



Title	札幌市下水道局の高度処理実験
Author(s)	山際, 裕信
Description	第3回衛生工学シンポジウム (平成7年11月9日 (木) -10日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 水処理、廃棄物処理 . 1-9
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 3, 42-47
Issue Date	1995-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7880
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-1-9_p42-47.pdf



1-9

札幌市下水道局の高度処理実験

山際 裕信（札幌市下水道局）

1. はじめに

札幌市では、下水処理水の放流先水域の環境保全と、低廉な水源として今後需要が見込まれる下水の再利用水をテーマに、創成川処理場内に実験プラントを設置して「高度処理と再利用に関する実験」を平成2年より継続して行っている。

2. 実験の目的

主な実験の目的は以下のとおりである。

- 1) 下水放流水の全量処理を対象とした高度処理方式の選定
- 2) 再利用のための処理方式の選定
- 3) 再利用水の衛生学的安全性に関する検討

3. 実験内容

主な実験項目を表-1に示す。

表-1

実験の目的	実験項目
高度処理方式の選定	<ul style="list-style-type: none"> ・砂ろ過法 ・凝集ろ過法 ・生物膜ろ過法
再利用のための処理方式の選定	<ul style="list-style-type: none"> ・模擬水路連続通水 ・オゾン処理法 ・紫外線殺菌法 ・殺菌法比較（次亜塩、オゾン、紫外線）
衛生学的安全性に関する検討	<ul style="list-style-type: none"> ・下水処理各工程での大腸菌フェージ挙動調査 ・大腸菌フェージ除去効果比較（砂ろ過、生物膜ろ過） ・各種殺菌法における大腸菌フェージ耐性調査

全量処理を対象とした高度処理方式としては「砂ろ過法」「凝集ろ過法」、「生物膜ろ過」の3方式をとりあげた。

「砂ろ過法」は、重力式上向流急速ろ過法である。

「凝集ろ過法」は、富栄養化対策として砂ろ過法のリン除去効果を高める目的で、砂ろ過流入水に凝集剤の注入を行い、溶解性のリンを不溶化してろ層で捕捉しようとするものである。

「生物膜ろ過法」は、特殊粒状ろ材を充填したろ層に通気を行い、ろ層を好氣的に保ち、ろ過処理と生物処理を同時に行うもので、重力式下向流急速ろ過法である。

これら3方式の処理効果と問題点などについて比較検討を行った。

再利用のための処理方式としては「オゾン処理法」を中心とした実験を行い、その効果と問題点ならびに再利用目標水質（表-2）を満足するための運転条件についての検討を行った。また、その他処理水再利用のうえで問題となる項目を確認するため、表-1に示す種々の実験を行った。

表-2 下水処理水の再利用における基本的水質項目及びその目標値

項 目	修 景 用 水 利 用	修 景 用 水 利 用
大腸菌群数	1000個/100ml以下	50個/100ml以下
C-BOD	10mg/l以下	3mg/l以下
P H	5.8 ~ 8.6	5.8 ~ 8.6
濁 度	10度以下	5度以下
臭 気	不快でないこと	不快でないこと
色 度	40度以下	10度以下

※ 下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル（案） 平成2年3月 高度処理会議

再利用水の衛生学的安全性に関しては、最近、従来の大腸菌群数だけを衛生指標とするのは問題ではないかとの議論があるなか、新たにウイルス的側面から補完する衛生指標としてその有用性が注目されている「大腸菌フェージ」をとりあげ、下水処理工程での挙動や各種処理プロセスにおける除去・不活化効果などの基本的知見を得る実験調査を行った。

なお、この実験に用いた宿主菌は、E. coli K12 A/λ (F⁺) であり、この純粋菌株の入手にあたっては北大工学部の橘先生のご紹介で、農林水産省畜産試験場の鈴木氏にご協力いただきISO（発酵研究所）より分与いただいた。

4. 実験設備の概要

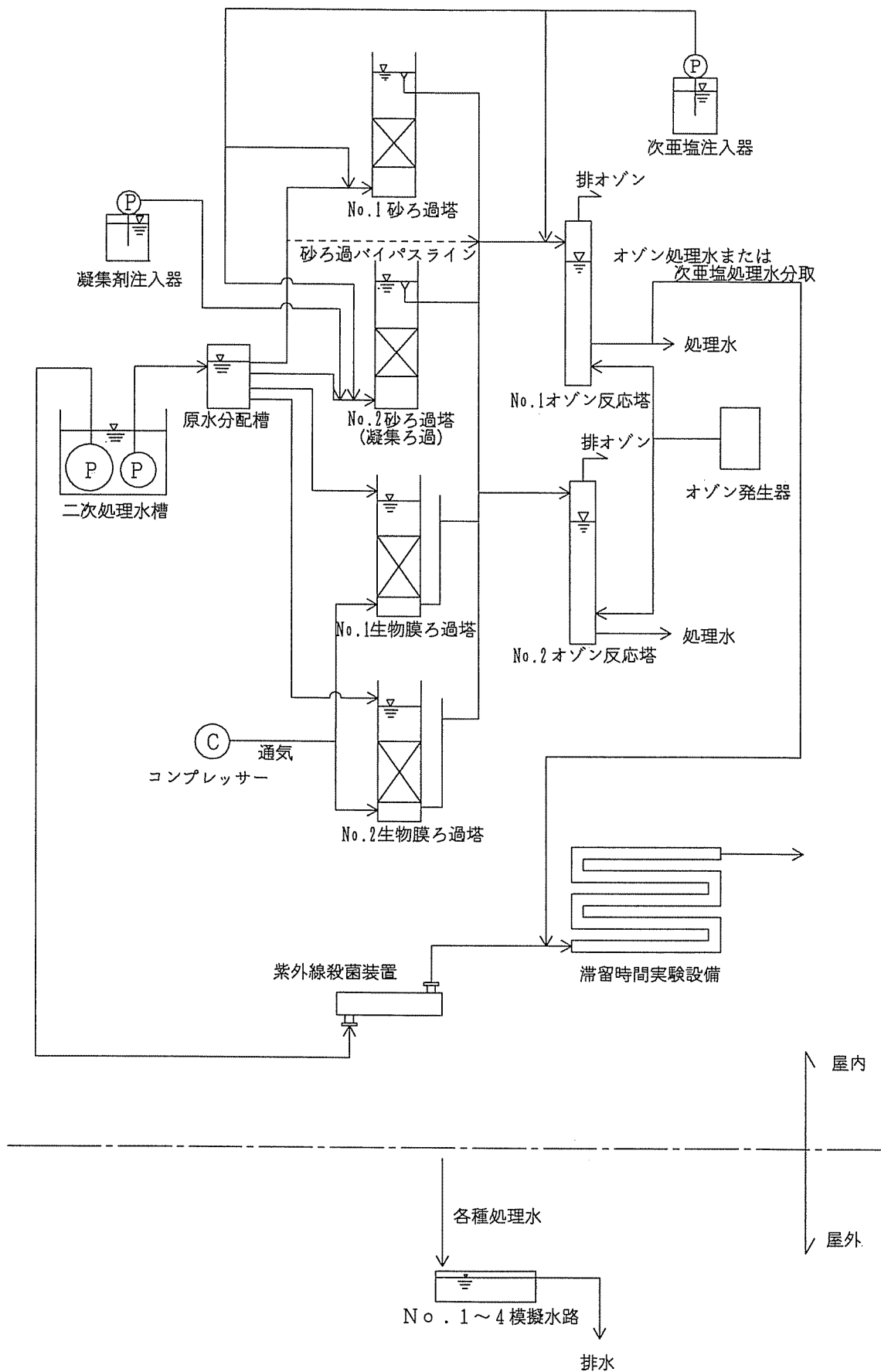
実験設備の概要を表-3に示す。

表-3 高度処理実験設備の概要

装 置 名	形 式	仕 様
砂ろ過塔	重力式上向流	φ400 × 4200H, 砂粒有効径 1mm
生物膜ろ過塔	重力式下向流	φ400 × 6300H, 特殊ろ材有効径 2mm
オゾン反応塔	気液向流式	φ120 × 5000H
オゾン発生機	空気原料無声放電式	オゾン濃度 4~20g/Nm ³ , 発生最大 6g/時
紫外線殺菌装置	中圧ランプ式	公称処理水量 50m ³ /時
滞留時間実験設備	塩ビ製配管	φ50VP × 30m, 設計滞留時間 1hr
模擬水路	透明塩ビ製角型	容量約25ℓ

実験設備のフロー図を図-1に示す。

図-1 高度処理実験設備フロー図



5. 実験結果

実験調査結果をまとめると次のとおりである。

(1) 全量処理を対象とした高度処理方式の選定

「砂ろ過法」, 「凝集ろ過法」, 「生物膜ろ過法」の3方式の比較検討を行った。各方式が処理対象とする成分(水質項目)とその効果(除去率)をまとめて表-4に示す。

表-4 各処理法の水質項目ごとの除去率

水質項目	砂ろ過法	凝集ろ過法	生物膜ろ過法	備考
SS, 濁度 色度 臭気度(p0)	70~90% —— ——	30%前後 —— ——	40~85% 20~30% 10~30%	濁り, 色 臭いなど
C-BOD COD TOC	40~70% —— ——	40~70% —— ——	30~70% 10~30% 10~30%	有機汚濁成分
T-P T-N	30~60% ——	30~70% ——	20~60% ——	栄養塩類
NH ₄ -N NO ₂ -N	—— ——	—— ——	60~100% 50~100%	アンモニア 亜硝酸
大腸菌群数 一般細菌数	0~80% 0~70%	0~80% 0~70%	30~90% 30~70%	細菌

※ 各ろ過方式とも LV= 200m/日における処理効果を示す。その他の運転条件は次のとおり。

凝集ろ過法 : 凝集剤 FeCl₃ 注入率 2.7 mgFe/ℓ

生物膜ろ過法 : 通気量 0.08N m³/m²/分 (水量に対する通気倍率 0.6倍)

(2) 再利用のための処理方式の選定

① オゾン処理法の運転条件と効果及び問題点

オゾン処理法は, 下水の再利用において問題となる処理水の濁り, 色, 臭いの除去と殺菌効果を合わせ持つため, 再利用水の製造には非常に有効な処理法である。表-2に示した再利用目標水質を「ろ過(砂ろ過または生物膜ろ過)+オゾン処理」のフローで満足するためのオゾン反応塔の運転条件について, 気液向流式のオゾン反応塔を用いて散気水深, 接触時間, 注入率などについて検討した。結果をまとめて表-5に示す。

表-5 オゾン処理法の運転条件に関するまとめ

項目	実験範囲	オゾン吸収率, 処理水質への影響	設定値
散気水深	2.5 ~ 4.5m	水深が大きい程, 吸収率は若干良くなるが, その影響は清水の場合ほど大きくない	3 m以上
接触時間	3 ~ 20分	原水質が比較的清澄な場合には5分でも親水目標を達成できるが, 原水質の変動を考えると, できるだけ長くした方が処理効果は安定する	15分以上
注入率	1 ~ 15mgO ₃ /l	注入率が高い程, 処理効果は良くなるが, 一方吸収率は低下し排オゾン処理コストが増える	修景: 2 ~ 3 mgO ₃ /l 親水: 5 ~ 10mgO ₃ /l

散気水深 2.5m, 接触時間 5分の条件で, ろ過した場合としない場合とで所要注入率を検討すると表-6のとおりである。なお, ろ過処理の運転条件は LV= 200m/日であった。

表-6 再利用目標水質と所要注入率の対応のまとめ

(a) 「ろ過処理+オゾン処理」

(b) 「二次処理+オゾン処理」

	修景用水	親水用水		修景用水	親水用水
二次処理で達成できる項目	PH, 色度 濁度 C-BOD	PH, 色度	二次処理で達成できる項目	PH, 色度 濁度 C-BOD	PH, 色度
ろ過処理で達成できる項目		C-BOD	オゾン処理 2 mgO ₃ /l	臭気度	臭気度
オゾン処理 2 mgO ₃ /l	臭気度 大腸菌群数	臭気度	オゾン処理 3 ~ 4 mgO ₃ /l	大腸菌群数	
オゾン処理 5 mgO ₃ /l		色度 大腸菌群数	オゾン処理 5 ~ 10mgO ₃ /l		大腸菌群数
			オゾン処理 10mgO ₃ /l以上		色度

② 殺菌処理方法の比較実験

再利用における衛生上の問題に着目し、再利用目標水質を念頭においた各種殺菌処理方法の比較検討を行った。結果を表-7に示す。なお、この実験に用いた原水は二次処理水である。

表-7 各殺菌処理方法の比較結果のまとめ（対象は大腸菌群数）

		紫外線処理	オゾン処理	次亜塩処理
所要注入率	修景用水目標	17mW・S/cm ² 以上	3 mgO ₃ /l以上	0.5mgCl/l以上
または照射量	親水用水目標	70mW・S/cm ² 以上	5 mgO ₃ /l以上	2.0mgCl/l以上

(3) 衛生学的安全性に関する検討

大腸菌ファージに対して各種調査を行った。このうち、次亜塩処理、オゾン処理、及び紫外線処理の各殺菌処理方法における大腸菌ファージの耐性を調査した分析結果を表-8に示す。なお、次亜塩処理とオゾン処理の接触時間はどちらも15分とした。

表-8 大腸菌ファージの耐性の分析結果

		条件 1	条件 2	条件 3
次亜塩処理	注入率	0.3~0.5 mgCl/l	0.8~1.1 mgCl/l	1.6~2.3 mgCl/l
	原水	3~11 PFU/ml	2~13 PFU/ml	3~20 PFU/ml
	処理水	1~6 PFU/ml	0~9 PFU/ml	0~5 PFU/ml
オゾン処理	注入率	2.5 mgO ₃ /l	5 mgO ₃ /l	10 mgO ₃ /l
	原水	3~11 PFU/ml	2~13 PFU/ml	3~20 PFU/ml
	処理水	0 PFU/ml	0 PFU/ml	0 PFU/ml
紫外線処理	照射量	15.5 mW・S/cm ²	20 mW・S/cm ²	40 mW・S/cm ²
	原水	7~18 PFU/ml	7~18 PFU/ml	7~18 PFU/ml
	処理水	0~3 PFU/ml	0~1 PFU/ml	0 PFU/ml

6. おわりに

札幌市では、全ての処理場に高度処理を導入する計画であり、枯渇河川などへの再生水の利用も積極的に進めていこうと考えている。しかし、高度処理技術はいまだ確立されていない部分もあり、特に再生水質の基準や評価の手法には課題が多い。国をはじめ各関係機関が、これらの問題に対し、明確な基準と処理技術を確立することが望まれる。

札幌市としても、高度処理の調査研究に今後とも積極的に取り組み、より質の高い水を創造し、水と緑豊かな都市環境を市民に提供していけるよう努力する所存である。