

下水処理水放流先水域に 形成される生物相に関する調査研究

1. はじめに

下水道の普及に伴い、下水処理水が放流先水域に占める量的割合が増加している。また、下水処理水を修景用水として再利用する事例が増加しているが、下水処理水を主たる水源とする水環境において形成される生態系の実態については、現状では十分に把握されていない。

放流先水域の生態系に対する下水処理水の影響の大きさから、下水道事業にそれらに対する配慮が求められてきている。そこで、本研究は、下水処理水による生態系に対する効果・影響を把握し、下水処理水を用いて多様な水生生態系を創出していくための下水道のあり方を検討することを最終目的とし、下水処理水の放流および再利用により形成される水環境の実態の解明、環境要因との関連等の検討を行うものである。

本機構では、平成8年度から建設省土木研究所（当時）と連携を取りながら、札幌市、東京都、横浜市、大阪府をはじめとする都市との共同研究を行い、調査を進めている。本報告では、本機構に設置している「生態系との共生をはかる下水道のあり方検討会」にて取りまとめた過年度の調査結果（平成8年度～平成12年度）をもとに、下水処理水放流先水域における生物相と環境要因との関連について述べる。

2. 調査概要

2.1 調査対象水域の概要

平成12年度までに札幌市、東京都、横浜市、横須賀市、愛知県、大阪府、岡山県、北九州市との共同研究を行い、表-1に示す11処理場の、処理水を放流している河川等の自然の水域や、処理水を再利用しているせせらぎ水路等の創出型水域を対象として調査を行った。

表-1 調査対象水域の概要（平成8年～平成12年）

処理場	処理方式	消毒方式	調査水域	処理水量比	調査期間
S処理場	標準活性汚泥法+急速ろ過	塩素消毒	y川	100%	H8～H10
N処理場	嫌気好気活性汚泥法	塩素消毒	m川	80%	H8～H10
T処理場	嫌気・硝化内生脱窒法 +PAC注入+急速ろ過	オゾン消毒	e川	100%	H8～H9
K処理場	標準活性汚泥法+急速ろ過	オゾン消毒	i川	100%	H9～H10
G処理場	嫌気好気活性汚泥法 +急速ろ過+礫間接触酸化	塩素消毒	k川	70%	H9～H11
			nk水路	90%	
		紫外線消毒	安定化池	100%	
A処理場	標準活性汚泥法	塩素消毒	n川	70%	H12

SK処理場	標準活性汚泥法	塩素消毒	t川	70%	H12
O処理場	標準活性汚泥法+急速ろ過	紫外線消毒	tビオトープ	100%	H12
Y処理場	凝集剤添加硝化脱窒法 +急速ろ過	紫外線消毒	冷却池・植生浄化池	100%	H12
		未消毒	y水路		
J処理場	凝集剤添加活性汚泥循環変法 +急速ろ過	塩素消毒	j湖	—	H12
KG処理場	標準活性汚泥法	塩素消毒	dビオトープ	100%	H12

2.2 調査項目

環境要因と生物相の関連を把握するため以下の項目について調査を行った。

- ① 現地測定項目－気温、水温、流量、流速、透視度、電気伝導度、溶存酸素量
- ② 水質分析項目－pH、濁度、SS、BOD、TOC、T-N、O-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、PO₄-P、クロロフィルa (Chl-a)、残留塩素、色度
- ③ 付着物分析項目－乾燥重量、強熱減量、クロロフィルa (Chl-a)
- ④ 生物調査項目－動・植物プランクトン、付着藻類、底生動物、魚介類、水生植物、微小動物

3. 調査結果と考察

3.1 処理水を主たる水源とする水域において生息する生物

処理水は、自然の河川水等に比べて栄養塩類濃度が高いこと、消毒による影響が出る場合があること、水温の季節変動が少ないことなどの特徴を持っている。放流口や処理水再利用によるせせらぎ水路等において生息する付着藻類および底生動物の出現種数は、それぞれのべ199種および108種（1ヵ所当たり平均69種および34種）であった。すなわち、処理水を主たる水源とする水域においても、該当地域周辺が生息範囲であり、かつ河床構造等の物理的環境条件が適合していれば、生物は生息可能であり、生態系を構成する能力を有していると考えられる。

3.2 処理水が流入することによる指数等の変化

(1) 生物指標

本調査では、環境要因と生物相との関連を解析するために生物指標を用いている。生物指標とは、生物の個体数や細胞数、出現種数のほか、多様性指数、汚濁指数等の生物指数などのことであり、生物の生息状況からその水域の汚濁の程度や多様性について評価しようとするものである。なお、生物指標のうち、生物指数として本調査で用いたものは汚濁指数、多様性指数、AIであり、以下のとおり算出する。

○汚濁指数 (pollution index: Pantle u. Buck法)

生物の出現多少度と汚濁階級指数により水域の水質汚濁の状況を把握する手法であり、付着藻類および底生動物に適用する。一般に、値が大きいほど水域の汚濁が進んでいると評価される。

○多様性指数 (Diversity index)

生物量と種類の比を表し、付着藻類および底生動物に適用する。種が多ければ多いほど、また種ごとの密度が均一であればあるほど多様性指数は高くなる。

○AI (Autotrophic Index)

付着物の強熱減量 (=有機物量) と付着藻類クロロフィルa量 (=付着藻類現存量) との比を表し、付着藻類に適用する。有機汚濁および富栄養化の状況を指標するものであり、値が大きいほど汚濁が進んでいると評価される。一般に、汚染されていない水域のAI値は50～100とされる。

(2) 処理水が流入することによる指数等の変化

付着藻類および底生動物はほとんど移動しないため、その地点での環境要因の影響を受けやすいと考えられ、有機汚濁や富栄養化、重金属汚染等の生物指標に採用されている。このうち特に水質の影響を受けやすい付着藻類について、4つの都市河川における処理水流入による変化 (=放流口の上下流における変化) をまとめると、図-1に示すとおりであった。

- ・放流口では、栄養塩類や残留塩素等の水質の特徴や、放流口という特殊な構造および水理環境によって、生育する種が限られ、高い栄養塩類濃度に適した種や、塩素への耐性のある種等、特定の種が極端に増殖するため、多様性指数が減少するものと考えられる。
- ・処理水と河川水が混合し、下流に行くに従い、処理水の影響が緩和される傾向にある。
- ・m川とk川ではn川とt川に比べて多様性指数の回復がやや少ない。これは後者の河床が礫や砂を中心とした比較的 naturally 近いものであるのに対し、前者の河床は平板なコンクリートの三面張り構造であり、多様性に乏しいことが1要因と考えられる。

・k川では汚濁指数, AIともに下流の方が小さく, 処理水により有機汚濁が希釈されたものと考えられる。

3.3 処理水が流入することによる季節変化の減少

下水処理水は冬でも暖かく, 自然の河川水に比べて水温の変動が小さい。前述の4河川における調査結果では, 放流口の上下流における水温の差は, 夏季にはほとんどないが, 冬季には5℃~10℃であった。

自然の河川においては, 水温の季節変動によって生物の出現状況が変化する。これに対し, 処理水が河川へ流入することにより, 図-2および表-2に示すような影響が見られた。図-2において, m川のヒメモノアラガイの個体数は, 処理水の流入前には夏季に多く, 夏季から冬季に向けて減少する傾向にあったが, 処理水流入後では,

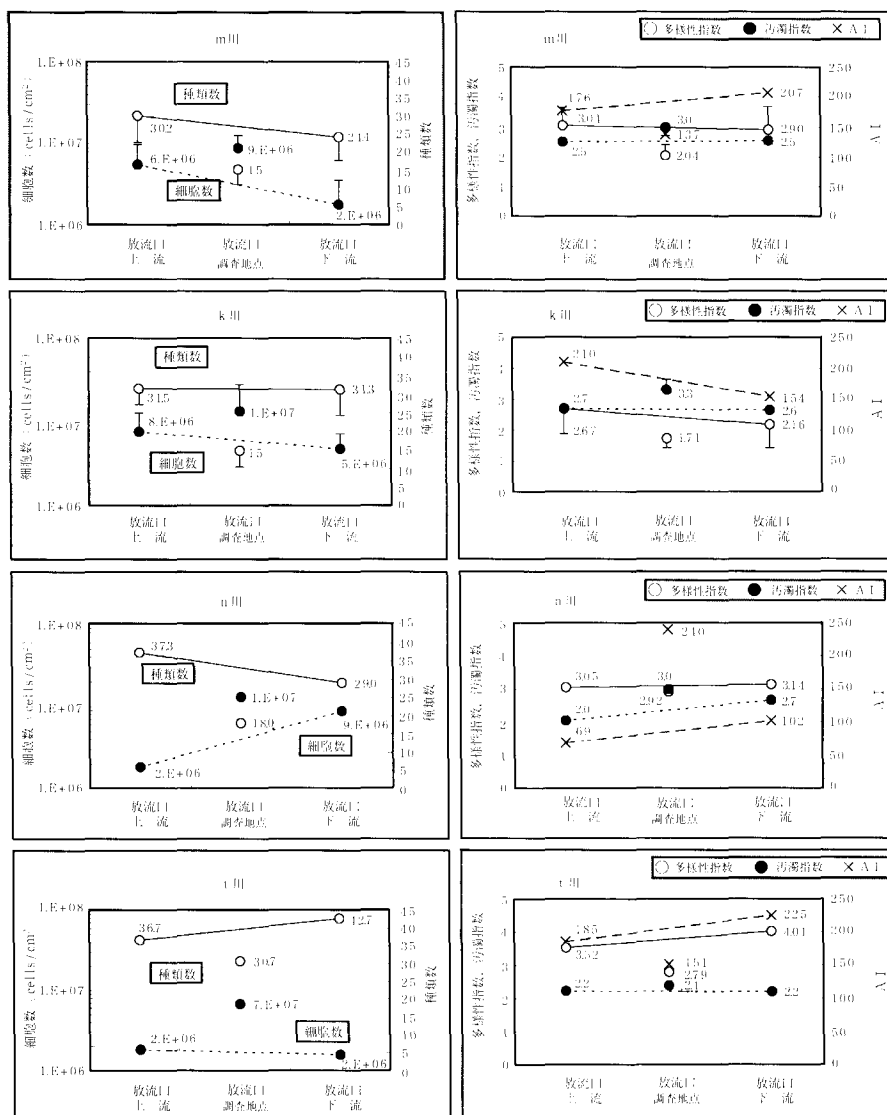
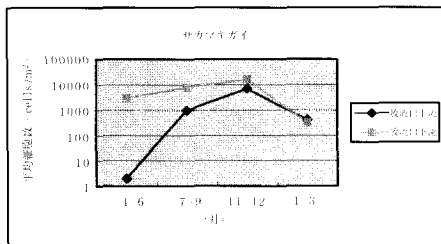
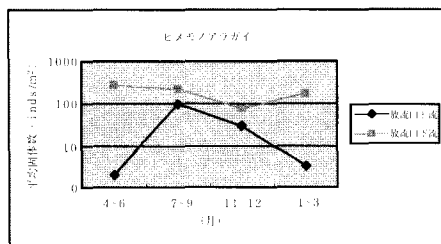


図-1 処理水の流入による付着藻類の変化

底生動物 (m川)



付着藻類 (k川)

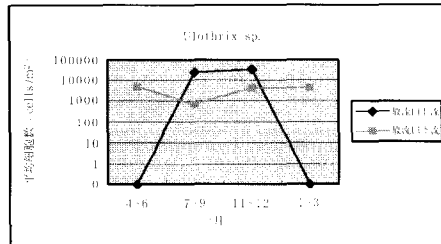
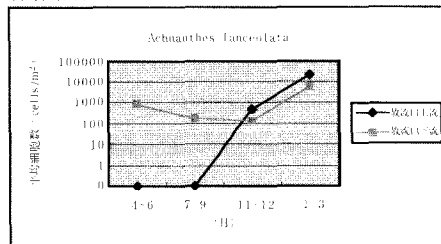


図-2 処理水の流入によって季節変動がみられなくなった種

年間を通してほぼ同程度に出現するようになった。

また, 表-2より, 処理水の流入によって季節変化がなくなった生物種は, 本来は夏に多い種がほとんどであった。すなわち, 処理水の流入によって, その下流側では水温が比較的高い状況が維持され, 冬でも夏に出現する種が出現したものと推察される。特にn川では, 地域特性から河川水と処理水の水温差が大きく, この傾向が大きく現われている。

表-2 処理水の流入によって季節変化がみられなくなった種

	放流口上流では夏に多く冬に少ないが、 放流口下流では季節変化が無くなった種	放流口上流では冬に多く夏に少ないが、 放流口下流では季節変化が無くなった種		
m川	-	ヒメモノアラガイ (<i>Bakerlymnaea viridis</i>) サカマキガイ (<i>Physa acuta</i>)	-	-
k川	<i>Chlorolobion</i> (cf. <i>braunii</i>) <i>Ulothrix</i> sp.	エリユスリカ亜科 (<i>Orthocladinae</i>)	<i>Achnanthes lanceolata</i>	-
n川	<i>Oscillatoria</i> sp. <i>Frustulia vulgaris</i> <i>Navicula minima</i> <i>Navicula mutica</i> <i>Navicula subminuscula</i> <i>Nitzschia amphibia</i> <i>Pinnularia braunii</i>	イトミミズ科 (<i>Tubifex</i> sp.) エリユスリカ亜科 (<i>Orthocladinae</i>) ユスリカ科 (<i>Chironomidae</i>)	-	-
t川	<i>Achnanthes exigua</i> <i>Gomphonema parvulum</i> <i>Navicula cryptoceptala</i> v. <i>veneta</i> <i>Navicula symmetrica</i> <i>Navicula ventralis</i>	-	<i>Achnanthes minutissima</i>	エリユスリカ亜科 (<i>Orthocladinae</i>)
	付着藻類	底生動物	付着藻類	底生動物

3.4 消毒と生物相との関連

処理水は、衛生上の観点から消毒が行われる。消毒は、放流先の生物に対して何らかの影響があるものと考えられ、本調査においても消毒と生物相の関連性を検討してきた。

図-3は、塩素注入率と生物の出現種数の関連を示したものである。付着藻類、底生動物ともに塩素注入率が1.0~1.5 mg/lを超えると出現種が極端に少なくなっている。

また、過去の調査から、塩素消毒が行われている処理水の放流先水域においては、塩素に対する感受性の低い *Chlorolobion* 属が特徴的に出現することがわかっており、*Chlorolobion* 属が残留塩素の影響があるかどうかの指標になるかどうかについて検

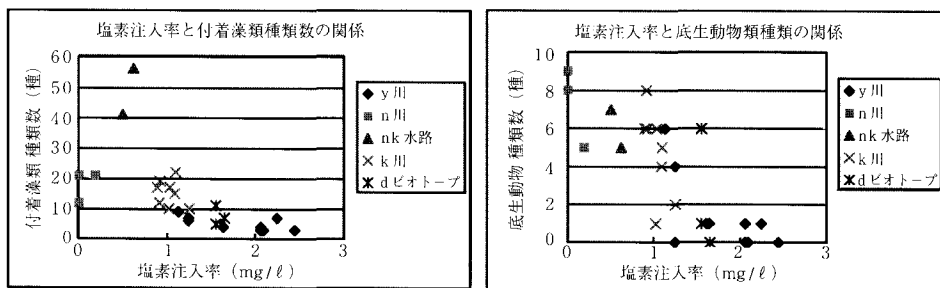


図-3 塩素注入率と出現種数

討した。*Chlorolobion* 属は単細胞性の緑藻類であり、他の藻類が繁茂する環境では生育が困難であるが、塩素によって他の藻類が生息できなくなると、出現するようになるものである。

図-4は塩素注入率と *Chlorolobion* 属の占有率の関係を示すものである。注入率が1.0 mg/l付近からS字形でグラフが立ち上がっており、関連性が窺える。

なお、図-3および図-4において残留塩素実測値を使用せずに塩素注入率を使用しているが、これは、現地調査時に残留塩素が検出されない場合が多いためであるが、上記結果より、放流先水域において残留塩素が検出されない場合においても、生物への影響があると考えられる。

このほか消毒と生物相との関連については、過年度の調査結果から以下のことが示されている。

- ・河床材料が類似した水域における底生動物の出現状況を比較すると、塩素消毒の場合よりオゾン消毒の場合の方が、種類数が多く、多様性が高い。
- ・残留塩素濃度が低下すると、底生動物の出現種類数や多様性が増加する。

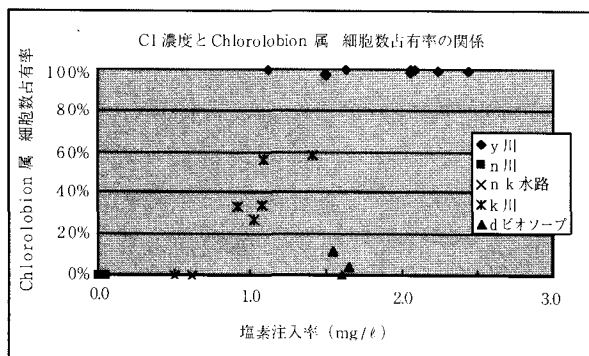


図-4 塩素注入率と *Chlorolobion* 属の占有率

・残留塩素濃度が高い場合でも、河床材料を工夫することで、底生動物の出現状況を改善することができる。

3.5 栄養塩類と付着藻類との関連

既往の調査では、下水処理水は通常の河川に比べて栄養塩類濃度が1桁近く高く、処理水の放流先水域においては藻類の繁茂がよく見られる。そこで、本調査では、栄養塩類濃度と付着藻類の出現状況との相関を検討した。

図-5は、処理水を供給している2本のせせらぎ水路における栄養塩類濃度と付着藻類クロロフィルa (Chl-a) 量の関係を示したものである。どちらの水路も処理水100%であり、オゾン消毒をしているという点で条件が同じである。この2水路において、栄養塩類濃度と付着藻類の出現状況の比較をすると、栄養塩類濃度の高いi川の方が、e川よりChl-a量が低くなっていた。

図-6は同じく栄養塩類濃度とChl-a量の関係を示したEPA (米国環境保護庁) の資料に、図-5にプロットしたデータの範囲を丸で示したものである。EPAの資料によると、全窒素濃度で約1mg/l、全りん濃度で約0.3mg/l以下の範囲においては、濃度の上昇とともに、Chl-a量が増加する傾向が見られる。しかし、その範囲を超えて栄養塩類濃度が高くなると、その傾向は見られなくなることが示されている。

以上より、本調査の対象水域においては、栄養塩類濃度が藻類の増殖に影響を与える範囲を超えてい

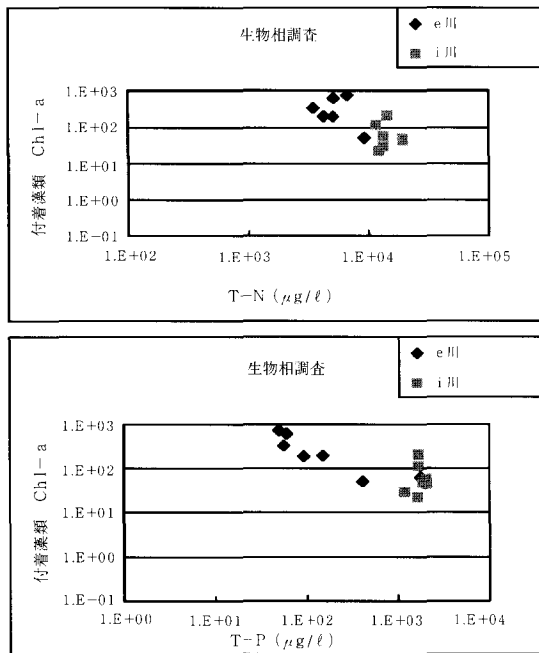
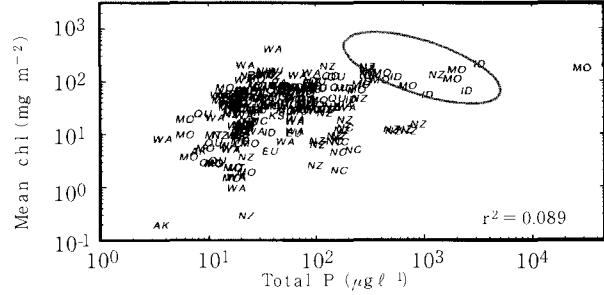
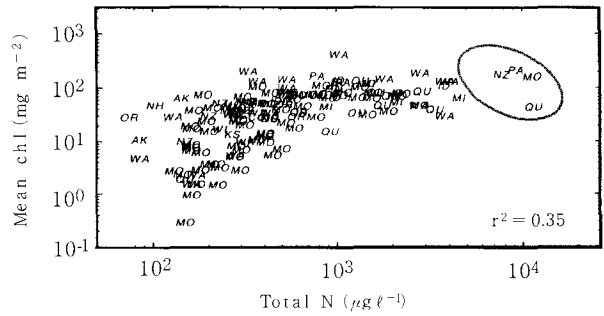


図-5 栄養塩濃度と付着藻類Chl-a量



AK-Alaska, ID-Idaho, MI-Michigan, MO-Montana, NH-New Hampshire, NC-North Carolina, OR-Oregon, PA-Pennsylvania, WA-Washington, QU-Quebec, EU-Europe, NZ-New Zealand
[Nutrient Criteria], USEPA. (2000) より

図-6 栄養塩濃度と付着藻類Chl-a量 (EPA)

たため、藻類の出現状況との間に一定の傾向が見られなかったものと推察される。

3.6 NH₃濃度と底生動物との関連

アンモニアは、藻類にとっては栄養となり得るが、ある種の底生動物にとっては、その濃度によっては生息を脅かすものとなる。過去の調査結果では、NH₄-N濃度が高くなると、トンボ科の出現が見られなくなることが示されていた。今回は、NH₄-N濃度とともに、NH₃-N濃度についても底生動物への影響について検討した。

水中のアンモニアは、イオン化しているNH₄⁺ (イオン化アンモニア) とイオン化していないNH₃ (非イオン化アンモニア) の2つの形態で存在しており、生物への毒性はNH₃の方が高いとされている。両者らの平衡関係は水温とpHによって制御され、水温が高いほど、また、pHが高い (アルカリ側) ほどNH₃の割合が高くなる。

水質調査結果から、NH₄-N濃度をNH₃-N濃度に換算して底生動物との関連を検討した結果、NH₃-N濃度と底生動物の関係は、NH₄-N濃度との関係より明確であった。イトミミズ科やユスリカ科、ウオビル科などは高濃度水域でも出現したが、トンボ科やシマトビケラ科、コカゲロウ科などは一定の濃度以上では出現しなかった。

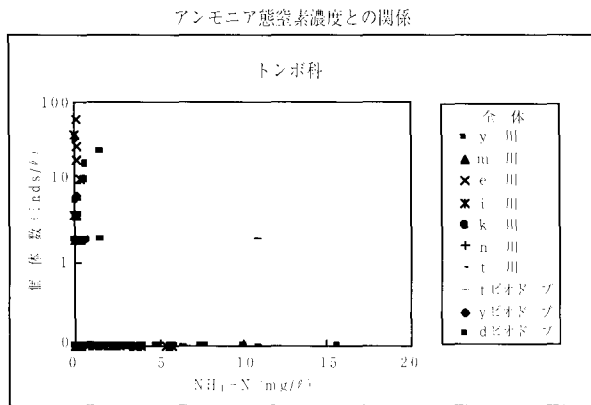
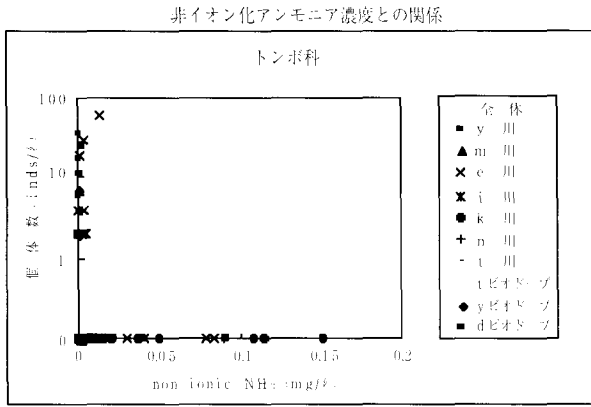


図-7 アンモニア濃度とトンボ科の個体数

3.7 溶存酸素濃度と底生動物との関係

底生動物は、呼吸のために水中に溶解している酸素を必要とする。一方、処理水は、一般の河川水と比較してDO濃度が低い。そこで、溶存酸素 (DO) 濃度と底生動物の出現状況の関係を前掲の4つの河川について検討した結果、サカマキガイ科やイトミミズ科などは5mg/l以下でも出現したが、ザリガニ科や、コカゲロウ科、イトトンボ科などは5mg/l以下では出現しなかった。

3.8 水温と生物相

前述のとおり、処理水は河川水に比べて水温が高く、河川に流入することにより生物の出現状況に季節変化がなくなる傾向が見られた。そこで、水温と生物の出現状況との関係を検討した。

底生動物では、カゲロウ目の多くの種やイトビケラ科などは水温が15℃以上で多く出現し、サカマキガイ科やユスリカ科は幅広い水温で出現した。

付着藻類は底生動物に比べて水温に対する適応幅が広いが、網別に比較すると、藍藻網は20℃より高温側で占有率が増し、珪藻網は低温側、緑藻網は中間で占有率が高かった。

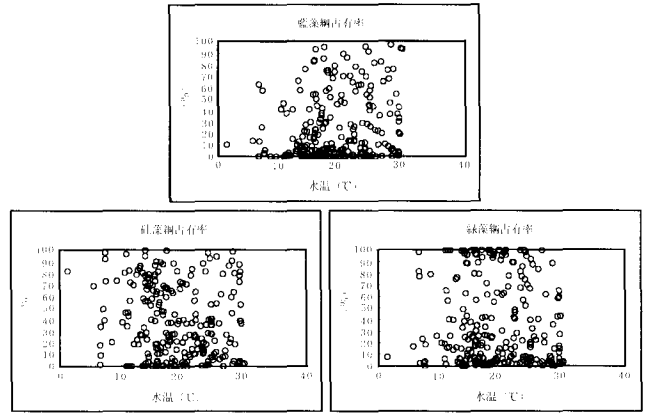


図-8 水温と藻類の網別優占率

3.9 河床材料と生物相

(1) 出現種と河床材料との関係

i川において、水質が同一と考えられる区間に、河床材料の異なる区域を実験的に設定して生物相の変化を調査した結果、付着藻類では表-3に示すように、半数弱の種がいずれの河床材料にも出現していたが、種毎に河床材料別の出現状況を比較すると、他の河床材料より小礫あるいは大礫で卓越する種が多く、レンガで卓越した種は2種のみであった。

底生動物では表-4に示すように、レンガでユスリカの出現が少なく、砂で貝類の出現が見られなかったことが特徴的であった。また、種毎に河床材料別の出現状況を比較すると、大礫で卓越する種が多かった。

表-3 河床材料と付着藻類出現種

分析項目	網名	学名	河川名 調査日 地点		
			i川 小礫	i川 大礫	i川 レンガ
付着藻類	藍藻類	<i>Homoeothrix janthina</i>	400		
		<i>Phormidium</i> spp.		69	
	珪藻類	<i>Achnanthes lanceolata</i>		120	
		<i>Achnanthes minutissima</i>		52	
		<i>Achnanthes</i> sp.	34	170	34
		<i>Amphora ovaris</i>	17		
		<i>Cocconeis placentula</i>	120	160	500
		<i>Eunotia</i> spp.		34	52
		<i>Frustulia</i> sp.		17	
		<i>Navicula capitata</i>	190	160	160
		<i>Navicula cryptocephala</i>	17	52	
		<i>Navicula</i> spp.	17	52	17
		<i>Nitzschia amphibia</i>	17		
		<i>Nitzschia linearis</i>	17		
		<i>Nitzschia palea</i>	52		17
		<i>Nitzschia</i> sp. (cf. <i>parvula</i>)	450	140	240
		<i>Nitzschia</i> sp.	86	100	34
		<i>Pinnularia biceps</i>		17	
		<i>Pinnularia gibba</i>	340	190	140
		<i>Pinnularia</i> spp.	17	34	17
<i>Suriella</i> sp.	52	69	34		
<i>Synedra ulna</i>			17		
種類数 (種)			15	16	12
総細胞数 (cells/cm ²)			1,826	1,436	1,262
多様性指数 (shannon)			3.01	3.70	2.66
汚濁指数			2.7	2.5	3.0

表-4 河床材料と底生動物出現種

分析項目	門名	綱名	目名	科名	属名	学名	和名	河川名						
								調査日	地点	分析単位				
								i川	i川	i川	i川			
								990111	990111	990111	990111			
								砂	小礫	大礫	レンガ			
底生動物	扁形動物	ウズムシ	ウズムシ	プラナリア	Planariidae	<i>Planariidae</i>	プラナリア科		433	611				
		軟体動物	マキガイ	モノアラガイ	カワコザラガイ	Pettancylus	<i>Pettancylus nipponica</i>	カワコザラガイ	222	889		122		
		環形動物	ミミズ	イトミミズ	ミズミミズ	Naididae	<i>Naididae</i>	ミズミミズ科				33		
	節足動物	甲殻	ワラジムシ	ミズムシ	イトミミズ	Limnodrilus	<i>Limnodrilus sp.</i>	イトミミズ科	78				11	
			エビ	ザリガニ	Procambarus	<i>Procambarus clarkii</i>	アメリカザリガニ		33	22	44			
			カゲロウ	コカゲロウ	Baetis	<i>Baetis sahoensis</i>	サホコカゲロウ		22				78	
		昆虫				<i>Baetis thermicus</i>	シロハラコカゲロウ							11
						<i>Baetis sp.</i>	コカゲロウ属							22
				トビケラ	シマトビケラ	Cheumatopsyche	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	コガタシマトビケラ		22	89	178	456	
				ハエ	ブユ	Simulium	<i>Simulium sp.</i>	アシマダラブユ属		22	11	2,244		56
					ユスリカ	Pentaneura	<i>Pentaneura sp.</i>	ヒメユスリカ属			11	533		
						Chironomus	<i>Chironomus sp.</i> (2)	ユスリカ属(2)		56	78	178		
						Pelypedilum	<i>Pelypedilum sp.</i> (1)	ユスリカ属(1)				178		
						Tanytarsini	<i>Tanytarsini</i>	ナガスネユスリカ属		200	267	1,600		
						Orthocladiinae	<i>Orthocladiinae</i>	エリユスリカ亜科		144	133	100		11
			Chironomidae	<i>Chironomidae pupa</i>	ユスリカ科 蛹		22	11	1,067					
種類数 (種)								10	12	12	8			
総個体数 (個体/m ²)								610	1,299	8,087	344			
多様性指数 (shannon)								2.74	2.67	2.97	2.50			
汚濁指数								3.1	3.5	3.0	3.5			

(2) 底生動物の種別に見た河床材料と出現状況

本調査において、多くの水域で出現し、特に河床材料に対する選択性の高かった生物としては、次のものがあげられる。

カワニナ科：砂または小礫

テナガエビ科：砂

ヒラタカゲロウ科：中礫

マダラカゲロウ科：砂

(3) 底生動物の種別に見た水質状況毎の河床材料と出現状況

底生動物の種別に、また、BOD、TOC、NH₃-Nの各水質項目毎に、河床材料が異なる場合の出現状況を検討した。その結果、BODやTOCとの関係においては特に傾向は見られなかったが、NH₃-Nとの関係において、トンボ科およびミズムシ科では、河床材料が小～中礫の場合に他の材料に比較して出現しやすい傾向が見られた。

向にあるが、水域の物理的環境によってその度合いが異なる。

- ・処理水の流入により、生物の出現状況に季節変化が見られなくなるものがある。その傾向は冬季の気温が低い地域において顕著であった。
- ・塩素の注入率が高いほど付着藻類の *Chlorobion* 属の占める割合が高くなる傾向にある。
- ・処理水の栄養塩類濃度は、藻類の増殖に影響を与える範囲を超えており、濃度の上昇と、藻類の出現状況との間に一定の傾向が見られなくなる。
- ・非イオン化アンモニア濃度と底生動物の関係は、イオン化アンモニア濃度との関係より明確であり、トンボ科やシマトビケラ科、コカゲロウ科などは一定の濃度以上では出現しなかった。
- ・溶存酸素濃度が一定の濃度以下では、ザリガニ科やコカゲロウ科、イトトンボ科などは見られなかった。
- ・底生動物は、種によっては水温に対する適応範囲のあるものが見られ、付着藻類は、綱別に異なる傾向が見られる。
- ・河床材料の違いによる付着藻類の出現状況の変化は、底生動物に比べて少ないが、大礫で卓越する種が多く、レンガで卓越する種はほとんどなかった。
- ・河床材料の違いによる底生動物の出現状況の変化は、大礫で卓越する種が多かった。また、種によっては、河床材料に対する選択性の高いものがあった。
- ・底生動物の出現状況を水質と河床材料の双方から検討した結果では、NH₃-Nとの関係において、

4. まとめと今後の課題

4.1 まとめ

過年度の調査結果をもとに検討した結果、以下のことが推察された。

- ・処理水を主たる水源とする水域においても、該当地域周辺が生息範囲であり、かつ河床構造等の物理的環境条件が適合していれば、生物は生息可能であり、生態系を構成する能力を有している。
- ・放流口では処理水質の特徴や、特殊な構造および水理環境によって生育する種が限られ、多様性は低下する。これは下流に行くに従い緩和される傾

トンボ科およびミズムシ科では、河床材料が小～中礫の場合に、他の材料に比較して出現しやすい傾向が見られた。

4.2 今後の課題

平成8年度から平成12年度までの調査結果をもとに、処理水を主たる水源とする水域における生物相の実態や、各環境要因と生物相との関連を検討してきたが、今後の課題としては、以下のとおりである。

- ・調査水域においては様々な環境要因が複合しており、特定の環境要因と生物相との関連の把握が難しい。よって、水質や物理的条件等の環境要因を特定した実験的な調査を行うことにより、また、フィールド調査における環境要因毎のデータ数を増やすことにより、解析のためのデータを得る。
- ・自然度のより高い河川での調査を行い、処理水流

入の影響を検討する。

- ・処理水の量的割合の少ない河川での調査を行い、栄養塩類濃度がより低い場合の生物相への影響を検討する。
- ・生物指標には、複合された環境全体の概要の把握や長期間にわたる環境の推定ができるなどの利点がある反面、再現性の乏しいことや定量的把握が難しいなどの限界がある。あくまでも水環境を評価するための1手法であることを認識するとともに、各指標の特徴を十分検討し、よりの確かな指標について検討する。
- ・処理水質等、処理場の運転状況と生物相との関連についてさらに検討する。

今後は、上記課題を解決するとともに、多様な生態系を創出するための下水道のあり方を検討するために、さらなる調査および研究が必要と考える。

●この研究を行ったのは

研究第一部長	宮原 茂
研究第一部主任研究員	小野塚敏彦
研究第一部主任研究員	植松 龍二
研究第一部主任研究員	笹尾圭哉子
研究第一部研究員	杉本 東
研究第一部研究員	野尻 希守

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長	田中 修二
研究第一部総括主任研究員	武 亨
研究第一部主任研究員	白崎 亮
研究第一部主任研究員	笹尾圭哉子
研究第一部研究員	杉本 東
研究第一部研究員	野尻 希守