

1-24 河川浄化事業の評価と改善方法に関する調査

研究予算：運営費交付金（治水勘定）

研究期間：平 15～平 17

担当チーム：水循環研究グループ（水質）

研究担当者：鈴木稔、小森行也

【要旨】

河川環境管理の水質目標を達成するため、河川直接浄化施設等による河川浄化事業が実施されている。しかし、どのような水質改善の事業効果がみられるのか、また、河川直接浄化施設の機能が維持されているか情報が必ずしも十分ではない。また、直接浄化施設の適正な機能を維持するために必要な設計や維持管理の方法が必ずしも十分研究されていない。このため、行政や現場からこれらを解明する研究が求められている。

本調査は、土木研究所が河川浄化事業に関する評価と改善を国土交通省水質連絡会の共通テーマとし指導するとともに、河川直接浄化施設での微量汚染物質（エストロゲン様活性等）の除去およびアンモニア除去に焦点を当て、実施での調査と実験プラントを用いた実験を行った。

キーワード：河川浄化施設、エストロゲン様活性、アンモニア除去

1. はじめに

河川環境管理の水質目標を達成するため、河川直接浄化施設等による河川浄化事業が実施されている。しかし、どのような水質改善の事業効果がみられるのか、また、河川直接浄化施設の機能が維持されているか情報が必ずしも十分ではない。また、直接浄化施設の適正な機能を維持するために必要な設計や維持管理の方法が必ずしも十分研究されていない。このため、行政や現場からこれらを解明する研究が求められている。

本調査は、土木研究所が河川浄化事業に関する評価と改善を国土交通省水質連絡会の共通テーマとし指導するとともに、河川直接浄化施設での微量汚染物質（エストロゲン様活性等）の除去およびアンモニア除去（水道原水と生態系保全に削減が重要）に焦点を当て、除去機構の理解を深めるとともに、設計や維持管理の改善の提言を行うことを目標としている。

本調査では、礫間接触酸化法、ひも状接触酸化法の河川直接浄化施設におけるエストロゲン様活性の除去特性調査を実施するとともにアンモニア除去機構解明のための河川直接浄化施設の実験模型を作製し、実験模型を用いたアンモニア除去実験を行った。また、河川浄化施設の持続的・効果的な浄化機能を発揮するうえで、有益となる考え方、維持管理や施設運用方法、問題解決方法などに関する情報を提供し、維持管理の参考資料として利用することを目的とした河川浄化施設の事例集を整理した。また、河川浄化施設の運用および維持管理の現況を点検し、施設の問題や課題を整理するための手順を示す河川浄化施設自己点検マニュアル（案）を整理した。国土交通省河川局河川環境課、国土技術政策総合研究所河川環境部、北海道開発局建設部、各地方整備局河川部・技術事務所をメンバーとする水質連絡会で議論しまとめ

たものであり、河川浄化施設の事例集は関東技術事務所、河川浄化施設自己点検マニュアル（案）は九州技術事務所が中心となってまとめた。

2. 河川浄化施設におけるエストロゲン様活性の除去特性調査

国土交通省が実施した全国河川調査により、天然のエストロゲンや内分泌かく乱化学物質による汚染の広がりが確認された。また、近年の法的措置により工場等からの有機汚染物質の負荷は相対的に減少したが、一般家庭からの有機汚染物質負荷は継続している。下水道普及率の増加によりこれらの問題は軽減すると思われるが、すでに汚染の激しい河川においては流域での下水道の整備とともに現場での浄化対策が必要となる。日本では多くの河川浄化施設が稼動し、河川水の直接浄化を行っている。これらは本来有機汚染物質を除去するための施設であるため、近年問題となってきたエストロゲンやエストロゲン関連物質の除去効果についてはまだ知見が少ない。そこで本調査では現在運用している河川浄化施設でのエストロゲン関連物質の除去能力と特性について検討を行った。

2. 1 礫間接触酸化方式の河川浄化施設

1) 調査方法

図-1 に示すK浄化施設において調査を行った。処理方式はバッキ付礫間接触酸化方式、処理水量 216,000m³/日、水理学的滞留時間 2.5-3.5 時間の施設である。水質調査項目は、エストロゲン様活性¹⁾とし、その他 SS、BOD のデータをK浄化施設の管理者より提供を受けた。

処理方式：バッキ付礫間接触酸化方式
 処理水量：216,000 m³/日
 水理的滞留時間：2.5 - 3.5 時間

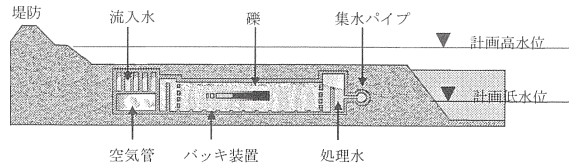
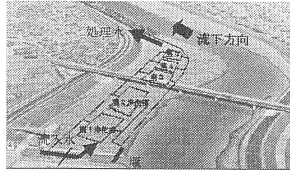


図-1 K 浄化施設の概要

2) 調査結果

調査期間中6回水質測定を行い、その結果を表-1に示した。平均値を用い河川浄化施設におけるエストロゲン様活性の除去率を求めると67%であり、SS 除去率66%、BOD 除去率40%に比べ同等あるいはそれ以上であった。

表-1 水質調査結果

	エストロゲン様活性 (ng/l)		SS (mg/l)		BOD (mg/l)	
	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
1	1.3	0.3	5	0.5	3.9	2.8
2	1.4	0.6	1	0.5	3.1	2.7
3	2.1	0.1	3	0.5	3.6	2.7
4	2.2	0.8	19	2.6	7.5	2.1
5	3.1	0.8	7	3	5.7	2.8
6	2.3	1.4	8	7	4.4	3.7
最大値	3.1	1.4	19	7	7.5	3.7
最小値	1.3	0.1	1	0.5	3.1	2.1
平均値	2.1	0.7	7	2.4	4.7	2.8

2. 2 ひも状接触酸化方式の河川浄化施設

1) 調査方法

表-2に示すS浄化施設において調査を行った。処理方式はひも状接触酸化方式、処理水量8,640m³/日、水理的滞留時間1時間の施設である。調査は平成16年11月と平成17年2月の2回行った。水質調査項目は、エストロゲン様活性¹⁾とし、この他水温、pH等の水質データをS浄化施設の管理者より提供を受けた。

表-2 S 浄化施設の主要諸元

項目	諸元	備考	
浄化方式	ひも状接触酸化法		
構造	取水方式	ゴム指引製起伏堰	
	通水方式	自然流下	
浄化槽形状	槽数	浄化槽(2反応槽)×2	
	槽寸法	[28.4m(L)×2.5m(W)×2.0m(D)] × 2反応槽×2系列	第1反応槽と第2反応槽は管径φ600mmで接続
	有効水深	1.8m	
充填剤形状	塩化ビニリデン(サラシ)の細い糸をモール状に編んだもの		
浄化水量	8,640m ³ /日		
滞留時間	1.0 hr		
曝気方法	接触材充填槽の床面に散気管を配管し、フロアにて送気		

2) 調査結果

調査結果を表-3に示した。ひも状接触酸化方式の浄化施設でのYES除去率は、平成16年11月の調査が63%、平成17年2月の調査が47%であった。2回の調査ともYES除去率はBOD除去率(11月:2.9%、2月:17.4%)、TOC除去率(11月:9.1%、2月:3.4%)に比べ高い値を示した。これらの結果は平成15年度に調査したバッキ付礫間接触酸化方式の浄化施設での調査結果と同様であった。

表-3 YES 除去特性調査結果

項目	単位	平成16年11月		平成17年2月	
		流入水	処理水	流入水	処理水
YES	ng/l	0.46	0.17	0.74	0.39
水温	℃	13.7	14.0	8.0	7.6
pH	-	7.7	7.7	7.5	7.5
DO	mg/l	7.5	8.3	8.5	8.3
SS	mg/l	9.6	26	2.6	1.4
BOD	mg/l	3.4	3.3	2.3	1.9
TOC	mg/l	2.2	2.0	2.9	2.8

2. 3 5箇所の河川浄化施設における調査

1) 調査方法

調査は5箇所の河川浄化施設(それぞれA~Eとした)を対象に2003年10月と2004年1月に行なった。各施設の詳細を表-4に示した。いずれの処理場も接触剤には礫を用い、A浄化施設のみ曝気装置が備えられている。採水は各施設の流入地点および放流地点で行い、現場で水温、pHを測定し、研究室で一般項目(SS、BOD、TOC)、ノニルフェノール関連物質、エストロゲンを測定した。また、遺伝子組み換え酵母によりエストロゲン様活性を測定した。

2) 結果および考察

各処理場における除去率の平均値を、それぞれ曝気装置付きの施設(A浄化施設)と曝気装置のない施設で整理し、図-2に示した。その結果、NPECを除くと、いずれの物質についても曝気により除去効率が高くなることが明らかとなった。これまでの研究から、滞留時間が長く、曝気を行ったほうがノニルフェノールやエストロゲン類の除去率が高くなることが報告されている。しかし、現在国内で稼働している多くの河川浄化施設のうち、約70%は曝気装置が装備されていないため、そのような施設におけるこれらの物質の除去特性について考察を行った。その結果、もっとも滞留時間の短いDおよびE浄化施設の除去率は低かった。D浄化施設に比べ処理量の多いE浄化施設ではそれぞれNP(13%)、NPEO(28%)、NPEC(10%)、BPA(15%)、E1(24%)、SS(27%)、BOD(34%)、TOC(11%)と特に低い値であった。エストロゲン様活性については施設内で増加するという結果となった。この結果より、曝気装置のない施設においては滞留時間をより長く設定することが有機汚染物質の除去・低減につながる

ることが明らかとなった。

本調査により主に有機物の除去を目的として運用されている河川浄化施設で、有機物だけでなくエストロゲン関連物質についても多くの項目で除去が可能であることが確認された。

表-4 調査対象施設の概要

施設名	施設の大きさ等 (m)	曝気の有無	滞留時間 (hr)	処理水量 (m ³ /day)
A	L28 x W125 x D3.5 x 5tunks	有	2.1-2.8	216,000
B	L18 x W85 x D4.3 x 2tunks	無	1.25	77,760
C	L21.5 x W121 x D2.6 x 2tunks	無	1.25	43,200
D	L7.35 x W57 x D3.7 x 1tunk L5.0 x W64 x D3.7 x 2tunks	無	0.5-1.0	51,840
E	L5.0 x W68 x D4.4 x 4tunks x 3series	無	0.5	259,200

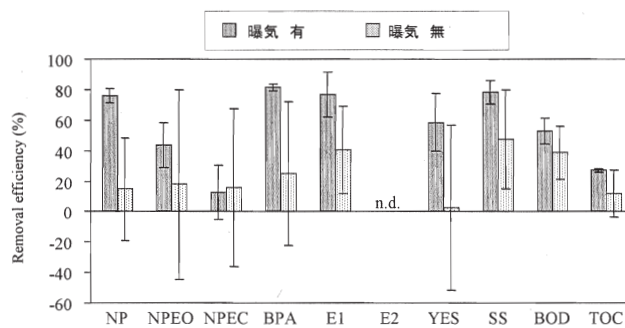


図-2 河川浄化施設におけるエストロゲン関連物質の除去特性

3. 河川浄化施設の実験模型作製

河川浄化施設におけるアンモニア除去機構解明のためのデータ取得が可能実験装置とするため、①水理学的滞留時間の変更が可能、②反応槽内での反応時間を考慮した試料採取が可能、③好気・嫌気の両条件の運転が可能な実験装置となるよう設計した。

流入（処理）水量を 144L/日、反応槽での水理学的滞留時間を 2 時間に設定し実験装置の基本設計を行った。図-3 に示すように、30L の反応槽に砕石を充填し、6 つに仕切ることにより反応時間を考慮した試料採取ができる設計とした。また、エアレーション設備を設け、バルブコントロールにより一方をエアレーション有、他方をエアレーション無とすることができる。流入水ポンプは流量可変式とし滞留時間の設定（1-4 時間）が可能な設計とした。

3. 1 トレーサー試験

一般に家庭・工場等から排出される下水は下水処理場に集められ、処理された後河川・湖沼・海域へ放流され

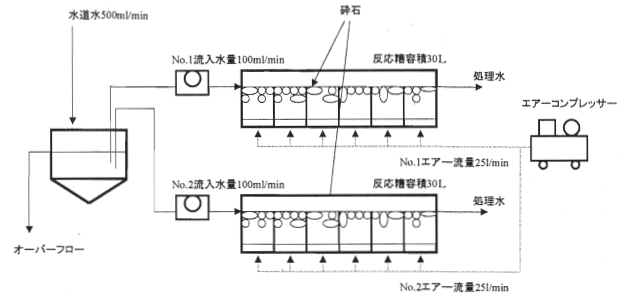


図-3 河川浄化施設実験装置

る。下水処理場での有機物除去は 90% を超えるものの、窒素などの栄養塩類についてはまだ不十分なところが多い。下水処理水が放流される河川等では、環境管理の水質保全目標を達成するため、礫間接触酸化方式の浄化施設等を用いた河川浄化事業を実施しているケースがある。これらの浄化施設では窒素などの栄養塩類について、直接浄化施設の機能が維持されているか情報が不足している。また、直接浄化施設の適正な機能を維持するために必要な設計や維持管理の方法が必ずしも十分研究されていない。

ここでは、浄化施設設計の基礎資料とすることを目的とし、礫間接触酸化方式の浄化実験装置について、その空隙特性をトレーサー試験によって求めた。

1) 礫間浄化実験装置

実験装置の概要を写真-1、写真-2 に示した。実験装置は、反応槽容積 30 l、砕石容量 15.7 l（有効容量 14.3 l）で流入水量：100ml/min で運転しており、水理学的対流時間 2.38hr である。実験装置 No. 1 は曝気有り（曝気空気量は 20-30l/min）、No.2 は曝気無しで運転した。

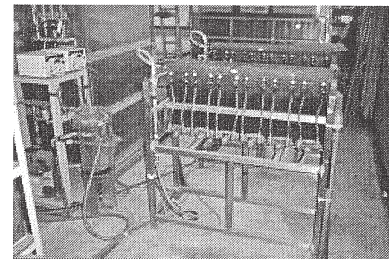


写真-1 実験装置（装置正面より撮影）

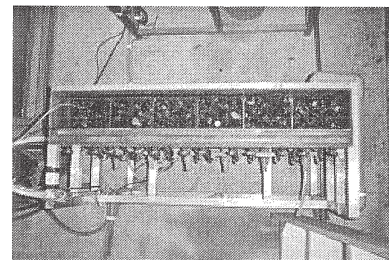


写真-2 実験装置（装置上方より撮影）

2) トレーサー試験方法

トレーサー試験は以下の条件で行った。

- ・トレーサー：塩化アンモニウム又は塩化リチウム (塩化リチウム (LiCl:MW42.39) 溶解度：84.8g/水 100g (25°C))
- ・塩化アンモニウム溶液 (1g/10ml) 又は塩化リチウム溶液 (1g/10ml) を 1ml 添加。
- ・塩化アンモニウム溶液又は塩化リチウム溶液添加後、処理水 (約 50ml) を 15 分又は 30 分間隔で 7 時間採取。
- ・採取した処理水を GF/B ろ紙でろ過後、イオンクロマトグラフィーで NH₄-N 又は Li 濃度を測定。

3) 試験結果

(1) 仕切り板の有るケース

装置内に仕切り板を入れることにより反応槽を 6 分割した場合の試験結果を図-4 (試験 A)、図-5 (試験 B) に示した。

試験 A はトレーサーとして塩化アンモニウムを用い、試験 B はトレーサーとして塩化リチウムを用いた。

試験 A、B とも同じ傾向を示し試験の再現性が確保されている。曝気有りの装置 No.1 と曝気無し装置 No.2 の平均滞留時間はほぼ 2 時間であり、反応槽容積と流入水量から求めた水理的滞留時間 2.38hr より約 15% 短くなっている。このことから、反応槽内に約 15% のデッドスペースがあることが推察される。

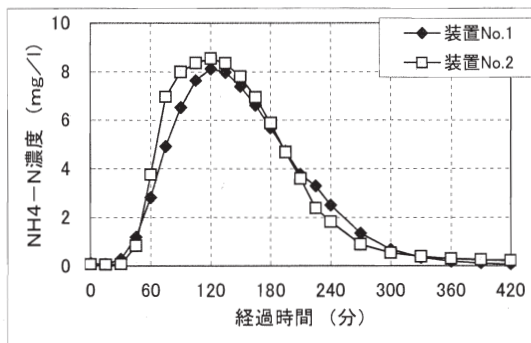


図-4 試験 A の結果 (NH₄-N)

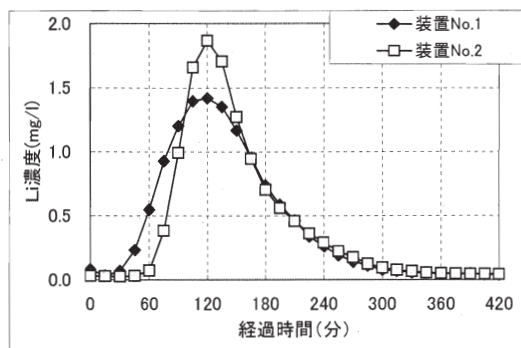


図-5 試験 B の結果 (Li)

(2) 仕切り板の有るケースと無いケースの比較

装置 No.2 から仕切り板を取り外し、仕切り板の有るケースと無いケースにおいて流入水注入口を上 (試験 C)、中 (試験 D)、下 (試験 E) とした比較試験を 3 回行った。装置 No.1、装置 No.2 とも曝気を行い試験した。試験結果を図-6 に示した。

図-6 から分かるとおり 3 回の試験結果はほぼ同じ結果であり注入口位置による大きな違いはみられない。

試験 C、D、E のどの試験においても仕切り板の有る装置 No.1 に比べ仕切り板の無い装置 No.2 では滞留時間が短くなっている。試験 C では、装置 No.1 の平均滞留時間 90 分に対し装置 No.2 では 60 分、試験 D では、装置 No.1 の平均滞留時間 105 分に対し装置 No.2 では 60-75 分、試験 E では、装置 No.1 の平均滞留時間 105 分に対し装置 No.2 では 75 分と 28% から 33% 短くなっている。このことから、仕切り板の無いケースでは短絡流が生じていることが分かり、その割合は約 30% であった。

トレーサー試験から求めた滞留時間は、反応槽容積と流入水量から求めた水理的滞留時間より短くなっており、その割合は約 15% であった。このことから、反応槽内に約 15% のデッドスペースがあることが示唆された。また、仕切り板が無い装置は、仕切り板の有る装置に比べ平均滞留時間が約 30% 短くなった。このことから、仕切り板の無いケースでは短絡流が生じていることが示唆された。

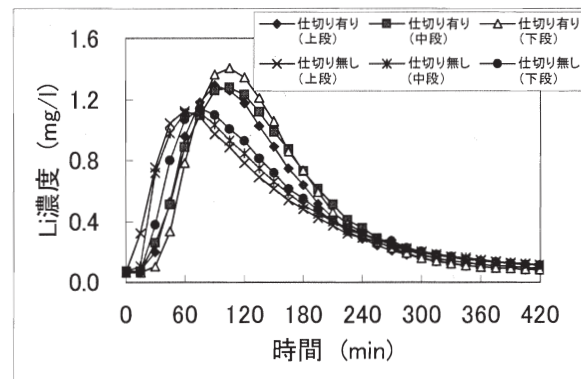


図-6 試験 A, B, C の結果

4. 河川浄化施設におけるアンモニア除去
4. 1 実験模型を用いたアンモニア除去実験

河川浄化施設の実験模型(図-7)を用いアンモニア除去実験を行った。30Lの反応槽に碎石を充填(有効容積15L)した装置であり、No.1をエアレーション有、No.2をエアレーション無とした。処理水量は144L/日、反応槽での水理的滞留時間は約2時間である。実験装置の流入水は、下水を脱塩素した水道水で希釈し塩化アンモニウムを加えたものとした。

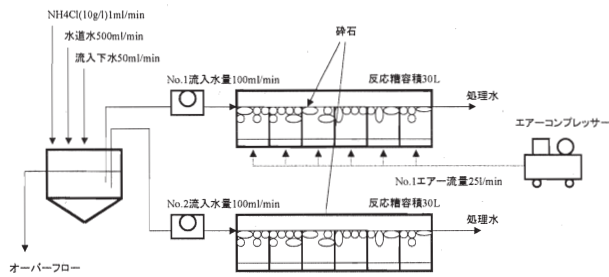


図-7 実験装置

平成16年6月30日から12月22日の約半年間にわたり実験を行った。実験期間の水質分析結果を表-5に、実験期間中の水温、DO、処理水No.1、No.2のNH4-Nの経時変化を図-8、図-9、図-10に示した。流入水質は中央値でみるとDOが1.2mg/l、BODが9.3mg/l、D-TOCが5.3mg/l、NH4-Nが7.5mg/l、NOx-Nが0.2mg/lであった。

実験開始当初(7月)の水温は30℃前後を示しているが、実験終了時(12月)では10℃前後となった。また、流入水のDOは0.2mg/l~5.3mg/l(中央値1.2mg/l)、曝気有りの装置No.1処理水は3.5mg/l~9.2mg/l(中央値6.6mg/l)、曝気無しの装置No.2処理水は1.0mg/l~4.1mg/l(中央値2.1mg/l)であった。

曝気付礫間接触酸化方式の処理水DOは6.6mg/lであり酸素供給は十分であった。また、曝気無し礫間接触酸化

表-5 河川浄化施設の実験模型を用いたアンモニア除去実験における水質分析結果

項目	試料	データ数	最小値	25%値	中央値	75%値	最大値
水温(℃)	流入水	112	11.9	18.1	25.6	28.5	32
	処理水①		9.1	16.5	23.4	27.5	31.2
	処理水②		9	16.7	24.1	27.8	33.5
pH(-)	流入水	112	6.5	6.7	6.9	7.1	7.8
	処理水①		4.4	5.9	6.8	7.1	8.3
	処理水②		5.3	6.6	6.8	7.1	7.9
DO(mg/l)	流入水	112	0.2	0.7	1.2	1.8	5.3
	処理水①		3.5	5.8	6.6	7.3	9.2
	処理水②		1	1.6	2.1	2.6	4.1
BOD(mg/l)	流入水	24	1.4	5	9.3	17.6	63.5
	処理水①		0.2	0.7	1.1	1.3	1.9
	処理水②		2.1	5.2	7.1	10.8	23.7
D-TOC(mg/l)	流入水	116	2	4.1	5.3	6.6	22.8
	処理水①		2	3.1	3.6	4.1	9.6
	処理水②		1.6	3.9	4.7	6	22.4
NH4-N(mg/l)	流入水	116	0.9	6.5	7.5	8.6	12.7
	処理水①		0.1	0.4	0.6	1.3	6.6
	処理水②		1	6.4	7.4	8.4	17.4
NOx-N(mg/l)	流入水	116	0.1	0.1	0.2	0.6	1.3
	処理水①		1.6	6.5	7.4	8.1	13.7
	処理水②		0.1	0.1	0.1	0.4	2.3

方式の処理水DOは2.1mg/lであり、流入水のDOより高い値を示したが装置内での再曝気によるものと考えられる。本実験でのBOD除去率はバッキ付礫間接触酸化方式で88%、曝気無し礫間接触酸化方式で24%、溶解性有機物のD-TOC除去率は、曝気付礫間接触酸化方式で32%、曝気無し礫間接触酸化方式で17%であった。

また、曝気付礫間接触酸化方式処理水のNH4-Nは十分NOx-Nまで酸化されており処理水中に残存する濃度は0.6mg/lであったが、水温が低下した11月以降は数mg/l(1.1~2.3mg/l)の濃度で処理水中に残存した。一方、曝気無し礫間接触酸化方式処理水のNH4-Nは調査期間全体を通じ7.4mg/lでありほとんど酸化されることなくNH4-Nのまま処理水中に残存していた。

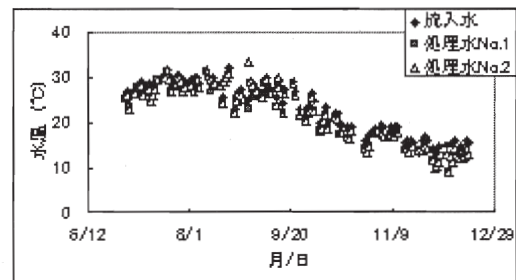


図-8 水温の経時変化

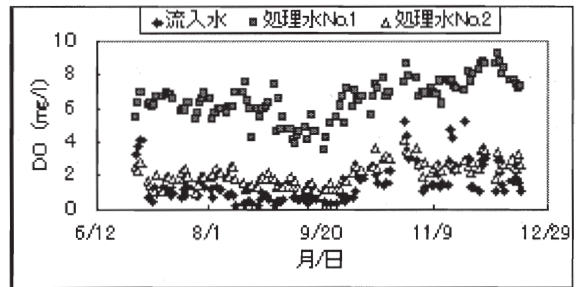


図-9 DOの経時変化

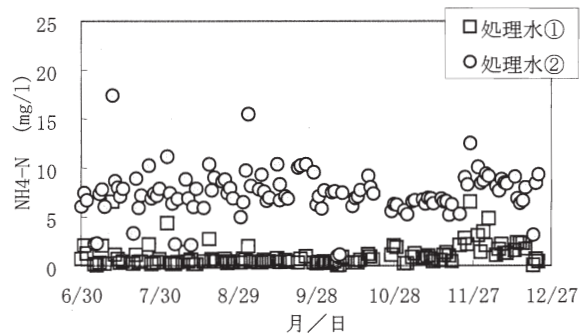


図-10 NH4-Nの変化(処理水①、処理水②)

実験期間中の NH₄-N、BOD、D-TOC の流入水濃度と流出水濃度の関係を図-11、図-12、図-13 に示した。

水温が 10℃～30℃の実験期間における NH₄-N の除去率は、曝気有りの装置 No.1 では 50%以上であるのに対し、曝気無しの装置 No.2 ではほとんど除去されていない。なお、流入水の NH₄-N は 0.9mg/l～12.7mg/l(中央値 7.5mg/l)、装置 No.1 流出水の NO_x-N は 1.6mg/l～13.7mg/l (中央値 7.4mg/l) であり流入水中の NH₄-N は、ほぼ 100%NO_x-N に酸化されていた。BOD 除去率は、曝気有りの装置 No.1 では 80%以上であるのに対し、曝気無しの装置 No.2 では

ほとんど除去されないケースから 50%程度の範囲でばらついていた。また、D-TOC 除去率は、曝気有りの装置 No.1 ではほとんど除去されないケースから 50%程度であるのに対し、曝気無しの装置 No.2 ではほとんど除去されていない。

礫間接触酸化方式の浄化施設において NH₄-N 除去を浄化目的の一つとする場合は、DO 供給が必須であり曝気設備が必要である。

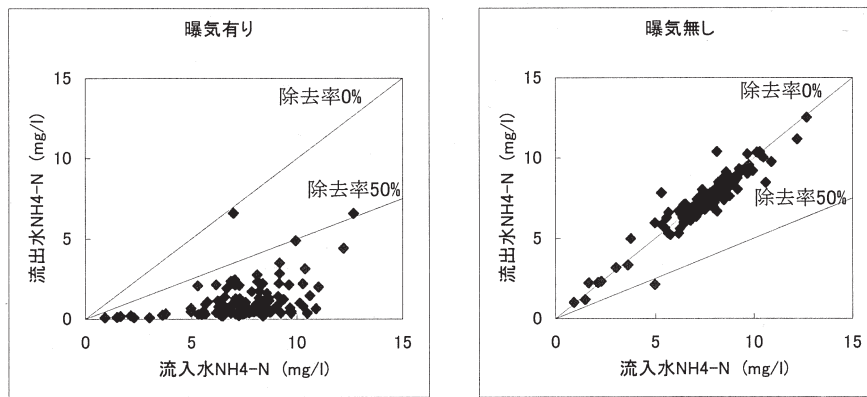


図-11 NH₄-N の流入水濃度と流出水濃度の関係

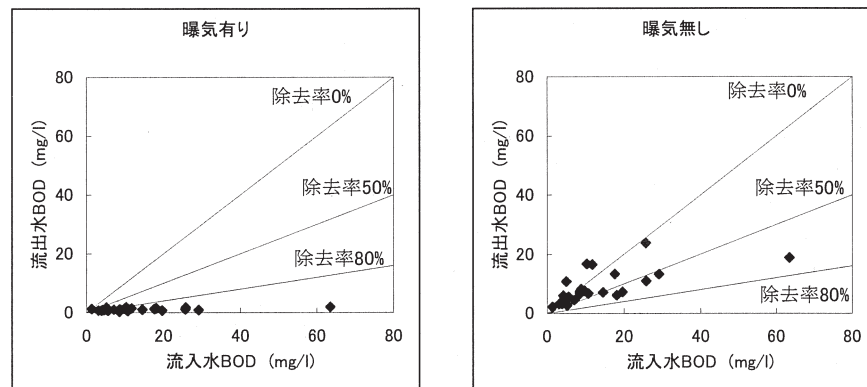


図-12 BOD の流入水濃度と流出水濃度の関係

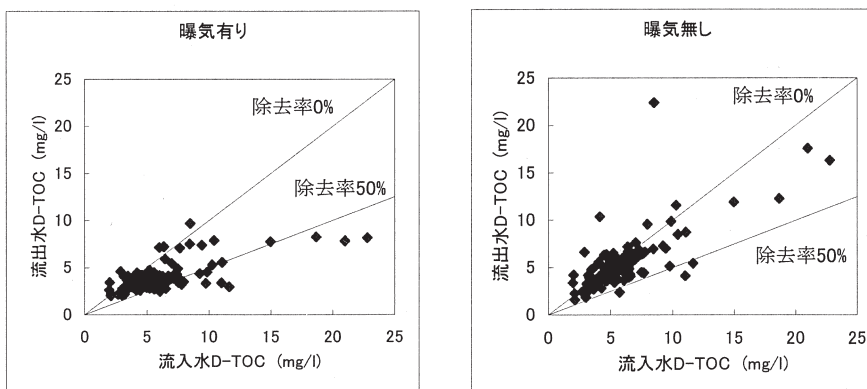


図-13 D-TOC の流入水濃度と流出水濃度の関係

4. 2 硝化過程の動力学モデルの構築

前述の河川浄化施設の実験模型(図-7)において、仕切り板により6槽に区切った系列を用いて、曝気を行いながら硝化の進行状況を観察し、この状況が再現可能な動力学モデルの構築を試みた。なお、供給水等の実験条件は、4. 1と同様である。

1) 初期硝化進行の実験結果

各槽における硝化の進行状況を図-14に示す。5日目を経過するあたりから急激にアンモニアの除去が進行し、10日後にはほぼ定常状態に達した。その状態においては、アンモニアの除去のほとんどが第1槽で行われる状況であった。

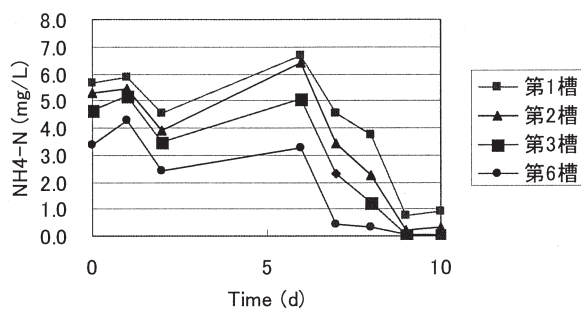


図-14 硝化進行に伴う各槽アンモニア濃度の変化

2) シミュレーションモデルの構築

上記の硝化過程をシミュレートする動力学モデルは、既存の生物膜モデルに、活性汚泥モデル(IWA Activated Sludge Model)の水質要素の考え方を適用することで構築した。

生物膜による有機物除去反応および硝化反応を表すモデルとしては、WannerとGujerによる生物膜モデル²⁾がある。本モデルにおいては、生物膜が微生物の集合体としての厚みを持つため、図-15に示すように、生物膜内の基質移動と微生物増殖による生物膜体積の変化をモデル内に組み込んでいる。生物膜全体での基質消費速度は、生物膜内の基質濃度分布と微生物濃度分布を算出することにより求める。

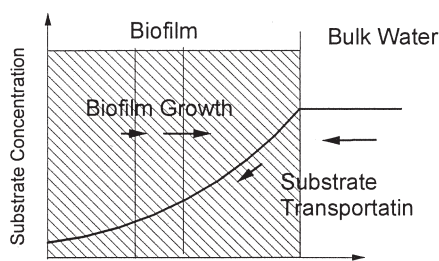


図-15 生物膜モデルの概要

シミュレーションソフトウェアとしては、AQUASIM³⁾を用いた。また、河川浄化施設実験模型のモデル構造は、

図-16に示すように、第1~3槽を連続した独立の生物膜リアクターとし、第4槽目以降は水質変化が小さいと考えられることから、1つの大きな生物膜リアクターとして設定した。なお、各生物膜リアクターは、DO濃度が2mg/L程度になるように酸素供給機構を組み入れ、生物膜と水相間の物質移動抵抗は、無視できるものとした。

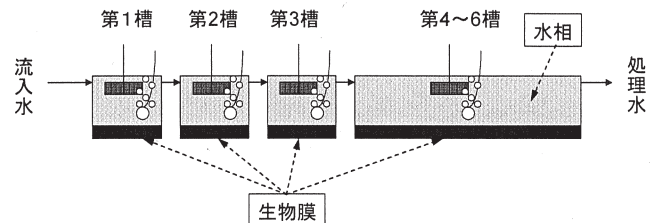


図-16 河川浄化施設実験模型のモデル構造

計算に当たっては、簡略化を行い、流入水のNH₄-N濃度は6mg/L、溶解性COD_{Cr}濃度は4mg/Lの一定とし、生物膜リアクターの水温は20°C一定とした。また、実験開始から5日目までの硝化が進行しない期間の再現計算は困難であったため、6日目を初期値としたシミュレーションを実施した。

図-17に6日目以降の実験結果を、図-18に硝化細菌の最大比増殖速度を1.0 d⁻¹としたシミュレーション結果を示す。このように、初期の硝化進行過程の傾向をモデルシミュレーションにより表すことができた。

今後は、水温変化が顕著な期間のデータを用いて、硝化速度に対する水温影響が表現できるモデルの構築を行う予定である。

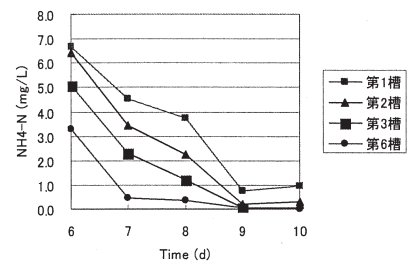


図-17 6日目以降の硝化進行状況(実験結果)

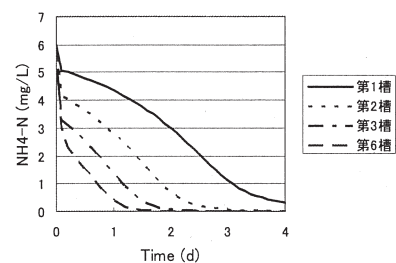


図-18 6日目を初期値とした硝化進行過程のシミュレーション結果

5. 河川浄化施設事例集と自己点検マニュアル作成

国土交通省水質連絡会の共通テーマ「河川浄化施設的设计・運用」について議論し、河川浄化施設の持続的・効果的な浄化機能を発揮するうえで、有益となる考え方、維持管理や施設運用方法、問題解決方法などに関する情報を提供し、維持管理の参考資料として利用することを目的とした河川浄化施設的事例集を整理した。また、河川浄化施設の運用および維持管理の現況を点検し、施設の問題や課題を整理するための手順を示す河川浄化施設自己点検マニュアル(案)を整理した。

水質連絡会は、国土交通省河川局河川環境課、国土技術政策総合研究所河川環境部、北海道開発局建設部、各地方整備局河川部・技術事務所をメンバーとする連絡会であり、河川浄化施設的事例集は関東技術事務所、河川浄化施設自己点検マニュアル(案)は九州技術事務所が中心となってまとめた。

1) 河川浄化施設的事例集

河川浄化施設は流入支川等の汚濁負荷削減のため、当該支川等の汚濁状況に応じて「河川直接浄化の手引き」(平成13年7月国土交通省河川局河川環境課)に基づき、計画・調査・設計されている。現在、直轄の浄化施設として約70施設が稼働している状況にある。直轄河川の水質は、近年10年間をもっても着実に改善傾向を示している一方で、親水面や河川生態系の保全・再生の観点から河川水質に求められるニーズも高くなっており、さらには環境ホルモンなどの微量有害物質など新たな水質問題も生じている。こうした状況下にあつて、河川浄化施設の役割、位置づけにも変化が求められるようになってきた。また、急速な人口減少に転じつつあるわが国では、大量にストックされた社会資本の更新、維持管理をいかに効率的にかつ適切に実施していくかが大きな課題となっている。河川浄化施設においても、既存施設の持続的な機能発揮を図るための適切な管理・運用あるいは施設改造など課題として注目されてきている。

こうした課題に対し、河川管理者や浄化施設の計画・設計者が課題解決の手段として「他の浄化施設では、どのような課題があり、どのように解決したか」を知ることが非常に有益であると考え。本事例集は直轄の浄化施設について、施設の管理・運用における課題に対し、解決・工夫した事例を収集し、今後の課題解決の参考となる事例集を作成したものである。今後、生じるであろう同様な課題解決の参考となる情報集の作成を目指したものである。

今後、河川浄化施設の課題は維持管理に関する事項が多くなることが予想されることから、事例集においても、汚泥処理・処分などの維持管理に関する内容に重点をおいた。本事例集は、浄化施設の課題解決のヒントを提供することを主目的としている。従って、「課題解決事例の

解説書」というよりも、「課題解決のトピック集」の作成を目指し、利用者が手軽に手にとって眺められる資料作成を心がけた。本事例集は、管理者、設計者にとって関心のあるテーマを設定し、そのテーマについて、有効な情報、データを有する浄化施設的事例(成功例も失敗例も)を示すスタイルとしている。掲載する事例の内容は、結果だけでなく、どうしてそうなったか経緯や検討した内容が分かるように心がけた。このため、必要に応じて、計画・設計・管理に携わった担当者等にヒアリングを行い、関連情報の収集を実施した。本事例集は、「全国水質連絡会」における成果に基づき作成している。事例のひとつとして、国土交通省の各地方整備局技術事務所における検討結果についても掲載している。

河川浄化施設的事例集の目次を以下に示す。

第1章 本事例集の利用方法

第1節 本事例集の目的

第2節 本事例集の作成にあたって

第3節 本事例集の構成

第2章 全国における浄化施設の設置状況

第1節 直轄の河川浄化施設一覧

第2節 河川浄化施設の設置目的

第3節 河川浄化施設の分類と件数

第3章 注目される水質項目の浄化特性

第4章 新たな浄化技術の開発

第5章 維持管理に関する問題の対応事例

第1節 流量管理

第2節 水処理プロセス管理

第3節 汚泥管理

第4節 エネルギー・コスト

第5節 維持管理における住民との協議

第6章 施設の有効活用検討事例

第7章 河川浄化施設の費用対効果検討事例

資料編 直轄河川浄化施設台帳

第1章は、本事例集の利用方法について記述している。本事例集の目的、作成方針、構成について記載した。

第2章では、全国における浄化施設の設置状況について記述している。河川直接浄化技術としては、礫、種々のプラスチック材、木炭、植生等の材質を浄化施設内、または、河床及び水面に充填した充填部に河川水を通すことによって汚濁物が浄化される。現在、礫、プラスチック接触材を使用した河川直接浄化施設が多いのが特徴である。

第3章は、注目される水質項目の浄化特性について記述している。近年の河川水質は、有機汚濁が解消されつつある一方で、窒素・リンの富栄養化問題、降雨時汚濁物質の影響、微量有害物質や病原性微生物などの水系リスクなどの水質問題も多様化している。本章では、こう

した注目される水質項目が既存の浄化施設でどの程度浄化可能であるのか、調査データを紹介する。

第4章は、新たな浄化技術の開発について記述している。多様化する水質問題への対応や建設コストや管理コスト抑制に対する要請から、新たな浄化技術の開発は現在も進められている。しかも、開発の方向性は、最新技術を導入したものがあ一方で、河川浄化の原点にある河川の特長、自浄作用を生かした浄化手法の開発も進められている。本章ではこうした浄化技術の開発の一端について紹介する。

第5章は、維持管理に関する問題の対応事例について記述している。河川浄化施設の水質浄化機能を維持するために維持管理は必要不可欠である。しかし、流入河川においては、流域の対策や環境の変化など特有の問題が生じている。河川浄化施設の維持管理における問題とその対応は施設個々に行われているのが現状である。河川浄化施設をどのように維持管理していくかが重要になってくる中で、本章は、本事例集のメインパートとして位置づけ、こうした維持管理のノウハウ蓄積・体系化の一助となることを意図してまとめている。

第6章は、施設の有効活用検討事例について記述している。現在、河川浄化施設は、流域対策の進展に伴い浄化対象河川の水質が計画値を大きく下回った、あるいは浄化対象水量が大きく減少したなどの要因により、計画当初の運用を見直さざるを得ない状況にある。このような環境の変化に伴い、更なる有効活用の方策が求められている。すでに検討されている事例の一部を本章では紹介する。

第7章は、河川浄化施設の費用対効果検討事例について記述している。河川管理者が事業計画の立案や事業評価に取り組む際に、費用対効果の検討があげられる。河川浄化対策を行う上で、水環境改善に伴う経済効果の把握が必要と考えられる。近年、事業評価において費用対効果分析が必要とされる中で、河川浄化施設における検討事例の一部を紹介する。

また、資料編として、直轄河川浄化施設台帳を整理した。直轄管理の70施設について統一記述様式で整理している。記述内容は、浄化対象河川、水系河川名、事業主体、事業名、所在地、施設設置場所、浄化手法名、建設費、供用開始年月の他、①計画目的、②浄化フロー、③施設諸元（計画諸元、施設設計諸元）④施設概要（図面、写真）⑤稼働実績（水量・水質の状況、浄化条件の状況、汚泥処理の状況）、⑥浄化施設の維持管理、⑦浄化施設の問題・改善等（施設履歴、施設稼働状況の評価、維持管理上の問題点、施設や維持管理の工夫・改善）、⑧その他（施設担当部局、連絡先、参考資料、作成年月日）である。

2) 河川浄化施設自己点検マニュアル（案）

自己点検の目的は、河川浄化施設を適正に運用してい

く上で必要な施設の基本事項や運用状況を理解するとともに、維持管理の現況を認識し問題点、課題を自ら抽出することである。本マニュアル（案）は、自己点検の手順、点検項目、問題点の整理方法を示すものである。自己点検により明らかになった問題点や課題については、改善に向けて調査、検討を行い、適切な措置を講ずることが重要である。

河川浄化施設自己点検マニュアル（案）の目次を以下に示す。

第1章 自己点検マニュアルの活用にあたって

第1節 自己点検マニュアルの目的

第2節 自己点検の時期

第3節 自己点検の実施者

第4節 自己点検の内容

第5節 自己点検実施フロー

第6節 自己点検チェック様式

第2章 河川浄化施設の概要把握（基礎編）

第1節 既往資料の確認

第2節 浄化施設の基本事項の確認

第3節 点検結果の整理

第3章 維持管理現況の把握（管理編）

第1節 維持管理体制及び計画の確認

第2節 管理記録の確認

第3節 設計条件（計画値）、維持管理計画と実績値（時速値）との比較・確認

第4節 点検結果の確認・整理

第4章 現場施設の確認（点検編）

第1節 接触酸化（礫・接触材）浄化施設

第2節 植生浄化施設

第3節 凝集沈殿施設

第4節 点検結果の確認・整理

第5章 その他

第1節 苦情対応

第2節 緊急時、水質事故時対応

第3節 その他

第6章 点検結果のとりまとめ

第1節 問題点・課題の整理

第2節 改善・見直し行動計画

チェックシート一式

資料編

第1章は、自己点検マニュアルの活用について記述している。自己点検マニュアルの目的、自己点検の時期、実施者、内容、実施フロー、チェック様式について記載した。

第2章は、河川浄化施設の概要把握（基礎編）について記述している。河川浄化施設の概要把握とは、管理している浄化施設の設計条件、設計諸元、施設構造、浄化

手法、運用計画などについて管理実務者が把握するために、既往報告書、各種計画書について存在の有無、保管状況を確認するとともに、その概要を理解するものである。

第3章は、維持管理現況の把握（管理編）について記述している。現在実施されている維持管理の体制、管理計画、緊急時対応などの維持管理体制と個々の管理記録を確認し、現状での維持管理実態を明らかにするとともに、問題点や課題を抽出するための現状把握である。

第4章は、現場施設の確認（現場編）について記述している。現場施設の確認は、第2章の河川浄化施設の概要把握（基礎編）で示した施設の構造や浄化手法などの基本事項の理解、第3章の維持管理現況の把握（管理編）で示した維持管理の実情の確認により、施設の維持管理上の問題点、課題の現状を把握した上で、実際の施設において問題点および課題を確認するものである。点検にあたっては、実際に日常管理や定期点検を行っている担当者（河川巡視者あるいは委託者）、水質観測を行っている担当者（委託を含む）といっしょに廻り、詳しい説明を聞くとともに、現場サイドでしか分からないような細かな問題点などについてもヒアリングなどにより確認することが重要である。なお、この章では、各施設でのポイント点検に重点を置いた上で、施設全体の状況も確認できる手順で整理している。従って、管理記録のチェックで十分と判断された事項についての現場確認は省略する場合もあるものとする。

第5章は、その他として、苦情対応、緊急時・水質事故時対応と施設の特長性に関して当該施設に特有な事情がある場合は整理して記載することとした。

また、チェックシート一式と河川浄化施設の自己点検にあたって必要となる整理表、維持管理体制図表、維持管理計画書、各種管理記録書の書式を資料編として整理した。

6. まとめ

6. 1 河川浄化施設におけるエストロゲン様活性の除去特性調査

礫間接触酸化方式、ひも状接触酸化方式の浄化施設におけるエストロゲン様活性の除去率は47%～67%であり、SS、BOD、TOCの除去率と同等あるいはそれ以上であっ

た。

6. 2 河川浄化施設におけるアンモニア除去

1) トレーサー試験から求めた滞留時間は、反応槽容積と流入水量から求めた水理学的滞留時間より短くなっており、その割合は約15%であった。このことから、反応槽内に約15%のデッドスペースがあることが示唆された。また、仕切り板が無い装置は、仕切り板の有る装置に比べ平均滞留時間が約30%短くなった。このことから、仕切り板の無いケースでは短絡流が生じていることが示唆された。

2) 水温が10℃～30℃の実験期間において曝気のアルケースと無いケースでNH₄-N除去実験を行った結果、曝気有りの装置No.1では50%以上除去されているのに対し、曝気無しの装置No.2ではほとんど除去されなかった。礫間接触酸化方式の浄化施設においてNH₄-N除去を浄化目的の一つとする場合は、DO供給が必須であり曝気設備が必要である。

3) 付着型の硝化細菌、従属栄養細菌による水質浄化過程を再現する動力学的モデルを構築し、初期の硝化進行過程の傾向をモデルシミュレーションにより表した。

6. 3 河川浄化施設事例集と自己点検マニュアル作成

河川浄化施設の持続的・効果的な浄化機能を発揮するうえで、有益となる考え方、維持管理や施設運用方法、問題解決方法などに関する情報を提供し、維持管理の参考資料として利用することを目的とした河川浄化施設の事例集を整理した。また、河川浄化施設の運用および維持管理の現況を点検し、施設の問題や課題を整理するための手順を示す河川浄化施設自己点検マニュアル（案）を整理した。

【参考文献】

- 1) 矢古宇 他 (1999) 組み換え酵母を用いた下水中のエストロゲン活性の測定, 環境工学研究論文集, 第36巻, pp.199-208
- 2) Wanner, O. and Gujer, W. (1984) Competition in Biofilms. Wat. Sci. Tech. 17, pp.27-44
- 3) Reichert, P. (1994) Aquasim - A Tool for Simulation and Data Analysis of Aquatic Systems. Wat. Sci. Tech. 30, pp.21-30.