

## 水田の貯留効果に関する研究

EC19002 浅野斗夢

### 1. 研究の目的

近年の日本では短時間で多くの雨が降ることが多くなっている。実際に 1 時間で 50 mm 以上の雨が降る回数は 50 年前の 1.5 倍その数 300 回にもなる。整備されてから 100 年以上経つ川がほとんどの中で従来の計画流量では現代の短時間で多くの雨が降った時耐えられなくなり氾濫を起こしてしまう。それを防ぐ治水施設を考えた時にダムや放水路や堤防がよく挙げられるがこれらは莫大な資金が必要でありさらに莫大な土地が犠牲になる。そこで環境に優しい治水施設を考えたときに既存の土地を生かすということが考えられた。田んぼは広大な土地を保有しており、さらに河川とのつながりが強い。田んぼを生かすことができれば大きな貯留効果が得られるのではないかとということで研究の目的とした。

### 2. 水田遊水地の概要

今回計画の参考として愛知県大口町を流れる五条川を採用した。この地点は川の危険地位に達することが何度もありさらに 2017 年 7 月 14 日には氾濫を起こしている。川の周りには水田が多くあり水田遊水地を生かせる土地だと考えた。従来の田んぼダムは降雨を田んぼに貯めこみ河川への流入時間を遅らせる効果があるが本研究で考えたい田んぼダムは、河川の水を田んぼに送り込む。稲の収穫時期によく豪雨が来ることから考えづらいと思われるかもしれないが、豪雨時の写真を見てもらうと水田が水につかりきっていることが分かる。近くに水路がないといけない環境設定や、常に湛水状態であることから洪水時には真っ先に犠牲になるため田んぼを遊水地化して土地を利用することを考えた。

### 3. 研究の方法

実際の地形を参考に河川の解析シミュレーションソフトを使用して簡易モデルを作成し、地形の面積や形状を変え水田遊水地の実用性を考える。河川地形・流れを解析可能なアプリケーション Iric 内の nays2D flood を活用する。河川は、川幅 20m 水深 4m 勾配は 1/1000 の河川を想定した。田んぼへの流入出は堤防に切りかけを作り流入、流出させる。流入地点の切りかけは 10m、流出地点は 5m を想定した。

水の流入量は、今回の想定した五条川の計画流量を参考にして計画流量を超える水を流す。2017 年 7 月 14 日五条川の氾濫が起きたときの近隣地区の 10 分ごとの降雨量を見た時雨は短時間で多くの雨が降り何度も繰り返すものではないことが分かったためこれを参考に設定した。水田遊水地の実用性を考えるために比較として以下の 4 パターンを想定する。

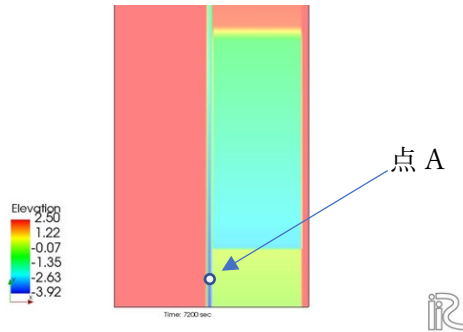
- ・五条川東側では、100ha 以上の水田が広がっており水田遊水地には適していると考えた。住宅地も混在しているがまず約 100ha。
- ・都府県の 1 集落当たりの水田面積平均が 19ha であったことから約 20ha
- ・小さい面積でも効果があるのか見るために 10ha
- ・河川のみ

4 パターンの河川は水田流出と河川の合流後の流量から効果があったか考える。

#### 4. 解析結果

解析結果は、それぞれの水田面積設定で4パターン出した。

結果1 画像1の河川内の点A(21.133,205.323)での水位がどれだけ違うのか見るために水位の時間ごとグラフ

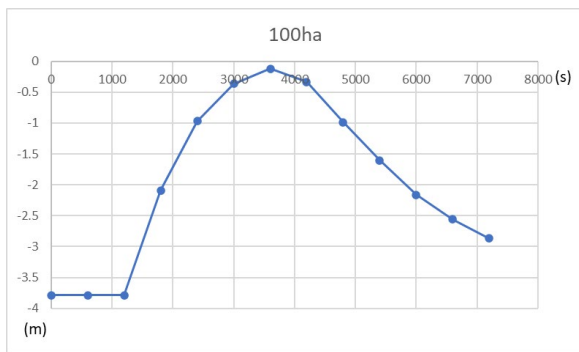


画像1 実測点

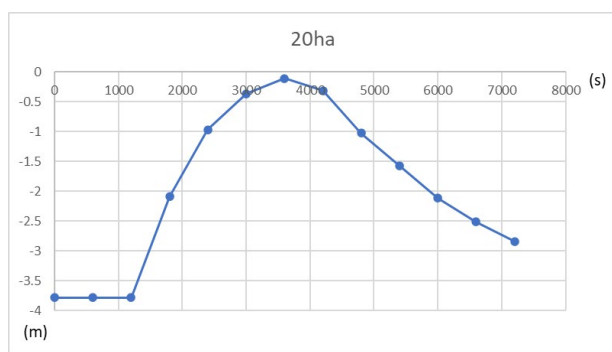
結果2 それぞれの田んぼの中心地点付近での水田の浸水深さを確認するため7200sでの最大深さ

結果1

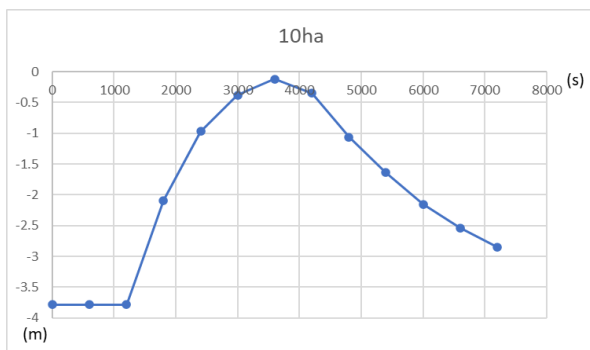
それぞれの条件での結果を以下に示す。



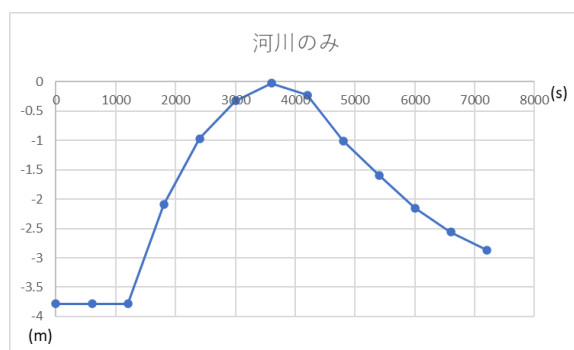
グラフ1 100haの時間当たりの水位



グラフ2 20haの時間当たりの水位



グラフ3 10haの時間当たりの水位



グラフ4 河川のみでの時間当たりの水位

結果2 田んぼ中心地点付近の最大水深(河川のみはなし)

iRIC output t = 7200														
I	J	X	Y	Depth(Ma	Depth	Elevation	WaterSurf	Velocity (r	IBC	Velocity(m	Velocity(n	Velocity(n	__input_	__input_
260	213	395.9371	1239.427	0.061492	0.041671	-1.76057	-1.7189	0.173555	0	0.011503	-0.12036	0.120905	0	0

表1 100haの中心地点付近での実測値

7200															
I	J	X	Y	Depth (m)	Depth	Elevation	WaterSurf	Velocity (m)	IBC	Velocity (m)	Velocity (m)	Velocity (m)	input	input	
263	156	110.9399	1224.945	0.182925	0.066256	-1.77506	-1.7088	0.349831	0	2.86E-05	-0.16281	0.162813	0	0	

表 2 20ha 中心地点付近での実測値

7200															
I	J	X	Y	Depth (m)	Depth	Elevation	WaterSurf	Velocity (m)	IBC	Velocity (m)	Velocity (m)	Velocity (m)	input	input	
261	151	85.93804	1234.559	0.315205	0.126767	-1.76544	-1.63867	0.541572	0	2.66E-05	-0.09485	0.09485	0	0	

表 3 10ha 中心地点付近での実測値

#### 4. 考察

4 パターンの結果 1 を 1 つのグラフにまとめた。

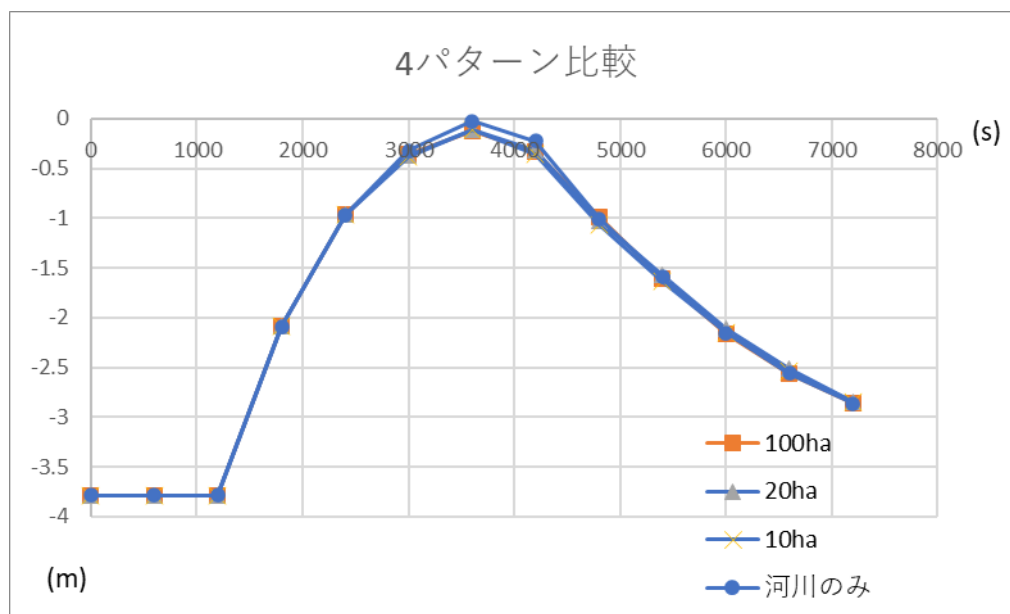


図 5 4 パターンの時間当たりの水位比較

上の図を見ると、水田の面積を変えることで河川の流量に変化はなかった。ただ、河川のみと田んぼありでは田んぼに流れ込んだ分ピークカットができていていることが分かる。田んぼ遊水地にはピーク時に活躍することができる。通常水田の水深は約 7cm でありイネの高さは平均 80 cm 葉先の作物が実る場所が露出していれば被害は 20% 前後で済むので水を許容できるのは 30 センチとする。そう考えた場合、結果 2 と結果 3 から 100ha は今回の流量に対しての面積としては大きすぎるということが分かった。最大浸水深 0.06m と作物には影響が出にくい。20ha では最大水深 0.18m となっていた。10ha では最大水深 0.31 となっており、今回の流量を超えるような時には作物への影響は避けられない。20ha であれば作物に影響のない形で貯水可能である。

#### 5. 最後に

田んぼの遊水地化は洪水の貯留には一時的に有効だが、同時に作物への影響は避けられない。今回の流量設定において、20ha は作物と貯水効果を考えると効果的であった。しかしこれ以上流量が大きくなった時稲の湛水許容範囲を越えると莫大な損失になるが今回の研究では 20ha の田んぼ面積が遊水地には最も妥当だといえる。田んぼが川や水路の近くにあることや広大な土地を持っていることは既存の施設で貯水することを考えたとき大きなメリットになる。今後の課題としては、実際の降雨量や当時の流量などを用いて細かい点を考慮し検討するとより実用性が増すと思われる。

## 河川砂州への種子捕捉特性に関する研究

EC19048 滝戸凌我

## 1. 研究の目的

近年、日本の多くの河川では河道内の砂州に植生が侵入・繁茂する、河道内の樹林化が生じている。河道内が樹林化することにより問題は、流化能力の阻害、河川利用の支障、河道内の視認性の阻害、堤防の軟弱化、滲筋が固定化されることによって発生する偏流による河岸浸食、植生が固定されることによる生物群の多様性の低下があげられる。このように樹林化への対策は早急に取り組まなければならない課題である。樹林化の早期対策のために、植生の初期ステージである種子の運搬・漂着形態の把握を必要がある。既往の研究で水路実験を通して河床材料の粒径や種子の形状の違いが、流水散布時のトラップ率に関係することが明らかにした。しかし、今までの実験ケースは異なる粒径を持つ河床材料だけのものであり、河床材料の形状が与える影響を詳細に把握したわけではない。そのため本研究では、形状の異なる河床材料を用意するとともに、種子に関しても形状の異なる2種類用意し、流水実験を行い、河床材料の粒径と形状がもたらす種子のトラップの要因を把握することを目標とした。

## 2. 既往の研究

河道内の種子の運搬、漂着についてはあまり知見が得られていない分野であるが、現在までに既往の研究で報告されていることを述べる。

大石ら(2019)は一つの砂州に対して埋土種子の空間分布を調査した。その結果、埋土種子密度は極粗砂、疎粗成分が増えると減少し、細砂成分が増えると増加する傾向があり、埋土種子はその種類によらず砂州内に広く分布していたがその全てでは発芽に至っていないことが発見された。また砂州内の植生成立には埋土土種子量や種類による影響ではなくその場の物理的環境が支配的であると示唆されたり、尾花ら(2014)は砂礫州水際での土砂。植物種の輸送及び堆積メカニズムについて水路実験を通して検討した。その結果浮遊性種子は空間に一樣に漂着し沈降性種子は砂州斜面に沈降しやすく、沈降性種子の堆積量の堆積量の10倍程度になることを指摘した。また洪水ピーク時間が長いほど土砂。種子ともに砂州内陸まで流送。堆積され、減水時は種子の堆積量に寄与するが、土砂の堆積量には影響を及ぼさないことを明らかにした。大石(2016)は三つの形状、形が異なる種子と、細礫、粗礫の二つの河床材料を用意し、異なる表面流速の条件下での水理実験を行い、河床材料、種子の種類、表面流速の変化による種子の河床への捕捉の程度(トラップ率)の違いを調査した。その結果、河床材料、種子の種類によらず表面流速が小さくなるほどトラップ率は大きくなるということを示した。また、丸い形状の種子から河床材料が粗礫の場合の方が細礫の場合よりもトラップ率が高くなり、扁平種子の形状の種子では細礫の場合の方が粗礫の場合よりトラップ率が高くなることを発見し、それは礫表面に生じる微細な渦の影響であると結論付けた。また、内田ら(2016)は水路実験により、流水散布される種子の裸地砂州上への定着特性及び植生侵入後の河床変動特性を調査した。その結果、流水散布される種子は流水減水時に砂州前縁に集中し、これは砂州上の植生の有無によらないことが確認された。また数値解析により、砂州全体が水に浸かっている状態では砂州に比較的早い流れが形成されるが、流量減少すると砂州下流域で水浸平均流速が小さくなり、ついでに砂州前縁部で平均流速が

砂州中央部より先に小さくなることが発見された。また、佐藤ら（2022）は河床材料の粒径、種子の種類、水深の3つの条件を行った。その結果、粒径比（種子粒径と河床材料粒径の比）、表面流速および水深が大きいほど種子のトラップ率が低下し、扁平種子は水深の小さいところでは丸形種子よりも堆積しやすいことを明らかにした。これらにより、種子の河床への捕捉されやすさには河床の相対粗さ（種子の平均粒径と算術平均粗さの比）による影響が支配的であることが発見された。

### 3. 研究方法

#### 3.1 実験水路

実験水路は全長 13m、幅 0.3m、高さ 0.3mの正方形断面の開水路、水路勾配 1/500 を用いた。

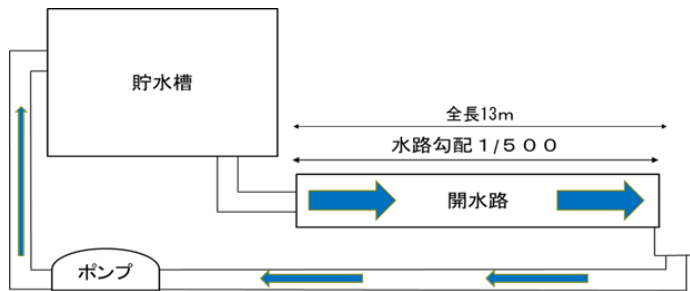


図-1 実験水路の概略図（側面図）

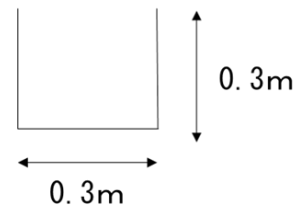


図-2 実験水路の概略図（断面図）

#### 3.2 実験条件

河床材料の決定にあたって実河川のセグメントを参考にした。本実験では砂州が生じやすいセグメント 2 を対象として、河床材料の粒径、河床勾配を決定の参考にした。水路実験では、3つの異なる粒径、形状を持つ河床材料を用いて行った。丸形礫大（50 mm）を材料 1、丸形礫小（30 mm）を材料 2、四角礫（30 mm）を材料 3 とした。また、種子には形の異なる丸形種子と扁平種子を採用した。最後に、水深は種子がトラップしやすく、河床材料粒径による違いがみられる値である河床から 2 cm と 4 cm の 2 パターン設定し、それに伴う各条件を表-1、表-2、表-3 に示す。本研究では、水深 2 cm の実験を「水深小」、水深 4 cm の実験を「水深大」と記載する。

表-1 実験対象種子の特徴

種子	平均粒径 (mm)	形状係数	沈降速度 (cm/s)
丸形種子	3.29	0.74	3.76
扁平種子	4.69	0.73	5.32

表-2 水深小での実験条件

	丸い礫大	丸い礫小	四角礫
粒径	50mm	30mm	30mm
表面流速 (m/s)	0.31	0.32	0.27
流量 (L/s)	1.99	2.02	1.69
形状係数	0.74	0.57	0.43
勾配	1/500		
水深	2cm		

表-3 水深大での実験条件

	丸い礫大	丸い礫小	四角礫
粒径	50mm	30mm	30mm
表面流速 (m/s)	0.42	0.51	0.36
流量 (L/s)	3.36	3.99	2.87
形状係数	0.74	0.57	0.43
勾配	1/500		
水深	4cm		

### 3.3 実験概要

本研究では、開水路実験装置を用いて種子の堆積量を評価する。初めに、水路の勾配を 1/500 に調整し、河床材料を 1 種類引き詰め通水する。次に水路上流部に設置されているバルブを調整し、水深を条件の値にした。水深調整後、流水の水深が安定している箇所のうち 3m の区間を実験対象とし、その区間の上流から種子 200 個を散布した。その際、運搬・漂着の様子をカメラで撮影した。流した種子は水路下流の排水口に網目状のネットを設置して回収した。種子散布後通水し再浮上する種子が無くなったのを確認したのち実験を終了した。その後、回収した種子の量からトラップ率を算出し、種子の河床への捕捉量を評価した。

## 4. 結果

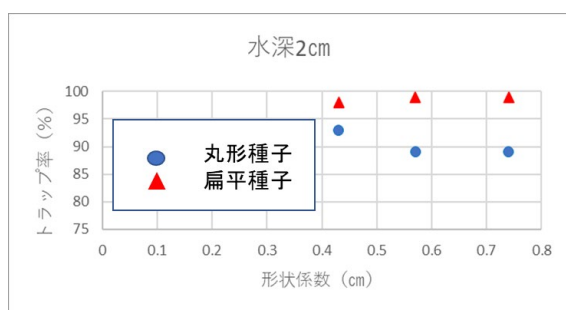


図-3 水深小でのトラップ率と礫の形状係数の関係

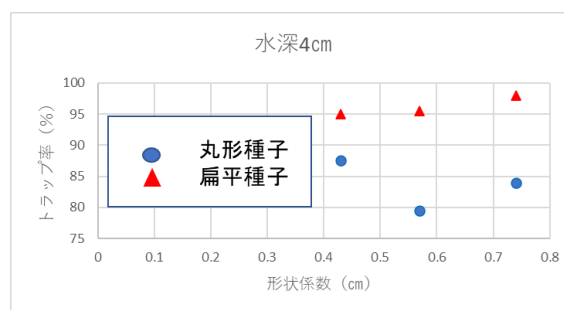


図-4 水深大でのトラップ率と礫の形状係数の関係

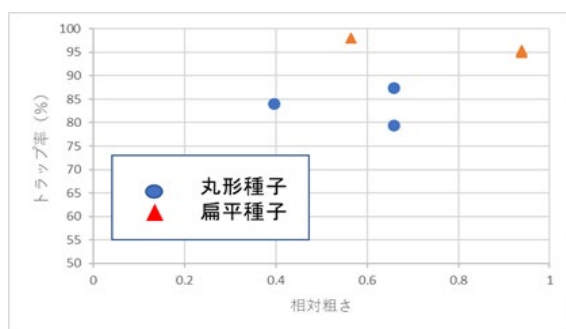


図-5 水深小でのトラップ率と相対粗さの関係

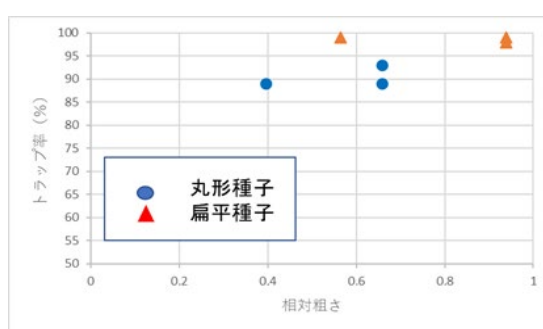


図-6 水深大でのトラップ率と相対粗さの関係

水深小、水深大の条件での実験結果を横軸に各礫の形状係数、縦軸にトラップ率をとったグラフにプロットしたものを図 3、図 4 に示す。種子の形状に、河床材料に関わらず水深が小さくなると増加することが分かる。また、水深、河床材料に関わらず扁平種子が丸形種子よりトラップ率が高くなっていることからトラップ率には河床材料のほかに種子の形状が関係していることが分かる。

種子の堆積傾向を観察すると、河床材料と河床材料との間にできる隙間や、水路側面と河床材料によって生じる隙間にトラップしている様子が見られた。そのことから、河床材料の粒径、形状の違いによるトラップ率の差は、隙間の大きさや河床表面の凸凹の程度が関係していると考えられる。その大きさや程度を数値化して評価した。それらを図-5 と図-6 に示す。その結果、佐藤ら (2022) の実験で相対粗さが 1 以下になると、トラップ率は高い値で一定となることが示唆された。そのため相対粗さが 1 以下になるとトラップ率が

高い位置で一定になる事が証明された。

## 5. おわりに

本研究では出水時における砂州上での種子の捕捉量および種子捕捉特性を調査するため、水深、河床材料、種子の種類を変えて水路実験を行った。既往の研究は河床材料の形状は一定であったが本研究では同じ粒径で違う形状の河床材料を使用している。次の3つが明らかになった。扁平種子、丸形種子は河床材料粒径が大きくなるほどトラップ率は増加した。また、水深が小さくなり表面流速が下がると全体的にトラップ率が上がる。河床材料粒径が同じでも粒径の形状が異なるとトラップ率に影響する。河床材料の粒径が同じで河床材料の形状係数が小さいと丸形種子は係数の大きい河床材料よりもトラップ率は高くなり、扁平種子は河床材料の形状係数が大きいほどトラップ率は高くなる。河床材料粒径が大きいほど、河床表面の凸凹の大きさが大きくなり、空隙率は種子の捕捉量、表面の凸凹は種子の捕捉しやすさに寄与する。

## 参考文献

- 1)伊藤悠, 知花武佳, 原田大輔(2013): 礫の形状が河川中流域における土砂の分級に及ぼす影響, 河川技術論文集, 第19巻, pp.177-182
- 2)内田典子, 久加朋子, 木村一郎, 清水康行(2016): 裸地砂州への種子定着特性と植生分布が河床変動の応答に与える影響, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.72, No4, I\_1087-1\_1092
- 3)大石哲也(2016): 洪水に伴う砂礫内への種子供給と土砂移動特性との関係性の解明, 河川整備基金助成事業, 28-5211-037
- 4)大石哲也, 角哲也, 藤原正季, 天野邦彦(2009): 砂礫州における埋土種子分布とそれが植生成立に与える影響に関する研究, 水工学論文集, 第53巻, pp.1159-1164
- 5)尾花まき子, 内田考洋, 辻本哲郎, 知花武佳(2014): 砂礫州水際への植物種子と土砂の堆積過程に関する研究, 河川技術論文集, 第20巻, pp.193-204
- 7) 佐藤健太 (2022): 砂州における種子の捕捉特性に関する研究

## 流水型ダムの堆砂に関する研究

EC19049 塚原 駿

### 1. 研究の背景と目的

近年、新しい形式のダムとして流水型ダムが注目されている。通常の貯留型ダムとは違い、洪水調節機能に特化し、通常時は水を貯めないため、自然河川に近い河川環境を維持することができる他、様々なメリットがある。しかし、我が国で現在完成している流水型ダムは少数であり、堆砂量に関してのデータも明確にはまとめられていないため、どれほどの違いがあるのか定かでは無い。本研究では堆砂に重点を置き、各ダムで開示されている堆砂量とそれに関連するデータをまとめ、貯留型ダムとの比較などを通して、流水型ダムにおける堆砂の実態を明らかにすることを目的とする。

### 2. 調査対象ダムの選定

表1は現在完成している流水型ダムの中から、運用年数が5年以上経過しており、かつデータのそろっている流水型ダムを選定したものであり、これを研究の対象とする。表2は対象となる流水型ダムに近い堆砂容量を持ち、かつ同じ地域の貯留型ダムを選定したものであり、これを以降の流水型ダムとの比較の対象とする。

表1 対象の流水型ダム一覧

	都道府県	河川名	ダム名称	総貯水容量	堆砂容量	竣工年度
1	島根県	益田川	益田川ダム	6750 千 $m^3$	250 千 $m^3$	2005 年
2	石川県	犀川	辰巳ダム	6000 千 $m^3$	200 千 $m^3$	2012 年
3	鹿児島県	新川	西之谷ダム	793 千 $m^3$	75 千 $m^3$	2012 年
4	長野県	浅川	浅川ダム	1100 千 $m^3$	40 千 $m^3$	2017 年

表2 対象の流水型ダムに近い堆砂容量を持つ貯留型ダム

	都道府県	河川名	ダム名称	総貯水容量	堆砂容量	竣工年度	堆砂容量の近い 流水型ダム
1	島根県	波田川	笹倉ダム	480 千 $m^3$	280 千 $m^3$	2006 年	益田川ダム
2	富山県	舟川	舟川ダム	600 千 $m^3$	240 千 $m^3$	2011 年	辰巳ダム
3	熊本県	八柳川	石打ダム	1200 千 $m^3$	70 千 $m^3$	1993 年	西之谷ダム
4	岐阜県	中野方川	中野方ダム	411 千 $m^3$	40 千 $m^3$	2006 年	浅川ダム



### 3. 堆砂容量の割合

総貯水容量はダムに貯えることのできる水の容量に加えて堆砂容量を合わせた容量を表したものである。表3では各ダムの堆砂容量が総貯水容量のどれくらいを占めるのかを示した。

表3 総貯水容量のうち堆砂容量がしめる割合

流水型ダム		貯留型ダム	
益田川ダム	3.70%	笹倉ダム	58.33%
辰巳ダム	3.33%	船川ダム	40.00%
西之谷ダム	9.46%	石打ダム	5.83%
浅川ダム	3.64%	中野方ダム	9.73%

流水型ダムは通常時水を貯めないため、貯水池内には土砂も溜まりづらく、堆砂容量も全体的に低く設定されている。西之谷ダムは他の流水型ダムが3%台であるのに比べ高くなっているが、それでも9.46%であり、低いといえる。一方で、貯留型ダムの堆砂容量は高いものと低いものが混在している。笹倉ダムと船川ダムは流水型ダムとは比べ物にならないほど多くの堆砂容量が割り当てられており、笹倉ダムにおいては総貯水容量の半分以上が堆砂容量となっている。それに比べ、石打ダムと中野方ダムの堆砂容量は低く、石打ダムにおいては、流水型ダムである西之谷ダムを下回るほどである。

### 4. 堆砂率の推移比較

図1、図2はそれぞれ対象のダムでの年ごとの堆砂率を示したものである。堆砂率は堆砂容量に対して計測された堆砂量の割合を示したものであり、以下(1)の式で求められる。

$$\text{堆砂率} = \text{計測された堆砂量} / \text{堆砂容量} \times 100 \quad (1)$$

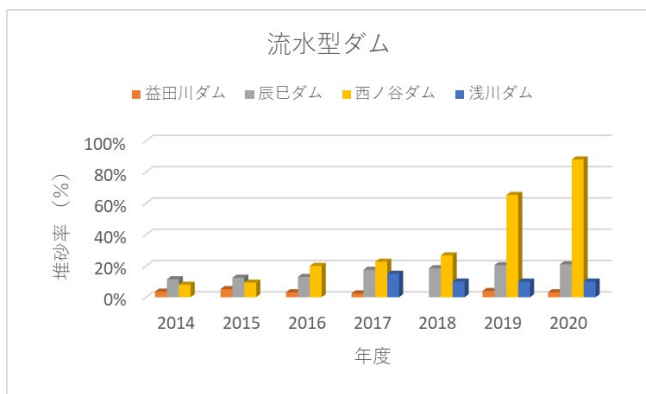


図1 流水型ダムの堆砂率推移

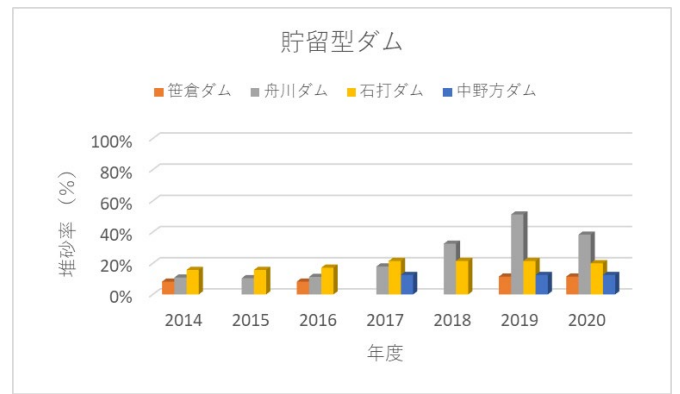


図2 貯留型ダムの堆砂率推移

#### 4-1. 流水型ダムでの比較

益田川ダムは流水型ダムの中で最も古いダムであるが、堆砂率は最も低く、堆砂率が増減を繰り返すことで低い割合に維持できている。一方で、辰巳ダム、西之谷ダムでは減少は見られず、現状では右肩上がりとなっており、特に西之谷ダムでは2020年時点で堆砂率は88%と群を抜いて高い値を記録している。辰巳ダムの堆砂率も増加傾向にあるものの、まだ21%と低く、西之谷にくらべて堆砂容量には余裕がある。浅川ダムは他に比べ比較的新しいダムであり、2017年から2018年の減少以降、10%の堆砂率を維持している。

#### 4-2. 貯留型ダムとの比較

貯留型ダムの堆砂率推移は西之谷ダムを除く流水型ダムと大きな傾向の違いは無く、貯留型ダムであっても堆砂率の減少が見られるなど、比較的低い値を維持できている。傾向が似通った原因として、本研究では比較的新しいダムが対象となっているため、これらの傾向は序章に過ぎないという可能性も考えられる。なお、前述の表3の通り、流水型ダムと貯留型ダムでは総貯水容量のうち、堆砂容量が占める割合が違うため、堆砂容量の占める割合が多い貯留型ダムでは、堆砂率の傾向が同じであってもダムの規模に対する堆砂量は流水型ダムより多くなっている。

#### 4-3. 西之谷ダムの考察

西之谷ダムは他のダムに比べ、大幅に高い堆砂率を記録しており、傾向が特殊であるため、その原因を考察する。



図3 西之谷ダムの堆砂推移

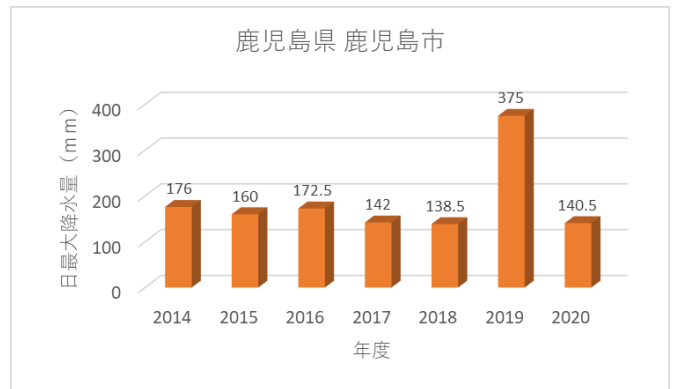


図4 鹿児島県鹿児島市の日最大降水量

図4は西之谷ダムが位置している鹿児島県鹿児島市の日最大降水量であるが、2019年の最大降水量は例年の倍ほどに上がっており、図3の中では同じ2019年に堆砂率の大幅な増加がみられる。よって、短期的な降水量の増加により例年より多くの土砂が押し寄せたことで、堆砂率の増加が早まったと考えられる。しかしながら、流水型ダムは水を貯めない設計になっているため、自然河川に近く、土砂も流れやすいはずである。降雨では単に堆砂率の増加が早まっただけであり、土砂の溜まりやすさは別の要因によるものであるだろう。例えば、地質の特性や、ダムの洪水吐の設計などの要因が考えられる。西之谷ダムの洪水吐中央には、魚道が設けられており、土砂の排出の妨げとなっている可能性が考えられる。

#### 4-4. ダム所在地の日最大降雨量

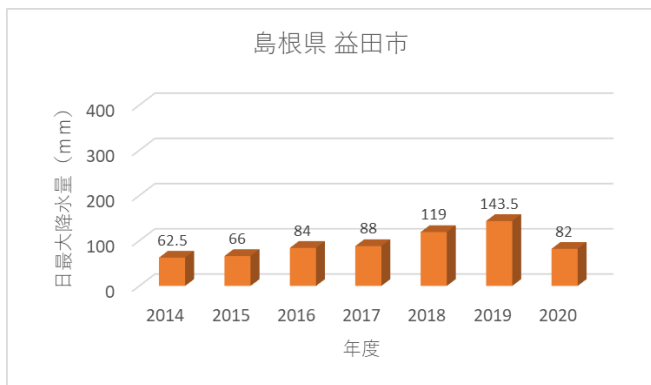


図5 島根県益田市の日最大降水量

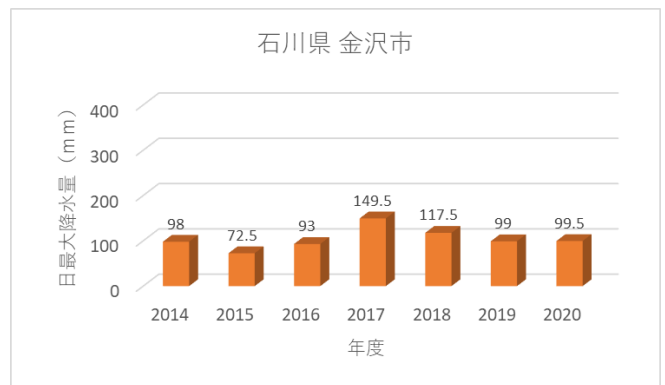


図6 石川県金沢市の日最大降水量

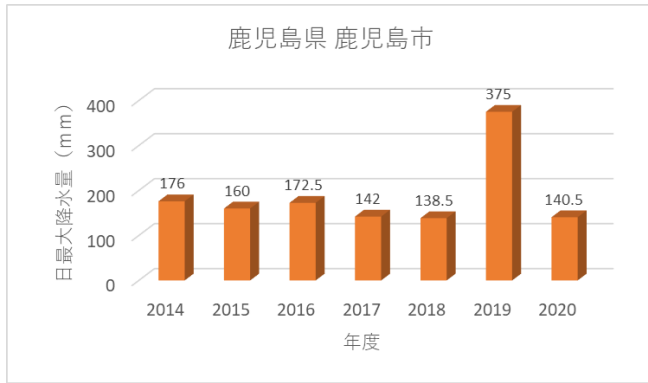


図4 鹿児島県鹿児島市の日最大降水量

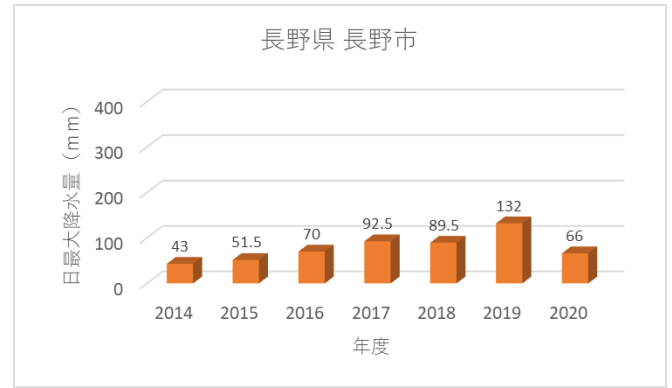


図7 長野県長野市の日最大降水量

上記の図は、それぞれの流水型ダムが位置している地域の日最大降水量を表したものである。石川県金沢市以外の地域では2019年の日最大降雨量が最も高いことがわかる。特に鹿児島県 鹿児島市は群を抜いて高い値であり、4-3.で触れたように、西之谷ダムの堆砂率の大幅な上昇に影響を及ぼしていることが確認できる。

## 5. 結論

本研究では、流水型ダムの堆砂に重点を置き、各ダムで開示されている堆砂量とそれに関連するデータをまとめることで、現時点での流水型ダムにおける堆砂の実態を明らかにすることを目的とした。得られた結果を以下に示す。

- 1) 総貯水容量に対する堆砂容量の割合は多いものでも10%以下であり、低く設定されていたが、貯留型ダムでも同じくらい少ないものが存在した。
- 2) 堆砂率の傾向は西之谷ダムを除き概ね20%台にとどまり、大差ないものであった。
- 3) 西之谷ダムでの堆砂率増加は日最大降雨量の増加によるものであり、洪水吐の構造など、何らかの要因で土砂が流れづらくなっている。

## 6. まとめ

流水型ダムは川の流れをせき止めることがなく普通の川に近い状態が維持されることで、河川環境に影響を与えにくいというメリットがある。よって堆砂も自然河川に近い形で流れるのが理想であるが、実際には流水型ダムであっても、ある程度の堆砂が溜まっていることが分かった。堆砂を貯めないという観点で、貯留型ダムと比べ、はあまり大きな差は感じられなかった。これは流水型ダムがまだ新しいものしかなく、現段階では傾向を読み切れていない可能性があるだろう。

### ・参考資料

島根県ホームページ：益田川ダム（流水型ダム）

石川県ホームページ：辰巳ダム

鹿児島県 鹿児島地域復興局 建設部 河川港湾課：新川河川総合開発事業 西之谷ダム

長野県ホームページ：浅川ダムの紹介

日本ダム協会ホームページ：舟川ダム

熊本県ホームページ：石打ダムの概要

岐阜県公式ホームページ（河川課）：中野方ダム

国土交通省：全国のダム堆砂状況のデータ（2014年から2020年）

国土交通省：流水型ダムについて

気象庁ホームページ：過去の気象データ（2014年から2020年）

# 内津川放水路の環境創出機能に関する研究

EC19062 福岡輝彦

## 1. 目的

本研究は、内津川の多自然放水路の環境創出機能を水質によって評価する事が目的である。

多項目水質計により pH、溶存酸素量 (DO)、電気伝導率 (COND)、濁度 (TURB)、温度 (TEMP) の計測、イオン分析計により、リン酸態リン (PO<sub>4</sub>-P)、硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N)、の計測を行う。これらの結果から内津川本川 (以下、本川) と放水路を比較し、多自然放水路としてどれほど機能しているかを評価する。

## 2. 研究対象地

愛知県春日井市内を流れる一級河川である庄内川の支流である内津川の本川と放水路を調査対象地とした。分派前の新松本橋から約 160m 下流の地点を R1 とし、分派地点から放水路側に約 510m 地点を R2、約 810m 地点を R3、分派地点から本川側に約 410m 地点を R4 とする。R4 地点から下流側に水が流れていないため、本川の観測地点は、1 つとする。また、R4 地点から下流側は、内津川と同じく愛知県春日井市内を流れる地藏川の合流地点で水が復活していた。観測は、2022 年 10 月 26 日の平水時、11 月 28 日の雨の後、12 月 13 日の雨の後、1 月 6 日の平水時の 4 日間で行った。

## 3. 計測方法

多項目水質計 (東亜ディーケーケー製、WQC-24) を使用した。多項目水質計の電源を入れ、測定値の川に挿入し、数値が安定するまで待つ。pH、溶存酸素量 (DO)、電気伝導率 (COND)、濁度 (TURB)、水温 (TEMP) を計測し、1 地点につき 3 回計測し、その平均値をその地点での計測値とした。また、室内実験のために現地で採水を行った。イオン分析計 (東亜ディーケーケー製、IA-300) を使用し、リン酸態リン (PO<sub>4</sub>-P)、硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N)、の計測をした。

## 4. 現地観測, 水質分析の結果

### 4.1 現地観測の結果

多項目水質計による分析結果を表-4.1 に示す。

12 月頃から内津川の上流にて河川の改修工事が行われ、1 月 6 日の濁度 (TURB) はその影響が観測地全域にかなり大きく出てしまった。12 月 13 日には、工事が本格化していなかったにも関わらず R2、R3 の数値が大きく増加していた。このとき、雨の直後であり、R2 より上流に排水があるため数値が増加したと考えられる。

溶存酸素量 (DO) は、25°C、1 気圧の水には 8.26 mg/L の酸素が溶け込むことができるとされているが 10 月 26 日以外の R1 から R3 までは水温に対して溶存酸素量 (DO) が多く、過飽和状態であると言える。溶存酸素量 (DO) の増加の原因として、水面で大気中の酸素が溶け込むことや植物の光合成による酸素発生などがある。しかし、観測地では、ほとんど波立つことが無いため植物の光合成による酸素発生が原因だと考えられる。

表-4.1 多項目水質計による分析結果

日付	観測場所	pH	DO(mg/L)	COND(mg/L)	TURB(mg/L)	TEMP(°C)
10月26日	R1	8.66	5.93	17.00	0.00	22.2
10月26日	R2	7.54	4.39	14.40	0.53	22.4
10月26日	R3	8.54	5.38	15.23	1.97	22.1
10月26日	R4	7.17	4.70	22.57	6.90	20.1
11月28日	R1	7.87	15.44	30.87	4.97	19.7
11月28日	R2	7.27	10.48	19.30	0.40	20.5
11月28日	R3	8.07	9.73	18.97	0.40	20.1
11月28日	R4	6.86	6.70	22.83	3.33	17.5
12月13日	R1	6.75	9.03	18.73	7.63	16.0
12月13日	R2	6.81	7.07	18.63	46.40	16.8
12月13日	R3	6.82	6.40	18.60	21.33	16.1
12月13日	R4	6.94	4.72	19.83	4.77	13.5
1月6日	R1	7.09	7.78	21.03	50.53	14.1
1月6日	R2	7.12	8.08	19.50	47.43	16.3
1月6日	R3	8.77	10.20	20.20	6.37	16.0
1月6日	R4	7.13	3.65	35.70	12.73	9.2

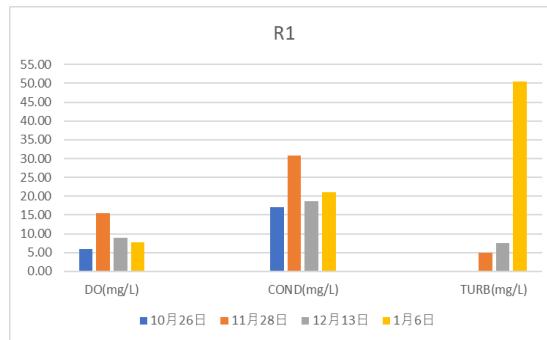


図-4.1 R1 の分析結果のグラフ

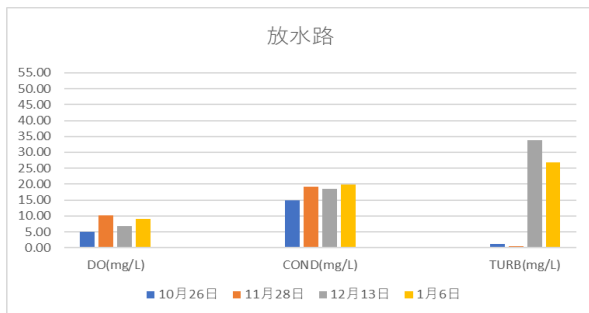


図-4.2 放水路側を平均した分析結果のグラフ

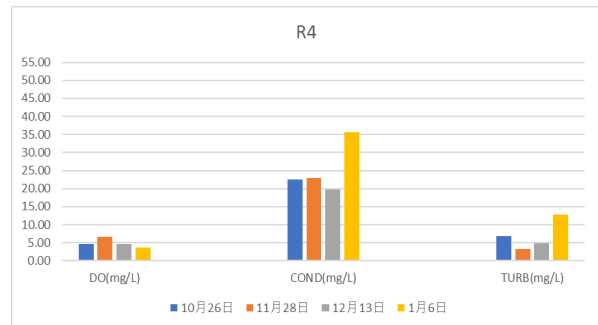


図-4.3 R4 の分析結果のグラフ

## 4.2 水質分析の結果

イオン分析計の分析結果を表-4.2 に示す。

12月13日と1月6日のR4が異常な数値をしている。表-3.4より完全に富栄養化していると推測される。10月26日と11月28日のR4の硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>-N)が検出されなかった。しかし、12月13日に1.49、1月6日に1.04検出された。そのため、12月13日と1月6日の二つのデータで評価する。

表-4.2 イオン分析計の分析結果

日付	観測場所	PO4-P	NO3-N
10月26日	R1	0.332	1.75
10月26日	R2	0.032	1.62
10月26日	R3	0.005	1.64
10月26日	R4	0.009	0.00
11月28日	R1	0.014	2.40
11月28日	R2	0.310	2.05
11月28日	R3	0.160	2.06
11月28日	R4	0.013	0.00
12月13日	R1	0.055	2.25
12月13日	R2	0.017	2.07
12月13日	R3	0.013	2.16
12月13日	R4	0.650	1.49
1月6日	R1	0.048	3.11
1月6日	R2	0.038	2.46
1月6日	R3	0.039	2.61
1月6日	R4	2.06	1.04

表-4.3 リン酸態リン (PO4-P) 指標<sup>1)</sup>

0.0163mg/l以下	雨水
0.0163mg/l~0.0326mg/l	河川の上流水
0.0326mg/l~0.3260mg/l	河川の下流水
0.0652mg/l以下	きれいな水
0.0652mg/l~0.3260mg/l	汚染の可能性がある
0.3260mg/l~0.6520mg/l	少し汚染している
0.6520mg/l~1.6300mg/l	汚染している
1.6300mg/l以上	汚染がひどい

表-4.4 硝酸態窒素 (NO3-N) の指標<sup>1)</sup>

0.2mg/l~0.4mg/l	雨水
0.2mg/l~1.0mg/l	河川の上流水
2.0mg/l~6.0mg/l	河川の下流水
2.0mg/l~10.0mg/l	湧水・地下水

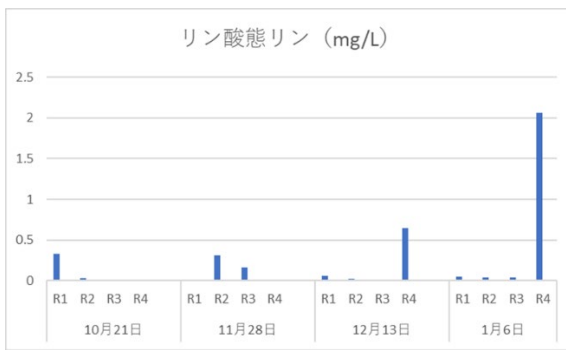


図-4.4 リン酸態リン (PO4-P) グラフ

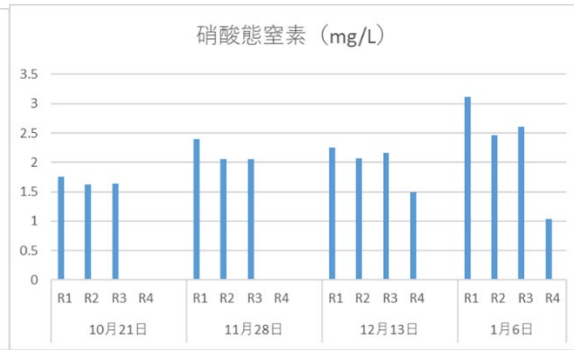


図-4.5 硝酸態窒素 (NO3-N) グラフ

### 4.3 庄内川本川と内津川との比較

表-4.5 は、内津川本川と庄内川の合流地点のすぐ下流にある水分橋の国土交通省の水質データである。内津川との水質の比較に用いるために、国土交通省水文水質データベースを用いて、庄内川の2021年10月から2022年1月までのpH、DO、総窒素と総リンのデータを整理した。

表-4.5 庄内川的水分橋の水質<sup>3)</sup>

年月日	時分	採水位置	pH	DO(mg/L)	総窒素 (mg/L)	総リン (mg/L)
2021年10月6日	8時30分	流心	7.3	8.1	1.55	0.107
2021年10月6日	15時30分	流心	7.4	9.3		
2021年11月10日	8時30分	流心	7	9.1	1.41	0.105
2021年11月10日	14時35分	流心	7.1	9.7		
2021年12月10日	8時30分	流心	7	10.3	1.53	0.1
2021年12月10日	14時30分	流心	7	10.2		
2022年1月5日	8時35分	流心	7.2	11.5	3.89	0.143
2022年1月5日	14時40分	流心	7.5	13.1		

#### 4.4 結果のまとめ

現地調査による多項目水質計と室内水質分析の結果から内津川の本川と放水路を比較し、それらの違いを検討する。溶存酸素量 (DO) は、放水路側である R2 と R3 で十分な数値が確認された。本川側である R4 の溶存酸素量 (DO) は、雨や日単位での変化が放水路側よりも少なく酸素量も少なかった。リン酸態リン (PO<sub>4</sub>-P) の R4 は、他の観測地よりも異常な数値になっており、通常自然河川水の数値よりも大きく高いため汚染水が混入されていることが推測される。硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) は、本川側である R4 よりも放水路側である R2、R3 の方が多かった。しかし、これらは通常生活排水に多く含まれている。また、地質的なこともあり水質汚染されているとは言いがたい。放水路側である R2、R3 は、下水が流れ込んでいることもあり観測されたような数値になると考えられる。一方で、庄内川本川の pH は 7 から 7.5 であり、安定していた。溶存酸素量 (DO) は、日単位で増加しており、1 月 5 日に 13.1 mg/L が最大であった。内津川放水路と同じく過飽和状態であると推察される。総窒素は、1 月 5 日に大きく増加していた。総リンは、0.1 mg/L から 0.143 mg/L で大きく変化していなかった。以上のことから、本川よりも放水路のほうが庄内川本川のデータからも分かるように、自然に近い河川環境であるといえるだろう。また、本川は、川の水や流れがほぼ無く、水たまりのようになってしまっている。放水路は、川としてしっかりと役割を果たしているといえるだろう。

#### 5. 結論

本研究は、多自然放水路として計画・設計された内津川放水路の環境創出機能を、水質を対象として、内津川本川と比較することにより検討することを目的とした。現地河川での多項目水質計による水質調査とイオン分析計による室内水質分析によって得られた結論を以下に示す。

- 1) 本川と放水路の pH と水温は変化がなかったが、溶存酸素量 (DO)、電気伝導率 (COND)、濁度 (TURB) は、測定場所による変化が大きく見られた。
- 2) 10 月 26 日以外の R1 から R3 までは水温に対して溶存酸素量 (DO) が多く、過飽和状態である。しかし、R4 の溶存酸素量 (DO) は、雨や日単位での変化が放水路側よりも少なく酸素量も少なかった。
- 3) 1 月 6 日の R4 のリン酸態リンが異常な数値であり、通常自然河川水の数値よりも大きく高いため汚染水が混入されていることが推察される。
- 4) 硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) は、表-4.5 の総窒素と同等かそれ以上の数値である。総窒素は、水中の窒素の合計であるため内津川の窒素は庄内川よりも多いということが明らかになった。

#### 参考文献

- 1) 鳥谷明弘、傳谷卓也 “水質データ基礎知識”. ISAHAYA HIGATA NET.  
[www.isahaya-higata.net/isa/libr/lb971030suishitu.html](http://www.isahaya-higata.net/isa/libr/lb971030suishitu.html), (参照 2023-01-10)
- 2) 東亜ディーケーケー株式会社. “溶存酸素 (DO) のはなし：溶存酸素について”  
<https://www.toadkk.co.jp/support/useful/useful041.html>, (参照 2023-01-10)
- 3) 国土交通省. “水文水質データベース”  
<http://www1.river.go.jp/>, (参照 2023-01-25)



## 多自然放水路の物理環境に関する研究

EC19079 山本航征

### 1. 目的

本研究では、内津川本線と人工河川である内津川放水路の物理的環境の違いを明らかにし、評価する。ここでの物理的環境とは、河床材料の粒径、強熱減量（土砂の中に含まれる有機物量）を指す。多自然放水路である内津川放水路は現在も多自然として扱われているのかも同時に調査を行う。

### 2. 現地調査

本研究の調査対象場所として、内津川本川で2地点と放水路で1地点を現地観測対象場所とする。以上の観測地点で粒度試験と強熱減量試験を行い、河床材料の粒径と土壌内の有機物を調査する。図1の示す場所が調査対象として、内津川本川をR1、分派後をR3、内津川放水路をR2とする。今回の調査は、観測は強熱減量試験は2023年10月26日、12月13日、30日、1月6日の4日間と粒度試験は10月26日、12月30日、1月6日3日間で行い、河床材料は、表面から深さ5cm掘った部分を採取し研究をおこなった。

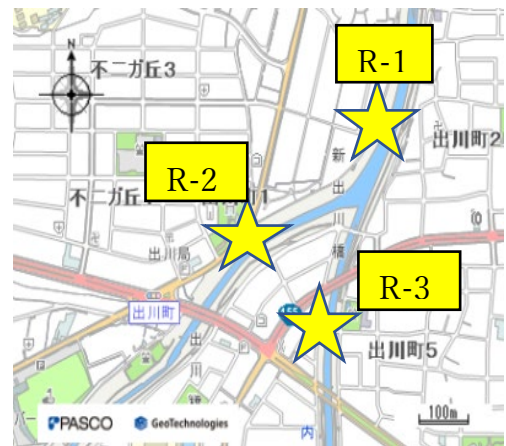


図1 観測地点

#### 粒度試験方法

粒度試験では、ふるい分けによって河床材料の粒径を調べる。方法としては、採取した河床材料を送風定温乾燥機（アドバンテック東洋製，DRM420DA）に入れ、約(110±5)℃で乾燥させたのち、ふるい分けを行い、粒径加積曲線を描く。

#### 強熱減量試験方法

強熱減量試験では、送風定温乾燥機で炉乾燥させた試料を卓上型電気炉（Fine製，F-1404T）用いて、盤工学会の基準に伴い、専用のるつぼに入れ温度を(750±50)℃に保持し、1時間強熱する。室温まで冷ました後、質量を測り有機物を測定する。

### 3. 試験結果

#### 粒度試験結果

粒径加積曲線を日別・場所別で表したものが以下の図2と図3である。図2からいずれも内津川放水路であるR2の粒径が最も小さいことが分かる。本川は途中で水枯れを起こしていることから、多少の降雨では水位は上がり流速が確保できないため、細かい土砂成分が大変を占めていることが分かる。次に、図2を分析する。まず、分派前のR1については、50%粒径を見ると調査のたびに細粒化していることが分かる。放水路のR2は、水位変化が見られなかったことから、粒径が変わらなかったと言える。分派後R3は、50%粒径を見ると細粒化していることが分かる。これは降雨による水位変化の影響もしくは工事による人為的な影響とも考えられる。



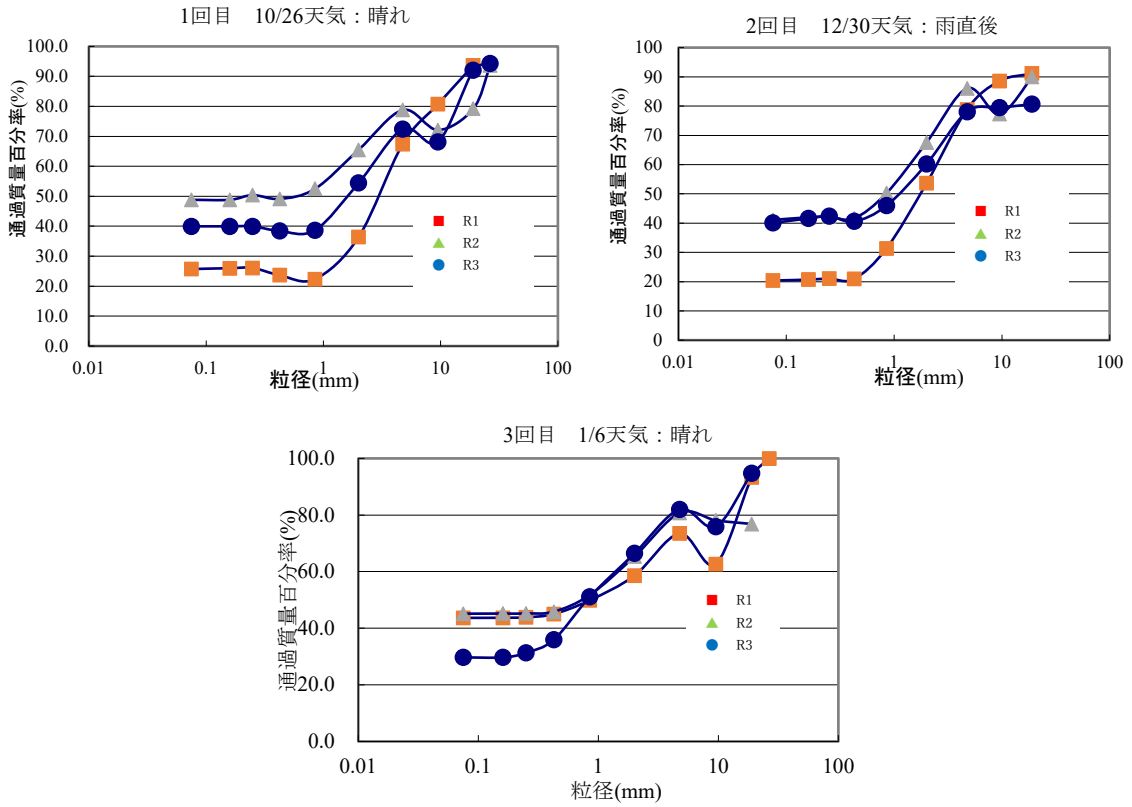


図2 日別粒径加積曲線

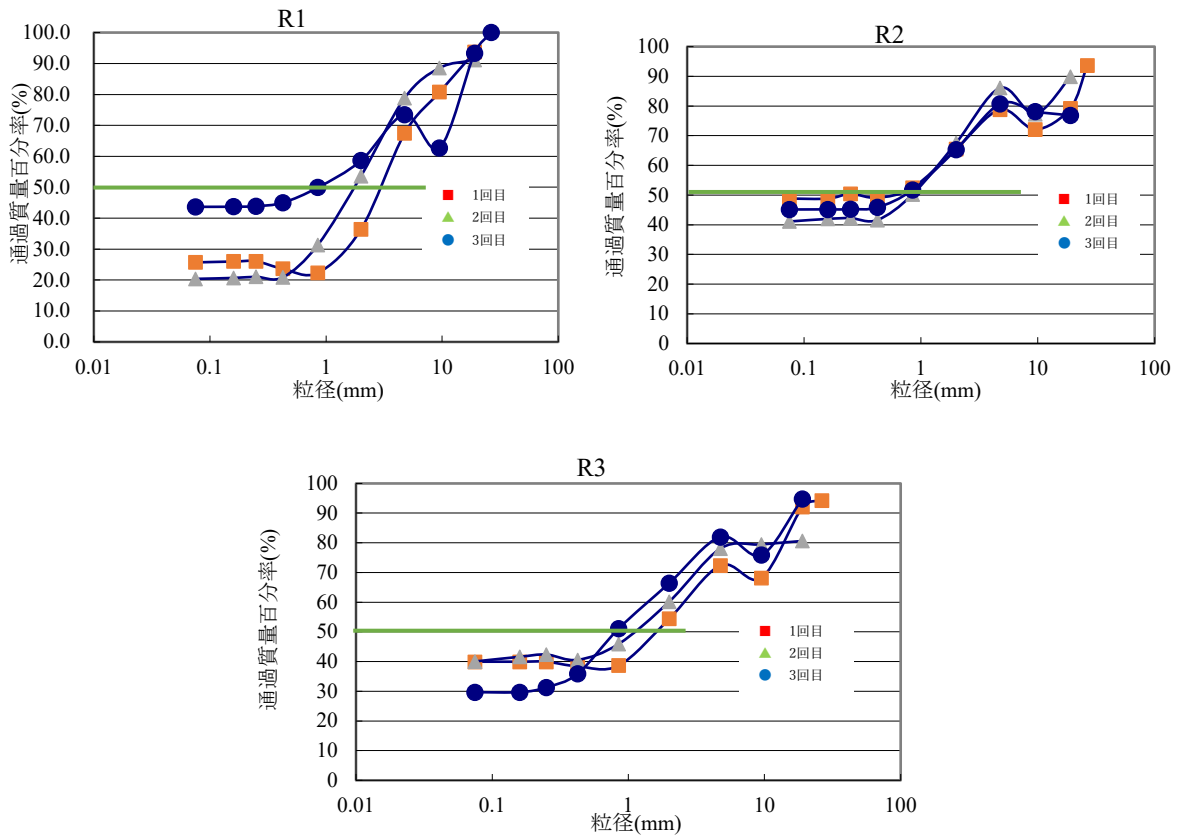


図3 場所別粒径加積曲線

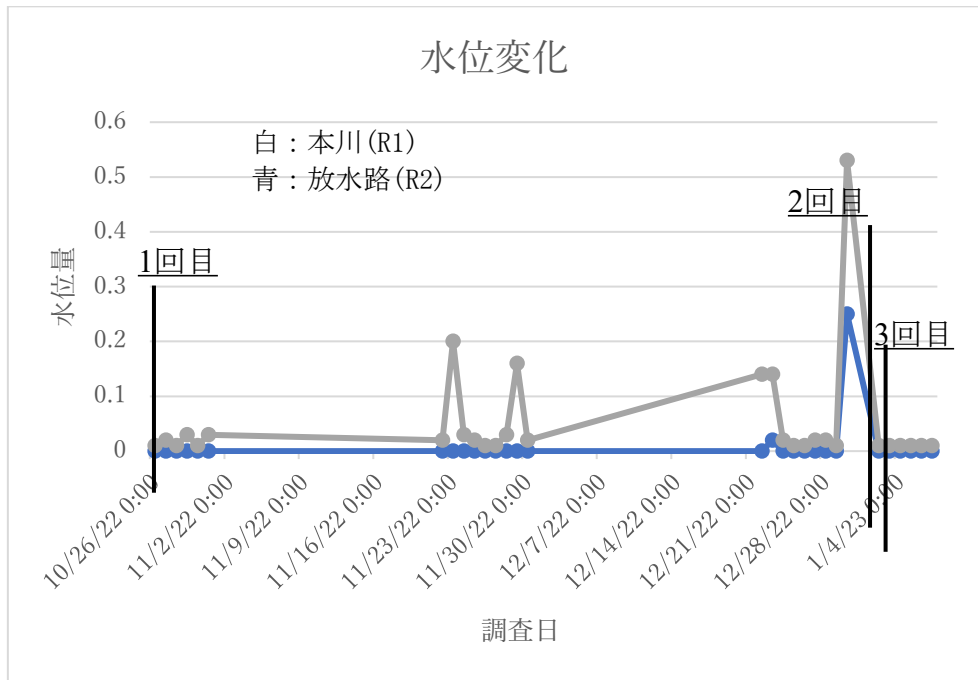


図 4 水位変化

強熱減量試験結果

本川は放水路に比べ、土壌の有機物が高いことがわかった。この結果は、放水路ができたことによって本線での川の流れがほとんどないところが要因であると考えられる。本研究の調査日である13日と30日で雨が降り、流れの変化が見えたことから、1月6日は有機物の値が低い値が出たのではないかと考えられる。また、本線は値が12%~18%であるため、内津川本線の土壌は有機土壌であると言える。

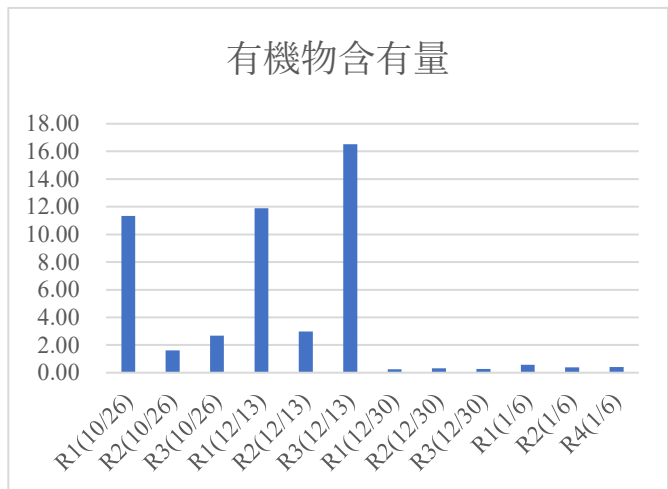


図 5 有機物含有量 グラフ

表 1 有機物量

4. 考察

各地点の調査結果から、本線は日常での水の流れが少なく、常に水たまりのようになっているが、洪水時には大きく水が流れ、粒径や植生が変化しているということがわかった。本線には汚れが溜まっているが洪水後の粒径変化などあまり見られないため、放水路にはさほどの影響はないと考える。

有機物 (%)	10/26	12/13	12/30	1/6
R1	11.34	13.39	0.27	0.57
R2	1.61	2.98	0.33	0.38
R3	2.69	16.52	0.27	0.41

## 5. 評価

今回調査した本線は綺麗だとは言えず、生物も住みやすい場所とは言えない川だと考えられる。降雨時以外、本線に流れはあまりなく、水たまりのようになっている。放水路に関しては、水の流れは常にあり、降雨時の災害も受けにくい川になっていると言える。以上のように今回の物理的環境の調査によって放水路は多自然であると言えるが、本線の改修がない以上、綺麗な川であるとは言えないと考える。

## 6. 結論

今回調査した内津川・内津川放水路は調査対象砂州において、内津川本川は、水の流れがあまりなく、日常には粒径が変化していないことがわかった。ただ、洪水時には水が流れ、粒径が大きな変化を表すことがわかった。内津川放水路に関しては、日常的に水が流れているが、洪水が起きた際にも、大きな変化はなく、洪水時にも粒径変化はほとんど一定していることがわかった。

## 参考文献

- (1) 春日井市公式 HP 案内地図：  
<https://www.city.kasugai.lg.jp/shisetsu/sonota/ie/1010690/index.html> (2022/10/15)
- (2) 環境省：<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=18234> (2022/10/20)
- (3) 春日井市公式 HP 春日井市河川水位観測システム：<https://kasugai.keikai.jp/top> (2022/10/26)
- (4) 愛知県公式 HP: 愛知県 川の防災情報 <https://www.kasen-aichi.jp> (2022/10/26)
- (5) 多自然川づくり参考事例集：[http://www.rfc.or.jp/sozai/theme/4/tasizen/tasizen\\_h21.pdf](http://www.rfc.or.jp/sozai/theme/4/tasizen/tasizen_h21.pdf)  
(2022/12/3)