

分担研究報告書 4

気候変動による浄水処理への影響および対応技術の検討

研究代表者	秋葉	道宏
研究分担者	伊藤	雅喜
研究分担者	山田	俊郎
研究協力者	古林	祐正

分担研究報告書

気候変動による浄水処理への影響および対応技術の検討

研究代表者： 秋葉 道宏 国立保健医療科学院水道工学部長
研究分担者： 伊藤 雅喜 国立保健医療科学院水道計画室長
山田 俊郎 国立保健医療科学院水道工学部主任研究官
研究協力者： 古林 祐正 国立保健医療科学院水道工学部研究生

A. 研究目的

快適な市民生活や都市活動を営む上で欠かすことのできない水道は、将来にわたって安全で安心できる水の持続的な供給が不可欠である¹⁾。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第4次評価報告書²⁾では、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」と断定すると共に、「今後数十年間の、気候変動の更なる影響を回避することができないため、適応は、特に至近の影響への対処において不可欠」と記述されている。文部科学省・気象庁・環境省が作成した「日本の気候変動とその影響」³⁾によると、21世紀末での日本の平均気温は、2.1℃～4.0℃上昇すると予測されており、水道分野でも温室効果ガス排出削減等の緩和策と併せて、適応策の検討が不可欠となっている。

気候変動による水環境・水資源への影響として、渇水リスクの増加や短期集中型の豪雨の頻度増加、河川水や湖沼・ダム湖、地下水の水温上昇、アオコ発生確率の上昇、海面上昇に伴う地下水塩水化などが予測されている⁴⁾。中でも短期集中型の豪雨の発生について、最近10年(平成10年～平成19年)と約30年前(昭和51年～昭和62年)を比較すると、時間50mmの豪雨は約1.5倍、時間100mmの豪雨は約2.1倍に増加しており⁵⁾、土砂流入増加による河川水濁度上昇等、水道分野へ影響も懸念される。

そこで本研究では、降水量の増加や大雨日数の増加で生じる急激な河川原水濁度上昇時を想定し、日本の主要な浄水処理システムである凝集沈澱-砂ろ過システム及び凝集沈澱-膜ろ過システムを有するパイロットスケールプラントにおいて、濁度やアルミニウム等の処理性や砂ろ過損失水頭や膜差圧等の運転管理に関わる項目について実験的検討を行った。

B. 研究方法

B-1 実験フロー

実験フローを図1に示す。実験は、国立保健医療科学院水道工学部内浄水実験プラントのうち1系統(処理能力:15m³/日)を用いて行い、凝集沈澱水を砂ろ過と膜ろ過に分岐するフローとした。

実験原水は、当院の深井戸から取水した地下水に、濁度が約20,000度の高濃度カオリン(和光純薬製)水をチュービングポンプ(MasterFlex 7524-50)で添加し、濁度を調整したものを使用した。凝集剤には、日本における使用量の約86%を占める⁷⁾ポリ塩化アルミニウム(PAC)のうち、塩基度50%のPACを使用した。凝集pHは、硫酸を用いてpH6.9~pH7.1で自動制御した。凝集沈澱処理水(沈澱水)は、ポンプにより後段プロセスである砂ろ過プロセス及び膜ろ過プロセスへ送水した。砂ろ過速度は一般的なる過速度である120m/日とし、逆洗間隔は24時間を基本とした。砂ろ過の逆洗方法は、空気洗浄(330秒)+気水洗浄(70秒)+水洗浄(400s)とした。膜ろ過は、系統の差異が生じやすいよう、膜ろ過Fluxを1.8m³/m²/日の全量ろ過方式で運転し、物理洗浄間隔を3時間で1分間の逆洗を行った。

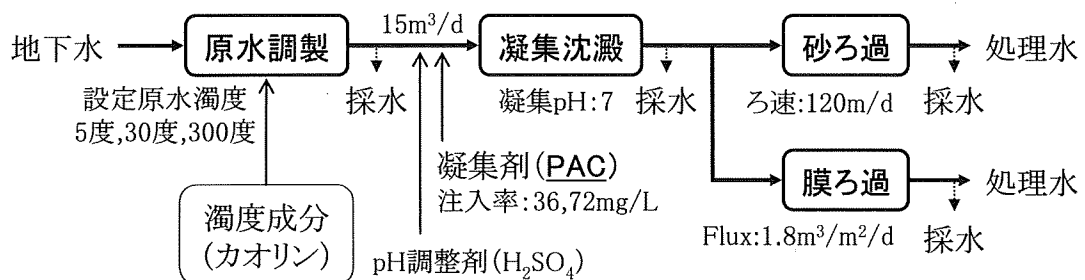


図1 実験フロー

表1 実験装置の主な仕様と運転条件

プロセス	主な仕様		主な運転条件
凝集沈澱	凝集混和槽	有効容量:0.055m ³	滞留時間:5.5min、凝集pH7.0 G値:450s ⁻¹
	フロック形成槽	有効容量:0.338m ³	滞留時間:33.8min GT値:24,000
	沈澱槽	上向流傾斜管式 有効容量:0.900m ³	滞留時間:90min
砂ろ過	砂層厚:60cm、有効径:0.6mm、 均等係数:1.5以下		ろ過速度:120m/日 逆洗間隔:24時間
膜ろ過	酢酸セルローズ製内圧式UF膜、 分画分子量:150,000、 膜ろ過面積:2.5m ²		膜ろ過Flux:1.8m ³ /m ² /日 運転方式:全量ろ過方式 物理洗浄間隔:180分(逆洗1分)



写真1 国立保健医療科学院浄水実験プラント
原水調製槽（原水濁度：300度）



写真2 国立保健医療科学院浄水実験プラント
凝集沈澱槽



写真3 国立保健医療科学院浄水実験プラント
砂ろ過塔



写真4 国立保健医療科学院浄水実験プラント
膜ろ過設備

B-2 実験条件

本研究では、実際の河川での急激な濁度変化を模擬するため、通常時の濁度（低濁度）、降雨時等による初期の濁度上昇時期及び高濁度終息時期の濁度（中濁度）、高濁度ピーク時（高濁度）の3段階で原水濁度を変化させた。原水濁度の設定値については、平成15年度e-Water第2研究グループにおける全国浄水場原水水質調査⁶⁾（全国20事業体36浄水場）を参考に、低濁度を5度、中濁度を30度、高濁度を300度とした。表2に原水濁度の設定根拠を示す。

図2に原水濁度と凝集剤注入率に関する実験条件を示す。原水濁度を変動させた際、凝集剤注入率は濁度急変時に凝集剤の注入が追従できない場合も想定し、極力30 μ L/L（36mg/L）で一定としたが、沈澱水濁度の悪化状況（沈澱水によっては倍量の60 μ L/L（72mg/L）へ増量した。

表2 原水濁度の設定根拠

濁度状態	設定濁度	設定根拠
低濁度	5度	3年間の原水水質データにおける累積頻度50%値。
中濁度	30度	3年間の原水水質データにおける累積頻度95%値。
高濁度	300度	原水濁度30度以上が3日以上連続した場合のピーク濁度の累積分布における95%値。

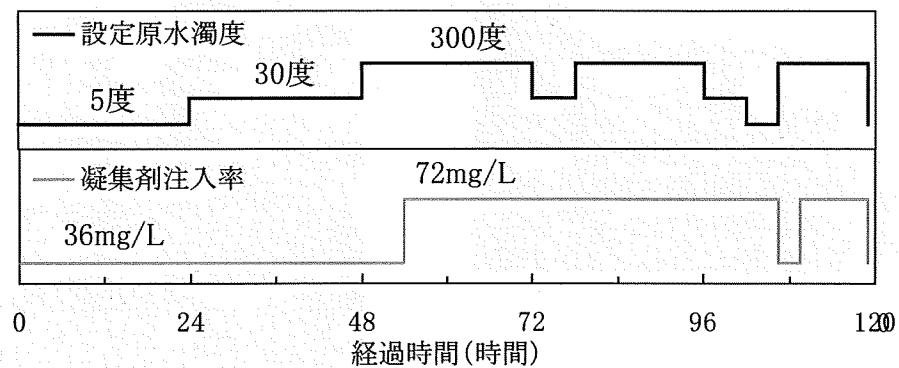


図2 実験条件（設定原水濁度と凝集剤注入率）

B-3 測定項目・測定方法

水質等の測定項目については、浄水実験プラントに設置されている自動計測機器による測定と採水による測定で行った。表3に自動計測機器による測定項目、表4に採水による測定項目を示す。

濁度、pH、砂ろ過圧力、膜差圧は、プラントに設置した連続計器にて測定した。原水濁度及び沈澱水濁度は、原水調製槽及び沈澱水貯留槽にそれぞれ設置した表面乱反射式濁度計（HACH 6型）を用いて測定した。表面乱反射式濁度計は、濁度標準溶液（カオリン）を用いて校正した。砂ろ過水濁度及び膜ろ過水濁度は、レーザー式高感度濁度計（日本電色工業 NP500T）を用いて測定した。原水 pH 及び凝集 pH は、原水調製槽及びフロック形成池に設置した pH センサー（横河電機 PH8EFP）を用いて測定した。砂ろ過損失水頭については、砂ろ過二次圧力が一定であるため砂ろ過一次圧力を損失水頭とし、圧力センサー（横河電機 FP201）を用いて測定した。膜差圧については、膜の一次圧と二次圧の差とし、それぞれ圧力センサー（横河電機 FP201）を用いて測定した。それぞれのデータはデータロガーで5分ごとに記録した。

アルミニウム濃度、電気伝導率、総アルカリ度は、ポリ容器を用いて採水し、分析した。採水については、原水は原水調製槽、沈澱水は沈澱水集水枡から直接採水し、砂ろ過水及び膜ろ過水は配管途中のサンプリングコックから採水した。アルミニウム濃度は、サンプルに1%濃度となるように硝酸を添加後、測定した。サンプルを0.45 μ mのメンブレンフィルター（ADVANTEC DISMIC 25AS45AN）でろ過したものを溶解性アルミニウム濃度、ろ過せずに測定したものを総アルミニウム濃度とした。アルミニウム濃度の測定は、誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS Agilent 7500Ce）を用いて測定した。電気伝導率は、電気伝導率計（HORIBA ES-14）を用いて測定した。アルカリ度は、自動滴定装置（東亜ディーケー AUT-701）を用いて、pH4.8までの硫酸消費量から算出した。

表3 自動計測機器による測定項目

監視項目	原水	凝集沈殿	砂ろ過	膜ろ過
水温	○	○	○	○
pH	○	○	-	-
濁度	○ (表面乱反射式)	○ (表面乱反射式)	○ (レーザー式)	○ (レーザー式)
圧力	-	-	○ (砂ろ過圧力)	○ (膜差圧)

表4 採水による測定項目

測定項目	原水	凝集沈殿	砂ろ過	内圧膜	備考
総アルミニウム	○	○	○	○	ICP-MS
溶解性アルミニウム	○	○	○	○	ICP-MS(0.45 μ mメンブレンフィルターでろ過)
アルカリ度	○	○	-	-	自動滴定装置(pH4.8)
電気伝導率	○	○	○	○	電気伝導率計
水温	○	○	○	○	電気伝導率測定時

B-4 原水水質

国立保健医療科学院の深井戸から取水した地下水に設定濁度となるようにカオリンを添加した実験原水の設定原水濁度毎の主な水質測定結果(平均値)を表5に示す。

表5 原水水質測定結果

項目	単位	設定原水濁度		
		5度	30度	300度
pH	(-)	6.9	6.8	6.8
濁度	(度)	7.9	36	360
水温	($^{\circ}$ C)	17.5	17.2	17.3
アルカリ度	(mg/L)	91.0	90.8	90.9
電気伝導率	(μ S/cm)	379	379	379
総Al	(μ g/L)	35.0	202	1070
溶解性Al	(μ g/L)	<0.1	<0.1	<0.1
総Mn	(μ g/L)	0.1	0.1	0.2
溶解性Mn	(μ g/L)	0.1	0.1	0.1
総Fe	(μ g/L)	3.0	7.1	42.4
溶解性Fe	(μ g/L)	0.3	0.2	0.1

原水濁度は、設定原水濁度 5 度の時は平均 7.9 度、設定原水濁度 30 度の時は平均 36 度、設定原水濁度 300 度のときは平均 360 度であり、設定濁度より高い濁度となった。

設定原水濁度が高くなると、濁質成分のカオリンの添加量が増加するため、カオリン由来で総 Al や総 Fe が上昇した。一方で、アルカリ度、電気伝導率、Mn については、濁度を変えても大きな変動はなかった。Mn は、大部分が溶解性であった。

C. 結果及び考察

C-1 原水濁度急変時の浄水処理における水処理性

(1) 凝集 pH、アルカリ度、電気伝導率の挙動

凝集 pH の推移を図 3 に、原水及び沈澱水のアルカリ度を図 4 に、原水及び沈澱水の電気伝導率を図 5 に示す。

凝集 pH は pH6.5~pH7.1 (平均値 pH6.8) で推移した。運転開始から 24 時間前後の段階で pH の上昇が見られるが、この直前に行った pH 計の校正が原因と思われる。

運転開始 36 時間経過後から、12 時間毎に pH の低下が見られるが、これは 12 時間に 1 回行っていた沈澱池スラッジの排泥による沈澱池推移低下の影響と考えられる。

また、pH の変動が pH6.5~pH7.1 と大きいのが、これは、pH 計電極の劣化が原因と考えられる。

アルカリ度については、原水は 91mg/L 付近 (平均値 90.9mg/L) で推移した。沈澱水は凝集剤 36mg/L のときは 86 mg/L 付近 (平均値 85.9mg/L) で推移し、凝集剤を 72mg/L としたからは 81 mg/L 付近 (平均値 81.3mg/L) で推移した。沈澱水のアルカリ度に影響を与える因子としては、凝集剤 (PAC) の注入量と、pH 調整剤として注入している硫酸の注入量が挙げられるが、凝集剤の増量によりアルカリ度が消費されたことにより、沈澱水アルカリ度が低下したのと考えられる。

原水の電気伝導率については、原水は 379 μ S/cm 付近 (平均値 379 μ S/cm) で推移した。沈澱水の電気伝導率については、凝集剤 36mg/L のときは 383 μ S/cm 付近 (平均値 383 μ S/cm) で推移し、凝集剤を 72mg/L としたからは 386 μ S/cm 付近 (平均値 387 μ S/cm) で推移した。沈澱水の電気伝導率に影響を与える因子としては、凝集剤 (PAC) の注入量と、pH 調整剤として注入している硫酸の注入量が挙げられるが、凝集剤の増量により電気伝導率が増加したのと考えられる。

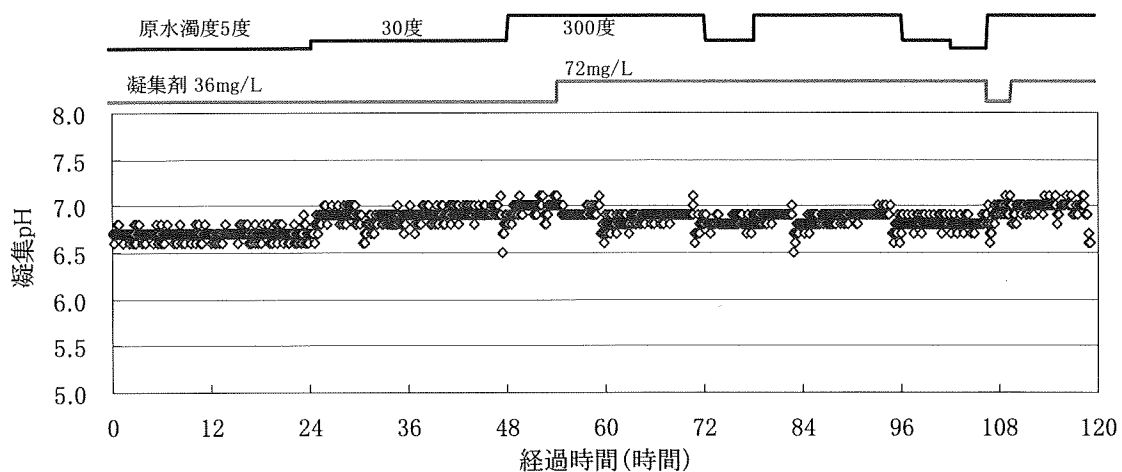


図3 凝集 pH

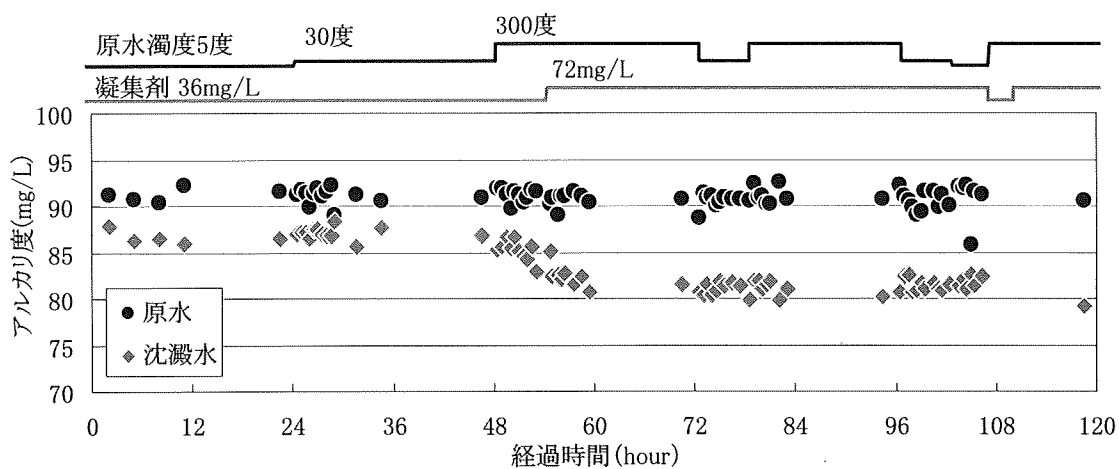


図4 原水及び沈澱水のアルカリ度

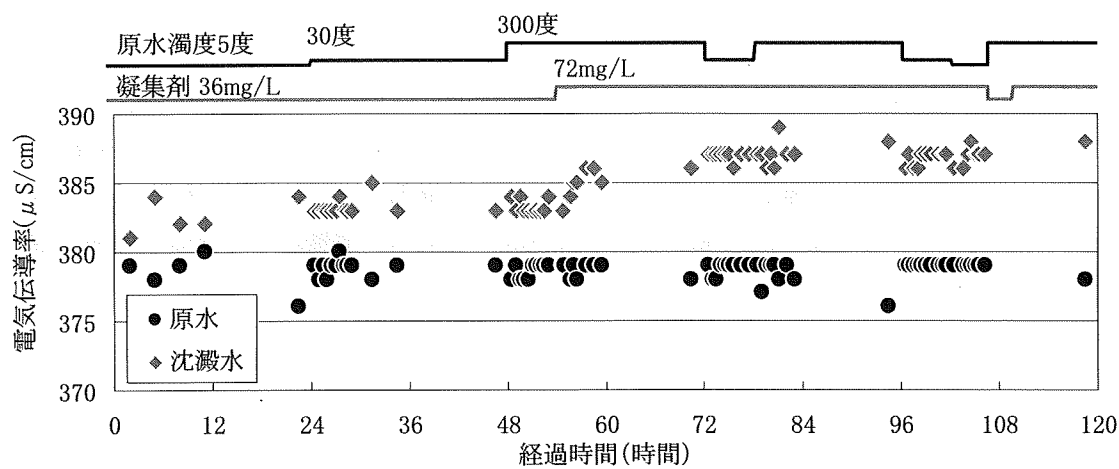


図5 原水及び沈澱水の電気伝導率

(2) 濁度の除去性

原水と沈澱水、砂ろ過水、膜ろ過水の濁度推移を図6に示す。

原水濁度は、設定原水濁度5度の時は平均7.9度、設定原水濁度30度の時は平均36度、設定原水濁度300度のときは平均360度であり、設定濁度より高い濁度となった。

沈澱水濁度については、凝集剤注入率36mg/L条件において、設定原水濁度（以下、原水濁度）5度の場合で沈澱水濁度は約1度、原水濁度が30度の場合で沈澱水濁度は約3度となった。原水濁度を300度とすると沈澱水濁度が約10度となったため、設定原凝集剤注入率を72mg/Lに増加した結果、沈澱水濁度は約6度へ低下した。このように、沈澱水濁度は、原水濁度の上昇に伴い上昇し、原水濁度の下降に伴い低下し、凝集剤注入率の増量で沈澱水濁度は低下し、凝集剤注入率の減量で沈澱水濁度が上昇した。原水濁度と凝集剤注入率が同一であれば、安定後の沈澱水濁度は原水濁度の上昇時及び下降時で同程度となり、差異は認められなかった。

砂ろ過水濁度については、原水濁度の上昇に伴い、砂ろ過洗浄直後の初期濁度も上昇する傾向が見られた。また、原水濁度の上昇に伴い、砂ろ過池洗浄直後に上昇した時間経過と共に低下する砂ろ過水初期濁度の低下速度が緩やかになる傾向が見られ、原水濁度と凝集剤注入率の条件が同一であれば、この低下速度は同程度となった。これらは、原水濁度の上昇により砂ろ過原水である沈澱水濁度が上昇したことで砂ろ過への負荷が増大したことに加え、原水濁度の上昇により砂ろ過に流入したフロックが砂ろ過では捕らえにくい性状に変化したことによるものと考えられる。

これに対し膜ろ過では、膜ろ過原水である沈澱水濁度の変動が1～10度において、膜ろ過水濁度は高感度濁度計の検出限界値（0.0001度）以下となった。今回の運転期間は5日間と短期間ではあるが、膜ろ過原水濁度上昇時も確実な濁質除去性が認められ、このことから膜ろ過は、降雨等でもたらされる原水濁度急変時においても安全性の高い処理システムであることが認められた。

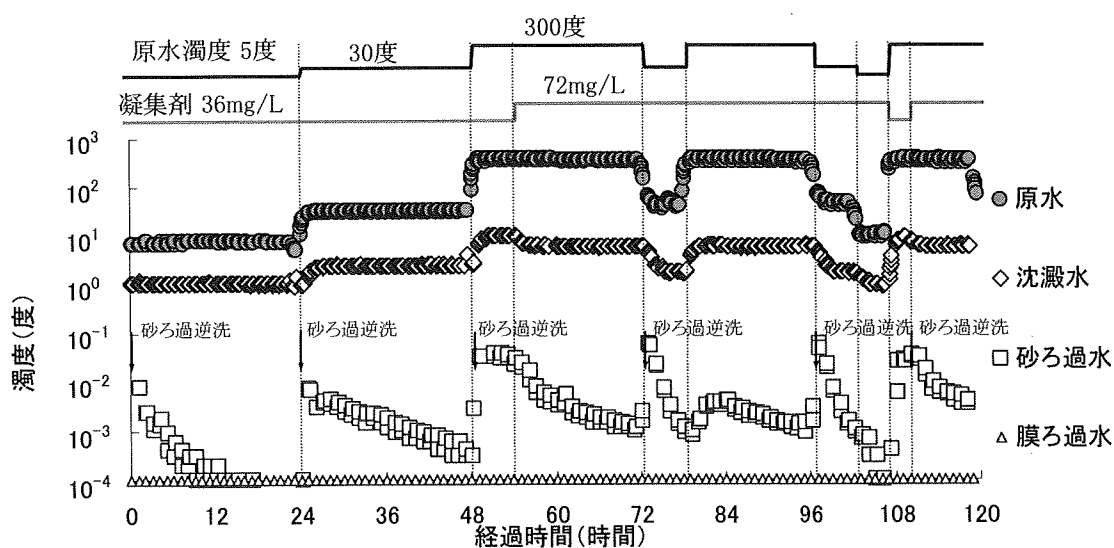


図6 実験期間中における原水濁度、沈澱水濁度、砂ろ過水濁度、膜ろ過水濁度の挙動

(3) アルミニウムの残留性

実験期間中の原水中総アルミニウム濃度と溶解性アルミニウム濃度を図7に示す。原水濁度の上昇に伴い総アルミニウム濃度が上昇したが、溶解性アルミニウム濃度は概ね検出されなかった。ここで検出された総アルミニウムは地下水に濁度成分として添加したカオリン(主成分 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)由来のものであると考えられる。設定原水濁度300度において、総アルミニウム濃度のばらつきが大きいのが、試料の濁度が高いことによる分析誤差と考えられる。

実験期間中の沈澱水中総アルミニウム濃度と溶解性アルミニウム濃度を図8に示す。設定原水濁度5度から300度へ上昇した場合においても、凝集剤注入率が36mg/Lから72mg/Lへ上昇した場合においても、沈澱水中総アルミニウム濃度は概ね200 $\mu\text{g/L}$ ~500 $\mu\text{g/L}$ の範囲となり、設定原水濁度や凝集剤注入率の上昇に伴い沈澱水中総アルミニウム濃度が上昇する傾向は見られなかった。溶解性アルミニウム濃度については、全ての条件において100 $\mu\text{g/L}$ 以下となった。

今回の実験における沈澱水及び砂ろ過水中の総アルミニウム濃度と沈澱水中溶解性アルミニウム濃度との関係を図9に示す。沈澱水中溶解性アルミニウム濃度と総アルミニウム濃度の関係は、ばらつきはあるものの、原点を通る直線で近似できた。また、沈澱水中の溶解性アルミニウム濃度/総アルミニウム濃度が約0.13で総アルミニウムのうち大部分が懸濁態だったのに対し、砂ろ過水では、存在比が1.05となり、総アルミニウムのうち大部分が溶解性であった。さらに、砂ろ過水中のアルミニウム濃度は、沈澱水中の溶解性アルミニウム濃度と同程度であった。これらのことから、今回の実験条件であるpH7付近においては、沈澱水中の溶解性アルミニウムと総アルミニウムの存在比は、凝集剤注入率によらず一定である傾向が示された。また、砂ろ過では、沈澱水中の懸濁態のアルミニウムの

大部分が除去され、溶解性アルミニウムについては大部分が除去されず残留していたことが明らかとなった。

砂ろ過水中総アルミニウム濃度と膜ろ過水中総アルミニウム濃度の関係を図 10 に示す。砂ろ過水中総アルミニウム濃度及び膜ろ過水中総アルミニウム濃度は、1 対 1 の関係であり、沈澱水中の溶解性アルミニウム濃度と同程度だった。このことから、凝集沈澱池で溶解性として残留したアルミニウムは、砂ろ過と同様に、膜ろ過でも除去されずに最終処理水として漏出することが改めて示された。

これらのことから、最終処理水中の残留アルミニウム濃度を抑制するためには、凝集沈澱処理で溶解性アルミニウム濃度を低減化することが不可欠であることが示された。

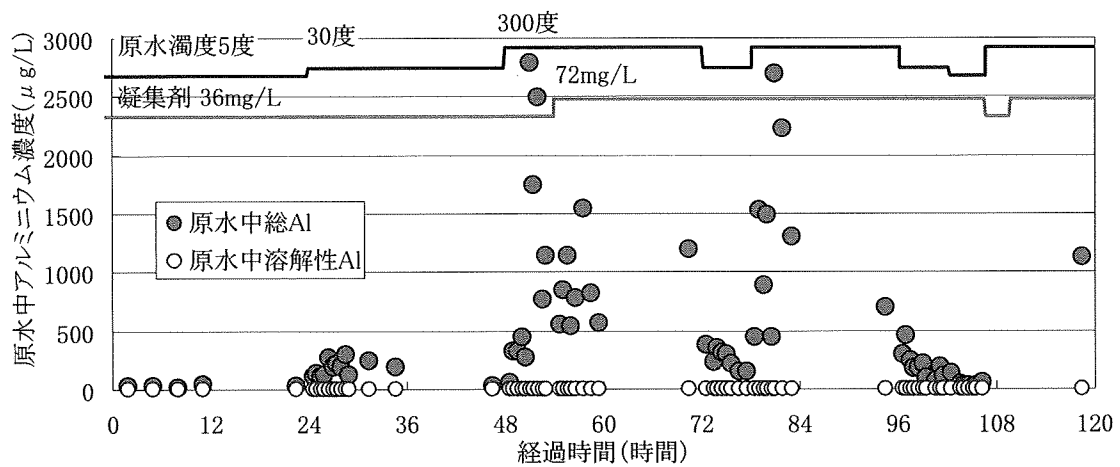


図 7 原水中総アルミニウム濃度と溶解性アルミニウム濃度

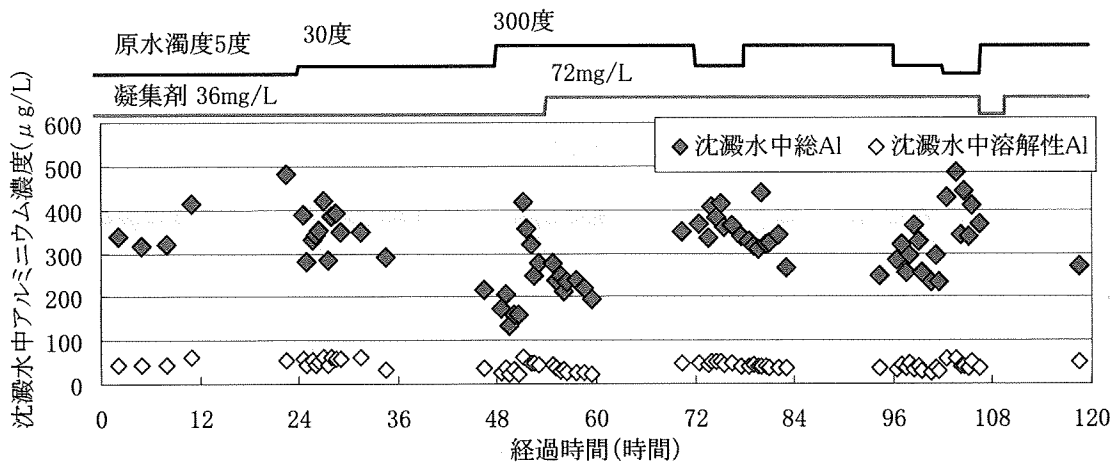


図 8 沈澱水中総アルミニウム濃度と溶解性アルミニウム濃度

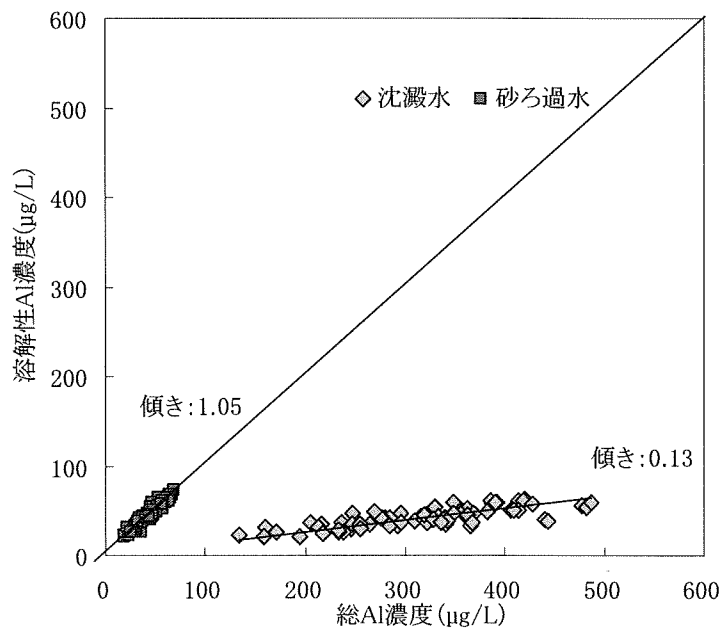


図9 沈澱水中及び砂ろ過水中のアルミニウムの存在割合

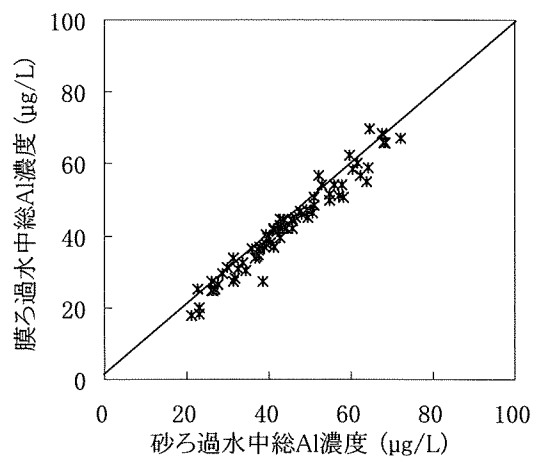


図10 砂ろ過水中総アルミニウム濃度と膜ろ過水中総アルミニウム濃度の関係

C-2 原水濁度急変時の浄水処理における運転管理性

(1) 砂ろ過損失水頭の変化

実験条件毎の砂ろ過損失水頭の上昇速度及び沈澱水濁度（平均値）を図 11 に示す。砂ろ過二次圧力が一定であるため、砂層上圧力を損失水頭とした。同じ凝集剤注入率で比較すると、原水濁度が上昇することで沈澱水濁度は上昇したが、損失水頭上昇速度は減少する傾向を示した。また、同じ原水濁度で比較すると、原水濁度 5 度と 30 度の条件では、凝集剤注入率の増加により沈澱水濁度が低下し、損失水頭上昇速度も減少する傾向を示したが、原水濁度 300 度では、凝集剤注入率の増加により沈澱水濁度は低下したが、損失水頭上昇速度は増加する逆の傾向を示した。この結果においては、実験条件によって運転期間が異なるため、運転開始直後の砂ろ過圧力と条件変更直前の砂ろ過圧力の差分を運転時間で案分することで損失水頭上昇速度として評価を行ったが、運転期間の短い条件（原水濁度 5 度・凝集剤注入率 72mg/L、原水濁度 30 度・凝集剤注入率 72mg/L、原水濁度 300 度・凝集剤注入率 36mg/L）においては、損失水頭上昇速度が低く算出される傾向があった。したがって、一概には言えないが、このような砂ろ過損失水頭上昇速度の増減については、沈澱水濁度に表示される砂ろ過原水中の濁質量の増減以外による影響も示唆される。一般的には原水濁度と凝集剤注入率（A1 換算）の比率である A1/T 比が大きいほど損失水頭上昇速度は小さくなると言われるが、損失水頭上昇速度の低下は、砂ろ過水濁度の漏出の恐れもあるため、濁度急変時には、ろ過水濁度の監視と共に砂ろ過池の損失水頭についても監視することで、安全性が向上するものと考えられる。

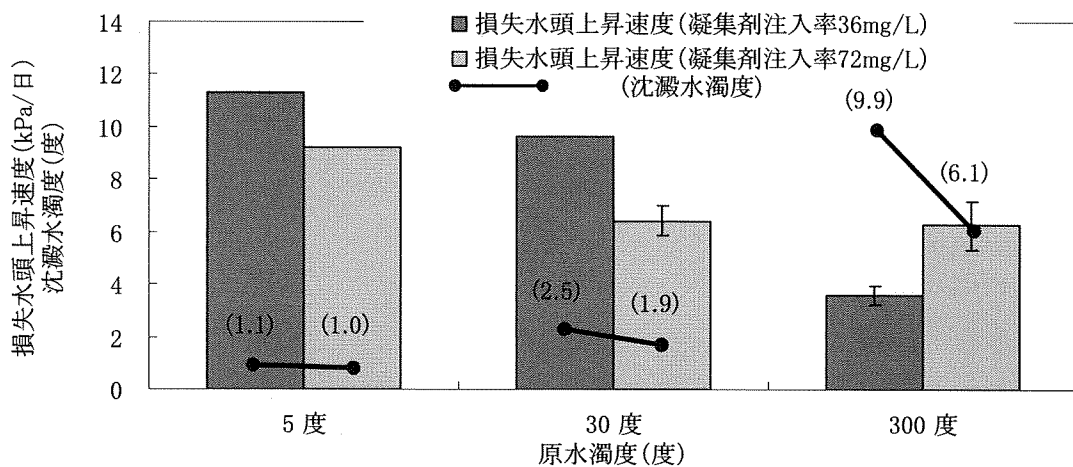


図 11 条件毎の砂ろ過損失水頭上昇速度および沈澱水濁度（平均値）

(2) 膜差圧の挙動

実験期間中の膜差圧挙動を図 12 に示す。膜差圧は、膜の一次圧と二次圧の差とし、25℃で補正した。

膜の物理洗浄間隔に設定した 3 時間毎に膜差圧の回復が見られている。条件の変更により 1 回の物理洗浄間隔で上昇する膜差圧が変化している傾向も見られるが、今回の 5 日間の実験期間においては、全体として膜差圧は緩やかな上昇傾向を示し、原水濁度の変化及び凝集剤注入率の変更等の条件変更により、膜差圧が急上昇するなどの大きな差異は認められなかった。以上のことから、膜ろ過は、濁度急変時においても 5 日間程度の短期間の運転における確実な濁質除去及び安定した運転管理性が認められた。

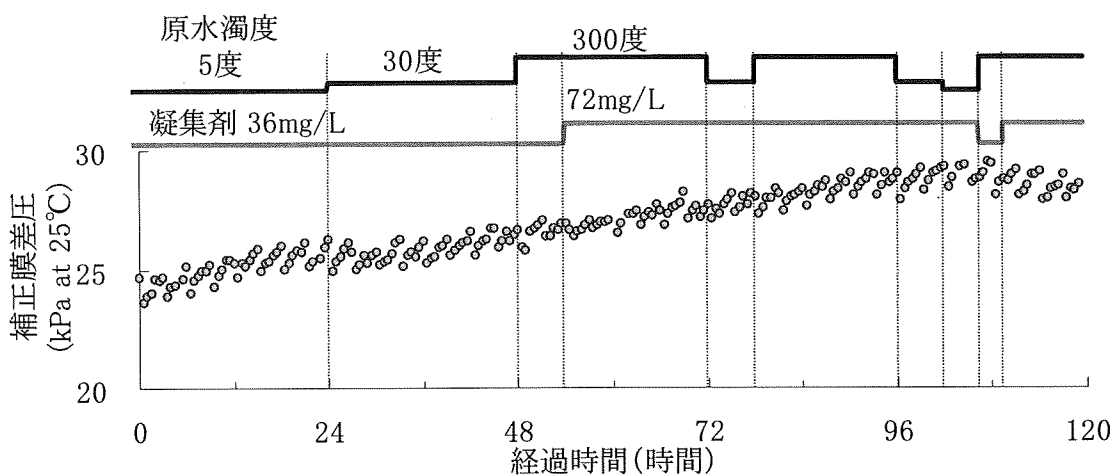


図 12 膜差圧挙動 (25℃補正)

D. 結論

本研究では、降雨による原水濁度急変時における急速ろ過システム及び凝集沈澱-膜ろ過システムの処理特性や運転管理性への影響について検討した。地下水にカオリンを添加し、濁度を5度～300度に変化させた原水を用いて、国立保健医療科学院内の浄水実験プラントを用いて実験した結果、砂ろ過においては沈澱水濁度の上昇により砂ろ過水初期濁度の上昇や初期濁度低下速度の低下、砂ろ過損失水頭上昇速度の低下等の影響が見られたのに対し、膜ろ過においては除濁性及び膜差圧上昇への明確な影響は見られなかったことから、膜ろ過システムは原水濁度急変時においても確実な処理システムであることが示された。砂ろ過への影響緩和には、凝集剤注入やpH調整の適正化による沈澱水濁度低減等が不可欠であるが、さらなる安全性の向上のためには、砂ろ過水濁度の監視に加え、砂ろ過損失水頭の監視も重要である。

また、膜ろ過においては、砂ろ過と同様に、凝集剤由来で残留する溶解性アルミニウムは除去できない。一般的に高濁度時などに凝集剤注入率が増加する場合は、アルミニウムの溶解度が低下する酸性側に移行するためアルミニウム漏出の危険性は低いと考えられるが、平常時よりも濁度急変時においても凝集剤の適正な注入やpHコントロールの徹底が安全性の確保に重要と考えられる。

E. 参考文献

- 1) 厚生労働省健康局水道課：水道ビジョン改訂版, 2007年7月改訂。
- 2) 文部科学省・気象庁・環境省・経済産業省が翻訳：気候変動2007：統合報告書政策決定者向け要約（気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約）, 2009。
- 3) 文部科学省・気象庁・環境省：日本の気候変動とその影響, 2009。
- 4) 環境省 地球温暖化影響適応研究委員会：気候変動への賢い適応—地球温暖化影響・適応研究委員会報告書, 2008。
- 5) 国土交通省河川局：平成20年水害レポート2008, 2009。
- 6) 財団法人 水道技術研究センター：平成15年度厚生労働科学研究費補助金による健康科学総合研究事業 環境影響低減化浄水技術開発研究（e-Water）第2研究グループ報告書, 2004。
- 7) 厚生労働省健康局水道課：平成19年度水道統計水質編

G. 研究発表

- 1) 古林祐正, 伊藤雅喜, 山田俊郎, 南方則之, 堀野秀一, 佐藤研一郎, 松井佳彦. パイロットスケールプラントにおける高塩基度 PAC を用いた浄水処理に関する検討. 第 44 回日本水環境学会年会 (福岡市); 2010 年 3 月
- 2) 古林祐正, 伊藤雅喜, 山田俊郎, 南方則之, 堀野秀一, 佐藤研一郎. パイロットプラントにおける濁度急変による浄水処理への影響に関する実験的検討. 第 61 回全国水道研究発表会 (新潟市); 2010 年 5 月

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

該当なし

分担研究報告書 5

地理情報システム（GIS）を活用した気候変動に対応した
水道原水管理・評価手法の開発

研究分担者 増田 貴則

地理情報システム（GIS）を活用した気候変動に対応した 水道原水管理・評価手法の開発

研究分担者： 増田 貴則 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻准教授

A. 研究目的

水道水に起因する健康被害の未然防止のために WHO により水安全計画の考え方が提唱されている。水安全計画の策定では、水源から給水栓までの水道システム全体を通して各過程での危険要因の同定と発生し得る危険の重要性評価に基づき、水道事業者がそれらリスク要因を重点的かつ総合的に管理する計画を立てることが求められている。飲料水の汚染リスク要因の抽出・把握には、過去の健康危機事例を分析するとともに、水源流域の汚染リスク要因について抽出・把握する必要があると考えられるが、リスク要因情報が一元的に管理されていないことから、水道事業者や小規模水道管理者自らが平常時のリスクはもちろん気候変動時のリスクを主体的に評価することは技術面・費用面で困難と思われる。

そこで、水道水源流域におけるリスク要因に関する情報を簡便かつ一元的に処理する手段として地理情報システム（GIS）を用いることとし、GIS を活用し取水口や水源地から上流の土地利用や施設の配置を考慮することで気候変動に伴う水量・水質面の変動にも対応した水道原水管理・評価手法を開発することを目的とする。ただしここでは、多くの地域への適用の容易性を担保するために、一般に利用可能な統計やデータベース、地図データ等を情報源とした手法を開発することを目的とする。

本年度の研究では、GIS を活用したシステムに利用可能な情報源や水源上流の集水域を同定する計算手続きについての検討を行うことを目的とした。

B. 研究方法

秋葉ら（2009）は、病原微生物による水道原水汚染の汚染状況を示す水質情報やその汚染要因となる流域情報に対して、全国規模で調査されており、かつ、一般に手に入りやすい統計やデータベース、地図データに関して、メタ情報および GIS で活用する際の取り込み方法や取り込んだ後のフィーチャー種類、属性値、元データの更新頻度、価格、元情報の問題点などの情報の整理を行なった。その結果、牧場やサファリパークについては、本来は面源であるのに、面的なデータ整備がなされていないためポイント情報として整備されたデータベースを基に取り扱わざるを得ないことが示されている。「牧場」には、放牧場をもつ牧場と放牧場をもたない牧場があるが、電話帳データベースに基づいた「牧場」ではその区別がなされていないという問題点もある。そこでここでは、面的な汚染源を面的

な情報として捉えることのできると考えられる土地利用や植生、衛星画像などの情報を調査し、それぞれのデータが面的な汚染源である「放牧場」をどう描いているのかを比較考察した。

また、秋葉ら（2009）は GIS において上流解析の機能を検討し、水源上流域の汚染要因を抽出する手法を開発した。河川、湖沼、標高、取水源のレイヤーより、GIS の一連の手続きを経て水源上流の集水域を自動的に同定することができるとしている。しかしながらその後の検討で、この仕組みにより識別される集水域が実際の集水域とは一致しない場合があることが明らかになった。そこでここでは、同定された集水域の違いが汚染源抽出に与える影響を検討するとともに、集水域同定が現実のものとなる原因を検討することとした。

C. 結果及び考察

C-1 面的汚染源に関する情報源情報の調査

本研究では、面的汚染源として放牧場を対象とした。面的汚染源を面的な情報として捉えることができる一般に利用可能な情報源として、土地利用や植生、衛星画像などのデータを候補として、利用可能な情報源を調査した結果を表 1 に示す。この表のうち上から 4 つはインターネットで無償提供されており、あとの 2 つは有償のものである。

ここでは、これらのデータを用いて実際に「放牧場」が存在している位置を中心に画面上に表示したものを図 1～5 に示す。図には電話帳データベースから作成したポイント情報としての牧場の位置も示す。

表 1 放牧場を面源としてデータベースできると考えられる情報源

使用データ	情報形態	原典資料	作成および撮影年	出典	販売元	利用方法
自然環境情報 GIS	ポリゴン	5万分の1現存植生図	第2回(1979年)、第3回(1983-86年)	環境省自然環境局		インターネット 無償提供
		2万5千分の1現存植生図	第4回(1989-93年)、第5回(1994-98年)			
土地利用メッシュ	1/10細分区画	2万5千分の1地形図	第6回(1999-2004年)、第7回~(2005年~)	国土交通省国土数値情報		インターネット 無償提供
		2万5千分の1地形図	昭和51年度			
		5万分の1地形図	昭和62年度			
		2万5千分の1土地利用現況図	平成3年度			
		2万5千分の1地形図修正素図	平成9年度			
土地利用計測用図	平成18年度					
衛星画像	衛星写真	地域により様々	Earthsat社		インターネット 無償提供	
オルソ化空中写真	航空写真	1万分の1縮尺で撮影した空中写真	第1期(昭和49年~昭和53年)、第2期(昭和54年~昭和58年) 第3期(昭和59年~昭和61年)、第4期(昭和62年~平成2年)	国土交通省国土計画局		インターネット 無償提供
全国基盤地図	ポリゴン	数値地図(空間データ基盤) 数値地図50mメッシュ(標高) 基盤地図情報(精度レベル25000) 国土数値情報(JPGIS準拠)	平成20年	国土交通省国土地理院	ESRI JAPAN	要購入
全国広域地図	ポリゴン	地図データ(ゼンリン) 数値地図50mメッシュ(標高) 国土数値情報(JPGIS準拠)	平成20年	株式会社ゼンリン	ESRI JAPAN	要購入

図 1 は、電話帳データベースに基づく A、B 二つの牧場（ポイント情報）と環境省が公表している自然環境情報 GIS の現存植生図とを表示している。なお背景図には、全国基盤地図を使用している。図 1(a)は、群落名フィールド内に牧草地という項目が 1 つでも存在するポリゴンデータを緑色で描写している。自然環境情報 GIS のこのデータは複数の群落名フィールドを属性値としてもっており、群落名フィールド内には複数の土地利用が示さ