/L) を行った。塩素添加後、pH を 7 に調整しジクロロ酢酸生成量を測定した。凝集 pH による生成量を図-14、ろ過原水の生成能からの除去率を図-15に示す。pH が 6.7 以下でジクロロ酢酸の除去性が高く、pH が 7.5 へと高くなるにつれて紫外吸収及び DOC 除去率の低下に伴いジクロロ酢酸の除去率が低下した。pH7.5 におけるジクロロ酢酸生成量は pH5.8 の約 2 倍に増加した。この pH 範囲で前駆物質除去に対する凝集最適 pH 域は 5.8 から 6.7 までで、その範囲での差は比較的少なかった。

[採水日:H12.9.16 原水濁度:6.0, PH:7.4, E260:0.341, TOC:2.4mg/L]

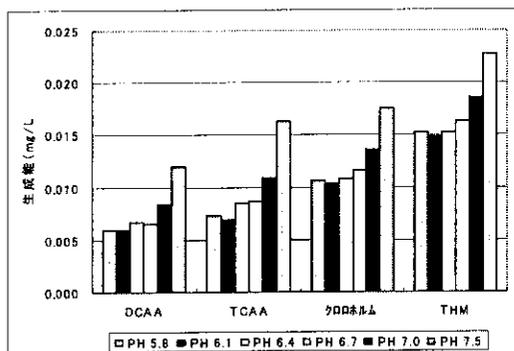


図-14 凝集 pH と生成量

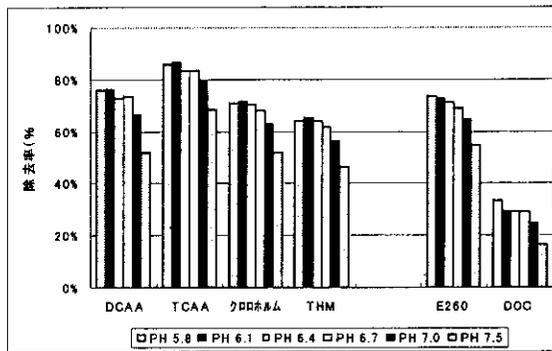


図-15 凝集 pH と生成能からの除去率

総じて凝集処理においては、いずれの凝集剤においても、凝集 pH による低減効果の差が確認され、低 pH 域 (5.8 ~ 6.7) で最も効果が確認される結果となった。また、凝集剤注入率による処理性の差は、凝集剤による差は幾分みられたものの、注入率増加による低減効果は僅かに認められるにとどまった。なお、凝集処理による低減対策を実施する場合、凝集剤増量に伴うアルミニウム濃度や色度の増加などの制約要因への留意が必要となる。

1. 1. 3 粉末活性炭注入

福岡県南広域水道企業団の事例を示す。原水を用いて活性炭注入率とハロ酢酸類及びトリハロメタンの生成量の関係について調査した。実験条件は表-6のように、平成12年8月11日の原水に粉末活性炭を各々0、2、5、10ppm(Dry)注入し、ジャーテストを用いて30分間、50rpmで攪拌した。次にNaClO溶液を5mg/L注入し、更に20分間攪拌した。その後、孔径0.45umのメンブランフィルターでろ過した濾水を各々20℃で保存後、1日後、3日後、5日後の各ハロ酢酸及びトリハロメタンを測定した。

表-6 実験条件

試験区①	試験区②	試験区③	試験区④
原水	原水	原水	原水
活性炭: 0ppm	活性炭: 2ppm	活性炭: 5ppm	活性炭: 10ppm
NaClO: 5mg/L	NaClO: 5mg/L	NaClO: 5mg/L	NaClO: 5mg/L
pH: 7.52	pH: 7.52	pH: 7.49	pH: 7.48

その結果を表-7、図-16に示す。トリハロメタンは活性炭注入率の増加に伴い減少傾向を示したが、ハロ酢酸類は1日後の活性炭5ppm及び10ppm注入で低減されたものの、3日後では活性炭無注入区との差はトリハロメタンのように認められなかった。ハロ酢酸類は、活性炭による大きな低減効果は期待できないと考えられる。これは、ハロ酢酸の生成は活性炭に吸着されなかった親水性前駆物質の影響が大きいものと推測される。

表-7 活性炭処理における低減効果

(1日後)		(μg/L)			
残留塩素(mg/L)	①	②	③	④	
① MCAA	5.1	4.6	4.1	10.2	
② DCAA	16.0	15.5	13.5	16.2	
③ TCAA	18.3	18.9	15.8	12.0	
④ MBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑤ DBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑥ TBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑦ MBMCAA	5.9	6.3	5.8	4.7	
⑧ DBMCAA	2.0	2.1	2.1	1.9	
⑨ DCMBAA	5.3	5.6	5.1	4.0	
T-AAs	52.6	53.0	46.4	49.0	
CHCL3	26	23	20	17	
CHCL2BR	11	11	10	9	
CHBR2CL	3	3	3	3	
T-THMs	40	37	33	29	

(3日後)		(μg/L)			
残留塩素(mg/L)	①	②	③	④	
① MCAA	6.3	5.0	5.1	12.3	
② DCAA	21.2	19.4	19.2	21.7	
③ TCAA	24.7	24.1	24.0	17.9	
④ MBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑤ DBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑥ TBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑦ MBMCAA	6.9	7.1	7.4	6.2	
⑧ DBMCAA	1.9	2.1	2.3	2.0	
⑨ DCMBAA	5.2	6.7	7.7	4.9	
T-AAs	66.2	64.4	65.7	65.0	
CHCL3	33	31	28	23	
CHCL2BR	13	12	12	11	
CHBR2CL	3	3	3	3	
T-THMs	49	46	43	37	

(5日後)		(μg/L)			
残留塩素(mg/L)	①	②	③	④	
① MCAA	6.9	5.6	5.6	14.5	
② DCAA	27.2	22.8	22.6	27.3	
③ TCAA	32.1	26.5	27.6	22.3	
④ MBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑤ DBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑥ TBAA	0.0	0.0	0.0	0.0	
⑦ MBMCAA	8.5	7.7	7.9	7.3	
⑧ DBMCAA	2.2	2.1	2.1	2.0	
⑨ DCMBAA	7.8	7.0	6.5	5.8	
T-AAs	84.7	71.7	72.3	79.2	
CHCL3	34	31	27	22	
CHCL2BR	12	12	11	10	
CHBR2CL	4	4	4	4	
T-THMs	50	47	42	36	

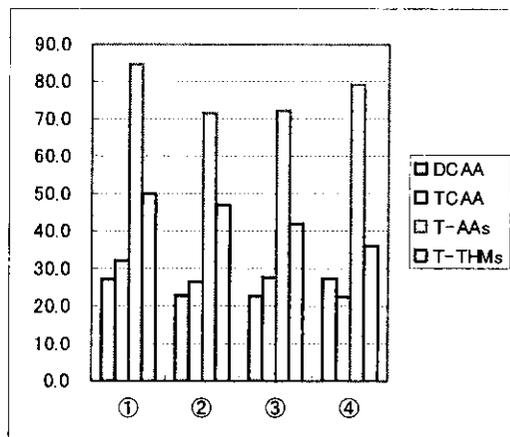
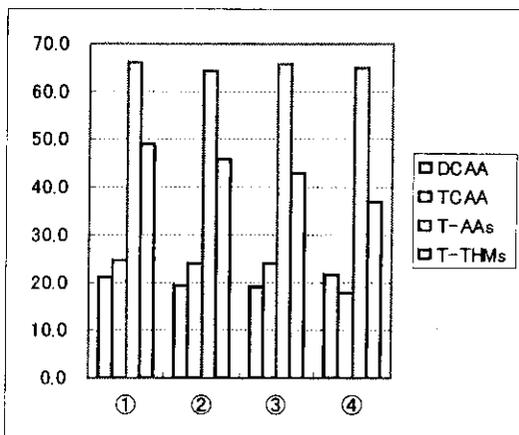
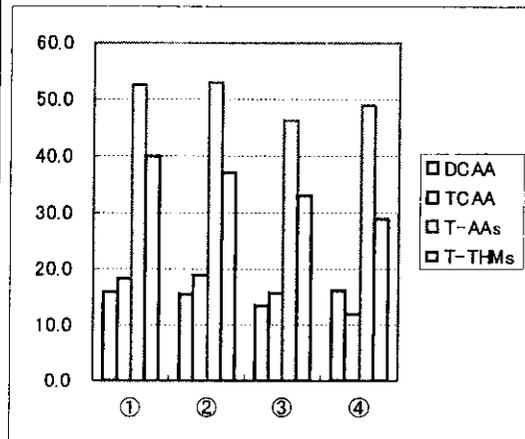


図-16 活性炭処理における低減効果

阪神水道企業団の事例を示す。粉末活性炭の注入による低減効果に関する調査には、1-1-2 項の凝集強化処理による生成能の低減効果に関する調査で用いた原水（淀川表流水）を供試試料（表-3）とした。

表-8に調査に用いた粉末活性炭の規格、物性値を示すが、粉末活性炭はJWWA K113粉末活性炭選定標準を参考に、水道で使用される木質及び石炭系の粉末活性炭4種類を用いた。このうち、PAC1/Wはカビ臭等の異臭味除去や水質改善に水道で広く使用されているものである。また、PAC3/GBとPAC4/GBKは活性炭処理で用いられる粒状活性炭を粉末状にしたもので、PAC4/GBKはフミン質の除去を目的に、同原料のPAC3/GBに比べると活性炭細孔径が大きくなっている。

表-8 調査に用いた粉末活性炭の規格、物性値

活性炭名		PAC1/W	PAC2/CB	PAC3/GB	PAC4/GBK	JWW K-113
原料		もみ殻炭	ヤシ殻炭	れぎ青炭	れぎ青炭	
pH値		9.5	9.7	8.5	7.8	4~11
電気伝導率	$\mu\text{S}/\text{cm}$	230	530	90	33	<900
塩化物	%	0.07	0.05	0.05	0.05	<0.5
ヒ素	wt・ppm	<2				<2
亜鉛	wt・ppm	<50				<50
カドミウム	wt・ppm	<0.5				<1.0
鉛	wt・ppm	<5				<10
フェノール価		25	38	53	200	<25
ABS価		38.5	37.7	57.9	73.0	<50
メチレンブルー脱色力	ml/g	200	200	180	210	>150
ヨウ素吸着力	mg/g	1140	1160	1030	1050	>950
平均粒径	μm	18.8	21.5	21.7	11.2	
比表面積	m^2/g	1050	1068	1198	1032	
細孔容積	ml/g	0.60	0.49	0.65	0.68	
平均細孔直径	nm	2.29	1.85	2.15	2.65	

本調査は表-9に示す条件により行った。凝集反応試験器（ジャーテスター）を用いて、あらかじめ調査中に温度変化が極力生じないよう室内で半日程静置して室温状態にした着水原水1ℓ中に粉末活性炭4試料を各々、注入率10～100ppm（Dry）となるよう添加（攪拌状態で）し、粉末活性炭が沈降しない程度の回転数で30分間接触させた。その後、直ちにGFB（1 μm ）で全量をろ過し、活性炭との接触を止めた。GFBでろ過した原水を分析試料とした。

表-9 粉末活性炭注入の条件

粉末活性炭	木質及び石炭系の4種類
注入率	10、30、50、100ppm(Dry)
接触条件	攪拌強度110rpmで30分間接触
pH	pH 7.1
水温・室温	22℃

図-17～図-20に各粉末活性炭における生成能の低減効果を示す。

調査に供した木質及び石炭系4種類の粉末活性炭はいずれも、クロロホルム生成能、抱水クロラール生成能、ジクロロアセトニトリル生成能、クロロ酢酸生成能、ジクロロ酢酸生成能、トリクロロ酢酸生成能に対して低減効果がみられた。また、プロモジクロロメタン生成能、プロモクロロ酢酸生成能はPAC1/WとPAC4/GBKで低減効果がみられた。

これら塩素系もしくは塩素に臭素が1つ付加された消毒副生成物生成能に対しては、粉末活性炭の注入率増加による低減効果の向上が認められた。しかし、臭素系のジブロモクロロメタン、プロモ酢酸生成能の低減効果は認められなかった。

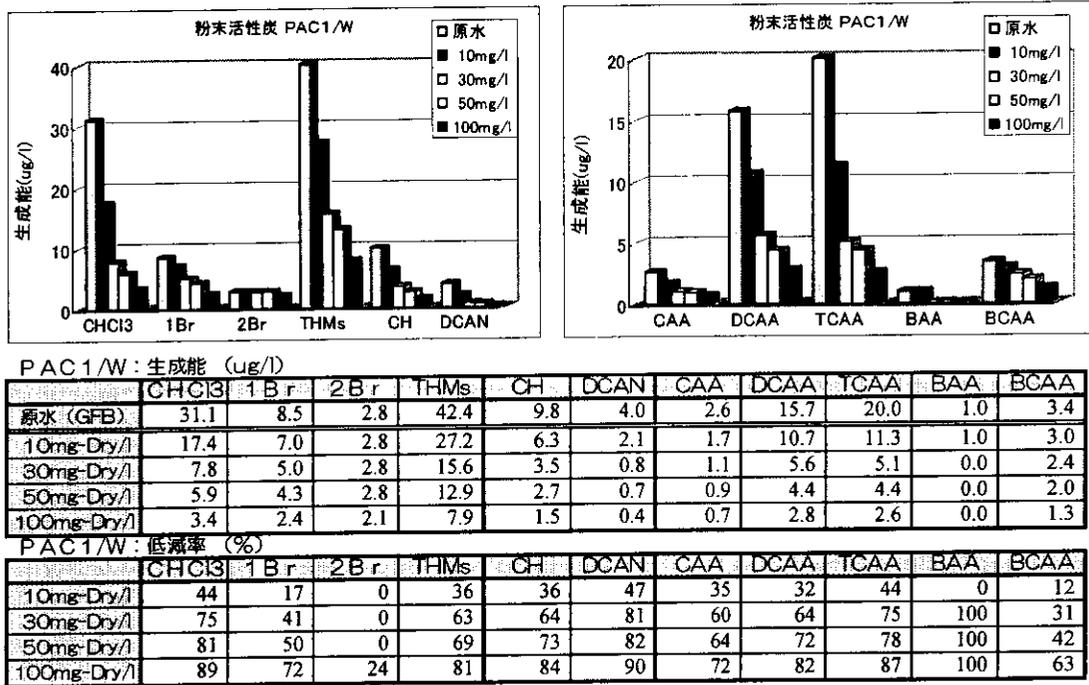


図-17 粉末活性炭PAC1/Wによる各物質生成能の低減効果

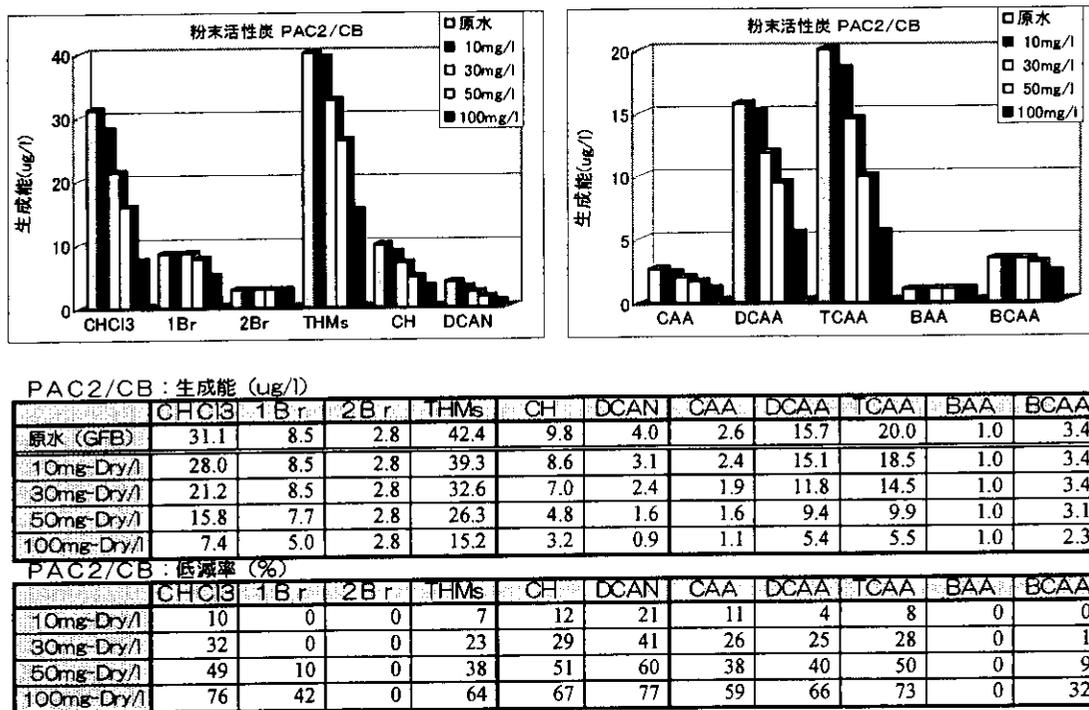
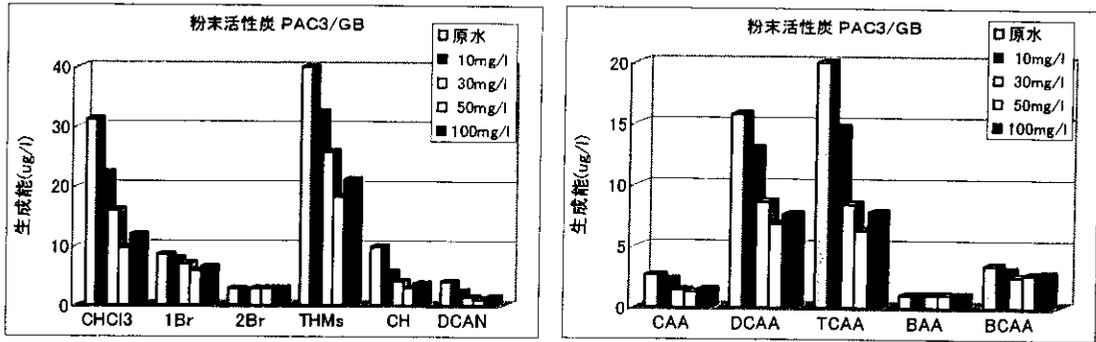


図-18 粉末活性炭PAC2/CBによる各物質生成能の低減効果



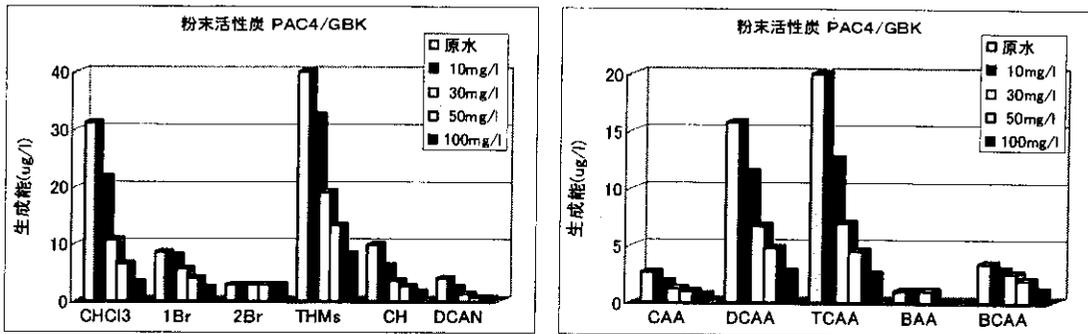
PAC3/GB : 生成能 (ug/l)

	CHCl ₃	1Br	2Br	THMs	CH	DCAN	CAA	DCAA	TCAA	BAA	BCAA
原水 (GFB)	31.1	8.5	2.8	42.4	9.8	4.0	2.6	15.7	20.0	1.0	3.4
10mg-Dry/l	22.2	7.7	2.5	32.4	5.6	2.4	2.3	13.0	14.7	1.0	3.1
30mg-Dry/l	15.9	7.0	2.8	25.7	4.0	1.4	1.4	8.6	8.4	1.0	2.5
50mg-Dry/l	9.6	5.8	2.8	18.2	2.9	1.0	1.2	6.8	6.3	1.0	2.7
100mg-Dry/l	11.9	6.4	2.8	21.1	3.7	1.3	1.5	7.6	7.8	1.0	2.8

PAC3/GB : 低減率 (%)

	CHCl ₃	1Br	2Br	THMs	CH	DCAN	CAA	DCAA	TCAA	BAA	BCAA
10mg-Dry/l	29	9	10	23	43	40	14	17	27	0	10
30mg-Dry/l	49	17	0	39	59	66	47	45	58	0	26
50mg-Dry/l	69	32	0	57	71	76	53	57	69	0	21
100mg-Dry/l	62	24	0	50	63	66	45	52	61	0	19

図-19 粉末活性炭PAC3/GBによる各物質生成能の低減効果



PAC4/GBK : 生成能 (ug/l)

	CHCl ₃	1Br	2Br	THMs	CH	DCAN	CAA	DCAA	TCAA	BAA	BCAA
原水 (GFB)	31.1	8.5	2.8	42.4	9.8	4.0	2.6	15.7	20.0	1.0	3.4
10mg-Dry/l	21.6	8.0	2.8	32.3	6.1	2.5	1.8	11.4	12.6	1.0	2.9
30mg-Dry/l	10.6	5.6	2.8	19.0	3.5	1.2	1.2	6.7	6.9	1.0	2.5
50mg-Dry/l	6.4	4.0	2.8	13.2	2.5	0.7	0.9	4.8	4.5	0.0	2.0
100mg-Dry/l	3.2	2.2	2.8	8.2	1.6	0.6	0.7	2.7	2.5	0.0	1.1

PAC4/GBK : 低減率 (%)

	CHCl ₃	1Br	2Br	THMs	CH	DCAN	CAA	DCAA	TCAA	BAA	BCAA
10mg-Dry/l	31	6	0	24	38	38	32	28	37	0	15
30mg-Dry/l	66	34	0	55	65	70	55	57	65	0	26
50mg-Dry/l	79	53	0	69	75	83	65	70	78	100	43
100mg-Dry/l	90	74	0	81	84	86	75	83	88	100	68

図-20 粉末活性炭 PAC4/GBK による各物質生成能の低減効果

図-21にTHMs、抱水クロラール、ジクロロ酢酸及びトリクロロ酢酸について、粉末活性炭の違いによる生成能低減効果の比較を示す。

本調査に用いた粉末活性炭では、種類（物性値）によって低減効果に違いがみられており、PAC1/WとPAC4/GBKは、他の粉末活性炭と比較して低減効果が高かった。粉末活性炭はフェノール価とABS価の値が低いほど、メチレンブルー脱色力及びヨウ素吸着力の値が大きいものほど吸着力が高いとされているが、関係は見受けられなかった。また、細孔径が比較的大きい活性炭の低減効果は高い傾向にあり、THMs等の前駆物質となるフミン質のように分子量の大きなものに対しては活性炭の細孔径も処理性に影響することがうかがえた。

いずれの粉末活性炭でも、臭気物質の除去や水質事故対策として注入される30ppm程度までは注入量とともに低減効果は高くなる傾向を示し、THMs、抱水クロラール、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸で60%程度の低減が認められた。

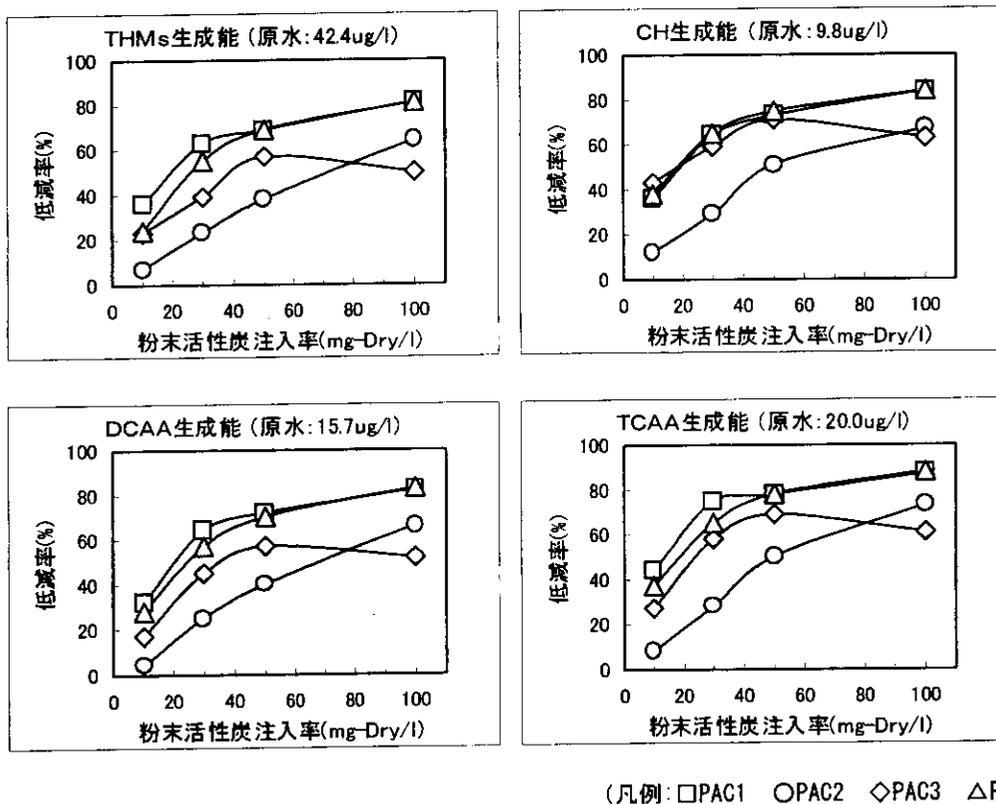


図-21 粉末活性炭の違いによる各物質生成能の低減率

図-22にUV260吸光度の挙動を示したが、THMs生成能、抱水クロラール生成能、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸生成能とUV260吸光度とは、どの活性炭もほぼ一致した挙動を示している。このことから比較的測定が容易なUV260吸光度、THMs生成能の低減効果を指標として、抱水クロラール生成能やジクロロ酢酸生成能等の低減効果を推定することも可能かと思われた。

ただし、粉末活性炭は応急的あるいは短期間の使用に適しており、年間連続あるいは比較的長期間に及ぶ場合は、粒状活性炭処理の検討が必要である。粉末活性炭を使用する場

合には、着水井などで注入され、被処理水と接触させて除去目的物質を吸着除去した後は、凝集沈澱処理、砂ろ過によって除去される。粉末活性炭の注入時は、通常処理時よりも凝集を強化するとともに、ろ過池の運転管理に注意を払うなど、処理水への微粉炭漏出に対する留意が必要である。前塩素処理の場合は、粉末活性炭により塩素が消費されるので目標とする残留塩素濃度が確保できるように制御・監視へも注意を払わなければならない。

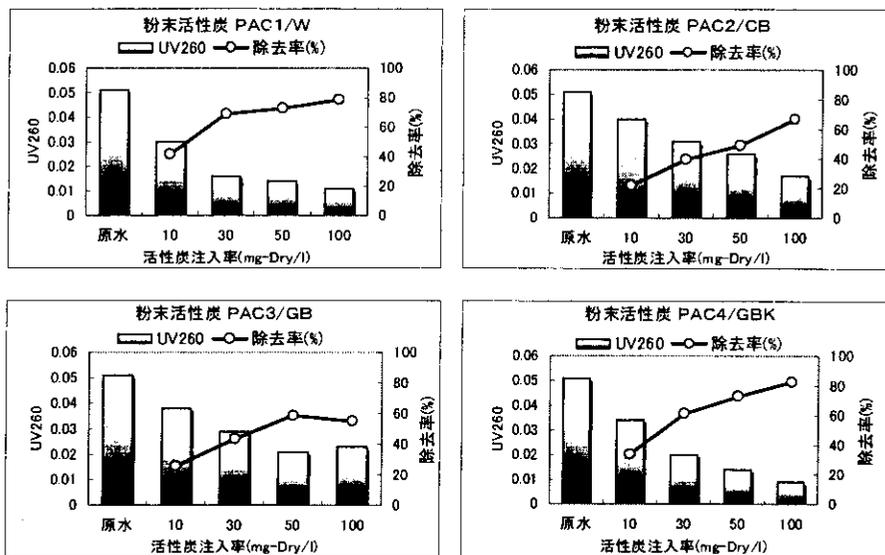


図- 22 粉末活性炭注入による UV260 吸光度の挙動

大阪府水道部の事例を示す。図- 23 は村野浄水場原水を用いた粉末活性炭によるジクロロ酢酸生成能の除去実験結果(ジャーテスト、注入率は 10 から 30ppm・wet)である。原水のジクロロ酢酸生成能は 13 μ g/L と比較的低い値であった。粉末活性炭注入率が 0mg/L の点は凝集沈澱のみによる除去を示しているが、ジクロロ酢酸生成能は 8 μ g/L、除去率は 38%であった。しかし、粉末活性炭の注入による除去率の向上は大きく期待できない結果であった。

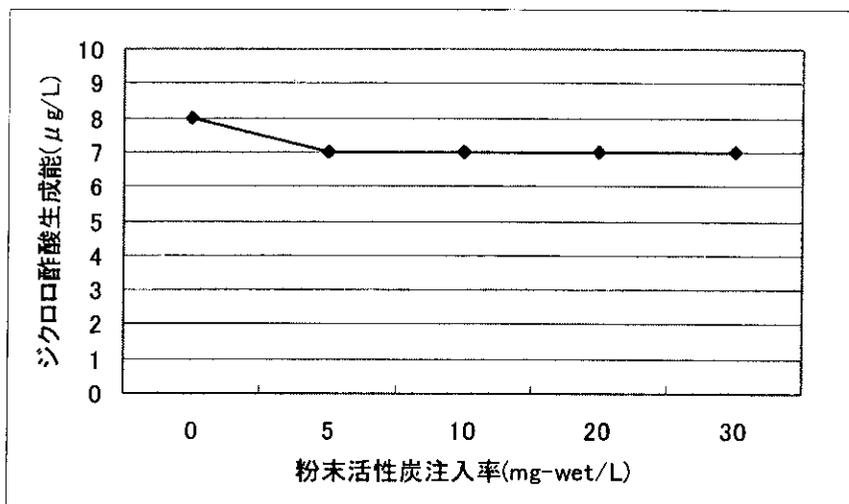


図- 23 粉末活性炭による DCAA 生成能の除去

[粉炭 60 分攪拌→凝集剤注入 15 分攪拌→静置 15 分→GF/B ろ過→試験]

奈良県水道局の事例を示す。活性炭接触条件は、90rpm で1時間攪拌し、メンブランフィルターろ過後、生成能を測定した。紫外吸収除去率を図- 24、ジクロロ酢酸除去率を図- 25 に示した。粉末活性炭処理は、この注入範囲でジクロロ酢酸では、10ppm(注入率はいずれも Dry 換算)14 %、20ppm29 %、30ppm40 %と定量的な除去効果を示し、紫外吸収除去とも良く相関していた。ジクロロ酢酸除去率は、クロロホルムの除去率を若干下回った。

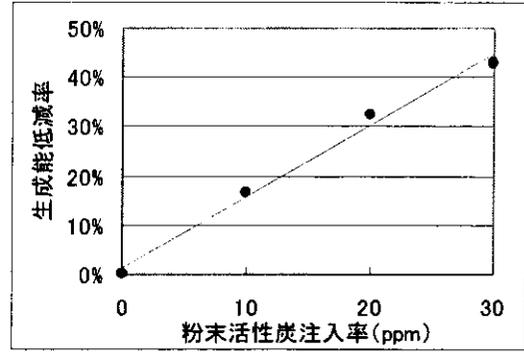
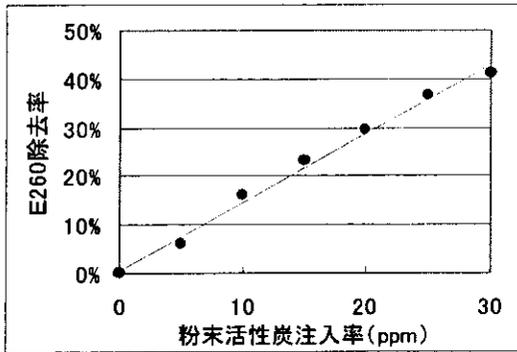


図- 24 粉末活性炭による紫外吸収除去 図- 25 粉末活性炭によるジクロロ酢酸除去

粉末活性炭処理後に凝集処理を行った場合の除去性の調査では、活性炭接触条件を90rpm で1時間の攪拌とし、メンブランフィルターろ過後、塩素処理を行い、各物質の生成能を測定した。粉末活性炭-凝集による除去効果を表- 10、ジクロロ酢酸の除去効果を図- 26、紫外吸収除去率を図- 27 に示す。活性炭処理後に凝集処理した場合の除去率は、活性炭注入率が10ppm では、両処理のほぼ合計となるが20、30ppm と増量すると後段の凝集による効果が凝集単独の場合より20ppm で7 %、30ppm で10 %低い除去効果となった。粉末活性炭処理で生成前駆物質が相当除去されたため、凝集処理での除去効果が低下したものと考えられる。

[採水日:H11.10.15 濁度:5.9, PH:7.3, E260:270 KMnO4 消費量:6.7 mg/L]

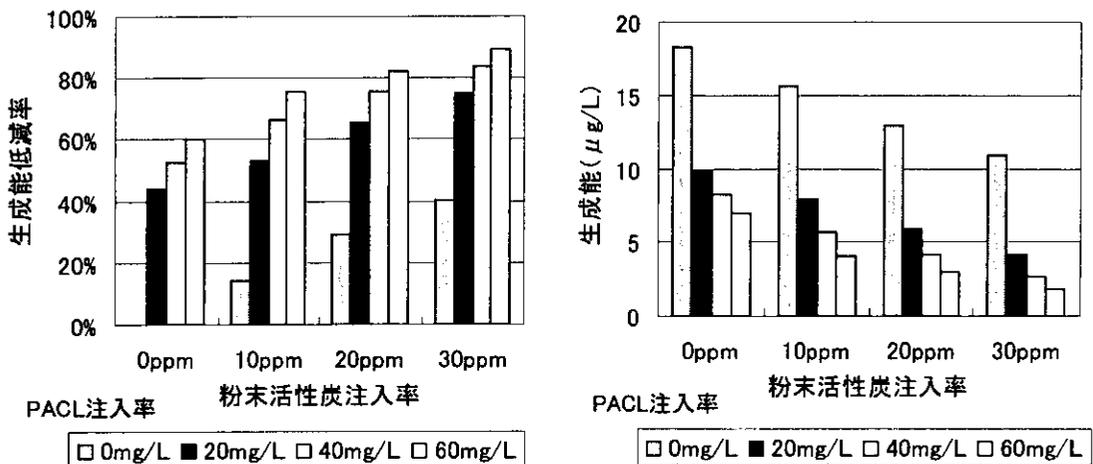


図- 26 粉末活性炭-凝集処理ジクロロ酢酸除去

表-10 粉末活性炭-凝集処理による除去

粉末活性炭	PACL	ジクロロ酢酸	クロロホルム	E260除去
0PPM	0 PPM	0%	0%	0%
	20PPM	44%	43%	45%
	40PPM	53%	49%	55%
	60PPM	60%	53%	60%
10PPM	0 PPM	14%	19%	18%
	20PPM	53%	53%	57%
	40PPM	66%	65%	65%
	60PPM	76%	71%	71%
20PPM	0 PPM	29%	34%	28%
	20PPM	65%	65%	67%
	40PPM	75%	72%	74%
	60PPM	82%	78%	78%
30PPM	0 PPM	40%	48%	38%
	20PPM	75%	71%	75%
	40PPM	84%	79%	80%
	60PPM	89%	83%	85%

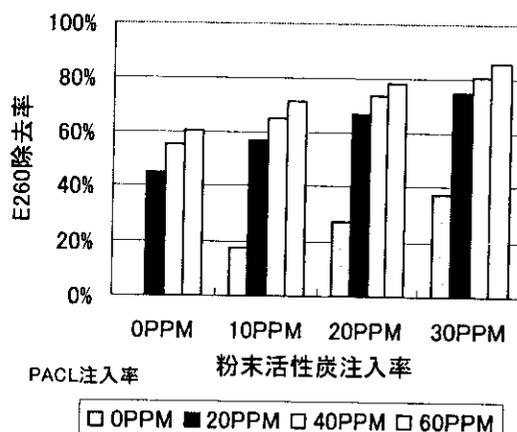


図-27 粉末活性炭-凝集処理による紫外吸収

北千葉広域水道企業団の事例を示す。北千葉広域水道企業団では、夏季の水質悪化と水温上昇に際して、粉末活性炭処理によるトリハロメタン低減化対策を実施している。昨年度の調査で、末端給水栓の st.3 でクロロホルムとジクロロ酢酸濃度に良い相関関係が認められ、その濃度比は(クロロホルム:ジクロロ酢酸=1.2:1)であったことから、トリハロメタン制御を強化することによってハロ酢酸類の制御が可能ではないかと考えた。

そこで、12年夏季のトリハロメタン低減化対策実施に際して、トリハロメタンの制御目標(末端給水栓で基準値の7割以下)に加え、末端給水栓のジクロロ酢酸濃度を指針値の7割以下に抑えるための粉末活性炭注入制御を行い、その実績を検証した。

表-11には、浄水池出口における管理目標値とその算出根拠を示した。なお、過去のデータから、末端給水栓の st.3 までは THM が概ね3倍に増加することが分かっている。

表-11 浄水池出口における管理目標値

水質項目	管理目標値	算出根拠
総THM	0.023mg/l	0.07mg/l ÷ 3 = 0.023mg/l
クロロホルム	0.006mg/l	0.042mg/l ÷ 3 = 0.014mg/l > 0.014mg/l (ジクロロ酢酸) × 1.2 ÷ 3 = 0.006mg/l
ブロモジクロロメタン	0.007mg/l	0.021mg/l ÷ 3 = 0.007mg/l

図-28に12年夏季のトリハロメタン及びハロ酢酸低減化対策の実績を示した。当企業団では、主に原水水温と浄水のトリハロメタンを指標として粉末活性炭注入率制御を実施しており、12年度のトリハロメタン低減化を目的とした粉末活性炭最大注入率は15ppm(Dry)であった。今年度は6月にも水温が25℃を超え粉末活性炭を注入したときがあったが、主たる対応期は7月上旬～9月上旬であった。この対応期における浄水のトリハロメタン濃度は、概ね管理目標値を満足しており、トリハロメタン制御は順調であった。また、この期間における st.3 のジクロロ酢酸濃度は最大0.012mg/Lであり、トリハロメタン制御を介したジクロロ酢酸制御は有効に機能していると考えられた。

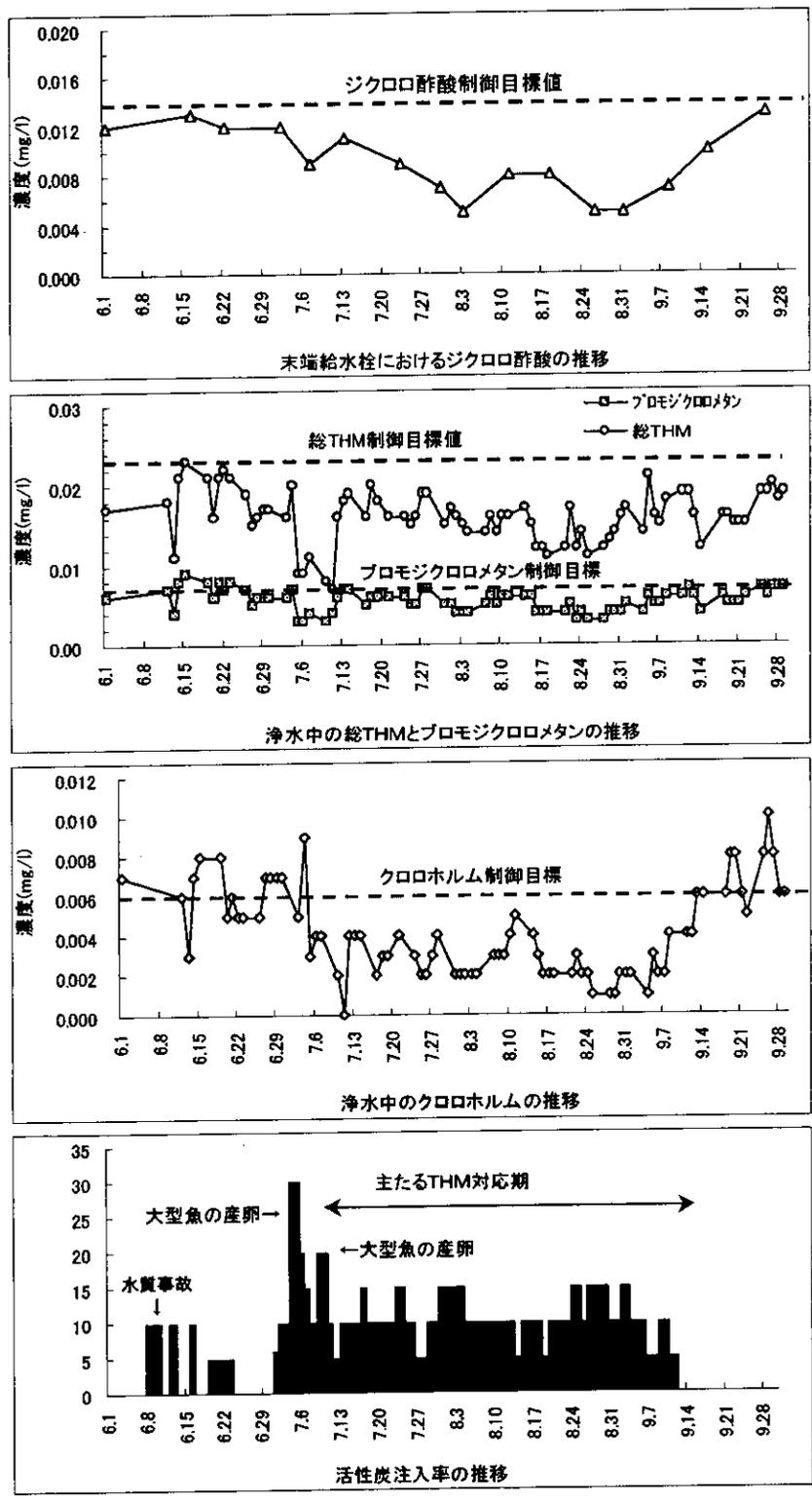


図-28 12年夏季のTHM及びハロ酢酸低減化対策の実績

総じて粉末活性炭注入においては、ジクロロ酢酸については 10 ～ 30ppm(Dry)の範囲で除去効果が確認され、最大で 40 ～ 60 %程度の除去率を示した。しかし、一方で活性炭による除去効果が確認されなかった事例も報告された。また今回、活性炭の種類により除去効果の違いが確認された。

1. 1. 4 高度浄水処理

(1)粒状活性炭処理

茨城県企業局の事例を示す。茨城県企業局では、異臭味の改善と消毒副生成物の低減化を目的として、通常処理（前塩素→凝集沈澱処理→急速ろ過）の後に粒状活性炭処理を行っている。粒状活性炭は使用期間が延びるに従い除去効果が低下するため、適宜、活性炭接触池を切り替えて対処している。そこで、粒状活性炭の使用期間と消毒副生成物の生成濃度の関係を把握するための調査を行った。

霞ヶ浦を水源とするA浄水場における使用期間の異なる粒状活性炭接触池の処理水を採水し、採水直後及び塩素 1.0mg/L 添加後、20℃の恒温槽で 72 時間保存した試料について、トリハロメタン及びハロ酢酸の測定を行った。調査は、平成 12 年 8 月～9 月に実施した。表－ 12 に対象とした粒状活性炭接触池の活性炭の使用期間を示す。

表－ 12 活性炭の使用期間

8月調査							(単位:月)
	1号池	2号池	3号池	6号池	11号池	12号池	
使用月数	0.8	3.7	5.5	5.5	1.1	0.8	

9月調査							(単位:月)
	1号池	2号池	9号池	10号池	11号池	12号池	
使用月数	1.9	4.8	0.8	3.4	2.2	1.9	

また、活性炭の吸着負荷量とトリハロメタンやハロ酢酸生成濃度の関係を把握するため、各池の活性炭使用期間に対する活性炭 1m³ 当りの過マンガン酸カリウム消費量累積負荷量とトリハロメタン、ハロ酢酸生成濃度の相関を求めた。ただし、活性炭 1m³ 当りの過マンガン酸カリウム消費量累積負荷量 (g/m³-AC) は、毎日検査における砂ろ過水の過マンガン酸カリウム消費量 (mg/L) とその日の処理水量 (m³/日) の積を1日当りの負荷量とし、それを使用期間について累積したものとして算出した。

表－ 13 及び表－ 14 に 8 月及び 9 月の調査結果を示す。8 月調査時の砂ろ過水の総トリハロメタンは、採水直後が 0.056mg/L、72 時間後には 0.151mg/L と約 3 倍に増加した。活性炭処理水では、活性炭の使用期間が長いほど処理水濃度も高くなる傾向がみられ、最も使用期間が長い 3 号池及び 6 号池の処理水では、72 時間後に 0.1mg/L を超過した。一方、ハロ酢酸については、砂ろ過水の採水直後の濃度が 0.088mg/L であり、72 時間後には約 1.2 倍に増加した。72 時間後の生成濃度が高いのは、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸、ジブromo酢酸、ブromokloro酢酸、ブromोजiクロロ酢酸の 5 物質であった。しかし、活性炭処理水においては、採水直後には 9 物質ともほとんど検出されず、72 時間後においても、使用期間が長い 2、3、6 号池で総ハロ酢酸として 0.024 ～ 0.27mg/L であった。9 月調査時

は、8月よりも砂ろ過水のトリハロメタン及びハロ酢酸とも若干検出濃度が低かったが、8月と同様の傾向にあった。

表-13 粒状活性炭処理によるトリハロメタン及びハロ酢酸の低減効果

採水年月日 平成12年8月21日		水質検査項目		単位	原水	砂ろ過水	粒状活性炭処理水					
							1号池	2号池	3号池	6号池	11号池	12号池
活性炭使用月数		月	-	-	-	-	0.8	3.7	5.5	5.5	1.1	0.8
水温		℃	27.8	27.5								27.0
pH値			7.41	7.54			7.40	7.33	7.33	7.28	7.41	7.46
KMnO4消費量		mg/L	13.0	4.5			1.1	2.9	3.2	3.1	1.7	1.3
TOC		mg/L	4.2	2.7			1.0	2.0	2.1	2.3	1.2	1.0
E260		abs/50mm		0.160			0.022	0.100	0.109	0.109	0.048	0.030
塩化物イオン		mg/L	44.7	57.2			57.7	57.5	57.7	57.6	57.6	57.6
臭化物イオン		mg/L	0.22	0.01			0.10	0.13	0.13	0.13	0.10	0.10
トリハロメタン (当日)	CHCl3	mg/L		0.013			0.002	0.014	0.018	0.017	0.005	0.003
	CHCl2Br	mg/L		0.020			<0.001	0.010	0.018	0.016	0.001	0.001
	CHClBr2	mg/L		0.019			<0.001	0.003	0.008	0.007	<0.001	<0.001
	CHBr3	mg/L		0.004			<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	T-THM	mg/L		0.056			0.002	0.027	0.045	0.040	0.006	0.004
トリハロメタン (20℃,72hr後)	CHCl3	mg/L		0.050			0.004	0.029	0.034	0.035	0.010	0.006
	CHCl2Br	mg/L		0.052			0.002	0.023	0.036	0.034	0.006	0.004
	CHClBr2	mg/L		0.041			0.004	0.022	0.031	0.028	0.01	0.008
	CHBr3	mg/L		0.008			0.004	0.015	0.015	0.016	0.008	0.007
	T-THM	mg/L		0.151			0.014	0.089	0.116	0.113	0.034	0.025
ハロ酢酸 (当日)	CH2ClCOOH	mg/L		<0.001			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CHCl2COOH	mg/L		0.016			0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CCl3COOH	mg/L		0.013			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CH2BrCOOH	mg/L		0.003			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	0.002
	CHBr2COOH	mg/L		0.015			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CBr3COOH	mg/L		0.005			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CHBrClCOOH	mg/L		0.015			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CBr2ClCOOH	mg/L		0.008			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CBrCl2COOH	mg/L		0.013			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	T-HAA	mg/L		0.088			0.002	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	0.002
ハロ酢酸 (20℃,72hr後)	CH2ClCOOH	mg/L		<0.001			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CHCl2COOH	mg/L		0.024			0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
	CCl3COOH	mg/L		0.017			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CH2BrCOOH	mg/L		0.008			0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001
	CHBr2COOH	mg/L		0.020			0.004	0.010	0.008	0.008	0.005	0.004
	CBr3COOH	mg/L		0.006			0.002	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002
	CHBrClCOOH	mg/L		0.019			0.002	0.005	0.004	0.004	0.003	0.002
	CBr2ClCOOH	mg/L		0.010			<0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	<0.001
	CBrCl2COOH	mg/L		0.016			<0.001	0.001	0.001	0.001	<0.001	<0.001
	T-HAA	mg/L		0.120			0.011	0.027	0.024	0.024	0.015	0.011

表-14 粒状活性炭処理によるトリハロメタン及びハロ酢酸の低減効果

採水年月日 平成12年9月25日

水質検査項目	単位	原水	砂ろ過水	粒状活性炭処理水					
				1号池	2号池	9号池	10号池	11号池	12号池
活性炭使用月数	月	-	-	1.9	4.8	0.8	3.4	2.2	1.9
水温	℃	25.3	25.3	25.5					
pH値		7.56	7.59	7.33	7.34	7.40	7.29	7.38	7.44
KMnO4消費量	mg/L	11.9	4.5	2.6	3.3	1.0	3.2	2.7	2.2
TOC	mg/L	5.2	3.2	1.8	2.2	0.9	2.4	2.0	2.1
E260	abs/30mm		0.189	0.088	0.125	0.028	0.127	0.101	0.091
塩化物イオン	mg/L	43.8	50.9	51.1	51.1	51.4	51.2	51.1	51.2
臭化物イオン	mg/L	0.23	<0.01	0.15	0.14	0.12	0.15	0.12	0.14
トリハロメタン (当日)	CHCl3	mg/L	0.016	0.013	0.020	0.003	0.018	0.017	0.011
	CHCl2Br	mg/L	0.027	0.008	0.019	0.001	0.014	0.010	0.006
	CHClBr2	mg/L	0.027	0.002	0.007	<0.001	0.005	0.003	0.002
	CHBr3	mg/L	0.006	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	T-THM	mg/L	0.076	0.023	0.046	0.004	0.037	0.030	0.019
トリハロメタン (20℃,72hr後)	CHCl3	mg/L	0.030	0.011	0.023	0.002	0.021	0.017	0.011
	CHCl2Br	mg/L	0.036	0.008	0.022	0.001	0.018	0.012	0.008
	CHClBr2	mg/L	0.032	0.009	0.017	0.002	0.013	0.011	0.009
	CHBr3	mg/L	0.007	0.009	0.011	0.004	0.011	0.011	0.011
	T-THM	mg/L	0.105	0.037	0.073	0.009	0.063	0.051	0.039
ハロ酢酸 (当日)	CH2ClCOOH	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CHCl2COOH	mg/L	0.012	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CCl3COOH	mg/L	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CH2BrCOOH	mg/L	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CHBr2COOH	mg/L	0.014	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CBr3COOH	mg/L	0.008	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CHBrClCOOH	mg/L	0.013	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CBr2ClCOOH	mg/L	0.008	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	CBrCl2COOH	mg/L	0.012	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	T-HAA	mg/L	0.079	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	ハロ酢酸 (20℃,72hr後)	CH2ClCOOH	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
CHCl2COOH		mg/L	0.024	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003
CCl3COOH		mg/L	0.017	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
CH2BrCOOH		mg/L	0.003	<0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
CHBr2COOH		mg/L	0.017	0.006	0.007	0.002	0.006	0.006	0.006
CBr3COOH		mg/L	0.002	0.002	0.003	<0.001	0.002	0.001	0.001
CHBrClCOOH		mg/L	0.020	0.005	0.004	0.001	0.003	0.003	0.003
CBr2ClCOOH		mg/L	0.008	0.001	0.002	<0.001	0.002	0.001	0.001
CBrCl2COOH		mg/L	0.021	0.006	0.002	<0.001	0.001	0.002	0.001
T-HAA		mg/L	0.112	0.024	0.022	0.007	0.017	0.017	0.016

図-29及び図-30に、各池の活性炭使用期間に対する活性炭1m³当りの過マンガン酸カリウム消費量累積負荷量とトリハロメタン、ハロ酢酸生成濃度の関係を示す。解析は、総トリハロメタン、トリハロメタン4物質、総ハロ酢酸(ハロ酢酸9物質の合計)、HAA5(US.EPA MCLの5物質)、ハロ酢酸9物質について行い、そのうち相関係数が0.5以上のものを掲載した。

72時間後のトリハロメタン及びハロ酢酸は、過マンガン酸カリウム消費量累積負荷量と正の相関がみられた。特に、トリハロメタン類は4物質とも相関が高く、4物質のうち最も相関が低いプロモホルムでも相関係数は0.7以上であった。一方、ハロ酢酸については、トリハロメタンに比べ全体的に相関は低かった。そのうち、比較的相関が高かったのは、総ハロ酢酸、HAA5、トリクロロ酢酸、ジプロモ酢酸、トリプロモ酢酸で、相関係数は0.6前後であった。

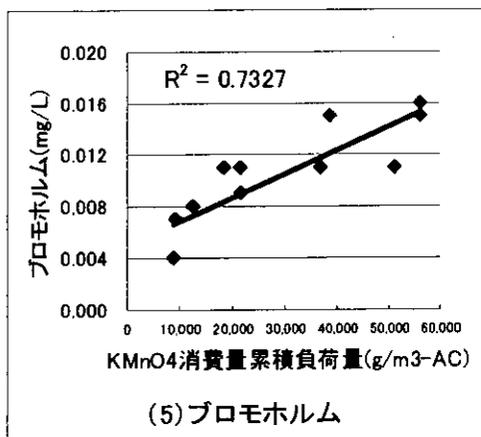
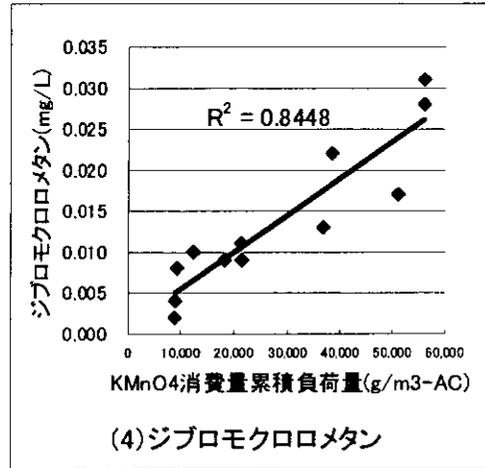
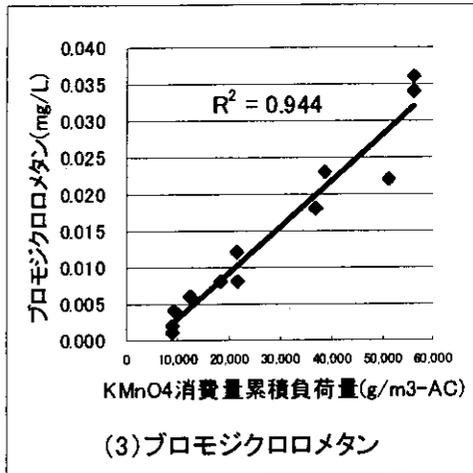
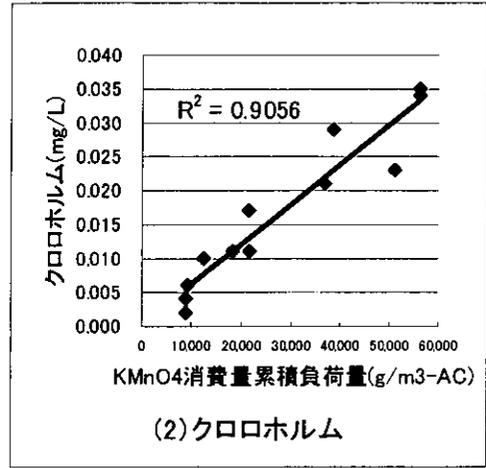
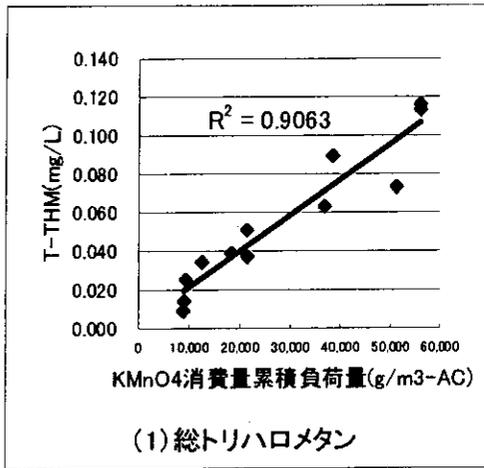


図-29 過マンガン酸カリウム消費量累積負荷量と トリハロメタンの関係