

図-34 非塩素処理・PAC(Sb6 μ g/L)沖縄県金武ダムのSb除去率

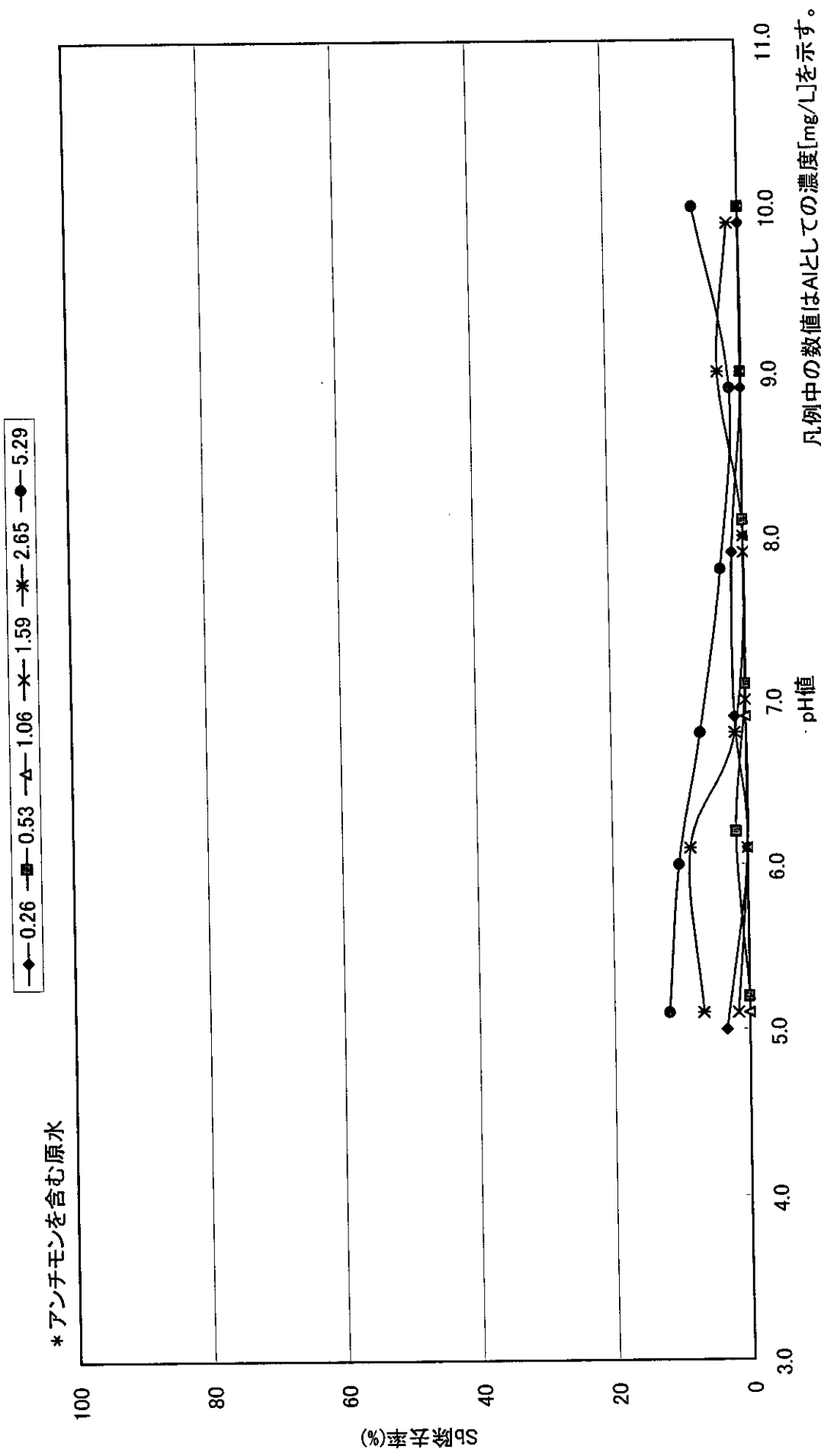


表-21 非塩素処理・PAC(Sbを添加した原水 6 μ g/L 沖縄県平南川)

凝集剤添加濃度 [Almg/L]	凝集処理用試料水				凝集処理後pH	凝集処理後上澄水			Sb除去率 (%)	フロック形成 状況
	水温[°C]	pH	Sb [μ g/L]	濁度		上澄水全体		溶存態		
						Sb [μ g/L]	濁度	Sb [μ g/L]		
0.26	19.9	7.5	6.6	24	5.3	4.2	3.5	3.9	41	—
					6.1	4.5	2.2	4.1	38	—
					7.0	4.6	2.4	4.5	32	—
					7.8	4.8	3.2	4.5	32	—
					9.2	4.8	4.8	4.6	30	—
					10.1	5.1	7.2	4.1	38	—
0.53	19.9	7.5	6.6	24	5.3	4.4	3.6	3.6	45	—
					6.3	4.2	0.5	4.0	39	—
					7.4	4.3	0.9	4.2	36	—
					7.8	4.2	1.6	4.3	35	—
					8.9	4.7	3.5	4.3	35	—
					9.8	5.0	5.0	4.1	38	—
1.06	20.6	7.4	7.0	17	5.2	5.4	5.4	4.4	37	—
					6.0	5.2	2.5	4.8	31	—
					7.2	5.2	0.3	5.1	27	—
					7.8	5.1	0.4	5.3	24	—
					8.7	—	0.7	5.0	29	—
					9.8	5.4	4.0	4.7	33	—
1.59	20.7	7.3	6.4	20	5.0	5.0	6.1	4.3	33	—
					6.0	4.6	3.0	4.5	30	—
					7.6	4.8	0.2	4.8	25	—
					8.3	4.5	0.5	4.6	28	—
					9.0	4.4	0.8	4.5	30	—
					10.0	4.7	4.1	4.3	33	—
2.65	20.6	7.4	7.0	17	5.3	5.4	3.6	4.4	37	—
					6.2	4.9	1.0	4.6	34	—
					7.1	5.0	0.1	4.8	31	—
					8.2	5.0	0.2	5.0	29	—
					8.9	5.0	0.2	4.9	30	—
					9.8	4.9	0.7	4.9	30	—
5.29	20.7	7.3	6.4	20	5.2	5.1	5.5	4.0	38	—
					6.2	4.5	0.1	4.3	33	—
					6.8	4.6	0.1	4.3	33	—
					7.8	4.5	0.1	4.3	33	—
					8.8	4.5	0.3	4.3	33	—
					9.8	4.1	0.5	3.8	41	—

※フロック形成状況 ×:なし, Δ :微小フロック, \circ :良好

表-22 非塩素処理・PAC(Sbを添加した原水 40 μg/L 沖縄県平南川)

凝集剤添加濃度 [Almg/L]	凝集処理用試料水				凝集処理 後pH	凝集処理後上澄水			Sb除去率 (%)	フロック形成 状況
	水温[°C]	pH	Sb [μg/L]	濁度		上澄水全体		溶存態		
						Sb [μg/L]	濁度	Sb [μg/L]		
0.26	22.9	7.8	42.1	19	5.2	38.4	5.6	36.2	14	—
					5.9	39.5	5.5	38.0	10	—
					6.8	37.4	2.5	37.3	11	—
					8.0	39.8	6.4	36.6	13	—
					9.0	39.9	7.6	36.9	12	—
0.53	22.9	7.8	42.1	19	10.0	40.5	7.6	37.2	12	—
					5.1	40.5	6.4	38.2	9	—
					6.2	39.4	6.0	37.3	11	—
					7.2	37.7	1.4	37.9	10	—
					8.2	37.8	2.0	36.5	13	—
1.06	23.0	7.7	42.5	20	9.1	41.3	6.4	37.0	12	—
					10.1	40.8	6.9	35.6	15	—
					5.1	39.8	8.1	38.2	10	—
					6.0	39.1	5.5	38.8	9	—
					6.9	38.3	0.50	38.4	10	—
1.59	23.0	7.7	42.5	20	8.0	37.4	0.69	—	—	—
					9.0	37.2	1.4	38.5	9	—
					9.9	42.3	7.2	35.7	16	—
					5.0	36.1	7.6	34.4	19	—
					6.0	35.1	2.0	35.5	16	—
2.65	23.2	7.7	33.0	20	6.9	36.3	0.32	35.8	16	—
					7.8	34.5	0.36	36.8	13	—
					9.0	35.0	0.81	33.5	21	—
					10.0	35.9	3.5	35.4	17	—
					5.0	29.2	8.8	24.3	26	—
5.29	23.2	7.7	33.0	20	5.8	30.2	10	26.1	21	—
					6.9	27.5	0.16	26.9	18	—
					7.9	27.1	0.31	26.5	20	—
					8.9	27.5	0.49	26.3	20	—
					9.9	26.9	1.0	26.2	21	—
5.29	23.2	7.7	33.0	20	5.1	27.7	9.4	24.5	26	—
					6.1	26.9	0.34	26.2	21	—
					7.2	27.0	0.14	26.5	20	—
					8.2	27.5	0.20	26.1	21	—
					8.9	26.4	0.30	26.6	19	—
10.1	26.7	0.35	25.1	24	—					

※フロック形成状況 ×:なし, Δ:微小フロック, ○:良好

図-35 非塩素処理・PAC(Sb6 μ g/L)沖縄県平南川のSb除去率

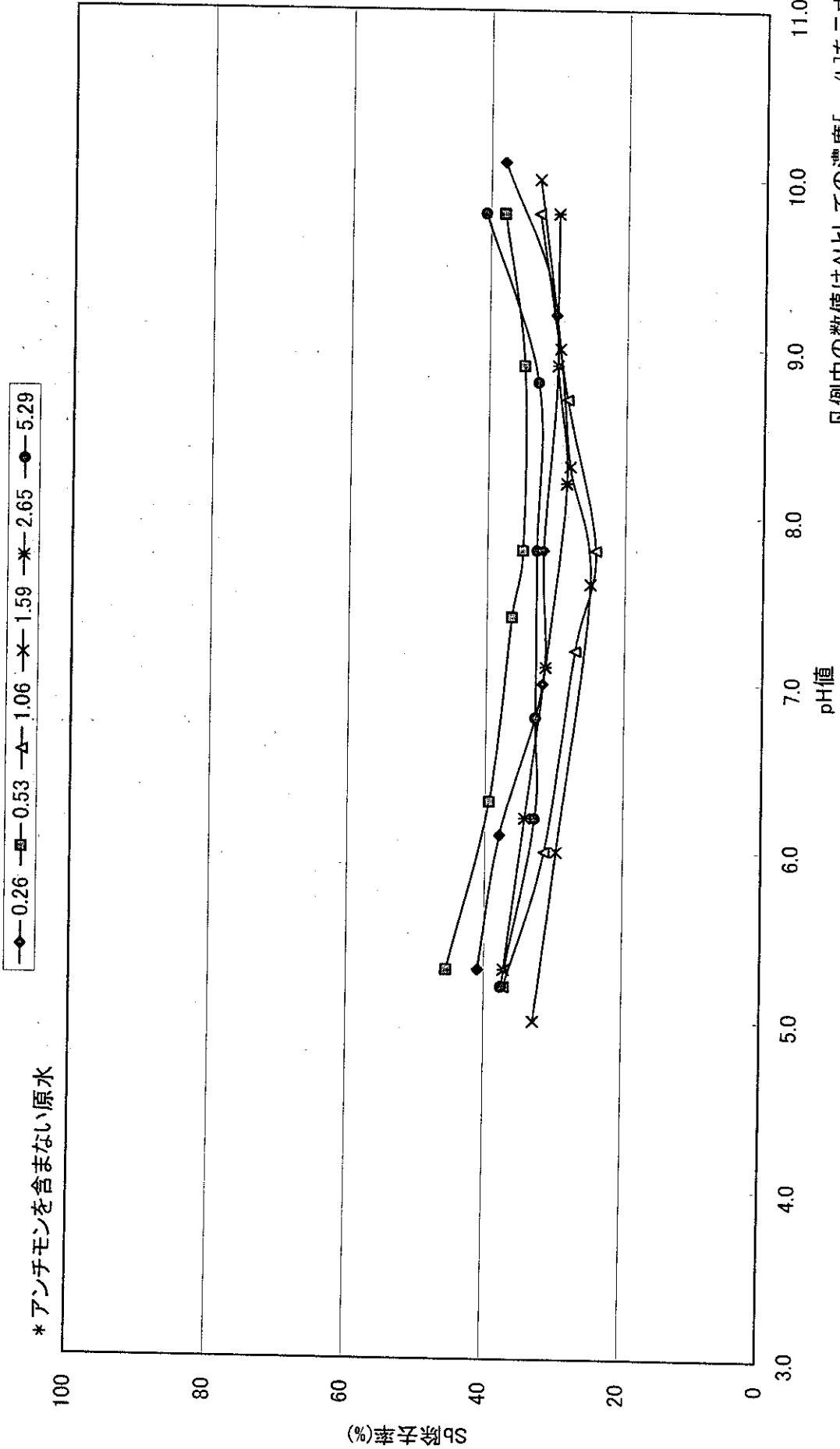


図-36 非塩素処理・PAC(Sb40 μ g/L)沖縄県平南川のSb除去率

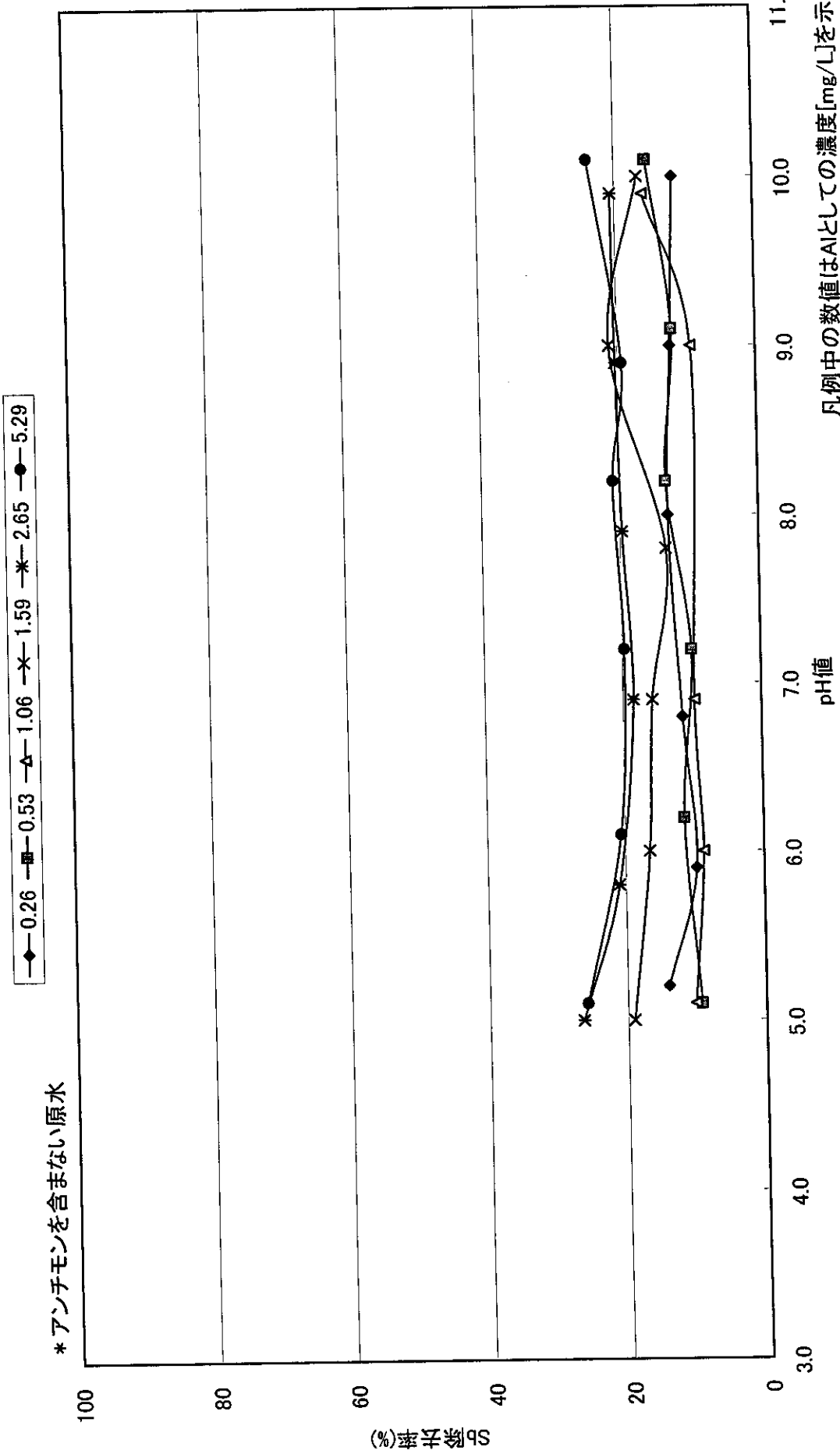


表-23 塩素処理・PAC(Sbを含む原水 6 μ g/L 沖縄県金武ダム)

凝集剤添加濃度 [Almg/L]	塩素処理用試料水				凝集処理後pH	凝集処理後上澄水			Sb除去率 (%)	フロック形成状況
	水温℃	pH	Sb [μ g/L]	濁度		上澄水全体		溶存態		
						Sb [μ g/L]	濁度	Sb [μ g/L]		
0.26	20.7	8.4	6.1	11	5.0	6.5	7.3	6.2	0	-
					6.4	6.1	6.7	5.8	5	-
					7.0	5.6	6.4	5.9	3	-
					7.9	5.8	7.0	5.7	7	-
					9.0	6.0	7.4	5.8	5	-
					10.1	6.7	7.5	5.7	7	-
0.53	20.7	8.4	5.9	11	5.0	6.1	5.9	6.0	0	-
					6.0	6.0	5.9	5.6	5	-
					6.8	6.1	5.7	5.7	3	-
					8.3	5.9	6.7	5.9	0	-
					9.3	5.9	6.9	5.8	2	-
1.06	20.7	8.4	6.1	11	4.8	5.9	2.5	5.7	7	-
					5.9	5.8	1.8	5.7	7	-
					6.6	5.9	1.7	5.7	7	-
					7.8	5.6	2.5	5.7	7	-
					8.9	5.9	4.7	5.5	10	-
					9.9	6.0	8.8	5.7	7	-
1.59	20.7	8.4	6.3	11	5.0	5.9	0.26	6.0	5	-
					5.8	6.0	0.26	5.8	8	-
					6.7	5.7	0.49	5.7	10	-
					7.7	5.8	0.75	5.8	8	-
					8.8	6.0	2.7	6.1	3	-
					8.9	6.2	8.2	6.2	2	-
2.65	20.7	8.4	6	11	5.0	5.3	0.33	5.5	8	-
					6.0	5.5	0.33	5.8	3	-
					7.0	5.7	0.40	5.7	5	-
					7.7	5.6	0.41	5.9	2	-
					8.9	5.9	0.61	5.9	2	-
					10.0	6.1	2.5	6.0	0	-
5.29	20.7	8.4	6.2	11	5.2	5.7	0.62	4.9	21	-
					6.2	5.5	0.25	5.5	11	-
					7.4	5.5	0.18	5.8	6	-
					8.1	5.7	0.19	5.9	5	-
					8.9	6.1	0.20	6.1	2	-
					9.9	6.1	0.95	6.3	0	-

※フロック形成状況 ×:なし, Δ :微小フロック, O:良好

※塩素処理用試料水中のSb濃度は、凝集処理用試料水中のSb濃度である

図-37 塩素処理・PAC(Sb6 μ g/L)沖縄県金武ダムのSb除去率

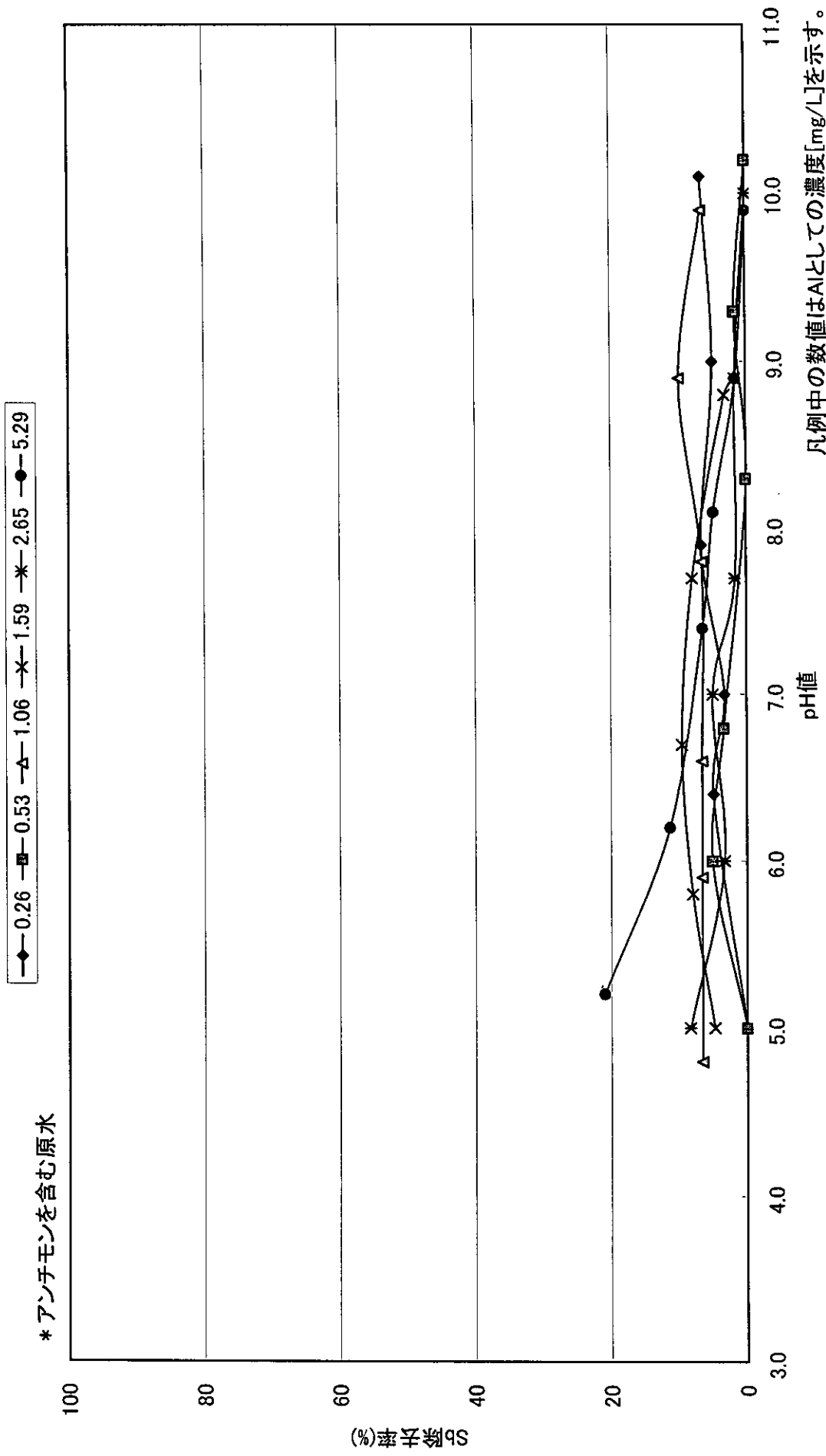


表-24 塩素処理・PAC(Sbを添加した原水 6 μg/L 沖縄県平南川)

凝集剤添加濃度 [Almg/L]	塩素処理用試料水				凝集処理後pH	凝集処理後上澄水			Sb除去率 (%)	フロック形成状況
	水温[°C]	pH	Sb [μg/L]	濁度		上澄水全体		溶存態		
						Sb [μg/L]	濁度	Sb [μg/L]		
0.26	21.4	7.6	6.6	19	5.2	5.7	5.1	5.5	17	-
					6.1	5.6	3.0	5.6	15	-
					7.4	5.7	4.6	5.7	14	-
					8.1	5.8	7.5	5.6	15	-
					8.9	5.8	9.9	5.7	14	-
					10.0	5.7	8.2	5.8	12	-
0.53	21.4	7.6	6.3	19	5.1	5.3	3.0	5.2	17	-
					6.3	5.2	1.1	5.2	17	-
					7.4	5.1	1.4	5.4	14	-
					7.9	5.4	4.0	5.4	14	-
					8.9	5.7	7.3	5.3	16	-
1.06	21.6	7.5	6.2	18	5.2	5.1	3.2	5.1	18	-
					6.2	5.2	0.23	5.4	13	-
					7.0	5.2	0.32	5.3	15	-
					7.4	5.3	0.48	5.4	13	-
					9.0	5.4	1.9	5.4	13	-
					10.0	5.4	3.3	5.4	13	-
1.59	21.6	7.5	5.7	18	6.4	5.4	7.0	4.9	14	-
					5.2	4.8	0.16	4.9	14	-
					7.2	4.8	0.44	5.0	12	-
					8.3	4.9	0.46	4.9	14	-
					9.2	5.1	0.72	5.0	12	-
					10.2	5.2	4.2	5.1	11	-
2.65	21.5	7.7	6.2	21	5.1	5.0	1.6	5.0	19	-
					6.2	5.2	0.35	5.2	16	-
					7.1	5.3	0.21	5.3	15	-
					7.7	5.4	0.22	5.1	18	-
					9.0	5.6	0.35	5.7	8	-
					9.8	5.5	1.6	5.4	13	-
5.29	21.5	7.7	6.3	21	5.2	5.7	6.1	4.6	27	-
					6.4	4.5	0.14	4.9	22	-
					7.3	4.7	0.11	5.0	21	-
					8.0	4.9	0.15	5.0	21	-
					9.0	5.4	0.19	5.7	10	-
					9.8	5.6	0.46	5.5	13	-

※フロック形成状況 ×:なし, △:微小フロック, ○:良好

※塩素処理用試料水中のSb濃度は, 凝集処理用試料水中のSb濃度である

図-38 塩素処理・PAC(Sb6 μ g/L)沖縄県平南川のSb除去率

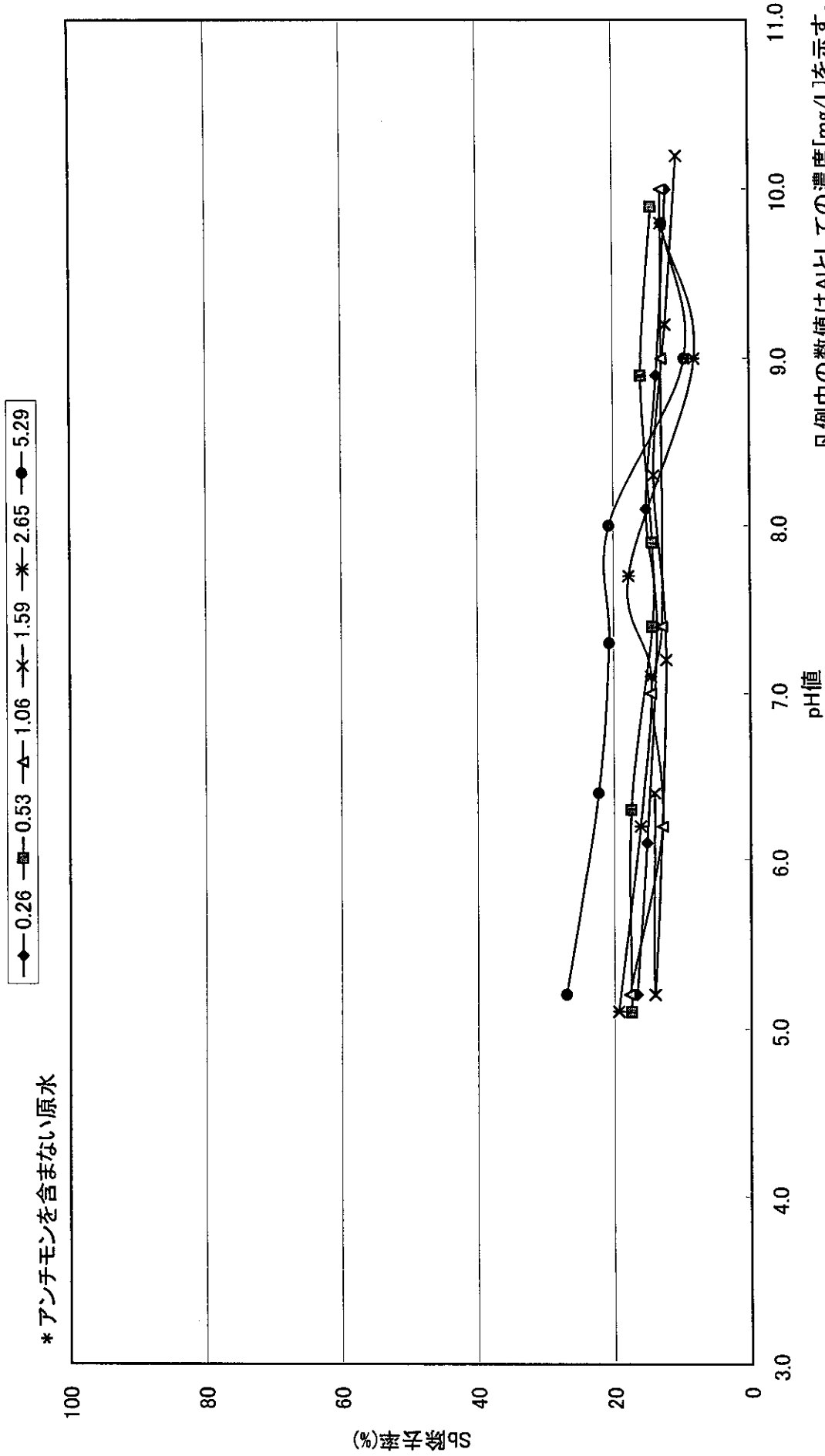


表-25 非塩素処理・PAC(Sbを添加した原水 4 μg/L 札幌市)

凝集剤添加濃度 [Almg/L]	凝集処理用試料水				凝集処理後pH	凝集処理後上澄水			Sb除去率 (%)	フロック形成 状況
	水温[°C]	pH	Sb [μg/L]	濁度		上澄水全体		溶存態		
						Sb [μg/L]	濁度	Sb [μg/L]		
0.28	21.6	7.6	6.6	0.59	5.1	5.7	0.83	5.0	24	×
					6.3	5.2	0.77	6.3	5	△
					7.2	5.9	0.68	5.0	24	×
					8.3	5.9	0.62	5.3	20	×
					9.1	8.0	0.58	5.2	21	×
					10.1	5.3	0.59	6.9	0	×
0.56	23.1	7.2	6.8	0.84	5.2	5.4	0.77	4.9	28	○
					6.4	5.4	0.62	4.9	28	○
					6.8	5.3	0.74	5.2	24	○
					7.9	6.3	0.87	5.0	26	×
					8.9	6.0	0.84	5.8	15	×
					10.1	6.4	0.83	5.6	18	×
1.11	19.0	6.8	4.8	0.78	4.9	3.9	0.78	3.9	19	×
					6.1	4.0	0.65	3.8	21	△
					7.0	4.3	0.15	3.9	19	○
					8.0	4.1	0.16	4.5	6	○
					8.9	4.1	0.29	4.0	17	○
					9.9	4.4	0.70	4.2	13	△
1.67	21.9	7.2	5.0	0.76	4.9	4.2	0.74	3.9	22	×
					6.0	4.1	0.48	3.8	24	○
					7.0	4.4	0.20	4.2	16	○
					8.2	4.2	0.20	4.1	18	○
					9.2	4.1	0.22	3.8	24	○
					10.2	4.1	0.46	4.1	18	△
2.78	20.1	7.0	5.2	0.97	5.2	4.9	0.97	4.4	15	×
					6.1	4.4	0.57	4.1	21	×
					7.1	4.5	0.22	4.8	8	○
					7.8	4.3	0.14	4.9	6	○
					9.0	4.3	0.10	4.4	15	○
					9.9	4.7	0.14	4.7	10	○
5.56	22.6	7.0	5.1	0.58	5.1	4.4	0.64	4.3	16	×
					6.2	4.1	0.29	4.3	16	○
					7.0	4.0	0.06	4.4	14	○
					8.1	4.6	0.09	4.5	12	○
					9.0	4.1	0.11	4.3	16	○
					10.0	4.2	0.07	4.6	10	○

※フロック形成状況 ×:なし, △:微小フロック, ○:良好

表-26 非塩素処理・PAC(Sbを添加した原水 40 μg/L 札幌市)

凝集剤添加濃度 [Almg/L]	凝集処理用試料水				凝集処理 後pH	凝集処理後上澄水			Sb除去率 (%)	フロッ ク形成 状況
	水温[°C]	pH	Sb [μg/L]	濁度		上澄水全体		溶存態		
						Sb [μg/L]	濁度	Sb [μg/L]		
0.28	22.7	6.8	36.5	0.86	5.1	35.0	0.99	34.0	7	×
					6.1	36.0	0.96	36.0	1	○
					6.9	35.0	0.91	35.5	3	○
					7.6	36.0	0.90	35.5	3	○
					9.0	37.0	0.85	34.5	5	×
					10.0	37.5	0.82	36.0	1	×
0.56	21.7	7.1	37.5	0.66	5.1	35.0	0.96	33.0	12	×
					5.9	32.5	0.60	33.0	12	○
					6.5	32.0	0.70	33.0	12	○
					7.7	35.5	0.73	34.5	8	×
					9.0	36.5	0.69	34.5	8	×
					10.0	37.0	0.67	34.5	8	×
1.11	19.0	6.6	37.0	0.80	5.0	35.5	0.82	34.0	8	×
					6.0	37.0	1.1	34.5	7	×
					6.9	36.0	0.35	37.5	0	○
					7.5	35.0	0.15	35.0	5	○
					8.8	35.0	0.17	36.0	3	○
					9.9	34.0	0.77	33.5	9	△
1.67	22.0	6.9	32.5	0.92	4.8	32.5	0.96	33.0	0	×
					6.0	31.5	0.59	34.0	0	○
					7.0	31.0	0.20	31.0	5	○
					7.7	35.0	0.61	35.5	0	○
					9.2	33.5	0.63	31.5	3	○
					10.2	32.5	0.75	32.0	2	○
2.78	20.6	6.6	37.5	0.91	5.2	35.5	0.99	34.5	8	×
					6.1	35.0	0.85	32.5	13	△
					6.8	34.5	0.24	33.5	11	○
					7.8	34.5	0.05	34.5	8	○
					8.8	33.0	0.07	36.0	4	○
					9.9	33.5	0.13	32.0	15	○
5.56	22.4	6.5	34.5	0.54	5.0	36.0	0.67	35.5	0	×
					6.1	34.5	0.61	36.0	0	○
					6.9	32.5	0.35	34.0	1	○
					7.8	35.0	0.06	32.5	6	○
					8.8	31.5	0.04	34.0	1	○
					10.0	33.0	0.08	31.0	10	○

※フロック形成状況 ×:なし, △:微小フロック, ○:良好

図-39 非塩素処理・PAC(Sb4 μ g/L)札幌市のSb除去率

*アンチモンを含まない原水

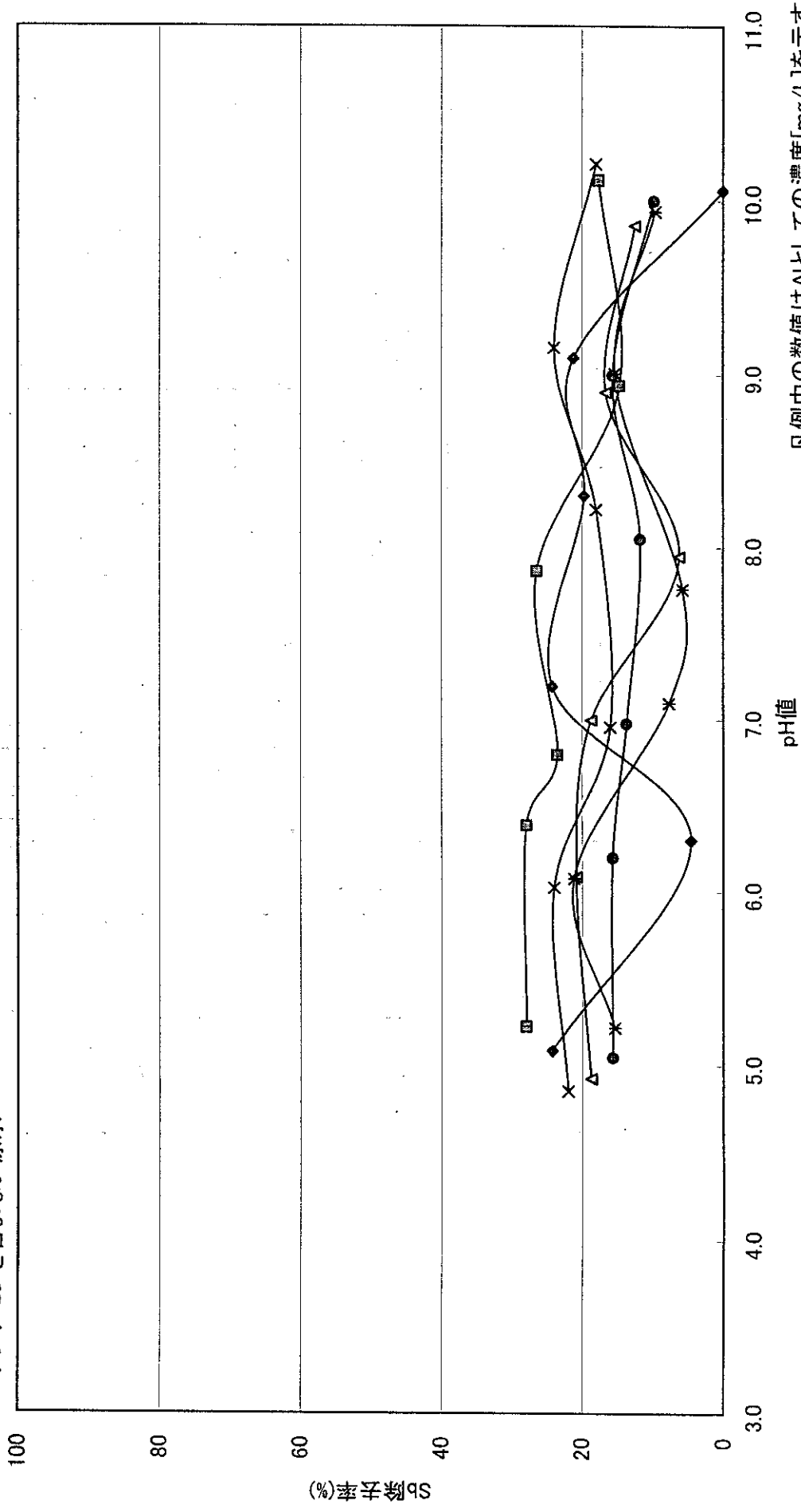
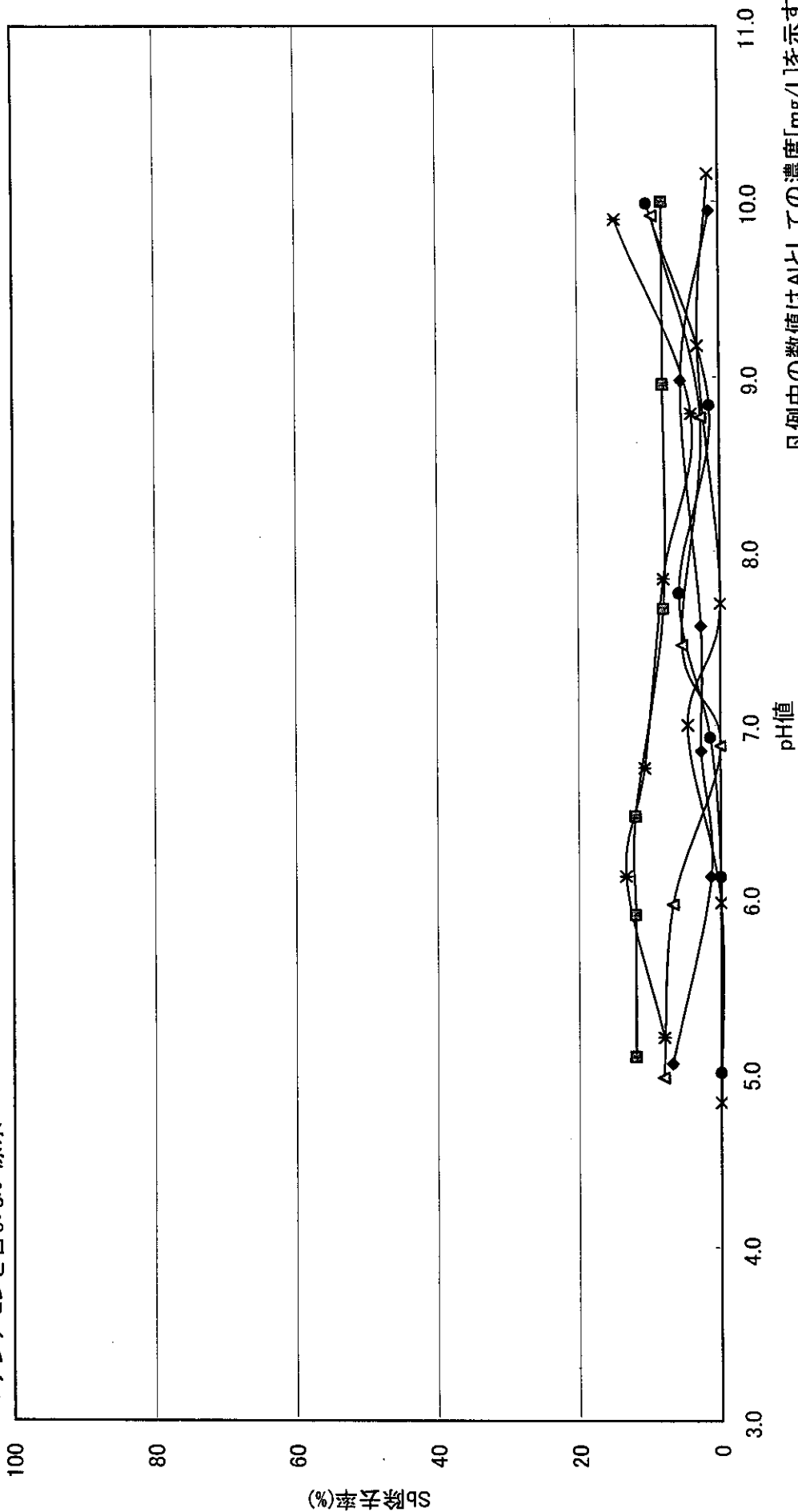


図-40 非塩素処理・PAC(Sb40 μ g/L)札幌市のSb除去率

*アンチモンを含まない原水
 —◆—0.28 —■—0.56 —△—1.11 —×—1.67 —*—2.78 —●—5.56



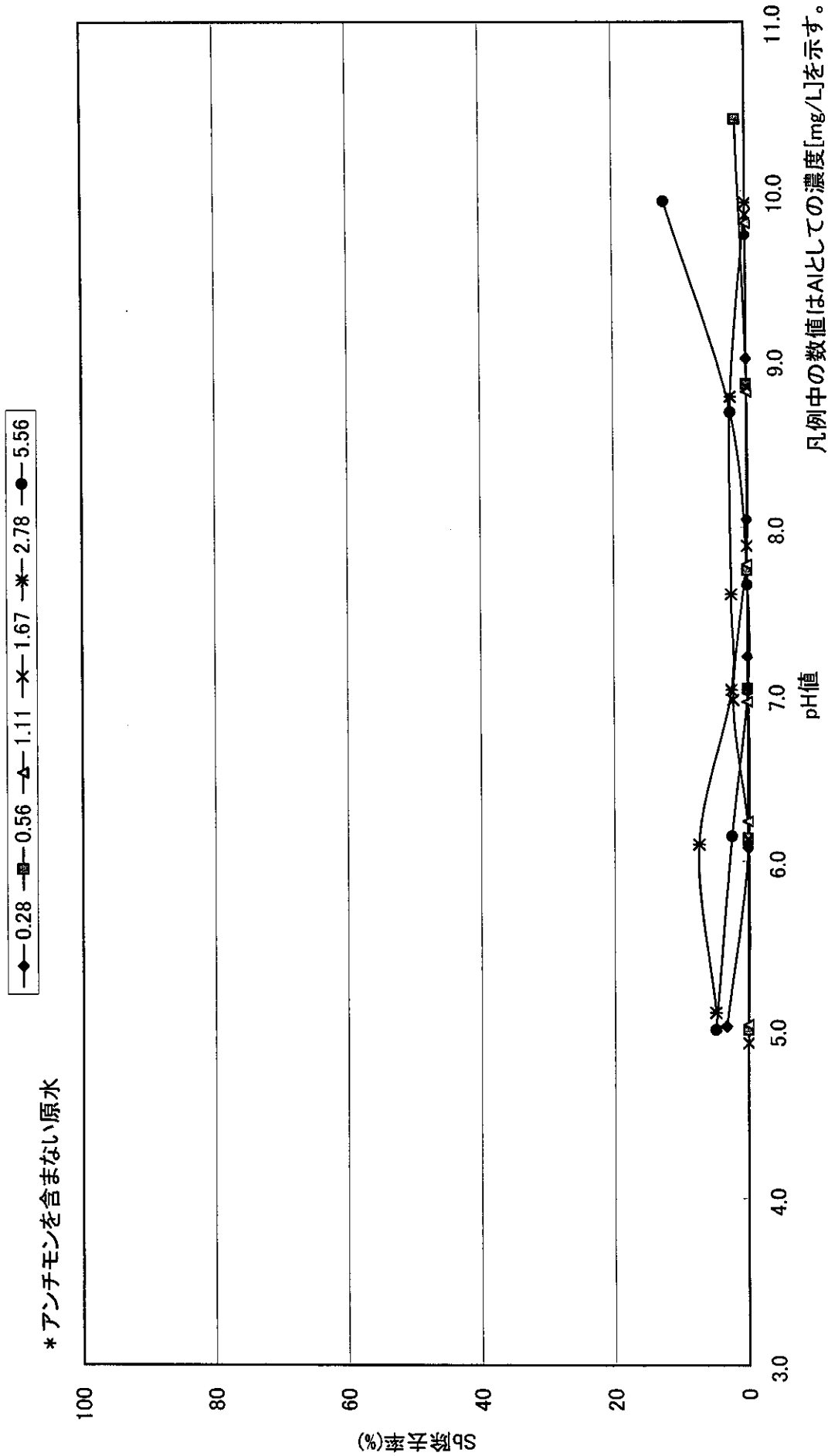
凡例中の数値はAlとしての濃度[mg/L]を示す。

表-27 塩素処理・PAC(Sbを添加した原水 4 μ g/L 札幌市)

凝集剤添加濃度 [Almg/L]	塩素処理用試料水				凝集処理後pH	凝集処理後上澄水			Sb除去率 (%)	フロック形成状況
	水温[°C]	pH	Sb [μ g/L]	濁度		上澄水全体		溶存態		
						Sb [μ g/L]	濁度	Sb [μ g/L]		
0.28	22.9	7.3	6.1	0.70	5.0	6.0	0.82	5.9	3	×
					6.1	5.9	0.72	6.1	0	△
					7.2	5.7	0.76	6.2	0	×
					8.1	6.1	0.66	6.6	0	×
					9.0	5.5	0.65	6.1	0	×
					9.7	6.2	0.67	6.8	0	×
					5.0	6.8	0.39	7.0	0	○
0.56	22.7	7.0	6.7	0.65	6.1	7.1	0.21	6.8	0	○
					7.0	7.5	0.70	7.6	0	△
					7.8	7.1	0.70	7.0	0	×
					8.9	6.6	0.68	7.2	0	×
					10.4	6.7	0.66	6.6	1	×
					5.0	5.4	0.55	6.3	0	×
1.11	22.5	7.3	4.9	0.48	6.2	5.4	0.09	5.4	0	○
					7.0	5.0	0.02	5.0	0	○
					7.8	4.7	0.02	5.0	0	○
					8.8	4.7	0.04	5.3	0	○
					9.8	4.9	0.18	5.3	0	△
					4.9	5.0	0.72	4.8	0	×
1.67	21.8	7.1	4.6	0.50	6.1	4.4	0.17	4.6	0	○
					7.0	4.5	0.10	4.5	2	○
					7.9	4.5	0.07	5.0	0	○
					8.8	4.3	0.12	4.6	0	○
					9.9	4.7	0.48	4.9	0	○
					5.1	4.1	0.62	3.9	5	×
2.78	22.3	7.1	4.1	0.53	6.1	3.6	0.13	3.8	7	○
					7.0	3.7	0.08	4.0	2	○
					7.6	4.1	0.04	4.0	2	○
					8.8	3.8	0.07	4.0	2	○
					9.9	4.3	0.12	4.1	0	○
					5.0	4.7	0.67	3.9	5	×
5.56	22.4	7.2	4.1	0.58	6.2	4.2	0.14	4.0	2	○
					7.0	4.1	0.07	4.3	0	○
					7.7	4.1	0.05	4.2	0	○
					8.7	4.7	0.05	4.0	2	○
					9.9	3.8	0.10	3.6	12	○

※フロック形成状況 ×:なし, △:微小フロック, ○:良好

図-41 塩素処理・PAC(Sb4 μ g/L)札幌市のSb除去率



Ⅶ. 塩素処理、オゾン処理等消毒処理により生成される副生成物調査

1. はじめに

ハロ酢酸、抱水クロラールは塩素処理によって生成される消毒副生成物である。現在、ハロ酢酸のうちのジクロロ酢酸と抱水クロラールについては、水道の監視項目として指針値が設定されている。監視項目では健康に関連する項目のうち、将来にわたって水道水の安全性の確保を期するように、水道として体系的、組織的に監視を行い、検出状況を把握することを定めているが、平成8年度までに検出されたジクロロ酢酸、抱水クロラールの水質測定結果では指針値と比較して検出値、検出頻度が高い傾向が認められたことから、これらの項目を監視項目から基準項目へ変更することについて生活環境審議会水道部会で審議された。また、ジクロロ酢酸については毒性を評価するための新たな知見も報告されていることから評価値の見直しの必要性について同部会で検討している。

これまでは水道水中の消毒副生成物の挙動はほぼ同じであるとの推定から、水質管理を行う上での代替指標は検出濃度レベルと検出頻度の高いトリハロメタンによって行うことになっていたが、平成6年から8年度までの水質測定結果では、給配水過程におけるトリハロメタンとジクロロ酢酸、抱水クロラールの挙動は必ずしも一致しないケースも明らかになってきている。また、臭化物イオンを多く含有する水源では臭素化トリハロメタンの生成と同様に、臭素化ハロ酢酸の生成も認められている。

本研究ではハロ酢酸と抱水クロラールについて WHO、USEPA の水道水質に関する最新情報を整理すると共に、我が国の水道統計に基づき水源、水質項目などによる生成要因解析と生成因子となる有機物、塩素注入量、水温、浄水場から各家庭の給水栓までの滞留時間などに関する文献調査、浄水処理過程、ならびに給配水過程における実態調査、低減対策など最新の情報について集積することとした。

2. ハロ酢酸・抱水クロラールに関する基準とその根拠

2.1 我が国の状況

ジクロロ酢酸は監視項目として 0.04mg/L の指針値が示されている。これは 1993 年に WHO 水質ガイドラインで採用された毒性評価、すなわちマウスを用いた 75 週間の飲水投与試験で肝臓に影響が認められたデータ [DeAngelo (1991)] から求めた NOAEL 7.6 mg/kg/day に基づき、不確実係数 1000 として TDI 0.0076mg/kg/day に基づき、一日の飲料水摂取量 2L、体重 50kg をベースに計算された値である。

また、ジクロロ酢酸の遺伝子障害性については陽性とする結果が最近報告されている [DeAngelo (1996)]。このラットを用いた 100 週間の飲水投与試験による総肝腫のデータに線形多段外挿法を適用し、生涯にわたる発ガンの超過リスク 10^{-5} を計算すると 0.00216 mg/kg/day となる。同試験 [DeAngelo (1996)] では肝細胞ガン、及び肝細胞腺腫も認められ、この結果に非遺伝子障害性を適用し、計算された NOAEL 3.6mg/kg/day、不確実係数 1000 として求めた TDI は 0.0036mg/kg/day となる。遺伝子障害性があるとして 10^{-5} のリスク外挿値 0.00216mg/kg/day から求めた評価値は 0.05 mg/L となり、非遺伝子障害性として TDI

0.0036mg/kg/day から求めた評価値は 0.02mg/L となる（1日2Lの飲料水摂取、体重50kg、寄与率20%）。

現在、ジクロロ酢酸を含むハロ酢酸については、IPCS、および EPA で毒性評価の見直しが進められており、また平成6年から8年度に行われた原水、浄水の全国調査結果では、指針値 0.04mg/L の50%を超過し、かつ10%を超えるものが浄水で28%存在することから、監視項目から水質基準へと変更すべきか否かが生活環境審議会水道部会で審議された。

その結果、発ガンのメカニズムへの遺伝子障害性の関与については十分に知見が集積されていないこと、そのため毒性評価としてはいずれにしても暫定的なものであり、将来にわたり水道水の安全性の確保を期するという監視項目の趣旨に鑑み、ジクロロ酢酸はこれまでどおりに監視項目のままとし、指針値を 0.04mg/L から 0.02mg/L に変更することが決定された。

抱水クロラールは監視項目として 0.03mg/L の指針値が示されている。これは 1993 年に WHO 水質ガイドラインで採用された毒性評価、すなわちマウスを用いた 90 日間の飲水投与試験で肝臓に影響が認められたことに基づき LOAEL16mg/kg/day [Sanders (1982)]、不確実係数 3000 として TDI 0.0053mg/kg/day を求め、1日の飲料水摂取量を 2L、体重 50kg をベースに計算された値である。

新たな毒性試験としてはラットの 90 日間の飲水投与試験 [Daniel (1992)] で、一般毒性の NOAEL96mg/kg/day が報告されているが、これまでの評価値より安全側であること、1993 年の WHO の見解では、これまで用いられているマウスの試験から求めた LOAEL16 mg/kg/day を引き続き評価に用いること、このデータは長期試験によるものではないので暫定値とすることが決定している。

我が国における平成6年から8年度までの水道原水と浄水の検出調査結果では、指針値 0.03mg/L の50%を超過し、かつ10%を超えるものが20%存在したことを根拠に、監視項目から基準項目へと変更することについて審議されたが、前述のように毒性評価が暫定的なものであるとの判断から、引き続き監視項目とし、指針値はこれまでどおりに暫定として 0.03mg/L とされた。

2.2 WHO 飲料水水質ガイドラインの状況－塩素化酢酸類

この項は、WHO 飲料水質ガイドライン第2版(1996)を翻訳したものであり、文中のカッコ内は、引用された文献の番号である。詳細は原文を参照のこと。

2.2.1 一般情報

存在形態

化合物	CAS no.	分子式
モノクロロ酢酸	79-11-8	ClCH ₂ COOH
ジクロロ酢酸	79-43-6	Cl ₂ CHCOOH
トリクロロ酢酸	76-03-9	Cl ₃ CCOOH

上記化合物の IUPAC 名は、それぞれモノー、ジー及びトリ・クロロエタン酸である。

物理化学的性質(1～3)

性質	モノクロロ酢酸 ¹⁾	ジクロロ酢酸 ²⁾	トリクロロ酢酸 ³⁾
沸点 (°C)	187.8	194	197.5
融点 (°C)	52.5	13.5	—
密度(g/cm ³)	1.58 (20°C)	1.56(20°C)	1.63 (61°C)
蒸気圧(kPa)	0.133(40°C)	0.133(44°C)	0.133(51°C)
水溶解度 (g/L)	易溶	86.3	13
オクタール/水分配係数(log 表示)	—	0.14	0.10

1) 空気中の換算係数：1ppm=3.87 mg/m³

2) 空気中の換算係数：1ppm=5.27 mg/m³

3) 空気中の換算係数：1ppm=6.68 mg/m³

快適・利便上の性質

水中の塩素化酢酸類の臭いの閾値に関する情報は無い。

主な用途

モノクロロ酢酸は多種の化学品の合成用の中間体又は試薬及び出芽前の除草剤として使用される。ジクロロ酢酸は有機物質の合成用の中間体、医薬品の成分、局所のアストリンゼント及び殺菌剤として使用される。トリクロロ酢酸は有機化学品の中間体及び実験室の試薬、除草剤、土壌殺菌剤及び防腐剤として使用される(2～5)。

2.2.2 分析方法

クロロ酢酸類は EPA 法 515.1 又は草案の EPA 法 552—非殺虫剤のハロゲン酸類とフェ

ノール類用に開発された一により、即ち毛管カラム/電子捕獲/ガスクロマトグラフィーにより定量が出来る。水道水をモニタリングした研究から得られたデータより、 $1\mu\text{g/L}$ の濃度の検出は可能であることが明らかにされた。

2.2.3 環境中の濃度及びヒトの暴露

水

塩素化酢酸類は水の塩素処理中に有機物質から生成される(6)。塩素処理済み水道水中の代表的な濃度は $30\sim 160\mu\text{g/L}$ の範囲である(7)。米国の水道水に関する一部のデータから、水道水中のモノクロロ酢酸の濃度は一般的に $1.2\mu\text{g/L}$ 以下であることが分かる(8)。10ヶ所の内の6ヶ所の水道水(浄水)で検出された濃度は $10\mu\text{g/L}$ 以下であった。水道会社6社の配水系のジクロロ酢酸の濃度は $8\sim 79\mu\text{g/L}$ であることが判明したが、調査した10社の10ヶ所の処理水では、検出された濃度は8ヶ所が $10\mu\text{g/L}$ 又はそれ以上であった。トリクロロ酢酸は6水道会社の配水系で、 $15\sim 103\mu\text{g/L}$ の範囲の濃度で、10社の6ヶ所の処理水で検出された濃度は $10\sim 100\mu\text{g/L}$ (4ヶ所)と $10\mu\text{g/L}$ 以下(2ヶ所)であった(9)。

2.2.4 実験動物とヒトでの挙動と代謝

1) モノクロロ酢酸

モノクロロ酢酸を経皮投与されたラットの場合、肝臓と腎臓中の濃度はほぼ同じで、血漿、脳及び心臓中の4~5倍も高濃度であった。投与量の約50%が17時間以内に尿中に排泄された。モノクロロ酢酸は代謝されて蓚酸塩とグリシンになるが、グルタチオン、リン脂質及びコレステロールと抱合することも出来る。グルタチオン抱合体は分解してチオ二酢酸となる(10, 11)。

2) ジクロロ酢酸

ネズミの血漿中のジクロロ酢酸の濃度は強制経口投与によって30分後にピークとなることから、急速に腸から吸収されることが示唆されている(12)。肝臓と筋肉中の濃度は投与後に増加した(13)。ジクロロ酢酸ナトリウムを静脈内に投与されたラット、イヌ及びヒトの場合、血漿中の親化合物の平均半減期はそれぞれ2.97、20.8及び0.43時間であった。血漿のクリアランス(浄化値)は明らかに投与量に依存していることから、代謝変換は高投与量で律速的になることを示唆している(14)。ラットの場合、ジクロロ酢酸塩は急速に脱塩素化されてグリコキサルとなり、更に代謝されて蓚酸塩となる(15)。ヒトの場合、不変のジクロロ酢酸塩の尿中の排泄量は8時間後ではごく微量で、累積排泄量は全被験者(ヒトと動物)の全投与量の1%以下であった(14)。

3) トリクロロ酢酸

トリクロロ酢酸は腸管から急速に吸収されるようで、代謝は主に肝臓で行われる。二酸化炭素と塩素イオンに変換されるか、又は還元されてアルデヒドになる。トリクロロ酢酸の一部分が代謝され、大部分はそのまま尿中に排泄される(16,17)。

2.2.5 実験動物と *in vitro* 実験での影響

1) モノクロロ酢酸

急性暴露

マウス、オスのラット及びオスのモルモットへのモノクロロ酢酸の急性経口 LD₅₀ はそれぞれ 225、76 及び 80 mg/kg 体重と推定される(18)。別の研究では、マウスの経口 LD₅₀ は、165 mg/kg 体重(19)と 260 mg/kg 体重(20)であることが判明している。ラットの場合、経口と経皮の LD₅₀ はそれぞれ 2820 mg/kg 体重 (オス) と 8068 mg/kg 体重 (メス) であることが報告されている(21)。

短期暴露

マウス (雌雄、各投与群 20 匹) にモノクロロ酢酸を、13 週間 0、25、50、100、150 又は 200 mg/kg 体重/日で経口投与した。死亡率は最高投与量で増加し、この群のメスは体重が減少し、肝臓の絶対、相対重量は共に増加した。コリンエステラーゼレベルは、150mg/kg 体重/日と 200mg/kg 体重/日のメスで減少した。NOAEL はコリンエステラーゼレベルが減少した 100mg/kg 体重/日であった(22)。

ラット (雌雄、各投与群 20 匹) にモノクロロ酢酸を、13 週間 0、30、60、90、120 又は 150mg/kg 体重/日を経口投与したところ、それぞれの投与量で影響が現れた。90mg/kg 体重/日以上では、炎症性単核球の蓄積、筋原繊維の退化、サイロキシンと分節性好中球の血中濃度の上昇、血中尿素窒素濃度の増加等がオスのラットで観察された。60mg/kg 体重/日投与群以上では、オスにおいて生存率の低下、絶対、相対心臓重量の減少、変性、炎症性の変化 (心筋症)、アラニンとアスパラギン酸のトランスアミナーゼの増加、肝臓の実重量及び腎臓の相対重量の増加がみられ、メスにおいては血中尿素窒素レベルの増加した 30mg/kg 体重/日投与群以上では、リンパ球数の減少及び心臓の相対重量の低下がみられた。本研究での LOAEL は試験した中で最低投与群である 30mg/kg 体重/日であった(22)。

長期暴露

F344/N ラット (雌雄、投与量別の 70 匹) に、0、15 又は 30mg/kg 体重/日のモノクロロ酢酸を週 5 日間、2 年間経口投与し、体重や臨床所見に影響は出なかったが、30mg/kg 体重/日のオスと、両投与量群のメスで、生存率が著しく低下した。両投与量のメスに子宮ポリープが僅かに (有意でなく) 発生した。本研究における LOAEL は生存率の低下の場合で 15mg/kg 体重/日であった(22)。

同じ研究で、B6C3F1 マウス (雌雄、投与量別で 60 匹) は、0、50 又は 100mg/kg 体重/日の割合で週 5 日、2 年間モノクロロ酢酸を投与した。高投与量の場合にのみ影響が現れたが、オスの生存率の低下、メスの平均体重の減少と嗅覚上皮の異形成及び雌雄に鼻粘膜の炎症と胃前部の扁平上皮の過形成等の影響があった(22)。

変異原性及びその他の関連症状

モノクロロ酢酸は、代謝の活性化なしで、マウスのリンパ腫突然変異に関しては陽性であった(23)。チャイニーズ・ハムスター卵巣(CHO)細胞の姉妹染色分体交換試験で、代謝の活性化なしで陽性で、活性化で陰性であった。CHO 細胞の *in vitro* 染色体異常検定法で