

河川環境総合研究所報告

第16号

平成22年12月

(財)河川環境管理財団
河川環境総合研究所

はじめに

(財)河川環境管理財団は昭和50年に設立され、河川環境の整備・保全に関する総合的な調査研究、研究成果の活用も踏まえた各種啓発活動、河川公園等の管理、河川整備基金の運営などを実施し、これらの事業並びに事業成果の社会還元をもって、国民から求められる河川環境の質の向上の確保に努めていくとともに、国民の生活環境の向上に寄与することを目的として事業を行っています。

この目的達成と調査研究部門の一層の充実を図るために、平成4年に(財)河川環境管理財団に河川環境総合研究所が創設されて18年が経過しました。平成21年4月から地方における調査研究体制の更なる充実化に向け、北海道事務所および名古屋事務所にそれぞれ研究所を設置するとともに大阪研究所について組織の整備を図り、現在は、研究第1部～第4部(東京本部)、北海道事務所(北海道研究所)、名古屋事務所(名古屋研究所)、近畿事務所(大阪研究所)、により調査研究業務を行うとともに、本部と地方事務所との連携による研究体制の充実を図りつつ効果的かつ効率的な業務遂行に努めています。

当財団では、概ね5年間で行なう業務の実施目標及び事業執行の方法を『基本計画』(平成22年3月改訂)という形でとりまとめ、特に、「研究開発業務」に関しては、研究方針の再整理を行い、以下の3項目の下に研究開発業務を進め、健全な流域環境と「川に学ぶ」社会の実現を目指していくこととしています。

- 1) 河川環境の機構解明に関する研究
- 2) 「川に学ぶ」社会の実現支援
- 3) 流域管理システムの構築

河川環境総合研究所では、これらの研究方針に関する調査研究を体系的に推進しながら、事業実施における技術的課題の解決に向けた調査研究業務などを積極的に進めております。本報告は、このような調査研究の成果を広く関係の方々に活用していただくとともに、適切に社会還元を図っていかうとするものであり、今年度で第16号を発行することができました。これもひとえに国土交通省をはじめ関係各位のご指導、ご支援の賜物であり、ここに厚く御礼申し上げる次第です。

とくに、本報告は現場での活用を念頭においており、現場の第一線における河川環境への取り組みに資することができれば幸いです。

今後も、わが国の河川環境の現状と国民のニーズを充分把握し、社会の要請に的確に応えていくべく、一層の努力をしてまいり所存ですので、関係各位の暖かいご指導、ご支援をお願い申し上げます。

平成22年12月

財団法人 河川環境管理財団
理事長 鈴木 藤一郎

○ 研究所報告の編集について

本研究所報告の編集に際しましては、下記の編集委員からなる編集会議（2010.9.13）を行っております。

・編集委員（順不同）

山本 晃一	（財）河川環境管理財団	河川環境総合研究所長（：委員長）
虫明 功臣	（財）河川環境管理財団	総括研究顧問
高木 不折	（財）河川環境管理財団	研究顧問 兼名古屋研究所長
池淵 周一	（財）河川環境管理財団	研究顧問 兼大阪研究所長
黒木 幹男	（財）河川環境管理財団	研究顧問 兼北海道研究所長
河崎 和明	（財）河川環境管理財団	審議役 兼子どもの水辺サポートセンター長
酒井 憲司	（財）河川環境管理財団	技術参与

・事務局

（財）河川環境管理財団 企画調整部

目 次

1. 河川環境の機構解明に関する研究

- 1) 過去からの変化傾向による河川の水温上昇が水質に与える影響に関する考察 1
：石井 宏和・酒井 憲司・中村 彰吾・久保田 一
- 2) 粘性土・軟岩の露出実態調査による侵食特性の把握と技術的課題 11
：佐々木 博章・鈴木 克尚・柴田 邦善・山本 晃一
- 3) 淀川におけるワンドの整備とその課題 22
：中西 史尚、青木 治男
- 4) 小川原湖の水質悪化の状況とその原因に関する考察（中間報告） 35
：酒井 憲司・大畷 巖
- 5) 常時監視結果から見たダイオキシン類の挙動と発生源に関する考察 49
：宮市 哲・酒井 憲司・石井 宏和

2. 「川に学ぶ」社会の実現支援

- 1) 学校教育における河川環境教育の普及展開に関する研究 59
：菅原 一成・並木 和弘・宮尾 博一・河崎 和明・清水 晃・吉野 英夫
- 2) 「マイ・ハザードマップ」づくりを通じた川の防災教育 72
：堀尾 尚史・黒木 幹男・池田 浩一
- 3) 体験施設における河川環境教育への取り組み ～特に子供に対する導入教育にあたって～
..... 82
：小野 正雄・石橋 年孝・福島 晃子・森 充弘

3. 流域管理システムの構築

- 1) 現場における効果的・効率的な河川維持管理手法の検討 97
：鈴木 克尚・吉田 高樹・郡司 篤
- 2) 人為的インパクトにより河道が遷移しつつある河川の河道整備のあり方について
－神流川をケーススタディとして－ 106
：山本 嘉昭・鈴木 克尚・江幡 禎則
- 3) 植物の生活史に着目した合理的な堤防植生管理 －チガヤ優占堤防の実現に向けた取り組み－
..... 116
：吉田 勢・竹内 清文
- 4) 河川堤防及び河岸の効率的・効果的な点検手法等に関する考察 ～北海道の河川での実例を基に～
..... 130
：川村 嘉勝・小林 伸行・稲葉 行則・黒木 幹男・安藤 正幸

1. 河川環境の機構解明に関する研究

1) 過去からの変化傾向による河川の水温上昇が水質に与える影響に関する考察

石井 宏和*・酒井 憲司**・中村 彰吾***・久保田 一****

1. はじめに

地球温暖化が河川管理に与える影響については国土交通省の報告¹⁾で紹介されているが、その中で水質に関しては、水温の上昇と流況の変化等の影響から河川では溶存酸素濃度の低下、湖沼や貯水池では温度成層の変化や植物プランクトンの活動への影響などが指摘されている。今後想定される温暖化によりもたらされる河川（湖沼・貯水池を含む）の水温上昇は水質にどのように影響を及ぼすかを把握することは、河川の水質管理にとって極めて重要な課題である。

将来の河川水温上昇程度の推定については近藤の方法²⁾が参考になるが、気温だけでなく日射量や風速・湿度などの気候条件の予測が必要なことから、今後の課題と考えられる。

河川水温の上昇が水質に及ぼす影響に関しては、過去からのデータを分析し、水温が上昇傾向にある河川において水質にどのような変化傾向が見られるかを検討することにより把握できると考えられる。

本稿では、水温変化に影響する事項から想定したいくつかの特徴を基に選定した一級河川を対象として、過去からの変化傾向を基に水温上昇が水質に及ぼす影響について調べた結果を報告する。

なお、この研究は当財団が国土交通省河川局から受託し、平成 21 年度に行った業務成果を基にとりまとめたものである。

2. 研究方法

2.1 使用データ

本研究で用いたデータは国土交通省が全国の一級河川を対象として、原則月 1 回の頻度で実施している水質測定値^①を用いた。

2.2 対象河川と湖沼

対象は過去 30 年程度の調査実績を持つ一級河川・湖沼とした。河川については「積雪」と「人為的な影響の有無」に着目し、石狩川・最上川・那珂川・多摩川の 4 河川、湖沼については富栄養化が進行している霞ヶ浦・印旛沼・網走湖の 3 湖沼を対象とした。図 2・1～図 2・7 に測定点の位置を示す。

2.3 水質項目

気候変動等により影響が懸念され、河川管理上課題となりうる項目を文献調査結果から整理し、水質項目は水温、pH、DO、DO 飽和度、大腸菌群数 T-N、T-P とした。

2.4 データの処理

水質測定の開始時期は各測定点毎に違うため、原則データがほぼそろそろ昭和 47 年度～平成 19 年度までの 38 年間のデータを、印旛沼では昭和 52 年度～平成 19 年度の 33 年間のデータを用いた。

水温の経年変化については各年度の平均水温、最高水温、最低水温を、水質の経年変化については各年度の平均値を用いた。

尚、水温・水質のデータには変化の大きい年度値（年間ひと月でも欠測がある年度は除外）ではなく、年度値の 5 ヶ年移動平均（3 年以上データが揃っている期間をプロット）を用いた。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第 2 部次長
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 技術参与
*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第 2 部主任研究員
**** 国土交通省国土交通省青森河川国道事務所長
(前) (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第 2 部長

水温と水質の関係については、河川では 1975 年度(昭和 50 年度), 1985 年度(昭和 60 年度), 1995 年度(平成 7 年度), 2005 年度(平成 17 年度)を中心にその前後 2 年間の各月の 5 ヶ年平均値を, 湖沼では入手データの関係から各月の当該年度値を用いた。

2.5 評価方法

各測定地点の各年度の平均水温, 最高水温, 最低水温 (5 ヶ年移動平均値) の近似直線を引き, その傾きの増減から経年変化の傾向を評価した。

傾きは, 1898 年以降の 100 年で日本の平均気温が約 1.1℃上昇したこと³⁾, 河川では気温 1℃上昇に対して水温 0.89℃の上昇, 水深の浅い湖沼では気温 1℃の上昇に対して 1℃の水温上昇が予想される⁴⁾との報告より, 河川では±0.01℃/年, 湖沼では±0.011℃/年を変化の有無の目安とした。

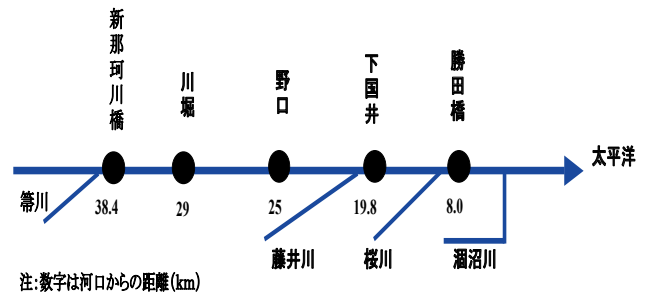


図 2-4 那珂川の水質測定点

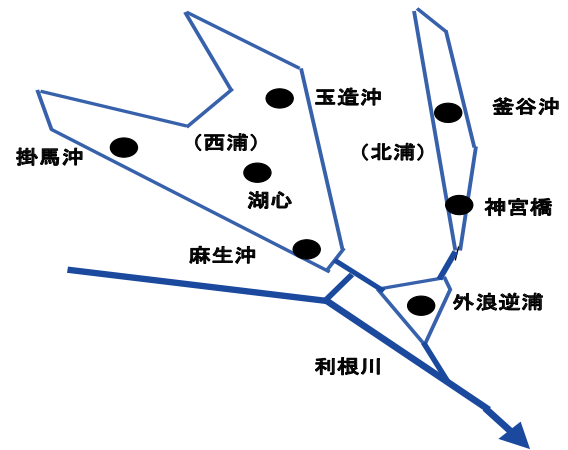


図 2-5 霞ヶ浦の水質測定点

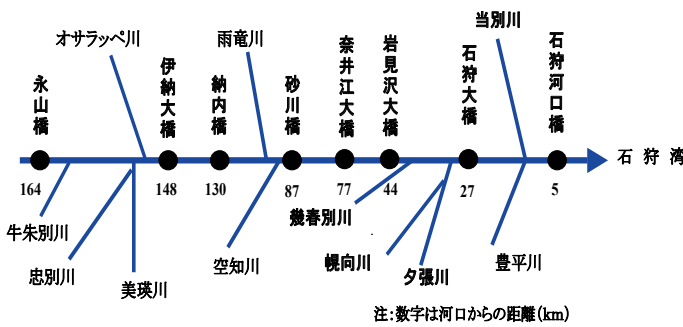


図 2-1 石狩川の水質測定点

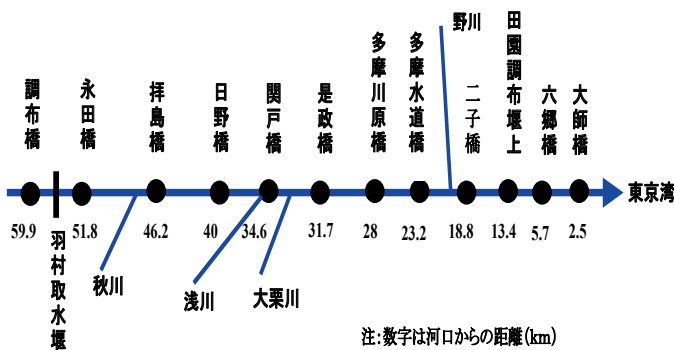


図 2-2 多摩川水の水質測定点

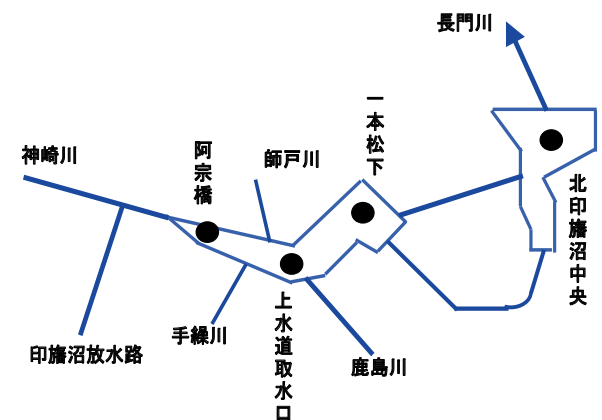


図 2-6 印旛沼の水質測定点

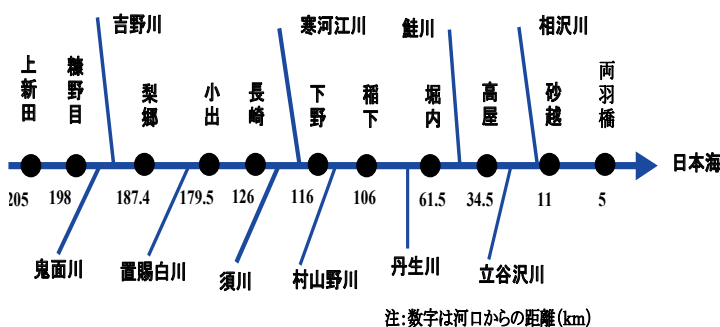


図 2-3 最上川の水質測定点

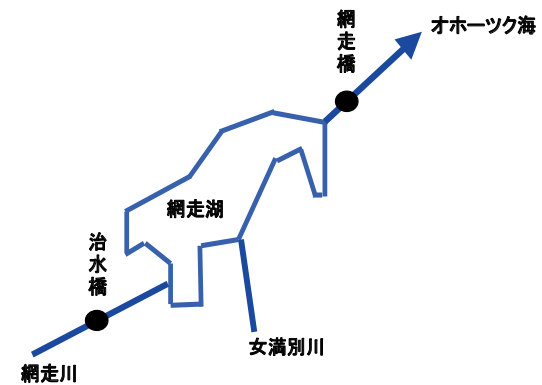


図 2-7 網走湖の水質測定点

3. 結果

3.1 水温の経年変化

図 3・1, 図 3・2 に最上川の糠野目と多摩川の日野橋における水温の経年変化を示す。尚, 両図においてグラフは月別水温の経年変化, プロットは各年度の最高水温, 最低水温, 平均水温の 5 ヶ年移動平均値を示している。

最上川糠野目地点の各年度の最高水温, 平均水温, 最低水温の傾きは最高水温で $0.098^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 平均水温 $0.042^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 最低水温 $0.024^{\circ}\text{C}/\text{年}$ である。

傾きが正であるため, 最高水温, 平均水温, 最低水温は上昇傾向にあると判断される。

一方, 多摩川日野橋地点の各年度の最高水温, 平均水温, 最低水温の傾きは, 最高水温 $-0.049^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 平均水温 $0.028^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 最低水温 $0.072^{\circ}\text{C}/\text{年}$ であり, 最高水温は低下傾向, 平均水温, 最低水温は上昇傾向にあることがわかる。

各河川・湖沼の水質測定点における各年度の最高水温, 平均水温, 最低水温の近似直線の傾きを表 3・1 にまとめて示す。尚, 表 3・1 では 2.5 の評価方法に従い, 差が見られないと判断された箇所は*で示している。

1) 各河川・湖沼における傾向

- ・石狩川は伊納大橋を除き, 全ての測定点で最高水温, 平均水温, 最低水温が低下傾向にある。
- ・最上川は上新田の最低水温, 堀内の最高水温を除き, 全ての測定点で最高水温, 平均水温, 最低水温が上昇傾向にある。
- ・那珂川は最低水温, 平均水温について上昇傾向にある。
- ・多摩川は拝島橋より上流で最高水温は上昇, 最低水温は下降傾向, 拝島橋より下流では逆に最低水温が上昇, 最高水温が低下傾向にある。
- ・霞ヶ浦は掛馬沖の最高水温を除き, 全ての測定点で最高水温, 平均水温, 最低水温が上昇傾向にある。
- ・印旛沼は阿宗橋を除き, 最高・最低水温の上昇傾向が見られる。
- ・網走湖では最高水温で低下傾向が見られる。

2) まとめ

各年度の最高水温, 平均水温, 最低水温の傾向は, 河川毎に異なっていた。都市化の進んだ地域を流れる河川(多摩川)では, 最低水温の上昇傾向が現れており, 都市域からの温排水(下水処理水等)の影響が考えられた。

湖沼では網走湖を除き, 各年度の最高水温, 平均水温, 最低水温に増加傾向を示す地点が多かった。

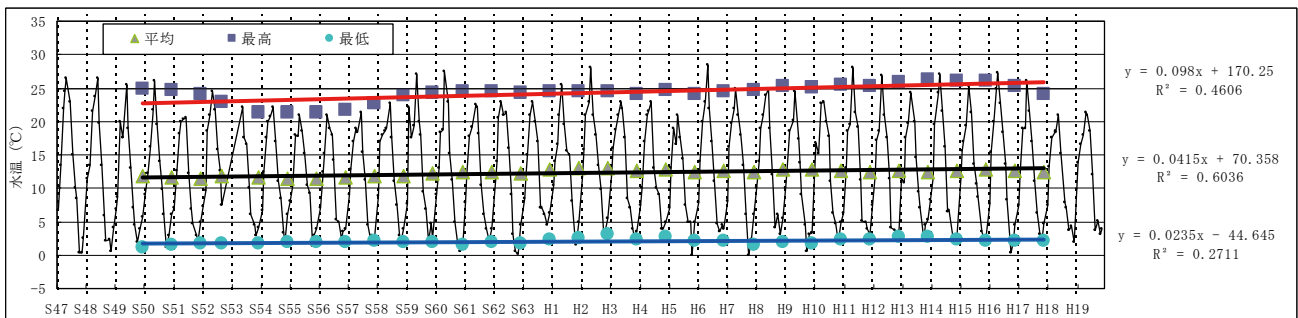


図 3・1 最上川糠野目地点における水温変化 (傾きは 5 ヶ年移動平均値)

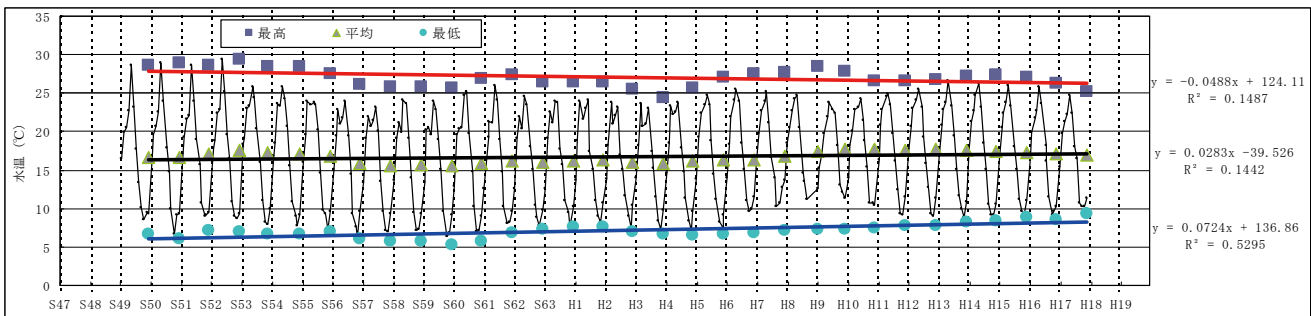


図 3・2 多摩川日野橋地点における水温変化 (傾きは 5 ヶ年移動平均値)

表3-1 各河川・湖沼の水質項目等（水温，pH，DO及びDO飽和度，大腸菌群，T-N，T-P）の
近似直線の傾き

河川名	地点名	環境基準	期間	水温(5ヵ年移動平均)			水質(5ヵ年移動平均)					
				最低	平均	最高	pH	DO	DO飽和度	大腸菌群数	T-N	T-P
				℃/年	℃/年	℃/年	-	mg/L・年	%/年	MPN/100ml・年	mg/L・年	mg/L・年
石狩川	永山橋	○	S47~H19	*	-0.050	-0.100	0.006	0.004	-0.001	103	0.006	0.000
	伊納大橋		S47~H17	*	0.012	0.012	0.013	-0.006	0.000	-1,293	-0.017	-0.001
	納内橋		S48~H19	-0.028	-0.036	-0.037	0.005	0.029	-0.001	1,446		
	砂川橋	○	S47~H19	*	-0.017	-0.127	0.002	0.013	0.000	7	-0.004	-0.001
	奈井江大橋	○	S47~H19	*	-0.010	-0.093	0.002	0.012	0.000	-197	-0.004	-0.001
	岩見沢大橋		S47~H19	*	-0.071	-0.094	-0.006	0.013	0.000	-129	-0.001	-0.001
	石狩大橋	○	S47~H19	-0.012	-0.025	-0.036	0.004	0.027	0.002	-5		
	石狩河口橋			-0.061	-0.091	-0.004	0.020	0.001	48	-0.021	-0.001	
最上川	上新田(新田橋)		S47~H19	-0.025	*	0.068	0.001	0.010	0.001	-5,915		
	糠野目橋	○	S47~H19	0.024	0.042	0.098	-0.002	-0.014	-0.001	-4,600		
	梨郷		S47~H19	*	*	*	-0.004	-0.012	-0.001	193		
	小出(長井橋)		S47~H19	0.015	0.035	0.114	-0.005	-0.008	0.000	-566		
	長崎		S47~H19	0.062	0.064	0.064	-0.002	-0.007	0.001	-154		
	下野(谷地橋)		S47~H19	0.048	0.049	0.104	0.010	-0.003	0.001	263		
	稲下(基点橋)	○	S47~H19	0.020	0.016	0.049	0.005	-0.014	-0.001	679		
	堀内		S47~H19	0.032	0.016	-0.021	0.003	-0.007	0.000	-550		
	高屋		S47~H19	0.042	0.022	0.037	0.001	-0.002	0.001	-213		
	砂越		S47~H19	0.049	0.040	0.039	0.000	0.001	0.001	-708		
両羽橋	○	S47~H19	0.018	0.032	0.030	0.000	0.005	0.001	150			
那珂川	新那珂橋	○	S47~H19	0.011	0.023	*	-0.001	0.000	0.001	2,470		
	川堀		S47~H19	0.031	0.029	-0.020	0.001	0.012	0.002	418		
	野口	○	S47~H19	0.026	*	-0.015	-0.004	0.007	0.001	590		
	下国井	○	S47~H19	0.025	0.030	*	-0.005	0.008	0.002	171		
	勝田橋	○	S47~H19	0.046	*	-0.049	-0.002	-0.026	-0.002	-92		
	海門橋		S47~H19	0.062	0.021	0.013	0.004	0.004	0.001	174		
多摩川	調布橋		S47~H19	-0.055	-0.010	0.062	-0.004	-0.015	-0.002	-281	-0.003	-0.001
	永田橋		H4~H17	*	0.026	0.044	0.024	0.022	0.003	-69	0.013	-0.001
	拝島橋	○	S47~H19	-0.032	-0.023	0.027	0.019	0.057	0.005	-1,514	-0.133	-0.009
	日野橋		S47~H19	0.072	0.028	-0.049	-0.002	-0.016	-0.001	-3,810	-0.056	0.006
	関戸橋		S47~H19	0.055	*	-0.074	0.003	-0.001	0.000	-968	-0.064	-0.002
	是政橋		S56~H17	0.131	0.078	0.030	0.002	0.052	0.007	610	-0.064	-0.001
	多摩川原橋	○	S47~H19	0.129	0.063	-0.038	-0.004	-0.007	0.000	-871	-0.039	-0.006
	多摩水道橋		S47~H19	0.131	0.046	-0.006	0.006	0.031	0.004	-665	-0.048	-0.008
	二子橋		S47~H19	0.054	*	-0.065	0.004	0.024	0.002	-1,537	-0.062	-0.010
	田園調布堰(上)	○	S47~H19	0.065	0.036	*	0.011	0.127	0.014	-693	-0.080	-0.013
	六郷橋		S47~H19	0.056	0.034	-0.019	-0.002	0.104	0.012	1,487	-0.016	-0.003
大師橋	○	S47~H19	0.054	0.029	-	-0.002	0.083	0.009	4,141	-0.041	-0.001	
霞ヶ浦	掛馬沖(西浦)	○	S47~H21	0.028	0.013	-0.031	-0.007	-0.020	-0.003		-0.007	0.001
	玉造沖(西浦)	○	S47~H21	0.041	0.030	*	0.003	0.017	0.002		-0.006	0.002
	湖心(西浦)	○	S47~H21	0.023	0.015	*	-0.004	-0.013	-0.001		-0.005	0.002
	麻生沖(西浦)	○	S47~H21	0.033	0.035	0.028	0.001	0.009	0.002		-0.006	0.002
	釜谷沖(北浦)	○	S47~H21	0.038	0.041	0.038	0.012	0.027	0.004		0.005	0.002
	神宮橋(北浦)	○	S47~H21	0.054	0.044	0.053	0.008	0.021	0.003		0.001	0.002
	外浪逆裏浦	○	S47~H21	0.058	0.031	0.013	0.005	0.010	0.002		-0.002	0.002
	息栖	○	S47~H21	0.028	0.026	0.014	0.011	0.027	0.004		-0.003	0.001
印旛沼	阿宗橋		S51~H19	*	*	*		0.059	0.004	-623	-0.088	-0.012
	上水道取水口下	○	S52~H19	0.035	*	0.049		-0.017	-0.001	-114	0.007	0.000
	一本松下		S52~H19	0.017	*	*		0.019	0.003	70	0.014	-0.001
	北印旛沼中央		S52~H19	0.039	0.024	0.071		0.032	0.004	61	0.024	0.002
網走湖	治水橋	○	S47~H19	*	-0.015	-0.058	0.021	0.007	0.000	-2,968	0.009	-0.001
	網走橋	○	S47~H13	*	*	-0.048	0.020	0.015	0.001	-9,310		

注)：□は感潮域，斜線はデータが無し，*は有意義な差が無い。

3.2 水温以外の水質項目 (pH, DO 及び DO 飽和度, 大腸菌群数, T-N, T-P) の経年変化

各河川・湖沼の水温以外の水質項目等 (pH, DO 及び DO 飽和度, 大腸菌群, T-N, T-P) についても, 経年変化傾向を把握するため, 各年度平均の 5 ヶ年移動平均値の近似直線を引き, その近似直線の傾きを求めた。

結果を表 3・1 に示す。

1) 水質変化の傾向

・石狩川

pH は概ね上昇傾向にある。DO は水温上昇地点で減少, 低下地点で増加傾向にある。DO 飽和度はほとんど変化しない。大腸菌群数は地点により異なる傾向を示す。T-N, T-P は概ね減少傾向にある。

・最上川

pH は下野より上流地点では低下傾向にある。中流域の DO は減少傾向にある。DO 飽和度はほぼ横ばいの傾向。大腸菌群数は地点で異なる。

・那珂川

pH は低下傾向。DO 飽和度はほとんど変化しない。大腸菌群数は増加傾向にある。

・多摩川

pH と DO は測定地点により異なる。DO 飽和度は増加傾向の地点が多く, 大腸菌群数は減少傾向にある。T-N, T-P は概ね減少傾向にある。

・霞ヶ浦

pH と DO は北浦では上昇傾向, 西浦では地点により異なる。DO 飽和度は北浦で増加傾向, 西浦では地点により異なる。T-N は北浦で増加傾向, 西浦では減少傾向, T-P は全地点で増加傾向にある。

・印旛沼

DO と DO 飽和度および大腸菌群数は増加傾向にある。T-N は阿宗橋で減少, 他は増加傾向にある。T-P は西印旛沼で減少傾向, 北印旛沼で増加傾向にある。

・網走湖 (治水橋)

pH と DO は上昇傾向にある。DO 飽和度の変化は見られない。大腸菌群数は減少傾向にある。T-N は増加傾向, T-P は減少傾向にある。

2) まとめ

水温に以外の水質項目に関しては DO 飽和度の変化は湖沼に比べ河川ではほとんど見られなかった。

他の項目 (pH, DO, 大腸菌群, T-N, T-P) 経年変化の傾向は各河川・湖沼の測定点ごとに異なっていた。

3.3 水温と水質項目 (pH, DO 及び DO 飽和度, 大腸菌群数, T-N, T-P) の関係

水温変化が水質項目に与える影響を検討するため, 各測定点における 10 年毎の各月のデータを比較検討した。

3.3.1 河川の場合

検討対象の地点は各河川の上流部と中流部とし, 石狩川では永山橋と砂川橋, 最上川では糠野目と最上川流域下水道の 2 箇所の処理場 (山形浄化センター・村山浄化センター) の下水処理水放流点より下流の稲下 (基点橋), 那珂川では新那加川橋と野口, 多摩川では東京都水道局の羽村取水堰より上流の調布橋と東京都の全ての流域下水処理場放流水が流入した後の多摩川原橋とした。

図 3・3～図 3・6 に石狩川, 多摩川, 那珂川, 最上川における水温と水質項目 (pH, DO, DO 飽和度, 大腸菌群数, TN, TP) の関係を示す。

1) 水温と DO の関係

各河川の DO と水温の関係を見ると, 人為的影響の少ない石狩川・最上川・那珂川・多摩川 (調布橋) の DO は飽和 DO 曲線の近傍に分布しており, 水温の上昇に伴い DO は低下している。また年度毎に違いはほとんど無い。

一方, 多摩川 (多摩川原橋) では DO は水温に関係なく 8～10mg/L 程度の値となっており, 水温との相関は見られない。また 1975 年度では, 水温が 20℃以上の高水温期に DO が異常に高くなっている。

多摩川の中流域から下流域は都市排水を多く受け入れる都市河川であり, 最上川の稲下と違い, 後述のように河川水量に対する下水処理水量が非常に多く, TN・TP の値が高いことから, 付着藻類による光合成の影響も考えられる。

石狩川永山橋

石狩川砂川橋

多摩川調布橋

多摩川多摩川原橋

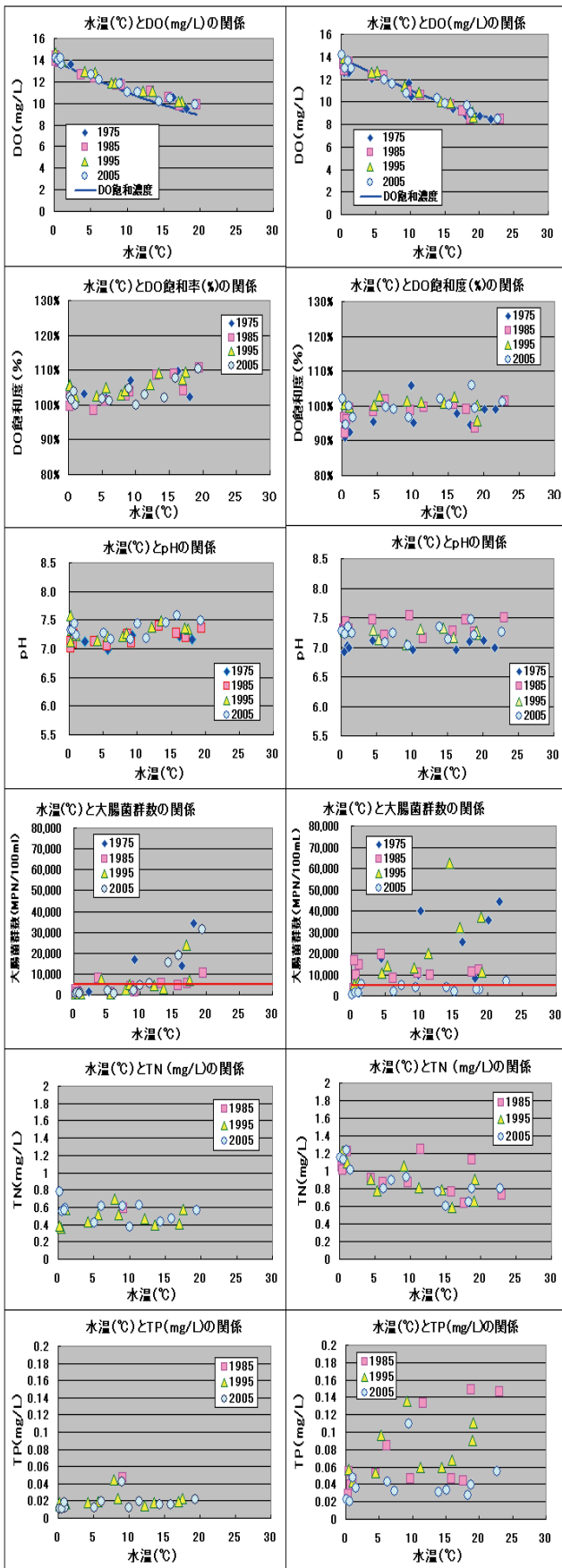


図 3-3 水温と水質の関係 (石狩川)

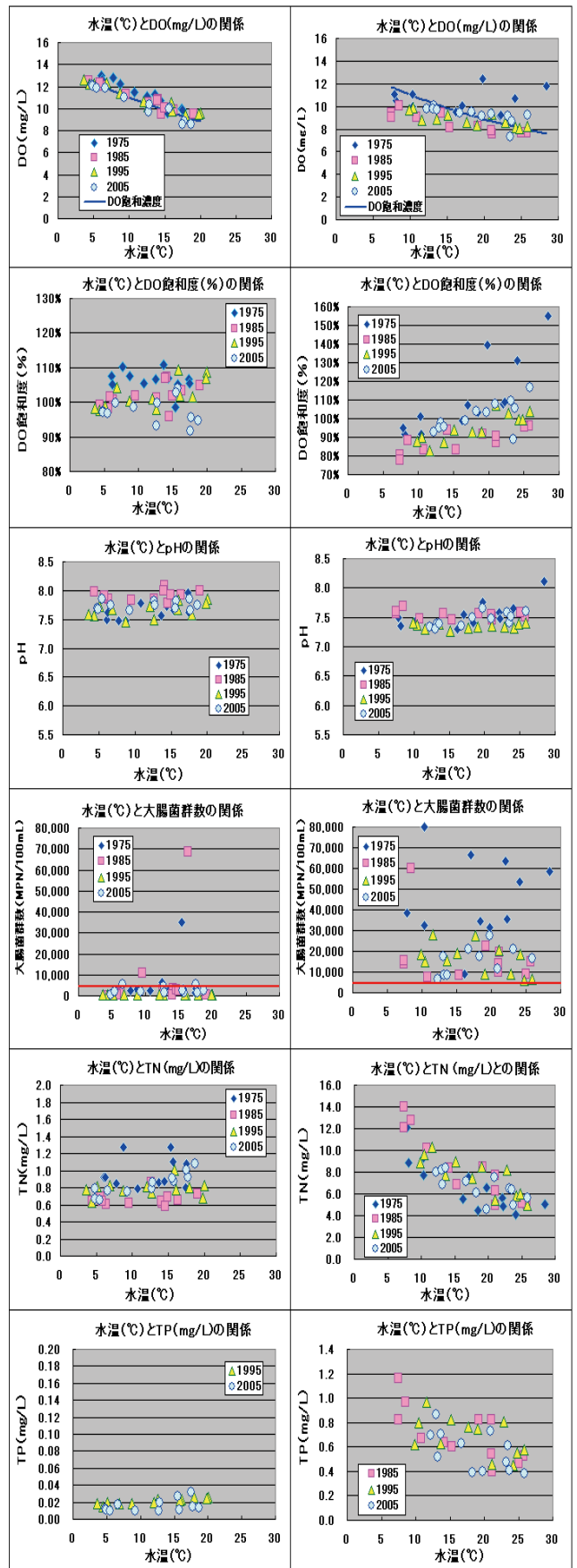


図 3-4 水温と水質の関係 (多摩川)

最上川糠野目

最上川稲下(基点橋)

那珂川新那珂橋

那珂川野口

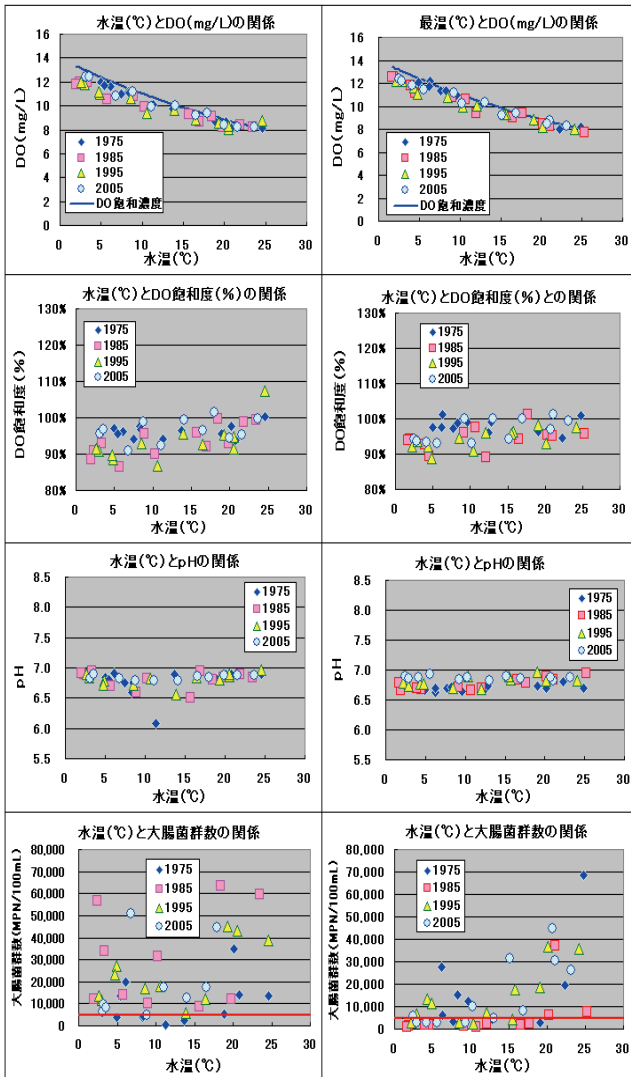


図 3-5 水温と水質の関係 (最上川)

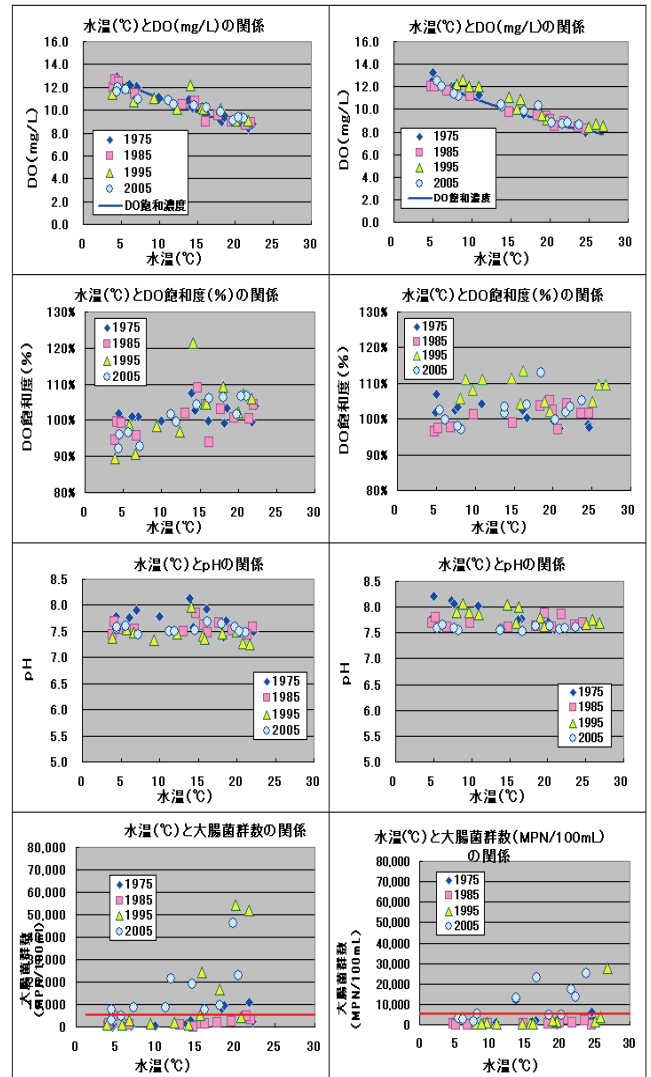


図 3-6 水温と水質の関係 (那珂川)

2) 水温と DO 飽和度 (%) の関係

人為的影響の少ない石狩川・最上川・那珂川・多摩川(調布橋)の DO 飽和度はほぼ 100±10% の範囲にあり変化は僅かである。最上川では年間を通じ 100% 以下の地点が多い。各測定点における年度毎の DO 飽和度の違いはほとんどない。

人為的影響が大きいと考えられる多摩川(多摩川原橋)では DO 飽和度が水温上昇に伴い上昇する傾向が見られた。

高水温期に付着藻類の光合成による DO 増加で DO 飽和度が上がったことも考えられる。

3) 水温と pH の関係

各河川を個別に見ると、pH は水温によらずほぼ一定値となっている。また年度毎の pH の大きな変

化は見られない。

4 河川の pH は 6.5 から 8.5 の範囲にあり、河川ごとに異なっていた。最上川は上流・中流域の測定点で pH は 7.0 以下にある。中流域の稲下(基点橋)で 2005 年度の pH が過年度より多少増加の傾向が見られた。石狩川では 7.0~7.5、那珂川では 7.5~8.0、多摩川では上流の永山橋で 7.5~8.0、中流域の多摩川原橋で 7.5 程度であり、pH が多少下がっていた。

4) 水温と大腸菌群数の関係

多摩川と最上川(糠野目)を除く他の河川では水温の上昇に伴い大腸菌群数の増加傾向が見られた。

年度別の傾向を見ると、石狩川上流部の永山橋では 1985 年~2005 年にかけて大腸菌群数が増加して

いる。一方、中流部の砂川橋では逆の傾向を示し、2005年度では環境基準 B 類型の基準値(赤線)5,000MPN/100mL 以下となっている。

多摩川では、調布橋で一時期を除き、大腸菌群数は 5,000MPN/100mL 以下で安定している。一方、多摩川原橋では全データが 5,000MPN/100mL を超え、かなり高い値となっていた。

最上川では、糠野目で大腸菌群数が 50,000~60,000MPN/100ml と全体的に高い。中流域の稲下(碁点橋)では、1985年度以降大腸菌群数が増加傾向にあり、特に高水温期(15℃以上)で大腸菌群数が増加する傾向が見られた。

那珂川では新那珂川橋・野口とも水温の上昇に伴い大腸菌群数が増加する傾向が見られ、1975年度以降その傾向が顕著になっている。

5) 水温と TN の関係

TN については入手データの関係から石狩川、多摩川で検討した。

石狩川では TN は 0.4~1.2mg/L の範囲にあり、上流の永山橋に比べて下流の砂川橋の TN 値が高くなっている。両測定点とも水温の上昇に伴い多少 TN 値が低下する傾向にある。年度毎の TN 値に差は見られない。

多摩川における TN は上流域の調布橋では 0.6~1.2mg/L の範囲にあり、水温上昇による変化(上昇)が僅かに見られる。年度毎の TN は 1995年度以降僅かに上昇している。

中流域の多摩川原橋では、TN が調布橋の 10 倍程度となり、水温が上昇に伴い TN が低下する傾向が見られる。年度毎の TN に差は見られない。

多摩川原橋では年平均流量の内約 50% が下水処理放流水との報告⁵⁾があり、TN 値が高く、下水処理水等の人為排水の影響が大きい。水温上昇による TN の低下は、高水温時に生物活性が高まり、下水処理の過程で NH₄-N の硝化・脱窒反応が進み、窒素除去が進む事が影響していると考えられる。

6) 水温と TP の関係

TP についても入手データの関係から最上川・那珂川を除く石狩川、多摩川で検討した。

石狩川では TP は 0.02~0.15mg/L の範囲にあり、

上流の永山橋に比べて下流の砂川橋の TP が高くなっている。水温と TP の関係は見られない。

砂川橋での 2005 年度の TP は 1995 年度、1985 年度に比べて低下している。

多摩川では上流の調布橋における TP は 0.02 mg/L 程度と非常に低く、水温との関係は見られない。また年度毎の差も見られない。

一方多摩川原橋における TP は TN と同じ傾向を示した。調布橋の TP に比べて約 10 倍の値を示し、水温が上昇すると TP も低下する傾向にある。年度毎に差は見られない。多摩川原橋で TP が高いのも下水処理水等の人為排水の影響が大きいと考えられる。

3.3.2 湖沼の場合

湖沼においては代表点として、霞ヶ浦湖心(西浦)、霞ヶ浦釜谷沖(北浦)、印旛沼(上水取水口)、網走湖(治水橋)で検討した。

図 3・7~図 3・9 に霞ヶ浦、印旛沼、網走湖における水温と水質項目(pH, DO, DO 飽和度, TN, TP) の関係を示す。

1) 水温と DO の関係

DO は 3 湖沼とも水温上昇に伴い低下する傾向にある。河川の場合に比べて高水温時期に DO が飽和 DO 濃度曲線より高くなる傾向がある(特に印旛沼では)。これは滞留時間が河川に比べて長い為、藻類による光合成の影響が大きいと考えられる。

年度毎の傾向では霞ヶ浦と網走湖で大きな変化は見られない。一方、印旛沼では 1985 年度に比べて 2005 年度の DO が低下傾向にある。

2) 水温と DO 飽和度(%)の関係

DO 飽和度は霞ヶ浦・印旛沼で一部を除き 100±30% の範囲にあったが、網走湖では 90~110% の範囲にある。水温が高いほど DO 飽和度は高い傾向にある。年度毎の DO 飽和度の変化は印旛沼を除き見られない。印旛沼では DO の傾向と同様に、1985 年度に比べ 2005 年度の DO 飽和度は低下している。

3) 水温と pH の関係

霞ヶ浦(西浦・北浦)の pH は 7.0~8.5 に範囲にあったが、2005 年度の北浦で pH が 8.5~9.5 に上昇している。

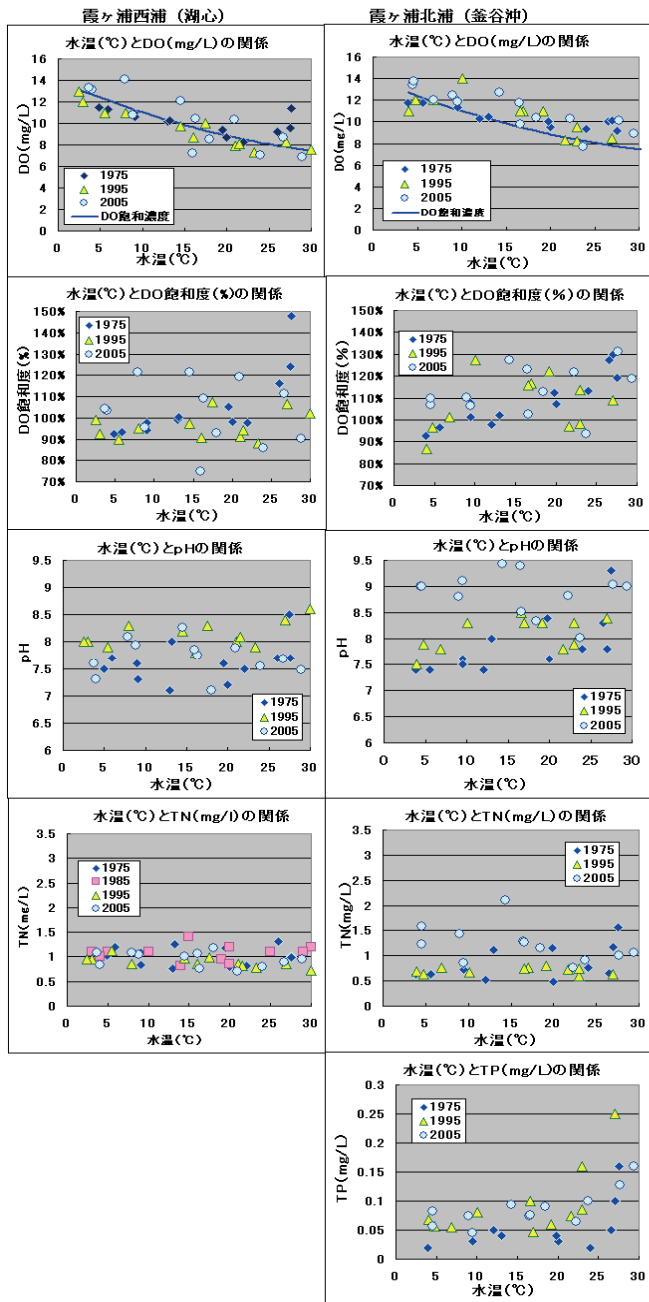


図3-7 水温と水質の関係（霞ヶ浦）

近年、北浦の水質悪化（TNの上昇等）が言われており、富栄養化の進行に伴い藻類が増殖し昼間のpHが上昇していることが可能性として考えられた。

網走湖については7.0～7.5にあり、年度毎の変化は見られない。

4) 水温とTNの関係

霞ヶ浦（西浦・北浦）と網走湖のTNはほぼ0.5～1.5mg/Lの範囲にあり、印旛沼のTNは1.5～3.5mg/Lと高い値となっている。

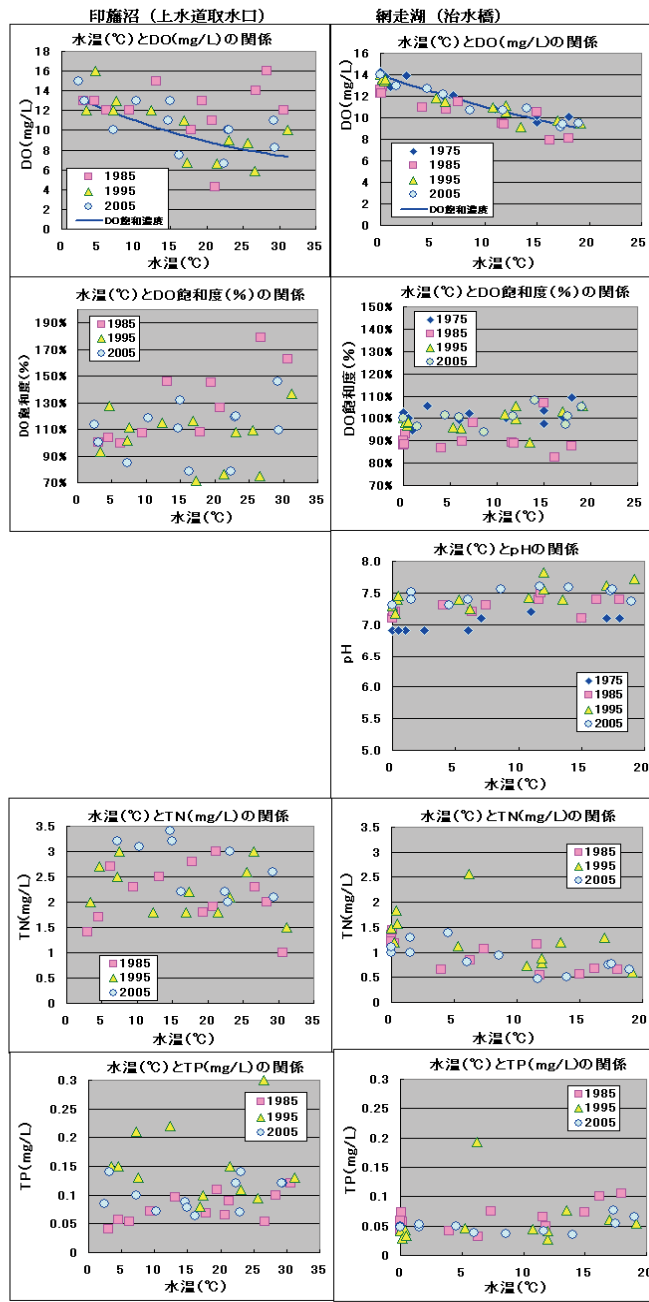


図3-8 水温と水質の関係（印旛沼）

図3-9 水温と水質の関係（網走湖）

年度毎の傾向を見ると霞ヶ浦(西浦)・網走湖では変化は見られないが、霞ヶ浦(北浦)と印旛沼では2005年度の値が高く、過年度に比べて高くなっている。TNと水温との関係は見られない。

5) 水温とTPの関係

霞ヶ浦（北浦）、印旛沼、網走湖のTPは概ね0.05～0.15mg/Lの範囲にある。3湖沼の傾向として水温の上昇によりTPが増加する傾向が見られる。特に霞ヶ浦(北浦)では高水温期にTPが増加している。

底質からのリンの溶出と藻類増殖の影響が考えられる。

年度毎の変化を見ると霞ヶ浦(北浦)では 1975 年度に比べ 1995 年度・2005 年度の値が高くなっている。印旛沼で 1995 年度の値が高くなっているが、1995 年度以降は下がっている。網走湖は 0.05mg/L 前後で年度毎の変化は見られない。

3.3.3 まとめ

1975 年度(昭和 50 年度), 1985 年度, (昭和 60 年度), 1995 年度(平成 7 年度), 2005 年度(平成 17 年度)の毎月のデータを用いて水温と水質項目(pH, DO 及び DO 飽和度, 大腸菌群数, T-N, T-P)の関係検討した。結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 水温と DO の関係では水温が上昇すると DO が低下する傾向が多く地点(特に河川)で見られた。都市河川で無い場合, DO 飽和度の変化が±10%程度と少ない事を考えると, 河川の DO は水温に対応した飽和酸素濃度に近いことが分かった。
- ② 湖沼の水温と DO の関係は河川と同様の傾向を示すが, 富栄養化による藻類増殖の影響がある湖沼では DO の分布幅は河川より広く, また特に高水温時は DO 飽和度が高くなる傾向がある。
- ③ 大腸菌群数は多くの河川で水温が上昇すると増加する傾向が見られた。一方, 人為汚染の少ないと考えられる多摩川羽村取水堰の上流部では, 水質が良く, その傾向は見られなかった。
- ④ 河川・湖沼ともに pH, TN, TP については水温との関係は特に見られなかった。ただし, 富栄養化の進んだ霞ヶ浦・印旛沼の TP については高水温期に TP の増加傾向が見られ, 底質からのリンの溶出の可能性が考えられた。
- ⑤ 都市化の進行により都市排水を多く受け入れる河川(多摩川中流域)の水質は, 都市排水の対流量比(都市排水量/河川流量)から見て人為汚染の少ないと考えられる自然河川に比べ, 異なる傾向を示した。特に TN, TP について, 下水処理水のような人為排水の水質の影響を大きく受けていた。

4. 終わりに

過去の水質データ(約 30 年)から水温変化による水質変化を検討したが, 河川流域の特性(特に人為排水等)が水温を含め河川水質に大きく影響することが分かった。

TN・TP 等のデータについては過去のデータ蓄積が不十分な地点もあり, 地球温暖化による水温・水質変化の詳細を検討するためには, 人為的な汚染源の無い水質測定地点での連続的なデータ入手に努めることが必要と考えられた。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局社会資本整備審議会(2008): 地球温暖化にともなう河川環境, 流域環境への影響 水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)
- 2) 新井正, 西沢利栄: 水温論, 水文学講座, 共立出版
- 3) 文部科学省・気象庁・環境省: 日本の気象変動とその影響(2009年10月)
- 4) 原沢英夫, 西岡秀三編著(2003年8月): 地球温暖化と日本, 自然・人への影響予測 第3次報告, 古今書院
- 5) 東京都下水道局事業概要平成 21 年度版: 第 4 章 流域下水道
- 6) 水質水文データベース(国土交通省)

2) 粘性土・軟岩の露出実態調査による 侵食特性の把握と技術的課題

佐々木 博章*・鈴木 克尚**・柴田 邦善**・山本 晃一***

1. はじめに

戦後、日本の沖積河川は、山地流域における治山・砂防事業、治水事業、水資源開発事業などにより山地からの流送土砂量が減少し、さらに 60 年代から 80 年代において砂利採取などがなされ、河道状況が大きく変化した。

沖積河川では、河道に沖積粘性土、更新統、新第三系などの軟岩が露出する区間が増加し、従来の「河床に移動床材料が存在する」という前提で組み立てられた河道計画や河川構造物の設計では、治水安全度および環境の質を確保できなくなっている。従来、粘性土・軟岩が露出する河道の存在が少なかったこともあり、そのような場所の探査法、また土質および岩質の調査法について標準化がなされておらず、ましては、河道形態とその変動特性、生態環境に及ぼす影響についての体系的な研究がほとんどなされていない。

そのため、早急に上記に関する知見の集約と技術体系化を図る必要があることから、本研究では、粘性土・軟岩の侵食特性とその変化を生じせしめる外力との関係について調査するとともに、粘性土・軟岩が露出した侵食特性の把握方法を示した。

2. 粘性土・軟岩の露出事例と侵食形態

粘性土・軟岩の河床・河岸露出事例として、調査および収集した利根川、鬼怒川、雄物川などの全 13 河川資料のうち、多摩川の河床・河岸における軟岩

の露出実態とその侵食形態を整理する。

なお、多摩川は、その源を山梨県甲州市の笠取山（標高 1953m）に発し、途中、秋川、浅川などの支川を合わせながら、東京都の西部から南部を流下し、東京都と神奈川県都県境を流れ、東京湾に注ぐ、幹川流路延長 138km、流域面積 1240km² の一級河川である。

多摩川の流域図を図 2・1 に、現況平均河床高および最深河床高縦断図を図 2・2 に、河道特性を表 2・1 に示す。

2.1 粘性土・軟岩の露出原因

現在、多摩川のセグメント 1 区間の河床には、基岩である上総層群相当の下部更新統（一部鮮新統）の露岩が所々にみられる。

粘性土・軟岩が露出する区間が見られるようになった原因として、2 つ挙げられる。

1 つは多摩川流域における砂利の需要が増大し、砂利採取が盛んになり、その結果、河床低下が著しく進行したことが挙げられる（新多摩川誌、2001）。砂利採取は、1975 年（昭和 50）まで続けられた（直轄区間は 1964 年（昭和 39）まで）。

2 つは上流に 1957 年（昭和 32 年）小河内ダムが築造され、供給土砂が減少したことである（多摩川下流水制の配置構造と技術史上の意義、2005）。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第 4 部主任研究員
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第 4 部研究員
*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 所長

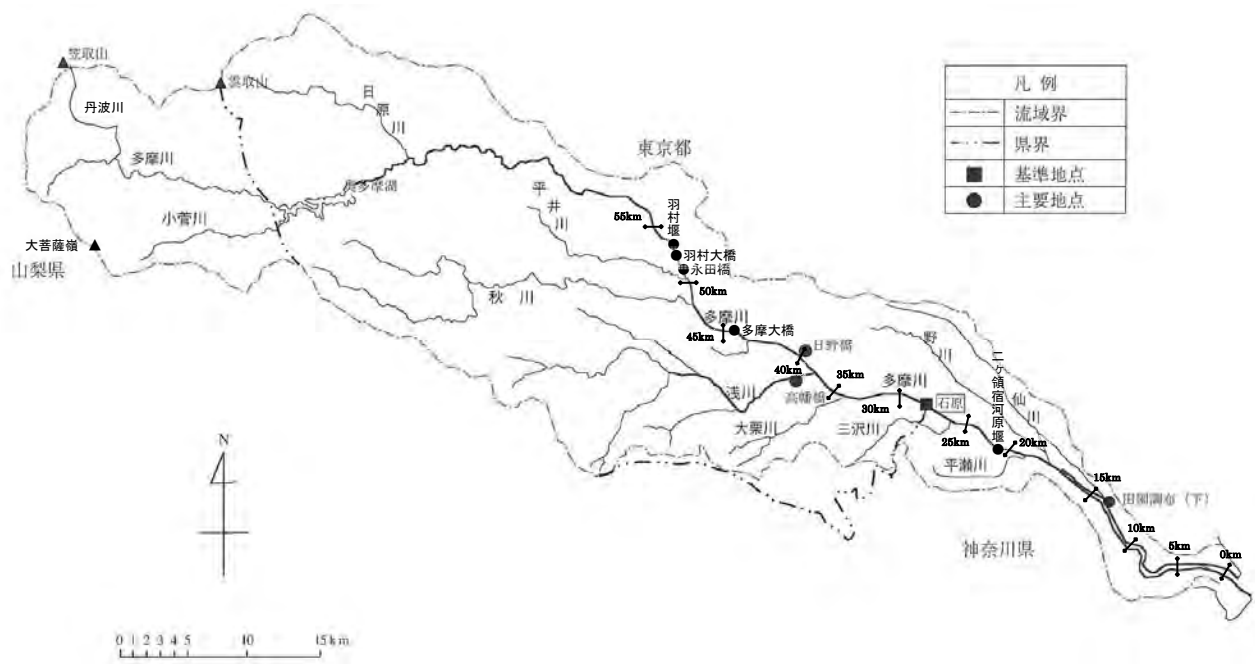


図 2・1 多摩川流域図

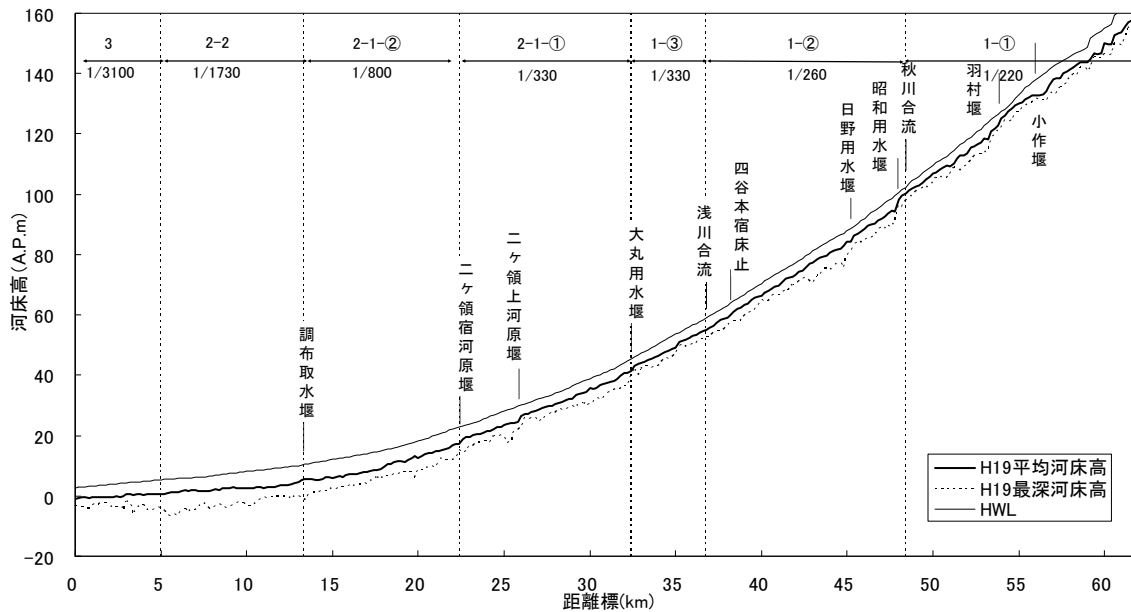


図 2・2 現況平均河床高および最深河床高縦断面図

表 2・1 河道特性整理表

距離(k)	セグメント	河床材料 d_R (mm)	河床勾配 の逆数	エネルギー 勾配の逆数	平均水深 H_m (m)	摩擦速度 u_*^2 (cm^2/s^2)	無次元 掃流力 τ_{*R}	平均 低水路幅 (m)	平均 川幅 水深比	平均年最大 流量 (m^3/s)	低水路 粗度係数
0.0-5.0	3	0.2	3100	14150	2.99	23.5	0.779	490	166	1460	0.018
5.0-13.3	2-2	6	1730	4200	3.06	93.4	0.097	265	109	1460	0.018
13.3-22.4	2-1-②	27	800	760	2.71	347.0	0.079	195	75	1460 ^{※1)}	0.025
22.4-32.4	2-1-①	24	440	480	2.18	434.7	0.110	219	107	1356	0.025
32.4-37.0	1-③	31	330	380	1.69	474.6	0.095	325	196	1356	0.030
37.0-48.4	1-②	27	260	320	1.91	611.5	0.141	192	110	542	0.030
48.4-61.8	1-①	44	220	240	1.67	657.3	0.093	130	94	980	0.030

※1. 出発水位は 0.0km の計画高水位 A.P.2.72m で計算した。

※2. 13.3-17.8k : 1460 m^3/s , 17.8-22.4 : 1356 m^3/s

2.2 粘性土・軟岩の露出実態

多摩川における代表的な粘性土・軟岩の露出実態を以下に述べる。

2.2.1 羽村大橋（53.2km）～永田橋（51.8km）間

羽村堰（53.8km）～永田橋（51.8km）間の河岸部には、下部更新統の泥岩および砂礫（飯能礫層）が露頭している部分が多く見られる。

羽村大橋付近の河床部は赤褐色の泥岩で覆われている（写真2・1参照）。河岸部に露頭している泥岩は、写真2・2に示すように乾湿の繰返しにより細片化し脆弱化している。



写真2・1 羽村大橋（53.2km）付近の河床状況



写真2・2 羽村大橋付近に見られる河岸部の泥岩

2.2.2 多摩川横断水道橋（47.2km）周辺

多摩川横断水道橋（47.2km）周辺の河床は、灰色の凝灰質泥岩の下に礫層（加住礫層）が露出し、縦

筋状の溝状浸食地形が形成されている（写真2・3参照）。この水道橋周辺の河岸は、写真2・4のような茶色のシルトと礫の互層になっており、写真2・5のように河岸下部の礫層が、流水作用などにより大きく侵食され、シルト層がオーバーハングしている。



写真2・3 水道橋（47.2km）付近の左岸河床状況



写真2・4 水道橋上流右岸側河岸(47.2km)



写真2・5 オーバーハングした河岸（水管橋付近）

多摩川横断水道橋より下流には、河床に周辺が侵食され残った灰色の層厚 15cm 程度の細砂混じりシルト岩が見られる。これは写真 2・6 のようにハンマーで叩いても容易に砕けないほど硬質である。一方、低水路内ではこの細砂混じりシルト岩の下部層（シルト岩）が増水時の流下砂利と流水作用により、写真 2・7 のように溝状に侵食されている。また、露岩部の表面は、乾湿の繰返し作用により細片化している。

このように本地点の軟岩は、岩質や互層構造の違いにより、比較的狭い範囲でもその侵食特性が大きく異なっている。



写真 2・6 硬質な砂岩(47.2km)



写真 2・7 河床の風化・侵食状況(47.2km)

2.2.3 JR 八高線多摩川橋梁（44.9km）～多摩大橋（43.6km）間

JR 八高線多摩川橋梁（44.9km）付近では、シルトおよび砂から構成される茶色の軟岩が露出している（写真 2・8 参照）。



写真 2・8 八高線橋梁下流の河床の状況

この橋梁では、橋脚保護のための床止工の護床ブロックが設置されているが、写真 2・9 のように河床低下により護床ブロックが浮き上がり不安定化している。



写真 2・9 八高線橋梁（44.9km）下流側

また、多摩大橋（43.6km）下流では、河床に灰色のシルト岩が露出している。この軟岩は写真 2・10 のように溝状に侵食されている。



写真 2・10 溝状侵食による縦筋（43.2km 付近）

2.2.4 二ヶ領宿河原堰（22.4km）付近

当該箇所では、二ヶ領宿河原堰（22.4km）の下流の右岸側約 150m を除いた左岸側に砂質泥岩が露出しており、侵食平坦面が形成されている。1999 年（平成 11 年）に固定堰から可動堰に改築されるまでの二ヶ領宿河原堰は、堰の敷高と床止めの位置程度の高さに砂質泥岩が存在していた。

この軟岩の存在により、1974 年（昭和 49 年）の出水においては、堰の左岸側堤防が侵食された。砂質泥岩の存在により縦方向への侵食が進まず、横方向に礫層を削り、側方侵食を増大させた。



写真 2・11 S49 出水における決壊直後の状況

堰下流側の中州に堆積している破碎状の泥岩は、上流側で洗掘による河床低下の影響で流送され、乾湿の繰返し作用により細片化している（写真 2・12 参照）。



写真 2・12 二ヶ領宿河原堰（22.4km）下流の中州

また、堰下流左岸側の砂質泥岩が写真 2・13 のように縦断方向に侵食した溝が見られるが、その侵食溝は上流部の軟岩（例えば写真 2・9 の JR 八高線多摩川橋梁付近）に比べて浅く、ポットホールなども見られない。



写真 2・13 二ヶ領宿河原堰(22.4km)下流の河床状況

2.3 粘性土・軟岩の侵食形態

ここでは、以上までに述べた粘性土・軟岩の露出河道の実態を基に、粘性土・軟岩の侵食形態の特徴を述べる。

2.3.1 乾湿風化

乾湿風化とは、湿潤と乾燥に伴う膨張と収縮の繰り返しの作用により、粘性土・軟岩が細片化または粒状化する現象であり、スレーキングとも言われる。

軟岩河道において乾湿風化が生じやすいのは、平水時の水面より軟岩が露出し、かつ平水位から余り高くない数 m の範囲と考えられる。

水面下にある軟岩の侵食速度より、水面上に露出した軟岩の風化速度が速ければ、河床は平坦面化する。

軟岩がシルト混じりの細砂からなる砂岩と泥岩の互層で、層序方向が水平でなければ、岩質の差により風化速度が異なるので、洗濯板状の凹凸を持った河床となる。

2.3.2 流水および流下土砂による物理的作用

流水による侵食は、流下土砂の混入により侵食速度が増加する。侵食速度は、概略、岩質の強度、河床に働く掃流力、流下土砂の粒径と流下量、河床を覆う礫の被覆率の関数と考える。

軟岩の表面は流下土砂により磨耗・破碎するが、その強度、層序構造、走向、傾斜の特性の差異により、ポットホール、縦筋溝状侵食地形などの微地形が生じる。

1) ポットホール

岩盤上の凹みに礫が入り、凹みに生じる渦流により礫が回転し岩盤を磨耗侵食し穴（写真2・14参照）を形成する。



写真2・14 多摩川47.2km付近のポットホール形状

2) 縦筋溝

粘性土・軟岩の表面において、ポットホールが流下方向に連結拡大することにより、縦筋溝侵食（写真2・15参照）が形成されると考える。



写真2・15 多摩川43.2km付近の縦筋溝状の状況

3. 粘性土・軟岩河道の河川管理上の課題

日本の沖積河道のほとんどは、現在、河床低下傾向にあり、従来、技術上の課題として取り上げられなかった粘性土・軟岩が河床に露出する河道が増加し、2章で示した粘性土・軟岩の河床・河岸における露出実態と横断形状の変化形態より、近い将来に問題となり得る粘性土・軟岩河道の河川管理上の課題として、以下の3点が挙げられる。

- ①維持管理
- ②河川環境（生物多様性の低下対策）
- ③河川計画

3.1 維持管理に対する課題

横断構造物の下流側では、急激な河床低下による横断構造物への影響が懸念されるため、床止工などの対策工の配置・設計法が求められている。

事例としては、多摩川における写真2・9に示したようにJR八高線多摩川橋梁付近が挙げられる。

また、護岸についても、河床低下によって護岸の破壊が懸念されることから、基礎工の構造形式、根固工の必要性に関する判断基準が求められている。

3.2 河川環境に対する課題

従前、砂もしくは砂利に覆われていた河床が、粘性土・軟岩が露出する面積が増加し、河川環境の単調化が生じている。

事例としては、多摩川においては、砂・砂利で覆われていた河床が、写真3・1のように河床低下により軟岩（砂岩）が露出し、魚が生息する“餌場”，“産卵場”，“隠れ場”が無くなっている。

このため、その河川生態系などの河川環境の改善技術が求められている。



写真 3・1 水管橋（47.1km）下流の粘性土・軟岩の露出により河床が単調化した状況

3.3 河川計画に対する課題

河道計画に対する課題として、粘性土・軟岩が露出した河道について、侵食速度を考慮した“河道縦横断計画”と“粗度係数の設定方法”などの確立が挙げられる。

また、高水計画に対する課題として、粘性土・軟岩が露出する地点の河床低下が進行した場合、高水時の水面形が変化する。計画された遊水地機能・分派機能が維持できなくなる可能性がある。このような場合の越流堤防や分派施設の設計論や高水計画の立案手法の確立が求められる。

4. 粘性土・軟岩の侵食特性の把握

3章で示した粘性土・軟岩が露出する、あるいは既に露出している河道の変化によってもたらされる

河川管理上の課題に対応するため、粘性土・軟岩河道の侵食特性とその変化速度を評価する必要がある。

4.1 現地データによる侵食特性を把握する方法

粘性土・軟岩の下刻速度および側刻速度などの侵食特性を把握するにあたっては、侵食を受ける側の粘性土・軟岩河床の性質と侵食を及ぼす側の作用する外力を考える必要がある。

侵食特性を把握するためには、図 4・1 に表す粘性土・軟岩河床に関する性質と作用する外力に関連したデータを収集・把握し、物性指標（地質年代区分、地盤強度など）などからなる A 指標、掃流力や流速などからなる B 指標と侵食速度・侵食形態からなる C 指標の関係性を分析することが必要である。

なお、その関係性を明らかにするためには、多くの河道特性データを収集する必要があり、また、不足する要素については、現地調査が必要となる。

侵食特性を把握する手順は、まず文献調査（地質・岩質、物性指標、河道特性などに関する成果）を行い、調査対象とする粘性土・軟岩についての既往知見を整理する。その上で現地調査を行い、物性指標や地質年代を把握する。

なお、物性指標については、河川管理の現場へ適用していくことを考慮し、本研究では、多大の労力と試験費用が必要となる指標および試験方法を避け、実用的な指標として、一軸圧縮強度を提案することとした。

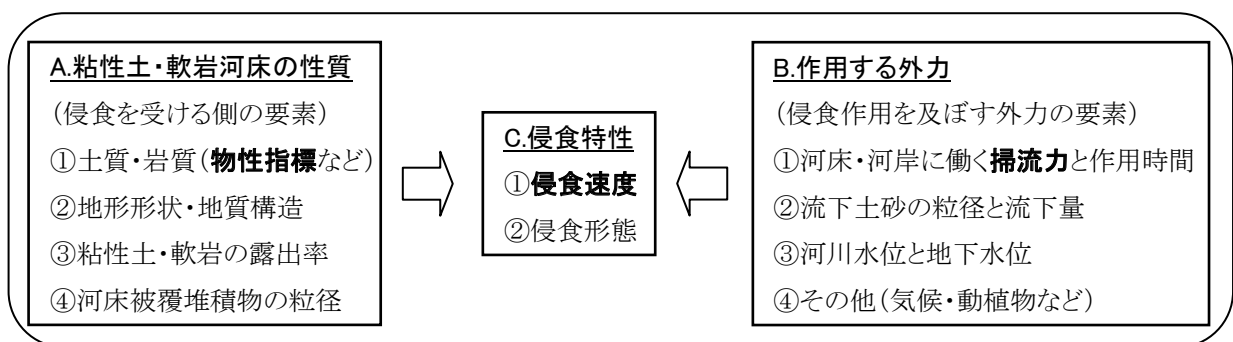


図 4・1 粘性土・軟岩河道の侵食特性の関係性を見出すための研究スキーム

4.2 現地データによる具体的な方法

粘性土・軟岩河道に作用する外力と侵食特性の関係性を見出す具体的な方法は、以下のとおりである。

河道特性データや年度毎の形状変化の横断重ね図より、粘性土・軟岩の物性指標と洪水時の掃流力、流速および侵食速度を把握するものとする。

侵食速度は、図4・2のような横断形状の重ね合わせ、横断方向の土層・地質層序図などの情報を整理し、その変化速度を求める。同時に、縦断形状変化や写真情報も併せて整理する。

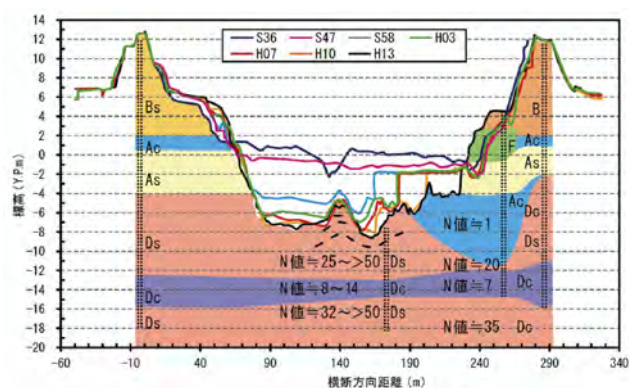


図 4・2 横断方向の土層・地質層序図と年度毎の形状変化の重ね合わせ図の例

多摩川において試みた例を示す。

はじめに既往の地質図を収集し、河川の基盤となっている地層の土質・地質特性について整理した。次に、現地調査を行い、粘性土・軟岩の露出状況把握した。

なお、本研究では十分な実施ができなかったが、現地踏査の際には、安価で容易な物性値の測定方法

として、その土質・岩質の硬さの程度をハンマーで把握し、一軸圧縮強度を土壌硬度計・軟岩ペネトrometer（写真4・1参照）、シュミットロックハンマーなどにて把握することにした。



写真 4・1 軟岩ペネトメーター（針貫入計）

また、既往の河道計画検討資料にて行われている不等流計算結果より、平均年最大流量時の外力（摩擦速度等）を把握するとともに、年度毎の横断重ね図により、粘性土・軟岩露出箇所の侵食速度（下刻速度）を整理した。

その一例として、多摩川 53.0km 地点（羽村大橋下流付近）の横断重ね図を図4・3に示す。この図により、1975年（昭和50）から2008年（平成20）までの33年間の間に、低水路河床が2.2m程度低下していることが読みとれた。これは、年平均すると6.67cm/年の低下量となる。また、摩擦速度の2乗 u_*^2 ($g \cdot Hm \cdot I$) は、 $893 \text{ cm}^2/\text{s}^2$ である。ここで、 g は重力加速度、 Hm は低水路の水深、 I は河床勾配である。

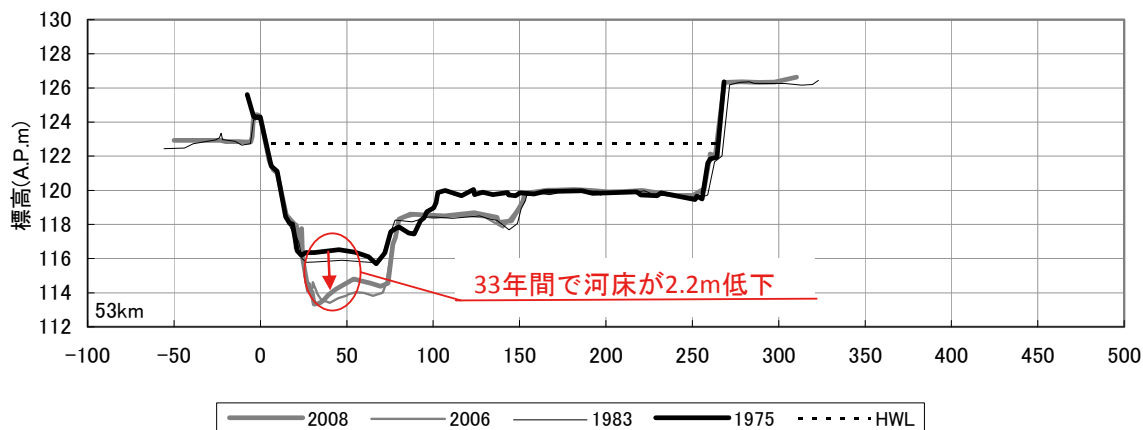


図 4・3 多摩川 53.0km（羽村大橋下流付近）横断図の重ね合わせ

なお、現地調査時の観察により、この付近の河床は茶色の泥岩とその下層の礫岩で構成されていることと、泥岩は乾湿作用によって細片化し脆弱化していることが確認された(写真2・1, 写真2・2参照).

そのため、当該区間の河床低下は、洪水時の礫による摩耗ならびに、スレーキングや河岸侵食の進行に伴う崩壊で流送されたことによるものと想定された。

4.3 現地データ分析の成果

以上の方法により収集・整理したデータから、粘性土・軟岩の各種データを把握・分析し、物性指標(土質・岩質)と作用する外力(平均年最大流量時の掃流力： u_*^2 、1/100年確率洪水相当時の流速：推定 V_{max} 、流速： V_m)と侵食速度(下刻速度)の関係を整理した。

表4・1 土質・岩質毎の侵食特性

地質区分	土質・岩質	場所	u_*^2 (cm^2/s^2)	V_m (m/s)	推定 V_{max} (m/s)	下刻速度 (cm/年)	セグメント 区分	備考
完新世	腐植土 (Pt)	信濃川 洗堰下流	80	1.2		500~600	2-2	この層の露出後急速に侵食
"	腐植土 (Pt)	鬼怒川 10.5km	140	1.2~1.5		28	2-2	"
"	腐植土 (Pt)	鬼怒川 5km	140	1.2~1.5		16		"
"	腐植土 (Pt)	夕張川放水路					2-2	泥炭層が急速に侵食、泥層で止まる
"	腐植土 (Pt)	雄物川 10.8km	450	2.8 ($\phi=13$)	4.2		2-1 (1/500)	腐植土が溝状侵食
完新世	粘性土 (海成)	鬼怒川 9.0km	140	1.2~1.5	2.8	1~2	2-2	
"	粘性土 (後背湿地堆積物)	鬼怒川 22.5km	140	1.2~1.5	2.8	35以上	2-2	溝状侵食 (幅 60m、深さ 5m)
"	粘性土 (河成)	鬼怒川 25~26km	140	1.2~1.5	2.8	1~5	2-2	Y.P.13m が侵食平坦面
"	粘性土 (後背湿地堆積物)	荒川 58km	220	2	2.5*	28 (最深部)	2-1	1 洪水で 3m 低下 *遊水地であることを考慮して V_{max} 1.2 倍とした。
"	粘性土 (後背湿地堆積物)	荒川 52km	196	2	2.5*	1~2	2-2	
"	粘性土 (後背湿地堆積物)	荒川 46km	196	2	2.5*	11	2-2	
後期更新世	泥岩 (下末吉期・海成)	鬼怒川 3km	140	1.2~1.5	2.8	13	2-2	
"	砂岩 (武蔵期?)	鬼怒川 12km	140	1.2~1.5	2.8	3.7	2-2	
"	小礫混じり砂岩 (下末吉期・海成)	荒川 62km	220	2	2.5*	8	2-2	
"	シルト・砂岩 (河成・12 万年前)	江戸川 43~46km	120~130	1.5~1.7	2.4	2	2-2	
完新世	砂層と判断 (河成・下末吉期)	江戸川 51~54km	120~130	1.5~1.7	2.4	14	2-2	
後期更新世		利根川 79km	150		3.1*		2-2	*観測実績より
"	泥岩	溜沼川 20~30km	205	1.7 ($\phi=12$)	2.6	あまり 変化せず	2-2	礫混じり砂の河床に部分的に露出
"	砂・礫岩 (6 万年前・河成?)	鬼怒川 66.5km	800	3.7 ($\phi=13$)		7~8	1	溝状 (幅 90m、深さ 3~4m) の部分を評価
"		久著呂川					1	
中期更新世	砂・泥岩 (下総層群)	養老川 20~31km	194	2.4 ($\phi=17$)	3.6			
前期更新世	泥・砂・礫岩 (上総層群)	多摩川 53.2k	660	2.7		7	1	
"	"	多摩川 51.0k	660	2.4		7	1	
"	"	多摩川 47.0k	610	3.0		3	1	
"	"	多摩川 45.0k	610	3.8		8	1	
"	"	多摩川 44.0k	610	2.9		12	1	溝状の部分を評価 (幅 30m、深さ 2~3m)
"	"	多摩川 43.0k	610	2.9		12	1	溝状の部分を評価 (幅 50m、深さ 3~4m)
"	"	多摩川 42.0k	610	2.5		6	1	溝状の部分を評価 (幅 40m、深さ 2~3m)
中新世	泥岩 (中・上部中新統)	鬼怒川 81~ 84km	600	2.5	3.7		1	スレーキングで風化
"	砂・礫・シルト岩互層 (上部中新統・楊井層)	荒川 83km (明戸サイフォン下)			5~8**	1~10	1	砂・礫層を差別侵食 **2 次元平面流計算より
"	砂・礫・シルト岩互層 (上部中新統・土塩層)	荒川 84km	625	2.5	3.8		1	
"	砂・シルト岩 (寺泊層)	信濃川 石巻床止下流 (大河津分水路内)	225		3.3	2.6	2-2	第二床止め下流 3m15 で侵食進む (深さ 15m)
"	溶結凝灰岩 (下部中新統)	鬼怒川 107km	1000	2.8 ($\phi=9$)	4.3		1	ポットホール・縦筋有り
"		庄川						

なお、一軸圧縮強度の調査が十分になされず、強度と侵食速度の関係が分析できていないので、ここでは、粘性土・軟岩の物性指標の第1近似として、土質・地質の地質年代と堆積条件を用いている。

粘性土・軟岩河道における地質データおよび河道特性検討資料等を収集・整理・分析した成果を表4・1に示す。

5. 侵食特性のタイプ分けと土質・岩質

粘性土・軟岩河道を現地データによって評価した結果を今後の効率的・効果的な河道管理へ反映させていくために、粘性土・軟岩の侵食速度に関するタイプ分けを行うことを提案し、セグメント毎に土質・岩質毎の侵食特性のタイプ分けを行った。

5.1 侵食特性のタイプ分け

タイプ分けを行う地形変化の評価尺度として、対象箇所における河道地形の“変化速度”に着目し、“技術的対応”の観点から、表5・2に示す4タイプ分けするものとした。

技術的対応は、地形変化による河川災害の発生ポテンシャル、粘性土、軟岩の露出した後の技術的対応の容易さに着目し設定した。

表5・2 侵食特性に関するタイプ分け

タイプ	変化速度	技術的対応
難侵食層	年変化ほとんどなし or 10cm以下(1洪水)	・通常の河道監視 ・問題が生じたら技術的対応を図る
弱侵食層	年変化数 cm or 10~50cm(1洪水)	・河道監視を強化 ・問題が生じると想定された時点で技術的対応を図る
中侵食層	年変化 数十 cm 以下 or 50~200cm(1洪水)	・河道監視を強化 ・5~15年以内に技術的対応を図る
強侵食層	年変化 数十 cm 以上 or 200cm以上(1洪水)	・直ちに技術的対応を図る

5.2 セグメント毎の土質・岩質の耐侵食区分

表5・3には、多摩川を含む13河川の基礎資料を用いて、河道の特徴が異なるセグメント毎に地質年代・岩質毎に想定される耐侵食区分を示した。

6. おわりに

以上、多摩川における粘性土・軟岩の露出箇所についての文献調査・現地調査による実態把握を通して、その問題点・課題を抽出し、現地データを用いた侵食特性の把握を行った。また、その河道管理の観点から、粘性土・軟岩の侵食特性に関するランク分けを提案した。

なお、粘性土・軟岩の侵食形態および侵食速度に関する検討は、調査事例が少ないこと、岩質の物性値の測定法が確立されていないことより、土質・岩質に関する物性値・化学的特性値と侵食形態および侵食速度の関係を表す関数形を表出する段階にあるとは言えない。

したがって、今後、より多くの河川において、文献調査および現地調査を行い、粘性土・軟岩の露出実態を把握し、作用する外力と侵食形態および侵食速度に関するデータベースを蓄積していくことが重要である。また、これらデータベースを活用することにより、作用する外力と侵食形態・侵食速度の関係を定式化することが可能となると考える。

本研究は、まだ継続中であり、今後の課題を含めて検討を続け、以下のような報告書を作成する予定である。

— 本研究報告の目次 (案) —

- 1章 序論
- 2章 河川における粘性土・軟岩露出実態と河道変化
- 3章 河川および周辺の土層・地層構造の把握手法
- 4章 粘性土・軟岩の侵食形態と侵食速度
- 5章 粘性土・軟岩河道のスケール規定因と河道スケール
- 6章 粘性土および軟岩河道の生物と生態
- 7章 粘性土・軟岩区間の河道計画および河川構造物設計・維持管理

表5-3 地質およびセグメントによる侵食特性に関する1次判断の目安

区分	地質年代・岩質	耐侵食区分
セグメント1	上部・中部更新統： 河成堆積物 火砕流堆積物 岩砕流れ堆積物	中侵食層 溶結度により区分が変化、圧縮強度 200kgf/cm ² 以上難侵食層 弱・中侵食層
	下部更新統・鮮新統： 河・海・湖沼成堆積物 火砕流堆積物 岩砕流れ堆積物	弱侵食層あるいは中侵食層 溶結度により区分が変化、圧縮強度 200kgf/cm ² 以上難侵食層 弱・中侵食層
	新第三系（中新統）：海・河・湖沼成堆積岩	弱侵食層 ※スレーキングする泥岩（水中で 3m/s 程度、 水際では溶ける、小片化）
	古第三系：堆積岩、火成岩、変成岩	難侵食層あるいは弱侵食層
	中・古生界：堆積岩、火成岩、変成岩	難侵食層
	溶岩岩脈	普通難侵食層、ただし岩脈が薄いと節理がブ ロックとなり転動することがある
セグメント2-1	沖積層	中侵食層
	上部・中部更新統：海・河・沼成堆積物	中侵食層
	下部更新統・鮮新統：海・河・湖沼堆積岩	弱侵食層（岩質によって異なる） 溶結凝灰岩＝難侵食層 シルト岩＝弱侵食層および中侵食層 礫岩＝弱侵食層
	新第三系：海・河・湖沼成堆積岩、火成岩	弱侵食層
	古第三系：海・河成・湖沼堆積岩、火成岩、 変成岩	弱侵食層
	中・古生界：堆積岩、火成岩、変成岩	難侵食層
	溶岩岩脈	普通難侵食層、ただし岩脈が薄いと節理がブ ロックとなり転動することがある
	風化岩（風化花崗岩）、破碎岩、変質岩	中（弱）侵食層
セグメント2-2	シラス層（九州南部） 溶結部	中侵食層あるいは強侵食層 弱・中侵食層
	完新統：粘性土	中侵食層 (Vc=2~3m/s)、弱侵食層 (Vc=3~4m/s)
	完新統：泥炭	中侵食層あるいは強侵食層
	上・中部更新統：海・河・湖沼成堆積物	中侵食層 (Vc=2~3m/s)、弱侵食層 (Vc=3~4m/s)
	下部更新統・鮮新統：海・河・湖沼成堆積岩	難侵食層
	新第三系、堆積岩、火成岩	難侵食層
セグメント3	古第三系	難侵食層
	海成・汽水成沖積粘性土	堆積後 500 年以上は難侵食層 橋脚周り、構造物周りは弱侵食層
	泥炭	中侵食層
	上・中部更新統	難侵食層
	下部更新統・鮮新統、堆積岩	難侵食層
新第三系、堆積岩、火成岩	難侵食層	
古第三系、堆積岩、火成岩	難侵食層	

謝辞

本研究は、(財)河川環境管理財団の自主研究事業の一環として実施している河川塾高等科（主宰：山本晃一）の平成 21 年度研究成果を基に作成したものである。

なお、本研究の実施にあたり、河川塾高等科の参加者諸兄には各河川の現地情報などの資料提供や、研究実施に当たっての貴重なご意見、ご指導を頂いた。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 新多摩川誌編集委員会 (2001.7) 新多摩川誌 (本編 [上]) PP. 36-61, 78-109 株式会社 山海堂
- 2) 山本晃一 (2005.10) 多摩川下流水制の配置構造と技術史上の意義, 河川環境総合研究所資料 第 15 号, PP. 5-6

3) 淀川におけるワンドの整備とその課題

中西 史尚*・青木 治男**

1. はじめに

淀川では、多様な生物の生育・生息環境を再生する取り組みの一つとして、ワンドの保全・再生が行われている。淀川には明治時代に舟運の航路維持のために設置されたケレップ水制群が、ワンドと呼ばれる本川に接続した複雑な止水環境を形成し、そこに琵琶湖・淀川固有の生態系が育まれた。周辺の都市化や巨椋池の干拓が行われるなかで、このワンドの保全が求められるようになった。

淀川のワンドには、国の天然記念物でもあるイタセンパラが生息しているが、その数の減少が環境劣化の指標としてしばしば用いられた。

イタセンパラが減少しているなかで、河川の物理環境の変化との関連が分析され、この結果、1970年代以降の河川整備により河川環境が一変したことが、この種を含めて従来そこに生息していた在来生物を絶滅の危機にさらした可能性が高いことが示唆された。さらに、近年では、オオクチバス、ブルーギルなど肉食外

来魚の激増に合わせるかのように在来魚類がみられなくなり、イタセンパラも2006(H18)年から姿を見せない状況である。

本稿では、過去のワンドの試験的な再生手法とその結果について整理し、湛水ワンドを整備する際の留意点について述べる。図1・1に淀川流域および本稿で報告する城北地区(河口より12km)、楠葉地区(河口より33km)の位置を示す。



図1・1 淀川流域



図2・1 淀川河道の変遷、距離標17~23km区間 上段：1960(S35)年、下段：2009(H21)年

* (財) 河川環境管理財団 近畿事務所 大阪研究所 研究員

** (財) 河川環境管理財団 近畿事務所 所長

2. 淀川のワンドと環境の変化

1970 (S45) 年以前の淀川は低水路には舟運のためのケレップ水制が連続して設置され、蛇行していた。ワンドやたまりといわれる地形はその水制工によって生じ、1960 (S35) 年には大小様々併せて400程度あった。

1970年代以降は、計画流量の変更に伴う改修や淀川大堰の建設によって淀川の水利環境は大きく変化した。

1971 (S46) 年に「淀川水系工事实施基本計画」が改訂され、対象洪水の年超過確率が1/100から1/200に変更されたことで、計画高水流量が6,950m³/sから12,000m³/sと増大した。それを受けて淀川の河道改修は進められることになり、図2・1に示すように、低水路の掘削や拡幅、直線化が行われ、舟運のために設置された水制工は撤去された。したがって、ほとんどのワンドはこの改修の過程で消滅することとなった。

また、1983 (S58) 年には河口堰が長柄可動堰から現在の淀川大堰に代わり、水位の制御がよりきめ細かくできる河川となった。

本川上流域は低水路掘削の影響を受けて河床が低下し、水制が撤去されずにワンドが残った場所も1980 (S55) 年頃には干し上がった状態となった。

そのような中で、1970年代から生物の専門家らの実態調査や保護活動もあり、淀川の河口より12kmの城北地区と16kmの庭窪地区の2箇所がワンド群として残されることとなった。特に城北ワンド群はイタセンパラの主生息地でもあったことや、その景観からも淀川を代表する自然地区と言われてきた。

そのようなワンドを代表する城北ワンド群においても、2000 (H12) 年までの調査においてアユモドキやスジマドジョウ、ツチフキなど砂地の底質を好むような魚類が見られなくなり、イタセンパラなどタナゴ類も減少し、オオクチバス、ブルーギルなどの外来種の増加傾向がみられるなど、ワンドの生態系の劣化が指摘され、その因果関係の検討の結果、浅場や緩傾斜の水際部の減少、水位変動幅の縮小と水位の安定化、攪乱をほとんど受けなくなるなどの変化が生じたことが物理環境面の一因と指摘された。

ワンドは人為的な改修の歴史の中であって偶然的に、

淀川の生物相の保全に寄与していたこともあり、ワンドの環境を保全していくことは、淀川の環境を考慮した河川管理の中で生命線ともいえるべき方針となっており、2009 (H21) 年3月に策定された淀川水系河川整備計画にも保全や整備が掲げられている。

また、淀川においてはワンドの環境保全のために下記のような対策について提言されている。

- 1 浅いワンドの整備
- 2 緩傾斜河岸の整備
- 3 流水域へのワンド整備
- 4 淀川大堰水位操作改善
- 5 外来種、不法占用、ゴミ問題対策

これらの提言に基づいて、2000 (H12) 年前後から、ワンド環境保全の取り組みが実施されてきている。本研究では図2・2に示すように、城北地区周辺におけるワンドを整備の事例を通してワンドの整備の留意点と課題について明らかにする。



図2・2 城北ワンド群と人工ワンド位置

3. 淀川の人エワンドの事例

3.1 城北実験ワンド

城北実験ワンドは淀川大堰より約3km上流の城北ワンド群の最上流部に位置している。このワンドは、イタセンパラが生息できるような良好なワンド形状を模索するための実験的なワンドとして、1999 (H11) 年7

月に造られた。形状はタナゴ類が良好に生息している水津川中流部のたまりを模倣し、図 3・1、3・2 に示すように、水際は素掘りとし、1:20 の緩傾斜の部分が多くした。水位がやや下がったときには上流側と下流側の二つに分かれるよう、中央をごく浅くし、ひょうたん型の構造とした。それぞれの最深部深さは平均水位の O.P.+3.0m 時で 30cm、70cm 程度となるようにした。また、実験ワンドは、場所の条件から本流とは直接に接しておらず、幅約 5m、長さ 100m ほどの水路を通じて、水や生物の行き来ができるように造成された。

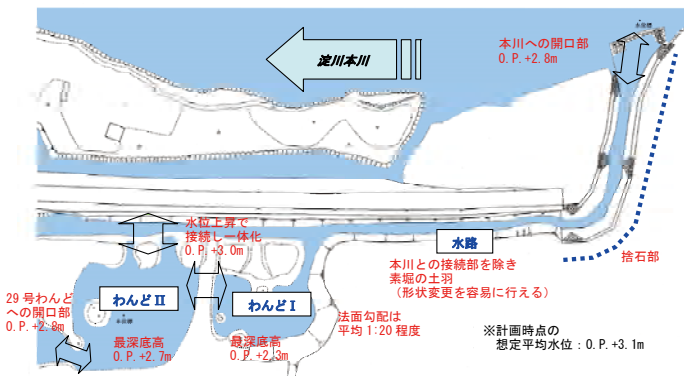


図 3・1 城北実験ワンド平面図



図 3・2 造成直後の城北実験ワンド

実験ワンドの追跡調査は、魚類相、タナゴ類稚魚、二枚貝類、植生が主に行われた。図 3・3 に示すように、造成直後の 1999 (H11) 年 9 月調査ではコウライモロコ、ハス、オイカワがほとんどを占め、遊泳魚中心の魚類の侵入がみられたが、1 年経過した 2000 (H12) 年 9 月調査ではフナ類、モツゴ、タイリクバラタナゴなどの止水性が強い魚類が多くを占め、魚類数全体も増えた。また、2000 (H12) 年、2001 (H13) 年春季のタナゴ類稚魚調査では、外来種のタイリクバラタナゴではあるが 100 個体以上確認され、シロヒレタビラも数個体確

認された。さらに、2000 (H12) 年 8 月の観察会時にはイタセンパラの成魚が 1 個体確認されている。一方、その産卵母貝となる二枚貝は図 3・4 に示すように、造成後すぐの 2000 (H12) 年 2 月に多くの稚貝の侵入が浅場や捨石工施工場所付近に特に多く確認でき、2000 (H12) 年 11 月調査においてそれらが成長している傾向が確認された。このように、造成してから 2 年近くまでは良好な環境ができつつあったと言える。ところが、その後ワンドの環境は一変することとなる。2001 (H13) 年の春季は新設ワンドと本川側のヨシ原の緩傾斜化の工事が実施されていた。特に浅い場所の整形を行うために、淀川大堰の水位を通常よりも約 30cm 下げで管理され、その期間が 4 月中旬から 6 月中旬までの 2 ヶ月間あった。実験ワンドではその間、浅い下流側のワンドではほぼ干し上がった状態となり、上流ワンドも最深部が 40cm 程の小さな浅いたまりとなった。また、その時期は植物が特に活性化する時期と重なっており、実験ワンドでもスズメノヒエ類が急速に繁茂し、陸化した場所と浅い場所に入り込んだ。したがって、下流側の浅いワンドや、連絡水路も同様となり、水面は皆無状態となり、水や生物の往来も厳しい状態となった。唯一深いワンドの水面はわずかに確保された程度だけとなった。図 3・5 に植生の変化を示す。

その後のモニタリング調査結果については、図 3・3、3・4 の 2001 (H13) 年に示されているように、魚類相、タナゴ類稚魚、二枚貝全て著しく低下した。

したがって、実験ワンドは造成後 2 年が経って水生生物の生息機能を発揮し始めていたが、それ以後は植物の侵入によってその機能を発揮できなくなった。

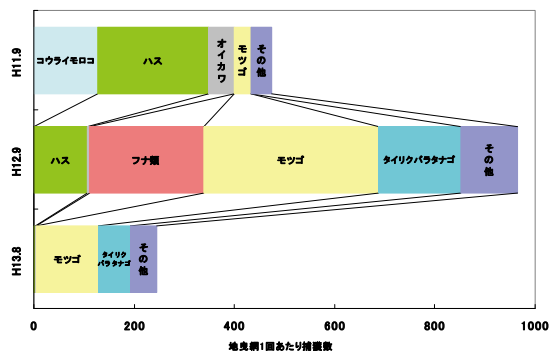


図 3・3 実験ワンドの魚類相の変化

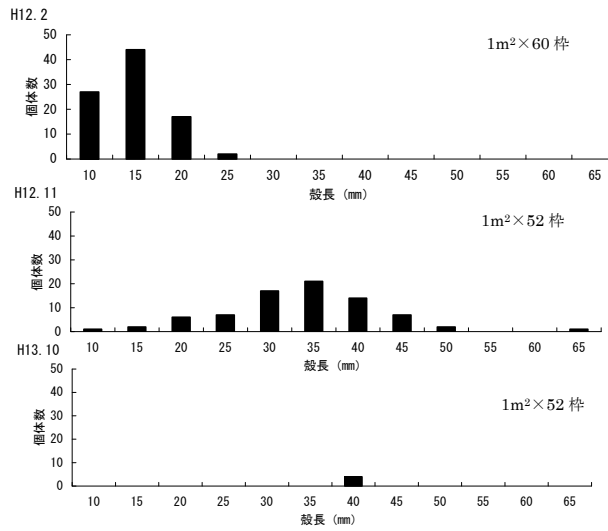


図 3・4 実験ワンドのイシガイの変化



平成 11 年 11 月相観植生図



平成 14 年 10 月相観植生図
面積割合

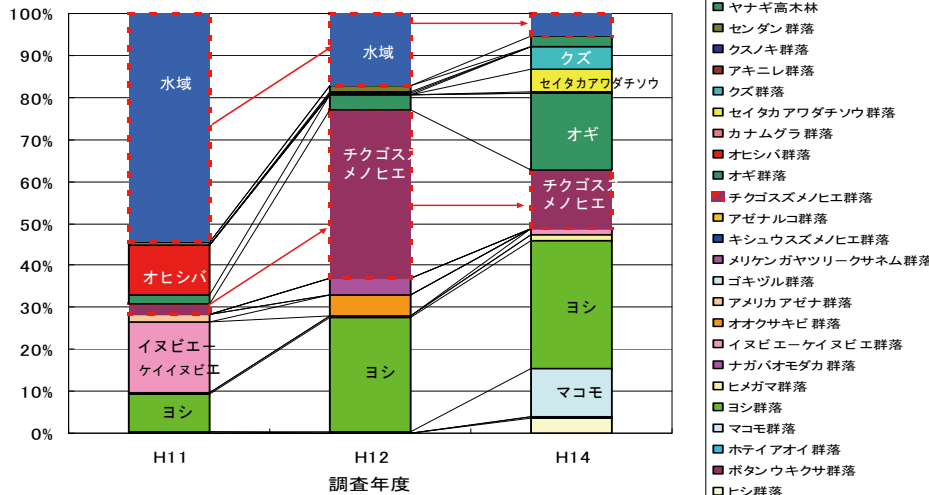


図 3・5 実験ワンドの植生の変化

3.2 城北地区新設ワンド

城北地区新設ワンドは、前述した実験ワンドと同じ城北ワンド群がある区域に2001（H13）年6月に造られた。位置は既存ワンドの城北34号、35号の背後地にあたる場所の不法耕作が広がっていた箇所、不法耕作の是正の一石二鳥のような形で実施された（図3・6）。形状は図3・7に示すように、城北実験ワンドと同じように木津川のたまりの形状を模倣して造られた。ただし、最深部は実験ワンドよりも30cm程深く造られ、開口は本川部ではなく、それぞれ、隣接の既設ワンドに開口した形で造られた。現在は34号北ワンド、35号北ワンドと呼ばれている。これらのワンドでも同様に魚類相、タナゴ類稚魚、二枚貝類、植生を中心としたモニタリング調査が行われた。



図3・6 新設ワンドの造成前後



図3・7 新設ワンド平面図

魚類相は、図3・8は、地曳網、タモ網、投網による確認種及び個体数の結果で、造成当初はハス、オイカワといった遊泳魚が優占していたが、2年目からはモツゴやタイリクバラタナゴなどが優占化してきた。タナゴ類稚魚調査でも図3・9に示すように、35号北ではタイリクバラタナゴが831個体と既存ワンド群の一つの調査で確認される個体と比べても多い部類に入るようになった。

二枚貝については、図3・10に示すように、実験ワ

ドと同じく初年度は良好であり、造成5ヶ月後に実施された二枚貝調査では6mm～30mm程度の稚貝（確認されたのは稚貝のみ）が数十個体確認された。両ワンドの殻長の分布は徐々に大型に推移し、主として、前年以前に定着したと考えられる個体の成長している様子が伺えた。35号北はタナゴ類稚魚も多く確認され、産卵母貝としてタナゴ類が利用したことも容易に推察できる。

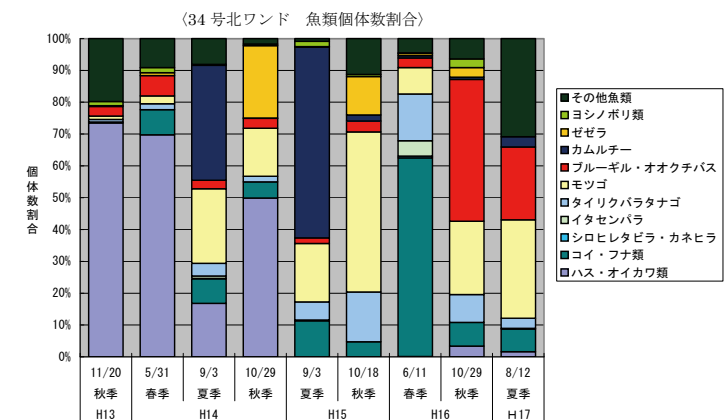
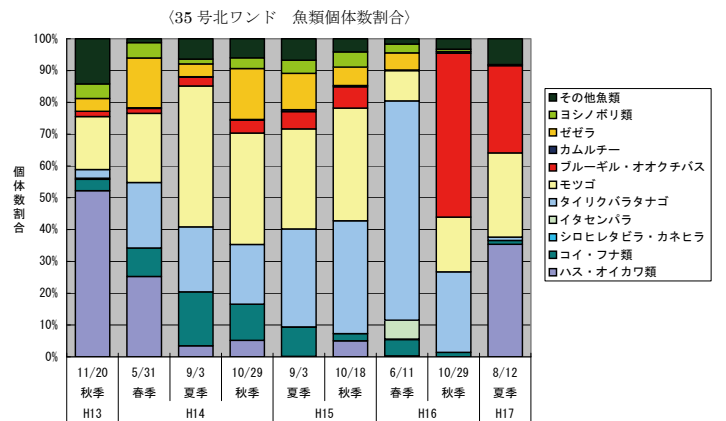


図3・8 新設ワンドの魚類相の変化

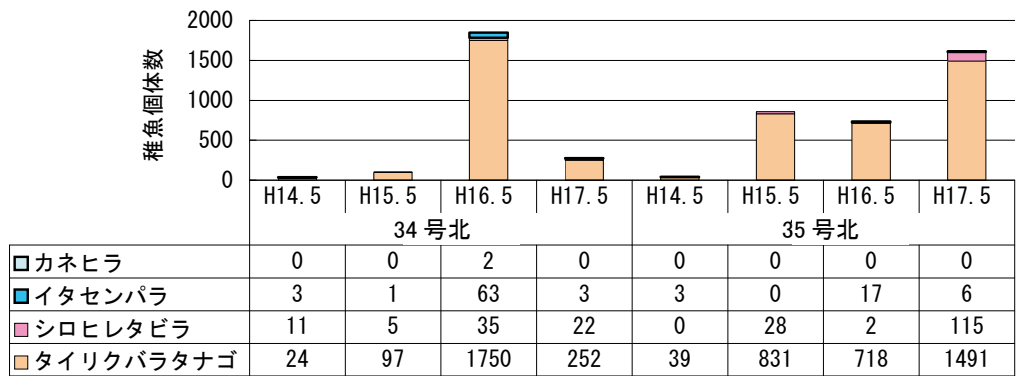


図 3・9 新設ワンドのタナゴ類稚魚の変化(全周縁部の確認調査)

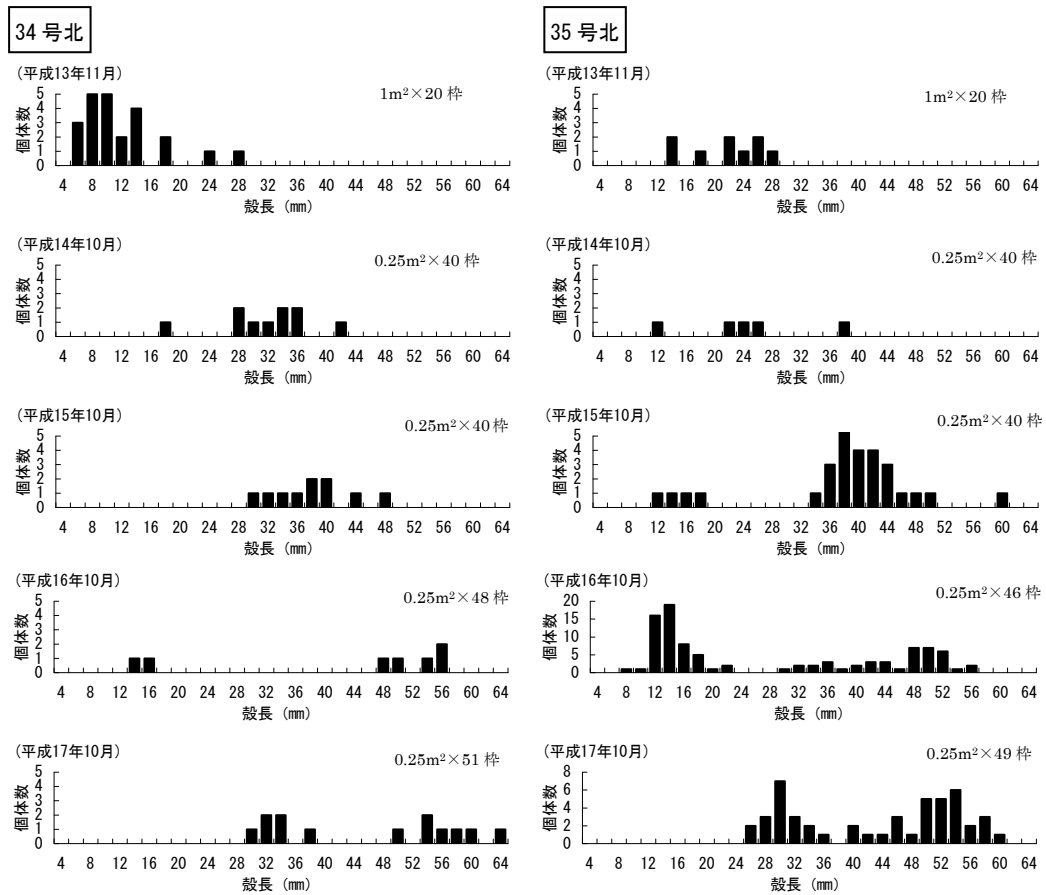


図 3・10 新設ワンドのイシガイの変化

しかしながらこちらのワンドも図 3・11, 3・12 に示すように、抽水植物であるスズメノヒエ類が徐々に浅場を埋め始め、2年で水域は半分程度となった。スズメノヒエ類は水際から沖へ向かって繁殖していくため、水際の浅場はほぼこれらに覆い尽くされ二枚貝稚貝の生息場が失われてしまう結果となり、2年目以降の新規稚貝個体の侵入がほとんどみられないことに繋がっているものと思われる。

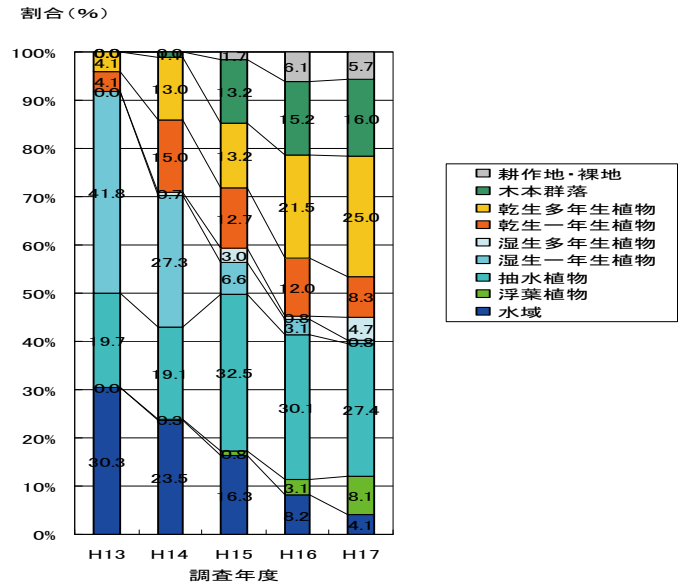


図 3・11 新設ワンドの植生の変化



34号北



35号北

図 3・12 新設ワンドの景観の変化

3.3 赤川地区人工ワンド群

赤川地区は、城北ワンド群の下流に隣接したおよそ12haの広大な場所で、従来は低水路掘削対象地となっていたが、ワンド保全の気運の高まりもあり、掘削せずにワンドを造成するという形で残すこととなった。

この地区はかつて、出水時にだけワンド群と繋がるなど閉鎖的なたまりが多く存在し、高度成長期に一時は絶滅したと思われていたイタセンパラが発見された場所である。図3・13にイタセンパラ発見当時の赤川地区の環境を示す。

赤川地区人工ワンドは、ワンドを群として整備できる場所であったため、図3・14に示すように、本川側に3連とその堤防側に城北ワンド42号と接した形で、9連が計画され12箇所のワンドが連なることとなった。2005（H17）年5月に本川側2個のワンドが完成して以来、2010（H22）年現在で計7個のワンドが整備された。

赤川地区は城北地区の人工ワンドに比べ、本川の水位変動や本流の流れも受けやすい場所となっており、植生の侵入がこの場所的特性により防止できるか注目

された。赤川地区では加えて、植生の繁茂の抑制についても実験的に検証しようと、図3・15に示すように、1号及び3号ワンドでは、ヨシ地下茎混入土を先に敷設したり、捨石構造を設けたりするなど工夫を施した。



図3・13 1975年（S50）当時の赤川地区の砂州とたまり



図3・14 赤川地区人工ワンド群整備図（2009年（H21）4月）

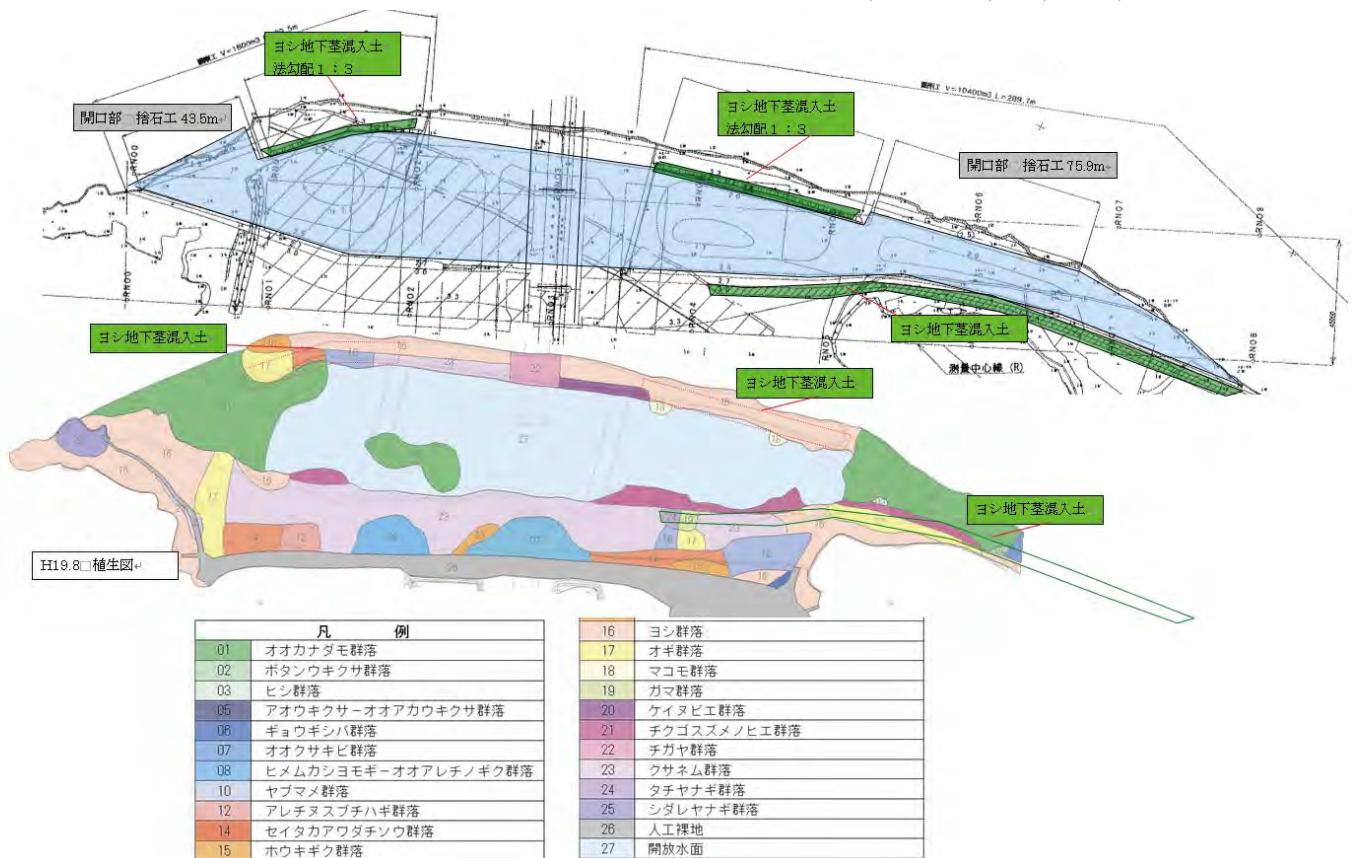


図3・15 赤川地区1号～3号ワンド（本流側）と造成2年後の植生

赤川地区の造成後のモニタリング調査では、魚類は表 3・1 に示すような魚類相が確認された。オオクチバス、ブルーギルの個体数が多い結果となっているが、図 3・16 の体長組成に示すように、当年生まれの未成魚がほとんどであった。その中で在来魚については、城北地区で確認されにくくなったゼゼラやタモロコ、カマツカなどが確認されていることから、在来魚にも有効に機能していることが示唆される。しかしながら、外来魚がワンドを産卵場所として利用していることに留意しておくべきである。

また、二枚貝類については、本川側にも多く生息していることも確認されている。図 3・17 に示すように、造成直後から進入していることが、稚貝幼貝の割合からみて窺える。

表 3・1 赤川ワンド群の魚類の変遷

No.	目	科	種名	赤川1号		赤川2号		赤川3号		赤川11号		赤川12号	
				H18	H19	H20	H19	H20	H19	H20	H20	H19	H20
1	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
2	サ	サ	サ		2		1		5			2	
3	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
4	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
5	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
6	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
7	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
8	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
9	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
10	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
11	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
12	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
13	カサガ	カサガ	カサガ		2		1		5			2	
14	カサガ	カサガ	カサガ	14	173	511	65	290	490	325	194	238	322
15	カサガ	カサガ	カサガ	4	193	12	53	12	154	17	20	3026	12
16	カサガ	カサガ	カサガ										
17	カサガ	カサガ	カサガ										
18	カサガ	カサガ	カサガ										
	ワンド・年毎別種別個体数			22	424	525	22	302	735	343	259	3520	358
	ワンド・年毎別種別種数			6	13	4	14	2	12	3	3	12	4
	ワンド別種別種数						14		12		8		12
	総種別種数						5	7	18				

・個体数は地曳網、投網、タモ網による種獲数の合計
 ・■：第一優占種 ■：第二優占種 ■：第三優占種

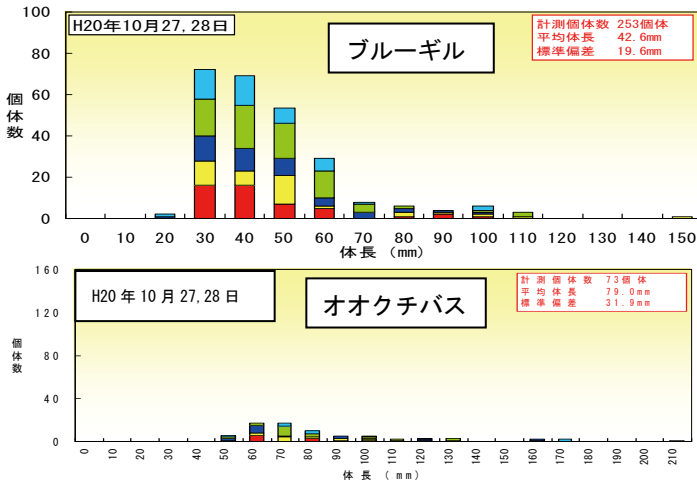


図 3・16 赤川ワンド群の外来魚の体長組成

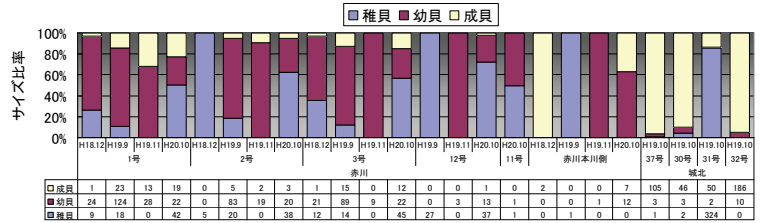


図 3・17 赤川ワンド群の二枚貝類 (一部城北地区との比較)

植生の進入については、抽水植物が城北地区の人工ワンドほど顕著に水域を覆う状況にはなっていないことは、特筆すべきことと考えられる。しかし、本流から進入する浮き草や水草の影響を受け安く、ポタンウキクサやアヅラ・クリスタータが秋季には全面を覆う状況もみられたり、本川河岸付近に最近繁茂が目立ってきているオオカナダモの繁茂が確認されたりしている。図 3・18 に示すように、2010 (H22) 年 7 月のワンドの水際をみると水域はかなりの面積で確保されており、抽水植物の沖への進出は抑制されているように見える。



図 3・18 赤川ワンドの水際

3.4 流水域へのワンド整備

淀川大堰の湛水域よりも上流では（ここでは流水域という）、河川改修によって河床低下が生じており、その程度は上流ほど大きくなっている。淀川大堰より 22km 上流の楠葉地区では 4m 以上の水位低下が生じ、低水路と高水敷の標高差が大きくなり、河川改修で残ったワンドも全て干し上がった。しかしながら、楠葉地区の砂州などでは、魚類の重要な再生産の場となっていることが確認されており、安定水域となった下流に比べ、多様な生態系を復元するポテンシャルは十分に

残されていると考えられた。

そのような中、楠葉実験タマリが造成されることとなった。楠葉実験タマリは城北実験ワンドと水理環境の違う場所の整備を比較検討することで、城北ワンド群の環境改善にもつなげることを目的として1999（H11）年に造られた。図3・19に整備位置を示す。

楠葉実験タマリは、図3・20に示すように、砂州の増水時に水が走り水路状の裸地ができるところを掘り下げた形で造成された。

平常時は本流とは開口していないため、タマリと呼んでいる。図3・21に示すように、タマリの構造は素堀で、水際は地形上の都合もあり城北実験ワンドなどに比べて急勾配の1:2程度の構造で、最深底高は、本川最低水位時でもおよそ30cmの水深が確保できるような高さで設定された。



図3・19 楠葉地区の人工タマリ位置

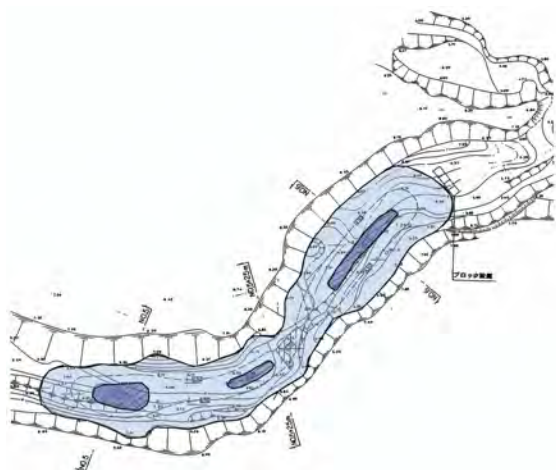


図3・20 楠葉人工タマリの形状

楠葉実験タマリにおいては造成当年の夏季2回の地曳網とタモ網による魚類調査で9種が確認された。しかし、その後、幾度かの増水で土砂によって上流部から埋没していき（図3・21、3・22）、増水時には一時的に水面があるものの平水時には水が涸れてしまうタマリとなり、当初予定した機能は発揮しないものとなった。



図3・21 楠葉人工タマリの造成直後の水域形成状況と同年出水後の土砂堆積状況

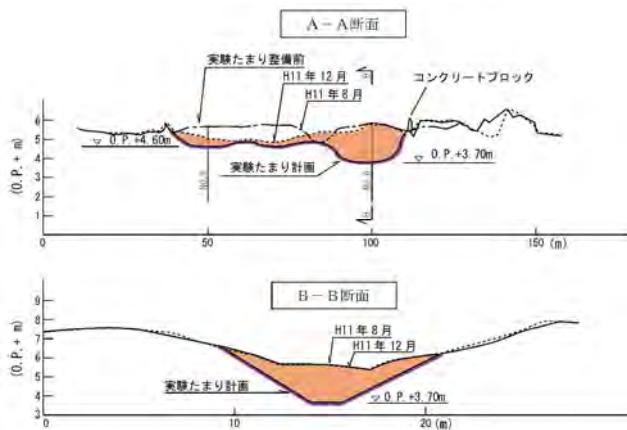


図3・22 楠葉人工タマリの土砂堆積前後の縦横断測量結果

その後、2001（H13）年度より楠葉地区の過去にあったワンド群をその場で一部再生する工事が始まり、続いて20.8k 牧野地区（2003（H15）年）、31.4k 樋之上地区（2005（H17）年）などで高水敷の一部を切り下げてワンド状の水域の整備が行われた。楠葉地区では、図3・23に示すように、2002（H14）年の1号ワンドの整備が完了してから2009（H21）年3月までに8個のワンド群の整備が完了している。



図3・23 2009（H21）年3月に完成した楠葉ワンド群

流水域は、増水時の水位変動、流速、土砂移動共に活発であり、地形が変わりやすく、生物の定着を評価するのにある程度の年数が必要と思われる。

流水域のワンド整備の評価については今後の調査に基づいて報告する予定である。

4. ワンド整備にあたっての留意事項

4.1 浅く、緩傾斜のワンドの整備について

これまで述べた3箇所的人工ワンド（城北実験ワンド・新設ワンド・赤川地区ワンド群）の整備は、浅く、緩傾斜のワンドを淀川大堰の背水区間（いわゆる湛水域）において整備してきた。

特に城北地区の人工ワンドでは、造成後2～3年目までは、二枚貝の稚貝やタナゴ類の稚魚が確認されるなど、浅くて緩傾斜の部分が機能することがわかった。しかしながら、スズメノヒエなどの抽水植物が年々に生育範囲を拡大するため、良かれと思って造った箇所が機能しなくなることもわかった。しかし、赤川地区のワンドでは造成後数年経過しているが、水域を覆い

尽くすほどには至っていない。赤川地区では、水際に先駆的植物に初期からヨシ地下茎を混入させたり、捨石護岸を施したりするなど対応していることで、抽水植物の侵入を抑制している。さらに、何も施していない水際についても植生の進入が抑えられていることから、本川に直接開口することで、城北地区の人工ワンドよりは水位変動が頻繁に起きること、洪水という攪乱頻度が高いことが良好な環境を保全できたと考える。また、2010（H22）年3月に完成した赤川5号は、図4・1に示すように、水際に防草シートを敷いたり、コンクリートで固めたりしており、維持管理の負担を軽減する新たな検討も引き続き行われている。



図4・1 今年（2010（H22）年3月）完成した赤川5号の水際

2008（H20）年の既存の城北ワンドの一部（31号ワンド）を干し上げた際にワンドの沖に水上に露出しないように創出した浅場（図4・2）については、2010（H22）年夏現在は植生も入らずに浅場が維持されている。これは陸域と接していないことが、ナガエツルノゲイトウなどの植生の進入するきっかけを抑止している効果が出ていると考えられる。このような場所に二枚貝やタナゴ類稚魚の浮出が経年的に見られるようであれば、この対策も有効と思われる。



図 4・2 城北ワンド 31 号干し上げ時に造成した浅場

4.2 水位変動について

湛水域におけるワンドの整備と水位変動との関係は特に重要である。城北実験ワンドや新設ワンドの経験から植生の繁茂期に水位が想定よりも低く、安定化すると、緩傾斜で浅い水際のワンドでは抽水植物の生育範囲の拡大が著しく、数年で浅場の機能が失われることが確認された。また一方で、春先に出水に応じた水位変動が生じると、フナ類、コイの産卵場としてワンドが機能することもわかった（中西, 2004）。

また、水位の安定化(変動が少ないこと)は、在来魚類を脅かす外来魚のオオクチバス、ブルーギルの産卵に有利な環境を造ることになるため、水位はできるだけ変動した方がよいということが言われている。

しかし、2000（H12）年～2002（H14）年に実施した淀川大堰の規則操作範囲いっぱい（O.P. +2.5m～3.3m の 0.8m 幅）に行った水位変動実験では、魚類は一時的に反応して流水性魚類の移動がみられるなどの変化があったものの、一回や二回の水位操作ではワンドの底質の更新や改善、植生の更新に寄与するほどの効果がみられないこともわかった。

赤川地区で抽水植物の繁茂が抑制されている理由をさらに分析して、湛水域においてはどの程度の水位変動、洪水攪乱が植生管理に寄与するかを注目していきたい。また、ワンドの根本的な環境に必要な水位変動については、より水位変動がある場所での事例を基に検証していきたい。

4.3 外来魚の対策

湛水域の外来魚、特にオオクチバス、ブルーギルは、

人工ワンドだけでなく、既存ワンド、ひいては本川部についても 2004（H16）年頃の調査結果を境にして、急増している。

また、時を同じくして、在来魚が多く地点で種類、個体数共に減少し、城北地区における調査においてもタナゴ類が激減し、2006（H18）年からはイタセンパラの確認もできなくなっている。

外来魚の急増は淀川のワンド環境の保全・整備に深刻な影響を与えており、地形の改善やワンドの整備だけでは解決できない問題となっており、直接的な駆除、防除対策が必要になってきている。

今後は、効率的・効果的な駆除方法の検討や駆除を実施すると共に、ブルーギルやオオクチバスの繁殖を抑制するような対策検討が必要である。

5. おわりに

湛水域におけるワンドの整備については、浅場が重要であることと、その浅場を維持管理することの重要性が明確になった。また、近年外来魚類の増加に伴い、新たに駆除や防除といった対策の必要性も併せて実施することが必要である。

今後は、これらの環境を改善するための造成技術面からのアプローチを検討していくとともに、ワンド維持管理面の課題解消をもう一つの軸として、ソフト的な管理が必要で、市民がいかに整備したワンド、ひいては淀川環境とうまく関われるかがテーマとなると考えられる。



図 5・1 専門家によるワンドの説明
（淀川わんどクリーン大作戦）

謝辞

本研究は、国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所委託業務の成果を一部引用させていただきました。

また、本実験をまとめるにあたり、「淀川環境委員会」（委員長：池淵周一 京都大学名誉教授）の委員の皆様にご指導・ご助言いただいております。ここに記し深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 豊島靖ほか：淀川における良好なワンド形成に関する実験的検討，河川環境総合研究所報告第6号，2000.7.
- 2) 中西史尚ほか：ワンドの環境改善対策に関する実験的検討，河川環境総合研究所報告第7号，2001.7
- 3) 中西史尚ほか：淀川の流況・位況変動とコイ・フナの生態行動に関する調査，河川環境総合研究所報告第10号，2004.12.
- 4) (財)河川環境管理財団大阪研究所：わんどの機能と保全・創造，1999.3.
- 5) 井上和也ほか：ワンド干し上げによる生物環境の調査及び改善に向けた実験的対策について，河川環境総合研究所報告第13号，pp.92-112，2007.
- 6) 財団法人河川環境管理財団：流水・土砂の管理と河川環境の保全・復元に関する研究（改訂版），河川整備基金事業，2005.11.
- 7) 河合典彦：大規模河川改修が淀川の水環境にもたらした功罪，淀川下流の城北ワンド群を中心に，海洋と生物，149（vol.25 no.6），pp.467-475.2003.
- 8) 建設省近畿地方建設局：淀川百年史，（近畿建設協会，1822pp,1974.
- 9) 淀川環境委員会：自然豊かな淀川をめざして，国土交通省近畿地方整備局淀川工事事務所，2002.
- 10) 国土交通省近畿地方整備局：淀川水系河川整備計画，2009.3.

4) 小川原湖の水質悪化の状況と その原因に関する考察 (中間報告)

酒井 憲司* 大寫 巖**

1. 小川原湖の概要と研究の目的

小川原湖は図1・1に示すように青森県東部を流れる高瀬川の河口から7km上流にある湖で、淡水と海水の混じりあう汽水湖である。湖の面積、容量などの概要を表-1に示す。最大水深25mは全国の汽水湖の中でかなり深い方であり、湖面積1km²以上の汽水湖では最も深い。

宝湖と呼ばれている小川原湖の特徴は、ヤマトシジミ、シラウオ、ワカサギなどの水産資源や沈水植物などの水草などが豊かに生育生息しており、水産物の漁獲が本格的に行われているとともに、湖水浴やウインドサーフィンなどのレクリエーションに盛んに利用されていることである。

小川原湖では周辺で進められていた「むつ小川原開発計画」に対応する水需要に応えるために、小川原湖の下流に河口堰を設けて湖を淡水化して水資源を確保するという「小川原湖総合開発事業」が昭和53年から当時の建設省による直轄事業として取り組まれてきた。しかしながら、むつ小川原開発計画の見直しに伴う水需要の変化等から、平成14年(以下、H14年)に国土交通省は小川原湖総合開発事業の中止を決定した。これにより小川原湖は汽水湖として維持されることとなった。

小川原湖は水質、漁獲ともに良好な状態を維持してきたが、近年様々な環境悪化の兆しが現れている。国土交通省東北地方整備局高瀬川河川事務所ではH20年度から小川原湖の水環境改善に向けた事業に着手しており、環境悪化が進行してから対策を講じるのではなく、予防保全的に対策を実施することによりかつての良好な環境を取り戻すという方針の下に、検討が進められている。

本報告はH20年度と21年度に高瀬川河川事務所から受託した小川原湖の水環境改善に関する業務の成果を基に、水質を中心として小川原湖の環境悪化の状況を示すとともに、その原因について現時点における考察結果をまとめたものである。H22年度以降の調査で見解が変わる可能性はあるが、中間報告として報告することとした。



図1・1 小川原湖とその流域

(出典：国土交通省高瀬川河川事務所 HP)

表1・1 小川原湖の諸元

成因		海跡湖
湖面積	km ²	63.2
湖容量	百万m ³	714
湖岸延長	km	67.4
平均水深	m	約11
最大水深	m	25
流域面積	km ²	805.4

(出典：高瀬川河川事務所HP)

* 河川環境総合研究所 技術参与

** 河川環境総合研究所 研究第二部 主任研究員

2. 水質の特徴

小川原湖の水質の特徴は底部に常時塩分濃度の高い層（以下、塩水層）が存在し、塩分濃度の低い上層（以下、淡水層）と2層構造の汽水湖となっており、両層の間の塩分や栄養塩の移動が水質に深く関わっていることである。流域から流入する栄養塩に加えて塩水層や淡水層底泥から供給される栄養塩が湖内の水産資源や水草の生育を支えており、水質も生物の活動の影響を受けている。小川原湖の水質に関連する要因の模式図を図2・1に示す。

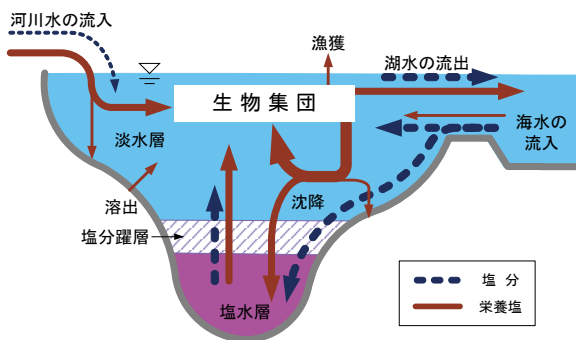
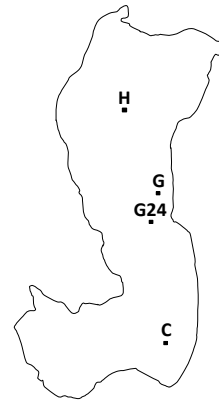


図2・1 小川原湖の水質関連要因の模式図

年間における水質の変化や、水質の変化と関係の深い塩分成層と水温成層の状況、流入河川からの流入水量と水質及び漁獲に関する実態について比較的数据の揃っているH19年（もしくは年度）を対象として以下に紹介する。使用するデータは主に国土交通省高瀬川河川事務所のデータ（以下、国交省データ）で、他に地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所のデータ（以下、内水面データ）、八戸工業高等専門学校藤原広和准教授のデータ（以下、高専データ）、小川原湖漁業協同組合総会資料（以下、漁協資料）によるもので、特に断らないものは国交省データであり、その他についてはその都度明記した。

2.1 水質の年間変化

湖水の採水地点と各地点での採水水深を図2・2に示す。G、H、Cでは上層、中層、下層の3水深、G24は下層のみの採水である。以下に紹介する水質データは基本的にはG地点とG24地点のものであり、これら以外のデータを用いる場合にはその都度明記した。



採水地点各層の水深 (m)

地点	上層	中層	下層
G	0.5	9.5	18
H	0.5	8.5-9	16-17
C	0.5	7.5	14
G24	---	---	24-25

図2・2 採水地点の位置と水深

湖の上層の水温と塩化物イオン（単位は mg/L、類似の用語で塩分があり、その場合の単位は PSU で、本報告では $1 \text{ g-Cl/L} = 1.806555 \text{ PSU}$ で換算。）の年間変化を図2・3に示す。水温の年間の変動は $1.2 \sim 22.1 \text{ }^\circ\text{C}$ であり、1月～3月は年によっては結氷により採水ができないことがある。塩化物イオンは11月～3月に高く、7月～9月に低い。年間の変動は $700 \sim 1200 \text{ mg/L}$ である。

次に上層の透明度、化学的酸素要求量(COD)、全窒素(T-N)、全りん(T-P)、クロロフィル a (Chl-a) の年間変化を図2・4に示す。

透明度は8月～10月に3m以上と高く、11月～6月は2m前後と低い。Chl-aは11月～3月が高く、8月～10月は $5 \mu\text{g/L}$ 前後と低い。透明度とChl-aは1月～3月以外は負の相関が見られる。

CODは3月、7月、12月にピークが見られ、3月と12月はChl-aのピークと一致しているが、7月はChl-aとは関係がない。

T-NとT-Pは11月～4月が高く、7月～10月が低い。T-NとT-Pの比（重量比）は21～61であり、植物プランクトンの栄養塩に関する制限因子はりん

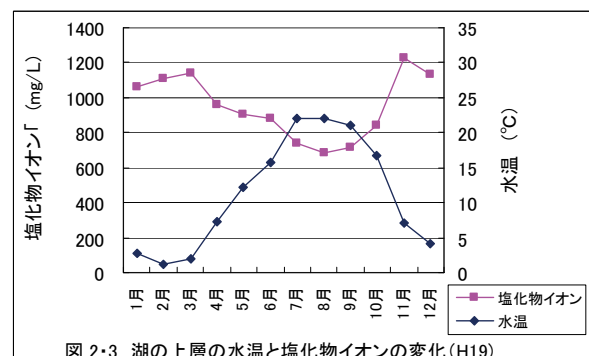


図2・3 湖の上層の水温と塩化物イオンの変化 (H19)

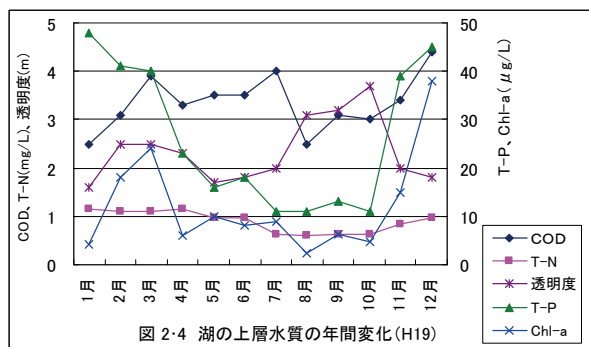


図 2-4 湖の上層水質の年間変化(H19)

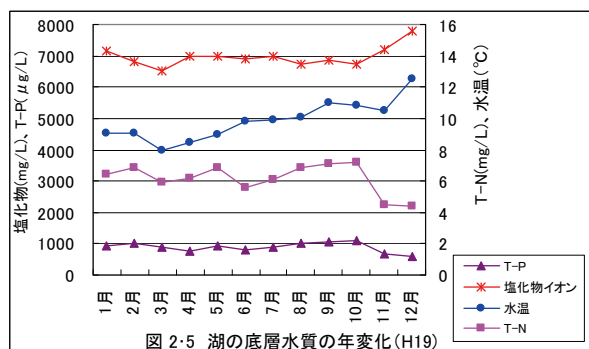


図 2-5 湖の底層水質の年間変化(H19)

といえる。T-P と Chl-a は 3 月～12 月は正の相関が見られ T-P が植物プランクトンの形で存在していると考えられるが、1 月～2 月は無機態 (PO₄-P) で存在しているものが少なくないことを示唆している。

湖の底層 (G24 地点下層) の水温、塩化物イオン、T-N、T-P の年間変化を図 2-5 に示す。水温、塩化物イオン、T-N、T-P のいずれも季節変化は見られない。水温は年間を通して 8～12℃で、3 月～12 月にかけて徐々に上昇している。塩化物イオンは 7000 mg/L 前後、T-N は 6～7 mg/L、T-P は 1000 μg/L (=1 mg/L) 前後である。塩化物イオンの上昇した 11～12 月には T-N 及び T-P の低下が見られ、海水の流入があったものと考えられる。底層の T-N と T-P の比は 6.4～7.9 で、上層の値よりかなり低い。

水温以外の項目について底層と上層の比を求めると、塩化物イオンが 6～10、T-N が 5～11 であるのに対して、T-P は 13～102 とかなり高い。

2.2 塩分成層

湖内の塩分の鉛直分布について H19 年 10 月を例として水温と溶存酸素(DO)の分布と合わせて図 2-6 に示す。標高 T.P.-12 m (以下、T.P.は略す。なお湖面の標高はプラス数十 cm 程度である。) より浅いところでは塩分、水温、DO はそれぞれ上層とほぼ

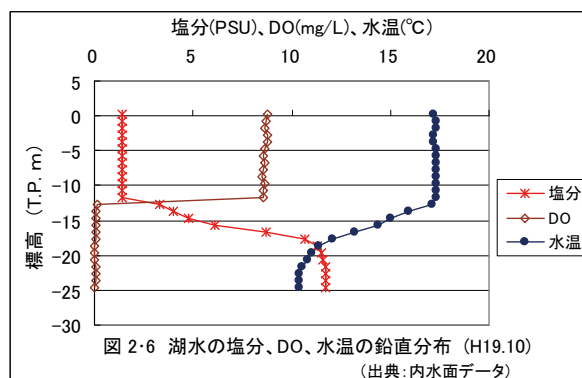


図 2-6 湖水の塩分、DO、水温の鉛直分布 (H19.10)
(出典:内水面データ)

同じ値であり、湖水がよく混合されていることを表している。塩分は-12 m より深くなると増加し、-19 m 以深でほぼ一定となっている。上層と深層の塩分濃度は 1.4、11.7 PSU で、深層の値は海水の 1/3 程度である。水温は増減の方向が逆であるが塩分とよく似た挙動を示しているのに対して、DO は塩分の増加とともに急激に低下し-13 m で 0 mg/L となっている。

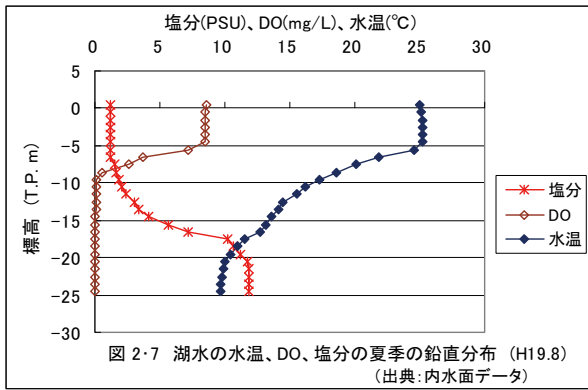
底部の塩分濃度の高い水は表層より密度が高く、また小川原湖は最大水深が 25 m と深いため底部は風や出水による攪乱を受けにくいと考えられることから、底部には塩分濃度の高い塩水層が年間を通して存在する塩分成層が形成されている。

淡水層と塩水層の境界の層は塩分躍層と呼ばれている。塩分躍層は平面ではなく、図 2-6 では約 7 m の厚みを持っているが、本報告では塩分濃度 5 PSU の面を便宜上、淡水層と塩水層の境界 (塩淡界面) とした。なお 5 PSU という値は底層の濃度の約半分であり、上層の濃度の最大値の約 2 倍にあたる。

2.3 水温成層

淡水層は図 2-6 のように 10 月にはよく混合されており、5 月までは似た状態が続くが、7 月～9 月は状況が異なる。H19 年 8 月の水温、DO、塩分の鉛直分布を図 2-7 に示す。図 2-6 との大きな違いは標高-5 m から深くなると塩分はわずかしき変化しないのに DO と水温が急激に低下している点である。

DO の低下は上層との混合が抑制されていることを示しており、その原因は上層の水温が上昇し密度が低下したことによる成層化と考えられる。水温が急激に変化する部分は水温躍層と呼ばれる。



水温躍層は躍層の上部と下部の混合を抑えることから、躍層の発達する夏季には躍層下部の DO 低下が進み、図 2-7 では標高-8.0 m 以深で DO が 1.5 mg/L 以下となっている。また塩水層から淡水層上部への栄養塩の供給も抑制されることから、図 2-4 に示すように夏季に上層の栄養塩の濃度が最も低くなるものと考えられる。

2.4 塩分と栄養塩の湖水中の存在量

湖水中に存在する塩分量と栄養塩量を鉛直方向の水質測定値（国交省データ、内水面データ、高専データ）と湖容積の鉛直分布から算定した。算定に用いた湖の面積と容積の鉛直分布を図 2-8 に示す。

塩分は図 2-6 で示した H19 年 10 月の湖水中の塩分濃度の鉛直分布から算定した。窒素とりんについては測定値が上層と底層の他に中層と下層の 4 水深しかないことから以下の式-1 により算定した。

$$\text{(式-1) 淡水層の容積} \times \text{上層と中層の平均水質} + \text{塩水層の容積} \times \text{下層と底層の平均水質}$$

H19 年 10 月の湖水の塩分と窒素、りんの存在量を淡水層と塩水層別にまとめた結果を表 2-1 に示す。

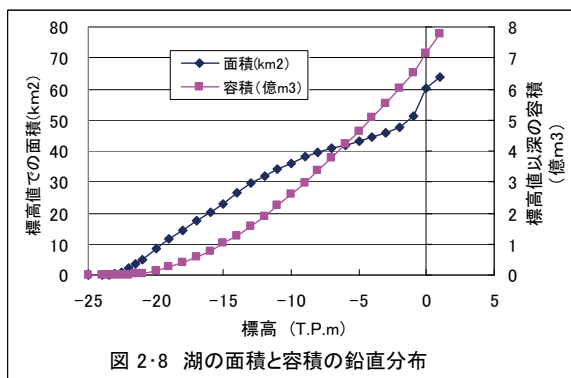


表 2-1 湖水中の塩分・栄養塩量 (H19年10月)

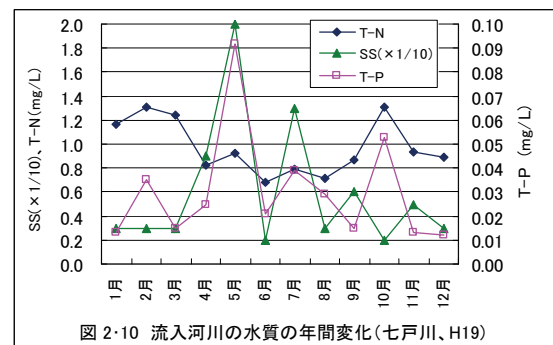
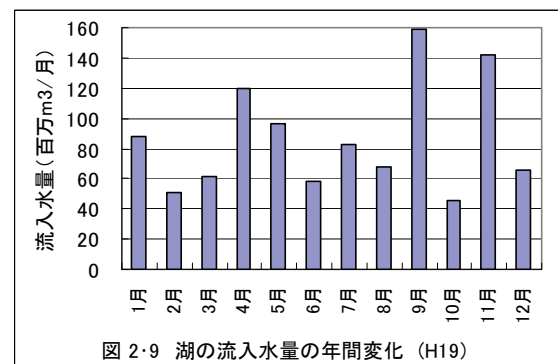
	塩分 (万t)	窒素 (t)	りん (t)
淡水層	108.4 (55)	392 (44)	6.7 (7)
塩水層	87.6 (45)	500 (56)	85.4 (93)
湖全体	196.0 (100)	892 (100)	92.1 (100)

注：()内は湖全体に対する割合(%)

H19 年 10 月には塩分と窒素の存在量は淡水層と塩水層でほぼ半々であるのに対して、りんは大半が塩水層に存在していたと推定される。湖全体の塩分量に対する窒素とりんの比はそれぞれ 4.6/10000、0.47/10000 である。

2.5 流入河川からの流入水量とその水質

小川原湖に流入する主な河川は七戸川、姉沼川、砂土路川、土場川、中津川、赤川の 6 河川であり、流出は高瀬川のみである。高瀬川の流域からの水は一部が海水の逆流時には湖に流入するが、その把握が困難なことから流入水量の算定からは除外した。流入 6 河川の流量観測地点の流域面積(合計 600.3 km²)を除く残りの流域(141.9 km²)からの流量は、6 地点の流量の和を流域面積の和で除した比流量を用いて計算した。



上記の方法で求めた H19 年の流入水量の年間変化を図 2・9 に示す。流入水量は 4 月の融雪期と秋に多く、年間総流入量は 1040 百万 m³ であった。

流入河川の水質は、流域面積で過半を占める七戸川の上野地点を取り上げ、T-N と T-P、SS の H19 年の年間変化を図 2・10 に示す。T-N は 1 mg/L 前後で推移しているが、秋～冬に高く、夏低い。一方 T-P は 0.01 から 0.09 mg/L とばらついており、特に 5 月が高い。このとき SS も高いことから SS に付着した T-P によるものと推定される。

2.6 漁獲による栄養塩の持ち出し

小川原湖は漁業生産が盛んであるので漁獲による栄養塩の持ち出しが無視できない。漁協資料による H19 年度の魚種別漁獲量と魚介類の窒素とリンの含有率の文献値^{1), 2)} を用いて算定した漁獲による窒素とリンの持ち出し量を表 2・2 に示す。

表 2・2 漁獲量と漁獲による栄養塩の持出量 (H19年度)

魚種	漁獲量 (t)	栄養塩含有率(wet%)		栄養塩持出量 (t)	
		T-N	T-P	T-N	T-P
ワカサギ	456	2.29	0.35	10.4	1.60
シラウオ	566	2.16	0.27	12.2	1.53
ウグイ	187	2.54	0.45	4.7	0.84
コイ	125	2.54	0.45	3.2	0.56
その他の魚	310	2.54	0.45	7.9	1.39
シジミ	1451	0.223	0.0215	3.2	0.31
エビ	11	2.58	0.33	0.3	0.04
その他	64	2.58	0.33	1.7	0.21
合計	3170			43.6	6.48

(出典：漁協資料、文献1),2)

窒素は年間 44 t、リンは 6.5 t が湖から持ち出されている。シジミは漁獲量の半分を占めているが、栄養塩の持ち出しに関しては窒素で 7%、リンで 5%程度にとどまっている。栄養塩の持ち出しは主に魚によるもので、漁獲の多いワカサギとシラウオが約半分を占め、これら以外の魚を含めた魚全体で 90%前後を占めている。

3. 近年の水質変化の状況とその影響

最近の 10 年間で小川原湖の水質は大きく変化している。本章ではデータの入手できた H1 年～21 年にかけての水質の変化とその影響を、塩分、COD、窒素、リン、Chl-a、透明度、植物プランクトン、漁獲量などから明らかにしていく。

3.1 塩分の上昇

12 ヶ月全てのデータが揃っている年について上層と底層の塩化物イオンの年間平均の推移を図 3・1 に示す。上層は H14 年までは 500～700 mg/L で横這いであるが、16 年以降は上昇が続き、21 年には 1200mg/L を超えている。底層は上層ほど顕著な変化は見られないが、H19 年以降は比較的高い状態が続いている。

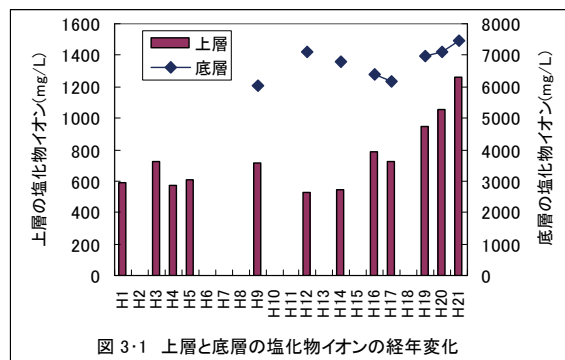


図 3・1 上層と底層の塩化物イオンの経年変化

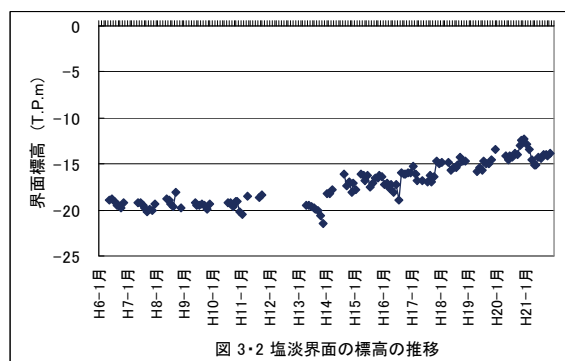


図 3・2 塩淡水界面の標高の推移

(国交省データ、内水面データ、高専データを基に設定)

塩淡水界面の推移を図 3・2 に示す。塩淡水界面の標高は H13 年までは -18～-20m でほぼ横這いであるが、14 年から上昇に転じ、20 年 12 月には -12.3 m にまで達し、その後は少し下がっている。

湖水中の塩分量の推移を 2.4 と同じ方法で淡水層と塩水層に分けて算定した結果を図 3・3 に示す。湖水全体で見ると H13 年までは 50～100 万 t で横這いであるが、14 年から増加傾向となり、21 年 1 月に 318 万 t でピークを迎え、その後は減少している。

塩分量は H13 年までは大半が淡水層に存在していたが、14 年からは湖内塩分量の増加とともに塩水層の存在量が急増し、18 年以降は両層がほぼ拮抗している。両層の塩分量の最大値は塩水層が H20 年 12 月の 161 万 t、淡水層は 21 年 4 月の 181 万 t である。

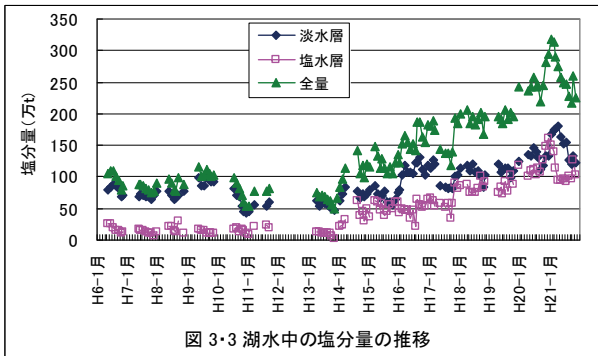


図 3-3 湖水中の塩分量の推移

(国交省データ，内水面データ，高専データを基に計算)

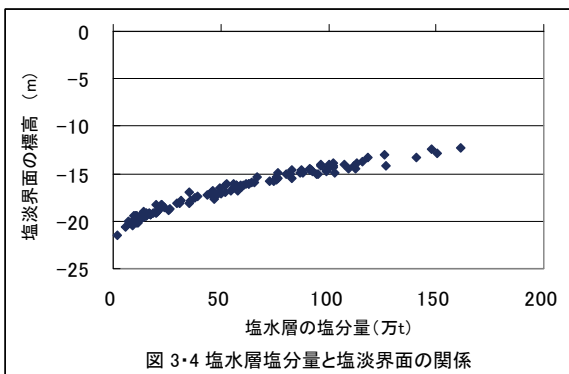


図 3-4 塩水層塩分量と塩淡水界面の関係

図 3-2 の塩淡水界面標高と図 3-3 の塩水層塩分量から両者の関係を求めた結果を図 3-4 に示す。塩水層塩分量の増加とともに塩淡水界面が上昇していることが分かる。界面標高の -18 m と -15 m ， -13 m に対応する塩水層塩分量は各々約 30 万 t ， 80 万 t ， 150 万 t である。

3.2 COD の上昇

小川原湖に設定されている環境基準項目は COD であり，その評価は G，H，C の 3 地点で原則として毎月測定される上層，中層，下層の 3 層の測定値の平均値から年間の 75 % 値を求め，75 % 値の最も高い地点の値が評価値として用いられている。

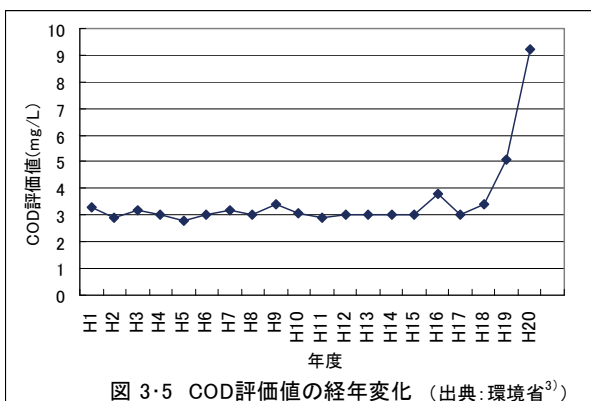


図 3-5 COD 評価値の経年変化 (出典:環境省³⁾)

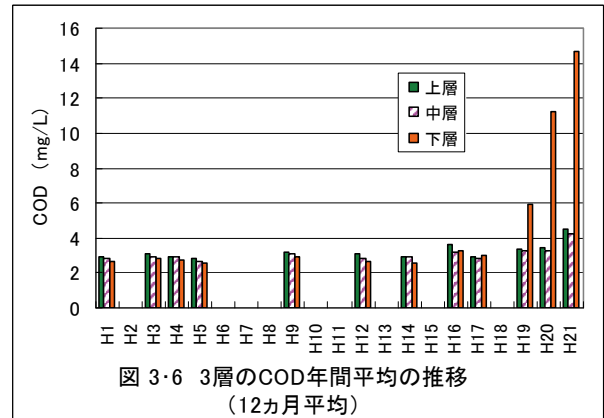


図 3-6 3層のCOD年間平均の推移 (12ヵ月平均)

COD 評価値の経年変化を図 3-5 に示す。環境基準値は 3 mg/L で，H15 年までは基準値前後で推移してきたが，16 年に大きく基準値を超え，19 年以降はさらに大幅な超過となっている。

COD の変化をより詳しく見るために，12 ヶ月のデータの揃っている年を対象に G 地点の 3 層の年間平均の推移を図 3-6 に示す。H17 年までは下層は上層及び中層と同じかやや低い値であったが，19 年から下層が他より飛び抜けて高くなっており，その傾向が継続している。上層と中層はほぼ同じ値であり，H20 年までは概ね 3 mg/L 前後であるが，21 年には 4 mg/L を超えた。

このことから COD 評価値が大幅に悪化した主な原因は下層の値の上昇であり，データは示していないが COD の上昇と塩分濃度の上昇は並行して起きており，下層の採水地点が塩淡水界面の上昇により塩水層に入りやすくなったためと考えられる。H21 年に関しては上層と中層の COD も上昇し，湖水全体で COD が高くなっている。

3.3 栄養塩の経年変化

T-N と T-P の上層における年間平均の推移を図 3.7 に，底層における推移を図 3.8 に示す。上層ではりんは増加傾向，窒素は H9 年～12 年の間で大きく増加したが，12 年以降は減少傾向にある。窒素とりの重量比は $25\sim 53$ であり，植物プランクトンの増殖の制限因子はりんといえる。

底層では H14 年に低く，17 年に高いが，その他の期間は横這いである。窒素とりの比は $6.3\sim 7.6$ で安定している。

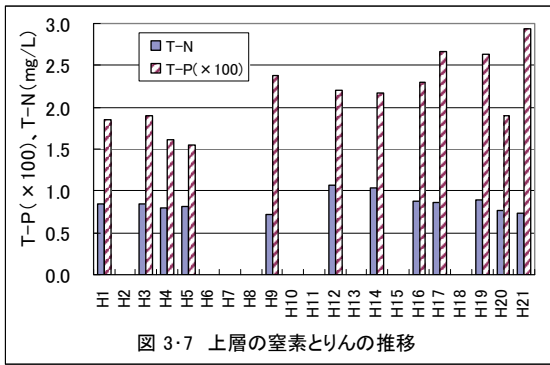


図 3-7 上層の窒素とリンの推移

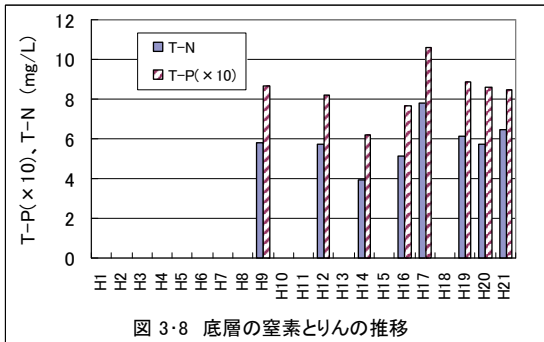


図 3-8 底層の窒素とリンの推移

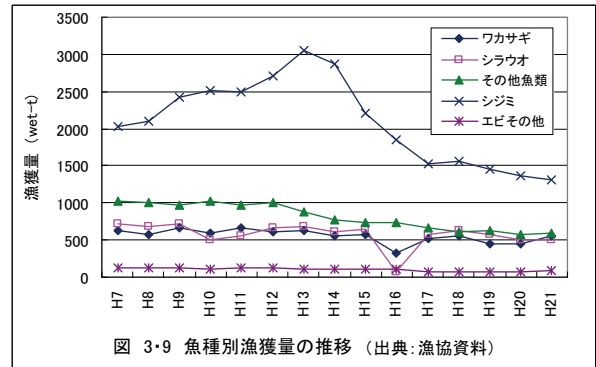


図 3-9 魚種別漁獲量の推移 (出典:漁協資料)

シジミについては青森県内水面研究所が漁協の協力を得て現存量調査を H14 年から実施しており、その結果によれば 17 年までは現存量の減少が続いたが、18 年から増加傾向に転じている。この原因として H14 年～16 年は新規加入が少なかったことと、16 年に産卵・孵化した群により 17 年から新規加入が増えたことが指摘されている⁴⁾。

3.4 漁獲の変化

漁獲量の推移をワカサギ、シラウオ、その他の魚、シジミ、エビその他に分けて図 3-9 に示す。

シジミのピークは H13 年度で、その後減少が続き 21 年度にはピーク時の 43 % となっている。ワカサギとシラウオは H12 年度までは共に 700t 前後であるが、16 年度に激減し、その後回復して 500t 前後で推移している。その他の魚は H12 年度までは年間 1000 t 程度で、13 年度から減少傾向となり、最近では 600 t 前後である。その他魚類にはワカサギとシラウオで見られた H16 年度の激減はない。

3.5 植物プランクトンと透明度の変化

上層に出現する植物プランクトンの種類について国交省の調査結果を図 3-10 に示す。大きな変化は春に出現する種類に見られ、H18 年(2006 年)までは珪藻が主であったが、21 年の 3 月～6 月にかけて渦鞭毛藻が大量に出現し、珪藻を上回る状況となった。H21 年に出現した渦鞭毛藻は Peridinales 目で海洋性とされており、塩分濃度の上昇が海洋性の種類の大量発生背景となった可能性が考えられる。

7 月～9 月に藍藻が見られる年があり、H16 年と 21 年には長期間にわたり大量に出現している。

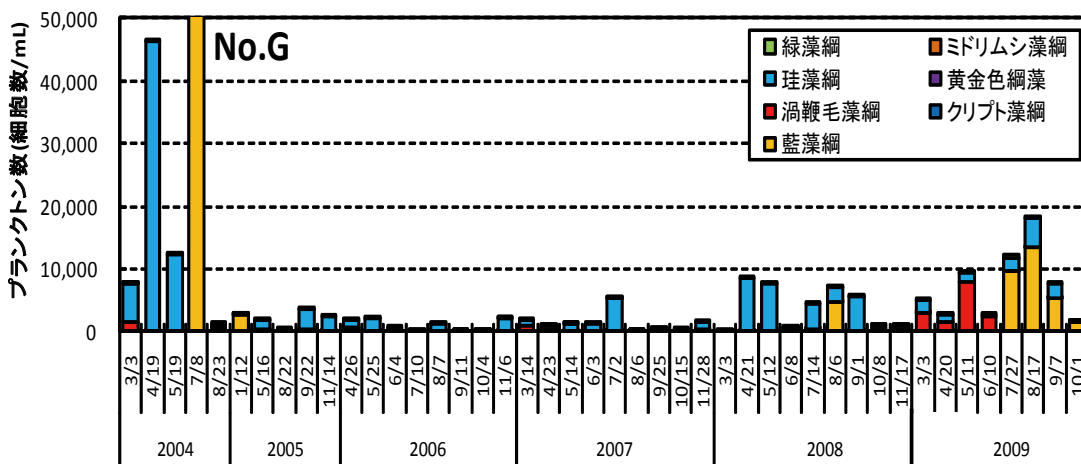


図 3-10 植物プランクトンの種類の推移

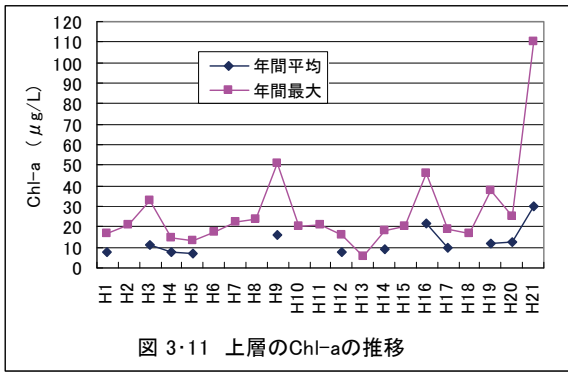


図 3-11 上層のChl-aの推移

Chl-aの年間平均と年間最大の推移を図3-11に示す。年間平均では10 μ g/L前後で推移しているが、H9年と16年は20前後と高く、21年は30と異例の高さとなっている。年間最大では概ね30 μ g/L以下であるが、H9年と16年には50前後まで上がり、21年には110という過去最大値が現れている。

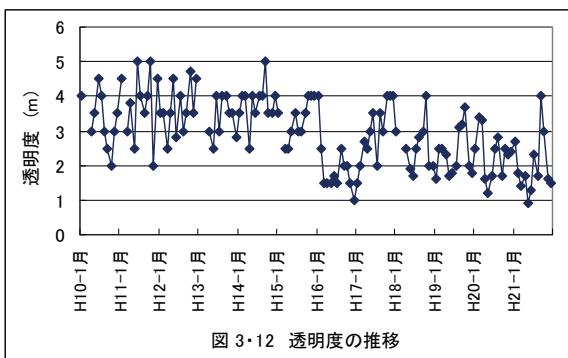


図 3-12 透明度の推移

透明度の推移を図3-12に示す。H15年までは最低でも2mあったが、16年に一度大きく低下し、その後一度回復するが、徐々に低下し、21年には1mを下回る月が現れている。透明度が年間で最も低くなるのは多くの年で4月～6月であり、いわゆる春のブルーム期に相当する。春の透明度の低下による沈水植物の発芽への影響が懸念される。

3.6 貧酸素水塊の形成

2.4で述べた夏季の水温成層による貧酸素水塊の生成状況についてH18年以降の状況を図3-13に示す。貧酸素水塊の判定は中村らの研究⁵⁾によりシジミに対する長期間(30日間)の影響が見られないとされたDO濃度1.5mg/L以下とした。

貧酸素水塊は毎年7月～10月に上昇し、最も高くなる8月～9月には-8m前後にまで達している。

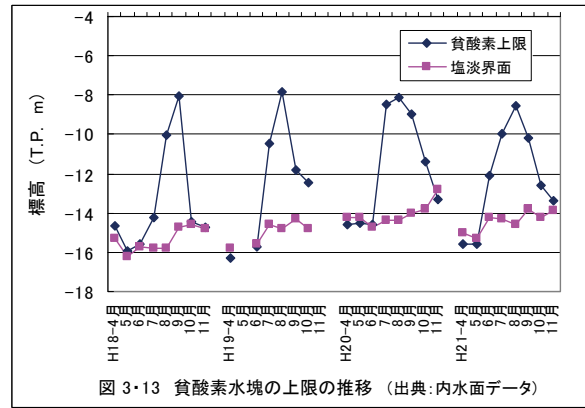


図 3-13 貧酸素水塊の上限の推移 (出典:内水面データ)

H19年10月には貧酸素水塊の上限が塩淡水界面より2m程度上に来ているが、これは図2-6に示すように塩淡水界面を塩分濃度5PSUで設定したことによるものであり、水温成層によるものではない。

3.7 水環境の異状

多くの人に感知された水環境への影響としては、高瀬川河川事務所及び漁協への聞き取りから近年においては次の3カ年の例を挙げることができる。

1) H16年の漁業被害の発生

夏にシジミの口開け個体の大量発生と、シラウオとワカサギの成長不良が報告されている。漁獲量の対前年の減少率ではシラウオが最も大きく前年の1/8に落ち込み、ワカサギはほぼ半減した。シジミは前年より2割減で、H14からの減少傾向が続いた。

2) H20年秋のカビ臭の発生

秋に発生したカビ臭により、シラウオ漁の操業見合わせなどの被害が報告された。

3) H21年春の上層CODのワースト記録更新

3月～6月に植物プランクトン(渦鞭毛藻が主)が大発生し、上層のCODとしては過去最悪の6.5mg/L(H地点,6月)を記録した。

4) H21年夏からのカビ臭

8月末からカビ臭が発生し、年を越しても継続している。

上記の現象の発生メカニズムについては未だ明らかになっていない。

3.8 水質及び水環境の変化のまとめ

本章で紹介した水質及び水環境の近年の変化は以下のようにまとめることができる。

- 1) 塩分：淡水層の塩分濃度は H16 年から上昇しており，21 年には年間平均 1260mg/L と 9 年のほぼ 2 倍となっている。塩淡界面は H14 年から上昇し，それまでの標高 -18~-20 m が 21 年には -13~-14 m まで上昇している。湖水中の塩分量は H21 年には 9 年の約 3 倍となっている。塩分の淡水層と塩水層の存在比は H9 年には 5 : 1 であったが，21 年には 1.4 : 1 と塩水層の割合が高くなり，淡水層に匹敵するレベルとなっている。
- 2) COD：上層の年間平均値は 3 mg/L 前後で推移しているが，H16 年と 21 年に高くなり，特に 21 年は 4.5mg/L と初めて 4mg/L を超えた。
- 3) 窒素とりん：上層の T-N の年間平均値は H12 年から減少傾向であり，21 年は 0.74 mg/L となっている。T-P の年間平均値は増加傾向であり，H21 年には 0.029 mg/L となっている。

T-N と T-P の比（重量比）は月毎の値の最低値でも 15 以上であり，植物プランクトン増殖の制限因子はりんといえる。

- 4) 植物プランクトンの組成：春先に一時的に発生していた渦鞭毛藻が H21 年の 3 月～6 月にかけて優占種となった。また夏季に藍藻が長期間出現する年はカビ臭の被害が報告されている。
- 5) 貧酸素水塊：塩水層は年間を通して DO がほとんどないが，淡水層でも夏季に水温成層の形成に伴い躍層及びその下部で DO の低下が見られる。8 月～9 月にかけてはシジミの生育に影響があるとされる DO 1.5 mg/L 以下となる標高は -8 m 前後まで上昇している。
- 6) 漁獲量と漁場の状況：シジミに関しては H13 年から減少が続いている。H16 年にはワカサギとシラウオの不漁があった。

なおシジミの現存量は H16 年に生まれた群により 18 年以降回復傾向にあり，16 年の上層の塩分濃度の上昇がシジミの産卵・孵化に好影響を及ぼした可能性がある。

4. 水質悪化の原因に関する考察

3. で述べたように水質の悪化は着実に進行していると言わざるを得ない状況にある。水質悪化の原因として以下の要因が考えられる。

- ① 植物プランクトンが生育する湖の淡水層への窒素とりんの供給の増加
- ② 植物プランクトンの種類の変化：食物連鎖への影響に伴う変化

植物プランクトンの生育の場である淡水層を対象として物質収支を算定し，それを基に上記要因について考察を行った。

4.1 塩分の収支

小川原湖の水質で近年顕著に変化しているのは塩分である。塩分の増加自体は水質悪化とは受け止められていないが，塩水層に入った塩分が淡水層へ移行する際に窒素とりんが並行して動いている可能性があることから，塩分の動きは水質悪化と深く関わっていると考えられる。

湖に流入した塩分は淡水層もしくは塩水層に入り，塩水層に入った塩分も最終的には淡水層に移り，湖から流出することから，ここでは湖への塩分流入量を湖からの流出量と湖水中の存在量の変化から推定することとした。河川水により流入する塩分は河川水の塩分濃度が極めて低いので無視した。また地下水は定量的なデータがないことから無視した。

塩分収支の算定に用いた式を式-2 に示す。

$$(式-2) \quad (Q_A + Q_B) \times C_L + \Delta V = Q_B \times C_S$$

Q_A ：河川流入水量， Q_B ：海水侵入量，

C_L ：湖の上層の塩分濃度，

C_S ：海水の塩分濃度（34 PSU とする），

ΔV ：湖内塩分量の変化量

流出水としては河川流入水と侵入海水に相当する水量の湖水（上層）を想定した。海水侵入量はそれ以外の項目の測定値から式-2 により求めた。

C_L は毎月の測定値（塩化物イオン）を塩分に換算したものをを用い，欠測についてはそれが全て 1 月～3 月であり，この時期は値が比較的安定していることから前後の 12 月～3 月の平均値を用いて補間した。 Q_A とそれに乗じる C_L は各月の値， Q_B に対しては C_L の年間平均値を用いた。

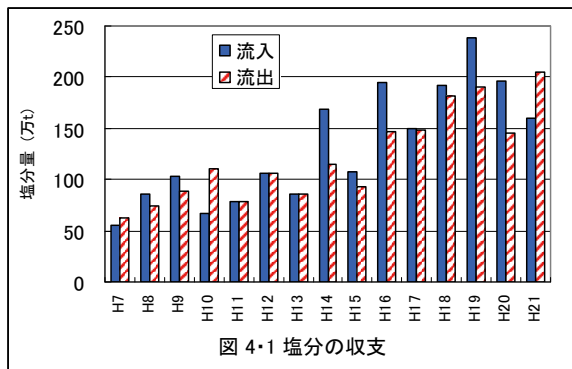


図 4・1 塩分の収支

(国交省データ、内水面データ、高専データを基に計算)

△Vは各年 12 月の値の比較から算定したが、データの少ない H7 年～10 年は 11 月の値で比較し、データの少ない 11 年～13 年は増減なしとした。

H7 年～21 年の塩分収支の算定結果を図 4・1 に示す。流入は H14 年に急増し、その後高いレベルが続く。H19 年に 239 万 t でピークを迎えている。H7 年～11 年の流入量の平均値を 17 年～21 年の平均値と比べると後者は前者の 2.4 倍となっている。なお 239 万 t という塩分量は塩分濃度 34 PSU の海水として 7000 万 m³ に相当する。

流出が流入を上回る年は H7 年、10 年、21 年の 3 回ある。

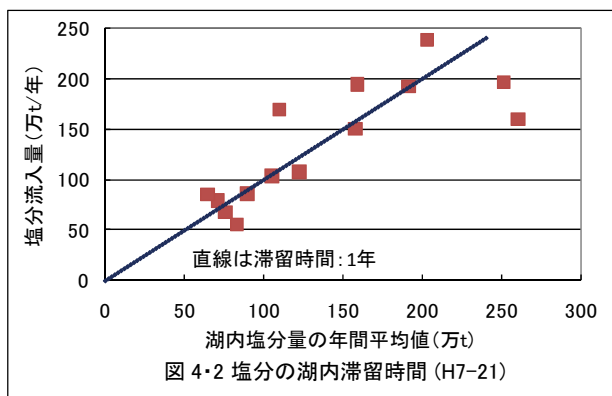


図 4・2 塩分の湖内滞留時間 (H7-21)

流入した塩分が湖内にどのくらい滞留しているかについて、図 3・3 から得られた湖水中の塩分量の各年平均値と図 4・1 の各年の塩分流入量の関係を図 4・2 に示す。両者の比で求まる流入塩分の平均滞留時間は概ね 1 年といえる。

4.2 COD を高める要因

湖水の COD を高める原因として植物プランクトンの存在が挙げられる。H1 年～21 年における上層

の Chl-a と COD の関係を図 4・3 に示す。

図 4・3 から 2 つの点が指摘できる。一点目は Chl-a と COD に正の相関が見られることであり、COD を高める要因として植物プランクトンが考えられる。

二点目は Chl-a が 0 μg/L に近い場合でも COD は 2 mg/L を下回らないということである。このことは溶解性 COD が常に 2 mg/L 程度存在していることを示唆している。COD の環境基準値が 3 mg/L であることを考えると、基準を達成するためには Chl-a に由来する COD は 1 mg/L 以下でなければならぬことになる、この場合 Chl-a < 10 μg/L が一つの目安となる。

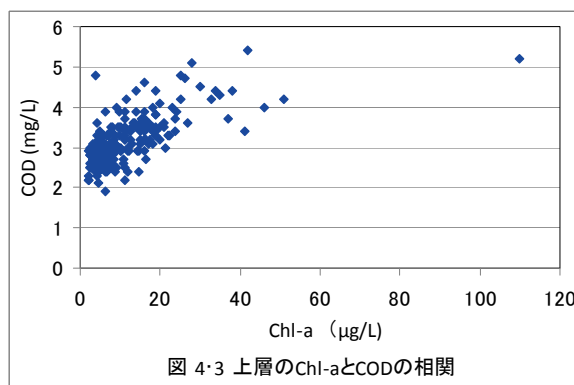


図 4・3 上層の Chl-a と COD の相関

4.3 栄養塩の収支

淡水層において植物プランクトン等に利用される栄養塩は、湖へ流入する河川を通して流域から供給されるもの（流域負荷）と湖内の塩水層及び淡水層底泥から供給されるもの（湖内負荷）がある。湖からの栄養塩の取出しには湖水の流出、漁獲等があり、流入と流出の差から淡水層存在量の変化を差し引いた残りが湖底への沈降他となる。なお侵入海水による供給は海水量の河川水量に対する割合と海水中の濃度の低さから無視した。以下、淡水層における栄養塩収支の算定結果を述べる。

1) 流域負荷

流域負荷の算定には流入 6 河川を対象としてこれまでの観測結果を基に作成された L（比負荷量：負荷量を流域面積で除した値）と Q（比流量）の関係式を用いた。最大の流入河川である七戸川の上野地点の T-N と T-P に関する L と Q の関係を図 4・4 と図 4・5 に示す。七戸川（上野地点）の T-N と T-P に

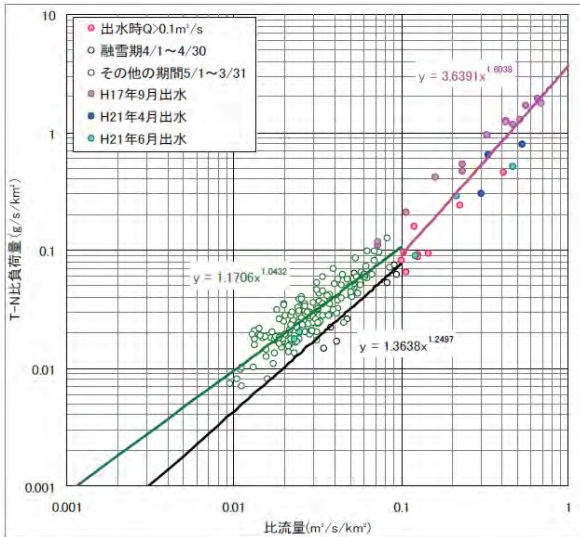


図 4.4 七戸川の T-N に関する L と Q の関係

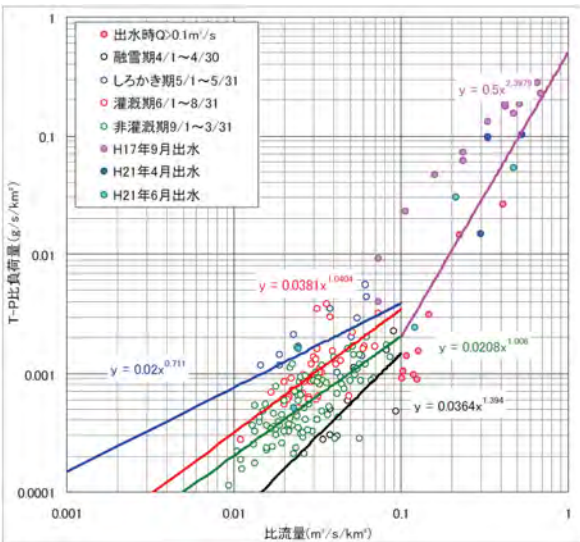


図 4.5 七戸川の T-P に関する L と Q の関係

表 4.1 七戸川に関して得られた T-N と T-P の L-Q 式

期間の区分	T-N	T-P
出水時	比流量 > 0.1 m³/s/km² L = 3.6391Q ^{1.6038}	L = 0.5Q ^{2.3979}
融雪期	4/1~4/30 L = 1.3638Q ^{1.2497}	L = 0.0364Q ^{1.394}
その他(N)	5/1~3/31 L = 1.1706Q ^{1.0432}	
しろかき期(P)	5/1~5/31	L = 0.02Q ^{0.711}
灌漑期(P)	6/1~8/31	L = 0.0381Q ^{1.0404}
非灌漑期(P)	9/1~3/31	L = 0.0208Q ^{1.006}

関する L-Q 式は図 4.4 及び図 4.5 に示す期間毎に求められており、それらを合わせて表 4.1 に示す。

表 4.1 の式を用いて算定された H7~21 年の流域負荷と流入水量を図 4.6 に示す。T-N は 1000~2500 t-N/年、T-P は 30~160 t-P/年で、T-P の方が変動が大きい。T-N と T-P の比は 15~37 で、T-P の値の大きい年に低くなっている。H20 年と 21 年は流域負荷の点では T-N, T-P とともに大きく減少している。

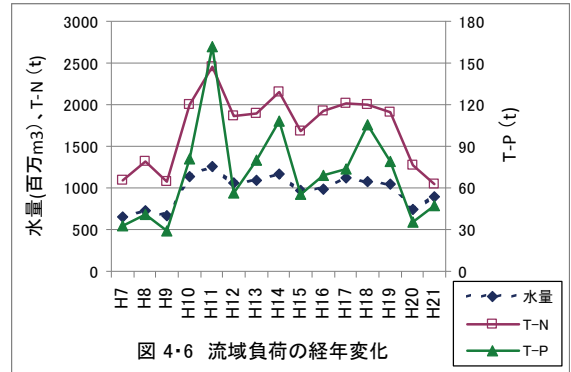


図 4.6 流域負荷の経年変化

2) 湖内負荷 (塩水層)

塩水層から淡水層には塩分と共に栄養塩が移動すると考えられる。塩分と栄養塩の動きを把握するために、H1 年~21 年の下層のデータから、塩水層の影響を受けていると判断された期間における塩化物イオンと T-N 及び T-P との関係を図 4.7 に示す。塩水層の影響の判断は塩化物イオン濃度 2000 mg/L 以上とした。

塩水層の影響を受けているときの下層では塩化物イオンの減少と T-N, T-P の減少がほぼ直線的に生じている。このことは塩化物イオンと栄養塩が並行して塩水層から淡水層に移動していることを示唆しており、塩水層から淡水層へ移動する塩化物イオンと T-N, T-P との比は 10000:8.0:1.7 と推定される。

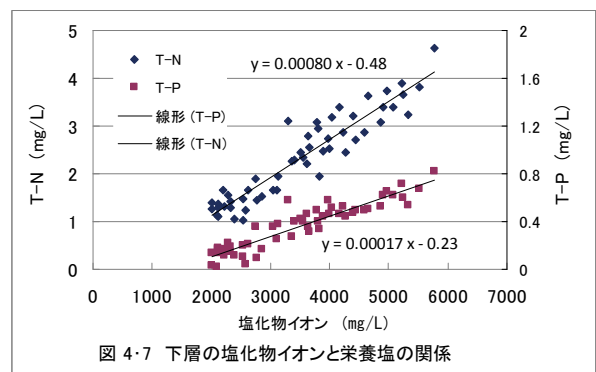


図 4.7 下層の塩化物イオンと栄養塩の関係

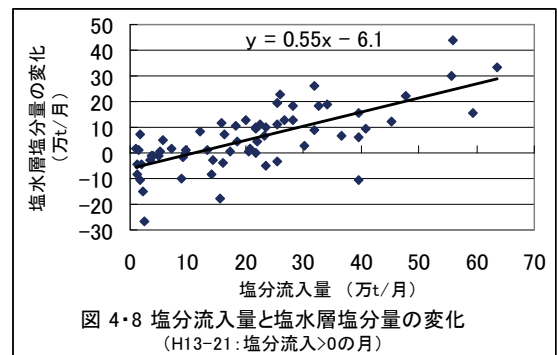


図 4.8 塩分流入量と塩水層塩分量の変化 (H13-21: 塩分流入 > 0 の月)

上記の仮説に従って塩水層から淡水層への栄養塩の移動を推定するためには、塩水層から淡水層への塩分の移動量を把握する必要がある。湖へ流入する塩分量は4.1で、塩水層に存在する塩分量は2.4でそれぞれ算定しており、流入塩分のうち塩水層へ入る割合が分かれば塩水層から淡水層への移動量を算定することが可能となる。そこで湖水中の塩分量に関するデータが比較的揃っているH13年～21年で塩分流入量がプラスの月を対象として塩分流入量と塩水層塩分量の変化の関係を図4・8に示す。少しばらつきはあるが両者には正の相関が見られ、近似直線の傾きは0.55となっている。このことから、塩分流入量の55%が塩水層へ入るものと仮定した。

上記の仮説に基づき算定した塩水層からの栄養塩の供給量の推移を図4・9に示す。T-N、T-PともにH16年から急増しており、12年～15年の平均と比べて21年には2.7倍となっている。

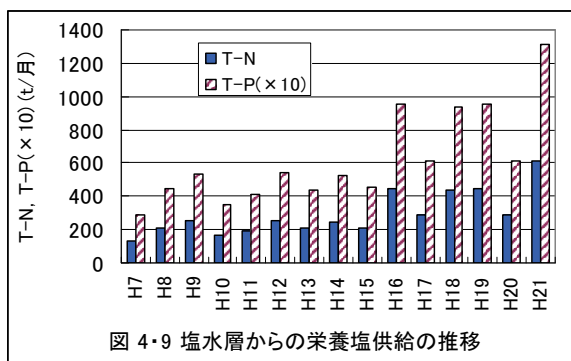


図 4・9 塩水層からの栄養塩供給の推移

3) 湖内負荷 (淡水層底泥)

淡水層の底泥からはその状態に応じた栄養塩の溶出が想定される。淡水層は毎年10月～6月は全層がほぼ好気性に維持されるが、7月～9月の水温成層が形成される時期には水温躍層の下部でDOが低くなる。底泥からの溶出量の算定には水温とともにDOにより好気性か嫌気性の判断を行う必要がある。そこでH19年を対象として以下の方法で算定した。

塩淡界面から下の塩水層は対象外とし、淡水層は10月～6月は全て好気性とし、7月～9月は内水面データから求められるDO=1 mg/Lの水深を基に、それ以下を嫌気性、それ以上を好気性とした。水温は好気性の場合G地点上層、嫌気性の場合C地点下層の値を用いて溶出試験で得られた溶出速度

を補正した。補正に用いた式を式-3に示す⁶⁾。

$$(式-3) \quad R(T) = R(20) \cdot \alpha^{T-20}, \quad \alpha=1.11$$

R: 溶出速度(mg/m²/d), T: 水温 (°C)

溶出試験はH14年10月の結果を用い、底泥の面積は図2・8に示した水深別の湖面積から求めた。

窒素とリンの溶出量の算定結果を図4・10と図4・11に示す。年間溶出量は窒素47t、リン6.2tであり、その比は7.5である。水温が高く淡水層で嫌気性状態が顕著に現れる7月～9月の3ヶ月の占める割合は窒素、リンそれぞれ59、60%である。

淡水層底泥からの溶出量のH7年～21年の経年変化を図4・12に示す。H14年から減少傾向にあるのは主に塩淡界面上昇による淡水層の面積の減少が原因である。

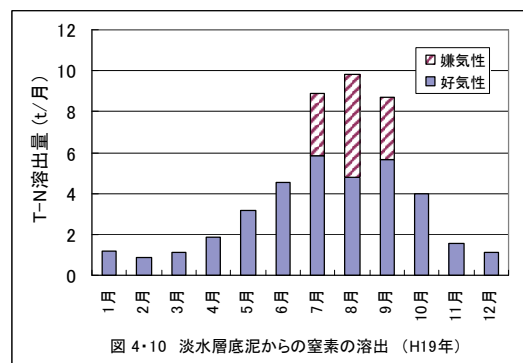


図 4・10 淡水層底泥からの窒素の溶出 (H19年)

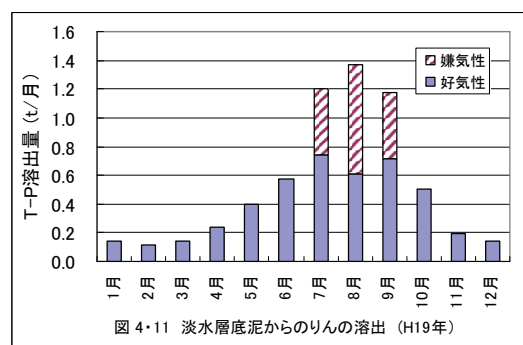


図 4・11 淡水層底泥からのリンの溶出 (H19年)

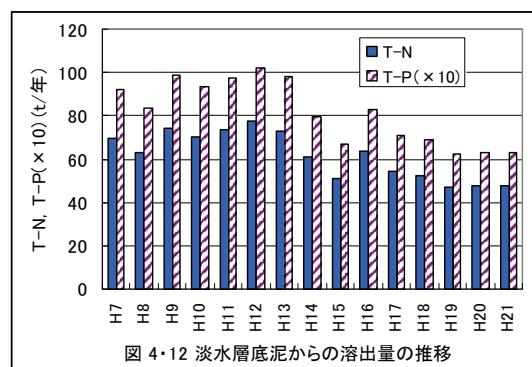


図 4・12 淡水層底泥からの溶出量の推移

4) 流出負荷

湖水の流出により持ち出される負荷量は流出水量に湖の上層の水質を乗じることで算定した。流出水量は流入河川水量+侵入海水量とした。H7年～21年の窒素とリンの流出量と流出水量の経年変化を図4・13に示す。

窒素、リンのいずれも水量とほぼ同じ動きをしているが、リンではH15年に大きな低下が見られる。窒素の流出量はH11年から減少傾向で、15年以降は水量に対する割合（平均濃度に相当）も低下傾向にある。リンの流出量はH10年以降はほぼ横ばいであるが、16年からは平均濃度が高くなっている。

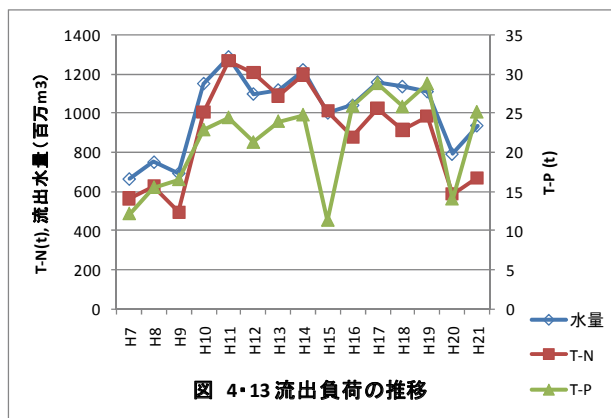


図 4・13 流出負荷の推移

5) 漁獲による持ち出し

漁獲による窒素とリンの持ち出し量の推移を図4・14と図4・15に示す。

窒素はH13年度までは年間60t強であったが、14年度から減少し、19年度以降は40t台である。H16年度にはワカサギとシラウオが1/3に減少したことが全体を大きく引き下げている。

リンについても同様の傾向で、かつて年間9t強であったが、最近では6t程度である。

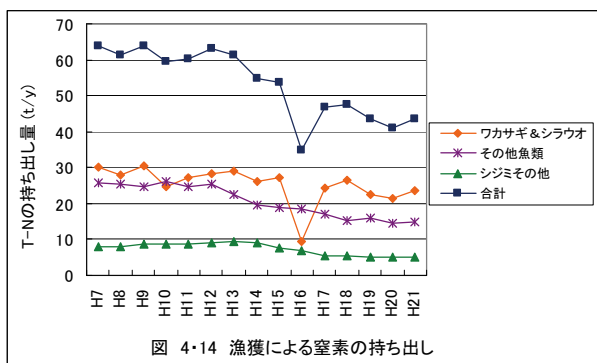


図 4・14 漁獲による窒素の持ち出し

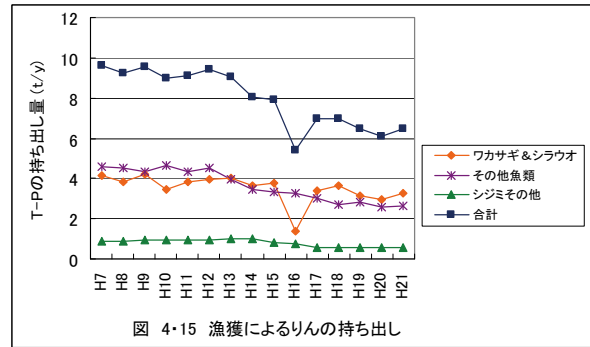


図 4・15 漁獲によるリンの持ち出し

(出典：漁協資料，文献¹⁾，文献²⁾)

6) 栄養塩の収支

1)～5)の結果を基に算定したH19年の栄養塩の収支を表4・2に示す。

表 4・2 淡水層における栄養塩の収支 (H19)

	流入 (t/年)				流出 (t/年)			流入-流出		
	流域	湖内淡水層	塩水層	小計	湖水流	漁獲	小計	計	存在量の変化	沈降他
T-N	1916 (80)	47 (2)	446 (19)	2409 (100)	984 (41)	44 (2)	1028 (43)	1381 (57)	34 (1)	1347 (56)
T-P	79.5 (44)	6.2 (3)	95.4 (53)	181.1 (100)	28.8 (16)	6.5 (3)	35.3 (19)	145.8 (81)	9.2 (5)	136.6 (75)

注：()内は流入計に対する百分率(%)

流入では窒素は流域が80%と大半を占めているが、リンでは流域は44%で塩水層よりやや少ない。淡水層の割合は窒素、リンともに2～3%と小さい。

流出では湖水流が窒素41%、リン16%で大半を占めており、漁獲の割合は2～3%と小さい。

流入と流出の差は窒素が流入計の57%、リンは81%であり、湖内の存在量の変化に回る分はわずかで大半は沈降他と考えられる。

表4・2と同じ手法で算定したH12年～21年の淡水層における窒素とリンの流入と流出、及び流入の中の塩水層供給の推移を図4・16と図4・17に示す。

窒素の流入はH10年～19年までは年間2000～2500tであるが、20年から減少している。流出はH11年以降減少傾向にあり、流入に対する割合は15年までは50%前後であるが、16年以降は40%前後と低下している。流入に占める塩水層供給の割合はH20年までは10～20%であるが、21年には36%と急増している。

リンの流入は年間100～200tで、年による変動が大きい。流出はほぼ横這いである。流入に占める塩水層供給の割合はH19年までは50%前後であるが、20年は59%、21年は71%と高くなっている。

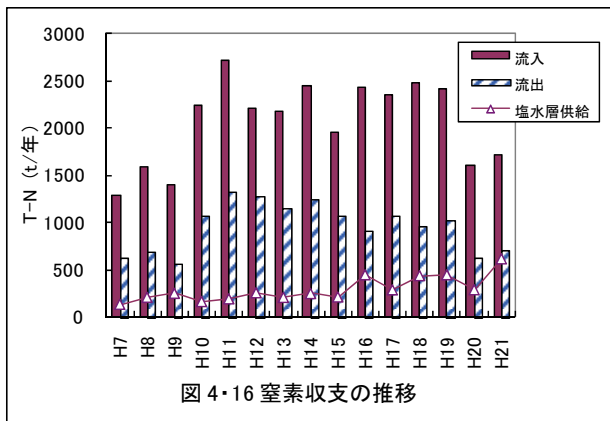


図 4-16 窒素収支の推移

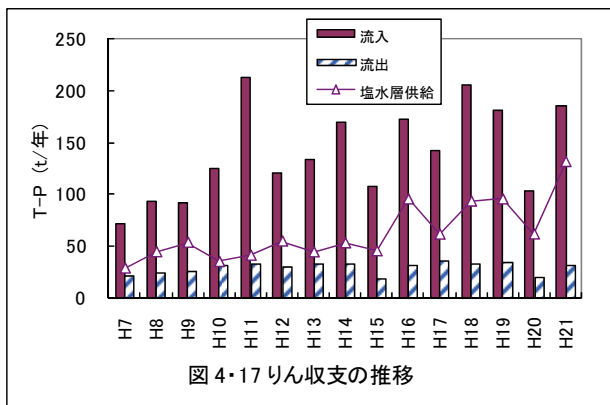


図 4-17 リン収支の推移

栄養塩の収支において流入と流出の差から淡水層存在量の変化を差し引いた残りが沈降他と見なしているが、沈降他の負荷を産み出す要因としては、流域負荷の中で SS に付着した形態のもの、植物プランクトンや水草の死体中のもの、嫌気性の状態で溶出したりんが好気性の環境で不溶化し SS に付着したものが考えられる。

この収支では図 2-1 に示した栄養塩の流れの中で淡水層における生物の枯死分解等により再び淡水層に供給され、利用される分は算定していない。動物プランクトン食のワカサギとシラウオの漁獲量から見るとこの量は無視できないと考えられるので、今後考慮する必要がある。

以上の考察から、りんに関しては塩水層からの供給は最近流域からの負荷を上回っており、塩水層からの供給の時期と量によっては植物プランクトンの増殖に大きな影響を及ぼす可能性があると考えられる。Chl-a の最高値を記録した H21 年 5 月は塩水層の塩分量が大きく減少していた時期の最後にあたることから、上記の可能性との関連についてさらに検討する必要がある。

4.4 植物プランクトンの変化による影響

H21 年 5 月に Chl-a 110 μ g/L, COD 5.4 mg/L を記録したことが渦鞭毛藻の大発生によるものであることは間違いないが、春に増殖する植物プランクトンの優占種が H21 年の 3 月～6 月になぜ珪藻から渦鞭毛藻に変わったかについてはよく分からない。

渦鞭毛藻の大発生のシジミへの影響については漁協へのヒアリングによれば直接的な影響は出ていないとのことである。また動物プランクトン食のワカサギとシラウオの漁獲が H 19 年～21 年でほとんど変化のないことから、動物プランクトンへの影響は見られなかったと推定される。

5. まとめ

小川原湖の水質は COD や透明度、カビ臭など様々な面から見て悪化しつつある状況といえる。その原因として植物プランクトンの増殖が挙げられ、その存在量の増加とともに水質障害の原因となる種類（藍藻類など）の増殖が問題となっている。

こうしたプランクトンの増殖の制限要因と考えられるりんの供給は、塩水層からの負荷が流域負荷を上回る状況になっていることが推定された。

植物プランクトンの生産層である淡水層に供給されるりんは結果的にはかなりの部分が沈降していると推定されるが、生産に利用されるりんがどのように供給されているかについて解明が必要である。

引用文献

- 1) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：五訂増補日本食品標準成分表，平成 17 年 1 月
- 2) 二平章：霞ヶ浦漁業における物質循環機能の経済評価，茨城県内水面水産試験場研究報告，40，pp.69-77，2006
- 3) 環境省水・大気環境局：(最新のは)平成 20 年度公共用水域水質測定結果，平成 21 年 11 月
- 4) 青森県水産総合研究センター内水面研究所：平成 19 年度ヤマトシジミ現存量調査報告書，pp.1-4，平成 20 年 1 月
- 5) 中村幹雄編著：日本のシジミ漁業，たたら書房，2000
- 6) 社団法人底質浄化協会：底質の調査・試験マニュアル改訂版，平成 7 年 3 月

5) 常時監視結果から見たダイオキシン類の挙動と発生源に関する考察

宮市 哲*・酒井 憲司**・石井 宏和***

1. はじめに

国土交通省河川局では、ダイオキシン類対策特別措置法（平成十一年七月十六日法律第百五号）に基づき、平成 11 年度より全国一級水系で常時監視を行っている。

本報告は、平成 18～20 年度の常時監視結果を基に、河川中で検出されているダイオキシン類の発生源や挙動等を考察し、今後の望ましい常時監視のあり方について提案を行うものである。

1.1 ダイオキシン類とは

ダイオキシン類対策特別措置法において、ダイオキシン類とは、以下 3 つの化合物群と定義している。

- ・ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン（PCDD）
- ・ポリ塩化ジベンゾフラン（PCDF）
- ・コプラナー塩化ビフェニル（Co-PCB）

なお、コプラナー塩化ビフェニルは、狭義には平面構造を取り得るノンオルト体を示すが、ダイオキシン類対策特別措置法ではモノオルト体も含めていることや、ダイオキシン(PCDD, PCDF)と同様の毒性を示すことから、ダイオキシン様 PCB (DL-PCB) とも表現される。

ダイオキシン類の構造図を図 1・1 に示す。ダイオキシン類は、いずれもベンゼン環を 2 つ有する化合物で、ベンゼン環に置換した塩素原子の数や位置の違いによって複数の同族体や異性体が存在する。毒性を有するのは 29 種類の異性体であるが、異性体ごとに毒性の強

さが異なるため、世界保健機関（WHO）によって提案された毒性等価係数（TEF: Toxicity Equivalency Factor）を用い、各化合物の実測濃度に TEF を乗じて毒性等量（TEQ: Toxicity Equivalency Quantity）を算出し、すべてを合計して毒性を評価する。

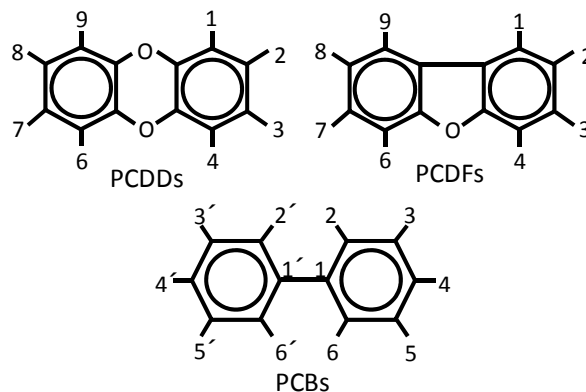


図 1・1 ダイオキシン類の構造図

また、「ダイオキシン類 2009（関係省庁共通パンフレット）」において、ダイオキシン類の影響や問題点について、以下に示すことが記載されている。

- ・人工物質としては最も毒性が強い。
- ・動物実験から、多量のばく露は、発がんを促進する作用、甲状腺の機能低下、生殖器官の重量や精子形成の減少、免疫機能の低下を引き起こすことが報告されている。ただし、人に対しても同じ影響があるかはよくわかっていない。
- ・化学物質や酸、アルカリとは簡単に反応せず、安定した状態を保っている。このため、自然界では分解しにくい。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部 研究員
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 技術参与
*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部 次長

- ・水に溶けにくく脂肪には溶けやすいため、体外に排出されにくい。食物連鎖を通じて、高次の捕食者ほど高濃度化する。
- ・焼却、農薬等の製造、パルプの塩素漂白などで非意図的に生成する。

1.2 環境中への排出量

環境省(2009)により報告されているダイオキシン類の環境中への排出量を表 1・1 に示す。ダイオキシン類特別措置法等に基づく排出規制の取り組みにより、環境中へのダイオキシン類の排出量は削減が進み、平成 20 年度は平成 9 年度比で約 97%減少している。

表 1・1 環境中へのダイオキシン類排出量の推移

(単位：g-TEQ/年)

年度	排出量
平成 9 年	7,680～8,135
平成 10 年	3,695～4,151
平成 11 年	2,874～3,208
平成 12 年	2,394～2,527
平成 13 年	1,899～2,013
平成 14 年	941～967
平成 15 年	372～400
平成 16 年	344～369
平成 17 年	327～354
平成 18 年	289～317
平成 19 年	286～307
平成 20 年	215～223

2. 国土交通省による一級河川におけるダイオキシン類の常時監視

2.1 常時監視方法

国土交通省河川局では全国一級河川で平成 11 年度からダイオキシン類の常時監視を行っており、平成 15 年度に、それまでの調査結果を基に、監視地点、監視頻度、精度管理等の考え方を取りまとめた「河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル」(案)

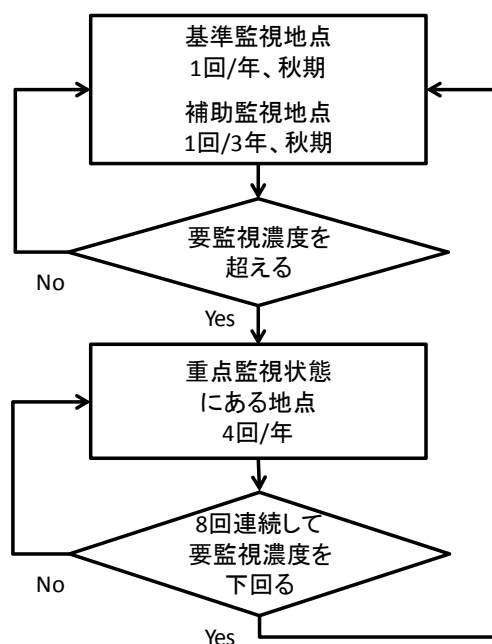
(以下、常時監視マニュアルという)を策定(平成 17 年 3 月改訂)し、以降はこれに基づいて調査を実施している。

常時監視方法の概要を図 2・1 に示す。

一般の調査地点には、「基準監視地点」と「補助監視地点」がある。基準監視地点は河川では順流最下流端の環境基準点、湖沼では代表地点であり、年に 1 回、秋期に調査を行う。補助監視地点は、ダイオキシン類が高濃度化する可能性がある地点であり、3 年に 1 回、秋期に調査を行う。

国土交通省では調査の重点化・簡略化の判断基準として「要監視濃度(環境基準の 1/2 の濃度)」を設定しており、これを超過すると「重点監視状態にある地点」(以下、重点監視地点という)として、年に 4 回の調査を行う。年に 4 回の調査において、8 回連続して要監視濃度以下となった場合には、一般の調査地点である基準監視地点または補助監視地点に戻ることになる。

なお、原則として、水質、底質調査は併せて実施することとしている。



媒体	環境基準	要監視濃度
水質	1pg-TEQ/L	0.5pg-TEQ/L
底質	150pg-TEQ/g	75pg-TEQ/g

図 2・1 常時監視における測定頻度の決定フロー

2.2 常時監視結果のレビュー

これまでの常時監視結果において、底質ダイオキシ

ン類は環境基準を超過したことはないが、水質ダイオキシン類については環境基準を超過する地点が確認されている。以下では、水質ダイオキシン類の常時監視結果の推移を示す。

全調査地点の水質ダイオキシン類の平均値の推移、要監視濃度及び環境基準の超過地点の割合の推移を図2・2に示す。また、地点数や平均値等の詳細な数値は表2・1に示す。なお、重点監視地点等、一年間に複数回調査をしている地点については、年平均値を集計対象としている。

表1・1より、平成20年度の環境中へのダイオキシン類の排出量は、国土交通省が常時監視を開始した平成11年度比で約93%削減されているが、全調査地点の平均値や環境基準の超過地点の割合には明確な減少傾向が見られない。

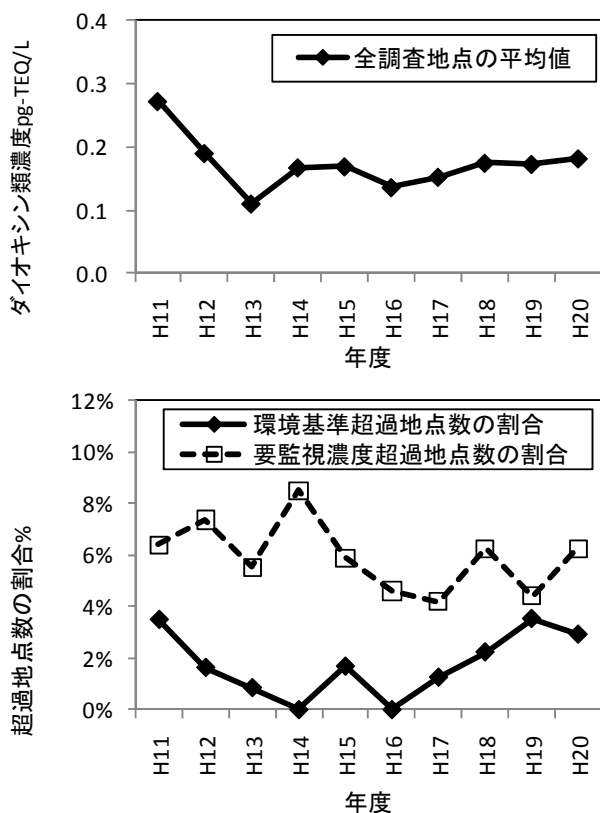


図2・2 全調査地点における水質ダイオキシン類の平均値の推移（上側）、要監視濃度及び環境基準の超過地点の割合の推移（下側）

表2・1 水質ダイオキシン類の調査地点数、平均値、環境基準及び要監視濃度超過地点数の推移

年度	全調査地点数	平均値 pg-TEQ/L	環境基準超過地点数	要監視濃度超過地点数
H11	172	0.27	6	11
H12	245	0.19	4	18
H13	235	0.11	2	13
H14	212	0.17	0	18
H15	238	0.17	4	14
H16	239	0.14	0	11
H17	239	0.15	3	10
H18	224	0.17	5	14
H19	227	0.17	8	10
H20	240	0.18	7	15

以上の結果から、水質ダイオキシン類、底質ダイオキシン類について、以下の点について考察を実施し、今後の望ましい常時監視のあり方について検討することとした。

○水質ダイオキシン類

環境中へのダイオキシン類の排出量が大幅に削減されている中、全調査地点の平均値や環境基準の超過地点数の割合には明確な減少傾向が見られない。

これは、流域に残存するダイオキシン類が検出されているものと考えられるが、発生源は何であるか、また、河川中でどのような挙動をしているのかを考察する。

○底質ダイオキシン類

底質ダイオキシン類はこれまで環境基準を超過したことはないが、高濃度化する傾向がある地点に共通する事項を考察する。

3. 水質ダイオキシン類

3.1 検討方法

3.1.1 検討対象データ

水質ダイオキシン類は環境基準を超過していることが問題であり、その発生源と河川中における挙動を考察することから、比較的高濃度の水質ダイオキシン類が検出されている地点で、かつ、季節変動の情報が得られる地点を選定することとした。

1) 検討対象地点

平成 20 年度時点の重点監視地点を対象とした。

2) 検討対象期間

検討は平成 18～20 年度の 3 年間とし、1 年間に 3 回以上調査を実施している年度を対象とした。表 3・1 は選定した地点と検討対象期間を示す。

表 3・1 検討対象とした地点と期間

地方	河川	地点	期間	備考	
北海道	石狩川	砂川大橋	H19-20	—	
		石狩大橋	H19-20	—	
関東	小貝川	文巻橋	H18-20	—	
		中川	潮止橋	H19-20	—
	綾瀬川	飯塚橋	H18-20	—	
		高砂橋	H20	—	
		槐戸橋	H18-20	—	
	荒川	手代橋	H18-20	—	
		内匠橋	H18-20	—	
北陸	信濃川	堀切橋	H18-20	—	
		庄瀬橋	H18-20	—	
	関川	平成大橋	H18-20	—	
		直江津橋	H18-20	—	
近畿	大和川	稲田橋	H18-20	—	
		保倉川	古城橋	H18-20	—
		北川	上吐田	H18-20	—
			太子橋	H18-20	H20 夏期は未測定
	藤井	遠里小野橋 中	H18-20	—	
河口部 中		H18-20	—		
四国	土器川	高塚	H18-19	—	
		丸亀橋	H19-20	H20 春期は未測定	

3) 検討対象項目

ダイオキシン類の発生源を考察するために、ダイオキシン類の各異性体の実測値を検討対象項目とした。

また、河川中における挙動を考察するために、各異性体の実測値に加えて、TEQ と、ダイオキシン類調査時の SS を検討対象項目とした。

3.1.2 検討方法

1) ダイオキシン類の発生源の検討方法

ダイオキシン類の発生源の検討にあたり、表 3-2 に示す 3 種類の指標を設定した。指標①、②は、いずれもかつて水田除草剤として広く使用されていた農薬 (PCP, CNP) で、不純物としてダイオキシン類を多く含むことが報告されているものである。

各指標は、不純物として含まれるダイオキシン類の異性体のうち、多く含まれることが報告されているものであり、常時監視結果の異性体組成を整理することで、検出されるダイオキシン類の発生源を推定した。

なお、表中に示した各指標となる異性体について、その他の原因によっても発生する可能性もあるため、必ずしも厳密な対応関係があるわけではない。

表 3・2 ダイオキシン類の発生源の指標と概要

指標	概要
① OCDD	かつて除草剤等として使用されていた農薬 (PCP: ペンタクロロフェノール) の影響の大きさを表す。
② 1368/1379-TeCDD	かつて除草剤等として使用されていた農薬 (CNP: クロロニトロフェン) の影響の大きさを表す。 (PCP の製造・使用中止以降に使用されていた)
③ Co-PCB	農薬以外 (化学製品等) に由来する汚染の影響の大きさを表す。 (①, ②の農薬系の汚染と対比するために設定)

注：1368/1379-TeCDD は、1,3,6,8 位塩素置換 TeCDD と 1,3,7,9 位塩素置換 TeCDD の合計を示す。

異性体組成は、河川ごとに算出した。算出方法は以下に示すとおりである。

調査地点毎に年平均値を算出し、複数年調査をしている場合にはそれらの平均値を算出して地点ごとの値を算出した。また、一つの河川で複数の調査地点がある場合は、地点ごとの値の平均値を計算して、河川ごとの値を算出した。

2) ダイオキシン類の挙動の検討方法

ダイオキシン類の挙動の検討については、ダイオキシン類の発生源の検討結果に加えて、以下 2 点の検討を通じて行った。

①表 3・2 に示した指標である異性体の季節変化を検討する。

②ダイオキシン類は疎水性が強く水中では SS に付着しているため、SS とダイオキシン類の相関等を検討する。

なお、②では各調査の個々の値を対象に検討したが、①では河川ごとに季節別の値を算出した。算出方法は

以下に示すとおりである。

複数年調査を実施している地点は、季節(春期, 夏期, 秋期, 冬期)別の平均値を算出した。一つの河川で複数の調査地点がある場合は、地点ごとの季節別の値の平均値を計算し、河川ごとの季節別の値を算出した。

3.2 検討結果

3.2.1 ダイオキシン類の発生源

各河川におけるダイオキシン類の異性体組成は図3-1に示すとおりである。

全般的に、かつて使用されていた農薬(PCP, CNP)の指標としている OCDD, 1368/1379-TeCDD が多く検出されていることが多く、河川で検出されるダイオキシン類の発生源の多くはかつて使用されていた農薬であることがわかった。

また、都市部を流れる関東の中川, 綾瀬川, 荒川, 近畿の大和川については、農薬以外(化学製品等)の指標としている Co-PCB が多く検出されており、特に荒川はその傾向が顕著に見られることがわかった。

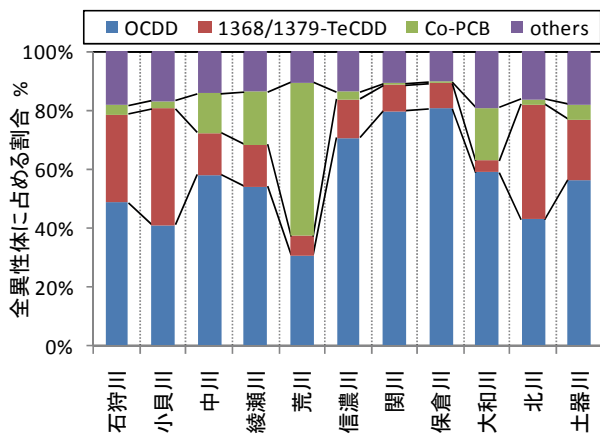


図3-1 各河川における異性体組成

3.2.2 ダイオキシン類の挙動

1) 季節変化

各河川において、指標としている異性体の各季節の実測値と年平均値の比を図3-2に示す。

春期に、かつて使用されていた農薬(PCP, CNP)の指標としている OCDD, 1368/1379-TeCDD が高濃度化し、冬期にかなり濃度が低くなっている河川が多いことがわかった。特に、北陸の関川, 保倉川においてこの状況が顕

著に見られた。農薬以外(化学製品等)の指標としている Co-PCB は、農薬(PCP, CNP)の指標としている OCDD, 1368/1379-TeCDD のような明確な季節変化が見られないことがわかった。

なお、関東の荒川, 近畿の大和川は指標としているどの異性体についても明確な季節変動は見られないという特徴があった。

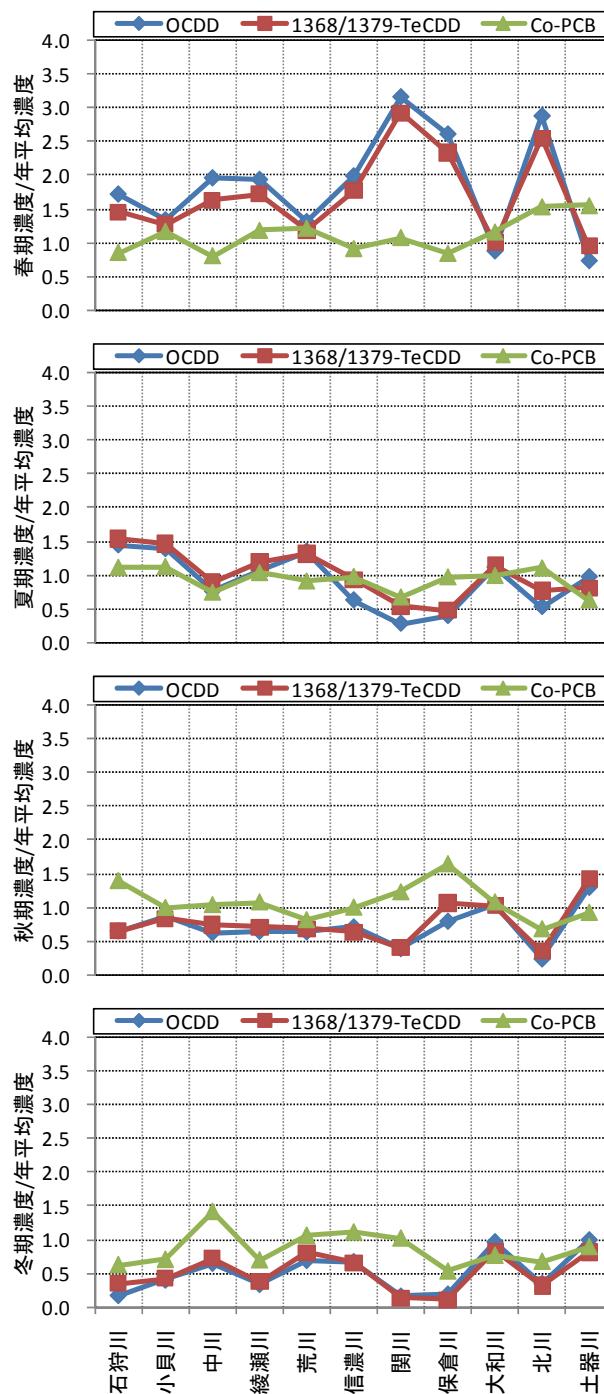


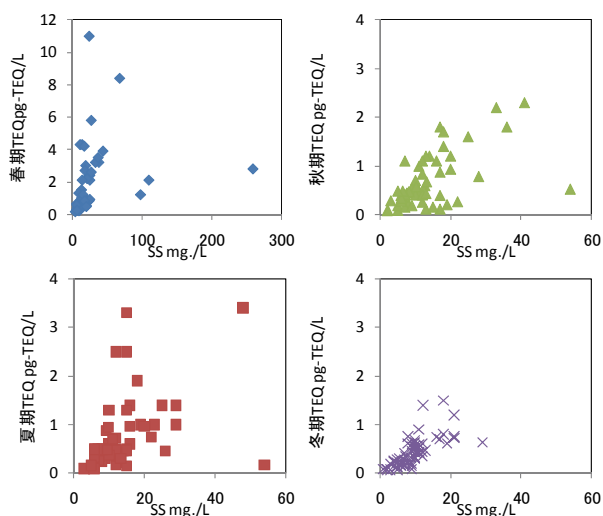
図3-2 指標とした異性体の各河川での季節変動 (上から春期, 夏期, 秋期, 冬期)

2) SS との関係

(1) SS と TEQ の相関

各調査において測定されている SS とダイオキシン類の TEQ の関係を図 3・3 に示す。なお、春期は極端に SS 濃度、ダイオキシン類の TEQ が高かったことから、春期と夏～冬期で軸のスケールが異なっている。

SS とダイオキシン類の TEQ は概ね相関が見られる。また、各季節の SS, TEQ の平均値は、春期, 夏期, 秋期, 冬期でそれぞれ 24, 14, 14, 9.7mg/L, 1.7, 0.75, 0.66, 0.44pg-TEQ/L であり、春期に高く、冬期に低下している。



データ数 春期,夏期:n=58, 秋期,冬期:n=59

図 3・3 SS と TEQ の関係

(左上：春期,左下：夏期,右上：秋期,右下：冬期)

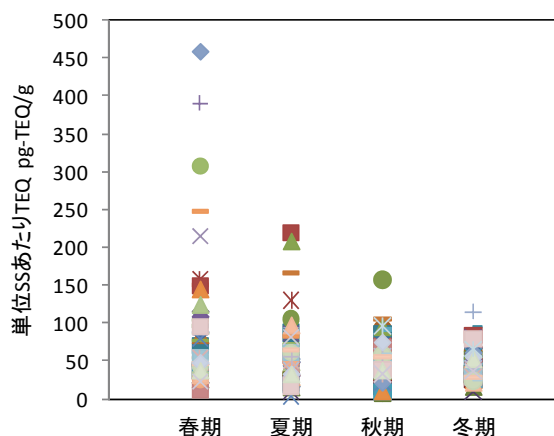
(2) 単位 SS あたりの TEQ

単位 SS あたりの TEQ を図 3・4 に示す。単位 SS あたりの TEQ は春期に非常に高くなる場合がある。各季節の平均値は、春期, 夏期, 秋期, 冬期でそれぞれ 87, 58, 52, 46pg-TEQ/g であり、春期に最も単位 SS あたりの TEQ が高く、冬期にかけて徐々に低下している。

また、補足として、「1) 季節変化」において農薬 (PCP, CNP) の指標としている OCDD, 1368/1379-TeCDD が春期に高濃度化し、冬期に低濃度化する傾向が顕著に見られた北陸の関川, 保倉川と、年間を通じて指標で設定した異性体全ての季節変化が小さかった関東の荒川, 近畿の大和川の河川ごとの単位 SS あたりの TEQ を図 3・5 に示す。

なお、河川ごとの季節別の値の算出方法は、複数年調査を実施している地点は、地点ごとに季節 (春期, 夏期, 秋期, 冬期) 別の平均値を算出し、一つの河川で複数の調査地点がある場合は、地点ごとの季節別の値の平均値を計算して算出した。

関川, 保倉川では春期に単位 SS あたりの TEQ が多くなるが、荒川, 大和川については明確な季節変動はない。



データ数 春期,夏期:n=58, 秋期,冬期:n=59

図 3・4 季節別の単位 SS あたりの TEQ

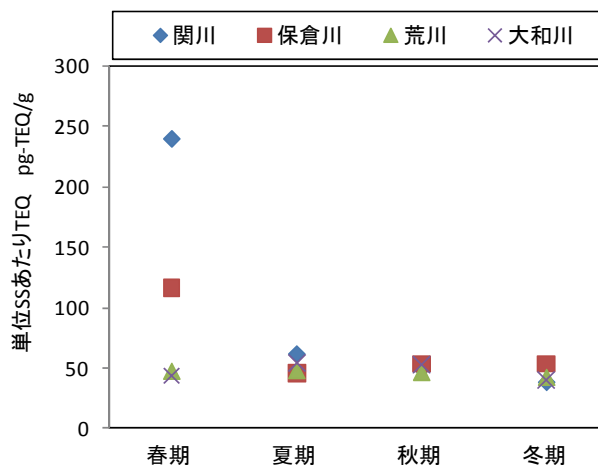


図 3・5 季節別の単位 SS あたりの TEQ

(関川, 保倉川, 荒川, 大和川)

4. 底質ダイオキシン類

4.1 検討方法

4.1.1 検討対象データ

底質ダイオキシン類はこれまで環境基準を超過したことはないが、高濃度化する傾向がある地点に共通する事項を考察するため、すべての調査地点を対象にした。

1) 検討対象期間

検討は平成 18～20 年度の 3 年間とし、秋期に測定されたものを対象とした。

なお、水質が要監視濃度を超過したために重点監視地点となっている地点は、年に 4 回測定されている地点もあるが、春期、夏期、冬期は対象としていない。

2) 検討対象項目

底質ダイオキシン類の TEQ と、底質ダイオキシン類濃度と関連があると考えられる項目として強熱減量、調査時に目視で確認し記録されている底質性状を検討対象項目とした。なお、水質ダイオキシン類と異なり、底質ダイオキシン類は環境基準を超過する地点がないため、本検討において発生源の考察は実施しないこととし、異性体組成については検討対象としなかった。

4.1.2 検討方法

底質ダイオキシン類は、その化学的特性から、下記の理由により底質性状や強熱減量に応じて高濃度化している可能性がある。この考えから、底質性状や強熱減量と TEQ の関係を整理した。

- ①国土交通省では、底質性状を(i)シルト、(ii)砂混じりシルト、(iii)シルト混じり砂、(iv)砂、(v)小石混じり砂の 5 つに分類している。ダイオキシン類は底質の表面に付着すると考えられることから、単位体積あたりの表面積が大きい、すなわち粒径が小さいほどダイオキシン類が高濃度化している可能性がある。
- ②ダイオキシン類は疎水性が非常に強いため、有機物に多く含まれる可能性がある。このため、底質の強熱減量が高いほどダイオキシン類が高濃度化している可能性がある。

平成 18～20 年度の検討対象検体の底質性状の内訳を図 4-1 に示す。

小石混じり砂、砂の地点数は各年度とも大きな変化はないが、シルト混じり砂、砂混じりシルト、シルトの地点数は年度によって若干変動している。平成 20 年度は 18, 19 年度と比較して地点数が多いが、主にシルトの地点数が多いようである。

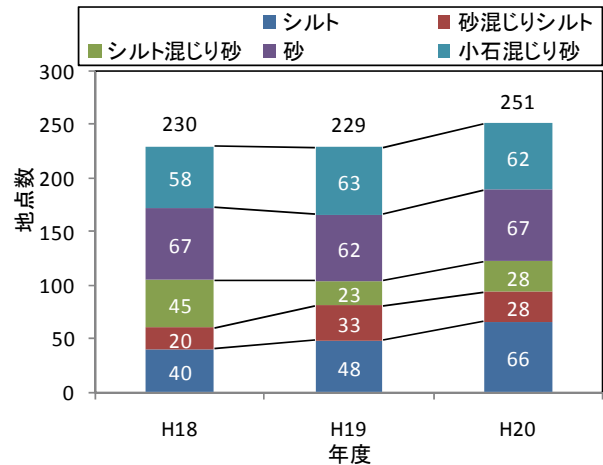


図 4-1 底質性状別に見た地点数の推移
(平成 18～20 年度)

4.2 検討結果

底質性状ごとの強熱減量と TEQ の平均値を表 4-1, 2 に示す。細粒分が多いことが想定される性状であるほど、強熱減量や TEQ が高い。

底質の性状別に見た、強熱減量と TEQ の関係を図 4-2 に示す。

底質性状とダイオキシン類濃度の関係についてみると、底質ダイオキシン類の TEQ が高濃度化しているのは、底質性状がシルトのときのみである。

強熱減量と TEQ の関係についてみると、強熱減量が小さいところでは TEQ は大きくないが、10%前後のところでは TEQ が最高値を示している。ただし、強熱減量が高いほど TEQ が大きくなっているという関係は見られなかった。

なお、底質性状がシルトの場合でも、あるいは強熱減量が大きくても TEQ が小さい場合もあるが、これは、流域にダイオキシン類の大きな発生源がないためであると考えられる。

表 4-1 底質性状別の強熱減量の平均値

(単位：%)

底質性状	H18	H19	H20
シルト	9.4	9.8	10.0
砂混じりシルト	5.9	6.0	5.2
シルト混じり砂	2.3	2.5	2.5
砂	1.9	1.4	2.0
小石混じり砂	1.3	1.3	1.3

表 4-2 底質性状別の TEQ の平均値

(単位：pg-TEQ/g)

底質性状	H18	H19	H20
シルト	7.7	8.2	8.9
砂混じりシルト	4.2	2.8	4.0
シルト混じり砂	1.3	1.5	1.3
砂	0.90	0.50	0.74
小石混じり砂	0.41	0.47	0.46

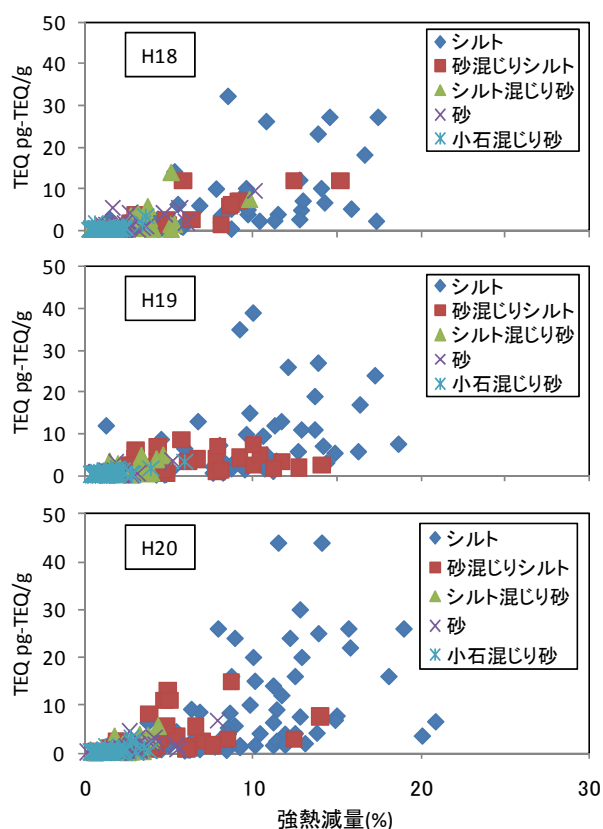


図 4-2 底質性状別に見た強熱減量とダイオキシン類の関係 (平成 18~20 年度)

5. 考察

5.1 結果のまとめ

5.1.1 水質ダイオキシン類

検討対象とした河川では、農薬(PCP, CNP)の指標とした異性体の割合が高い河川が多かったが、都市部を流れる河川では農薬以外(化学製品等)の指標とした異性体の割合も高くなっていた。

各発生源の指標とした異性体の季節変化を整理した結果から、農薬(PCP, CNP)の指標とした異性体は春期に高濃度化する河川があるが、農薬以外(化学製品等)の指標とした異性体には明確な季節変化はなかった。

SS と TEQ は概ね相関関係が見られ、単位 SS あたりの TEQ は春期に高くなることがあった。

以上の状況から、春期にダイオキシン類濃度が高濃度化する河川は、ダイオキシン類の発生源は水田にかつて使用された農薬(PCP, CNP)に不純物として含まれていたダイオキシン類であり、春期の代掻きの濁水に伴って河川に流出し、検出されていることが考えられる。北陸地方の関川や保倉川は、このような傾向が顕著に現れているものと考えられる。

一方、農薬以外(化学製品等)に不純物として含まれていたダイオキシン類については、明確な季節変化は確認できなかった。

5.1.2 底質ダイオキシン類

底質性状がシルトの場合に、ダイオキシン類が高濃度化していることがわかった。底質性状は目視による定性的な分析であるが、ダイオキシン類が高濃度化している可能性の有無を判断する一つの有用な情報であるといえる。

5.2 今後の望ましい常時監視のあり方の提案

5.2.1 水質ダイオキシン類

本報告で検討対象としなかった地点においても、流域に水田が多い場合には、春期の代掻き時にダイオキシン類が高濃度化する可能性がある。しかしながら、現状の国土交通省の常時監視体制では、基本的には年に

1 回の秋期の調査で年間の状況を代表させているため、ダイオキシン類が高濃度化する可能性がある春期の状況は確認できない。

水質ダイオキシン類の環境基準は年平均値で定められていることから、年に複数回調査を実施できれば理想的であるが、分析コストが高いため現実的ではない。このため、年に 1 回の調査でその年の状況を代表させる場合には、リスク管理上の観点も踏まえて、ダイオキシン類が高濃度化する時期に調査を実施することが望ましいと考えられる。

このためには、春期にダイオキシン類が高濃度化している可能性があるかを確認し、可能性があれば春期にダイオキシン類調査を実施して状況を確認することが考えられる。

確認の方法として、図 3-3 に示すとおり、出水等の影響を受けていない平常時の場合には SS と TEQ にはある程度の相関が見られるため、SS の季節変動を整理することが考えられる。

5.2.2 底質ダイオキシン類

本検討において、底質性状がシルトの場合に、ダイオキシン類が高濃度化している場合があることが明らかになった。底質ダイオキシン類は、直轄管理区間ではこれまでに環境基準を超過したことはないが、指定管理区間、例えば横十間川や神崎川において底質ダイオキシン類の環境基準の超過が確認されていることから、現在、基準監視地点、補助監視地点となっている地点以外でダイオキシン類が高濃度化し、環境基準を超過している地点がないかが懸念される。

水質については発生源から流下してくるものであるため、定点観測で水質の状況を適切に把握することができるが、底質についてはその場に堆積しているダイオキシン類を測定するため、ダイオキシン類が高濃度に蓄積しない場所(シルト以外の場所)では適切に状況を把握できない。

このため、底質性状がシルトではない地点の場合には調査を簡略化しても差支えないものと考えられるが、底質性状がシルトの場合には調査を重点化することが考えられる。

今後は、水質ダイオキシン類と同様にリスク管理の

観点も踏まえて、現在設定している基準監視地点、補助監視地点に拘らず、底質性状がシルトの場所で実際に調査を実施して、高濃度化していることがないかを確認し、直轄区間では底質ダイオキシン類の問題がないことを明らかにできるような常時監視を行うことが望ましいと考えられる。

このためには、底質性状がシルトとなる可能性が高い区間を、河床勾配や感潮区間等の情報を整理することで確認することが考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたり、常時監視マニュアルを審議した「流域水環境研究会」楠田哲也北九州市立大学大学院教授(座長)、委員の細見正明東京農工大学大学院教授にご指導を頂きました。また、国土交通省河川局河川環境課、国土交通省関東地方整備局関東技術事務所の方々にもご指導を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 環境省(2009) ダイオキシン類 2009 (関係省庁共通パンフレット)。
- 環境省(2009) ダイオキシン類の排出量の目録(排出インベントリ)。
- 国土交通省(2005) 河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)。
- 国土交通省 HP(2009) 河川水質の現況。
http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kankyokankyou/suisitu/index.html
- 清家伸康・大谷卓・上路雅子・高菅卓三・都築伸幸(2003) 水田土壌中ダイオキシン類の起源と推移。環境化学 vol.13, No.1: 117-131

2. 「川に学ぶ」社会の実現支援

1) 学校教育における河川環境教育の普及展開に関する研究

菅原 一成*・並木 和弘**・宮尾 博一***・河崎 和明****・清水 晃*****・吉野 英夫*****

1. はじめに

近年、人の生活様式、産業構造の変化等に起因する地球環境問題、学級崩壊等の教育問題等を背景に、一人ひとりの意識改革を促し、行動へつなげていくための教育である環境教育の推進が注目されている。

当財団は「河川環境教育の推進に関する調査研究」を重点プロジェクト研究のひとつとして挙げており、教育の場や教材として有効性の高い「河川」を活用した環境教育の普及推進を、社会的要請の高い課題として研究を進めている。

しかしながら独立行政法人国立青少年教育推進機構が2010年の5月に公表した「子どもの体験活動の実態に関する調査研究」中間報告によると「海や川で泳いだことがある」と答えた世代が、若くなればなるほど少なくなっている傾向がある。中高校生や20代では半数以上が「海や川で泳いだことがほとんどない」という結果になっている。

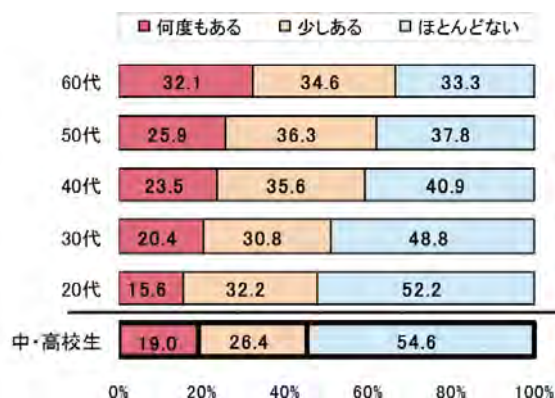


図 1-1 「海や川で泳いだこと」の推移

一方で学校教育においては、ますます環境教育や体験活動の充実が求められている。「生きる力」を育

むため、小・中学校においては平成14年度より「総合的な学習の時間」が実施され、また平成19年には、学校教育制度の根幹を定める法律である「学校教育法」第二十一条第二項において、達成する目標として「学校内外における自然体験活動を促進し、生命及び自然を尊重する精神並びに環境の保全に寄与する態度を養うこと」という条文が新たに定められた。また、「小学校学習指導要領解説 総合的な学習の時間編」でも、川を例に出し、川とかかわり、川を理解する事が課題意識を高めて行くとしており、こうした「体験活動」がその後の長い探究活動の原動力になる、との記述がある。

このような背景を踏まえ、本論では、河川環境教育普及の意義、小学校で実施されている河川学習の実態、学校における課題と対策、効果的な河川学習の教育プログラムに関する研究を報告する。

2. 河川環境教育普及の意義

2.1 学校側が考える河川学習の価値と期待

教育を担当する学校側が考える河川学習の価値と期待の例として、平成12年度から継続して河川学習を実施してきている群馬県邑楽町立高島小学校による研究成果によれば、児童が身につけるであろう力を表2-1のように示している。

例えば、河川学習を行うことで、情報を収集・整理・活用する力や学習への興味・関心・意欲が向上するであろうとしている。

このように河川学習の効果を「定性的」に示した調査・研究は数多くあるが、それらがどの程度効果

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 子どもの水辺サポートセンター研究員
** (株) 建設環境研究所 河川防災部 研究員 (前河川環境総合研究所 子どもの水辺サポートセンター主任研究員)
*** (財) 河川環境管理財団 専務理事
**** (財) 河川環境管理財団 子どもの水辺サポートセンター長 兼 審議役
***** 国土交通省 北陸地方整備局 信濃川河川事務所長 (前河川環境総合研究所 子どもの水辺サポートセンター次長)
***** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第一部次長 兼 子どもの水辺サポートセンター次長

があるのかということを示した事例はこれまであまりなかった。

価値創造	活動の重点	児童が身につけるであろう力
探究	・創作活動を行う	・創造したり思考したりする力 ・表現する力・生活に生かす力
共同性	・自分の活動を解決するために追求する	・観察したり調べたりする力 ・情報を収集・整理・活用する力 ・最後までやり抜く力
開放	・協力したり助け合ったりする	・コミュニケーションする力 ・協力する心・相手を認める力 ・最後までやり抜く根気強さ
発見	・心を開き、気持ちを開放する	・向上心・思いやりの心 ・リフレッシュ
	・いろいろなことに気づく	・課題を見つける力 ・学習への興味・関心・意欲 ・感動

表2・1 「渡良瀬川を中心とした自然体験活動を通して」

そこでそれらを定量的に示すことを主たる目的として、平成20年度に当財団が国土交通省国土技術政策総合研究所の委託を受けて実施した研究において、中学生を対象とした河川学習の効果に関するアンケート調査を実施した。

その分析結果から、河川学習は様々な効果が実際にあることが定量的に示された。

例えば、図2・1に「わからないことがあったときに自分から進んで調べたことがある」という項目の分析結果を示す。

わからないことがあったときに自分から進んで調べたことがある
【情報を収集・整理・活用する力】・【学習への興味・関心・意欲】

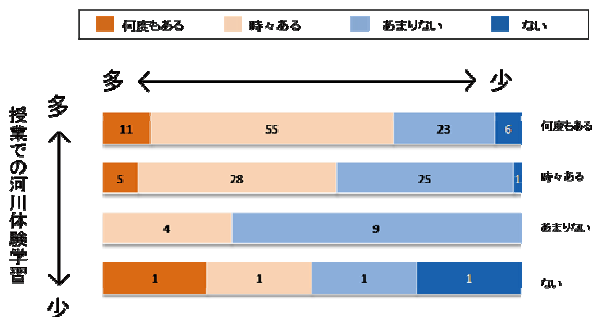


図2・1 「知識・技能の向上」の定量評価結果
(国土交通省国土技術政策総合研究所, 2009)

図の縦方向は授業で河川体験学習を経験した度合いを示しており上の方がより回数が多い。横方向は「わからないことがあったときに自分から進んで調べたことがあるかどうか」という設問に該当する度

合いを示しており、左の方がよりその度合いが多い。

この項目では河川体験学習を多く経験した生徒ほど、「わからないことがあったときに自分から進んで調べたことがある」と返答する度合いが多くなっている。

(なお、このアンケート調査の結果は、「フィッシャーの正確確率検定」を行い、統計学的に有意であることを確認している(以降のアンケート項目も同様である))。

表2・1で定性的効果として示されていた、「情報を収集・整理・活用する力」等を定量的に示す事ができたといえる。

図2・2の「川の音は気持ちいいと感じている」の項目も同様で、表2・1の「リフレッシュ効果」や「心を開き、気持ちを解放する」といった感性の向上」を定量的に示していると考えられる。

川の音は気持ちいいと感じている(感じたことがある)
【リフレッシュ(心を開き、気持ちを解放する)】

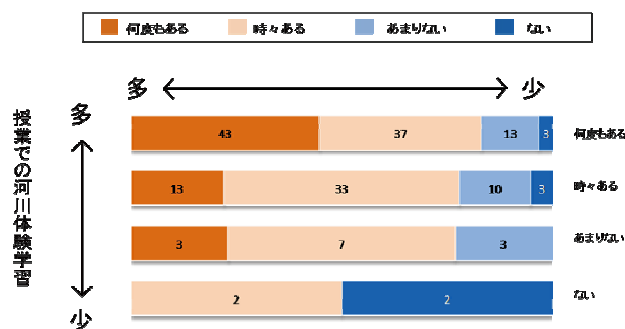


図2・2 「感性の育成(聴覚)」の定量評価結果
(国土交通省国土技術政策総合研究所, 2009)

川でゴミを見つけて自分から拾っている(拾ったことがある)
※学校での清掃活動のそく

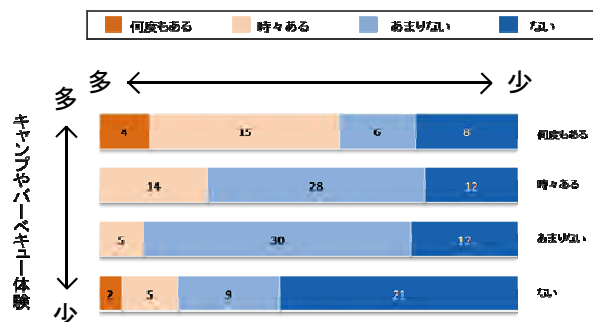


図2・3 「川を大切に思う気持ち」の定量評価結果
(国土交通省国土技術政策総合研究所, 2009)

図2・3は「キャンプやバーベキュー」といった活動と、「川でゴミを拾うかどうか」という設問についての相関図である。

直接川に入るといった活動ではなくとも川を身近に感じることで、川を大切に思う気持ちが育まれるということが読み取れる。

2.2 河川管理者側の考える河川環境教育

2.1 では、学校側が考える河川学習へ期待と定量的効果について述べてきたが、本節では河川管理者側における河川環境教育普及の必要性について、考察する。

平成10年7月の国土交通省の河川審議会「川に学ぶ小委員会」報告では、「河川」を環境教育・体験活動の題材として着目し、川と人との関係を再構築し、今後の流域管理・河川の維持管理への理解の推進を図り、河川愛護意識のより一層の啓発を図ることを目的とする「川に学ぶ社会の実現」が必要であることを提言している。

<p>・川と人間とのかかわりをよく認識して、それぞれの流域に特徴ある川と人間社会を実現していくことが重要である。そのことこそが、「川に学ぶ」社会を築いていくことであり、ひいては地球環境の保全につながっていくものである。</p> <p>平成10年「川に学ぶ社会をめざして 報告（河川審議会、川に学ぶ小委員会）より</p>
<p>・環境とそれにかかわる問題、および人間の環境に対する厳しい責任や使命について理解するため、川に関する正しく、広範な知識と情報の提供を行う必要がある。</p> <p>・人間と自然との共生のための行動への意欲を育み、環境問題を解決するための技能・評価能力を育てるため、川での実践を伴った「川に学ぶ」機会を提供する必要がある。</p> <p>平成10年「川に学ぶ社会をめざして 報告（河川審議会、川に学ぶ小委員会）より</p>
<p>・河川管理者と地方公共団体の連携により、学校教育や社会教育等の中で、河川利用における安全教育に努める必要がある</p> <p>平成12年「防災を知って川と親しむために」提言より</p>
<p>・防災教育が体系的に実施されるよう、河川管理者等は関係機関と連携し、学校教育、地域ごとでの学習その他様々な場面における支援を展開する。</p> <p>平成17年「総合的な豪雨災害対策の推進について」提言より</p>

(赤字は特に該当する箇所)

図2・4 河川環境教育に係わる各種報告、提言の抜粋

他にも「川に関する正しく、広範な知識と情報の提供を行う必要がある」「人間と自然との共生のための行動への意欲を育み、環境問題を解決するための技能・評価能力を育てる」(『川に学ぶ』社会をめざして,1998) や、「河川管理者と地方公共団体の連

携により、学校教育や社会教育等の中で、河川利用における安全教育に努める必要がある」(「恐さを知って川と親しむために」,2000),「防災教育が体系的に実施されるよう、河川管理者等は関係機関と連携し、学校教育、地域ごとでの学習その他様々な場面における支援を展開する。」(「総合的な豪雨災害対策の推進について」,2005)といったようにこれらの国の審議会報告や国への提言のなかで、河川管理者による環境教育・防災教育・安全教育等の普及の必要性が記述されている。

これらの提言等に書かれている内容について、河川管理者が、河川環境教育を通じて学んでほしいテーマに分類した結果を図2・5に示す。

学んでほしいテーマ	伝えたい内容や事項(河川学習をする上での目標)
治水	<ul style="list-style-type: none"> ・過去の水害や、洪水の恐ろしさ ・多くの治水対策(ハード対策・ソフト対策)によって、生活が守られている ・先人のほたらき ・河川で防災のために働く人々がいる
防災(平常時, 緊急時)	<ul style="list-style-type: none"> ・平常時からできる防災対策(道具や心構えの準備) ・緊急時の防災対策(自助, 共助) ・避難する時の注意事項
利水	<ul style="list-style-type: none"> ・水の大切さ ・〇〇川の水は、広い地域で利用されている ・〇〇川の水は灌漑用水として重要である
河川環境等	<ul style="list-style-type: none"> ・環境保全の重要性 ・多様な生物環境
河川利用方法	<ul style="list-style-type: none"> ・安全な河川の利用方法(道具の用意など) ・川で活動する楽しさ
河川管理	<ul style="list-style-type: none"> ・川を管理している人々 ・川は管理しなければならないもの
〇〇川の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・〇〇川には多くの文化や産業などがあり、生活と密接に関係している
〇〇川の魅力	<ul style="list-style-type: none"> ・〇〇川の魅力や面白さ

(赤字は代表的な事項)

図2・5 河川管理者が例として学んでほしいテーマと河川環境教育で伝えたい内容や事項(例)

例えば学んでほしいテーマである「治水」において、伝えたい内容や事項の例を挙げると「過去の水害や洪水の恐ろしさ」や「平常時からできる防災対策」、「水の大切さ」、「環境保全の重要さ」、「安全な河川の利用方法」、「川の魅力や面白さ」などがある。

実際にこれまでも河川管理者はこれらのテーマについて子どもたちに伝えるために、学校やイベント等における出前講座を行ったり、パンフレットや学習用の副読本を作成する等を実施している。

図 2・6 に平成 18 年度に国土交通省の河川環境課が全国の直轄河川事務所にアンケート調査を実施した際の結果を示す。

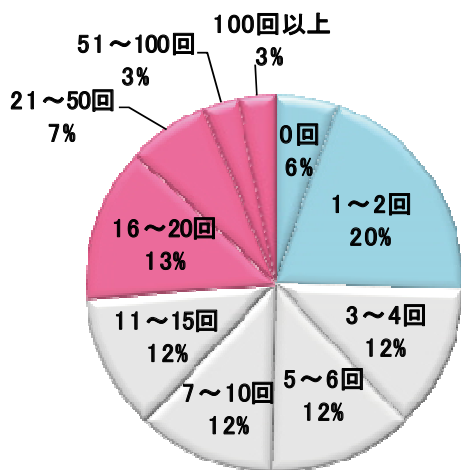


図 2・6 出前講座等実施回数／年

1 年間にどの程度出前講座を行っているかとの質問に対し、まったく実施していないか、年に 1-2 回と答えた事務所が全体の約 4 分の 1、年 100 回以上と答えた事務所も含め、年間 16-20 回以上と回答した事務所も約 4 分の 1 あり、事務所によって実施回数が両極端な傾向がある。

多く実施している事務所では、学習資料館が隣接していたり専門に取り組むスタッフがいたりして、常時出前講座を実施できる態勢が整っているが、実施していない事務所からは「人員が不足していて対応しきれっていない」「インストラクターがいない」などの意見が挙がっている。

図 2・7 も同じアンケートであるが、その際どのような教材を用いたかという設問については、「既存のパンフレットを使用」と答えた事務所が約 30% に対し、その都度作成と答えた事務所が約 20% となっている。

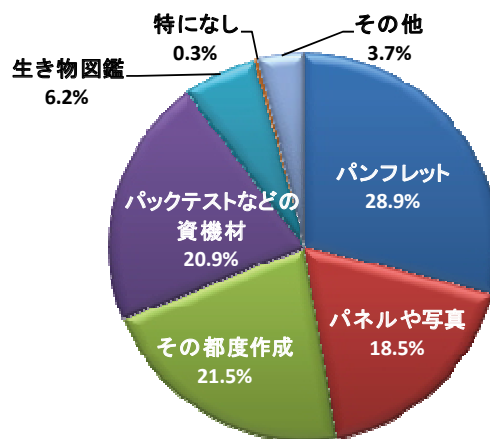


図 2・7 出前講座で使用する主な資料

同アンケート時には、「学習目的にあった教材が少ない」との意見が小学校教員からあった。一般向けの事業概要だけでなく、小学生にも分かりやすい説明資料の作成・普及が必要」、「小学生については、1 学年の違いでも教材についてはその学年用に作成しなければならず、良い教材を作成するためには教員の力が必要である。」といった個別意見も挙がっており、河川管理者が、伝えたい内容や伝えたい対象に適したオリジナルの教材を作成するのに相当に苦勞していることが推察される。

しかしながら、全国の河川管理者が苦勞しながらも出前講座等を行ったとしても、それによって河川学習を受けることができる子どもたちの数はおのずと限定される。したがって、河川環境教育をより多くの子どもたちに広め、治水や水環境等について学んでもらうためには、全国の小学校在籍者数約 700 万人、中学校在籍者数約 350 万人(文部科学省, 2008) への教育を行っている「学校教育」に組み込んでいく必要がある。

そのためには河川環境教育を学校のカリキュラムに合わせなければならず、そのノウハウを示す必要がある。

3. 小学校で実施されている河川学習の実態

現在河川学習がどのように小学校で行われているかについての「実態」を、当財団が行っている河川整備基金助成事業「国民的啓発運動」の3カ年分の助成事例（H18-20年度 小学校活動事例 342件）を集めて分析した。

図3・1にどの授業で河川学習が実施されているかについて分析した結果を示す。

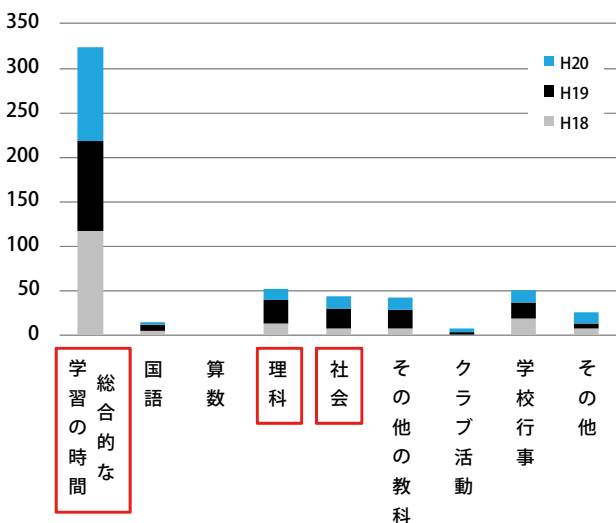


図3・1 小学校における河川学習の実施傾向
＜授業時間別＞

この図によると河川学習は「総合的な学習の時間」でかなり多く実施されている事が分かる。ただし、「理科」や「社会」の教科でも一部行われている。

図3・2に内容別に分類した結果を示す。川遊びやカヌーといった体験活動よりも、水質調査や生物調査といった「理科」的な要素が多いことが分かる。

また、図2・5で示した「河川管理者が伝えたい内容」のひとつでもある、「文化」や「歴史」、「水害・水利用」といった「社会」的な要素は少ないことが

分かる。

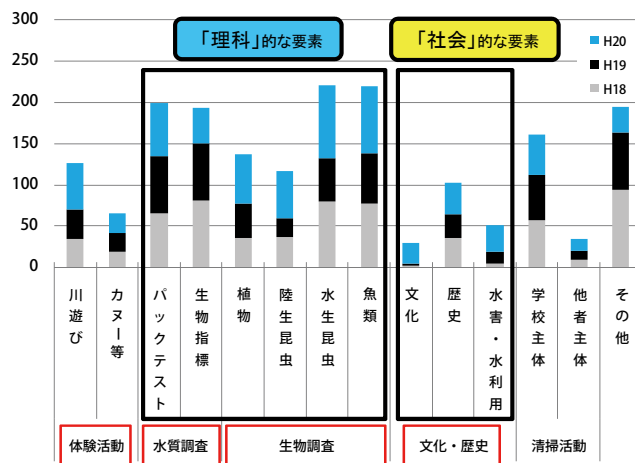


図3・2 小学校における河川学習の内容
＜活動内容別＞

4. 学校における課題と対策

当財団において河川整備基金による助成等を通じて把握している河川学習を熱心に行っている小学校教員に対して、活動内容に関するヒアリング調査を行った。

その調査や3.の分析から、学校教育で河川学習を行う上での課題を、「計画段階」、「準備段階」、「実施段階」に区分してまとめると表4・1のようになる。

学校現場で河川学習を実施するうえでの課題例としては、人材・教材、時間の確保、資金不足、安全対策などさまざまなものがある。

本研究ではこれらの課題のなかから、「授業の中で取り上げようとする際に問題となる点」を重点的にピックアップして、それらについての対策の方向性を考察した。

区分	主な課題	計画段階	準備段階	実施段階
継続性	・本質的に大切なもの、学ぶべきと考えるものは継承していくことも大切	○		
人材・教材等	・熱心な校長や教諭が異動すると継続しない	○		
	・学校長の理解を得なければならない	○		
	・学校には日々教材が送られてくるが、目を通してもらえるものは少ない、使われる資料はさらに少ない	○		
	・川に詳しい教師は少ないので、取っ掛かりが分からない	○		
必要性の認識	・河川学習は必須事項ではない為、必要性を実感しないと広まらない	○		
時間の確保	・総合的な学習の時間が平成23年度から35時間減るなど、時間の確保が困難になる可能性がある	○		
立地条件	・川から距離があると移動が困難、川との心理的距離も大きい	○		
資金不足	・活動資金が乏しく、活動をあきらめてしまう	○		
外部協力	・先生は子どもたちをよく見ていないと評価できない。川の活動は安全管理などで人手がかかるため、外部協力が必要	○	○	○
資機材等	・スローロープ等の常備		○	○
雨天・増水時の対応	・自然相手のため、天候や水量によって延期や中止も想定しなければならないが、そのための調整が大変		○	○
安全対策	・安全対策のために、下見や事前打ち合わせ等を十分行い、今後も継続すること		○	

表 4・1 学校で河川学習を実施するうえでの課題例（赤字は代表的な課題）

表 4・1 で示した課題のうち着目すべきものとして、「学校には日々教材が送られてくるが、目を通してもらえるものは少ない、使われる資料はさらに少ない」がある。これは今まで当財団を含め各河川管理者等多種多様な方々が様々な河川学習の素材・教材を作ってきたが、必ずしも学校教育が求めるものと同じとは限らない。つまり学習指導要領に適合していないことにより生じているのではないかと考えられる。また、学校で使えるようにするために教員自身が苦勞してアレンジをする必要性が生じてしまっているため、とも考えられる。

つまり学校教育で河川学習を効果的に実施するには、まず素材・教材をこの学習指導要領を意識したものにし、一目で学校のシステムに合うとわかるものにする必要がある。

また、2つめの課題としては、これまで約105時間（週3コマ程度）あった「総合的な学習の時間」が、来年度から70時間（週2コマ程度）になるといったように時間数が大幅縮減されるという課題等がある。

いままで河川学習は、多くの場合、「総合的な学習

の時間」で実施されてきたが、時間数が大幅に減ることや、その分学習目標を明確に定めるなどの、さらなる「質の充実」が求められるようになる。

また、「理科」や「社会」の時間数は増えるので、それらの教科と「総合的な学習の時間」とを組み合わせて実施する事が重要になる。

そのため総合学習以外の「理科」や「社会」といった教科でも実施できるような河川学習プログラムの提供や、敷居が高くなく、また川に詳しくなくても実施できるような「具体的」プログラムの提供が必要となってくる。

3つ目の課題として、そもそも川が近くにないと河川学習ができないのではないかという認識がある。

もちろん川が近くにあればすぐフィールドにアクセスできるし、身近な教材として活用してみようかという気になる。

例えば水生生物調査等は川に入ったりして、身近な自然として川を扱うため、これら「理科」的な要素をもつプログラムは、川が側にあればより効果が高いといえる。

しかし必ずしも川が身近に無ければ河川学習がで

きないということは無い。

図4・1で示すように川の変化を調べたり、歴史を調べたりするプログラムは、川を外から見る。川を生活の一部としてとらえるため、これら「社会的なプログラムは必ずしも川が側になくても学習可能である。

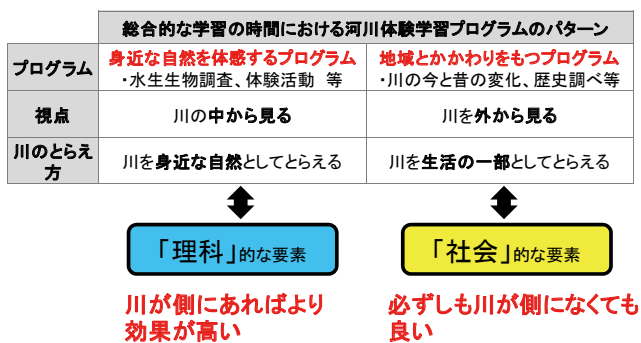


図 4・1 総合的な学習の時間における河川体験学習プログラムのパターンと理科・社会との関連性

つまり疑似的な体験や調べ学習等の探求活動でも十分川の事を学ぶことができると考える。

そのため、川の体験学習だけでなく、教室でも出来るようなプログラムの開発が必要となってくる。

これらのポイントをまとめると図4・2のように示される。

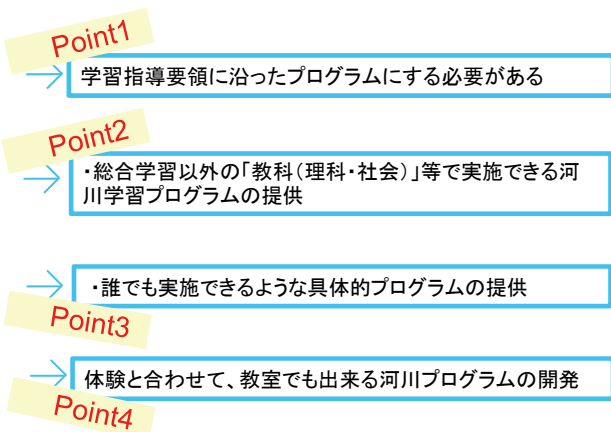


図 4・2 課題解決の方向性

5. 効果的な河川学習の教育プログラム(「振り替え」可能なプログラム)とは？

5.1 「振り替え」可能なプログラムの考え方

4.での検討を踏まえ、河川学習を効果的に行うにはどうすればよいかについて、様々な学校教員のアドバイスをもとに、「振り替え可能なプログラム」を考察した。

学校の授業というのは文部科学省が公示する「学習指導要領」に基づいて実施されており、一定の教育目的のためにひとまとめにされた学習計画は単元と呼ばれている。

教科学習については、各単元ごとに、教科書と連動した指導計画といったものが市販されており、一般的に、教員はその指導計画を参考にしながら授業を展開する。

たとえば10時程でひとつの単元を教える際に、1時目は〇〇について教え、2時目には▽▽について教えるといった指導計画を立てる。

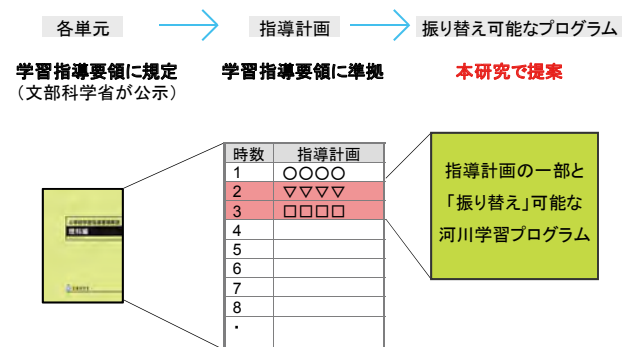



図 5・1 「振り替え」可能なプログラムの考え方

図5・1で示すように、本研究では、その指導計画の一部をまとめて河川学習に「振り替え」が可能なプログラムの提案を行う。

5.2 効果的な河川学習の教育プログラム（理科編）


時数	学習事項	主な活動内容
1	流れる水のはたらき	<ul style="list-style-type: none"> 教科書の資料などをもとに、流れる水のはたらきについて話し合う。 土山に水を流して流れる水のはたらきを調べ、わかったことをまとめる
2		
3		
4		
5		
6	実際の川の様子	<ul style="list-style-type: none"> 実験の結果をもとに、実際の川を流れる水のはたらきについて話し合い川の様子を調べる。
7		
8	川の水量が増えるとき	<ul style="list-style-type: none"> 川の水量が増える要因について話し合い、増水した川を流れる水のはたらきを調べ、わかったことを自然災害に目を向けながらまとめる。
9		
10		
11		



理科

図5・2 【一般的な指導計画例】小学5年理科「流水による土地の変化」 配当時間数：計11時間
(教育出版株式会社)

時数	学習事項	主な活動内容
1	水の流れる変化とはたらき	○川の様子を観察する <ul style="list-style-type: none"> 活動前に調べたことをもとに川の様子を観察。 はじめに、堤防上から川全体の様子を観察。 つぎに、近くによって川を観察。観察終了後、記録をとる。
2		○河原の石の観察 <ul style="list-style-type: none"> 河原において、川の中や川沿いの石の観察。 砂岩、泥岩、チャート、石灰岩、閃緑岩、緑色岩、礫岩、玄武岩、頁岩
3		○流れの速さを体感する <ul style="list-style-type: none"> 川の中の石を観察しながら流れを体感する ワークシートを活用し、流れを観察する
4		○川の水量が増えた時の様子 <ul style="list-style-type: none"> 川の様子を見て、増水した痕跡を探す。
5	川の水のはたらき	○川流れを直に体験する ※オプション <ul style="list-style-type: none"> 川の流れや流れる水の力を大きさを感じとる・いざというときに備えて
6		○ふりかえり 以下について体感したことを踏まえ話し合う <ul style="list-style-type: none"> 川の流れの速いところと遅いところ 石の形や色、大きさ 侵食・堆積
7		



理科

図5・3 【振り替え可能なプログラム例】「流水による土地の変化（図5・2）」の1～7時目を振り替えた例

まずは理科の教科で実施可能な「振り替え」可能なプログラムを小学5年理科の「流水の働き」例に紹介する。

例えば図5・2は、「流水の働き」を扱う一般的な指導計画の例であるが、ここでは配当時間数を11時間と設定しており、1から5時目に、学校のグラウンドで高低差をつくり、水を流して「流れの様子」を観察する。

この図5・2の赤い太線の部分を、まとめてそのまま河川学習に「振り替えた」例が図5・3である。

本研究では、図5・2の赤色の部分を、図5・3の緑の部分のように指導計画を「振り替えて」展開することを考案した。

図5・2は2から5時目の部分で、グラウンドを利用して流れる水の様子を観察している。この振り

替えプログラムでは、「直接川に行つて」、「川を流れる水」を観察する。

その時流速を測って、流れの様子を確かめたり増水の痕跡を探したりする。

また観察・実験するだけでなく、オプションとして、川の流れを肌で感じ、体験するというプログラムも視野に入れる。

もちろんその際には安全管理は最も気をつけなければいけない事項であり、地域のNPO等の情報やライフジャケットのレンタル先、安全管理等のノウハウもプログラムに盛り込む必要がある。

また、図5・4のように生徒向けワークシートとして身近にあるものを使っての流速の測り方の説明文やその記録用紙などを用意し、できるだけ教員の負担を減らし、授業を展開しやすいようする。

川の水のはたらき

川の様子を観察しよう

川はふった雨や地面からおきだした水が自然に集まってできたものです。川でも水の動きは動いているのでしょうか？実際に川を見て調べてみます。

流れのちがいを見よう

市ヶ尾水辺の広場付近の鶴見川で、カーブしている場所の流れを実際にはかかってみましょう。ひもにつけたペットボトルを流し、内側、真中、外側の流れの速さをはかります。

用意するもの：ペットボトル(1リットル)・ひも(10メートル)・ストップウォッチ

やりかた：

- ①ペットボトルを10メートルの長さのひもに結び、水を3分の1ほど入れます。
- ②ペットボトルを流れに乗せて流します。スタートの合図でストップウォッチを押し、ペットボトルを流します。糸がピンとほつたらストップの合図とともに、ストップウォッチを止め、かかった時間をきろくします。(流すのは大人の人にやってもらい、きろくは陸上でとります)

川の流れるに連れてペットボトルを流します。ストップウォッチスタート。

糸がピンと張ったらストップウォッチを止め、かかった時間をきろくします。

※糸がピンと張るまでの時間が短いほど流れが速く、長く時間がかかると流れは遅い。

流れのちがいをきろく

川の曲がったところでは、内側と外側で、速度の差はどうでしたか？下の表にきろくしてみましょう。

	1回目	2回目	へいきん	深さ
内側	秒	秒	秒	cm
真中	秒	秒	秒	cm
外側	秒	秒	秒	cm

※へいきん(平均)の出しかた：1回目と2回目をたして2でわります。

メモ：流れの様子などをメモしてみましょう。

●川のカーブの内側と外側では流れの速さにどのようなちがいがありましたか？

時間があつたら流れの速さを計算してみよう。

- ①10m÷かかった時間=秒速(1秒間に移動(いどう)する速度)
- ②1回目と2回目の平均速度を計算します。

図5・4 「振り替え可能なプログラム」 ワークシート例(1)

時数	学習事項	主な活動内容
1	広いね、わたしたちの県	<p>県（都、道、府）の位置や地形、土地利用や交通網の様子などについて、地図などの資料を活用して調べ、県（都、道、府）の特色を考えるようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●箱根駅伝の地図を見ながら、県内にあるまちや人々のくらしの様子に興味をもち、調べようとする意欲をもつ。 ●地図や写真を見て、箱根までの距離、交通、高低などを調べ、県全体の地形や交通網の特色をとらえる。また、調べ活動を通して、等高線、方位、地図記号、縮尺、土地利用図について理解する。 ●県の位置や県庁所在地について調べるとともに、パンフレットなどの資料を集め、県内のさまざまな地域を調べていくための意欲をもつ。
2		
3		
4		
5 ～ 27	いろいろな所、いろいろなくらし	産業や地形条件から見て特色ある地域を取り上げ、産業の様子や人々の生活の様子を調べ、自分たちの住む県（都、道、府、）の特色を考える。
28 ～ 30	わたしたちの横浜市	県（都、道、府）内における自分たちの市（区、町、村）の地理的な位置関係や、地形、土地利用、交通の様子、外国とのつながりについて調べる。
31 ～ 33	わたしたちの県についてまとめよう	県内の地形や土地の使われ方、産業の様子などを白地図などにまとめたりして調べ、県の特色を考えるようにする。



図 5・5 【一般的な指導計画例】小学 3・4 年社会「県（都、道、府）の様子」配当時間数：計 33 時間（光村図書出版株式会社）

時数	学習事項	主な活動内容
1	鶴見川流域を探そう	○山に降った雨はどのように流れるのかを考える。 【実験】水はどのように流れるか（分水嶺について学ぶ）
2		○ワークシートを用い、鶴見川の河口から源流までをなぞる 分水嶺をなぞり、鶴見川流域を見つけ出す。また横浜市との位置関係を知る。
3		○流域内の交通網等を地図から情報を得る。 等高線、縮尺、地図記号、方位、流域内の一番高い山、源流の場所、源流から河口までの距離等
4		
5		○インターネットを活用して、東京都と神奈川県をまたがる鶴見川のことを調べる。



図 5・6 【振り替え可能なプログラム例】「県（都、道、府）の様子（図 5・5）」の 1～5 時目を振り替えた例

5.2 の理科の事例では直接川を扱うようなプログラムを紹介したが、2つ目として、「社会科」の「振り替え」可能なプログラムを小学3・4年社会の「都道府県の様子」を例にして紹介する。

図5・5は同じく一般的な指導計画の例で、ある県などの特色を地図等を用いて考えるという単元を扱っている。

例えばこの指導計画では、33時間で実施するように設定しており、1から4時目では「神奈川県」の地図を題材にして、県の特色を考えさせる。

具体的には、「箱根駅伝」のコースを切り口にして、地図から情報を得て、調べ学習を行うという流れである。

この赤色の部分を、本河川学習プログラムで「振り替えよう」とすると図5・6のようになる。

この「振り替え可能なプログラム」では、図5・5で扱われている「箱根駅伝」ではなく「流域」を切り口にして、この単元の要求を満たすようにしている。

例えば2時目からはワークシートを使って、流域の河口部分から源流までをペンでなぞったり、「分水嶺」をみつけて流域の「全体図」を探し出すことを行う。

また流域内の等高線や山の分布、交通網等についての調べ学習を行って、流域内の都道府県の「特色」を調べたりする。

具体的なワークシートのイメージを図5・7で示す。

これは鶴見川の流域図をワークシート用に加工したものである。まず、山に降った雨の流れ方や分水嶺について説明したあと、生徒・児童に本川の「河口部分」から「源流」までを比較的太いペンでなぞらせる。

次に、その本川に流れ込むすべての「支川」を見つけ出し、細めのペンですべてなぞらせる。

最後に、他の流域との境目にそって別の色のペンをなぞらせて「流域の全容」を浮かび上がらせ、河川の水系だけでなく、生徒・児童に「流域」という

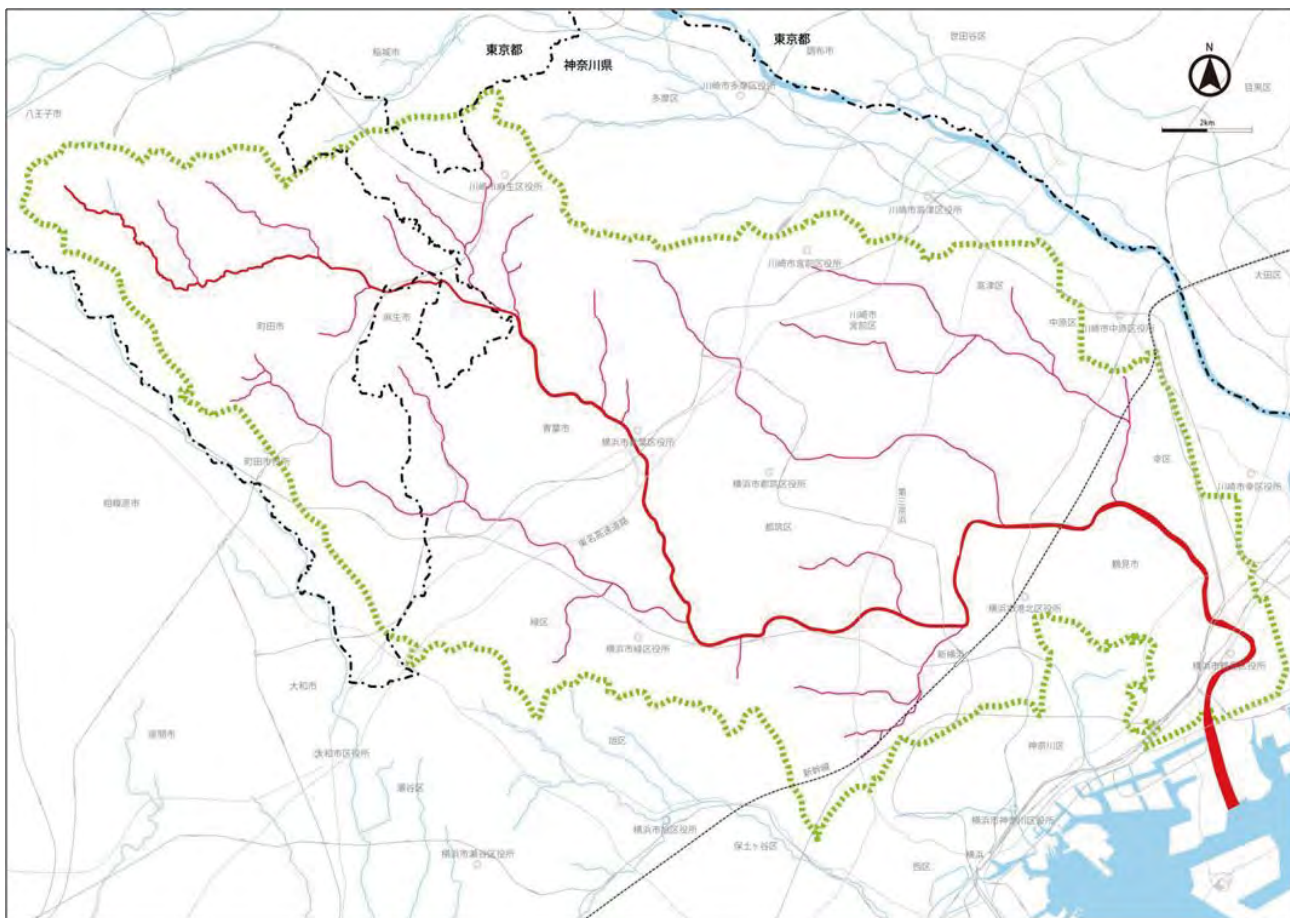


図5・7 「振り替え可能なプログラム」 ワークシート例（2）

概念を気づかせる。

このように、図5・5の一般的な事例では「箱根駅伝」を切り口にしていたが、図5・6では「流域」を切り口にしてこの単元を満たす「振り替え可能な」プログラムを紹介した。

各教科では、単元ごとの目的や満たされるべき事項があるが、図5・8で示すように各単元の目的に、「子どもたち自身」が自らの力で到達することができれば、扱う教材は独自に工夫したものを使用することができるわけである。

つまり、単元の目的に合致していれば、このような河川学習に「振りかえる」ことも可能となる。

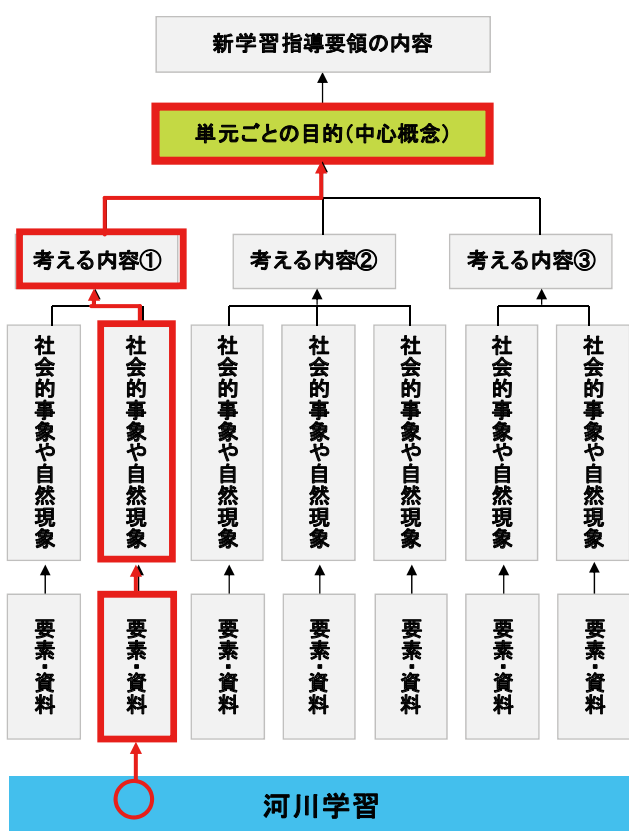


図5・8 教科における河川学習の組み込み方

本研究では、「理科」や「社会」の例を出したが、図5・9で示すように「生活」や「国語」など、河川を題材にすることのできる単元はたくさんある。

これらの単元のなかで、治水や水環境等に関する事項が、授業の中で展開されるようにプログラムを今後改良・開発していく必要がある。

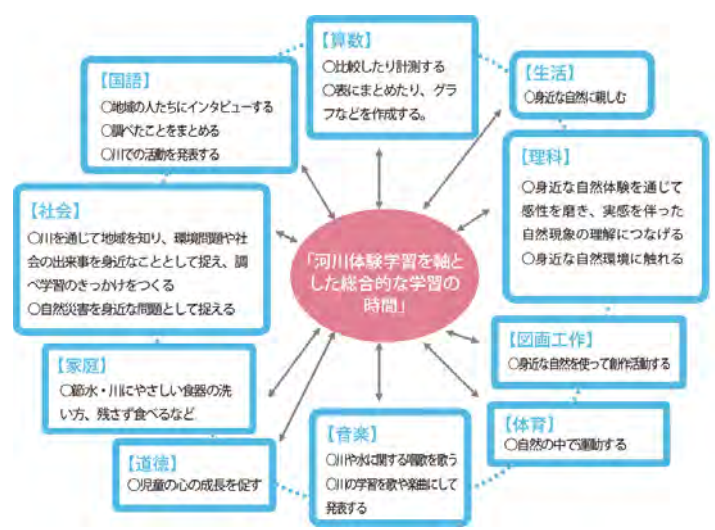


図5・9 教科における河川学習の関連性

6. 今後の課題と展開

今後の課題と展開としては、より具体的なプログラムづくりをこれから行って実際の学校現場での実践事例を増やしていく必要がある。

そのため、これまでも当財団では教員を交えた「河川体験学習プログラム研究会（写真6・1）」や「プロジェクトWET新アクティビティ集試行検討会（写真6・2）」などを開催しているが、今後プログラムづくりを行っていくにあたっては、学校関係者を交えて、より学校の実情に合うよう更にプログラムを改訂・展開していきたい。

次世代を担う多くの子どもたちに川の事を学んでもらうことは、子どもたち自身の成長につながり、川と人との関係を再構築し、ひいては地球環境の保全に寄与するだけでなく「将来の河川行政」として大きな財産になると思われる。そのため当財団としては、河川学習を川に近いところはもちろん、近くないところでも活用してもらい、河川管理者や地域のNPOと学校とを結びつけながら、より多くの

学校現場から、地域社会に河川環境教育を普及することが「使命」と考えている。

河川に関する広報資料館が仕分けにあったり、河川に関する普及啓発活動に対する経費が削減されたりしている現状ではあるが、行政がなかなか実施できないことや短いスパンではなかなか効果が見えづらい教育などの分野こそ、我々は重要であると考え、今後も活動や研究を行っていききたい。



写真 6・1 河川体験学習プログラム研究会



写真 6・2 プロジェクト WET 新アクティビティ 試行検討会

謝辞

本研究は国土交通省国土技術政策総合研究所からの委託研究の成果を引用しています。

なお、本研究を進めるにあたり、小学校の先生方からは河川学習の取り組み事例に関する情報を、国土交通省河川局河川環境課・渡良瀬河川事務所からは河川管理者の取り組み事例に関する情報をいただくとともに、貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

引用・参考文献

- 1) 独立行政法人 国立青少年教育振興機構 (2010) 「子どもの体験活動の実態に関する調査研究」中間報告, p. 9.
- 2) 学校教育法 (昭和 22 年 3 月 31 日法律第 26 号, 最終改正平成 19 年 6 月 27 日法律第 98 号)
- 3) 群馬県邑楽町立高島小学校 (2007) 研究課題「渡良瀬川を中心とした自然体験活動を通して」
- 4) 建設省河川審議会川に学ぶ小委員会 (1998) 『川に学ぶ』社会をめざして」報告
- 5) 危険が内在する河川の自然性を踏まえた河川利用及び安全確保のあり方に関する研究会 (2000) 「恐さを知って川と親しむために」提言
- 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所 (2009) 「学校教育における河川体験学習の効果の定量的把握」(社団法人土木学会 第 64 回年次学術講演会講演集, VII 部門, pp. 189-190.)
- 7) 国土交通省 (2006) 平成 18 年度出前講座等の開催及び資機材の配備に関する事前調査(河川事務所回答数: 130)
- 8) 教育出版株式会社 年間学習指導計画・評価計画 (理科) 第 5 学年
- 9) 光村図書出版株式会社 社会 3・4 年(下) 年間指導計画例
- 10) 文部科学省 (2008) データからみる日本の教育 2008, p. 5.
- 11) 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説 総合的な学習の時間編, pp. 87-89, p. 100.
- 12) 社会資本整備審議会河川分科会豪雨災害対策総合政策委員会 (2005) 「総合的な豪雨災害対策の推進について」提言
- 13) 鶴見川流域・河川学習検討会 (2006) 鶴見川を題材とした小学校の活動のすすめ, p. 37.

2) 「マイ・ハザードマップ」づくり を通じた川の防災教育

堀尾 尚史*・黒木 幹男**・池田 浩一***

1. はじめに

近年、相次ぐ台風の上陸や集中豪雨等に伴う自然災害が頻発している。それに伴い全国的に土砂災害防止の啓発活動が行われるようになったが、学校においては、十分な防災教育を実施しているとは言い難い。過去に自然災害を経験した地域においては災害文化が形成され、災害知識が受け継がれているが、他の地域から移り住んだ家庭、新興住宅地等においては、その土地における災害経験や教訓などが十分に伝えられていないことが指摘されている。このような背景から、学校における防災教育が重要となるが、具体的カリキュラムや、指導経験のない教員たちには、どのように取り組むか戸惑いがみられるのが実情である。

2008年改訂の新学習指導要領は、「生きる力」を育むという理念のもと、自ら課題を見つけ、主体的に判断、行動し、問題を解決する資質や能力を身につけることに重点をおいている。限られた学校教育の時間の中で、効率的に防災教育を行うには、画一的な内容ではなく、地域の実情に応じた内容であることが望ましい。そこで本研究では、防災教育の現状と課題を明らかにし、地域の特性を踏まえた防災教育プログラムの構築を試みた。なお、本プログラムは、常呂川の想定氾濫区域内に位置する小学校(北海道北見市)で実践したものである。

2. 川の防災教育プログラムの構築

2.1 実践的な防災教育の必要性

学校における防災教育は、子供に実践的な対応能力の基礎を培うことを目的とし、子どもの発達段階や地域の実態を考慮し、組織的・計画的に防災教育を推進する必要がある。

また、子ども達は、学ぶ側であることのみならず、年齢が上がるに従って、伝えたり、教えたりする側に立つことが期待される。こうした期待に応えるためには、防災に対して自ら課題を見つけ、主体的に判断、行動し、問題を解決する資質や能力を育てられるような学習プログラムを構築する必要がある。

2.2 防災に対する現状と課題

自然災害の常襲地帯においては、災害に関する知識が受け継がれている。しかし、北海道事務所で支援している小学校が位置する常呂川流域は、年間降水量が約800mmと全国的にみても少なく、台風の上陸が少ない地域である。また、これまでに河川改修や治水施設の整備により、災害の発生が抑制され、過去の災害も時間経過により風化しつつある。このため、子ども達は「防災」を身近な問題として捉えていないのが実情である。

* (財)河川環境管理財団 北海道事務所 業務係長

** (財)河川環境管理財団 北海道事務所 研究顧問兼北海道研究所長

*** (株)ドーコン 河川環境部(前北海道事務所 業務係長)

2.3 防災教育プログラムの構築

これまでに、全国的に防災教育の一つとして自治体で配布しているハザードマップの活用方法について学習会を行う等の取り組みが行われているが、当該流域のように「防災」を身近な問題として捉えていない地域では、効果が薄いと考えられる。

また、防災教育プログラムは「総合的な学習の時間」で実施することもあり、小学校側からは学習指導要領と関連しつつ、教科の枠を超えた横断的・総合的な学習として充実したいとの要望があった。そこで、本プログラムでは身近な常呂川の自然環境と自然災害がどのように関係しているのか関心を持たせることにより、小学生にとっては聞き慣れない「防災」について必要性を感じさせ、課題意識を高めさせることをねらいとした。

防災教育プログラムの流れは、図2・1に示すように、4年生では防災の必要性を気づかせることを目的に樹林帯の働きと苗づくり体験を行い、5年生で災害時には自分の命は自分で守る「自助」を学ぶことを目的とした「マイ・ハザードマップ」を作成し、6年生は、2年かけて育った苗の成長量などの状況を観察し、常呂川の樹林帯として植樹する体験型のプログラムを構築した。



図2・1 防災教育プログラムの流れ

なお、本プログラムは平成20年度から実施しており、平成22年度に3学年すべて実践する予定である。以下に、4年生から6年生の学習の概要を述べる。

表2・1 防災教育の実施状況

年度	樹林帯の働きと苗作り体験	マイ・ハザードマップの作成	樹林帯の働きと植樹体験
H20年	4年生	—	—
H21年	4年生	5年生	—
H22年	4年生	5年生	6年生

1) 樹林帯の働きと苗づくり体験 (4年生)

4年生では、学習指導要領にある「身近な自然の観察」の一環として、常呂川の周辺でみられるミズナラ、オニグルミ等の特徴について学習する。次に、防災の必要性に気づかせるため、樹木を堤防沿いに植えることにより、万が一堤防が壊れたときに洪水の流勢を弱め、ゆるやかに氾濫させる効果があることを学習する。また、体験学習として牛乳パックを用いたミズナラ、オニグルミの苗づくりを行う。ここでのねらいは、ただ苗づくりを行うのではなく、この苗は将来樹林帯として自分たちの住む地域の防災に役に立つことを理解することで、防災の必要性に気づかせることである。

以下に、学習会で用いた教材の一部を示す。



図2・2 常呂川の学習会で用いた教材①

学習メニューは表 2・2 に示したように、映像画像を見る、地図を見る、地域で配布されているハザードマップを見るなど 9 つのメニューがあり、実施に 25 時限を要するものとなっている。

表 2・2 防災学習マニュアルの学習メニュー

学習メニュー	時限
①映像資料を見る	1
②地図を見る	1
③地域で配布されているハザードマップを見る	2
④講話を聞く	4
⑤インタビューを行う	5
⑥まちを歩いて防災に関わる場所を見つける	5
⑦マイハザードマップをつくる	4
⑧自分ができることについて話し合う	1
⑨これまでの結果を発表する	2
	25

学習会の実施にあたり、小学校側に既存の防災学習マニュアルの適用について説明したところ、2 つの要望があった。

小学校側の要望
・平成 23 年に総合的な学習時間が年間約 40 時間削減されることもあり、 一時限(45分)に収めたい。
・ 子ども達の安全確保が最優先。屋外での調査は行わず、校内で実施してほしい。

小学校側の要望を取り入れるには、限られた時間内で効率的・効果的にプログラムを構成する必要があった。時間的な制約から見栄えのよいマイ・ハザードマップを作成することはできないが、マイ・ハザードマップの作成を通して、危険箇所を「気づかせ」、「回避」できるような「防災力」を身につけさせることに重点を置いた。

(1) 新たに作成した学習メニュー

既存の防災学習マニュアルのメニューを参考に、25 時限要した学習メニューを 40 分に短縮したものが表 2・3 に示したメニューである。

表 2・3 新たに作成した学習メニュー

学習メニュー (案)	時間
①小学校近傍の増水時の写真を見る	10分
②地図に自宅と学校、通学路を記入する	5分
③通学路周辺の危険箇所を地図に記入する	10分
④地域で配布しているハザードマップと通学路周辺の危険箇所を比較する	5分
⑤洪水になった場合、危険箇所がどうなるか発表する	10分
	40分

既存の学習メニュー(表 2・2)の①映像資料を見るでは、1 時限要していたものを、小学校近傍の常呂川が増水した時の写真を見ることで 10 分に短縮した。②地図を見るでは、地域の特徴を知るために、地図記号の説明、等高線をなぞる、山地、農地、宅地等を色分け等で 1 時限要していたが、それを自宅、学校、通学路周辺に着目し、位置関係の把握のみとすることで 5 分に短縮した。その他のメニューは、通学路周辺の危険箇所の記入に 10 分、地域で配布しているハザードマップと通学路周辺の危険箇所との比較に 5 分、洪水になった場合、危険箇所がどうなるかを 10 分で発表する構成とした。

(2) 学習のねらいと到達目標

子ども達が学習内容を理解できたか評価するため、学習メニューごとに学習のねらいと到達目標を設定した(表 2・4)。なお、1 時限は 45 分であることから、表 2・3 の学習メニュー(40 分)のあとに、5 分間で浸水想定域や河川沿いに住む子ども達へのフォローや河川事務所の取り組み、4 年生で体験した苗づくりの状況説明をフォローアップとして説明する。

表 2・4 学習のねらいと到達目標

時間	項目	学習のねらい	到達目標
10分	イントロダクション	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水を身近な自然現象として理解させる ・防災学習の必要性を理解させる 	<ul style="list-style-type: none"> ・身のまわりに災害の危険性があることに気づく ・防災に関心をもつ
5分	アクティビティー①	<ul style="list-style-type: none"> ・配布した地図に慣れさせるため、位置関係を理解させる 	<ul style="list-style-type: none"> ・自宅と学校、通学路を記入することができる
10分	アクティビティー②	<ul style="list-style-type: none"> ・通学路周辺で「まわりより低いところ」、「水が流れているところ」を気づかせ、発表させる 	<ul style="list-style-type: none"> ・通学路周辺にある危険箇所に気づく
5分	アクティビティー③	<ul style="list-style-type: none"> ・地域で配布しているハザードマップと発表した箇所を比較させる 	<ul style="list-style-type: none"> ・校区周辺の危険箇所、避難場所を知る
10分	アクティビティー④	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水になった場合、「まわりより低いところ」、「水が流れているところ」はどうなるか発表させる 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害から自分を守る意識をもつ
5分	フォローアップ	<ul style="list-style-type: none"> ・浸水想定域、河川沿いに住む子どもはどうするか考えさせる ・河川情報システムで川の情報が得られることを知らせる ・4年生で実施した内容を思い出させる 	<ul style="list-style-type: none"> ・自ら情報を収集する方法を身につける ・樹林帯が防災に役立つことに気づく

3) 樹林帯の働きと植樹体験 (6年生)

全国的に環境教育の一環として「森づくり」などを目的とした植樹会が行われてきているが、その樹木がどういう環境で生育するのか、高さや太さといった特徴や将来像を伝えることなく、ただ植樹するだけで終わる場合が少なくない。

本プログラムでは、2年かけて育った苗を植樹するだけではなく、樹林帯が洪水流や氾濫流の流勢を弱める機能のほか、苗の成長量や現存率などの状況を観察し、植物の成長条件に関心を持たせることができるような学習会を実施する(平成22年度実施予定)。

このような体験を通して、自然現象に対して関心をもたせ、また地域社会の一員として地域の防災に役立っていることを体験することで、助け合いの心を育むことを目的とする。



写真 2・1 苗床の状況 (平成 20 年 12 月)



写真 2・2 苗床の状況 (平成 21 年 9 月)

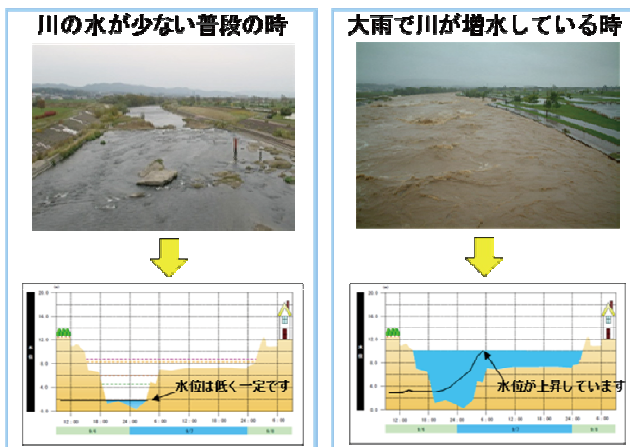
3. 「マイ・ハザードマップ」づくりを通じた防災教育の実践

2章では、4年生～6年生を対象とした防災教育プログラムの構築について記述したが、本章では平成21年に初めて5年生を対象に実践した「マイ・ハザードマップ」づくりを通じた防災教育について詳しく述べる。

1) イントロダクション

洪水の被害を受けたことがない常呂川流域の子ども達にとっては、「マイ・ハザードマップ」を作成する目的や意味が分からないことが想定された。このため、洪水を身近な自然現象として理解させる必要があった。子ども達には、自然災害に関心をもつように、地域で実際におこった洪水の写真を用いて説明した。なお、使用する写真については、河川事務所に依頼し、校区周辺で撮られた写真の提供を受けた。

写真3・1は、実際に使った教材の一部であり、平常時と洪水時の写真を並べ、二枚の写真の違いについて発表してもらい、洪水時の状況や、身のまわりでも災害の危険性があることに気づかせた。



くらべてみよう!!

写真 3・1 通常時と洪水時の川の様子

子ども達の感想は、以下に示したように、洪水が自分たちの住む地域で起きていることを知らないといった感想が多くみられた。

イントロダクションの時間を5分に短縮したが、子ども達が地域で過去にどのような災害があったか知ることで、自分たちの地域でも洪水が起きることを気づかせることができた。

子ども達の感想
・ ふうふうの川と洪水の写真は、水の色もちがうし量もちがうので、とてもおどろいた。(男子)
・ おぼれたら死ぬと思いました。(男子)
・ 自分の家の周りもこんなふうになったら怖いと思った。(女子)
・ 3才のころに、こうずいになっていたんだ!(男子)
・ どうやってこんなに水がふえるのか不思議に思いました。(男子)

2) アクティビティー①

マイ・ハザードマップのもとになる地図に慣れさせるため、自宅、学校の位置関係を把握させた。次に、子ども達にそれぞれ色の異なるサインペンを渡して通学路を記入してもらった。図3・1に示したのは、実際に子ども達が記入した地図である。

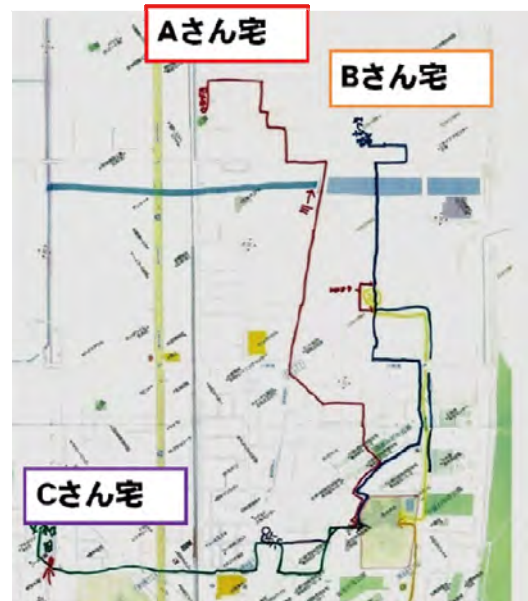


図 3・1 通学路の記入状況

以下に、子ども達が記入した地図を分かりやすくトレースした図を示す。



図 3-2 通学路の記入状況 (トレース図)

ここで示した3名の子どもは常呂川の支川を渡って通学しており、河川が身近な存在であることが分かる。

3) アクティビティ②

写真3-2は、子ども達を班ごとに分け、キーワードである「まわりより低いところ」、「水がながれているところ」について発表している様子である。子ども達の持っている情報だけでも、雨の日はここに水が溜まりやすい、側溝の水があふれる、雨があがっても水たまりのまま、昔おじちゃんの家が被害にあった等、たくさんの情報が集まった。



写真 3-2 発表の様子



図 3-3 ハザードマップの記入状況 (トレース図)

4) アクティビティ③

実際に北見市で配布しているハザードマップと子ども達が記入したマイ・ハザードマップを比較させた。以下に、通学路をトレースしたものを示す。



図 3-4 ハザードマップ比較図

青色の網掛けをしているところが浸水想定域であり、子どもの発言にあった「坂になっていて水がたまるよ!」と示した場所と一致した。ここでのもう一つのねらいは、校区でどのような場所が危険箇所か知ることにより、通学路以外にいる場合でも災害を回避する力を養うことである。

5) アクティビティー④

避難所に指定されている市の施設等を説明し、「もしに洪水にあった場合どのようなことが起こる？ どうする？」と質問し、災害に遭遇した時の行動を考えさせた。ここでのねらいは、自分自身の危険は自分で守ることを身につけさせることである。



図 3-5 危険箇所の説明図

6) フォローアップ

最後の5分間では、ハザードマップで示された浸水想定域や河川沿いに住む子ども達に恐怖心を持たせないようにするため、堤防によって安全が確保されていることや、災害情報の入手方法として国土交通省が提供している「川の防災情報」について説明した。



図 3-6 河川管理者の取り組みの紹介

次に、4年生で体験した苗づくりの状況を説明し、復習として堤防を超えるような洪水の時には、堤防

に与える被害を抑える働きがあることを説明した。



写真 3-3 苗の状況写真

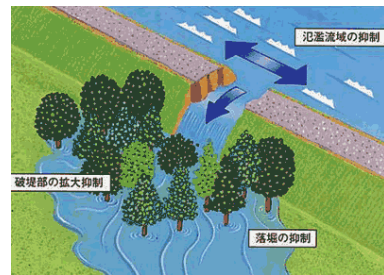


図 3-7 樹林帯の説明図

ここでのねらいは、育った苗を樹林帯として植樹することにより、地域の防災に役立つことを再認識してもらうことである。

3-1 取り組みの成果と今後の展開

学習会は、3学級(98名)を対象に実施した。以下に、取り組みの成果と課題、今後の展開について述べる。



写真 3-4 授業の様子

3.2 子ども達の感想と評価

子ども達には、学習会の理解度と課題を把握するため、アンケートを実施した。配布したアンケート用紙と結果を以下に示す。

**こいずみしょうがっこう かわ ぼうさいがくしゅうかい
小泉小学校「川の防災学習会」アンケート**

9月4日に開催した川の防災学習会について、アンケートにご協力をお願いします。

Q1. あなたの性別をおしえてください。
ア. おとこ イ. おんな

Q2. 講師のお話は理解できましたか？
ア. よく理解できた イ. 理解できた ウ. よく理解できなかった

Q3. みなさんに配った教材のうち、洪水の写真を見てどう感じましたか？
自由記入()

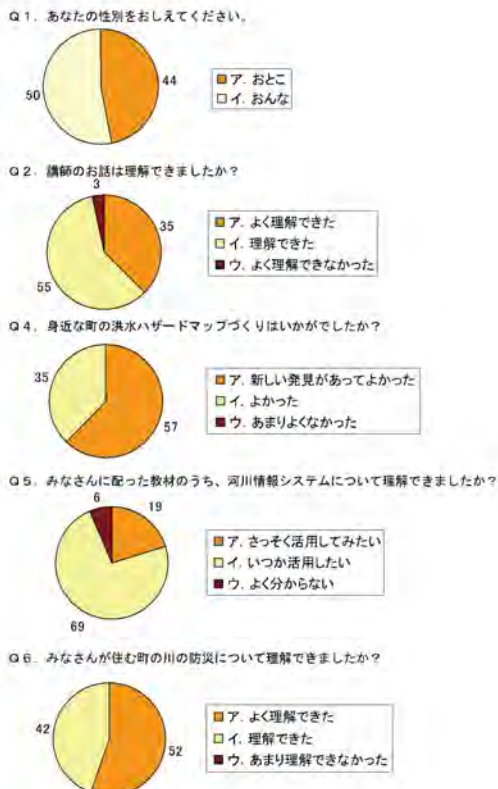
Q4. 身近な町の洪水ハザードマップづくりはいかがでしたか？
ア. 新しい発見があってよかった イ. よかった ウ. あまりよくなかった

Q5. みなさんに配った教材のうち、河川情報システムについて理解できましたか？
ア. さっそく活用してみたい イ. いつか活用したい ウ. よく分からない

Q6. みなさんが住む町の川の防災について理解できましたか？
ア. よく理解できた イ. 理解できた ウ. あまり理解できなかった

Q7. 川の防災学習会において、感想、要望などありましたら自由に書いてください。

ご協力ありがとうございました。



子ども達の感想

- ・もし本当に洪水が起きたらたいへんだと思った。前に植えた木が無事に育っていてよかったです。六年生になって木を植えるのがたのしみです。(女子)
- ・改めて雨のこわさがわかった。ていぼうはなんのためにあるかよくわかった。(男子)
- ・洪水がおきたらこわいなと思いました。川のぼうさいじょうほうで調べてみたいと思いました。自分の家あたりがほかのところより低いのを初めて知りました。すごく勉強になってよかったです！(女子)

子ども達の感想は、洪水の怖さや堤防の機能、自宅がまわりより低いことを知ることができた等の感想があり、一定の評価があったと考えている。また、小学生には馴染みの薄い国土交通省提供の「川の防災情報」という名称を覚えてもらったことは、評価に値すると考えている。

3.3 教員の感想と評価

担任の先生にもアンケートを実施し、気づかされたことや、教材づくりの助言や体験型学習の必要性などについて貴重な御意見を頂いた。また、本プログラムに対する否定的な意見はなく、今後も継続的に実施してほしいとの要望があり、一定の評価を得たと考えている。

教員の感想

- ・身近な地域で発生した洪水の写真等は、学校では入手できないものです。このような資料は大変貴重です。
- ・「まわりより低い場所」というイメージが子どもに伝わりにくいため、コンターが入った透明なシートを地図に重ねるなどすればよいと思います。
- ・子ども達は「体験」が大好きです。今後、学習指導要領が改訂されることから、体験学習の機会が減るのではないかと心配です。今回は子ども達にとっても貴重な機会でした。

3.4 課題と今後の展開

今後、継続的に川の防災教育プログラムを実施するにあたって、課題を整理した。

課題
1. 教材づくりの工夫 ・子ども達が理解しやすい教材づくり(分かりやすい地図の提供等)
2. 3年サイクルモデルの持続的・継続的な実施 ・教員が転勤した場合でも持続的・継続的に実施するための体制づくり ・先生自らでも実施できるような、指導マニュアルの作成 ・他の小学校への展開 ・学校の年間指導計画の中で、川を題材とした学習時間の増加
3. 支援スタッフの増強 ・学習効果を高めるため、川の知識を有するスタッフの配置

1) 教材づくりの工夫

子どもの地図を見る力に差があった。3年生で地図の見かたについて学習するが、普段見慣れていない地図に自分の家の位置を記入することがやや難しかったようだ。自宅の位置を特定できない子どもに対しては、班の子ども達が住所を聞き出して位置を特定している場面があった。今後は、ランドマークとなる建物等の写真を地図に貼り付けるなど、教材づくりを工夫する必要がある。

2) 防災教育プログラムの持続的・継続的な実施

窓口の先生が転勤した場合のフォローが課題である。今後も持続的・継続的に実施するためには、プログラムの導入のしやすさ、教員の負担を軽減することが重要となる。そのためには、河川管理者や市民団体が連携して支援する仕組みづくりや、指導マニュアルを充実させる必要がある。

3) 支援スタッフの増強

学習会では、「なぜ洪水になるのか」、「どうして川の色が変わるのか」などたくさんの質問があった。学習会は、3人のスタッフで実施したが、残念ながら質問にすべて回答する時間がなかった。班に河川の知識を有したスタッフを配置することができれば、子ども達の質問に答えることができ、知識を広げさせることができたと考えられる。

4. おわりに

今後も、北海道事務所では本プログラムの実践で得た成果や反省点を活かし、流域の人々が学習会等を通して川の自然を学び、自らの危険を回避する力を身につけるための支援を行っていく次第である。

謝辞

本研究は、国土交通省北海道開発局委託業務の一環として実施したものである。なお、本研究を実施するにあたり、北見河川事務所及び小学校教員の皆様に、貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 北海道開発局網走開発建設部(2006) 網走川 常呂川河川事業概要
- 2) 北見市(2009) 災害から身を守るために 防災のしおり 防災マップ
- 3) 文部科学省(2008) 新学習指導要領
- 4) 北海道開発局(2009) 常呂川水系河川整備計画(国管理区間)
- 5) (財)河川環境管理財団(2001) 堤防に沿った樹林帯の手引き。(株)山海道
- 6) 網走川・常呂川総合学習副読本編集委員会(2005) みんなの網走川・常呂川
- 7) 国土交通省監修(2007) 防災学習マニュアル 小学生によるマイハザードマップづくり 洪水編

3) 体験施設における河川環境教育への取り組み

～特に子供に対する導入教育にあたって～

小野 正雄*・石橋 年孝**・福島 晃子***・森 充弘****

1. 序 文

近年の水辺に対する関心の高まりとともに、河川を取り巻く様々な制度にも変化が生じ、川づくりにおける地域住民の役割が期待されるようになってきた。平成9年に改正された河川法及び平成15年に施行された自然再生推進法においては、「地域住民の積極的な参加により川づくりが行われていくこと」と明示されており、河川の自然環境の保全・復元等は行政のみが考え、実行する施策だけでは不十分であり、地域住民と行政とが情報を共有し、お互いに共通認識を育みながら議論を深め、今後の方向性を模索していくことが必要となってきた。

一方、河川を題材とした環境教育においても新しい動きが始まっている。平成8年度より「水辺の楽校プロジェクト」がはじまり、平成11年3月には、河川審議会から「新たな水環境・国土管理に向けた総合行政のあり方について」の答申がなされ、環境教育の重要さと「川に学ぶ」社会の実現のための基本方針が示された。

その後いろいろな場での活動を通じて、河川が環境教育の場、あるいは題材として極めて優れていることが指摘されてもきた。

河川環境教育の実践の場である水辺共生体験館は、このような社会的ニーズに応えるために計画された施設であり、河川に関する科学的知見に基づきながら、この情報を効率的に発信し、人と水辺とが共生できる河川事業の円滑な推進を図ることを目的としている。

筆者らは、この水辺共生体験館の管理運営に開館当初から参画し、その様々な側面で活動してきた。言うまでもなく、河川環境教育とは、それ自身きわめて広い対象を持ち、

初心者向けのものから専門性の高いものまで、多くの側面を持っている。

しかし、何事もそこに関心を向けるきっかけや動機があってはじめて河川環境に目が向けられることとなる。その意味でも、またこの施設の来館者の特性も考え、我々は特に、「初めて河川に触れる子供たちなどとの接触の仕方、言い換えれば河川環境に関心を向けさせるきっかけ」をどのようにすれば良いかかに焦点を当て、これまでアンケートなどを通じて、そのノウハウを蓄積してきた。

特に、平成20年度においては来館者より寄せられたアンケートの様々な意見について、そのニーズを満たすためにはどのようにすれば良いかを、さらに深く検討・実施する機会を得た。

本論では、それらの活動を通して、子供たちのような初心者に対する河川環境教育の手法について考察・構築・実施の状況を論じるとともに、翌年度（平成21年度）のアンケート結果と比較することによって、その成果がどのように現れたかを評価したので、その結果について述べることにする。

2. 水辺共生体験館の概要

2.1 施設の役割

ここで取り上げる国土交通省 水辺共生体験館（以下「体験館」という（写真2・1））は、岐阜県各務原市川島笠田町にある河川環境楽園（図2・2）内に整備され、平成17年4月25日にオープンした施設である。

* (財) 河川環境管理財団 名古屋研究所 調査係長
** (財) 河川環境管理財団 名古屋研究所 調査課長
*** (財) 河川環境管理財団 名古屋事務所 水辺共生体験館専任指導員
**** いであ株式会社 名古屋支店 (前河川環境管理財団 名古屋研究所 調査主任)



写真2-1 国土交通省 水辺共生体験館



図2-1 河川環境楽園

この体験館は、「安全で豊かな水辺を育みこれを次世代に継承するために、川と共生するための知識と技術を体験を通じて学び、これからの川づくりを共に考え、これを実践すること」を目的として整備された。そしてその役割として以下のことが期待されている。

1. 川と共生するための知識や技術の普及
2. 川の環境に関わる調査・実験
3. 川に関わる情報の収集と発信
4. 川に関わる活動の支援



図2-2 体験館の役割

ここで、河川環境楽園に触れておこう。河川環境楽園は、国営公園、岐阜県営公園、東海北陸自動車道・川島PA及びハイウェイオアシスから構成された複合型の公園(図2-1参照)として整備されたものであり、公園内には、身近な自然に触れることができる「国営木曽三川公園 自然発見館」や、河川や湖沼の自然環境の保全や復元のための研究を行う「独立行政法人 土木研究所 自然共生研究センター」、岐阜県世界淡水魚園水族館「アクア・トト ぎふ」、また体験館と同時に開所し希少水生生物の保護繁殖や漁業資源の増養殖技術の開発等を旨とする「岐阜県河川環境研究所」など、河川環境に関連した研究機関などがある。なお、公園としては入園料が無料であること、また東海北陸自動車道川島PAから直接入園することができることもあり、年間の来園者は360万人を超える規模である。

体験館はこれらの各施設と積極的に連携することにより、河川環境楽園というフィールドを生かした河川環境教育にも取り組んでいる。

2.2 館内の設備

体験館の館内には、来館者に対して河川とその環境の保全に関する情報提供や河川環境教育が提供できるよう、図2-3に示すように、いくつかのテーマの異なる学習施設が設けられている。これら学習施設毎の設備とその内容は、以下の通りである。



図2-3 体験館の配置

2.2.1 流程コーナー（上流・中流・下流コーナー）

河川の各流程、言い換えれば、上流、中流、下流における河川とその環境の特徴について、設備を用いて情報を提供するコーナーである。



写真2・2 流程コーナー

①上流コーナー

ジオラマ模型, 天井スクリーンを用いて, 瀬・淵構造および溪畔林の役割, 上流域の生物や生息場所の特徴などを対話式で解説する。

②中流コーナー

流水実験装置を用いて, 砂州の形成過程や河床の変動など, 流水による浸食・運搬・堆積作用などについて体験型で解説する。

③下流コーナー

水流模型を用いて, 河川環境の変化, 河川改修の意義, 下流域の生物やその生息場所の特徴などを時代々々による河川改修工事のあり方の変化, それに伴う河川の姿の変化を踏まえ対話型で解説する。

2.2.2 ワークショップエリア

河川環境を理解する上での基本的な知識の習得を目的としたスペースで, ろ過やパケットなどの水質実験や漁具や魚道模型などの展示物を通じて, 様々な情報を提供する。さらに, ミニ水族館や魚の生活を知るための学習スペースにより, 河川への理解を疑似体験する。

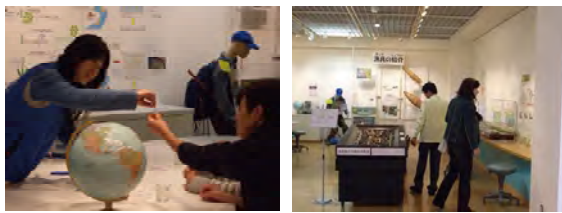


写真2・3 ワークショップエリア

2.2.3 映像・プレゼンルーム

人と水辺との共生を考えるための導入部分を, 映像を用いて伝達するスペースであり, 木曽川の洪水記録, 偉人による治水史, さらに河川環境の特徴に関する映像などを放映する。さらに, パワーポイントを用いたプレゼンテーションや講習会を行う。



写真2・4 映像・プレゼンルーム

2.2.4 木曽三川情報交流スクエア

フライトシミュレータを用いて, 木曽三川流域を空中散歩する疑似体験や, 木曽三川の過去と現在の河道状況を比較できる映像ディスプレイなどを通じて, 川の成り立ちや河道の変化などを視覚にて体験する。



写真2・5 木曽三川情報交流スクエア

2.2.5 情報ライブラリースクエア

木曽三川を中心とした河川に関わる多様な書籍・文献や図面を所蔵した図書スペースであり, 来館者が自らそれらを閲覧することにより, 河川環境や生態系に関する情報を得ることができる場としている。また, 自らの工夫で, 河川を体験できる学習パーツをも揃えている。



写真2・6 情報ライブラリースクエア

2.2.6 セミナールーム

河川に関する詳しい情報を, セミナー形式で学習できる場であり, 小・中学生を対象とした学習会や, 地域団体, NPO等による実践形式の学習を行っている。



写真2・7 セミナールーム

2.3 来館者数

来館者数は、平成17年度の開館以来、平成21年度末において延べ184,000人余りであり、1日当たりの来館者数の推移は、図2・4に示すとおり、年々増加している。

ここで、特に注目すべきは、日当たり来館者数が平成21年度には大きく増加していることであろう。

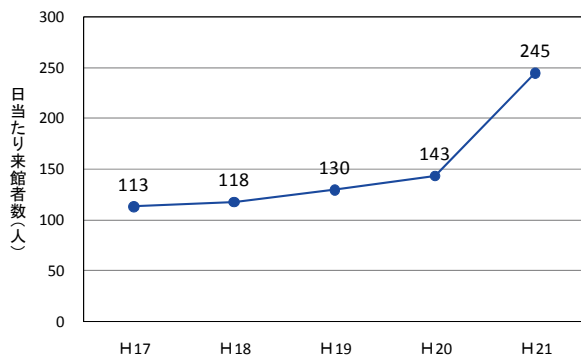


図2・4 来館者数の推移(1日当たり)

なお、表2・1は開館以来の年度別の来館者数、開館日数を示したものである。この表に見られるように、平成21年度には、開館日、来館者数が減少している。これは、平成21年度には、開館が土曜日、日曜日、祝日、ならびに春休み、夏休み、冬休み期間に限られることとなったためである。ここでは、こうした事実を記すにとどめる。

表2・1 年度別来館者数・開館日数

年度	来館者数	開館日数
H17	32,169	284
H18	33,410	284
H19	39,509	305
H20	43,759	305
H21	34,984	143

3. 来館者に対するアンケート調査

3.1 アンケート調査の目的

前述したとおり、筆者らは、開館当初より体験館の業務として、解説プログラムや水質実験、木曾三川の流域情報などの紹介を行ってきた。

その間、アンケートなどを通じて、来館者からは専門性の高い設備や用語、解説プログラムに対し、「展示物や映像を見ても専門用語が多く、意味がわからない」、「展示パネルは難しい、文字も小さく見づらい」、「館内の設備、展示物が子供向けでない」、「実際に体験できるものがない」等の声が寄せられていたことから、解りやすい解説の仕方や手作りパネルの作成など、来館者のニーズに合わせ常に工夫・蓄積をしてきた。

そのようななか、「平成20年度水辺共生体験館企画及び河川環境の知識普及業務」において、あらためてアンケートを実施し、とりまとめを行うこととなった。そこで、来館者から寄せられた意見や要望等を把握・分析し、体験館の展示やイベントに関するこれまでの蓄積にさらなる工夫を加え、当館の展示、企画、また河川環境に関する知識の普及に資することとした。

なお、本論文では、上述した平成20年度(平成20年4月26日から平成21年3月31日)のアンケートに加え、検討結果を評価するための平成21年度実施(平成21年4月1日から平成22年3月31日)のもの、併せて2度のアンケートをとりあげている。

本章では、まず平成20年度のアンケート結果を示す。実際には多くの項目について調査を行ったが、ここでは、以下の論議に重要あるいは必要な事項についてのみ記すことにする。

3.2 来館者の概要

1) 来館回数

来館者の来館回数は、「初めて」が約70%を占め、リピーターの割合は約30%である。

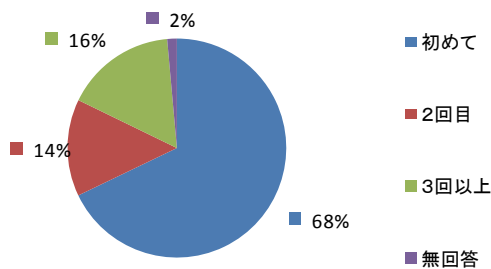


図3-1 来館回数 (n=1697)

2) 来館人数

来館人数は、3人以上が約80%となっており、その多くは休日に子供を同伴して訪れた家族連れとなっている。

また2人との答えの約20%は、平日に訪れた高齢の来館者である。

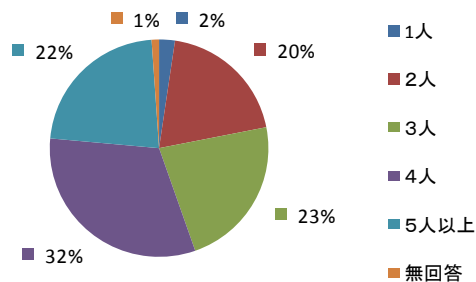


図3-2 来館人数 (n=1697)

3) 子どもの学年

来館する家族連れに同伴する子供の学年は、未就学児が最も多く37%、次いで小学校1~4年生がそれぞれ10%前後、小学校5~6年生、中学生以上がそれぞれ6%前後となっている。

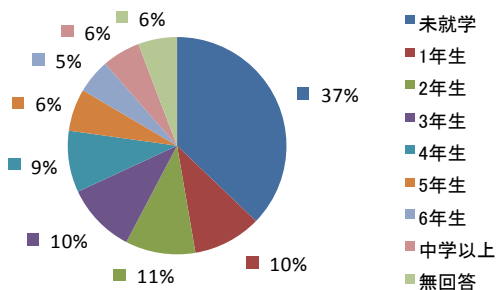


図3-3 子どもの学年 (n=2448)

4) 体験館を何で知ったか

もともと体験館を知っていた来館者は、知人を通じて知ったが8%、雑誌等で知ったが6%、HPを見たが5%であ

り、全体の約20%となっている。残りの約80%の人は、河川環境楽園に来園して初めて体験館を知ったことがわかる。

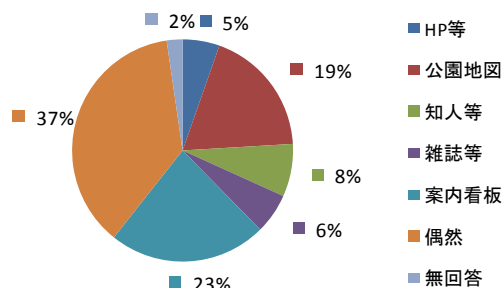


図3-4 体験館を何で知ったか (n=1697)

3.3 来館者の関心

1) 体験館に来館された目的は何か

来館の目的として、「川の環境について知りたいと思った」を挙げた来館者は8%で、「施設に興味を持った」来館者24%と合わせても約30%程度であり、来館者の多くは、実はもともとは目的意識を持たないまま来館していたことがわかる。

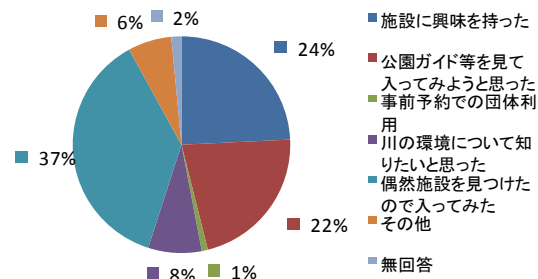


図3-5 来館された目的は何か(n=1727)

2) 川について知りたいことは何か

来館者の川に対する興味は、魚類関係24%、動植物関係18%となっており、「河川とその周辺に生息する生物」に対する割合が大きくなっている。続いて、川での保全活動やこれからの川づくりなど河川環境に関する事項が17%、水質やゴミ問題に関する事項が10%となっている。

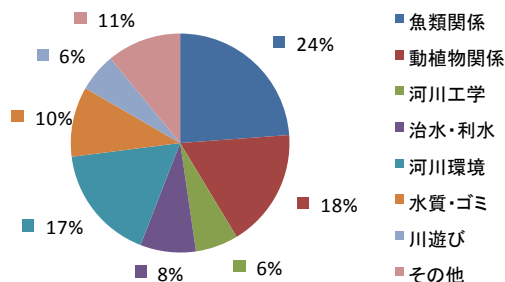


図3-6 川について知りたいことは何か (n=474)

3.4 来館者の意見

アンケートにあたって、来館者から体験館についての要望など、自由な意見を求めた。自由書き込み欄に記された意見は、多くの事柄にわたったが、それをまとめると以下のようなものである。

自由意見のうち、57%の内容は概ね「楽しかった。」、「勉強になりました。」などの好意的な感想となっているが、反面、残りの43%は指摘・要望事項であり、いわば体験館に対しての不満の現われであると考えられる。

その内訳をみると、設備の改善や新しい設備の導入など、施設改善に関するものが9%、子ども向けの展示・企画の充実を求めるもの及び広報促進がそれぞれ8%、指導員の行うプログラムの充実が3%、ソフトの内容の充実、イベント開催がそれぞれ3%の順となっている。

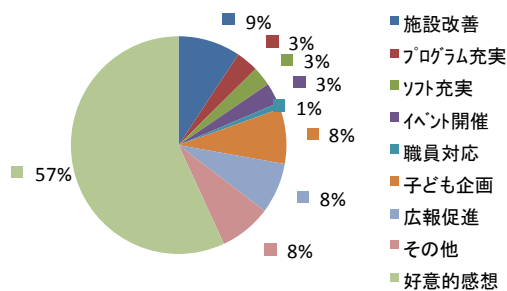


図3-7 来館者の意見 (n=450)

あげられた指摘・要望事項のうち、代表的なものを具体的に示したのが表3-1である。

表3-1 来館者からの具体的な意見

	指摘・要望事項
施設改善	・パネルが上のほうにありすぎて見えません。子供に体験させるのならば、もっと下にあると良いと思います。
	・上のパネルを見てクイズに答えるのをやろうとしたが、パネルが上の方にありすぎて子供が見にくいからいやだと言いました。もっと見やすい位置に変えてほしい。
	・コーナーの表示を明確にしてほしい(わかりにくい)。
	・水槽のある部屋に魚がいて楽しいから、魚を増やすともっと楽しくなると思う。
	・実際に触れるコーナーがあるとうれしいです。
	・施設の中に川を流して欲しいです。
	・もう少し壁がなく見通しがよいといふかな。
プログラム充実	・案内や実演の回数を増やしてほしい。
	・係の人に手軽に説明を聞く事が出来ればよいと思う。
	・“体験”館であって欲しいと思います。実感がともなう学習施設であって欲しいと思います。
	・体験して見て楽しめる実験のコーナーを増やした方がよいと思う。
ソフト充実	・展示物の内容をある程度の期間が経ったら変更するなどの工夫があった方がよいと思う。
	・模型に実際に水が流れていたり、手で触れられる展示があると面白い。
	・魚の生態に関するの映画が見たい！
	・もっと触れることのできる展示があるとよいです。
	・何か工夫して展示を増やしてほしい。
イベント開催	・模型も良いが、気候が良い時は水に入って川をつくる、斜台に土をこねて蛇行した川をつくり上から水を流して川の流れが変わっていく体験コーナーなど、土・水とたわむれるコーナーやイベントがあると面白いと思う。
	・子供と一緒に体験できるものがあるとよいと思います。
	・野外体験イベントがあると子供も楽しく学べると思います。
	・もっと体験できるものがあつたらなお楽しいと思う。
	・いろいろ勉強になりました。気楽に参加できるイベントを企画していただくと嬉しいです。
職員対応	・スタッフの方が少ないと思う。
	・分かりやすい施設だけれど、パネルなどの読み物が多く、生に質問できると身になる学習になると思いました。
	・解説の回数を増やしてほしいです。

子ども企画	・環境楽園に来る子供の年齢層に合わせた設定(もっと子供に分かりやすいように)にしたらよいと思います。
	・小さい子供も興味を持てるように低い位置にも展示してほしい。(低い位置に水辺生き物の写真を展示するとか)
	・対象年齢がいくつくらいの子供なのか?クイズも子供には難しすぎる。
	・小学校低学年にも分かりやすい展示の工夫をすといと思いました。
	・子供が遊びながら何かが出来(体験)といいと思う。
	・もっと低学年向けにした方がよい。
	・小さな子供でも参加できる施設を増やしてほしい
	・子供達にもう少しきょう味がもてそうな風にしてほしい
広報促進	・このようにすばらしい施設があるのだから、もっとPRしたらと思う。
	・何度か公園に来たことがあったが、この施設は知らなかった。もっと入り口等で宣伝したほうが良いと思います。
	・外から見ただけでは何の施設か分かりにくい。
	・メインの会場や水族館から離れていてわかりにくい。今回も本当に偶然見かけたので入りました。
	・新聞、ちらし、ポスター、本などもっとPRすると良いと思う。大人も子供も知ることが勉強だと思った。
	・これだけの施設なので、もっとPRするといいい。
・興味深いイベントもいろいろあるようですが、宣伝が足りないようで皆知らないみたいです。	

3.5 まとめ

以上、アンケートの結果とその整理を通じて、体験館の来館者については、以下のような特性があることが知られた。

1) 来館者の特徴

来館者の約80%は、子供を連れた家族連れ(ファミリー層)であり、その子供の年齢は、未就学児から小学校低学年児(3年生未満)が約70%を占めている。

この傾向は、河川環境楽園内の他の施設(自然発見館、世界淡水魚園水族館)でも同様である。

また、元々体験館を知っていた来館者は約20%であり、残りの約80%は河川環境楽園に来園してから体験館を知った来館者である。来館回数については、約70%が初めて訪れた来館者となっている。

2) 来館者の関心

来館された目的を見ると、「川の環境について知りたいと思った」と答えたのは約10%に過ぎず、ほとんどの来館者は目的意識を持ち合わせずに来館されている。しかし、来館後の興味を見ると、魚類や動植物といった「河川とその周辺に生息する生物」の割合が多く、次いで環境や水質・ゴミなどの「河川の環境問題」となっている。

3) 来館者の意見

来館者から寄せられた意見としては、同伴した子供への対応に関する意見が多く、読みやすく見やすい展示や、解りやすく気軽に参加できるプログラムを望む意見が多い。また、実際に手に触れられるもの、体験できるイベント等の要望も挙げられている。

4. ニーズに沿った学習手法の検討及び実施

4.1 プログラムの企画方針

今回のとりまとめ以前においては、来館者と接する中であげられた質問や要望、または従前のアンケート等により、随時プログラムの内容を検討し実施してきたが、全ての来館者に対して、明確なコンセプトは打ち立てられてはいなかった。

しかし、今回のアンケートのとりまとめ、とりわけ自由意見にあげられた指摘・要望事項に着目し、来館者のニーズに沿った結果、プログラムについてより深い検討を重ねることができた。その検討を通じて、「来館者に対して意識し、かつ教育プログラムの企画にあたって検討すべき事項」として、以下の事項に焦点を合わせることにした。

①河川への導入の場作り

来館者の多くは、目的意識を持ち合わせず、偶然立ち寄った家族連れであり、同伴の子供の年齢も低いことから、「初めて河川に触れる子供たちが、河川に目を向けるきっかけ作り」に重点を置く。特に、子供の年齢に対応できる点にも注目する。

②河川に生息する生物へのアプローチ

子供たちは、魚類や動植物など、河川とその周辺に生息する生物への関心が強いことから、体験館の目的も加味して「木曾三川に生息する生物(外来生物)」に因んだ題材とする。

③手作りのハンズオンツール

来館時に各個人が気軽に取り組むことができるものとし、子供たちにも親しみやすくわかりやすいように、イラストや安易な表現を用いる。

④感覚にうったえる手法

子供たちの感覚にうたえられるよう、図鑑で調べる、道具（ツール）を使う、容易な作品を作るといった要素、また自分自身で行う喜びを盛り込む。

⑤プログラムの分類・整理

プログラムの提供手法を、来館者自らが取り組む「セルフプログラム」と、指導員が実施する「体験プログラム」に分類し整理する。

<セルフプログラム>

来館者自らが、館内の解説パネルを閲覧したり、ハンズオンツールなどに触れることにより、河川環境への関心を育むものとする。

<体験プログラム>

体験館指導員が館内で実施する解説や実験などのプログラムにより、河川環境に関する知識や情報を提供するものとする。

4.2 新規プログラムの企画・実施

上に述べたプログラムの企画方針に則り、どのような企画、プログラムを開発、工夫すべきかの検討を繰り返し、数多くのプログラムを準備することができた。

ここでは紙面の都合もあって、それらのうちいくつかの例を紹介する。

1) セルフプログラム

①河川環境クイズ（全館にて）

河川の環境に関心を向けるきっかけ作りとして、館内の設備や展示物等を回りながら回答を得ることができるクイズを作成した。

リピーターに対するマンネリ化を防ぐため、随時クイズ内容を更新するとともに、幅広い年齢層に楽しく取り組んでもらうために、クイズ内容を「上級」、「中級」、「初級」に分類したことから、約20種類のクイズメニューとなった。また、裏面にはクイズのヒントや豆知識等を記載した。

難易度別に整理したことから、不特定多数の来館者が取

り組み、また親子で館内の図鑑などを用いて解答を探す姿が見られている。



図4-1 河川環境クイズ（初級）表面

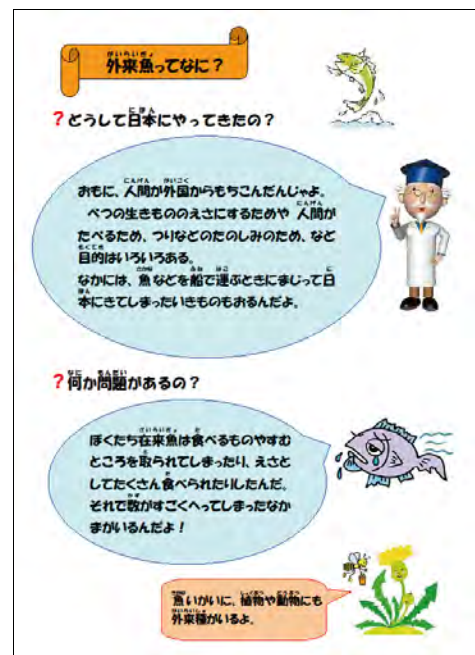


図4-2 河川環境クイズ（初級）裏面

②木曽川にすむ魚（ワークショップエリアにて）

来館者から質問の多い「川にはどんな魚がいるのか」に対応するため、ホワイトボード面を利用し、子供たちが遊びながら学べるように、木曽三川に生息する魚を型取ったマグネットシートを作成した。

この魚型マグネットは、上流、中流、下流・河口のそれ

それぞれにどんな魚が生息しているかを知ってもらうツールで、子供たちが親しみやすいようイラストを作成し、魚類の大きさや体色など視覚にアピールするとともに、手にとって動かすことができるものとした。

作成当初は単に並べて貼るだけとしていたが、川の雰囲気を出すために流程ごとの石の大きさシート、PP製のヒモを利用し、川の流れをイメージさせるものとしている。

また、別途実施する外来種クイズと連動させるため、魚型シートに在来種と外来種を区別するシールを施し、外来種クイズのヒントとなるよう工夫を施した。

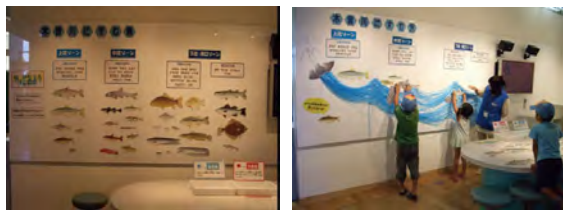


写真4・1 木曽川にすむ魚

③展示解説 川のQ&A (ワークショップエリアにて)

来館者から寄せられた河川に関する質問への回答として、ホワイトボードと前面の机を利用した「川のQ&Aコーナー」を設置した。

ホワイトボード面については、漢字にはふりがなを付ける、またイラストを用いるなど、子供たちにも読みやすいよう、手書きで書き込みを行ったほか、ハンズオンツールとして図に示すような〇×クイズを作成した。

川のQ&Aは、当初コピー出力をパウチしただけの簡易な装丁で館内に掲出していたが、閲覧率は低かった。ホワイトボード面に表記し、読みやすい工夫をしたことから、来館者の中には、メモを取る姿も見られるようになった。



写真4・2 展示解説 川のQ&A

④展示ツール 川はどうしてよごれるの

(ワークショップエリアにて)

河川水の汚れについては、来館者から河川環境について知りたいこととして挙げられており、「水質パックテスト」等を通じて、生活排水と河川水の汚れの関係について対話方式で解説を行ってきた。

水質パックテストの測定項目としては、COD、窒素(アンモニア、亜硝酸、硝酸)、燐を取り上げてきたが、用語が専門的であり、口頭の解説だけでは子供たちにはなかなか理解が得られなかった。

そこで、河川における有機物と微生物及び酸素の関係、また窒素分の酸化による変化について、子供たちにも解りやすいよう、イラストを用いた解説ツールを作成し、水質パックテストの実施時に利用したところ、関心が向けられるようになっていく。



写真4・3 展示解説 川はどうしてよごれるの

⑤ハンズオンツール 川のパズル

(情報ライブラリースクエアにて)

特に小さな子供たちが手に取って遊ぶことができ、同時に溪畔林や瀬・淵、石の大きさ、生息する魚類など、河川環境を知ることができるツールとして、川のパズル(マグネット式)を作成した。

これは、川のイラストの上に、河川環境の特徴である溪畔林、ヨシ原、瀬や淵、岩や砂、魚類を張り付けて河川の upstream から downstream を形づくるものである。

手軽に取り組むことができるよう、手書きのイラストによりパーツを作成するとともに、マグネットで簡易に取り外しができるようにしたことで、小さな子供たちの利用頻度が高いツールとなっている。



写真4-4 川のパスル

2) 体験プログラム

①ザリガニ観察とストロー工作 (随時実施)

私たちの身近に生息している「アメリカザリガニ」を題材として、生き物を観察し体の特徴を捉えた上で、その特徴をストロー工作で表すプログラムを企画した。

アメリカザリガニは子供たちに人気があり、関心も高い。手足の数や雌雄の見分け方、口の位置など、観察による外部形態の特徴に加え、飼育の仕方などを解説している。

観察後は市販のストローを用いて、触角や手足の本数、尾羽の形状などに気をつけるよう指導しながら、ザリガニを形作っていく。

このプログラムでは、参加者の年齢や要望を考慮しながら、オプションメニューとして「ザリガニクイズ」や「ザリガニのエサやり」、「ザリガニの解剖」を実施している。

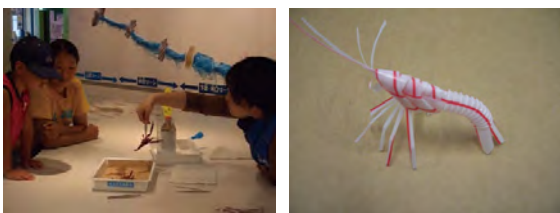


写真4-5 ザリガニ観察とストロー工作

②プロジェクトWETアクティビティ (随時実施)

プロジェクトWETは、「水や水資源に対する認識・知識・理解を深め責任感を促すことを目標として開発された「水」に関する教育プログラム」であり、子供たち自身がアクティビティを実践しながら、水そのものや、その大切さや重要性を考え、学ぶことができるものである。

ここでは、91あるアクティビティのうち、数種類実施し

たうえで、比較的子供たちの反応が良かった「驚異の旅」、「大海の一滴」を随時実施している。



「驚異の旅」



「大海の一滴」

写真4-6 プロジェクトWETアクティビティ

※WET：Water Education for Teachersの略

※WETアクティビティ：WETに基づく子供たちへの活動

③川と水の体験教室 (H19.8.18,H20.8.9)

「ガサガサ調査とプロジェクトWET体験会」

このプログラムは、子供たちに前出のプロジェクトWETアクティビティを通して、水の大切さを学んでもらうとともに、河川で魚類を捕獲し観察することにより、魚類の特徴を知るプログラムとして企画した。

プロジェクトWET体験会では、「青い惑星」、「アクアボディ」など比較的低年齢層にわかりやすいアクティビティを選択・実施し、人間の体に含まれる水の割合、地球上の水循環、水の特性などを学んでもらった。



「青い惑星」



「アクアボディ」

写真4-7 プロジェクトWETアクティビティ

ガサガサ調査は、木曽川の北派川に当たる新境川で実施し、ヨシノボリ、カマツカ、オイカワ、ギギ、シマドジョウなど約10種類の魚類と、ヤゴやスジエビ、オタマジャクシなど数種類の水生生物を採集することができた。

採集した魚類と水生生物は体験館に持ち帰り、図鑑などを用いて遊泳魚、底生魚、水生生物に分類し観察会を行った。観察会においては、参加者自らが採集した魚類や水生生物について、特徴や取れた場所を発表する場を設けることにより、生き生きと発言する姿が見られた。

なお採集した水生生物は、生物保護の観点から、プログラム終了後に全て放流している。



写真4・8 ガサガサ調査と同定調査

④流木でアートしよう (H19.12.23,H20.12.7)

河川の自然環境を知るプログラムとして、近傍の河川やダム湖で採取した流木を用いた流木クラフト教室を企画した。

ここでは、まず河川における土砂災害の状況、流木による被害をパネル等により紹介するとともに、流木クラフトは、資源の有効な利用方法の1つであることを説明した。

クラフトの土台となる流木は、木曽川上流河川事務所の援助を受け入手したが、飾りに使用する小枝や木の葉、木の実、石などは、参加者自らが公園内の河川敷や河畔林から採集した。

なお完成した作品には、個々がそれぞれにタイトルをつけて写真撮影し、流木の紹介パネルとともに作品展として、情報ライブラリースクエアに掲出した。



写真4・9 流木でアートしよう

⑤魚のモビールを作ってみよう (H20.8.13,H21.8.19)

子供たちの関心が高い魚類について、指導員の解説と魚のクラフトにより、魚類の特徴を学習するプログラムとして、魚のモビール作りを企画した。

このプログラムでは、導入としてパワーポイントや解説シートを用いて、魚類の生息域による区分について解説を行い、魚種によりその生活段階において様々な場所で生活することを学んでもらうものとした。

解説後に取り組みモビール作りは、あらかじめイラスト

レーターにより作成した木曽三川に生息する魚類の台紙に、参加者自らが図鑑等を見ながら着色し、作成していく。

なお、低年齢児向けとして、着色済みの台紙をも別途用意した。

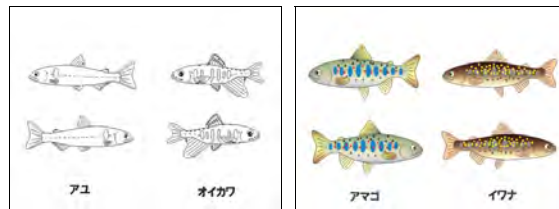


図4・3 魚のモビールの台紙

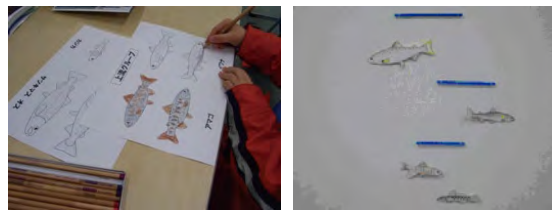


写真4・10 魚のモビール

⑥「エコ実験」ろ過装置を作ろう (H21.3.14)

河川の水の汚れの原因を知り、その汚れをきれいにする方法を知るきっかけ作りとして、自然材料を用いた手作りのろ過装置による水質実験を企画した。

導入として、浄水場を例にあげて、河川の水を私達が使用できるようにする過程において、ろ過が行なわれていることを紹介した。

ろ過装置の作成に当たって、本体にはペットボトルを利用し、ろ材とする砂や小石、小枝や木の葉は参加者自らが思い思いの材料を園内で採集し、ろ過装置を完成させた。

試験水には採水した泥水を使用した。やはり自然の材料では初めから思い通りにはろ過できなかったが、指導員がろ材を入れる順番、ろ材の量(厚み)を変えることをアドバイスし、試行錯誤することによって、目に見て透明なる過水を作り出すことができた。

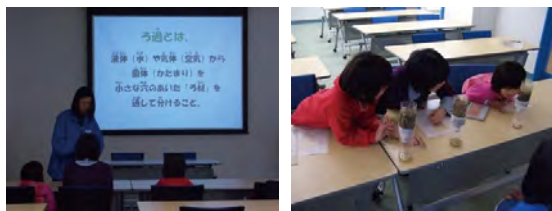


写真4・11 「エコ実験」ろ過装置を作ろう

4.3 まとめ

アンケート調査により把握した来館者のニーズを基に、プログラムを分類整理し、特に「初めて河川に触れる子供たちにも関心のある魚類や動植物を題材とし、気軽に参加させることにより、河川の環境に目を向けさせていくプログラム」となるよう努めた。

セルフプログラムは、初めて来館した子供たちでも気軽に手に取って参加できる内容としており、それぞれの興味や滞在時間に合わせて取り組む姿が見られることから、河川環境に関心を向けさせるきっかけ作りになっているものと考えられる。特に河川環境クイズは、体験館で発信している様々な情報に触れる機会を作るよう、館内の解説パネル、掲出物などを見ることにより解答が得られる仕組みとした。

体験プログラムでは、指導員の解説を聞くだけでなく、参加者が考え、また実際に手を動かす内容としたことから、「また参加したい。」、「他のプログラムにも参加してみたい。」などの声が聞かれており、河川環境に目を向けさせる効果が得られていると考えられる。ただし、館内のオープンスペースで実施するプログラムについては、「途中から参加することができない。」、また「不特定多数の参加者に対し、対象年齢をどこにおくか。」等の課題も挙げられている。

5. 来館者からの反応

ここでは、前章で検討・企画・実施をした初心者向けのプログラムの効果について、上記の平成20年度のアンケートと、その翌年平成21年度のアンケートの結果を比較・分析・検証する事により評価する。

5.1 アンケート結果の比較・検証

1) 来館回数

来館回数を比較すると、「初めて」の割合が68%から61%と7%減少し、2回目・3回以上、すなわちリピーターの割合が併せて30%から38%と8%増加している。

この8%の増加割合の内、7%は3回以上との回答を得ており、リピート率が高まっている事が伺える。

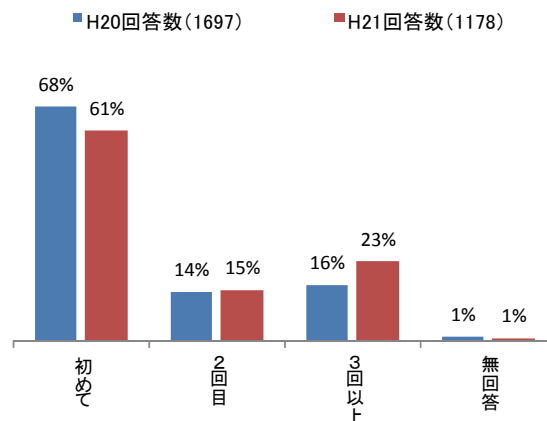


図5-1 来館回数

2) 来館目的

来館目的の比較において、「偶然施設を見つけた」、「公園ガイド等を見て入ってみようと思った」の割合がそれぞれ1%、5%減少し、「施設に興味を持った」が24%から27%へと3%の増加、「川の環境について知りたいと思った」が8%から10%へと2%の増加となっており、わずかなではあるが、目的意識を持った来館者が増加していることがわかる。

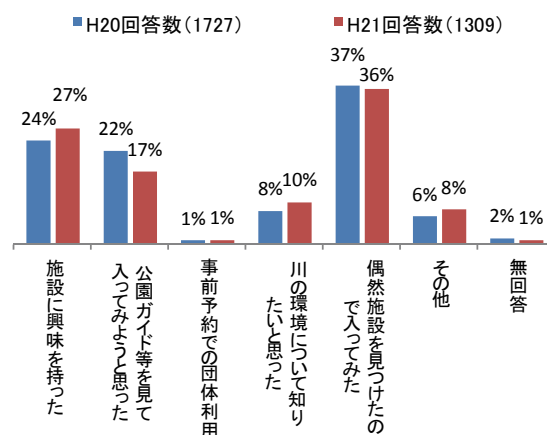


図5-2 来館目的

3) 学習施設の理解度

学習施設の理解度を見ると、「難しい」との回答が減少し、「理解しやすい」が81%から87%へと6%増加しており、「わかりやすいプログラム作り」の効果が得られている。

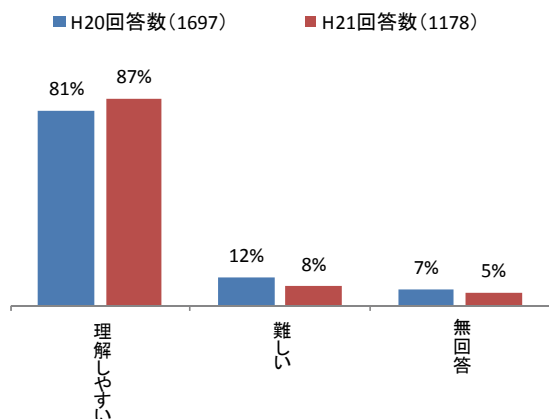


図5・3 学習施設の理解度

4) 来館者からの意見

体験館についての意見を見ると、「子ども向け企画を増やしてほしいとの意見」は8%から5%へと3%の減少、「イベント開催を求める意見」は3%から2%へと1%ながら減少しており、子供向けプログラムや体験イベント等を充実させた効果が表れている。

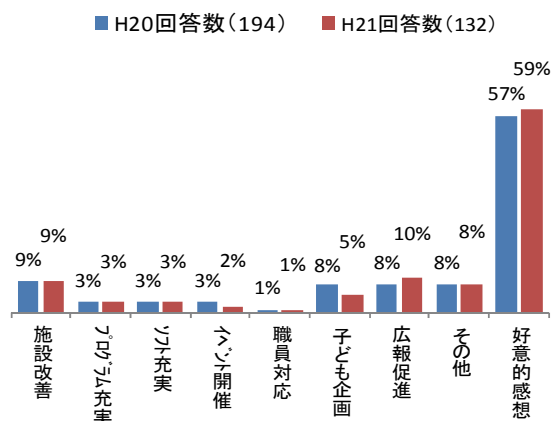


図5・4 来館者からの意見

5.2 まとめ

2度のアンケートの結果を比較・検証した結果から、「新規プログラムの企画・実施」により得られた効果は、以下の通りである。

1) 来館回数に見られる「リピーターの増加」

子供にも分かりやすく、気軽に参加できるプログラム内容とした結果、河川環境楽園を訪れた際に来館される機会が多くなったものと考えられる。

2) 来館目的における「目的意識を持った来館者の増加」

来館者に関心のある内容を中心にプログラム作りを進めた結果、河川環境についての意識が生まれ、来館される方が増えたものと考えられる。

3) 学習施設について「理解しやすいの増加」

親しみやすくわかりやすいように、イラストをつけたりやさしい表現を用いる、また振り仮名をつけるなどの工夫をした結果、特に子供たちにとって、学習施設の理解度が上がったものと考えられる。

4) 来館者からの意見

「子ども企画」、「イベント開催」を増やして欲しいという意見が減少したのは、特に子供にも分かりやすいプログラムや自然に触れることができる体験イベントを実施した結果であると感じられる。

5) アンケート調査とは別に、体験館指導員が来館者と直接対応するなかで感じたところを列記すると、

- ① クラフト教室や生物を題材としたプログラムは非常に好評であり、プログラム参加者数が増加している。
- ② 展示物やプログラムについて、子供にも理解できるように対応したことで、来館者の理解度が上がり、川のごく基本的な質問から、やや専門的な質問へと変わった。
また、親がハンズオンツールなどを使って、子供に説明する姿が多く見られるようになった。
- ③ 河川環境クイズや手作りツールに取り組んでおり、また手書きの解説表示に関心を持って見ていただいているため、館内での滞在時間が長くなっている。

5.3 得られた効果

平成20年度アンケートのとりまとめを基に、平成21年度は来館者に対してのプログラム提供手法を整理し、また新規プログラムを企画・実施する努力を続けてきた。その結果、前述したように、外見上はわずかな変化ではあるとはいえ、いくつかの点で良い結果を導いていることを示してきた。

しかし、ここでとくに注目したい事柄は、下図に示される点に現れている。すなわち、既に表2・1に示した通り、開館日数が半減し、年総来館者数も大幅に減少したにも拘らず、プログラム参加者数が大きく増加している点である。

これまでは来館しても、スタッフが実施するプログラムに関心が低かった来館者（特に年少者）が足を止めてプログラムに参加するようになったことである。このことは、この度の検討・工夫が、「初めて河川に触れる子供たちなどとの接触の仕方、言い換えれば河川環境に関心を向けさせるきっかけ」を与えることができた、1つの査証であると言ってよいであろう。

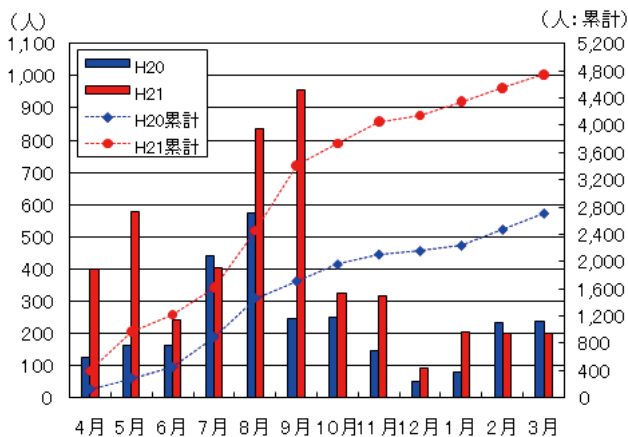


図5-5 プログラム参加者数の推移

6. あとがき

本論では、体験館における、特に子供に焦点を当てた河川環境教育の取り組みとその効果について述べてきた。

筆者らは、平成17年度の開館以来、来館者と接する中で試行錯誤を繰り返しつつ教育プログラムを準備してきた。その数は現在50を超す種類に及んでいる。河川環境教育に当たっては、こうしたプログラムの開発といった作業ひとつひとつはきわめて地味なものではあるが、担当者が常に新しいニーズを意識し、相互に研鑽し、多くの分野の方々とも連携しつつ、教育内容の蓄積とその改良を続けることが重要であると思われる。そうした蓄積があるからこそ、来館者の多様な年齢、要望に合わせ、効果的に河川環境に目を向けさせるきっかけ作りの場も提供できるものと考えている。

河川環境の教育といえ、その実施に当たっては、きわめて多様な側面、視点がある。体験館では、本論で取り上げた点とは別に、表6・1に示すように、より広い分野でも、NPO団体や河川環境楽園内の環境教育ネットワーク（河川環境楽園において、環境教育を実施する施設で構

成）とも連携し、専門家・研究者など多くの人材を相互に利活用することにより、協働プログラムの企画・実施、学校団体等への環境教育など、幅広いニーズへの対応にも参画している。

今後、いろいろな立場の人々の協働を通じて、河川環境教育が大きな広がりを持って行くことを望んでいる。

表6-1 連携プログラムの例

プログラム名	連携機関
冬鳥かんさつ隊	NPO法人生態教育センター
木曾川水園調査隊	国営木曾三川公園 自然発見館
川とかっぱの探検ツアー	国営木曾三川公園 自然発見館 アクアワールド水郷パークセンター
ワンド探検隊	河川環境楽園環境教育ネットワーク
川は友だち・エコツアー	河川環境楽園環境教育ネットワーク
夏休み企画 川の楽校	河川環境楽園環境教育ネットワーク

謝辞

本論は、国土交通省中部地方整備局木曾川上流河川事務所から(財)河川環境管理財団に委託された業務の一環として、同事務所河川環境課の指導のもと実施してきたものであり、実施に当たっては貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

木曾川上流河川事務所(2009) 平成20年度水辺共生体験館企画及び河川環境の知識普及業務報告書

3. 流域管理システムの構築

1) 現場における効果的・効率的な 河川維持管理手法の検討

鈴木 克尚**・吉田 高樹**・郡司 篤***

1. はじめに

河川の特徴は、自然現象として台風等による洪水が生起し、逆に少雨の時は渇水が生起することであり、また、河川環境、河川水面・空間の利用という機能を備えていることである。

そのため、流域住民が安全で安心して暮らしを営むことができる社会の実現に向け、有史以来、特に明治以降の近代改修において、治水事業と称して様々な事業展開が行われてきた。さらに戦後、社会・経済の発展に伴う水需要の増加に対する水資源開発や自然環境への関心への高まりに対する河川環境の保全・再生等、治水のみならず利水、河川環境へのストックが為されてきた。

上記のような河川の特徴、改修事業等の経緯より、河川管理においては、これら洪水・渇水・河川環境・水面および空間の利用などに対する河川管理施設を適切に管理していくことが求められている。

一方、近年においては温暖化に伴う集中豪雨や局地的大雨、降雪の減少など洪水、渇水へのリスクが高まっている。また、多くの河川管理施設が戦後、特に高度成長期以降大量に整備され、築造後 30～50 年が経過し、施設の機能維持あるいは保全、更新などに迫られている状況にあり、河川維持管理の重要性が高まってきた。

こういった状況において、近年、集中豪雨や台風による

浸水被害が相次ぎ、特に平成 16 年においては各地で破堤氾濫が生じた。そのため、社会資本整備審議会河川分科会に「安全・安心が持続可能な河川のあり方検討委員会」が設置され、平成 18 年に「安全・安心が持続可能な河川管理のあり方」が提言された。これを受け、平成 19 年に「効果的・効率的な河川の維持管理の実施について」が河川局長通達としてなされ、各河川で概ね 5 年間に実施する具体的な維持管理の内容を定めた「河川維持管理計画」を策定することとなった。

しかし、策定された「河川維持管理計画」においては、河川維持管理の目標の設定、河川維持管理項目の実施（河川の状態を把握するために必要な項目、維持管理目標を満足するために実施すべき項目）などを記載することとなっているが、例えば現状での現場での維持管理行為との整合が図られていない例や目標設定における水準などが明確となっていないなど、実際の運用にあたっての課題が多い。

以上のことを踏まえ、本検討では現場の河川維持管理の実態やデータ取得の方法等を念頭に置き、サイクル型維持管理のシステムを効果的・効率的に運用するための現場における維持管理の検討を行った。

2. 現状でのサイクル型河川維持管理の問題点・課題

現在の「河川維持管理計画」における問題点、課題

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部研究員

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部長

*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部次長

は前述のとおり、現場の実状を踏まえたものとなっていないことが挙げられるが、その他にも社会を取り巻く情勢の変化やサイクル型維持管理を運用するにあたってのシステムの不備等も挙げられる。

これら事柄を以下に示す。

2.1 社会情勢の変化

長引く不況や社会構造の変化により、社会資本整備への投資額が減少してきていることから、河川維持管理関連への予算が大幅に削減されるとともに、河川維持管理を担う人員も削減されている。そのため、現在の現場（出張所）の人員体制では、多岐にわたる河川の維持管理を充分に行うことができない状況にある。

さらに、担当職員が定期的に異動するため、河川の維持管理に係わる技術の継承が困難な状況であることから、現場（出張所）で求められている河川維持管理の全てを実行することが困難な状況にある。

2.2 維持管理計画と現場での維持管理との不整合

現在の「河川維持管理計画」は、調査・計画の視点に立った維持管理の実施内容となっており、現場での実際に実施している維持管理（河川巡視、点検等）の内容・実態を十分に踏まえたものとなっていない。

記載されている内容は、河川整備基本方針もしくは河川整備計画を策定するのと同程度の調査・検討内容が示されており、財政状況の厳しい現状において、これら全てを実施するのは困難である。

2.3 システムの不備

現在、河川維持管理の実施にあたっては、管理者による状況確認や修繕・更新あるいは是正するための堤防巡視、施設点検、河道状況等の調査が行われている。これら河川維持管理の現場での実施にあたっては、その都度、状況および情勢のなかでの判断に基づいて行われているのが実態であり、体系的なデータの取得や蓄積したデータの評価が的確に行われていない。

3. 現場でのサイクル型維持管理手法の提案

前述した問題点・課題を改善するための「現場でのサイクル型維持管理手法」を検討するにあたっての着眼点は、以下のとおりである。

財政難や人員不足に対応するためには、より効率的・効果的な河川維持管理を実施することが必要である。また、現場での実情に合わせた河川維持管理とするためには、現場での河川維持管理の方法、すなわち河川巡視を基本とする必要がある。さらに、システムチックに運用するためには情報取得、評価方法を簡潔簡明にする必要がある。

3.1 現場での維持管理の考え方

効果的・効率的な河川維持管理を実施するためには、現場での巡視情報、定期的な縦横断測量などデータの蓄積・更新、評価・対策のサイクル型のシステムを確実に運用していくことが必要である。

また、サイクル型の維持管理を実施するには、現場での巡視（監視）情報を過去からのストックデータ等との比較、施設の性能規定（規格）との比較によって、修繕・改修等の有無が判断できるものとし、判断目安（管理目標値）以上の変化・変状が確認された場合は、現場での事象を正確に把握するための測量及び調査・検討等を行い、その結果、要対策・要保全・要監視の判断をしていく2段階方式とすることが効果的・効率的な実施にあたって、より有効となる。

なお、要保全は、平成20年度より実施された「災害対策の拡充制度」であり、直轄管理河川において堤防や護岸等の被災には至っていないが、破堤等のおそれがある深掘れや土砂堆積箇所について、次期出水での甚大な被害発生の予防対策を災害復旧事業で実施可能とするものである。

以下、図3・1に示すようなサイクル型維持管理の体系に基づき、各プロセスの具体的な内容を示す。

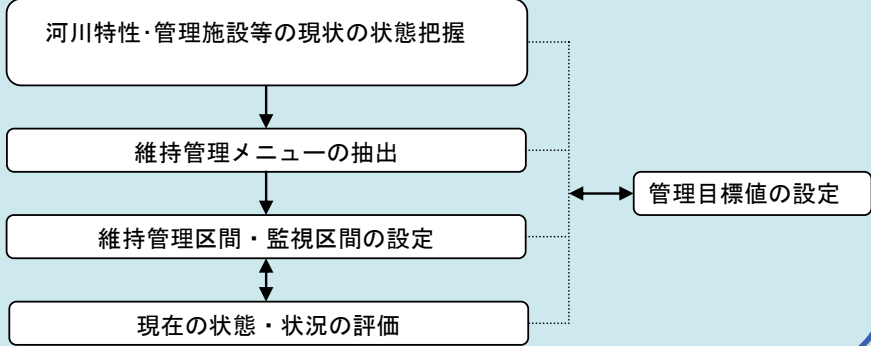
3.2 効率的・効果的な河川維持管理を実施する方法

3.2.1 河川維持管理計画を実施するための事前検討

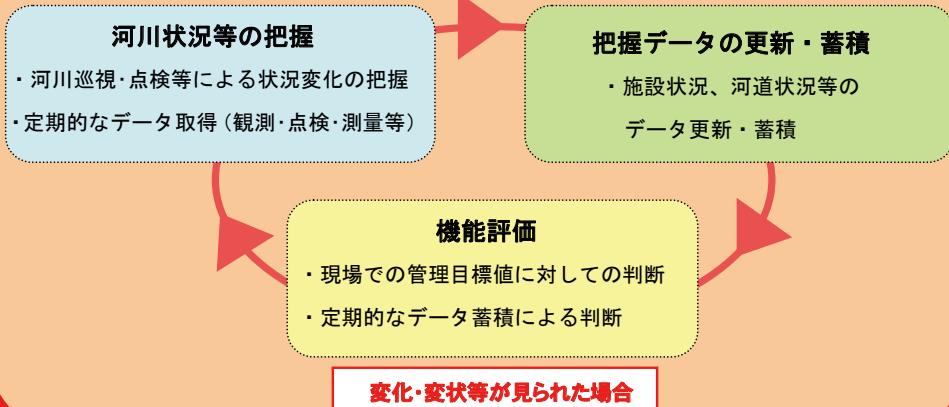
河川維持管理の実施を行う前に、河川維持管理を行うべき項目および区間の重点化を行うことが効率的・効果的な河川維持管理につながる。そのため、事前に

現場における維持管理計画の概念

1. 各河川における現状把握（維持管理計画実施の事前整理・検討）



2. 維持管理計画の実施（サイクル型維持管理の実施）



3. 対策及び詳細検討・機能評価

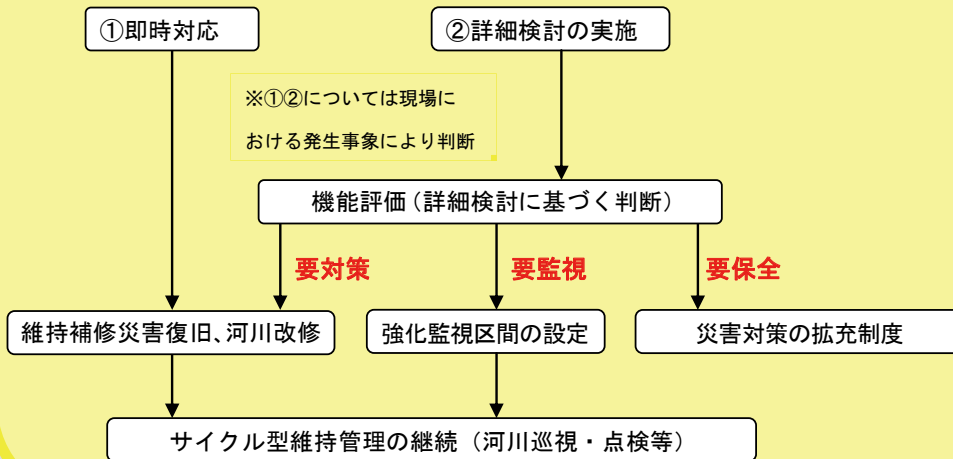


図 3・1 サイクル型河川維持管理計画の概念図

優先して実施すべき維持管理項目、重点管理区間の設定を行っておく。

(1) 河川特性等の現状把握

重点管理区間の設定を行うためには、河川の現状を把握する必要があることから、河川特性に関するデータの整理を行う。データの整理にあたっては、実管理における利用のし易さ、分かり易さを念頭に体系的な編集を行うことが有効である。

なお、河川特性に関するデータは、表3・1のように（山本ら（2007））情報のレベルに応じて編集する。河川横断測量結果や水文観測データ等の河川・流域に関する基礎資料は、加工することにより意味付けられ高度なものとなり、河道管理に役立つ情報となっていく。

評価や対策の必要性の有無の判断、今後の河道形態の予測などの各管理行為の目的・視点に合致するように、各種情報を時間軸、空間軸、その複合で重ね合わせ加工することが肝要となる（2次情報の作成）。

表3・1 情報の階層

情報レベル	情報の定義
基礎資料	測量、観測、調査されたままのデータ
加工資料	基礎情報を評価目的に合わせて意味ある形に加工編集された情報。評価するための情報
評価結果	河川管理における判断行為のために、より高度化された情報

(2) 優先課題、重点管理区間の設定

現況河道特性、河道特性の変化を踏まえ、優先課題および重点管理区間を抽出する。抽出にあたっては、(1)の河川特性等の現状把握で述べた情報をもとに、平面・縦横断形状などの河道特性、被災特性や築堤履歴、護岸設置状況などの工事履歴などを踏まえて設定する。

3.2.3 サイクル型維持管理計画の実施

(1) 維持管理（河川巡視等）の実施

本検討においては、現場における河川維持管理に重点を置いているため、河川維持管理の実施は河川巡視

による状況の把握を基本とする。したがって、実施体制としては、現場（出張所）が主体となり河川巡視員等によって状況を把握することとなる。

状況の把握の段階では、より容易にかつ安価にデータ取得および評価が可能となる実施内容とすることが重要である。また、実施・頻度は必要最低限とすることが重要である。併せて定期的に行う調査項目・調査方法およびデータ取得方法との関連性を明確にしておくが重要である。

(2) データの更新・蓄積

データの更新・蓄積を行う上では、従来の河川カルテのような膨大なものではなく、必要最小限のデータ整理を行うものとし、維持管理（状況の把握）の結果をワープロソフトもしくは表計算ソフトにより記録に残し、前回データとの比較が容易に行えるものとする。ことがサイクル型河川維持管理を確実に運用していく上で重要となる。

さらに、定期的な測量・各種航空写真・ボーリング調査・維持管理に関わる各種調査検討資料等のデータ取得と関連性を考慮の上、併せて更新・蓄積していく仕組みを構築していくことも重要となる。

(3) 機能評価

本検討におけるサイクル型河川維持管理計画は、現場での巡視行為が基本として考えている。そのため、河川巡視員等が維持管理の対象となる施設（事案）を現地での管理目標との差異が明確となる判断目安（閾値）を明示する必要がある。

管理目標（＝判断目安（閾値））は、現場で判断可能なものとするため、より簡便な指標であることが重要である。

なお、管理目標（＝判断目安（閾値））は、現場での運用を行っていき、現場での適用性を踏まえて適宜見直しを行っていくことが重要である。

3.3 変状が確認された場合の機能評価

評価の段階で判断目安（閾値）以上の変状が認められた場合、維持管理項目に応じて、即時対応するもの、詳細検討を行うものに区分される。

詳細検討を行う場合、詳細検討を行った結果にもとづいて補修・改修を実施するか、経過観察を行っていくかの判断を行う。なお、詳細検討の内容や判断基準を事前に明確にしておくことが重要である。

4. 維持管理の実施内容例

現場でのサイクル型維持管理の実施内容例として、ここでは、治水＝施設における維持管理のうち、堤防管理と河岸管理の2例について示す。

より効率的・効果的に維持管理を行うための新たな手法、3. で示した現場でのサイクル型維持管理の考え方に基づいた運用方法について示す。

4.1 堤防管理

4.1.1 堤防管理の課題

堤防の維持管理の実施内容は、堤防天端のクラック・轍・陥没、堤防法面の亀裂・法崩れの有無、堤防のハラミ、すべりなどを把握し、問題があれば速やかに補修していくことである。

堤防天端のクラック・轍・陥没、堤防法面の亀裂・陥没・法崩れの有無は、目視点検により把握可能であるが、堤防のハラミ、すべりなどの事象を目視で点検することは困難である。そのため、堤防の高さ、もしくは法面の変位状況を把握することとなるが、堤防は長い区間を連続して築造されているため、縦断的に全ての状況を把握することは困難である。

従来、堤防天端高に対しては、定期横断測量ごとに変位量を把握しており、法面のはらみ等は目視によって点検してきた。ここ数年は、レーザープロファイラーのデータによって縦断的な点検が可能となってきたが、頻繁にデータ取得を行っているわけではなく、高価なものである。

したがって、安価で縦断的な把握が行える手法を検討した。

4.1.2 効率的・効果的な堤防高、法面変位状況の把握方法

4.1.1 で示した堤防管理における課題に対して、本

検討では GPS を用いて縦断的に測量を行うことを試みた。

GPS を用いて縦断的に測量するためには、GPS を車載して測量することが有効であると考えられるが、その測量精度は未知数であるため、GPS を車載し縦断測量の精度を検証した。

GPS の車載による測量方法は、図 4・1 に示すように座標既知点である任意の距離標に固定局を設置し、車両に搭載した移動局で計測を実施した。移動局による堤防天端の計測箇所は、左岸側天端法肩 1m 以内を目安に計測を実施した。また、移動局の観測間隔は 1 秒とし、移動速度は、2m/sec 程度で実施した。なお、通常、単独測位型で用いる際には、観測時間 12 秒で記録するが、観測間隔を 1 秒でデータを取得するよう変更した。

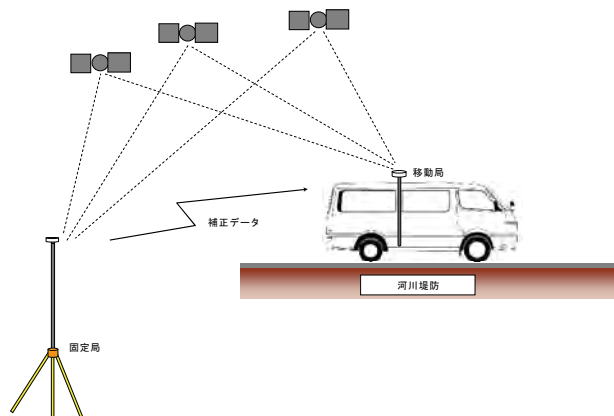


図 4・1 GPS 車載による測量概要図

本検討においては、測量精度を把握するため、往復（折り返し運転）の測量を行った。



写真 4・1 GPS の車載設置状況



写真4・2 GPS 車載による堤防高計測の様子

測量試験結果は、図4・2のとおりである。往路の観測開始からの数百 m 間の未舗装区間については、舗装部分に比べると天端高が低く、細かく変化していることが確認される。これは、未舗装により表面の凹凸等で車両が上下したためと考えられる。

往路と復路で重複する区間の測量誤差は、最大で6cm程度であり、概ね3cm以内であることが確認された。以上より、GPS の車載による長距離縦断測量の有用性が示された。また、GPS の車載による縦断測量の費用は、直接水準法による測量の約 2/3 程度であり、かつ測定密度の高度化を図ることができ、費用面等からも有用性が高い。

4.1.3 サイクル型維持管理への適用

(1) 実施主体

GPS の車載による堤防天端高の把握は、巡視レベル

で十分に実施可能であることから、巡視員等により実施するものとする。

頻度・時期は、通常時は年1回（出水期前）で十分であるが、出水および地震後などの事象発生後にも点検を行う必要がある。

出水後において対象とする出水規模は、過去の被災状況や築堤履歴（土質構造）を考慮の上、適切な規模を設定する。地震についても同様に、過去の災状況を参考に設定する。

なお、実施にあたっては、事前に重点的に管理すべき区間を明確にしておくことが、効果的・効率的な管理につながるが、堤防の損傷管理において重点的に管理すべき区間は、以下に該当する区間である。

- ・過去に破堤、法崩れ、漏水などの事象が発生した区間。
- ・旧川跡、基盤上に軟弱層や盛土箇所、砂質層などを持つ区間。
- ・橋梁、固定堰などの横断工作物周辺の区間。
- ・樋管・樋門などの工作物の周辺。
- ・日常的に湿潤状態にあり、飽和状態の箇所。

ただし、災害復旧事業等で対策を行った区間や漏水護岸のある区間は、監視頻度などを下げること考えられる（ただし、漏水護岸のある区間は護岸（遮水シート等）の健全性を確認しておく必要がある）。

(2) データ蓄積方法

堤防高および法面の測量結果は、表計算ソフト等によって縦断図を作成し、記録に残す。縦断図は短期的

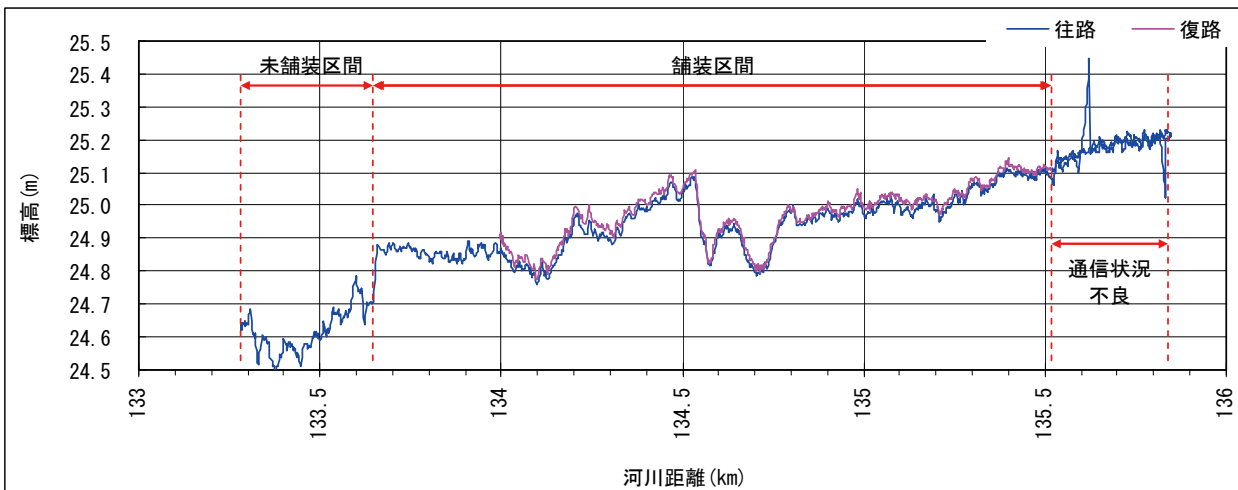


図4・2 GPS 車載測量による天端高測量結果

な変位量および長期的な変位量を把握するため、概ね5カ年程度の各年の測量結果の重ね合わせの短期的変位量の把握図、5年ピッチ程度の測量結果の重ね合わせの長期的変位量の把握図を作成する。

データを記録に整理した後、前回計測結果からの変位量を算出し、(3)の判断目安値との比較を行う。

(3) 現場での判断目安 (=管理目標値)

堤防高については、堤防の安全性に支障が来す程度の沈下量とし、短期的な変状を対象とする。管理目標値としての沈下量は、堤防幅が計画堤防幅に比べ狭い場合のスライドダウン堤防高を評価する考え方や余盛高の考え方等を参考に設定する。

(4) 変状が確認された場合の詳細な検討内容

堤防高の変位については、当該地点の測量を実施し、周辺の現況の堤防形状を正確に把握する。

法面の変位については、必要に応じてボーリング調査等を実施し、堤体の土層構造やN値を把握することや堤防の締固め程度を把握する。また、堤体の安定計算、浸透流解析等を実施することも考えられる。

これら詳細な検討を行い、検討結果に基づいて維持補修・災害復旧・改修もしくはモニタリングなどによる経過観察（維持管理の継続）あるいは予防対策を実施するなどのいずれかを判断する。

4.2 河岸管理

4.2.1 河岸侵食管理の課題

河岸（天然河岸）を維持管理していく上では、河岸侵食発生後の規模等を把握し、必要に応じて対策していくことが重要である。河岸侵食の規模の把握は、測量が為されている箇所であれば従前との比較により侵食幅等の把握が可能であるが、測量がなされていない区間においては、侵食幅等の把握が困難である。

上記の問題は、測量のピッチを密にすれば解消可能であるが、長区間の測量ピッチを密にすることは非効率である。

したがって、簡易で効率的に河岸侵食の規模を把握する手法を検討した。

4.2.2 効率的・効果的な河岸侵食の把握方法

4.2.1で示した河岸侵食の把握における課題に対して、本検討では現地において確認可能であり、かつ簡易な以下の方法を提案する。

河岸侵食の規模等を把握するため、図4・3に示すような堤防防護ライン上および河岸付近（河岸から5m以内の適当な箇所）に2系列に目標杭を設置し、巡視時に目標杭を含めた写真撮影等を行い、目標杭の流出状況を把握する。

また、一般的に河岸侵食は、セグメント1区間のような扇状地河川区間での発生が高い。扇状地河川においては、砂州が形成されており、洪水時土砂・砂州が動くことにより深掘が進行し河岸侵食が発生するが多い。そのため、砂州の状況を把握することも必要となる。砂州の状況を把握するためには、当該地点の直上流の砂州の形状を定点からの写真撮影によりその十分に状況を把握することが可能であると考えられる。

砂州の状況を監視する上では、以下の点に着目することとなる。

- ・砂州、ミオ筋、水衝部の位置は変化しているか。
- ・砂州の面積は広がっているか。
- ・砂州の高さは高くなっているか。
- ・地被状況は変化しているか。

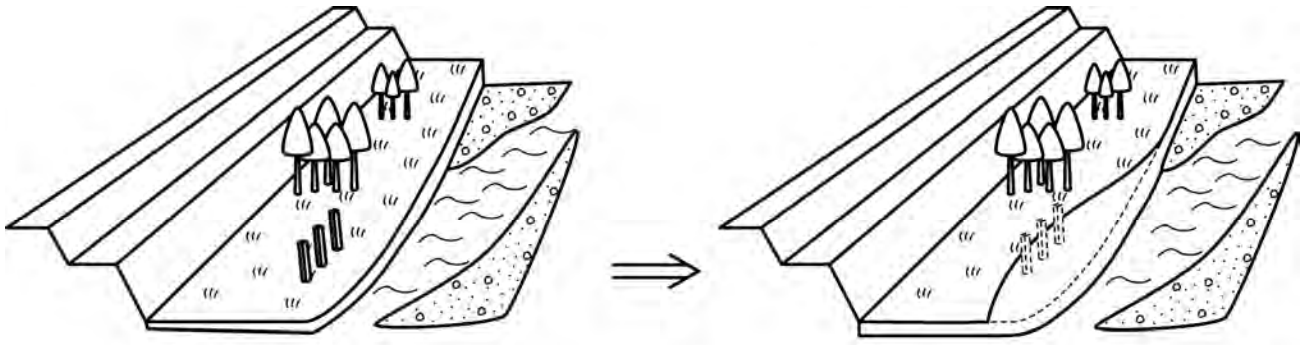


写真4・3 砂州の監視のポイント

4.2.3 サイクル型維持管理への適用

(1) 実施主体

当該維持管理項目における監視内容は、巡視で十分に実施可能であることから、巡視員等により実施する



側方侵食の発生により目標杭が消失

図4・3 河岸侵食の監視イメージ図

ものとする。

頻度・時期は、通常時は年1回（出水期前）で十分であるが、出水後などの事象発生後に点検を行うものとする。

出水後において対象とする出水規模は、過去の被災状況や河床の縦断勾配、平面形状や横断形状を考慮の上、適切な規模を設定する。

なお、実施にあたっては、事前に重点的に管理すべき区間を明確にしておくことが、効果的・効率的な管理につながるが、河岸侵食管理において重点的に管理すべき区間は、以下に該当する区間である。

- ・低水路幅が上下流に比べ狭い地点の直下流。
- ・低水路幅が広く、中州が固定化している区間の直下流。
- ・湾曲している区間。

(2) データ蓄積方法

砂州の形状について、写真撮影結果をワード等のワープロソフトを用いて、前回撮影結果との重ね合わせ

として記録に残すものとする。記録様式を定めておくことが望ましい。

(3) 現場での判断目安（＝管理目標値）

河岸侵食の発生に対して、護岸設置等の対策を行うか、もしくは経過観察を行うかの判断目安の設定を行う。判断目安値は、過去における被災実績等を考慮の上、管理目標値として適切な侵食幅を設定する。

砂州形状の変化は、砂州の移動が深掘状況等の変化を及ぼすことから、ミオ筋に変化があった場合とする。

(4) 変状が確認された場合の詳細な検討内容

当該地点の測量を実施し、侵食後の状況を把握する。次に河道特性や平面形状から次の洪水における側方侵食の可能性や侵食幅等を検討する。側方侵食の可能性や侵食幅等は、過去の実績で、側方侵食が発生した区間の河道特性および平面形状等を把握しておくことが検討時において重要である。

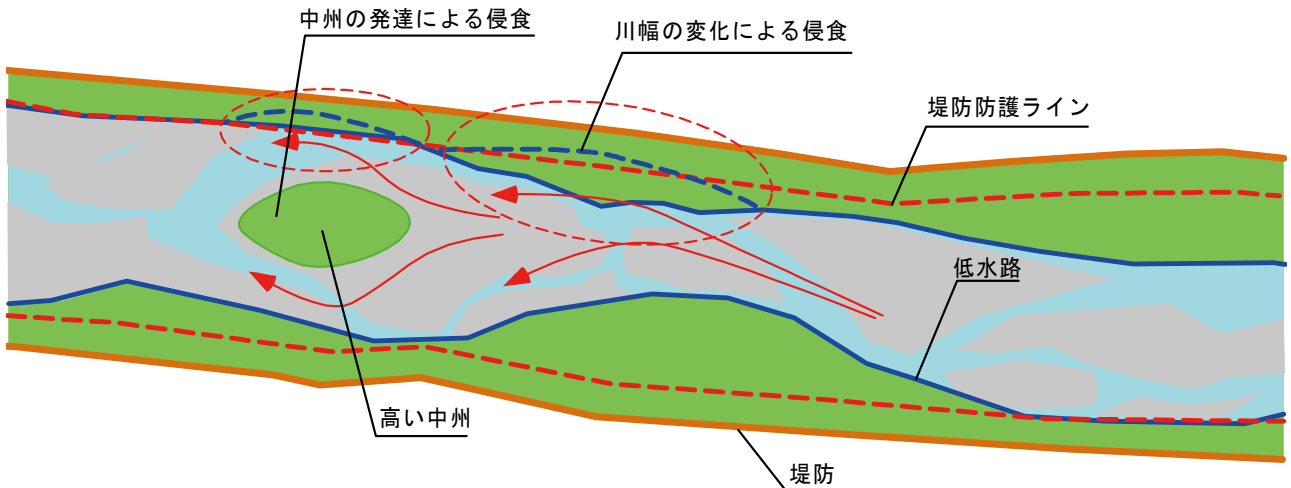


図4・3 河岸侵食発生重点監視（モニタリング）区間の選定箇所イメージ

これら詳細な検討を行い、検討結果に基づいて維持補修・災害復旧・改修もしくはモニタリングなどによる経過観察（維持管理の継続）あるいは予防対策を実施するなどのいずれかを判断する。

6. 今後の課題

本研究において、効果的・効率的に維持管理を実施するために、従来のサイクル型河川維持管理方法に加えて、現場で実施を念頭に置いた容易かつ安価な状況把握方法および管理目標を明確にした2段階方式のサイクル型維持管理を検討した。

しかし、今後、より実効性の高い維持管理を実施する上で以下の事柄について更なる研究・検討が必要であると考えられる。

6.1 現場での維持管理の試行

より効果的・効率的に維持管理を実施するための現場での維持管理を研究したが、今後、実際の現場で試行を行い、現場での適用性など内容のブラッシュアップを行っていくこととともに、より現実的で現場に則した管理目標（判断目安）の見直しを図っていくことが必要である。

6.2 維持管理結果の評価手法および評価基準の検討

維持管理項目によっては、管理目標（判断目安）の設定にあたっては、詳細な検討（例えば水理解析モデルによるシミュレーション）を行い、設定値の確度向上を図っていくこと重要である。

さらに、管理目標（判断目安）以上の変状が確認された場合の詳細な検討についても、より適切な評価手法および評価基準およびその仕組みを検討することが必要である。また、データの蓄積方法についてもより確実に効率的に行える方法を精査することが必要である。

謝辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所委託業務の一環として実施されたものである。

本研究を実施するにあたり、利根川上流河川事務所の方々には、貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 山本晃一・戸谷英雄・阿左美敏和（2007）河道維持管理システムに関する検討. 河川環境総合研究所報告資料 18 : pp. 101～116

2) 人為的インパクトにより河道が遷移しつつある 河川の河道整備のあり方について

— 神流川をケーススタディとして —

山本 嘉昭*・鈴木 克尚**・江幡 禎則***

1. はじめに

1.1 研究の背景

河道形態は、流水とその作用によって生ずる土砂の移動の他、洪水調節施設の建設、各種の取水や河道内の工事、砂利採取等の人為的要因により絶えず変化してきており、それに追従して河川的环境も日々その姿を変えている。

洪水調節施設の築造等により上流からの供給土砂量や洪水流量が減少し、河道掘削がなされた扇状地河川では、河道の複断面化が生じ、低水路幅の減少、滯筋の固定化、砂州の固定化（島状地形の発生）、河道内の樹林化など、河道管理上の課題が顕在化している。

本研究は、ダムの築造により洪水流量が小さくなった神流川を対象に、外来種であるハリエンジュが繁茂した河川の河道整備のあり方について提案する。

1.2 研究の目的と研究内容

本研究の目的は、自然の営力である「洪水」と「河道修正」を適切に組み合わせることにより、外来種による樹林化を抑制し、神流川の治水上の安全性を向上させる河道管理方策を提案することである。

研究内容は、まず、流域・河川に加えた人為的イン

パクトと神流川の河道特性・植生繁茂状況の時間的・空間的変遷の関係を整理することにより、河道内の樹林化の形成プロセスを明らかにし、次に、この分析結果を基に今後の神流川の河道変化の方向を読みとり、河道の維持管理コストが低減でき、かつ治水安全度を向上させる樹林伐採計画の検討を行うものである。

2. 神流川の概要

2.1 流域の概要

神流川は、利根川の支川であり、その源を群馬県多野郡上野村浜平にある三国山の西側に発し、標高1,000～1,500mの多野山地へ曲がりくねりながら流下している流路延長87.4kmの河川である。流域面積は407km²で、そのうち約380km²が山地部である。

鬼石より上流はV字谷を成し、谷底平野は狭小である。神流川合口堰付近から下流は、やや開析された扇状地を形成しており、この扇状地の各所では湧水が見られる。

神流川流域は、中央構造線を跨いだ流域となっている。流域の地質は、白亜紀に堆積した古い地質である。

河床勾配は比較的急であり、直轄管理区間の勾配は、1/215～1/340の急流河川である（図2・2）。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部主任研究員

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部研究員

*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 企画調整部次長



図 2・1 神流川流域図

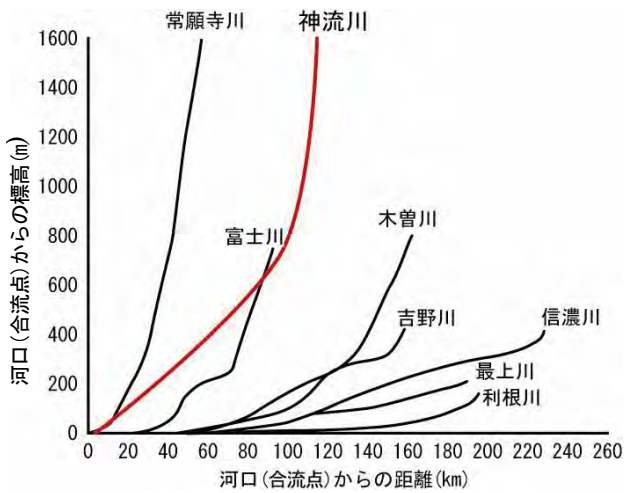


図 2・2 神流川と著名河川の縦断勾配の比較

2.2 改修の経緯

神流川では、昭和 8 年より第一次改修として改修工事が開始された。第一次改修は、築堤および河道掘削が行われ、昭和 37 年度に完了した。

その後、昭和 43 年に下久保ダムが完成し、河床低下防止を目的とした床止めが 3 基設置された。

この間、昭和 38 年～昭和 55 年の 18 年間に於いて砂利採取が行われ、約 3,600 千 m³ が採取された。図 2・3 に 1.2km 間隔毎の砂利採取量および砂利採取量の経年変化を示す。

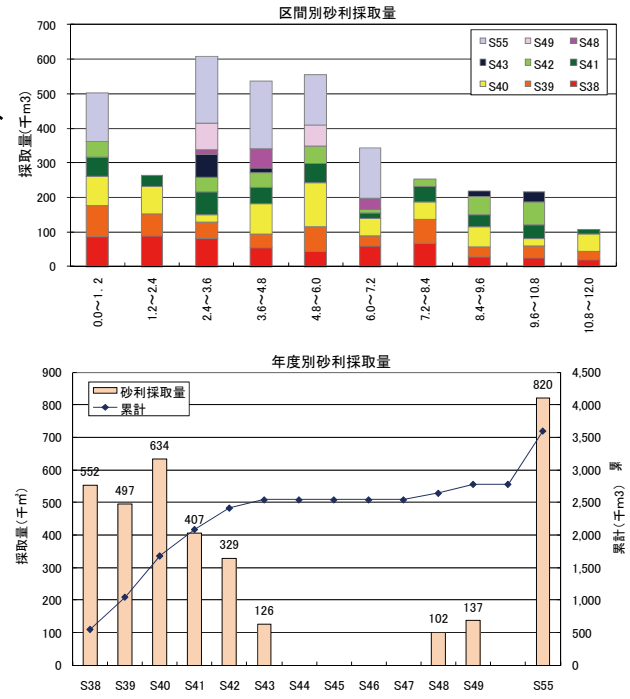


図 2・3 神流川における砂利採取量

2.3 河道特性

対象区間 (0km～11.6km) は、セグメント 1 に属しているが、9.8km 付近を境に河道特性が異なる。

9.8km より上流区間は、下久保ダム建設による土砂供給量の減少等によって河床のアーミングが進行しており、川幅が狭く穿入河道的な特性を持つ。河床勾配は、9.8km より上流区間は 1/340 であり、下流区間は 1/215 である。

堤防は下久保ダム建設前に築堤されたものであり、図 2・4 に示すように堤間幅は広大である。現在の低水路幅は、下久保ダムによる洪水流量の減少および河床掘削の影響を受けて大幅に減少しており、堤間幅に比べて狭小となっている。

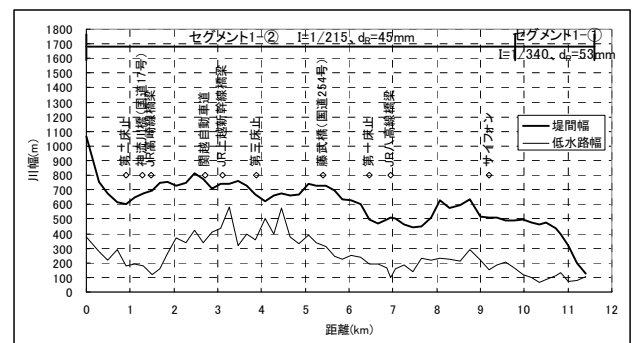


図 2・4 堤間幅、低水路幅縦断図

※上図の低水路幅は、中水敷部も含めて評価した

このように堤間幅が広く、河積が十分に確保されていることから、現況流下能力は計画流量 1,800m³/s を全川で上回っており、量的な治水安全度は非常に高い河川といえる。なお、下久保ダム（集水面積 323km²）の最大放流量は 800m³/s である。

神流川の河床材料調査は、至近年では昭和 58 年に実施された。この調査は、1km ピッチ毎に左岸、流水、右岸の 3 地点で行われたものである。河床材料の粒度分布を図 2・5 に示す。

7~20cm を大礫集団、1~7cm を中礫集団、1~10mm を小礫集団、0.2~1mm を中砂集団として、対象区間を評価すると、A 集団は小礫集団、中礫集団からなり、その割合は 45~90%程度である。また、C 集団は大礫集団、0~25%、B 集団は中砂集団、0~20%程度である。

※粒度分布図を参考に、河床材料の主モードである集団を A 集団、それよりも細かいものを B 集団、A 集団より粒径の大きいものを C 集団と呼ぶ。

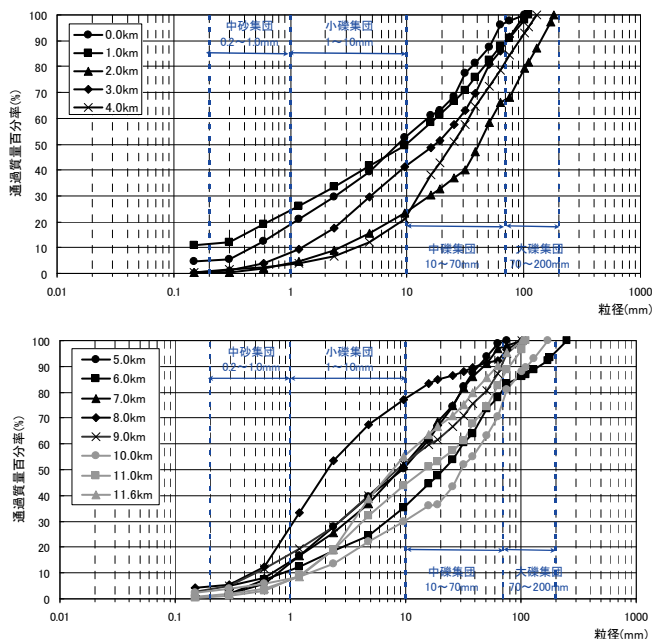


図 2・5 河床材料の粒度分布図（昭和 58 年）

3. 樹林化の要因分析と今後の河道変化分析

3.1 樹林面積の変化

図 3・1 に対象区間（0km~11.6km）における河川区域内の土地種別の経年変化を示す。昭和 22 年においては裸地の割合が多いが、昭和 30 年代後半~昭和 50 年

代半ばの砂利採取や下久保ダム建設による河道内の攪乱頻度の減少により、昭和 60 年においては 1/3 程度までに減少している。その後、裸地面積は減少を続けたが、平成 19 年の出水により河道の一部が裸地化し、その割合が増加した。

また、昭和 60 年頃から外来種であるハリエンジュを主体とする樹林の割合が増加し始めた。樹林面積は、昭和 60 年は約 10%であり、平成 19 年は出水で樹林の一部が流出し割合が減少したが、約 30%を占めている。

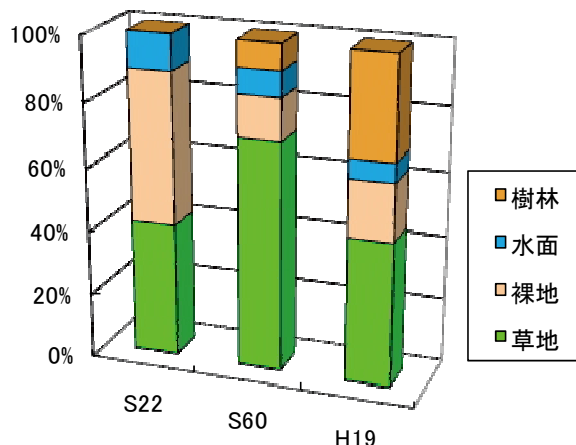


図 3・1 河川区域内の土地種別の経年変化 (0km~11.6km)

現在の河川区域内における樹林の河道内占有割合（1km 区間毎）は、図 3・2 のとおり 18~54%で、平均 33%と非常に高い割合となっている。

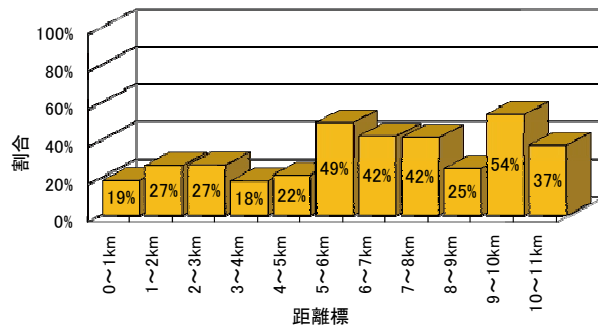


図 3・2 1km 区間における河道内樹林占有面積の割合

3.2 樹林化の要因分析

3.2.1 洪水外力の変化

昭和 43 年に下久保ダムが建設されたことで、河道に

加わる外力である平均年最大流量は、約 $630\text{m}^3/\text{s}$ から約 $340\text{m}^3/\text{s}$ までの約5割の減少となった。(図3・3)

なお、下久保ダム建設後に $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の洪水流量が見られるが、これはダム放流量 ($800\text{m}^3/\text{s}$) に加え、下流の残流域分の降雨が流れ込んだものである。

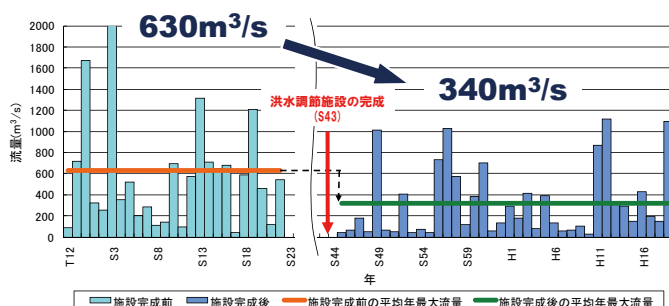


図3・3 年最大流量の経年変化

3.2.2 低水路幅の変化

昭和43年に下久保ダムが建設され、洪水流量が減少したことや、昭和40年代の河床掘削(砂利採取)により2m程度の河床低下が生じたことで、河道特性は変化し、低水路幅は縮小した。

図3・4に3.6kmにおける横断形の経年変化を示す。昭和22年には約500mあった低水路幅が昭和30年には約400mに、平成20年には約200mまでに減少した。

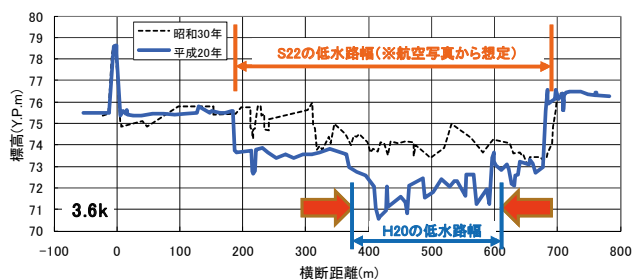


図3・4 低水路幅の変化 (3.6km)

3.2.3 砂州形状の変化

3.2.2の低水路幅の変化に伴い、砂州形状についても変化が生じた。滞筋の固定化や低水路幅の縮小が生じ、図3・5のとおり3.0km~4.0km付近では多列砂州から単列砂州へと砂州形状が変化してきている。

3.2.4 中州の発達

洪水流量の減少、低水路幅の減少、さらに砂州形状が多列砂州から単列砂州へ移行する過程において、一

部が中州として取り残されてしまっている。これは、昭和30年代までは洪水時に中州も含めて多列砂州の形状で変動していた砂州が、洪水流量の減少によって、多列砂州の形状で砂州を前進させることができなくなり、中州として取り残されたものである。

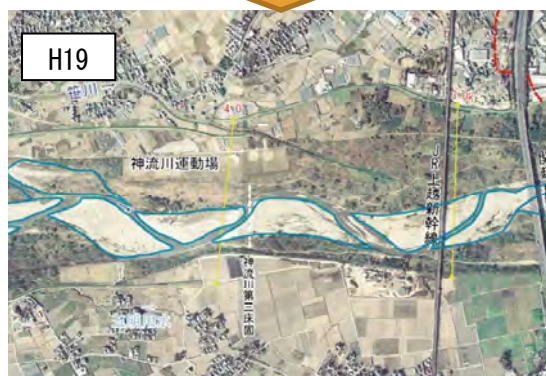
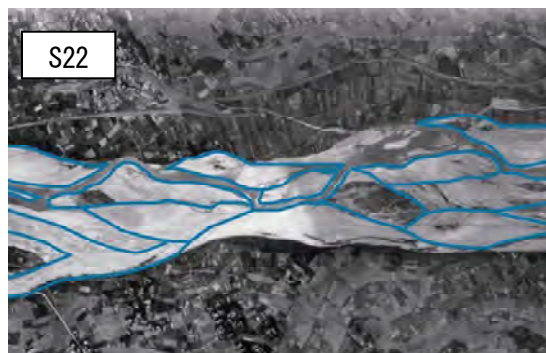


図3・5 砂州形状の変化 (3.0km~4.0km)

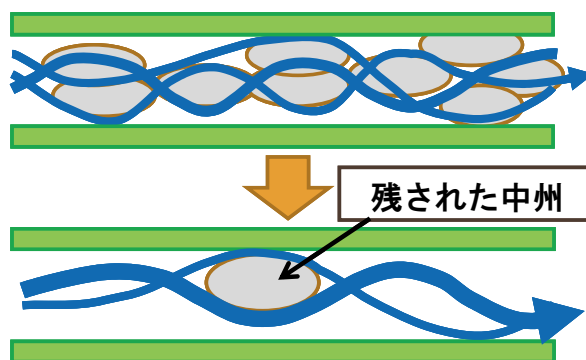


図3・6 砂州形状の変化による中州の形成 (5.2km 付近)

3.2.5 樹林化の形成要因分析

前述した事象を踏まえ、樹林化のプロセスを推察すると以下のとおりとなる。

- ①砂利採取による河道掘削
- ②洪水流量の減少
- ③低水路幅の減少，砂州形状の変化
- ④上流側からの表層河床材料の粗粒化
- ⑤河道の複断面化，中州の発生
- ⑥高水敷および中州の樹林化

3.3 今後の河道変化分析

神流川は洪水流量の減少に伴い、低水路幅の減少、砂州形状の変化、複断面化した高水敷の樹林化が生じている。これらの変化は今後も継続すると考えられ、低水路幅は減少した洪水流量に見合ったものとなり、低水路幅に応じた砂州形状は単列砂州になるものと想定される。現在、9.8kmより下流区間は3ヶ所の中州形成区間を除けば単列河道である。

例えば、2.0km～4.6km区間の低水路幅は110m程度であり、川幅水深比 B/H は概ね 100（単列砂州と複列砂州の境界領域）である。したがって、近い将来、低水路幅は100m程度の緩い単列砂州、蛇行河川となるものと推定される。

4. 樹林化による河道管理上の課題

樹林化による河道管理上の課題は、①中州の樹林化・固定化による洪水時の偏流発生、②澇筋沿いの河岸侵食の2点である。

なお、神流川は前述のとおり現況流下能力が大きく、樹林化による洪水疎通に対する悪影響は小さいことから、課題として流下能力の観点では除外して考えるものとした。

4.1 中州の樹林化・固定化による洪水時の偏流発生

中州の樹林化・固定化に伴い、洪水時の偏流発生による河岸侵食が懸念される。また、さらに島状地形の部分では、大洪水時に分岐水路となり、想定外の偏流

が生じることが懸念される。

これら河岸侵食は、侵食が進行すると最終的に堤防の安全性を脅かすこととなる。

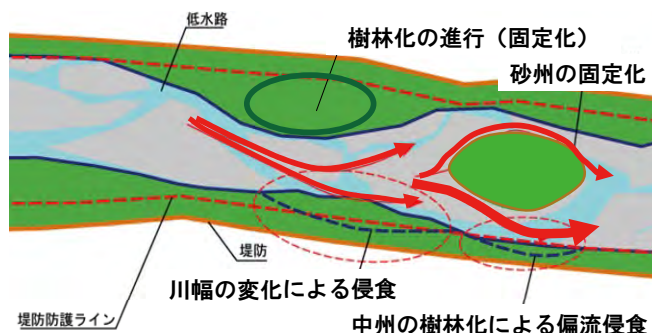


図4・1 中州による偏流および河岸侵食発生模式図

4.2 澇筋沿い河岸侵食

樹林化の進行により流路が固定化されることがある。図4・2に示すとおり、上流区間(9.4km～9.8km)においては堤間幅が狭いことから、堤防に接する区間で澇筋が固定化した場合、河岸もしくは堤防の侵食が懸念される。

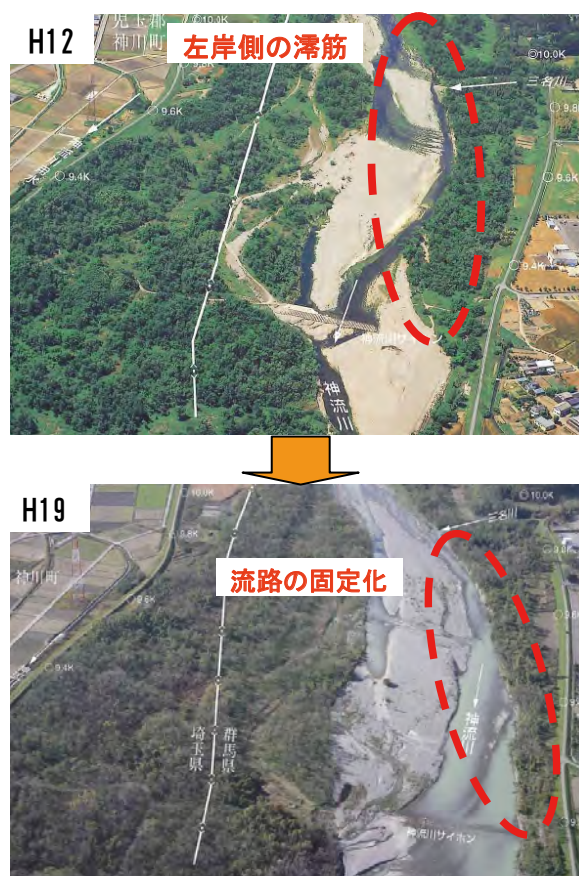


図4・2 平成19年の洪水による河岸侵食による高水敷幅の減少（上流区間 9.6km 付近）

5. 樹林伐採による河道管理

5.1 基本的な考え方

現在、神流川は外力である洪水流量が減少したことによって低水路幅が狭まり、多列砂州形状から単列砂州形状に移行する過渡期にあると考えられる。

したがって、以下の考え方に基づき、樹林伐採による河道管理を検討することとした。

- ①神流川の平均年最大流量規模に見合った単列砂州河道に誘導する（川がなりたがる姿に誘導する）
- ②中州が残されている区間を単列砂州河道に誘導する（河岸侵食位置の予見性の向上を図る）
- ③樹林化によって堤防際に固定化されている滞筋を是正する

これらの事柄について、以下に詳述する。

5.1.1 平均年最大流量規模に見合った単列砂州河道に誘導

山本（2010）によると、沖積河川における川幅は、代表粒径が同じであれば、概ね平均年最大流量と河床勾配の積に比例する（図5・1）。

河床勾配はほとんど変化しないことから、平均年最大流量が減少すれば、川幅も縮小することとなる。これらを基として神流川の今後の河道管理の方針として流量規模にあった低水路幅に誘導することとする。

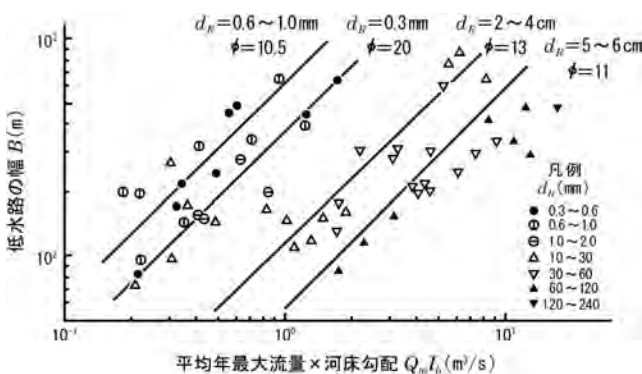


図5・1 日本の河川における低水路幅Bと $Q_m I_b$ の関係（山本, 2010）

d_R : 代表粒径, ϕ : 平均年最大流量時の流速係数

5.1.2 単列砂州河道の誘導

神流川には中州が残されている箇所があり、これが樹林化すると固定化され、さらに島状地形となる。神流川では平均年最大流量が減少していることから、中州をフラッシュするほどの流量（＝掃流力）が不足している。

しかしながら、現在も河床が移動している河川（平成19年出水で確認されている）であることから、神流川の今後の河道管理の方針としては、単列砂州が形成される程度の河道スケール（ $B/H < 100$ ）とすることで中州の固定化を抑制するのが適切な判断と考えられる。

なお、単列砂州河道においては、明確な水衝部が生じてしまうが、中州が存在する河道に比べて河岸侵食位置が予想しやすく、河道管理が容易となるため、この点も踏まえて単列砂州河道を目指すこととする。単列砂州河道における水衝部対策としては、河岸防護ラインを基準とし、必要に応じて護岸・水制等により対応していくものとする。

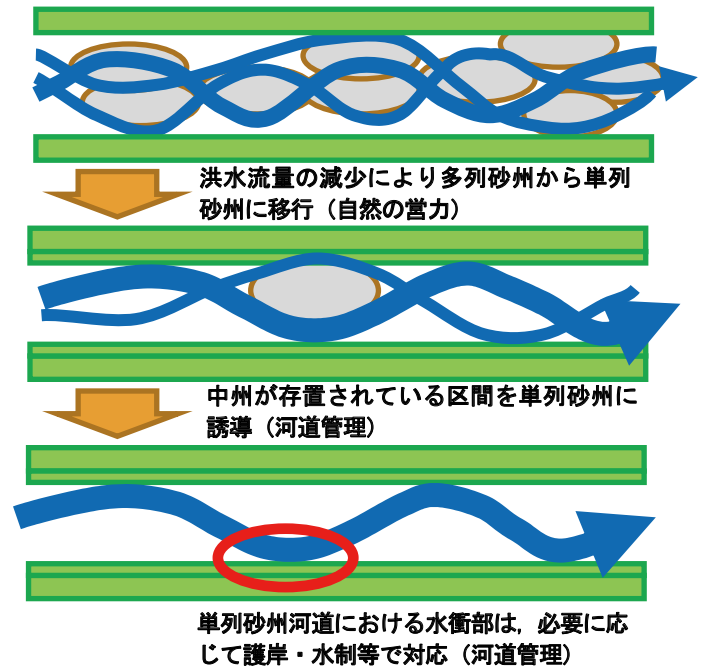


図5・2 神流川の河道変遷と河道管理の方向性模式図

5.2 樹林伐採箇所の選定

前述の河道管理の基本的な考え方に基づいて、樹林伐採の箇所を選定した。すなわち、中州上が樹林化している箇所（＝低水路内の樹林の発達による偏流防止）、

樹林化した砂州の影響で滯筋が河岸に寄っている箇所（＝低水路法線の是正）を選定した。

なお、9.8km より上流は、下久保ダムの建設等に伴う土砂供給量の減少により、アーマー化が進行しており、砂州が形成されない穿入河道であることから対象外とした。

表 5・1 に樹林伐採の対象箇所を示す。

表 5・1 樹林伐採の対象箇所一覧

対象区間	目的・位置づけ
5.0km～5.4km	低水路内の樹林の発達による偏流発生の防止
7.4km～8.0km	
8.0km～8.4km	
9.4km～9.8km	低水路法線の是正

5.3 樹林伐採等の方法

5.3.1 低水路内の樹林の発達による偏流発生の防止

1) 掘削幅

現状において単列砂州の形成されている場所（2.0km～4.6km 付近）の川幅は約 100～110m であり、水深は約 1.0～1.1m であり、川幅水深比 B/H は 100 程度である。これが現在の神流川において、単列砂州を形成する目安となる川幅と考えられる。

なお、平均年最大流量（およそ河岸満杯流量に相当）における B/H（川幅水深比）が 100 を超えると多列砂州が形成されることが知られている（山本，2010）。

既存の知見に対して単列砂州となるべき川幅としてはやや広いが、現状において単列砂州となっている川幅を重視し、110m を必要川幅として設定した。

なお、今後は河床材料の粗粒化が進行し、緩い蛇行河道となると推定されるため、川幅はこれより減少すると考えられる。

2) 掘削深

神流川では河積不足は生じていないため、深く掘削する必要はない。

掘削深さは、ハリエンジュの生態および攪乱の程度を考慮して設定した。

ハリエンジュの水平根からの再萌芽防止のためには、

伐採、抜根後に最低限 0.5m は表土を剥ぎとる必要がある。確実に除去するために、より深く掘削するとして 0.5～1m 程度が再萌芽防止の目安となる。

出水後に白州となっている箇所の高さは、出水時の攪乱により植生がなくなり、砂州が維持されている高さである。この高さ以下では植生基盤が不安定なため、樹林化が進行しないと考えられる。すなわち、樹林の生じる境界高さを目安とした。

3) 低水路形成範囲外の処置

神流川の樹林管理における主な対象種であるハリエンジュは、種子生産による繁殖の他、水平根から発生する根萌芽による栄養繁殖や、切り株や倒木からの旺盛な萌芽再生能力を有することで知られている。このため、掘削範囲外の樹林を伐採しない場合には、早い段階で掘削範囲に侵入することが予想される。

出水前にハリエンジュ等が「低水路形成範囲」に侵入することを防止するため、「低水路形成範囲」に隣接する樹林についても伐採・抜根・表土の剥ぎとりを行う。樹林化の抑制が目的であるため、表土の剥ぎとりは「樹林が生じる地盤高」までとする。

また、主流でない分岐水路は、単列砂州の河道を指す上で好ましくないため、埋土することを基本とする。

ただし、分岐水路において良好な生態環境が形成されている可能性がある他、埋土によりハリエンジュの樹林形成を促進する恐れもある。全面的な埋土については、これらを検討した上で対処するものとし、当面は、洪水時に流入しづらくなる程度に分岐水路上流端のみの埋土（土手の形成）にとどめる。

1)～3) で述べた樹林伐採方法の概念図の一例を図 5・3 に示す。

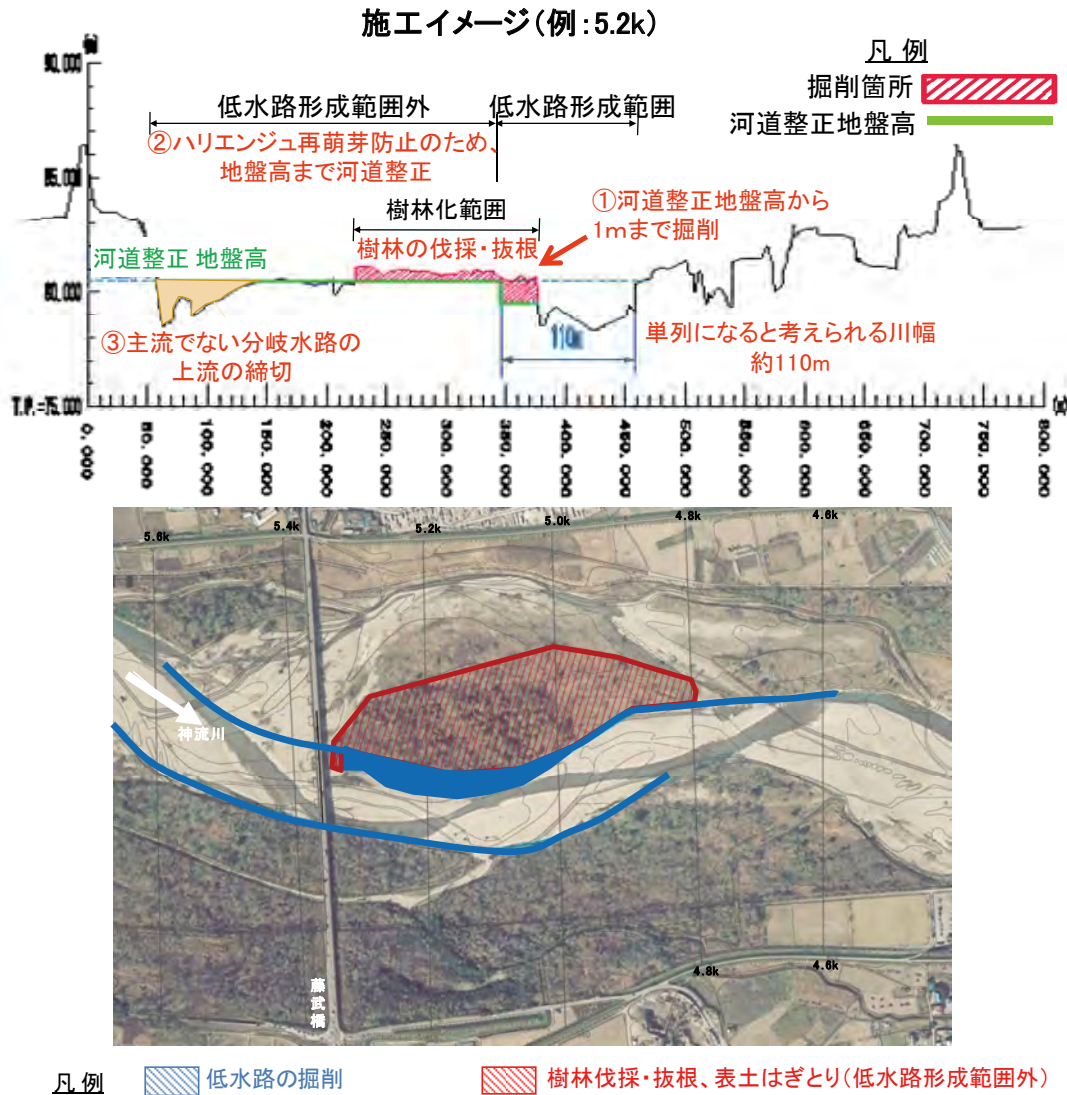


図5・3 施工イメージ (5.0 km～5.4km 区間)

5.3.2 低水路法線の是正

対象区間 (9.4 km～9.8km) の水衝部の緩和と滞筋の是正には、川幅を拡大した範囲の地盤を掘り下げる(比高を下げる)ことが望ましい。しかし、対象区間の直下流にサイフォンが位置しており、掘削深さによってはサイフォンに悪影響が生じることが懸念される。一方、ハリエンジュによる再樹林化を抑制するためには、伐採だけでなく抜根(水平根を含む)と表土剥ぎとりが必要である。これら2点を考慮し、ハリエンジュの再萌芽を抑制する最低限の厚さ(50cm)の表土剥ぎとりにとどめることとした。

また、伐採対象は高水敷に比べて地盤高が低く、洪水時に冠水する範囲の樹林とした。具体的には、平成19年の出水時に冠水したと思われる範囲を参考に図5・4のとおり設定した。

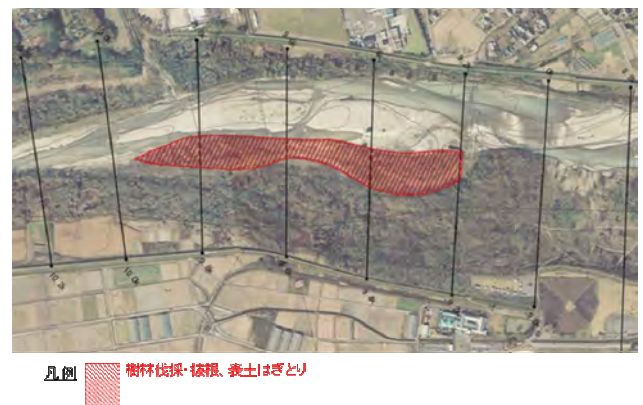


図5・4 施工イメージ (9.4km～9.8km)

5.4 樹林伐採後の状況

これまでの考え方を基に、対象箇所の樹林伐採を行った。樹林伐採前後の状況の一例を図5・5に示す。



図 5-5 樹林伐採の実施状況 (5.0 km～5.4km 区間)

6. 今後の課題

以上のとおり、神流川の時間的・空間的変遷を整理することによって、河道内の樹林化の形成プロセスを明らかにした。さらに、これらの情報から今後の神流川の河道変化を読みとり、洪水規模や河道形状の時間的・空間的変遷を踏まえた樹林伐採方針を示した。

河道管理方策としては、洪水流量に見合った低水路幅を設定し、この低水路幅で単列砂州に誘導するとともに、固定化されつつある中州上の樹林伐採を行うこととした。

これらを踏まえると、今後の河道管理の課題は、以下のとおりである。

6.1 モニタリングの継続的な実施

神流川における樹林の主な樹種はハリエンジュである。ハリエンジュは、再萌芽しやすく生長が早いのが特徴である。そのため、樹林伐採の効果をより長く維持していくためには、再萌芽の監視やその機構をモニタリング・監視していくことが重要である。また、再萌芽およびその機構を把握する上では、河道の変化状況との関連を把握することも重要となる。

これらの観点より、モニタリング・監視していくべ

き内容は、表 6・1 のとおりであると考えられる。

また、ハリエンジュ林を在来種林に遷移させる手法の開発が求められている。さらに、エノキ等の在来種の生育も見られることから、これらが生育できる環境を見つけ出していくこともモニタリングの目的となるであろう。

表 6-1 モニタリング・監視内容一覧

内容	目的
定点撮影による状況変化の把握	再萌芽の監視および再萌芽の機構の把握
樹木調査(再萌芽した場合)	樹木生長の状況の把握
航空写真による 平面形状の変化の把握	河道状況の変化の把握
横断測量による 横断形状の変化の把握	
河床材料調査による 代表粒径等の変化の把握	

6.2 効率的・効果的な河道管理システムの構築

本研究で対象とした神流川のように河道整正や樹林の伐採・伐根、河床の掘削等を実施した河川において、効率的・効果的な河道管理や安全性・健全性を確実に

維持（確保）していくためには、図6・1に示す「モニタリング・監視」、および「データ更新・蓄積」が重要である。

さらに、「評価」を行い、「対策」を実施することにより、機能を維持するサイクル型河道管理システムを確立していくことが望まれる。

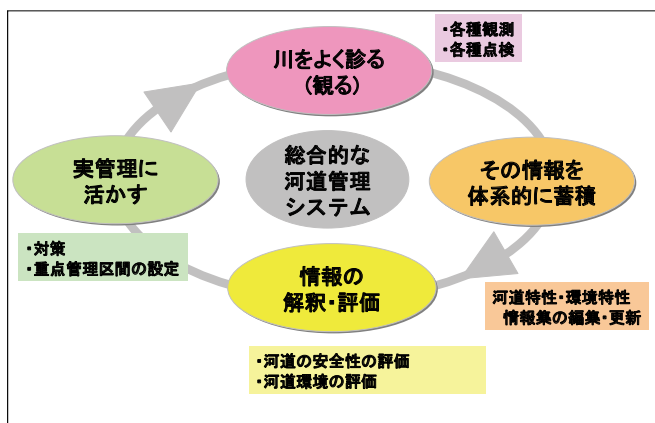


図6・1 サイクル型河道管理システム概念図

謝辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所委託業務の一環として実施されたものである。

本研究を実施するにあたり、高崎河川国道事務所の方々には、貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) (財)河川環境管理財団(2007)：河道・環境特性情報の読み方と利用 ―事例研究を通じて―，河川環境総合研究所資料，第18号.
- 2) 山本晃一(2010)：沖積河川 ―構造と動態―.

3) 植物の生活史に着目した合理的な堤防植生管理 — チガヤ優占堤防の実現に向けた取り組み—

吉田 勢*・竹内 清文**

1. はじめに

河川堤防には、雨水・流水による土壌侵食が生じないように、法面保護を目的として植栽が行われている。築堤時には、耐侵食力に優れ、入手が容易であること等から芝（ノシバ等、以下「シバ」と表記）が植栽される。しかし、シバを維持するためには、年間4回以上の除草が必要であり、除草回数が減ると他の植物が侵入し、数年でシバは消失することが知られている（チガヤ草原創出研究会，2000；佐々木ら，2000）。

堤防除草には河川の維持管理費が充てられているが、昨今の公共事業費の削減の中で維持管理費の縮減が求められ、堤防除草の回数も減少してきた。現在では、堤防点検等に最低限必要な、年間2回が基本となっているため、シバの維持は困難な状況である。

こうした課題を受けて、シバに代わる堤防植生管理の手法が検討されてきた。既往検討の結果から、少ない除草回数で成立する植生では、チガヤが最も要件を満たしており好ましいと考えられる（チガヤ草原創出研究会，2000；佐々木ら，2000）。

表 1・1 堤防植生に求められる要件

治水上の要件	・洪水等への耐侵食性を有する ・点検や水防の支障とならない
その他の要件	・生態系：在来植生や昆虫類等の生息生育の場 ・景観：美観の保持 ・利用：法面上を歩いたり、座ったりすることが可能 ・健康：アレルギー症状の原因とならない

高崎河川国道事務所では、効率的かつ適正な堤防植生管理手法の確立を目的として、平成15年度～21年度に「烏・神流川堤防植生管理検討会」を6回開催し、検討を重ねてきた。河川環境管理財団は、この検討会の設立当初から運営補助に関わるとともに、実堤防における実験・調査を実施している。

本稿では、高崎河川国道事務所の管理する烏川・神流川・鑓川・碓氷川（以下「烏・神流川」と表記）の直轄区間を対象に、植物種の生活史を考慮した除草時期の調整により、限られた除草回数の中で、望ましくない植生からチガヤへの移行を図った結果を報告する。さらに、この成果を活用した堤防植生管理手法を提案する。

2. 烏・神流川における堤防植生管理の基本的な考え方

2.1 先行研究

河川環境管理財団は、これまでに堤防除草に関する多くの取り組み・研究を行ってきたところである。主な研究を以下に示す。

佐々木ら（2000）は、平成7～11年度にかけて、多摩川、江戸川、荒川下流、荒川上流の4河川（調査総延長：約195km）を対象に、植物生態を考慮した堤防植生管理の基礎となる研究を行っている。

得られた主な知見は下記のとおりである。

- ・主に生活形に着目することで、管理面からのキーとなる植物をグループ分けした、植生タイプという分類（2・1参照）が可能なこと

*（財）河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部研究員

**（財）河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部長

- ・調査対象の堤防の植生は、概ね7つの植生タイプに区分でき、その中でも3つの植生タイプ(シバ、チガヤ、外来牧草)が多くを占めていること
- ・植生タイプ別に治水機能(耐侵食性)、環境機能(利用、景観)が異なること
- ・維持管理の違い(除草頻度および集草有無)により成立する植生タイプが異なり、それを踏まえた管理により植生をコントロールできること

表 2・1 植生タイプと特性
(佐々木ら(2000)を基に加筆)

植生タイプ	特 性					
	優占種	生活形等	盛期	除草頻度		
主要な植生タイプ	シバタイプ	シバ、シロツメクサ等	在来イネ科多年草	春～秋	4～5回	
	チガヤタイプ	チガヤ	在来中型イネ科多年草	夏～秋	2～3回	
	外来牧草タイプ	ネズミホソムギタイプ	春:ネズミホソムギ 秋:メシバ等	外来イネ科越年草 在来イネ科一年草	春～夏 夏～秋	2～4回
		オニウシノケグサタイプ	オニウシノケグサ、イヌムギ等	外来イネ科多年草	春～夏	
	セイヨウカラシナタイプ	春:アブラナ類 秋:メシバ等	アブラナ科越年草 在来イネ科一年草	春 夏～秋		
	広葉タイプ	イタドリ、カラムシ等	多年草	春～秋	1～5回	
その他	オギ・ススキタイプ	オギ、ススキ	在来大型イネ科多年草	春～秋	1回	
	アズマネザサタイプ	アズマネザサ	イネ科多年草	夏～秋	不明	
	ツルマンネグサタイプ	ツルマンネグサ	多年草	春～夏		

注)「除草頻度」の項は、当該植生タイプが維持されている、年間の除草回数を示す。

山本ら(2006)は、平成14～17年度にかけて、江戸川を対象に、イネ科花粉症対策を目的とした堤防植生管理の研究を行っている。得られた主な知見は下記のとおりである。

- ・花粉症の原因植物であるネズミホソムギの開花・結実・発芽等の生態、および花粉の飛散特性
- ・ネズミホソムギの生態等を踏まえた、植生タイプ別の花粉対策(外来牧草タイプ:開花期に2～3回除草,チガヤタイプ:開花期に2回除草+夏以降は除草を行わないか8月に実施(早期化))

これらの研究では、治水・環境上の要請や、花粉症対策といった目的に対し、植物生態を考慮した植生管理の技術的手法を確立している。しかし、いず

れも年間3回以上の除草が基本となっているため、新たに年間2回に除草を縮減した場合の対応を明らかにする必要がある。

2.2 堤防植生管理の目標植生タイプの設定

2.2.1 烏・神流川の堤防植生の状況

烏・神流川における年間の除草回数は、表2・2に示すとおり経年的に減少しており、平成12年度以降は年間2回となっている。

表 2・2 烏・神流川における除草回数の変化

年 度	除草回数
～ H7	5回/年
H7 ～ H10	4回/年
H10 ～ H12	3回/年
H12 ～	2回/年

除草回数の減少に伴う堤防植生の変化が推測されたため、平成16年度の秋季に、烏・神流川の全堤防を対象に、相観による植生タイプの分布調査を実施し、堤防植生の状況を把握した。

調査の結果は図2・1に示すとおりであり、シバが残っている箇所はわずか(約3%)となっていた。シバから変化した後の植生は、チガヤタイプが大部分(約60%)であったが、次いで外来牧草タイプが多く(約30%)、局所的に広葉タイプが優占していた。

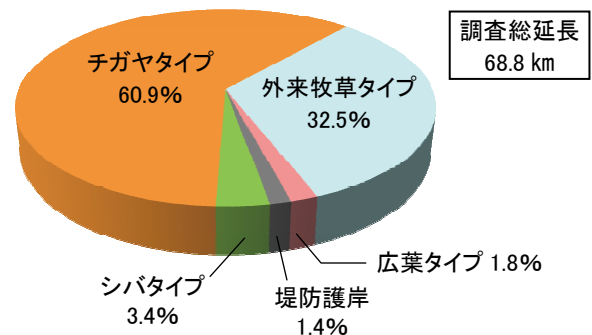


図 2・1 烏・神流川における堤防植生タイプの分布割合 (平成16年度)

なお、外来牧草タイプは、前述のとおり優占種によって数タイプに分類されるが、烏・神流川ではネ

ズミホソムギタイプが最も多い。また、外来牧草タイプの多くでは、チガヤの混生が見られた。

2.2.2 目標植生タイプの設定

既に植生の変化が進み、シバタイプがほとんど見られないことから明らかなように、年間2回の除草下ではシバタイプを管理上の目標とすることは現実的ではない。一方で、チガヤタイプは多くを占めていたため、チガヤタイプを目標の植生タイプに設定した。さらに、残された外来牧草タイプからチガヤタイプへ、効率的・効果的に移行を図ることとした。

ここで、チガヤタイプを目標とすることの妥当性が問題となるが、前述のとおり既往の検討においてチガヤは望ましい植生として位置付けられている。ここでは、堤防が重要な治水施設であることから、第一義的な堤防植生の要件と考えられる、治水上の要件（＝耐侵食力）について主な既往の知見を以下に示す。

土木研究所（1997）の試験結果では、植生の耐侵食力は主に根や地下茎からなる地下部により発揮され、特に表層3cmの平均根毛量が植生の耐侵食力に寄与しているとされている。一方、北川ら（1995）によれば、根が30cm程度伸長したチガヤが堤防法面を覆う場合、堤体に平行な流向に対しては耐侵食力が期待できる。

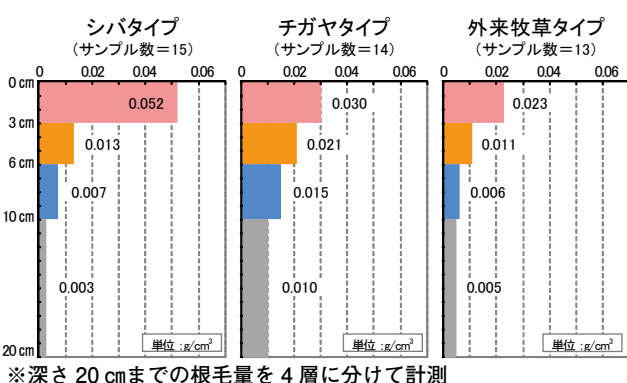


図2-2 植生タイプ別の平均根毛量の分布 (佐々木ら (2000) を基に作図)

図2-2に示すとおり、チガヤタイプやシバタイプの根毛量は、外来牧草タイプに比べて多くなっている。外来牧草タイプの優占種が一年草であるのに対

し、シバやチガヤは多年草であり、栄養繁殖を行うため、シバは匍匐茎を、チガヤは地下茎を伸ばす。このような生態の違いが根毛量と垂直方向の分布型の差につながっていると考えられる。なお、チガヤタイプの根はシバタイプに比べて深くまで存在し、根毛量の総量はシバタイプを上回っている。

以上より、チガヤタイプの植生は、シバタイプと概ね同程度の耐侵食力を持つものと考えられる。

2.3 植物生態を考慮した堤防植生管理の考え方

鳥・神流川の外来牧草タイプに最も多いネズミホソムギタイプを対象に、チガヤタイプへの移行を図るものとし、各植生タイプの優占種に着目した植生管理を立案した。

なお、ネズミホソムギタイプは、ネズミホソムギが枯死した夏季以降は、メシバやエノコログサ等の一年草に優占種が変化する（表2・1参照）。詳細は後述するが、植生タイプの移行を図る上では、生活史の大きく異なるネズミホソムギとチガヤの競合関係が重要と考え、これら2種に的を絞って検討を行った。

2.3.1 植生移行の観点

年間2回という限られた除草回数の中で、望ましい植生（チガヤタイプ）に導き、維持していくためには、ネズミホソムギにダメージを与えつつ、チガヤの生長への影響を最小化する必要がある。堤防植生に影響を及ぼす管理行為は、「除草」と「集草」であるが、対象地である高崎河川国道事務所では集草を実施していなかったため（実験当時）、除草のみ行うこととして検討を行った。

実管理上は、種別に選択的な除草は行えないため、同所的に生育する群落は同時に除草を受けることになる。同時に同じ回数の除草を実施しながら、チガヤとネズミホソムギに異なる影響を与えるためには、これらの種の生活史の差異に着目して除草時期を設定する必要があると考えられる。また、除草による影響の与え方としては、直接的にダメージを与える方法と、競合種との種間関係を変化させる間接的な

方法が考えられる。

1) 植生タイプ別の優占種の生態

ネズミホソムギタイプは、前述のとおり夏季を境に優占種が変化する。しかし、チガヤが優占する状態を目標とする上では、チガヤに先立って生長するネズミホソムギとの競合関係が重要と考えられる。

(図2・3参照)

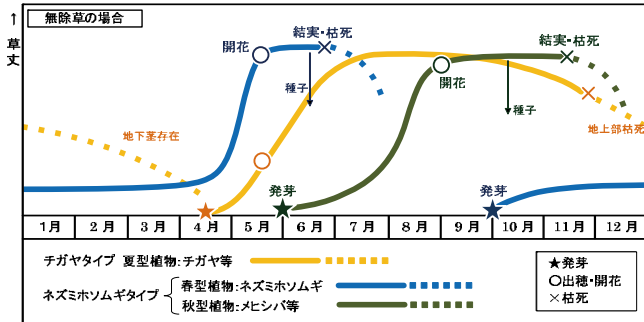


図2・3 優占種の生長イメージ

チガヤタイプとネズミホソムギタイプについて、春～初夏の優占種であるチガヤとネズミホソムギの生態を以下に概説する。

<チガヤの生態>

- ・地上部は冬に枯死するが、地下部は残存して、翌年に再萌芽する多年生草本
- ・春に発芽し、晩春に開花・結実
- ・結実後も秋まで生長し続け、生長期のピークは夏
- ・種子繁殖の他、地下茎からの萌芽（栄養繁殖）を盛んに行う

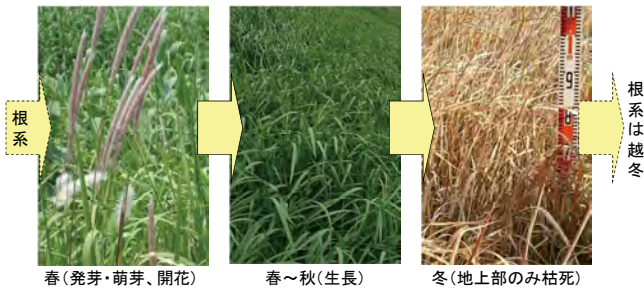


図2・4 チガヤの生活サイクル

<ネズミホソムギの生態>

- ・寒地型の外来牧草であり、発芽した実生が緑の状

態で越冬する一年生草本（越年草）

- ・春に開花し、夏場に結実・枯死
- ・散布された種子は、当年の秋以降に発芽
- ・競争相手の少ない冬季に栄養蓄積し、春季に一気に生長（分けつ、伸長）

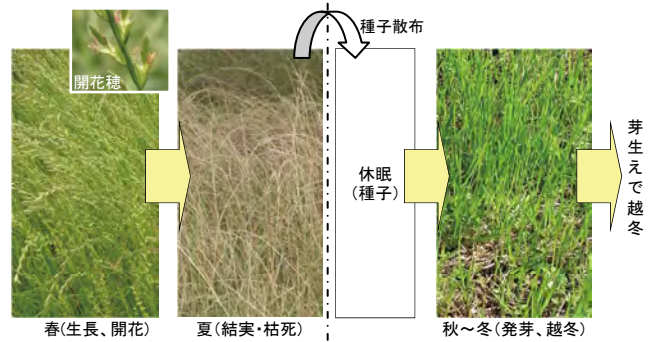


図2・5 ネズミホソムギの生活サイクル

なお、ネズミホソムギタイプの耐侵食力は、夏場にネズミホソムギが枯死してからメヒシバ等が生長するまでの間、前述の根毛量による評価よりも低下する可能性がある。出水期に最も耐侵食力が低下する恐れがあり、さらにネズミホソムギは花粉症の原因植物でもあるため、望ましくない植生タイプのひとつといえる。

2) 除草による影響の与え方

優占種の生態を踏まえた、除草による影響の与え方（直接・間接）は以下に示すとおりです。

<直接的な方法：ネズミホソムギの種子生産抑制>

チガヤとネズミホソムギの生活史において最も重要な相違点は、チガヤが栄養繁殖を行う多年生草本で、ネズミホソムギは種子繁殖のみの一年生草本ということである。

一年草のネズミホソムギは、再生産（種子繁殖）をさせないことで翌年の群落が衰退するため、ネズミホソムギの開花期（結実前）に除草を行うことが、最も大きなダメージ（直接的な影響）を与えることとなる。ただし、ネズミホソムギの特性として、開花・結実期に除草を受けると、早期に再出穂することが知られている。

佐々木ら（2006）や山本ら（2006）によれば、除

草をするほど、再出穂する花穂は減少する。1 回刈り後の二番穂では、一番穂と比べて6割程度に減少し、3 回刈り後の四番穂ではほとんど花穂をつけなくなるとされている。また、開花数が最大となるのは5月中～下旬であり、開花後10～20日間程度で結実するとされている。

以上から、5月に最初の除草を行うことが、ネズミホソムギの種子生産の抑制に効果的と考えられる。

一方、チガヤの再生産は、富永ら(2007)によれば、一度定着した生育地では、ほとんどが根茎からの栄養繁殖であることが知られている。そのため、ネズミホソムギの開花期の除草によりチガヤが受ける影響は、開花・結実期が重複するものの限定的と考えられる。

<間接的な方法：ネズミホソムギの芽生えの被陰>

ネズミホソムギは、秋に芽生えた後、越冬して春に開花・結実する。冬季は、多くの植物にとって生育不適期である。ネズミホソムギはあえて越冬することで、(特に光獲得において)競争相手が少ない状況で小さい植物体のまま光合成を行い、春に開花・結実するための栄養を効率的に蓄積する生存戦略をとっていると考えられる。この冬季の光合成を阻害(被陰)した場合、ネズミホソムギは春までに満足に生長することができず(枯死個体の増加)、結果として種子生産量が減少することが予想される。

ネズミホソムギの被陰には、チガヤの葉が枯死した後も脱落せずに残存することを利用する。被陰するためには、ネズミホソムギの芽生えを覆うほど、最終除草後(夏～秋季)にチガヤが回復している必要があり、生長に適した時期ほど、除草後の速やかな回復が期待できる。

山本ら(2006)は、江戸川においてネズミホソムギの花粉症対策として、ネズミホソムギが混生するチガヤタイプの堤防から純粋なチガヤ群落の堤防への移行を試みている。その結果、種子生産を抑制する春季除草が1回だけでも、夏季以降に除草を行わなければネズミホソムギの芽生えはほとんどなく、最終除草を8月に実施した場合にもネズミホソムギの芽生えが減少することが報告されている。

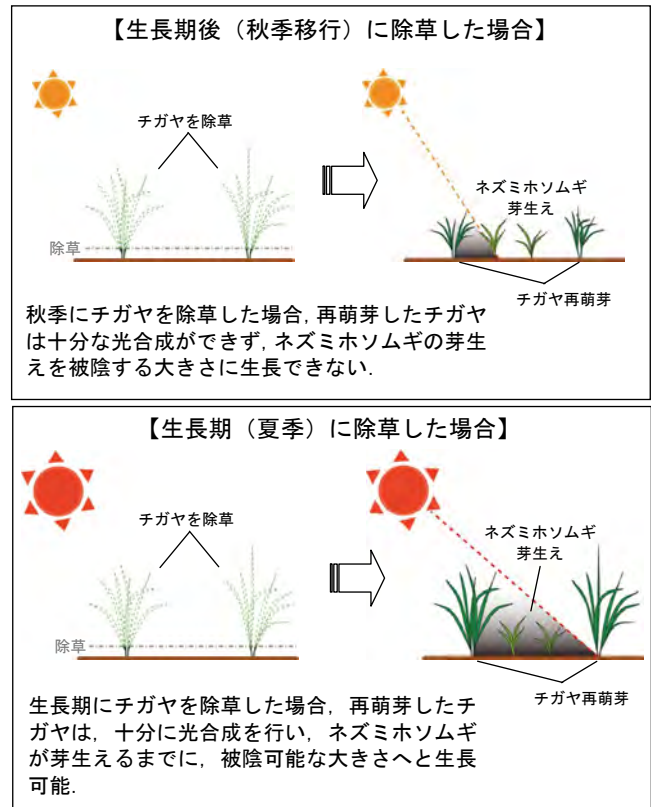


図2-6 除草時期の違いによる被陰効果の差のイメージ

以上から、夏季以降の除草を行わない(最終除草を8月以前とする)ことで、ネズミホソムギの芽生えを被陰(光合成の阻害)できると考えられる。

2.3.2 除草時期の設定

堤防除草には、表2-3に示す様々な目的・効果がある。前項で述べたチガヤタイプへの移行を図るために望ましい除草時期は表2-4に示すとおりであるが、これのみを考慮して年間の除草時期を決定することは不適當である。植生管理面のみならず、全体として最適な除草時期を設定する必要がある。

表2-3 堤防除草の目的・効果

- 植生遷移の制御
- 植物の生育密度の増加(地表付近の日照確保)
- 利用の促進、美観の保持(草丈の抑制、均一化)
- 堤防点検、水防活動の容易化
(草丈の抑制、広葉植物やつる性植物の除去)
- 野火の防止(冬季の草丈抑制) 等

表 2・3 チガヤタイプへの移行を図るための除草時期

目的	考慮すべき生態		除草による影響	除草時期
	チガヤ	ネズミホソムギ		
ネズミホソムギの種子生産抑制	<ul style="list-style-type: none"> ● 多年生草本 ● 種子繁殖 + 栄養繁殖 ● 5～7月に開花・結実 	<ul style="list-style-type: none"> ● 一年生草本 ● 種子繁殖 ● 5～7月に開花・結実 (開花・結実期は、除草後に再出穂) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ネズミホソムギは、種子で繁殖する一年草のため、開花期(結実前)の除草により、翌年の芽生えが確実に減少 ● 完全にネズミホソムギの種子生産を抑制するためには、二番穂を対象として、春～初夏期に複数回の除草が必要 ● チガヤは多年草であり、栄養繁殖を行うため、群落の維持・拡大に支障は生じない 	5月 (再出穂にあわせた複数回除草が望ましい)
ネズミホソムギの芽生えの被陰	<ul style="list-style-type: none"> ● 夏季が生長最盛期 ● 4月に発芽 ● 根系のみ越冬、地上部枯死 	<ul style="list-style-type: none"> ● 春季が生長最盛期 ● 9～10月に発芽 ● 芽生えで越冬し、冬季に光合成することで、春季にいち早く生長 	<ul style="list-style-type: none"> ● 秋季に(チガヤの生長期以降)除草を行うと、除草後に萌芽したチガヤの伸長は望めない。 ● 夏季(チガヤの生長期)以降の除草を控えることで、ネズミホソムギの発芽時(秋季)には、除草後に萌芽、伸長したチガヤがネズミホソムギの芽生えを覆う ● チガヤに覆われることで、ネズミホソムギは光合成を阻害され、翌春の種子生産可能な個体が減少(枯死個体の増加) 	最終除草を8月以前に実施

除草の目的・効果のうち、「堤防点検、水防活動の容易化」および「野火の防止」は、リスク低減の観点から必要な除草である。これらの目的に適した除草時期は、「堤防点検、水防活動の容易化」については出水期前・期中の状態を管理するため春～晩夏季となる。また、「野火の防止」については、秋～冬季の植物生長量が小さいため、秋季に行うことが通年の草丈管理の面で効率的である。

チガヤタイプへの移行だけを考えれば、5月に1回目の除草を行い、ネズミホソムギが再出穂時期となる6月に2回目の除草を行うことが最も効果的である。しかし、チガヤの草丈が非常に高くなるため、出水期中の堤防点検に支障をきたすとともに、冬季の野火の危険性が無視できない

以上を考慮し、極力リスクを低減しつつ、植生移行を図るため、表 2・4 に示すとおり5月と8月を除草時期に設定した。5月・8月の除草下のチガヤとネズミホソムギの競合イメージは図 2・7 に示すとおりである。

表 2・4 除草時期の設定

除草時期	目的・効果	
	植生タイプの移行	リスク低減
5月	ネズミホソムギの種子生産の抑制	出水期前の堤防点検の容易化
8月	ネズミホソムギの芽生えの被陰(光合成の阻害)	<ul style="list-style-type: none"> ● 出水期中の堤防点検の容易化 ● 可能な範囲での冬季の草丈抑制

なお、河川管理者への聞き取りによれば、堤防点検上は膝丈程度以下で草丈を管理することが望ましいとされている。しかし、年間の除草回数が2回という制限下では、多くの植物の生長最盛期となる出水期間中(夏季)に、常に膝丈以下の草丈を維持することは困難である。こうした状況では、出水期前に堤防点検により、劣化の有無等を把握することが肝要であり、その結果に基づき、予防保全的な対応、若しくは重点監視箇所位置付けて除草を行うといった柔軟な措置が必要と考える。

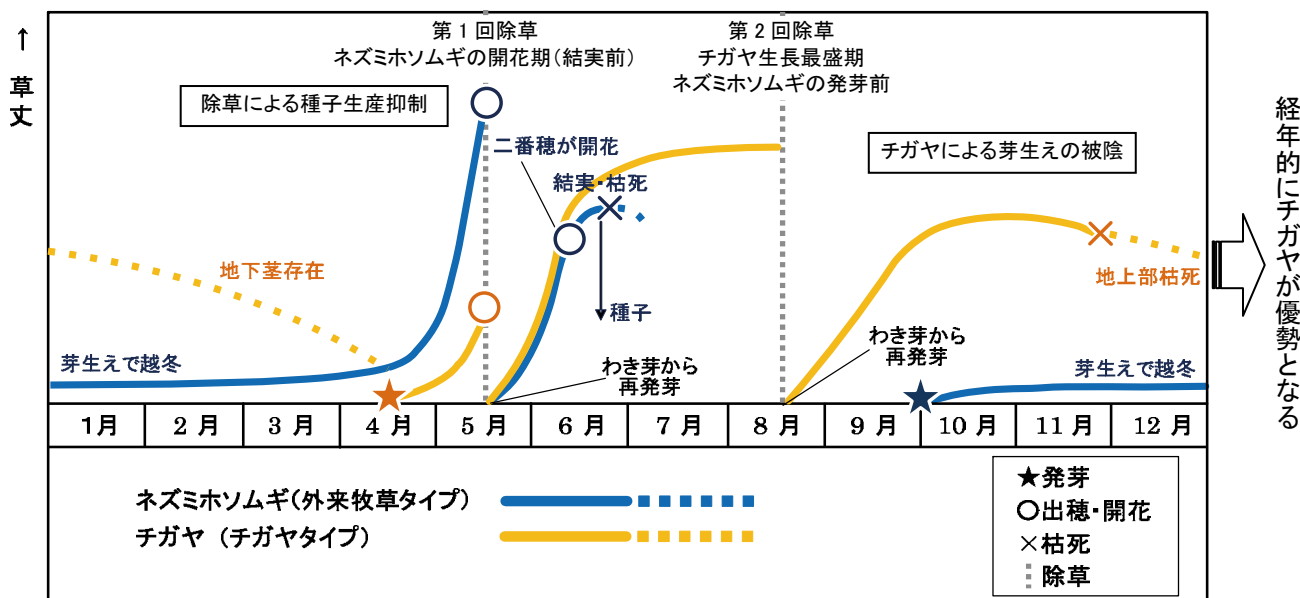


図 2-7 5月・8月の除草下の競合関係イメージ

3. 烏・神流川における「5月・8月除草」の試験施工

3.1 パイロットスケール試験

「5月・8月除草」の先行事例である山本ら(2006)の試験は、チガヤが優占する状況においてネズミホソムギを減少させることに成功している。しかし、本研究の目的は、ネズミホソムギ優占の状況からチガヤ優占への移行である。実管理レベルでの試験に先立ち、所期の効果が得られるかどうか小規模な試験区において調査を行った(竹内ら(2008))。

試験概要は表3・1に示すとおりであり、このパイロットスケール試験によりチガヤへの移行効果が概ね確認された。

表 3-1 パイロットスケール試験概要

項目	内容
期間	平成 18～19 年度
試験区	・烏川右岸堤防の表裏面を対象に2箇所(0.42～0.78k, 1.92～2.28k) ・延長 360m (チガヤ移行区/比較区, 各 180m) ・除草時期 チガヤ移行区:5月・8月, 比較区:6月・9月
調査	・5月～11月に1回/月の調査を実施 ・チガヤ移行区と比較区に各6個の調査区(1m×1mの方形区)を設定 ・調査項目:種別の被度(被覆率), 草丈, 写真撮影

3.2 実管理への適用試験

パイロットスケール試験の結果では、「5月・8月除草」によるチガヤへの移行効果がみられたが、実管理への適用に際しては下記の課題が存在した。

<実管理適用上の課題>

- ・最終除草を8月に実施することで、冬季の草丈が高くなるのがパイロットスケール試験により確認された。乾燥した冬季における野火のリスクを低減するためには、チガヤへの移行が図れた時点で、最終除草を秋季に変更する必要がある。
- ・パイロットスケール試験は条件が限定的であり、直轄区間全体の様々な条件下でも同様にチガヤへ移行するかどうか不明である。
- ・実管理上は、除草対象延長が長いため、全体の除草が完了するまでに1ヶ月程度を要する。除草時期に1ヶ月程度の幅があっても、同様にチガヤへ移行するかどうか不明である。

3.2.1 調査概要

実管理適用上の課題への対応を明らかにするため、図3・1に示す範囲に除草の適用範囲を拡大し、平成20年度～21年度にかけて調査を実施した。調査の目的等は以下に示すとおりである。また、「5月・8月除草」の適用状況は図3・1に示すとおりであり、調

査地点は表 3・2 に示すとおり設定した。なお、被度調査における区分は、図 3・2 に示すブラウン・ブランケ法により行った。

■実管理への適用試験の目的等

目的：適切な適用期間を設定
 確認事項
 ① 「5月・8月除草」継続年数の違いによる、冬季の草丈伸長量の差異（野火のリスクの差異）の確認
 ② 様々な条件下における、「5月・8月除草」効果の発現状況の確認
 ③ 除草時期の幅の影響

表 3・2 実管理への適用試験の調査概要

項目	内容
期間	平成 20～21 年度
調査地点	・「5月・8月除草」の適用区間内で、概ね等間隔になるように調査地点を設定 [平成 20 年度：15 地点] [平成 21 年度：15 地点] ・「5月・8月除草」を2年間適用後、第2回除草を9月または10月に変更した区間内で、概ね等間隔になるように調査地点を設定 [平成 21 年度：6 地点] ・各調査地点の表裏法面に各 1 個の調査区(1m×1m の方形区)を設定
調査頻度	・頻度:1 回/月 ・期間:5 月～11 月 (平成 21 年度は平成 22 年 3 月の調査を追加)
調査項目	・生育種別の被度(被覆率) ・生育種別の草丈 ・写真撮影を実施

注) 被度調査については、ブラウン・ブランケ法の区分(図 3・2)を参考に、代表種の被度(被覆率)を測定・記録した。

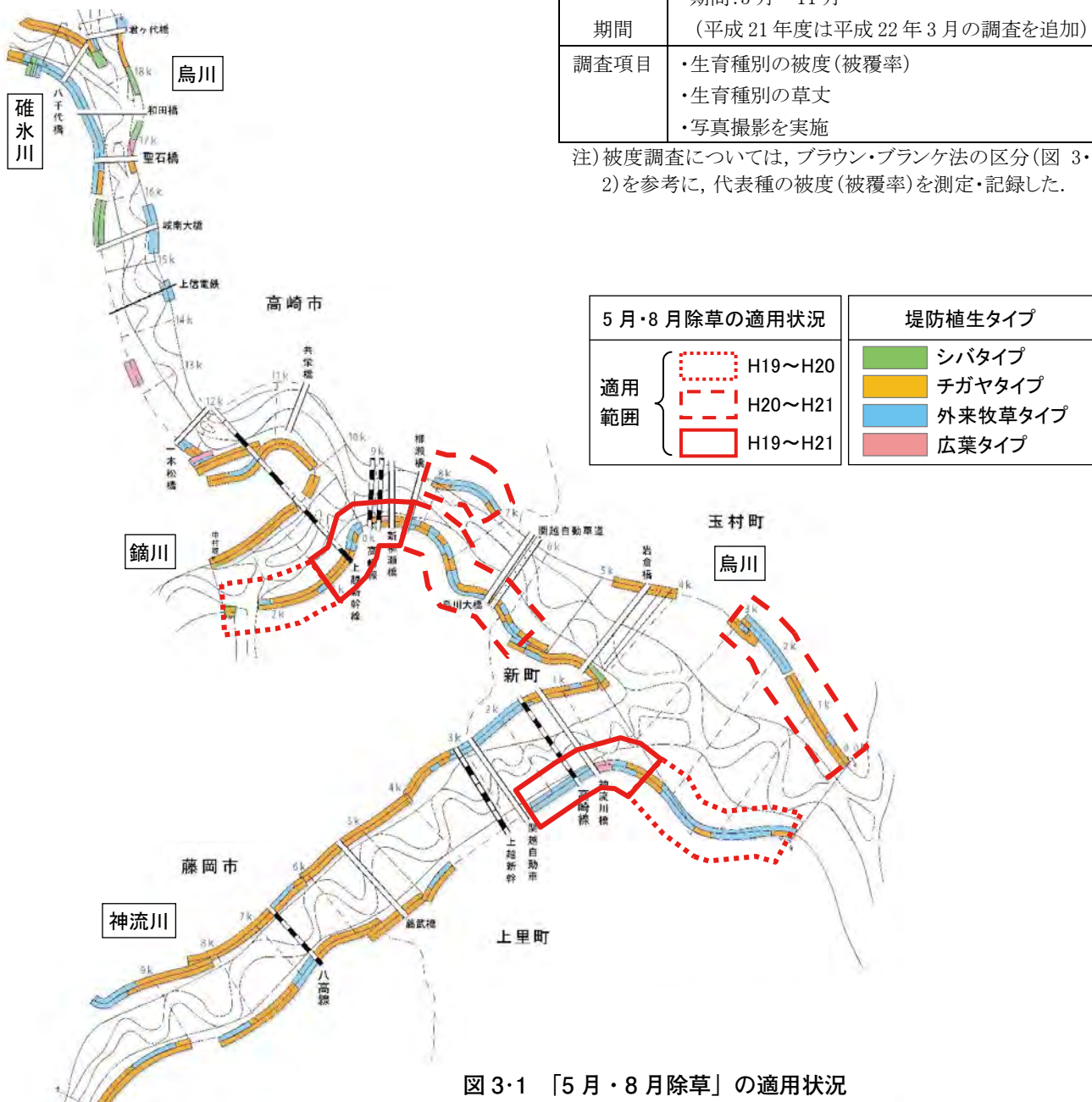


図 3・1 「5月・8月除草」の適用状況

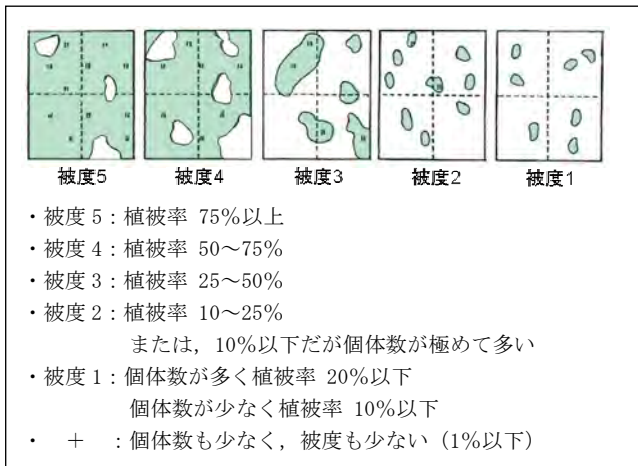


図3・2 被度区分（ブラウン・ブランケ法）

3.2.2 調査結果

1) 同一地点における経年変化

平成 20～21 年度の調査期間において、同一地点（烏川右岸 6.8k, 神流川右岸 2.0k. 平成 16 年度時点ではどちらも外来牧草タイプ）で継続的に調査を実施し、経年変化を把握した結果を図 3・3 に示す。図中の被度は、調査結果からブラウン・ブランケ法の区分における上限値を採用し、合計が 100%を超える場合には按分して整理している。

なお、除草直前の調査を基本としたが、除草時期との調整不全により、平成 21 年度の 5 月調査は除草直後で有意なデータが取得できず、同年 8 月の調査も除草後の調査結果となっている。

<被度の変化>

平成 21 年度が「5 月・8 月除草」の適用 2 年目となる烏川右岸 6.8k の調査結果をみると、表法面の変化が顕著である。適用 1 年目では、6 月のネズミホソムギの被度が 5 割で優占種となり、9 月には二番穂の種子と思われる芽生えがみられる。しかし、適用 2 年目のネズミホソムギの被度は、1 年目の同時期と比較して明らかに減少している。また、7 月のチガヤの被度が、適用 1 年目に比べて 2 年目では増加している。

平成 21 年度が「5 月・8 月除草」の適用 3 年目となる神流川右岸 2.0k の調査結果をみると、表法面、

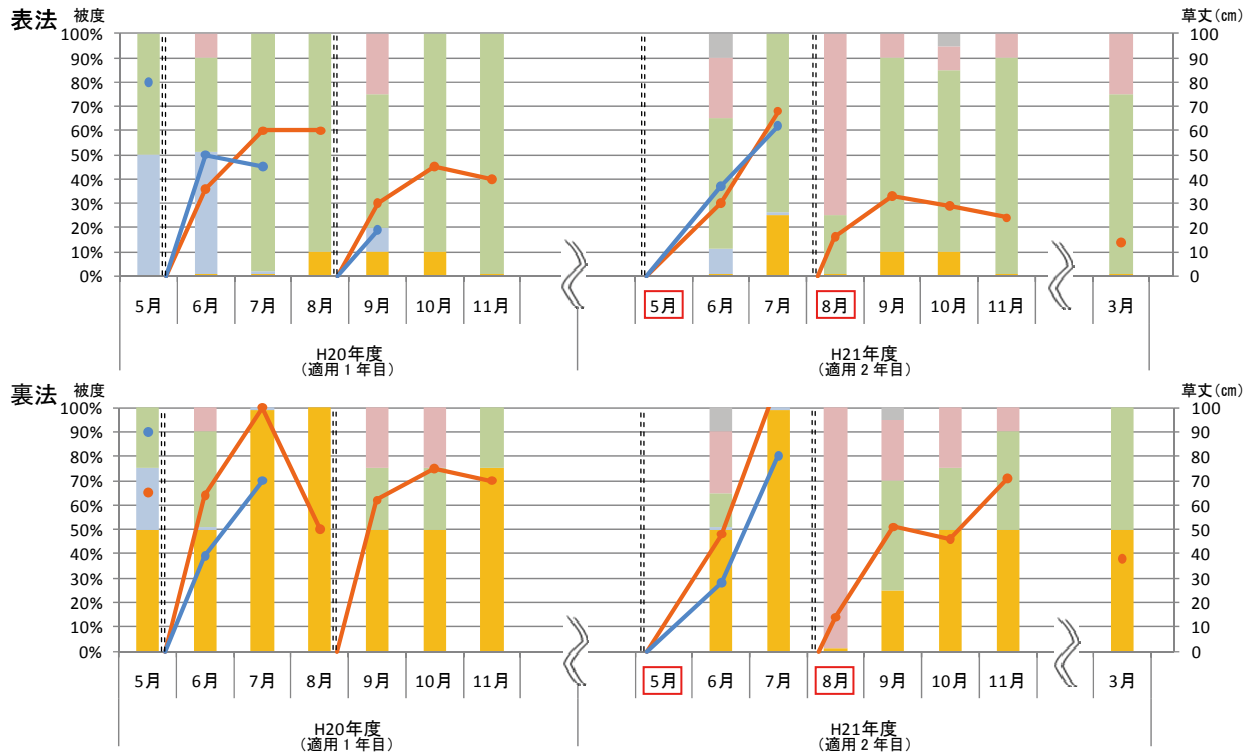
裏法面ともに、平成 20 年度の時点でチガヤが優占する状況になっているため、顕著な移行効果は見えない。しかし、6 月、7 月のチガヤの被度は、適用 2 年目に比べて 3 年目の方が増加している。

烏川右岸 6.8k, 神流川右岸 2.0k とともに、平成 21 年度の 8 月調査が除草後のため、8 月時点の年度間の比較が困難である。しかし、平成 21 年度の 6 月および 7 月時点の被度は前年度より増加していること、平成 20 年度の調査結果はいずれも 7 月より 8 月の被度が高いことから、平成 21 年度 8 月の被度は最もチガヤの被度が低い烏川右岸 6.8k でも 5 割程度あったものと推測される。

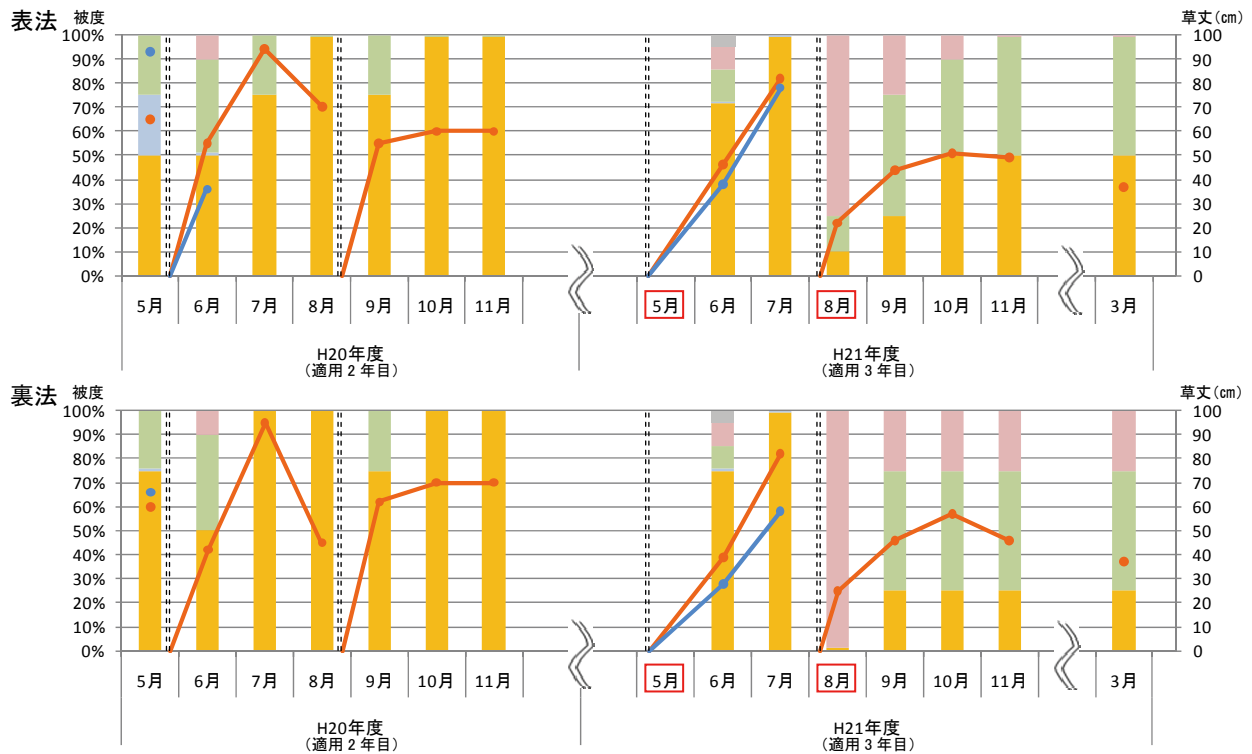
また、8 月除草以降の状況をみると、ネズミホソムギは減少しているものの、適用年数が増加するほど、チガヤ以外の種の被度が増加する傾向にある。年度により気象条件や刈り草の放置状況が異なるため、明確ではないが、最終除草を 8 月とすることで夏以降に芽生える種が勢力を増す可能性が考えられる。ここで、実際に耐侵食性を担うのは地下部の根系である。多年草であるチガヤの地下部は、被度が減少した時期も継続的に生育していると考えられるが、富永ら（2007）によれば、チガヤ地下部の生長ピークは地上部の生長ピーク後（秋季）であり、秋季に十分な光合成ができない場合に根系の生長に悪影響が懸念される。しかし、適用 3 年目でも、7 月時点のチガヤの被度は前年度よりも増加していることから、8 月除草により夏季以降に他種との競合が厳しくなったとしても、適用後 3 年目までのチガヤの生育への悪影響は小さいと考えられる。さらに、ネズミホソムギ芽生えの被陰という観点からは、チガヤであるか他種であるかは問題とならないため、5 月除草による種子生産抑制にあわせて、8 月除草を行うことでネズミホソムギタイプからチガヤタイプへの移行が効率的に進むと考えられる。

なお、現地調査時に、地面をえぐるほど短く刈り込み、裸地が生じている除草状況が見受けられた。裸地には一年草が侵入しやすいこと、除草時にチガヤの根系が傷ついている可能性があること等も、チガヤ以外の種の増加要因となっていると考えられ、短く刈り込み過ぎる除草は避ける事が望ましい。

■鳥川右岸 6.8k：平成 21 年度で「5 月・8 月除草」適用 2 年目



■神流川右岸 2.0k：平成 21 年度で「5 月・8 月除草」適用 3 年目



凡例 裸地 刈草 その他 ネズミホソギ チガヤ チガヤ平均草丈 ネズミホソギ平均草丈
 === 除草 (各月の被度データに対する位置関係は、調査と除草の時間的な前後関係を表す)
 ※ 平成 21 年度の 5 月、8 月は除草後のデータとなっている (時間軸に赤枠を付して示す)

図 3-3 同一地点における経年変化

<草丈の変化>

同一地点における、平成20年度と21年度の最終除草後のチガヤの草丈を比較すると、烏川右岸6.8k（平成21年度で「5月・8月除草」の適用2年目）と神流川右岸2.0k（平成21年度で「5月・8月除草」の適用3年目）のどちらも、平成20年度の方が高い草丈となっている。

しかし、烏川右岸6.8kと神流川右岸2.0kの同年度の結果を比較すると、神流川右岸2.0kの草丈の方が高い傾向にある。立地条件の違いがあるため、明確ではないが、「5月・8月除草」の継続年数の長さにより、最終除草後のチガヤの草丈に相対的な差が生じている可能性がある。ただし、絶対的な草丈は、年度による気象条件の違い等の方が、除草による影響よりも大きいものと考えられる。

また、チガヤとネズミホソムギの草丈を比較すると、8月除草以降にネズミホソムギの芽生えがみられる平成20年度の烏川右岸6.8k（表法面）において、チガヤの草丈がネズミホソムギを上回っており、ネズミホソムギの芽生えを被陰していると考えられる。<被度の変化>の項で述べたとおり、8月除草以降にはチガヤ以外の種も増加するが、翌年のチガヤの生育に大きな影響が見られないことから、他種も含めた群落高はチガヤの草丈程度と推測される。

2) 適用期間の異なる複数調査地点間における比較

立地条件の違いを考慮した上で、「5月・8月除草」の適用年数による効果を確認するため、同一時点における複数調査地点の調査結果（チガヤの被度および草丈）の比較を行った。

<被度の変化>

チガヤの優占状況の確認に適すると考えられる7月における、「5月・8月除草」の適用2年目の地点と3年目の地点の差は表3・3および図3・4に示すとおりである。

平成21年度が適用2年目となる地点（全サンプル数：18）には、チガヤの被度が5割未満の地点が多く含まれる（約44%）が、適用3年目（全サンプル数：12）の地点では1地点（約8%）のみとなって

いる。

以上から、立地条件によって移行効果に差が生じるものの、3年間の適用で、大部分の地点ではチガヤ優占状態へと移行するものと考えられる。

表3・3 チガヤ被度（調査地点間比較）

チガヤ被度	サンプル数(割合)	
	適用2年目	適用3年目
>50%	9 (50%)	9 (75%)
50%	1 (6%)	2 (17%)
<50%	8 (44%)	1 (8%)
全サンプル	18 (100%)	12 (100%)

- 注) 1.表中の被度は、調査結果からブラウン・ブランケ法の区分における上限値を採用し、合計が100%を超える場合には按分して整理した。
2.「適用2年目」「適用3年目」は、平成21年度に「5月・8月除草」を適用した調査地点における、適用年数による区分。
3.表中の被度別のサンプル割合は、小数点以下第一位を四捨五入した値を示す。

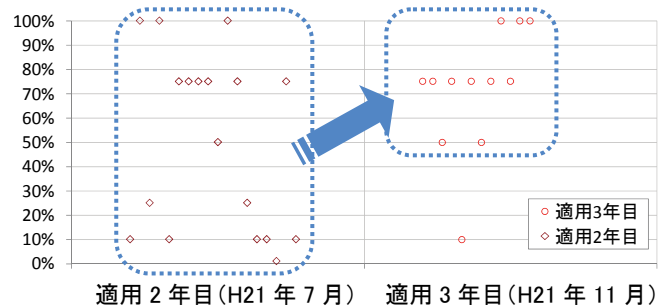


図3・4 適用期間の違いによるチガヤ被度の差

<草丈の変化>

冬季のチガヤの草丈変化の確認適期と考えられる10月及び11月における、「5月・8月除草」の継続年数による差、および「5月・8月除草」を実施した地点と第2回除草（最終除草）を9月または10月に実施した地点の差は、表3・4および図3・5に示すとおりである。

地点間で調査結果に大きなばらつきがみられるものの、「5月・8月除草」の適用地点は、9月または10月に最終除草を実施した地点に比べて平均草丈が10cm程度高くなっている。また、適用2年目に比べて適用3年目の地点では平均草丈が若干高くなっているが、適用年数が長期化するほど草丈が高くなるとは明確に言えないと考える。

なお、同一地点、同一除草条件下においても、気象条件等により草丈の伸長量は異なると予想される。

表 3・4 チガヤ草丈（調査地点間比較）

区分	10月のチガヤ草丈(cm)			
	適用2年目	適用3年目	9月除草	10月除草
最大	60	57	41	36
平均	40	45	30	31
最小	18	30	13	21
標準偏差	12	9	11	7
全サンプル数	17	12	6	6

区分	11月のチガヤ草丈(cm)			
	適用2年目	適用3年目	9月除草	10月除草
最大	71	55	34	40
平均	39	43	28	32
最小	20	29	19	22
標準偏差	13	9	5	7
全サンプル数	17	11	6	6

注)1.「適用2年目」「適用3年目」は、平成21年度に「5月・8月除草」を適用した調査地点における、適用年数による区分。「9月除草」「10月除草」は、平成20年度で「5月・8月除草」を2年間適用した調査地点における平成21年度の第2回除草時期による区分。
2.調査時にチガヤが無かった場合はサンプルに含まない。
3.平均および標準偏差は、小数点以下第一位を四捨五入した値を示す。

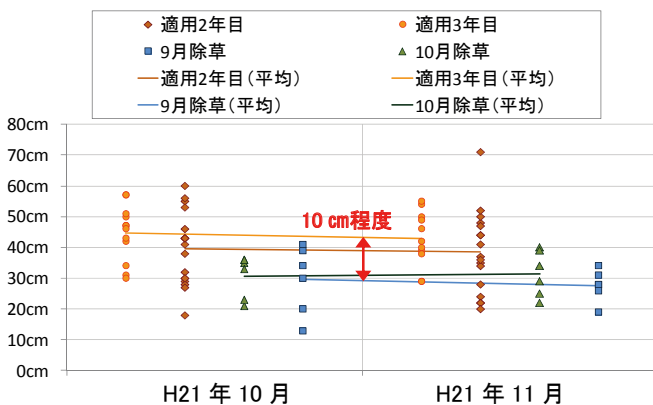


図 3・5 適用期間の違いによるチガヤ草丈の差

3.2.3 「5月・8月除草」の効果と留意点

5月除草と8月除草、それぞれの効果と留意点は以下に示すとおりである。

<5月除草>

- ・ネズミホソムギの種子生産を抑制し、チガヤ優占

状況を持続させる上で重要である

- ・出水期前の堤防点検時期であり、チガヤの優占状況によらず5月に除草することは有意義である

<8月除草>

- ・ネズミホソムギの芽生えの生長を抑制する上で重要である
- ・出水期中の堤防点検を行う上でも、8月は妥当な時期であり、チガヤの優占状況によらず8月に除草することは有意義である
- ・9月除草や10月除草と比べ、冬季のチガヤの草丈が高くなるため、野火等のリスクが増大する
- ・適用期間を長期化した場合、夏季に芽生える植物種（多年生）が、経年的に勢力を拡大する可能性がある。しかし、3年程度の適用期間においては、チガヤの生育への悪影響は小さいと考えられる。

4. 実管理における運用

「5月・8月除草」の効果と留意点を踏まえ、実管理における運用は、以下に示すとおりとした。

なお、チガヤタイプに移行後にチガヤの優占状況を持続させるためには、除草時期の調整以外に、チガヤが刈りこみに弱いこと、裸地には一年草が侵入しやすいことを考慮して、除草時の刈りこみ過ぎを避ける（10 cm以上を残す）事が有効と考えられる。

■ 「5月・8月除草」の運用

- ・チガヤの優占状況によらず、年間2回の除草の第1回目は常に5月に実施する
- ・ネズミホソムギタイプの堤防に対しては、早期にチガヤタイプへの移行を図るため、第2回除草（最終除草）の時期を8月とする
- ・チガヤタイプに移行後は、冬季のチガヤの草丈抑制のため、第2回除草の時期を、チガヤの草丈が適度に保たれると考えられる9月に変更する。また、9月に変更することで、チガヤの根系が効率的に生長する期間がある程度確保されると考えられる

（次頁へ続く）

(前頁の続き)

- ・「5月・8月除草」の適用期間は、ネズミホソムギの抑制効果が適用2年目から見られることから、2年間を目途とする。ただし、2年間の適用後にチガヤの被度が不足する場合には、適用期間を1年間延長する
- ・第2回除草を9月に変更後に、再度ネズミホソムギが優占する状況になった場合は、「5月・8月除草」を再適用する

5. 今後の課題・方向性

本研究では、年間2回の除草を前提として、治水上・環境上望ましい植生(チガヤタイプ)へ効率的・効果的に移行させる方法について、実管理レベルで検証を行い、ひとつの堤防植生管理のあり方を確立できたものとする。

しかし、対象とする植物種や地域特性が異なる場合には、異なる対応が必要になると考えられる等、いくつかの課題が残った。以下に今後の課題を整理するとともに、さらなる発展の方向性を合せて示す。

5.1 チガヤの人為導入の検討

本研究で対象とした堤防の多くは、外来牧草タイプであってもチガヤが混生している状況であった。チガヤが全く混生しておらず、移入元となる群落も周辺に存在しない場合には、除草時期の調整だけでチガヤタイプへと移行させることは困難と予想される。

除草時期の調整と組み合わせた、効率的なチガヤの人為導入等の検討が必要である。

さらには、チガヤが優占する年間2回の除草頻度は、中規模攪乱的に作用すると考えられることから、単にチガヤが優占するだけでなく、多様な生物群集を保全可能な方策について検討を行っていく予定である。

5.2 除草時期がチガヤ根系の生長に与える影響

本研究では、既往研究における植生タイプと根毛

量の関係性に基づき、チガヤタイプへの移行を目標として地上部(被度、草丈)の変化状況を調査した。

一方で、既往研究においてチガヤの地上部と地下部の生長時期が異なることが明らかになっており、主要要因のひとつは地上部と地下部の間での光合成産物の転流によるものと考えられる。除草時期が変化することで、地上部の回復に要する期間や、他種との競争条件が異なるため、根系の生長状況に違いが生じる事が推測される。

しかし、除草時期の違いが根系の生長状況に及ぼす影響は明らかになっておらず、今後の調査の充実が必要である。

5.3 木本や多年草への対応

木本や大型の多年草等が堤防に侵入した場合、堤防点検の支障となる他、堤防の損傷が懸念される。

しかし、これらの植物は、チガヤと同様に、地下部に栄養を蓄積するため、除草時期の調整のみでは駆除することが困難であり、効率的な駆除方法の確立に向けた調査・検討が必要である。



上：ヤマグル
下：カラムシ

図 5.1 烏・神流川の堤防上に多く見られる木本、大型多年草

謝辞

本研究の実施に際しては、「烏・神流川堤防植生管理検討会」のアドバイザーである、埼玉大学の佐々木寧教授にご指導を賜りました。また、兵庫県立大学の服部先生、京都大学の富永先生に貴重なご助言をいただきました。ここに記して深く感謝の意を表します。

また、本研究の機会を与えて下さった、国土交通省高崎河川国道事務所の皆様方に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所 (1997) 洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動. 土木研究所資料 3489 : pp. 97-214.
- 2) 北川 明, 宇多高明, 福岡捷二, 藤田光一, 竹本典道, 服部 敦 (1995) 植生によって被覆した越流堤耐侵食性に関する現地実験. 土木技術資料 37 (6) : pp. 20-25.
- 3) 佐々木寧・戸谷英雄・石橋祥宏・伊坂 充・平田真二 (2000) 堤防植生の特性と堤防植生管理計画. 河川環境総合研究所報告資料 6 : pp. 69-105.
- 4) 佐々木寧・王 青躍・佐橋紀男 (2006) 河川植生由来の花粉症発症メカニズムの解明と花粉抑制管理手法の開発. 平成 18 年度 河川整備基金助成事業 報告書 (河川環境管理財団)
- 5) 竹内清文・柳沼昌浩・平田真二・宇根大介 (2008) 堤防植生管理における植生の計画的移行. 河川環境総合研究所報告資料 14 : pp. 96-104.
- 6) チガヤ草原創出研究会 (2000) 「チガヤ草原創出の手引き」
- 7) 富永 達・西脇亜也・水口亜樹・江崎次夫 (2007) 雑草モノグラフ 5. チガヤ. 雑草研究 52 (1) : pp. 17-27.
- 8) 山本晃一・戸谷英雄・谷村大三郎・石橋祥宏・平田真二 (2006) イネ科花粉対策を考慮した堤防植生管理の研究. 河川環境総合研究所報告資料 11 : pp. 63-78.

4) 河川堤防及び河岸の効率的・効果的な 点検手法等に関する考察 ～北海道の河川での実例を基に～

川村 嘉勝*・小林 伸行**・稲葉 行則***・黒木 幹男****・安藤 正幸*****

1. はじめに

我が国は、国土の7割を山地・丘陵地で占めることから、1割程度にすぎない沖積平野に全人口の約1/2、総資産の約3/4が集中している。また、モンsoonアジアの東端に位置する世界でも有数な多雨地域であるとともに、近年問題になっている局所的豪雨や大型台風襲来の多発に伴い、水災害の危険が高まり、かつ治水安全度の低下が懸念されている。

一方、住民の生命と財産を洪水から防御する河川堤防（以下、「堤防」という。）は、延長がきわめて長い線的構造物であり、一箇所が決壊した場合であっても、一連区間全体の治水機能を喪失してしまう可能性がある。このため、河川の維持管理を確実に行うためには、現在の堤防の状態を見（診）て、状態の変化を分析するきめ細かな維持管理を実施することが必要になっている。（安全・安心が持続可能な河川管理のあり方検討委員会、2006）

このような状況の中、国土交通省では、堤防の安全性・信頼性の維持向上を図るため、「河川堤防モニタリング技術ガイドライン（案）同解説、平成21年3月、国土交通省河川局治水課」や「目視点検によるモニタリングに関する技術資料、平成17年3月、財団法人国土技術研究センター」（以下、「技術資料」という。）に基づいて堤防の目視点検（以下、

「モニタリング」という。）を実施している。

また、「河川堤防の現地における目視点検の視点、平成22年6月、財団法人河川環境管理財団」では、モニタリング等で得られた情報や対策等の各種情報を整理し、これらの情報をもつ意味を正確に解釈（理解）し一連の堤防管理に活かす必要があることが指摘されている。（財団法人河川環境管理財団、2010）

しかし、堤防は、延長が長く、段階的に強化をしてくれており、目視点検により堤防の安全性・信頼性を把握するためには、以下に示す課題がある。

- ・わかりやすい変状規模の判断基準の設定
- ・河川巡視等の類似調査との情報の共有化
- ・モニタリング結果の河川管理への活用

本稿では、上記3つの課題のうち、「わかりやすい変状規模の判断基準の設定」に関する課題を解決するために作成した、平常時モニタリング項目における変状判断基準の一案について報告する。

2. 河川堤防目視点検モニタリングの概要

2.1 河川堤防目視点検モニタリングの流れ

モニタリングは、堤防の要注意箇所を把握すると

* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 調査係長
** (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 調査課長
*** (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 主幹
**** (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 研究顧問兼北海道研究所長
***** (株) 建設維持管理センター 河川管理部長 (前河川環境管理財団 北海道事務所 調査課長)

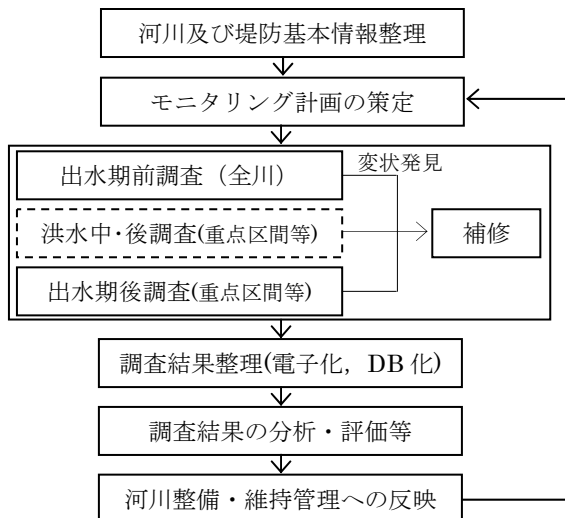


図 2-1 河川堤防目視点検モニタリングの流れ

ともに堤防評価技術を検証し、計画高水位以下の水位時における堤防の安全性・信頼性を維持し高めていくために実施するものである。

このため、図 2-1 に示す流れでモニタリングを実施し、「計画」、「調査」、「分析・評価」及び「維持管理」を 1 サイクルとした PDCA サイクルに則ることにより、堤防の安全性・信頼性向上を可能とする。

2.2 目視点検によるモニタリング項目

技術資料によると、目視によるモニタリングは、出水期前、出水期後に実施し、必要に応じて、洪水中・洪水直後にも実施する必要がある。

なお、出水期前には、平常時の項目について全川を対象に調査し、出水期後及び洪水中・直後には重点的にモニタリングを実施する区間（以下、「重点区間」という。）を中心に調査する。

表 2-1 に、各調査時期におけるモニタリング項目を示す。（財団法人国土技術研究センター，2005）

表 2-1 モニタリング項目

調査対象箇所	平常時（本稿検討対象項目）	洪水中	洪水直後
河道内	<ul style="list-style-type: none"> 湾曲部、横断工作物下流等における深掘れ 樹木繁茂状況 土砂等堆積状況 		<ul style="list-style-type: none"> 水制、ベーン工等の変状 樹木繁茂状況の変状 土砂等堆積状況の変状
高水敷、低水護岸	<ul style="list-style-type: none"> 低水護岸の基礎部の変状 	<ul style="list-style-type: none"> 高水敷の侵食 水面の段差や渦、泡 	<ul style="list-style-type: none"> 高水敷の侵食 低水護岸の変状 高水敷樹木の倒伏
表のり面、高水・堤防護岸	<ul style="list-style-type: none"> 張芝の状況や人畜による踏み荒らし、車両のわだち状況 のり面の亀裂 護岸や侵食防止シート等、耐侵食構造物の変状 護岸の基礎部の変状 坂路・階段取付部の洗堀、侵食 モグラ等の小動物の穴 植生の変化や湿性植物の有無 	<ul style="list-style-type: none"> のり面の侵食・亀裂 護岸や侵食防止シート等、耐侵食構造物の変状 	<ul style="list-style-type: none"> のり面の侵食・亀裂 のり面のはらみだし 護岸および護岸基礎部の変状 侵食防止シート等、耐侵食構造物の変状 護岸と堤防境界における侵食等の変状 覆土の流失
天端	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂 局所的に低い個所の有無 天端舗装端部の状況 水溜り 雨水の排水状況 	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂 水溜り 天端舗装端部侵食 	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂 水溜り 天端舗装端部侵食
裏のり面	<ul style="list-style-type: none"> 張芝の状況や人畜による踏み荒らし、車両のわだち状況 のり面の亀裂 小段の逆勾配箇所や局所的に低い個所の有無 坂路・階段取付部の洗堀、侵食 モグラ等の小動物の穴 植生の変化や湿性植物の有無 	<ul style="list-style-type: none"> のり面の変状・亀裂 小段付近からの漏水 のり面及び小段の泥濘化 小段の水溜り 	<ul style="list-style-type: none"> のり面の変状・亀裂 小段付近からの漏水 のり面及び小段の泥濘化 小段の水溜り
裏のり尻	<ul style="list-style-type: none"> 表層付近の湿潤状況 局所的に低い個所の有無 しぼり水の有無 モグラ等の小動物の穴 堤脚保護工の変形 植生の変化や湿性植物の有無 	<ul style="list-style-type: none"> のり尻の変状 のり尻付近漏水、噴砂 のり尻の泥濘化 堤脚保護工（腰積み）の変形、沈下 	<ul style="list-style-type: none"> のり面の変状 のり尻付近の噴砂 のり尻の泥濘化 しぼり水の有無 堤脚保護工（腰積み）の変形、沈下
堤脚水路	<ul style="list-style-type: none"> 水路の変形、沈下 表層付近の湿潤状態 	<ul style="list-style-type: none"> 堤脚水路の継目からの漏水、噴砂 	<ul style="list-style-type: none"> 堤脚水路の継目からの漏水、噴砂
堤内地		<ul style="list-style-type: none"> のり尻付近の噴砂 地盤の隆起・陥没 	<ul style="list-style-type: none"> のり尻付近の噴砂 地盤の隆起・陥没 稲刈り後の田の噴砂
樋門等構造物周辺	<ul style="list-style-type: none"> 取付け護岸の変形・クラック 施設周辺の堤防との段差（抜けあがり） 胸壁・翼壁等の部材接合部の開口 	<ul style="list-style-type: none"> 胸壁・翼壁の接合部付近からの漏水、噴砂 堤防との接合部からの漏水、噴砂 堤内地水路の水の色 	<ul style="list-style-type: none"> 胸壁・翼壁の接合部付近からの漏水、噴砂 堤防との接合部からの漏水、噴砂 堤内地水路の水の色

2.3 モニタリング結果のとりまとめ

技術資料によると、調査結果は、「目視点検結果調査票」及び「河川堤防目視点検モニタリング情報図」

に記入し、電子データとしてとりまとめる必要がある。

図 2・2～図 2・3 に、目視点検結果調査票（様式 7）及び情報図（様式 3）の記入例を示す。

整理番号		現場記入用 様式									
水系名	× × × 川	河川名	× × × 川	点検者名	△ △ △ △ △	点検年月日	○ 年 ○ 月 ○ 日				
岸別	(左)・右岸	地先名	○○	市郡	○ ○	町	○ ○	村	○ ○	地先	
場所	△△ km	構造物	()	から		上・下流	m				

■ 点検箇所 : 堤内地・裏のり面・堤防天端 (表のり面) (堤外地)

■ 状況図面

平面方向

横断方向

【堤内側】

■ 変状状況及び変状の規模

変状の種類		
変状箇所	変状項目	変状の番号
1. 河道内	湾曲部、横断工作物下流等における深掘れ	
	樹木の繁茂状況	
	土砂等の堆積状況	
2. 高水敷、低水護岸	低水護岸の基礎部の変状	
3. 表のり面・高水敷・堤防護岸	張り芝の状況や人畜による踏み荒らし、車両のわだち状況	
	のり面の亀裂	
	護岸や浸食防止シート等、耐浸食構造物の変状	
	護岸の基礎部の変状	
	坂路・階段取付部の洗掘・侵食	
4. 天端	モグラ等の小動物の穴	
	植生の変化や湿性植物の有無	①

変状箇所	変状項目	変状の番号
5. 裏のり面	張り芝の状況や人畜による踏み荒らし、車両のわだち状況	
	のり面の亀裂	
	小段の逆勾配箇所や局所的に低い箇所の有無	
	坂路・階段取付部の洗掘・侵食	
6. 裏のり尻	モグラ等の小動物の穴	
	植生の変化や湿性植物の有無	
	表層付近の湿潤状態	
	局所的に低い箇所の有無	
	しぼり水の有無	
7. 堤脚水路	水路の変形・沈下	
8. 堤内地	表層付近の湿潤状態	
9. 樋門等構造物周辺	取付護岸の変形・クラック	
	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)	
	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口	

■ 変状の規模

単位 (m)

No.	変状程度	変状規模・範囲	
①	大・中・(小)	幅	4.4
		長さ	21.0
	大・中・小	幅	
		長さ	
	大・中・小	幅	
		長さ	
	大・中・小	幅	
		長さ	
	大・中・小	幅	
		長さ	

①表法尻が湿潤状態であり、湿性植物を確認。
※H20、21モニタリング調査及び今回調査による。

図 2・2 目視点検結果調査票（様式 7）記入例

直轄河川堤防目視点検モニタリング情報図(出水期前後点検)〈様式〉

水系名		××水系		河川名		××川		区間		左岸 0.0km~5.0km		管理事務所		××事務所		整理番号		1									
基本情報	距離(km)	0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0																									
	流入出河川、主要構造物	△△橋 ○○樋門 △△橋 ○○樋門																									
	基本断面形状	確保 未確保 確保 未確保 確保 未確保 確保																									
	土質	S C																									
	要注意地形	C 河岸																									
	築堤年代	S30~ ~S30 S30~ ~S30																									
	平均動水勾配	~0.10																									
	高水位継続時間	48h~ 24~48h 48h~																									
	被災履歴、時期	護岸工 護岸工																									
	対策工実施区間、時期	B C B C D1 C B C B A B A B																									
詳細点検実施																											
詳細点検結果	川表(Fs>1.0) 川裏(Fs>○) 局所動水勾配 G>W																										
<table border="1"> <tr> <td>■</td> <td>実施箇所</td> </tr> <tr> <td>★</td> <td>要対策箇所</td> </tr> <tr> <td>☆</td> <td>評価対象断面</td> </tr> <tr> <td>実態年度</td> <td></td> </tr> </table>																				■	実施箇所	★	要対策箇所	☆	評価対象断面	実態年度	
■	実施箇所																										
★	要対策箇所																										
☆	評価対象断面																										
実態年度																											
護岸	距離(km)	0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0																									
	護岸の有無	高水護岸 低水護岸 根固め工																									
	河道の線形																										
	護岸被災及び河岸侵食履歴、時期	低水、根固(S28)																									
	セグメント1区間																										
	流速2m/s以上	高水護岸 低水護岸																									
出水による侵食の恐れのある河岸																											
河床低下傾向区間																											
目視点検情報(平成20年9月)	重点区間	堤防 構造物 低評価 低評価 低評価 注意地形 護岸 被災 高流速 高流速 高流速																									
	堤防(平常時)	表のり面 天端 裏のり面 裏のり尻 堤脚 構造物 植生																									
	護岸(平常時)	高水敷 低水護岸 基礎部・根固																									
	河道(平常時)	高水護岸 基礎部・根固 樹木の繁茂状況(高水敷) 樹木の繁茂状況(低水路) 土砂等の堆積洗掘状況																									
	備考欄	水防団等のコメント																									
	<table border="1"> <tr> <td>■</td> <td>要注項目に変状が見られた区間</td> </tr> <tr> <td>□</td> <td>要注項目以外に変状が見られた区間</td> </tr> </table>																				■	要注項目に変状が見られた区間	□	要注項目以外に変状が見られた区間			
	■	要注項目に変状が見られた区間																									
	□	要注項目以外に変状が見られた区間																									
	※目視点検情報項目は対象河川の特性に応じて適宜追加すること。																										

直轄河川目視点検モニタリング情報図(洪水 midpoint 検、洪水後点検)〈様式〉

水系名		××水系		河川名		××川		区間		左岸 0.0km~5.0km		管理事務所		××事務所		整理番号		1						
目視点検情報(平成 年 月洪水)	距離標	0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0																						
	重点区間	堤防 護岸																						
	堤防	表のり面 天端 裏のり面 裏のり尻 堤脚 構造物																						
	護岸	高水敷 低水護岸 基礎部・根固 高水護岸 基礎部・根固																						
	河道	樹木の残存状況 土砂等の堆積洗掘状況																						
	<table border="1"> <tr> <td>■</td> <td>要注項目に変状が見られた区間</td> </tr> <tr> <td>□</td> <td>要注項目以外に変状が見られた区間</td> </tr> </table>																				■	要注項目に変状が見られた区間	□	要注項目以外に変状が見られた区間
	■	要注項目に変状が見られた区間																						
	□	要注項目以外に変状が見られた区間																						

図 2.3 直轄河川堤防目視点検モニタリング情報図(様式3) 記入例

3. 変状の判断基準設定に関する課題

北海道開発局において管理を行っている河川（指定区間外区間及び2条7号区間）を対象にモニタリングを実施する場合、河川管理の実業務を担っている各河川事務所では、以下のような課題が生じる可能性がある。

- ・ 調査員個々における変状規模の判断に関する課題
各河川事務所の管理延長は左右岸あわせて150kmを超過するところが多く、かつ河道内は春の融雪の影響により夏期の出水期前までに目視調査が可能な期間も短いことから、多くの調査員を集中的にモニタリングに従事させる必要がある。
しかし、調査員の堤防に関する知識や経験により、変状規模の判断に差が生じる可能性がある。

このため、変状の判断にあたり、短期間で効率的に調査結果をとりまとめるためには、どの調査員でも同一の判断結果となるようなわかりやすく、かつ客観的な判断基準を作成する必要がある。

そこで、変状を判断する基準を北海道開発局石狩川開発建設部（現札幌開発建設部）江別河川事務所管内の事例として、「4. 変状の判断基準に関する対応策」に示すように作成した。

さらに、「5. 変状の判断基準設定による効果」では、技術資料をもとに変状を判断した結果と本稿で設定した判断基準による判断結果を比較した。

4. 変状の判断基準に関する対応策

4.1 変状の判断基準設定にあたっての基本方針

「3. 変状の判断基準設定に関する課題」で示した課題を解決するために、各モニタリング項目の変状の判断にあたっては、どの調査員でも同一の判断結果となるようなわかりやすく、かつ客観的な判断基準を可能な限り作成することにした。

技術資料では、変状の規模に応じて「大：目視で明らかに判るようなもの」、「中：変状の程度の判別

No.	変状程度	変状規模			範囲
		幅	長さ	箇所数	
①	大	幅	3.0	長さ	1.0
		長さ	0.5	箇所数	1
		箇所数		長さ	
	中	幅		長さ	
	小	幅		長さ	

図 4-1 目視点検結果調査票記入例（一部抜粋）

が困難なもの」、「小：注視して判別が可能なもの」という目安で整理することになっている（図 4-1 参照）。

このため、変状の定量的な判断基準を作成するにあたり、上述した基準を発展させ、平常時モニタリング項目における変状の分類を以下に示すように設定し、各モニタリング項目の変状の判断基準を作成することにした。

- 大：変状を放置すると、治水施設として十分機能が発揮できない恐れがあり、洪水中、洪水後の点検を重点的に実施する必要があると判断する場合
- 中：変状が、治水施設としての機能が不足する恐れがあり、洪水中、洪水後の監視を実施する必要があると判断する場合
- 小：変状が洪水で安全と思われるが経過観察が必要と判断する場合

4.2 変状の判断基準の設定

平常時モニタリング項目における変状の判断基準は、「4.1 変状の判断基準設定にあたっての基本方針」において示した分類を基本に、河川計画や改修実施時に用いられている計画・設計基準等を参考に設定した。

設定した変状の判断基準を表 4-1～表 4-2 に示す。なお、設定した判断基準の内、主だった項目の設定根拠については、「4.3 変状の判断基準の設定根拠（一部抜粋）」に示す。

表 4-1 変状の判断基準一覧表 (1)

(H21 業務成果より抜粋)

調査対象箇所	モニタリング項目	変状の判断基準			備考
		大	中	小	
河道内	湾曲部、横断工 作物下流等にお ける深掘れ	堤防防護ライン(必要高水敷幅)を超える場合。但し、各河川にて防護ラインを超える箇所であって、低水護岸及び高水敷護岸によって保護されている箇所はこの限りではない。	最新横断面図または最新調査より深掘れ等が進行した場合で、変状規模が堤防防護ラインに接近した場合又は計画河床高か河床最深部のいずれか低い方で、2m以上深掘れが進行した場合。	最新横断面図または最新調査より深掘れ等が進行した場合で、変状規模が計画河床高または河床最深部のいずれか低い方で、2m以下の深掘れが進行した場合。	変状の目安は(財団法人国土技術研究センター, 2001)。(財団法人国土技術研究センター, 2000)に示されている情報を参考に設定
	樹木の繁茂状況	樹木の繁茂により治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。(河道掘削計画あり)	樹木の繁茂により治水施設に影響を与える恐れがある場合。(河道掘削計画なし)	樹木の繁茂により治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	変状の目安は(財団法人リバーフロント整備センター, 2000)に示されている繁茂状況を参考に判断
	土砂等の堆積状況	土砂の堆積があり、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。(河道掘削計画あり) 〈目安として〉 阻害率が10%程度 ・目標(現況)低水路断面の9割を確保 ・低水位以上の堆積で、低水路幅の1/2以上高さが1.5m以上の堆積	土砂の堆積があり、治水施設に影響を与える恐れがある場合。(河道掘削計画なし) 〈目安として〉 阻害率が5%程度 ・目標(現況)低水路断面の9.5割確保 ・低水位以上の堆積で、低水路幅の1/3以上高さが1.0m以上の堆積	土砂の堆積があり、治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。流下能力がある場合。 〈目安として〉 阻害率が2% ・目標(現況)低水路断面の9.8割確保 ・低水位以上の堆積で、低水路幅の1/4以上高さが0.5m以上の堆積	
高水敷、 低水護岸	低水護岸及び低水護岸の基礎部の変状	堤防防護ラインが確保されていない箇所、低水護岸等に変状がある場合。 〈目安として〉 ・低水護岸等の施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合	堤防防護ラインが確保されている箇所、低水護岸等に変状がある場合。 〈目安として〉 ・低水護岸等の施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合	堤防防護ラインが確保されている箇所、低水護岸等に変状がある場合。 〈目安として〉 ・低水護岸等の施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合	変状の目安は(財団法人国土技術研究センター, 2001)に示されている情報を参考に設定
表のり面、高水・堤防護岸	張り芝の状況や人畜による踏み荒らし、車両のわだち状況	該当とはしない。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、全法面の裸地率が30%以上の変状があり、治水施設に影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・裸地以外で車両等のわだち深は概ね0.30m以上の場合	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、全法面の裸地率が30%以下の変状があり、治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・裸地以外で車両等のわだち深は概ね0.30m以下の場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会, 2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
	のり面の亀裂	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面内に入り治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面外で治水施設に影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・亀裂の深さが0.15m以上の場合	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面外で治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・亀裂の深さが0.15m以下の場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会, 2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
	護岸や侵食防止シート等、耐侵食構造物の変状	計画高水位以下の箇所、既設護岸等に変状があり、施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所、既設護岸等に変状があり、施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所、既設護岸等に変状があり、施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	
	護岸の基礎部の変状	計画高水位以下の箇所、既設護岸基礎部等に変状があり、施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所、既設護岸基礎部等に変状があり、施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所、既設護岸基礎部等に変状があり、施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	
	坂路・階段取付部の洗掘・侵食	計画高水位以下の箇所、既設坂路等に変状があり、施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所、既設坂路等に変状があり、施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所、既設護岸基礎部等に変状があり、施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	
	モグラ等の小動物の穴	計画高水位以下の箇所、小動物の穴が、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・小動物の穴が計画断面内に入っている場合	計画高水位以下の箇所、小動物の穴が、治水施設に影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・小動物の穴が計画断面外で穴の深さが0.30m以上の場合	計画高水位以下の箇所、小動物の穴が、治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・小動物の穴が計画断面外で穴の深さが0.30m以下で治水施設に多少影響を与える恐れがある場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会, 2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
	植生の変化や湿性植物の有無	該当とはしない。	計画高水位以下の箇所、植生の変化や湿性植物が確認され、その状況が進行し、治水施設に影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所、植生の変化や湿性植物が確認され、その状況が進行し、治水施設に影響を与える恐れがある場合。	
天端	亀裂	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、堤防天端の亀裂が計画断面内に入り治水施設に多大な影響を与える場合。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、堤防天端の亀裂が計画断面外で治水施設に影響を与える場合。 〈目安として〉 ・亀裂の深さが0.15m以上の場合	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、堤防天端の亀裂が計画断面外で治水施設に多少影響を与える場合。 〈目安として〉 ・亀裂の深さが0.15m以下の場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会, 2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
	局所的に低い箇所	現況堤防断面が計画堤防高以下及び計画天端幅以下の局所的に低い箇所、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	現況堤防断面が計画堤防高以上及び計画天端幅以下の局所的に低い箇所、治水施設に影響を与える恐れがある場合。	現況堤防断面が計画堤防高以上及び計画天端幅以下の局所的に低い箇所、治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	
	天端舗装端部の状況	該当とはしない。	天端舗装端部の段差等が、施設の機能や河川管理用道路として支障を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・段差が0.30m以上の場合	天端舗装端部の段差等が、施設機能や河川管理用道路として支障となる恐れが多少ある場合。 〈目安として〉 ・段差が0.30m以下の場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会, 2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
	水溜り	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、降雨等による水溜りが、堤防弱体化に繋がる恐れがある場合。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、水溜りによる巡視パトロール等が通行不可能や水防活動に支障が出る恐れがある場合。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、水溜りによる巡視パトロールや水防活動等の通行に影響を与える場合。	
	雨水の排水状況	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、雨水排水の支障により、堤体に多大な影響がある場合。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、雨水排水の支障により、堤体に影響がある場合。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、雨水排水の支障により、堤体に多少影響がある場合。	
裏のり面	張り芝の状況や人畜による踏み荒らし、車両のわだち状況	該当とはしない。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、全法面の裸地率が30%以上の変状があり、治水施設に影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・裸地以外で車両等のわだち深は概ね0.30m以上の場合	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、全法面の裸地率が30%以下の変状があり、治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・裸地以外で車両等のわだち深は概ね0.30m以下の場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会, 2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定

表 4-2 変状の判断基準一覧表 (2)

(H21 業務成果より抜粋)

調査対象箇所	モニタリング項目	変状の判断基準			備考
		大	中	小	
裏のり面	のり面の亀裂	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面内に入り治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面外で治水施設に影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・亀裂の深さが0.15m以上の場合	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面外で治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・亀裂の深さが0.15m以下の場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会,2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
	小段の逆勾配箇所や局所的に低い箇所の有無	計画高水位以下の箇所で既設小段等に変状があり、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所で既設小段等に変状があり、治水施設に影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所で既設小段等に変状があり、治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	
	坂路・階段取付部の洗掘・侵食	計画高水位以下の箇所で既設坂路等に変状があり、施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所で既設坂路等に変状があり、施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所で既設坂路等に変状があり、施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	
	モグラ等の小動物の穴	計画高水位以下の箇所で小動物の穴が、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・小動物の穴が計画断面内に入っている場合	計画高水位以下の箇所で小動物の穴が、治水施設に影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・小動物の穴が計画断面外で穴の深さが0.30m以上の場合	計画高水位以下の箇所で小動物の穴が、治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・小動物の穴が計画断面外で穴の深さが0.30m以下で治水施設に多少影響を与える恐れがある場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会,2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
	植生の変化や湿性植物の有無	該当とはしない。	計画高水位以下の箇所で植生の変化や湿性植物が確認され、その状況が進行し、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	計画高水位以下の箇所で植生の変化や湿性植物が確認され、その状況が進行し、治水施設に影響を与える恐れがある場合。	
裏のり尻	表層付近の湿潤状態	裏のり尻の湿潤状態が計画断面内に入り治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	裏のり尻の湿潤状態が計画断面外で治水施設に影響がある場合。	裏のり尻の湿潤状態が計画断面外で治水施設に多少影響がある場合。	
	局所的に低い箇所の有無	裏のり尻が局所的に低い箇所で計画断面内に入り治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	裏のり尻が局所的に低い箇所で計画断面外で治水施設に影響を与える恐れがある場合。	裏のり尻が局所的に低い箇所で計画断面外で治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	
	しぼり水の有無	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、裏のり尻からのしぼり水があり治水施設及び河川管理に多大な影響がある場合。 ＜目安として＞ ・明らかにしぼり水(湧水)が大量に確認された場合	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、裏のり尻からのしぼり水があり治水施設及び河川管理に影響がある場合。 ＜目安として＞ ・明らかにしぼり水(湧水)が確認された場合	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、裏のり尻からのしぼり水があり治水施設及び河川管理に多少影響がある場合。 ＜目安として＞ ・しぼり水の可能性があるとして判断した場合	
	モグラ等の小動物の穴	裏のり尻の箇所で小動物の穴が、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・小動物の穴が計画断面内に入っている場合	裏のり尻の箇所で小動物の穴が、治水施設に影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・小動物の穴が計画断面外で穴の深さが0.30m以上の場合	裏のり尻の箇所で小動物の穴が、治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・小動物の穴が計画断面外で穴の深さが0.30m以下で治水施設に多少影響を与える恐れがある場合	変状の目安は(社団法人日本河川協会,2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
	堤脚保護工の変形	裏のり尻の箇所で堤脚保護工の変形又は機能低下が著しい場合。	裏のり尻の箇所で堤脚保護工の変形又は機能低下がある場合。	裏のり尻の箇所で堤脚保護工の変形又は機能低下が少しある場合。 ＜目安として＞ ・土砂・草による砂利等の目詰まり	
	植生の変化や湿性植物の有無	該当とはしない。	裏のり尻の箇所で植生の変化や湿性植物が確認され、その状況が進行し、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	裏のり尻の箇所で植生の変化や湿性植物が確認され、その状況が進行し、治水施設に影響を与える恐れがある場合。	
	特殊堤法尻護岸	特殊堤の裏のり尻の箇所で治水施設に多大な影響がある場合。	特殊堤の裏のり尻の箇所で治水施設に影響がある場合。	特殊堤の裏のり尻の箇所で治水施設に多少影響がある場合。	
堤脚水路	水路の変形・沈下が排水機能に多大な影響を与える恐れがある場合。 ＜具体として＞ ・水路の変形・沈下や土砂堆積及び草木等の繁茂により水路断面が概ね50%以上阻害される場合	水路の変形・沈下や土砂堆積及び草木等の繁茂により水路断面が概ね30%以上阻害される場合	水路の変形・沈下が排水機能に多少影響を与える恐れがある場合。 ＜具体として＞ ・水路の変形・沈下や土砂堆積及び草木等の繁茂により水路断面が概ね30%以下阻害される場合		
堤内地	表層付近の湿潤状態	堤内地の表層付近の湿潤により、治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	堤内地の表層付近の湿潤により、治水施設に影響を与える恐れがある場合。		
構造物	取付護岸の変形・クラック	計画高水位以下の箇所で取付護岸の変形・クラック等の変状があり、施設の機能や治水施設に多大な影響がある場合。 ＜目安として＞ ・恒久護岸のり面等においてクラック幅0.05m以上、深さはコンクリートブロック厚の場合 ・恒久護岸のり面及び水平部等において沈下等の変状が深さ0.50m以上の場合	計画高水位以下の箇所で取付護岸の変形・クラック等の変状があり、施設の機能や治水施設に影響がある場合。 ＜目安として＞ ・恒久護岸のり面等においてクラック幅0.03m以上、深さはコンクリートブロック厚1/2以上の場合 ・恒久護岸のり面及び水平部等において沈下等の変状が深さ0.30m以上の場合	計画高水位以下の箇所で取付護岸の変形・クラック等の変状があり、施設の機能や治水施設に多少影響がある場合。 ＜目安として＞ ・恒久護岸のり面等においてクラック幅0.03m以下、深さはコンクリートブロック厚1/2以下の場合 ・恒久護岸のり面及び水平部等において沈下等の変状が深さ0.30m以下の場合	
	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)があり、施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)があり、施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合。	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)があり、施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	
	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口の規模が、施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・胸壁・翼壁等の部材接合部の開口施設や止水板の破断が確認され、施設の機能や治水施設に多大な影響がある場合	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口の規模が、施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・胸壁・翼壁等の部材接合部の開口が確認され、止水板が破断する恐れや施設の機能や治水施設に影響がある場合	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口の規模が、施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 ＜目安として＞ ・胸壁・翼壁等の部材接合部の開口が確認され、施設の機能や治水施設に多少影響がある場合	

なお、目視で確認できる変状の分類が複雑で定量的な評価を行うことができなかったものについては、堤防等の治水機能への影響程度をもとに定性的な判断基準を設定し、定量的な判断基準の設定は、今後の課題とした。

4.3 変状の判断基準の設定根拠(一部抜粋)

「4.2 変状の判断基準の設定」において設定した変状の判断基準の内、主だった項目の設定根拠について以下に示す。

4.3.1 高水敷、低水護岸における判断基準

1) 低水護岸及び低水護岸の基礎部の変状

低水護岸及び低水護岸の基礎部における変状が悪化すると、洪水時の侵食作用に対する保護機能が低下し、高水敷幅の減少等による堤防の支持力低下に伴い堤防のすべり破壊等が発生する可能性が高まる。

「河道計画検討の手引き、平成13年、財団法人国土技術研究センター」では、過去の河岸被災事例等から1洪水に生じ得る河岸侵食幅の目安が示されており、この目安に基づき河川整備計画において堤防防護に必要な高水敷幅が設定されている。

このことから、「低水護岸及び低水護岸の基礎部」の変状の判断は、「1洪水に生じ得る河岸侵食幅の目安となる高水敷幅の確保」を考慮し、表4.3に示す基準を設定した。

表4.3 低水護岸等に関する判断基準

	変状の判定基準	備考
大	堤防防護ラインが確保されていない箇所、低水護岸等に変状がある場合。 〈目安として〉 ・低水護岸等の施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合	変状の目安は(財団法人国土技術研究センター, 2001)に示されている情報を参考に設定
中	堤防防護ラインが確保されている箇所、低水護岸等に変状がある場合。 〈目安として〉 ・低水護岸等の施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合	
小	堤防防護ラインが確保されている箇所、低水護岸等に変状がある場合。 〈目安として〉 ・低水護岸等の施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合	

4.3.2 のり面(表・裏)における判断基準

1) のり面の亀裂

のり面の亀裂が拡大すると、堤防のすべり破壊等が発生する可能性が高まり、堤防の質的安全度が低下する。

「河川整備計画」では、土質情報等をもとに堤防の量・質的安全度を考慮の上、堤防断面が設定されている。また、堤防施工時には、「堤防余盛基準に関する通達」(社団法人日本河川協会, 2009)を参考に、施工を行っている。

このことから、「のり面の亀裂」の変状の判断は、「堤防の質的安全度を確保するために必要な断面の確保」を考慮し、表4.4に示す基準とした。

表4.4 のり面の亀裂に関する判断基準

	変状の判定基準	備考
大	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面内に入り治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	変状の目安は(社団法人日本河川協会, 2009)に示されている堤防余盛高を参考に設定
中	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面外で治水施設に影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・亀裂の深さが0.15m以上の場合	
小	現況堤防断面が完成、暫定を問わず、亀裂が計画断面外で治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 〈目安として〉 ・亀裂の深さが0.15m以下の場合	

4.3.3 樋門等構造物周辺における判断基準

1) 取付護岸の変形・クラック

樋門等の取付護岸の変形が拡大すると、洪水時に局所的に洗堀・侵食が進行し、樋門等構造物が本来持っている機能を確保することが困難となる可能性がある。

樋門等構造物は、設計基準に則り設計・施工が行われており、これに伴い施設の機能を維持している。

このことから、「取付護岸の変形・クラック」の変状の判断は、「樋門等構造物が本来持っている機能の確保」を考慮し、表4.5に示す基準とした。

表4.5 取付護岸の変形・クラックに関する判断基準

	変状の判定基準	備考
大	計画高水位以下の箇所で取付護岸の変形・クラック等の変状があり、施設の機能や治水施設に多大な影響がある場合。 〈目安として〉 ・恒久護岸のり面等においてクラック幅0.05m以上、深さはコンクリートブロック厚以上の場合 ・恒久護岸のり面及び水平部等において沈下等の変状が深さ0.50m以上の場合	
中	計画高水位以下の箇所で取付護岸の変形・クラック等の変状があり、施設の機能や治水施設に影響がある場合。 〈目安として〉 ・恒久護岸のり面等においてクラック幅0.03m以上、深さはコンクリートブロック厚1/2以上の場合 ・恒久護岸のり面及び水平部等において沈下等の変状が深さ0.30m以上の場合	
小	計画高水位以下の箇所で取付護岸の変形・クラック等の変状があり、施設の機能や治水施設に多少影響がある場合。 〈目安として〉 ・恒久護岸のり面等においてクラック幅0.03m以下、深さはコンクリートブロック厚1/2以下の場合 ・恒久護岸のり面及び水平部等において沈下等の変状が深さ0.30m以下の場合	

2) 施設周辺の堤防との段差（抜け上がり）

樋門等の施設周辺の堤防との段差（抜け上がり）が拡大すると、樋門等構造物が本来持っている機能を確保することが困難となる可能性がある。

樋門等構造物は、設計基準に則り設計・施工が行われており、これに伴い施設の機能を維持している。

このことから、「施設周辺の堤防との段差（抜け上がり）」の変状の判断は、「樋門等構造物が本来持っている機能の確保」を考慮し、表 4・6 に示す基準とした。

表 4・6 施設周辺の堤防との段差に関する判断基準

	変状の判定基準	備考
大	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)があり、施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。	
中	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)があり、施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合。	
小	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)があり、施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。	

3) 胸壁・翼壁等の部材接合部の開口

胸壁・翼壁等の部材接合部の開口が拡大すると、樋門等構造物が本来持っている機能を確保することが困難となる可能性がある。

樋門等構造物は、設計基準に則り設計・施工が行われており、これに伴い施設の機能を維持している。

表 4・7 胸壁等部材接合部の開口に関する判断基準

	変状の判定基準	備考
大	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口の規模が、施設の機能や治水施設に多大な影響を与える恐れがある場合。 <目安として> ・胸壁・翼壁等の部材接合部の開口施設や止水板の破断が確認され、施設の機能や治水施設に多大な影響がある場合	
中	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口の規模が、施設の機能や治水施設に影響を与える恐れがある場合。 <目安として> ・胸壁・翼壁等の部材接合部の開口が確認され、止水板が破断する恐れや施設の機能や治水施設に影響がある場合	
小	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口の規模が、施設の機能や治水施設に多少影響を与える恐れがある場合。 <目安として> ・胸壁・翼壁等の部材接合部の開口が確認され、施設の機能や治水施設に多少影響がある場合	

このことから、上述した情報を参考に、「胸壁・翼壁等の部材接合部の開口」の変状の判断は、「樋門等構造物が本来持っている機能の確保」を考慮し、表 4・7 に示す基準とした。

5. 変状の判断基準設定による効果

5.1 変状の判断基準設定効果の検証方法の概要

「4. 変状の判断基準に関する対応策」に示した平常時モニタリング項目の変状の基準をもとに判断した場合の効果について検証する。

効果の検証に用いたモニタリング情報は、平成 20 年度に石狩川開発建設部（現札幌開発建設部）江別河川事務所より業務委託を受けた調査会社の職員が、技術資料をもとに変状の判断を行った調査結果とする。

効果の検証は、モニタリングにおいて各調査員により判断された変状結果と調査時に計測された変状情報をもとに「4. 変状の判断基準に関する対応策」において示した変状の判断基準に則って判断した結果と比較の上、実施する。

対象河川の位置図を図 5・1 に、延長距離一覧を表 5・1 に示す。なお、対象区間の有堤区間の内、完成堤は 8 割強を占めている。



図 5・1 対象河川位置図

表 5.1 対象河川延長距離一覧

	左岸	右岸	延長距離
石狩川	KP18.4~39.0	KP17.0~39.5	43.1km
篠津川	KP 0.0~ 2.9	KP 0.0~ 2.9	5.8km
千歳川	KP 0.0~ 5.8	KP 0.0~ 5.8	11.6km
夕張川	KP 0.0~44.6	KP 0.0~44.6	89.2km
幌向川	KP 0.0~ 7.5	KP 0.0~ 7.5	15.0km
清真布川	KP 0.0~ 8.6	KP 0.0~ 8.6	17.2km
合計			181.9km

5.2 変状の判断基準設定の効果

本稿で示した基準をもとに変状を判断した結果と技術資料をもとに判断した結果（H20 調査結果）を集計したものを表 5.2 に示す。また、両者による判断結果の差にどのような傾向がみられるかを整理したものを図 5.2 に示す。

これによると、本稿で示した基準をもとに変状を判断した結果と技術資料をもとに判断した結果では、5 割強程度の変状箇所において同じ判断結果となっていることがわかる。しかし、1 割強程度のものは危険側（技術資料をもとに判断した結果のほうが変状が小さい）、4 割程度弱のものは安全側（技術資料をもとに判断した結果のほうが変状が大きい）に判断されており、両者による判断結果には差が見られることがわかる。

また、本稿で示した基準をもとに変状を判断した結果と技術資料をもとに 6 名の調査員が判断した結果の差を整理すると、その傾向は大きく分けて 2 グループに分類される。各グループにおける傾向を示す例として、本稿で示した基準をもとに変状を判断した結果と技術資料をもとに 2 名の調査員が判断した結果の差を整理したものを図 5.3 に示す。

図 5.3 の上図に示す通り、本稿で示した基準をもとに変状を判断した結果と A 調査員が判断した結果では 6 割以上の変状箇所において同じ判断結果となっていることがわかる。一方、図 5.3 の下図に示す通り、本稿で示した基準をもとに変状を判断した結果と B 調査員が判断した結果を比較すると、同じ判断結果となった変状箇所は 3 割程度にとどまり、残りの大部分は安全側（技術資料をもとに判断した結果のほうが変状が大きい）に判断される結果となり、

両調査員による判断基準に差が生じていることが伺える。

このことから、本稿で示した基準をもとに変状を判断することにより、調査員の知識や経験の違いによる判断結果の差を最小限に抑えることが可能であり、堤防の安全性・信頼性について適切に評価し、対策等の実管理を行うことができると考える。

表 5.2 本稿基準と技術資料による判断結果の比較

変状の判断結果				備考	
本稿基準※1		技術資料※2			
判断結果	箇所数	判断結果	箇所数		
大	55	大	26	本稿基準と技術資料では同一判断	
		中	19		技術資料では危険側に判断
		小	10		技術資料では危険側に判断
中	51	大	4	技術資料では安全側に判断	
		中	41	本稿基準と技術資料では同一判断	
		小	6		技術資料では危険側に判断
小	194	大	15	技術資料では安全側に判断	
		中	87		
		小	92	本稿基準と技術資料では同一判断	

※1：本稿で示した判断基準をもとにした判断結果

※2：技術資料をもとにした判断結果

危険側に設定：技術資料をもとにした判断結果のほうが変状が小さい
 同一判断：本稿で示した基準と技術資料による判断結果が同じ
 安全側に設定：技術資料をもとにした判断結果のほうが変状が大きい

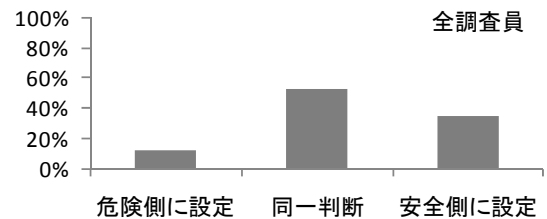


図 5.2 本稿基準と技術資料による判断結果 1

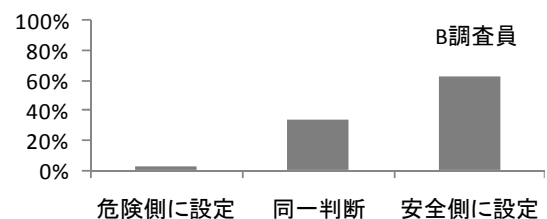
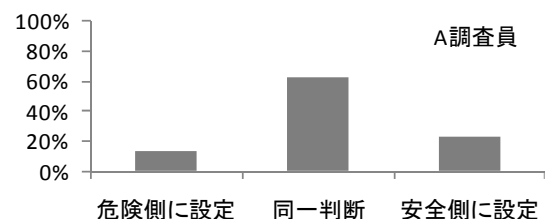


図 5.3 本稿基準と技術資料による判断結果 2

表 5・3 本稿基準と技術資料による判断結果の比較

調査対象箇所	平常時モニタリング項目	変状箇所数	同一判定以外の箇所数	判定に差が生じる割合
		(1)	(2)	(2)÷(1)
河道内	湾曲部、横断工作物下流等における深掘れ	0	0	-
	樹木の繁茂状況	0	0	-
	土砂等の堆積状況	0	0	-
高水敷、低水護岸	低水護岸および低水護岸の基礎部の変状	3	2	66.7%
表のり面・高水敷・堤防護岸	張り芝の状況や人畜による踏み荒らし、車両のわだちのり面の亀裂	2	0	-
	護岸や侵食防止シート等、耐侵食構造物の侵食	4	2	50.0%
	護岸および護岸の基礎部の変状	0	0	-
	護岸および護岸の基礎部の変状	4	1	25.0%
	坂路・階段取り付け部の洗掘・侵食	1	1	100.0%
	モグラ等の小動物の穴	4	1	25.0%
	植生の変化や湿性植物の有無	0	0	-
天端	亀裂	1	1	100.0%
	局所的に低い箇所	9	3	33.3%
	堤防天端舗装端部の状況	0	0	-
	水溜り	16	7	43.8%
裏のり面	雨水の排水状況	0	0	-
	張り芝の状況や人畜による踏み荒らし、車両のわだち	2	2	100.0%
	のり面の変状・亀裂	5	2	40.0%
	小段の逆勾配・局所的に低い箇所	2	1	50.0%
	坂路・階段取り付け部の洗掘・侵食	0	0	-
	モグラ等の小動物の穴	0	0	-
	植生の変化や湿性植物の有無	0	0	-
裏のり尻	表層付近の湿潤状態	0	0	-
	局所的に低い箇所	0	0	-
	しぼり水の有無	0	0	-
	モグラ等の小動物の穴	5	1	20.0%
	堤脚保護工の変形・沈下	0	0	-
堤脚水路	植生の変化や湿性植物の有無	0	0	-
	水路の変形・沈下	10	4	40.0%
堤内地	表層付近の湿潤状態	0	0	-
樋門等構造物周辺	取付護岸の変形・クラック	151	64	42.4%
	施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)	14	8	57.1%
	胸壁・翼壁等の部材接合部の開口	54	32	59.3%

※グレーでハッチングされている項目は、変状箇所数が3箇所以上で判定に差が生じる割合が50%以上、もしくは同一判定以外の箇所数が10箇所以上のもの。

5.3 個々の変状箇所における判断結果の比較

「5.2 変状の判断基準設定の効果」において整理した本稿で示した基準をもとに判断した結果と技術資料をもとに判断した結果について、モニタリング項目別に集計したものを表 5・3 に示す。

これによると、本稿で対象とした河川では「樋門等構造物周辺の取付護岸の変形・クラック」と判断される変状箇所が多いことがわかる。また、「低水護岸の基礎部の変状」、「のり面の亀裂」、「樋門等の施設周辺の堤防との段差(抜け上がり)」及び「樋門等構造物周辺の胸壁・翼壁等の部材接合部の開口」と判断される変状箇所について判断結果に差が生じる割合が高いことがわかる。上述した事項についてその詳細を把握するために、平成 20 年度調査情報をもとに、技術資料をもとに判断した結果(平成 20 年度調査結果)と本稿で示した基準をもとに判断した結果の詳細について整理し、以下に示す。

5.3.1 低水護岸等の変状と判断された例

平成 20 年度調査において低水護岸の変状と判断された箇所のうち、技術資料をもとに判断した結果と本稿で示した判断基準による判断結果が異なったものの代表例を写真 5・1 に示す。

本箇所は、低水護岸の一部の変状が確認されたため、調査員は変状規模を「中」と判断している。

しかし、変状箇所は堤防防護ラインから大きく離



写真 5・1 低水護岸の変状の例 (H20 調査)

れていることから、本稿で設定した基準を用いて判断すると変状規模は「小」となる。

5.3.2 のり面の亀裂と判断された例

平成 20 年度調査においてのり面の亀裂と判断された箇所のうち、技術資料をもとに判断した結果と本稿で示した判断基準による判断結果が異なったものの代表例を写真 5・2 に示す。

本箇所は、堤防裏のり面に幅 0.1m、長さ 0.1m、深さ 0.2m の亀裂が確認されたため、調査員は変状規模を「中」と判断している。

しかし、変状箇所は亀裂が計画河道断面外であり、かつ堤防余盛高より浅いため、本稿で設定した基準を用いて判断すると変状規模は「小」となる。



写真 5・2 のり面の亀裂の例 (H20 調査)

5.3.3 取付護岸の変形・クラックと判断された例

平成 20 年度調査において取付護岸の変形と判断された箇所のうち、技術資料をもとに判断した結果



写真 5・3 取付護岸の変形の例 (H20 調査)

と本稿で示した判断基準による判断結果が異なったものの代表例を写真 5・3 に示す。

本箇所は、樋門周辺の取付護岸が幅 0.5m、長さ 2.5m 程度の範囲内において沈下が確認されたため、調査員は変状規模を「中」と判断している。

しかし、変状箇所の沈下は 0.2m であったことから、本稿で設定した基準を用いて判断すると変状規模は「小」となる。

5.3.4 施設周辺の堤防との段差と判断された例

平成 20 年度調査において施設周辺の堤防の段差（抜け上がり）の変形と判断された箇所のうち、技術資料をもとに判断した結果と本稿で示した判断基準による判断結果が異なったものの代表例を写真 5・4 に示す。

本箇所は、樋門周辺が幅 4.0m、長さ 5.0m 程度の範囲内において周辺の堤防と段差があることが確認されたため、調査員は変状規模を「中」と判断している。

しかし、変状箇所の段差は 0.2m であったことから、本稿で設定した基準を用いて判断すると変状規模は「小」となる。



写真 5・4 施設周辺の堤防との段差の例 (H20 調査)

5.3.5 翼壁等の部材接合部の開口と判断された例

平成 20 年度調査において翼壁の部材接合部の開口と判断された箇所のうち、技術資料をもとに判断した結果と本稿で示した判断基準による判断結果が異なったものの代表例を写真 5・5 に示す。

本箇所は、樋門翼壁の部材接合部において 0.05m

の開口が確認されたため、調査員は変状規模を「中」と判断している。

しかし、変状箇所は止水板の断裂は確認されおらず、想定されている機能を維持していることから、本稿で設定した基準を用いて判断すると変状規模は「小」となる。



写真 5.5 部材接合部の開口の例 (H20 調査)

5.3.6 個々の変状箇所における判断結果の違い

「5.3.1 低水護岸等の変状と判断された例」～「5.3.5 翼壁等の部材接合部の開口と判断された例」において示した事例を整理した結果、技術資料をもとにした調査員の変状判断では、堤防の質的安全度より、変状規模に重点をおいた判断がなされている事例があったことが伺える。

このことから、本稿で示した基準をもとに変状を判断することにより、堤防の質的安全度を考慮した変状の判断が可能となり、堤防の安全性・信頼性について適切に評価し、対策等の実管理を行うことができると思う。

6. まとめ及び今後の課題

本稿で示した河川堤防目視点検モニタリングにおける変状の判断基準をもとに、変状を判断した場合、従来実施してきた技術資料をもとにした判断結果と比べ、判断された変状の差を抑えることができた。これにより、堤防の安全性・信頼性について適切に評価し、今後の河川管理の適切な実施が可能となったと考える。

しかし、本稿の中で示した変状の判断基準の中には、変状に関する情報不足等から調査員が判断せざるを得ない項目も残っていることから、今後も検討を行う必要があると考える。また、調査員が本稿で示した判断基準等をもとに適切に判断することができるように、教育・訓練の実施が必要であると思う。さらに、今回設定した判断基準は、本稿で示した対象区域では有効であったが、今後、他河川での適用等の可能性についても検討を行う必要がある。

このため、今後はモニタリングや河川巡視等により得られた情報について電子化・データベース化により蓄積を図り、それらの情報をもとによりわかりやすく、かつ客観的な判断基準を設定するとともに、モニタリングにより判断された変状規模の情報を維持管理に活用していく必要があると考える。

謝辞

本研究は、国土交通省北海道開発局石狩川開発建設部（現札幌開発建設部）江別河川事務所委託業務の中で実施されたものである。

本研究を実施するにあたり、江別河川事務所の方々には、貴重なご意見、ご指導をいただきました。

ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 安全・安心が持続可能な河川管理のあり方検討委員会（2006）：安全・安心が持続可能な河川管理のあり方について
- 財団法人国土技術研究センター（2000）：改定解説・河川管理施設等構造令
- 財団法人国土技術研究センター（2001）：河道計画検討の手引き
- 財団法人国土技術研究センター（2005）：目視点検によるモニタリングに関する技術資料
- 財団法人リバーフロント整備センター（2000）：河川における樹木管理の手引き
- 社団法人日本河川協会（2009）：河川事業関連例規集平成21年度版（平成21年7月1日現在）
- 財団法人河川環境管理財団（2010）：堤防維持管理技術 河川堤防の現地における目視点検の視点

河川環境総合研究所報告第16号

平成 22年12月

編集・発行 財団法人 河川環境管理財団 河川環境総合研究所

〒103-0001 東京都中央区小伝馬町11番9号

TEL 03-5847-8302

FAX 03-5847-8308

<http://www.kasen.or.jp/>

E-mail info@kasen.or.jp

印刷・製本 (株)サンワ 〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 2-11-8 TEL 03-3265-1816 FAX 03-3265-1847
