

表 3.1.5(3)-12 PAC+高分子最適条件水質結果 (9/29~10/9)

G 値=550+550sec⁻¹, 塩鉄注入率 4mg-Fe/l, 高分子凝集剤 0.1mg/l

	原水			凝集沈澱処理水			砂ろ過処理水		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
水温	23.3	17.4	21.3	—	—	—	—	—	—
pH*	—	7.5	7.6	7.2	6.9	7.1	7.2	6.9	7.1
濁度*	4.5	2.1	3.2	0.7	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0
色度*	3.3	2.1	3.2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
E260*	—	0.057	0.054	0.020	0.014	0.017	0.020	0.011	0.017
アルカリ度	48	47	48	—	—	—	—	—	—
1μm 以上微粒子数*	26,643	16,414	24,732	14,382	5,947	12,097	33	15	10
過マンガン酸カリウム消費量	2.5	2.3	2.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.6
TOC	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5
鉄	0.18	0.14	0.16	0.79	0.74	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
マンガン	0.011	0.011	0.011	0.016	0.015	0.016	<0.005	<0.005	<0.005
アルミニウム	0.23	0.15	0.19	0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アクリルアミドモノマー	—	—	—	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

*は毎日の手分析平均値

3. 1. 6 実験のまとめ

鉄系および高分子凝集剤ガイドライン作成のための補足データとして、ACT21において明確にならなかった高分子凝集剤の注入点と適正攪拌強度の検討を凝集剤実験として【PAC+高分子凝集剤】と【鉄系+高分子凝集剤】の実験を神奈川県内広域水道企業団綾瀬浄水場内で実施した。

その結果、ジャーテストとプラント実験から判断すると、PAC と高分子凝集剤を併用する場合には、高分子の注入方法は 2 段注入とし高い G 値で行うことが最適であった。また、鉄系と高分子の併用でも PAC と同様の条件が最適とされたが、鉄系を用いる場合は PAC ほど注入点や攪拌 G 値の影響は少ない結果でありプラント実験よりジャーテストの方がより明確に表れる結果となった。

これは高分子凝集剤の効果は無機凝集剤が低い領域で効果が表れるため無機凝集剤の低減に寄与する結果がジャーテストで得られたが、プラント実験では注入点や攪拌 G 値等の条件をパラメータとした実験を行い凝集剤注入率は固定したためジャーテストのような明確な違いは得られなかったものと考えられる。

また、今回の実験では降雨による原水濁度の変動が大きな時期に実験期間が重なり、PAC を用いた実験時は高濁、鉄の場合は低濁となったことから PAC と鉄系の比較を評価することは困難な結果となった。今後、凝集剤の評価を行うためには中程度の安定した原水濁度で実験を行うことが必要と考えられる。

3. 1. 7 高分子凝集剤の安全性に関して

(1) 概要・毒性

アクリルアミド系高分子凝集剤は、アニオン性・ノニオン性・カチオン性の3種類があり、無機凝集剤と併用されることが多い。

アクリルアミド系の高分子凝集剤の使用はこれまで禁止されていたが、施設基準の策定によって使用が可能となった。但し、「水道施設の技術的基準を定める省令（厚生省令第十五号 平成12年2月23日）」で、浄水又は浄水処理過程における水に注入される薬品等により水に付加される物質の基準値はアクリルアミドモノマーで0.00005mg/L (0.05 μ g/L) 以下となっている。また、「水道用薬品類の評価のための試験方法ガイドライン（平成12年3月）」で、ポリアクリルアミドの注入率は最大1mg/Lとされている。

高分子凝集剤自身は分子量が極めて大きく体内に吸収されないため、経口毒性は非常に弱い。但し、製造過程で残存するアクリルアミドモノマーが有害なため問題となる。アクリルアミドモノマーの経口毒性は、動物実験でLD₅₀=150~200mg/kgと報告されている。また、アクリルアミドモノマーを、アメリカ環境保護庁(USEPA)はグループB2(ヒトに対する発がん性の証拠はないか、または不十分であるが、動物実験では発がん性が十分に確かめられている。)に分類し、国際がん研究機関(IARC)はグループ2B(ヒトに対して発がん性を示す可能性が高い。)に指定している。

(2) アクリルアミドの試験方法

アクリルアミドの試験方法としては、ガスクロマトグラフ法、高速液体クロマトグラフ法がある。

上水試験方法では、電子捕獲型検出器を用いたガスクロマトグラフ法(GC-ECD)が規定されている。本法は、臭化イオンの存在化で臭素酸カリウムでアクリルアミドを臭素化し、生じた2,3-ジブロモプロピオンアミドを酢酸エチルで抽出し、濃縮後、トリエチルアミンで2,3-プロモプロペンアミドにして、電子捕獲型検出器を用いたガスクロマトグラフ法で測定し、アクリルアミド濃度を求める方法である。その定量下限値は、検水量100mLのときアクリルアミドとして0.2 μ g/Lである。

(3) アクリルアミドの計算例

上水試験方法に規定された試験方法では、アクリルアミドの定量下限値 (0.2 μg/L) よりも基準値 (0.05 μg/L) のほうが低いため、処理水等に含まれる濃度を計算により求める。ここでは、実験を行う際の処理水等に含まれるアクリルアミドモノマー濃度について、実験に用いた水を浄水場に戻すこととして、浄水場におけるアクリルアミドモノマー濃度を計算する。以下に、浄水場原水を用いて実験を行う場合を例にとり、アクリルアミドモノマーの計算例 (図 3.1.7-1) の流れに従ってその計算例を示す。ポリアクリルアミドの注入率は、水道用薬品類の評価のための試験方法ガイドラインで最大 1mg/L とされている。

●計算条件

- ・ 高分子凝集剤粉体中のモノマー濃度 a %
- ・ 高分子凝集剤の溶解濃度 b % (通常 0.1%(1000mg/L))
- ・ 高分子凝集剤の注入率 c mg/L (最大で 1mg/L(ガイドライン値))
- ・ 実験用水量 d m³/日
- ・ 浄水場原水量 e m³/日

①高分子凝集剤粉体中のアクリルアミドモノマー濃度

$$a \% \dots\dots\dots ①式$$

②高分子凝集剤溶解液中のアクリルアミドモノマー濃度

高分子凝集剤 (粉体中のアクリルアミドモノマー濃度 a %) を溶解して、b % 溶解液とした場合の溶解液中のアクリルアミドモノマー濃度は、

$$\begin{aligned} a \% \times \frac{b}{100} &= a \times b \times 10^{-2} \% \\ &= a \times b \times 10^{-2} \% \times 10^4 \text{mg/L} \\ &= a \times b \times 100 \text{ mg/L} \dots\dots\dots ②式 \end{aligned}$$

③実験装置処理水中のアクリルアミドモノマー濃度

本計算例では、アクリルアミドモノマーは凝集、沈殿、ろ過では除去されないと仮定して計算する。

b % 高分子凝集剤溶解液 (アクリルアミドモノマー濃度 100・a・b mg/L) を、実験装置に c mg/L となるように注入するので、実験装置処理水中のアクリルアミドモノマー濃度は、

$$\begin{aligned} a \times b \times 100 \text{ mg/L} \times \frac{c \text{ mg/L}}{b \times 10^4 \text{ mg/L}} \times 10^3 \\ = a \times c \times 10 \text{ } \mu\text{g/L} \dots\dots\dots ③式 \end{aligned}$$

浄水場で高分子凝集剤を実際に使用することを想定すると、③式で計算されるこの濃度が浄水中の濃度となる。

④実験に用いた水を実際の浄水場の着水井に戻した場合の着水井流出水中のアクリルアミドモノマー濃度

浄水場の原水量を $e \text{ m}^3/\text{日}$ とし、浄水場着水井流入水の一部を実験用水として使用(実験用水量 $d \text{ m}^3/\text{日}$)し、実験装置処理水(アクリルアミドモノマー濃度 $10 \cdot a \cdot c \text{ } \mu\text{g/L}$) を浄水場着水井に戻した場合、着水井流出水中のアクリルアミドモノマー濃度は、

$$a \times c \times 10 \text{ } \mu\text{g/L} \times \frac{d \text{ m}^3/\text{日}}{(e-d+d) \text{ m}^3/\text{日}}$$

$$= \frac{10 \times a \times c \times d}{e} \text{ } \mu\text{g/L} \quad \dots\dots\dots \text{④式}$$

⑤実験に用いた水を実際の浄水場の着水井に戻した場合の浄水中のアクリルアミドモノマー濃度

浄水処理過程(凝集、沈殿、ろ過)でアクリルアミドモノマーが除去されないと仮定すると、浄水中のアクリルアミドモノマー濃度は着水井流出水中のそれと等しくなる。したがって、浄水中のアクリルアミドモノマー濃度は、

$$\frac{10 \times a \times c \times d}{e} \text{ } \mu\text{g/L} \quad \dots\dots\dots \text{⑤式}$$

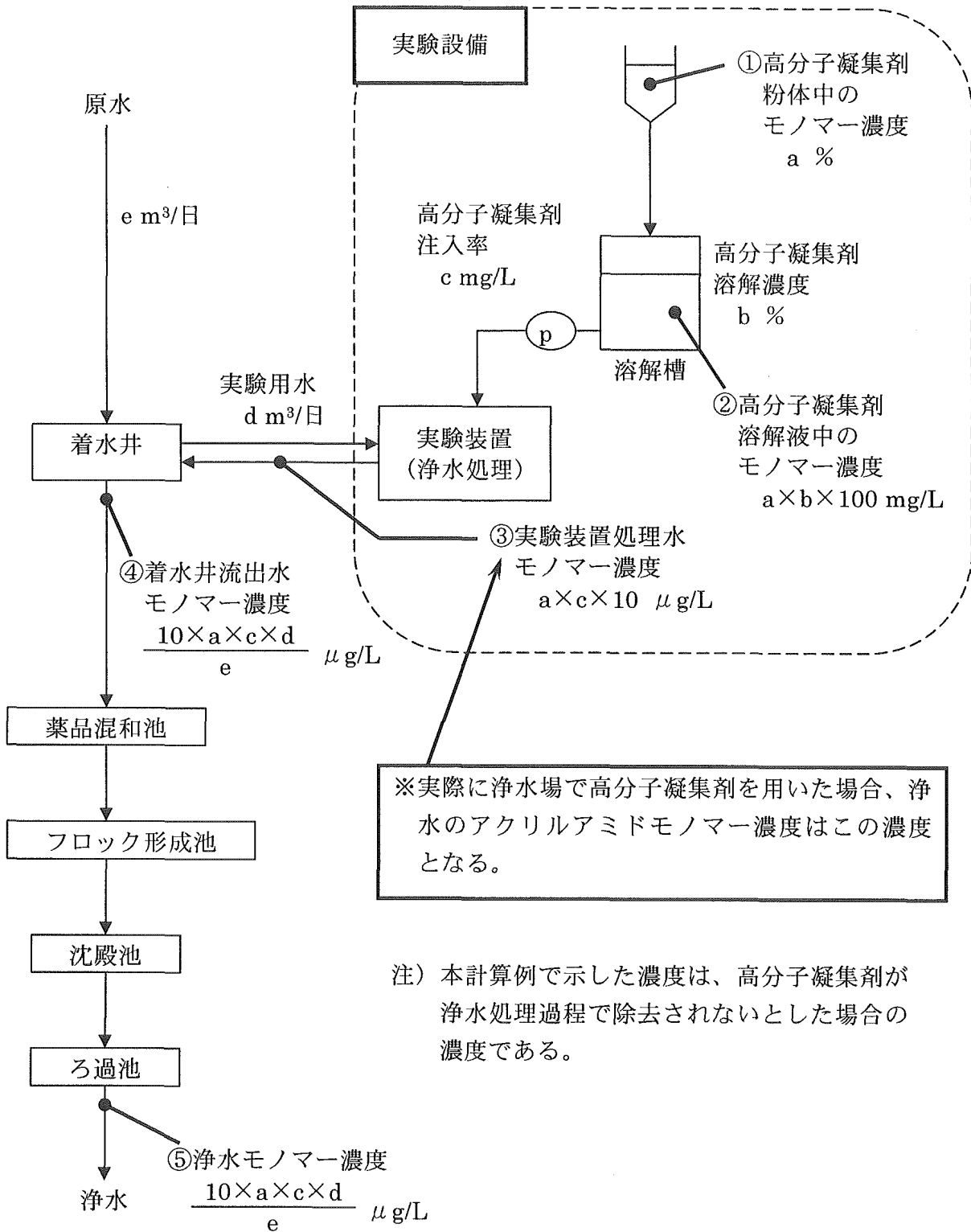


図 3.1.7-1 アクリルアミドモノマー濃度の計算例

(4) 実施例

1) 実施例-1

実験名 : e-Water 合同実験

実験場所 : 神奈川県内広域水道企業団綾瀬浄水場

調査結果 : 実験プラントの原水、砂ろ過処理水、砂ろ過洗浄排水について、アクリルアミドモノマーの分析を行い、全て検出下限以下 ($0.05 \mu\text{g/L}$ 以下) であった。

表 3.1.7-1 e-Water 合同実験でのアクリルアミドモノマー分析結果

試料名	原水	砂ろ過処理水	砂ろ過洗浄排水
アクリルアミドモノマー	$<0.05 \mu\text{g/L}$	$<0.05 \mu\text{g/L}$	$<0.05 \mu\text{g/L}$

計算では、実験プラントの砂ろ過処理水中のアクリルアミドモノマー濃度は、「(3) アクリルアミドの計算例」で示した③式から求まるように $0.025 \mu\text{g/L}$ となる。したがって、分析結果および計算値ともに、水道施設の技術的基準値を満足している。

(計算結果)

- ・ 高分子凝集剤粉体中のモノマー濃度

$$a = 0.005\% \text{以下}$$

(以下の計算例では最大の 0.005% として計算する)

- ・ 実験プラントでの高分子凝集剤の注入率

$$c = 0.5\text{mg/L}$$

- ・ 実験プラントの砂ろ過処理水中のアクリルアミドモノマー濃度

③式より、

$$a \% \times c \text{ mg/L} \times 10$$

$$= 0.005\% \times 0.5\text{mg/L} \times 10$$

$$= 0.025 \mu\text{g/L} \leq 0.05 \mu\text{g/L} \text{ (基準値)}$$

2) 実施例-2

実験名 : e-Water 第2研究グループ持込実験

実験場所 : 神奈川県内広域水道企業団綾瀬浄水場

調査結果 : 実験プラントの原水、凝集沈殿処理水、逆洗排水について、アクリルアミドモノマーの分析を行い、全て検出下限以下 ($0.05 \mu\text{g/L}$ 以下) であった。

表 3.1.7-2 e-Water 第2研究グループ持込実験での
アクリルアミドモノマー分析結果

試料名	原水	凝集沈殿処理水	逆洗排水
アクリルアミドモノマー	$<0.05 \mu\text{g/L}$	$<0.05 \mu\text{g/L}$	$<0.05 \mu\text{g/L}$

計算では、実験プラントの凝集沈殿処理水中のアクリルアミドモノマー濃度は、「(3) アクリルアミドの計算例」で示した③式から求まるように $0.045 \mu\text{g/L}$ となる。したがって、分析結果および計算値ともに、水道施設の技術的基準値を満足している。

(計算結果)

- ・高分子凝集剤粉体中のモノマー濃度

$$a = 0.005\% \text{以下}$$

(計算例では、最大の 0.005% として計算する)

- ・実験プラントでの高分子凝集剤の注入率

$$c = 0.9\text{mg/L}$$

- ・実験プラントの凝集沈殿処理水中のアクリルアミドモノマー濃度

③式より、

$$a \% \times c \text{ mg/L} \times 10$$

$$= 0.005\% \times 0.9\text{mg/L} \times 10$$

$$= 0.045 \mu\text{g/L} \leq 0.05 \mu\text{g/L} \text{ (基準値)}$$

3) 実施例-3

実験名 : ACT21 第1研究グループ合同実験

実験場所 : 千葉県水道局福増浄水場

調査結果 : 実験装置および浄水場に返送した場合の各調査地点のアクリルアミドモノマーの分析結果は、すべて定量下限の $0.2 \mu\text{g/L}$ 以下であった。分析による定量下限値よりも基準値の方が低いため、高分子凝集剤のモノマー含有量から各調査地点のアクリルアミドモノマー濃度を計算で求めることとした。

高分子凝集剤 0.1%溶解液中のアクリルアミドモノマー濃度の分析結果は $27 \sim 47 \mu\text{g/L}$ (凝集剤物性値は $44 \mu\text{g/L}$) であった。分析結果と凝集剤物性値はほぼ一致していたので、各調査地点のアクリルアミドモノマー濃度はこの値を用いて計算で求めることとした。計算は、「(3) アクリルアミドの計算例」で示した②式および③式を用いて行った。

計算では、各調査地点のアクリルアミドモノマー濃度は、水道施設の技術的基準値を満足している。

(計算結果)

- ・高分子凝集剤の溶解濃度

$$b = 0.1\%$$

- ・実験プラントでの高分子凝集剤の注入率

$$c = 1\text{mg/L}$$

- ・高分子凝集剤 0.1%溶解液中のモノマー濃度

$$44 \times 10^{-3}\text{mg/L} (=44 \mu\text{g/L} : \text{凝集剤物性値})$$

- ・実験プラントの小型沈殿池処理水中のアクリルアミドモノマー濃度

高分子凝集剤 0.1%溶解液中のモノマー濃度は②式で表されるので、

$$a \times b \times 100 \text{ mg/L} = 44 \times 10^{-3}\text{mg/L}$$

③式の計算過程より、

$$\begin{aligned} & (a \times b \times 100)\text{mg/L} \times \frac{c \text{ mg/L}}{b \times 10^4 \text{ mg/L}} \times 10^3 \\ &= 44 \times 10^{-3}\text{mg/L} \times \frac{1 \text{ mg/L}}{0.1 \times 10^4 \text{ mg/L}} \times 10^3 \\ &= 0.044 \mu\text{g/L} \leq 0.05 \mu\text{g/L} \text{ (基準値)} \end{aligned}$$

表 3.1.7-3 ACT21 第 1 研究グループ合同実験での
アクリルアミドモノマー分析結果と計算値

調査地点	計算値	分析結果
小型沈殿池処理水 (実験プラント)	0.044 $\mu\text{g/L}$ (③式で計算)	<0.2 $\mu\text{g/L}$
実証実験プラント排水槽 (実験プラント)	0.023 $\mu\text{g/L}$	<0.2 $\mu\text{g/L}$
浄水場返送水	0.004 $\mu\text{g/L}$	<0.2 $\mu\text{g/L}$
着水井	0.0004 $\mu\text{g/L}$	<0.2 $\mu\text{g/L}$
浄水場沈殿池処理水	0.0004 $\mu\text{g/L}$	<0.2 $\mu\text{g/L}$

※本実験系は他の実験処理水などが排水槽に返送されるため、小型沈殿池処理水の計算値以外は「(3) アクリルアミドの計算例」で示した計算式で計算したものではない。計算の詳細については、添付資料を参照のこと。

4) 実施例-4

実験名 : ACT21 第 1 研究グループ持込実験

実験場所 : 沖縄県企業局北谷浄水場

調査結果 : 高分子凝集剤粉体中の分析結果によると、高分子凝集剤の粉体中に含まれるアクリルアミドモノマー濃度は 0.3~7.9 $\mu\text{g/g}$ であった。

上記の分析結果をもとに、実験プラントの処理水中のアクリルアミドモノマー濃度を「(3) アクリルアミドの計算例」で示した③式を用いて計算すると、0.0003~0.0079 $\mu\text{g/L}$ となり、水道施設の技術的基準値を満足している。

(計算結果)

- ・ 高分子凝集剤粉体中のモノマー濃度

$$a = 0.00003 \sim 0.00079\% (=0.3 \sim 7.9 \mu\text{g/g})$$

- ・ 実験プラントの高分子凝集剤の注入率

$$c = 1\text{mg/L}$$

- ・ 実験プラントの処理水中のアクリルアミドモノマー濃度

③式より、

$$a \% \times c \text{ mg/L} \times 10$$

$$(0.00003 \sim 0.00079)\% \times 1\text{mg/L} \times 10$$

$$= 0.0003 \sim 0.0079 \mu\text{g/L} \leq 0.05 \mu\text{g/L} \text{ (基準値)}$$

表 3.1.7-4 ACT21 第 1 研究グループ持込実験での
アクリルアミドモノマー分析結果

試料名	第 1 回分析	第 2 回分析	第 3 回分析
凝集剤中の アクリルアミドモノマー濃度	3.7 μg/g	7.9 μg/g	0.3 μg/g
処理水中の アクリルアミドモノマー計算値	0.0037 μg/L	0.0079 μg/L	0.0003 μg/L

5) 実施例-5

実験名 : ACT21 第 2 研究グループ合同実験

実験場所 : 大阪府水道部村野浄水場

調査結果: 高分子凝集剤溶解液中のアクリルアミドモノマーの分析結果によると、
0.1% 溶解液中のアクリルアミドモノマーは 4.7 μg/L であった。

上記の分析結果をもとに、実験プラントのジャーテスト上澄水中のアクリルアミドモノマー濃度を「(3) アクリルアミドの計算例」で示した②式および③式を用いて計算すると、0.00047 μg/L となり、水道施設の技術的基準値を満足している。

(計算結果)

- ・ 高分子凝集剤の溶解濃度

$$b = 0.1\%$$

- ・ 実験プラントでの高分子凝集剤の注入率

$$c = 0.1\text{mg/L}$$

- ・ 高分子凝集剤 0.1% 溶解液中のモノマー濃度

$$4.7 \times 10^{-3}\text{mg/L} (=4.7 \mu\text{g/L})$$

- ・ 実験プラントのジャーテスト上澄水中の
アクリルアミドモノマー濃度

高分子凝集剤 0.1% 溶解液中のモノマー濃度は②式で表されるので、

$$a \times b \times 100 \text{ mg/L} = 4.7 \times 10^{-3}\text{mg/L}$$

③式の計算過程より、

$$(a \times b \times 100)\text{mg/L} \times \frac{c \text{ mg/L}}{b \times 10^4 \text{ mg/L}} \times 10^3$$

$$= 4.7 \times 10^{-3}\text{mg/L} \times \frac{0.1 \text{ mg/L}}{0.1 \times 10^4 \text{ mg/L}} \times 10^3$$

$$= 0.00047 \mu\text{g/L} \leq 0.05 \mu\text{g/L} \text{ (基準値)}$$

(5) まとめ

上記の実施例によると、浄水処理過程での使用において、アクリルアミドモノマーは定量下限値未満となり全く検出されていない。また、高分子凝集剤粉体中および高分子凝集剤溶解液中のアクリルアミドモノマーの分析値から計算した濃度でも水道施設の技術的基準値(0.05 $\mu\text{g/L}$)をクリアしている。

したがって、処理水等のアクリルアミドモノマーの分析結果および凝集剤中のアクリルアミドモノマー分析結果から求めた計算値の両面で水道施設の技術的基準値(0.05 $\mu\text{g/L}$)以下であり、アクリルアミドモノマーの安全性が確認された。

また、この基準値を守るためには、最大注入率 1.0mg/L で使用するとした場合、高分子凝集剤粉体中のアクリルアミドモノマー含有量が 0.005%以下であることが必要である。

(6) 参考資料：アクリルアミドモノマーの測定方法と実態調査

アクリルアミドモノマーの測定方法と実態調査について、『「水道水源水域等における親水性かつ難分解性有害化学物質の動態と水道のリスク評価ならびに制御に関する研究」平成 14 年度報告書』で報告されている。その測定方法と実態調査について、参考として以下に紹介する。

1) LC/MS および重水素標識化合物を用いたアクリルアミドモノマー分析法

①概要

アクリルアミドの分析法として、上水試験方法ではアクリルアミドモノマーを誘導体化(臭素化)後ガスクロマトグラフ法(GC-ECD)ないしは、ガスクロマトグラフ質量分析法(GC/MS)で測定する手法が採用されている。しかし当手法の定量下限値は 0.2 $\mu\text{g/L}$ であり、国内の施設基準省令(0.05 $\mu\text{g/L}$)をはじめ環境水や浄水を対象とした測定には、さらに高感度の分析手法が必要となる。また誘導体化に要する時間や労力、また測定精度の面で問題がある。ここではより簡便かつ高感度な分析方法の確率のため、アクリルアミドモノマーの重水素標識化合物(d 体)を内標準として用いた LC/MS 法での分析法につき検討した。

②分析方法

固相抽出法および分析条件

試料水 100mL に対して内標準物質としてアクリルアミド d 体(Cambridge Isotope Laboratories, Inc. USA)を 100 $\mu\text{g/L}$ 添加し GF/B フィルタでろ過後 Sepak AC-2 カラム (日本 Waters) に 5mL/分で通水した、アセトン 6mL を用いて 5mL/分で脱着し、窒素ガス吹き付けで乾固した後 Milli-Q 水で 1mL に定容し、LC/MS にて測定を行った。表 3.1.7-5 に LC/MS の分析条件を示す。定量はアクリルアミドモノマーと d 体のピーク面積比を用いて行った。

検量線および定量下限値

上記分析条件におけるアクリルアミドモノマーの検量線を濃度 0~10 $\mu\text{g/L}$ の範囲で作成したところ、相関係数 0.99 以上となり良好な直線性が得ら

れた。また、 $1\mu\text{g/L}$ 標準試料を用いて 10 回の繰り返し測定を行った結果、CV 値は 3.4%で、定量下限値は $0.004\mu\text{g/L}$ であった。

表 3.1.7-5 分析装置および条件

装置		HP	1100MSD
HPLC 部	カラム	YMC	Hydrosphere C18 2.0×250mm 40°C
	移動相 注入量	MilliQ 水	0.1mL/min 10 μL
MS 部	イオン化法 脱容媒ガス モニター イオン	ESI+ N ₂ アクリルアミド アクリルアミド-d 3	m/z = 72 m/z = 75

添加回収試験

i) 試料水

試料水は、水道水（保健医療科学院実験室にて採取、残留塩素濃度 0.4mg/L ）、多摩川河川水（丸子橋付近）、浄水場配水池水とした。該当の浄水場では、ろ過池洗浄排水と加圧脱水機のろ液を排水池にて混合し、着水井に返送している。

多摩川河川水、浄水場排水池水の水質を表 3.1.7-6 に示す。

なお、水道水の残留塩素によってアクリルアミドモノマーの減少が確認されたため、水道水は採水時にアスコルビン酸ナトリウムを添加し、残留塩素を消却した。

ii) 実験条件

- ・アクリルアミドモノマー添加濃度
 $0.05\mu\text{g/L}$
- ・アクリルアミドモノマー重水素標識化合物（d 体）添加濃度
 $1.0\mu\text{g/L}$
- ・0.5%アスコルビン酸ナトリウム添加量（水道水のみ）
試験水 1L に対して 1mL

表 3.1.7-6 多摩川河川水および排水池水の水質

		多摩川水	排水池水
水温	(°C)	23.5	10
pH	(-)	7.6	7.5
濁度	(度)	1.2	6.2
DOC	(mg/L)	3.57	1.63
電気伝導度	(μ s/cm)	204	75

③実験結果

実験結果を表 3.1.7-7 に示す。水道水、河川水、排水池水中のアクリルアミドモノマーの回収率は、それぞれ 98、107、88%と良好な結果であった。また、CV 値は各試験水で 20%以下であった。一方、凝集処理水を用いた 1000 倍濃縮条件での添加回収について試験を行ったところ、回収率が 200%前後となり適切な測定値が得られなかった。本分析法は水道水、河川水、排水処理水中のアクリルアミドモノマーの実態調査に有効な手法であるが、高倍率の濃縮条件での測定精度についてはさらなる検討を要する。

表 3.1.7-7 添加回収試験結果

	水道水	多摩川水	排水池水
添加濃度 (μ g/L)	0.05	0.05	0.05
平均	0.0496	0.0536	0.044
CV 値 (%)	5.1	11.2	12.3
回収率 (%)	98	107	88
定量下限 (μ g/L)	0.005	0.011	0.012

2) 凝集処理における残留モノマー濃度の検討

①実験方法

有機高分子凝集剤としてアニオン系ポリアクリルアミド (PAA-A)、ノニオン系 (PAA-N)、カチオン系 (PAA-C) を使用し、凝集処理実験を行った。製品中の残留モノマー濃度を測定した結果、約 0.01%で規制値 0.05%を大きく下回っていた。試験水は、アルカリ度 30mg/L (Na_2SO_4 0.2mM、 CaCl_2 0.5mM、 KHCO_3 0.6mM) でカオリンにて濁度 50 度とし、0.5mM H_2SO_4 水溶液で pH 7 に調整した人口濁水を用いた。ジャーテスターを用いて、水温 20°C、急速攪拌 120rpm 5 分、緩速攪拌 40rpm 25 分、静置 30 分で凝集処理を行った。PAC、硫酸アルミニウムの注入率はあらかじめ単独でジャーテストを行い、それぞれの最適注入率である 1.3mgAl/L、0.6mgAl/L とした。高分子凝集剤注入率は 0~0.4mg/L とした。無機凝集剤を注入後、高分子凝集剤を急速攪拌開始 2 分後に注入した。

高分子凝集剤注入率は 0.1~0.4mg/L とした。静置後、上澄水 500mL を採水し、

残留アクリルアミドモノマー濃度の測定を前述の LC/MS および重水素標識化合物を用いたアクリルアミドモノマー分析法に準じて行った。

②実験結果

図 3.1.7-2 に高分子凝集剤（アニオン系）と PAC または硫酸アルミニウムを併用した際の残留モノマー濃度を示した。図中の直線は高分子凝集剤の添加量から算出される残留モノマー量であるが、各高分子凝集剤で凝集処理後の残留値とほぼ一致した。また、カチオン系やノニオン系など併用した無機凝集剤の種類による差は確認されなかった。以上の結果から、高分子凝集剤中の残留モノマーは凝集処理後、そのまま処理水中に残留することが分かった。

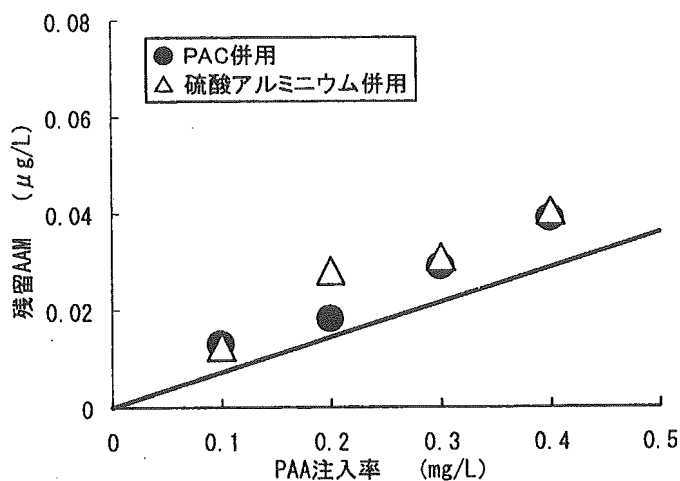


図 3.1.7-2 ポリアクリルアミド(PAA)注入率とアクリルアミドモノマー(AAM)残留量との関係

3. 1. 8 凝集剤実験資料

- ・ ACT21 合同研究実験条件一覧表
- ・ 鉄系凝集剤文献レビュー総括表
- ・ 高分子凝集剤文献レビュー総括表
- ・ ACT21 参考資料リスト
- ・ 実験設備フロー図（別途添付資料）
- ・ 実験装置配置図（別途添付資料）
- ・ 実験装置仕様書（別途添付資料）
- ・ 外部水質分析委託結果
- ・ 凝集剤実験運転日報（別途テンプレ資料）
- ・ アクリルアミドモノマーの残留調査に関する実施例-1（別途添付資料）
- ・ アクリルアミドモノマーの残留調査に関する実施例-2（別途添付資料）
- ・ アクリルアミドモノマーの残留調査に関する実施例-3（別途添付資料）
- ・ アクリルアミドモノマーの残留調査に関する実施例-4（別途添付資料）

高分子凝集剤文献レビュー

1. 実験フロー

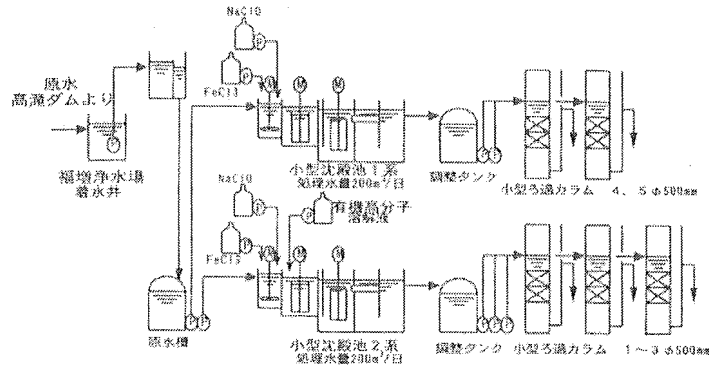
第1研究グループ

実験場所：千葉県水道局福増浄水場

原水：高滝ダム（湖沼水）

原水→大型沈澱池

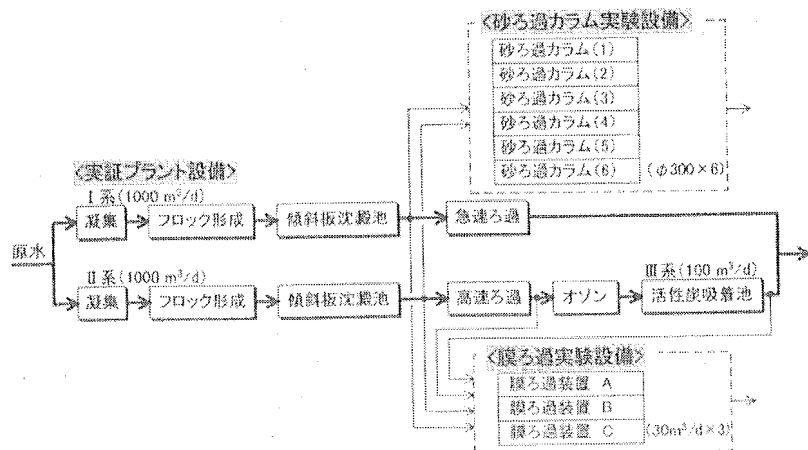
→小型沈澱池



第2研究グループ

実験場所：大阪府水道局村野浄水場

原水：淀川（河川水）



2. 原水調整

第1研究グループ	第2研究グループ
水温：16.5 pH：7.7 アルカリ度：96 濁度：16 色度：18 E260：0.343 (5cmセル)	水温：17.7 pH：7.22 アルカリ度：32.7 濁度：17 色度：15 E260：0.249 (5cmセル)

3. 原水調整

第1研究グループ	第2研究グループ
pH調整 PAC：6.8 塩化第二鉄：6.3 塩素注入 前塩素：0.3～0.5mg/L(沈澱池残留濃度) 中塩素：0.5～1.0mg/L(ろ過水残留濃度)	pH調整 PAC：無調整 塩化第二鉄：無調整→6.5 塩素注入 前塩素、中塩素

4. 凝集沈澱

第1研究グループ	第2研究グループ
急速攪拌池 G値 216 秒 ⁻¹ 攪拌機：堅型フラッシュミキサー 緩速攪拌池 GT値 1 段目 108425 2 段目 21548 攪拌機：横軸式パドル 沈澱池： 表面負荷率：6～14mm/分	急速攪拌池 滞留時間：1.7分/池 攪拌機：堅型フラッシュミキサー 緩速攪拌池 攪拌機：横軸式パドル 沈澱池： 横流式傾斜板式 滞留時間：68分

5. ろ過池

第1研究グループ	第2研究グループ
ろ過速度： 120, 200, 250, 300, 350m/日 ろ層構成： アンスラサイト ろ層厚 400 有効径 0.82 均等係数 1.3 ケイ砂 ろ層厚 400 有効径 0.47	ろ過速度： 300m/日を標準 (150～500m/日) ろ層構成：(標準) アンスラサイト ろ層厚 400 有効径 1.03 均等係数 1.28 ケイ砂 ろ層厚 400 有効径 0.61

<p>均等係数 1.4 L/Dh 1057</p> <p>洗淨条件：</p> <p>空洗 速度 0.8m/分 時間 3分</p> <p>逆洗 速度 0.8m/分 時間 6分</p>	<p>均等係数 1.38 L/Dh 840</p> <p>洗淨条件：</p> <p>空氣+水重複洗淨 速度 0.8m/分 (空氣) 0.15m/分 (水) 時間 2.5分</p> <p>逆洗 速度 0.6m/分 時間 10分</p>
--	--

鉄系凝集剤文献レビュー

1. はじめに

綾瀬浄水場において実施する合同研究の通常フロー実験に適用する鉄系凝集剤の注入量、攪拌等の運転条件や設備条件を検討するため、そのベースとしてACT21の実験報告書等をレビューし、個々のプロセスについて、条件の整理を行った。

2. レビュー対象

ACT21レビューにあたり平成10年～14年度に発表された以下に示す報告書、資料を取り扱った。

- ・ACT21成果報告書
- ・ACT21第1・2グループ年度報告書
- ・凝集沈殿池・ろ過に関する文献レビュー(ACT21第1研究グループ)
- ・水道用凝集剤多様化委員会報告書

3. レビュー結果の概要

レビュー結果については、浄水プロセスに対応した項目毎に整理するものとし、その概要について以下に示す。