



環境教育による地域の河川環境復元の試み：
函館市亀田川の歴史的な環境問題とその解決方法か
らの展望

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2018-10-19 キーワード: 作成者: 田中, 邦明 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00006728

環境教育による地域の河川環境復元の試み

— 函館市亀田川の歴史的な環境問題とその解決方法からの展望 —

田 中 邦 明

北海道教育大学函館校 地域教育専攻 理科教育研究室

A Challenge to the Preservation of the Local River Environment through the Environmental Education

— Overview from the historical environmental problems and their solutions of Kameda
River in Hakodate City —

TANAKA Kuniaki

Science Education, Department of Regional Education Course,
Hakodate Campus, Hokkaido University of Education

概 要

本稿では北海道で最も長い開発史をもつ函館市の都市河川亀田川の環境問題とその解決の歴史を考察し、地域での環境教育とともにダムによる流量調節や魚道改修などの技術的手法によって、亀田川を子どもの水遊びや市民による野生生物の観察や採集場所として活用されるように自然環境を復元するための道筋と課題を展望した。

亀田川は明治後期にはコレラ発生による衛生環境問題、昭和後期には水質汚濁問題に直面し、上水道と下水道の整備などの公共事業によって問題解決を図ってきた。しかし、平成13年家電リサイクル法施行以降はゴミ不法投棄問題に直面し、流域住民によって草の根組織「亀田川をきれいにする市民の会」が設立され、河川周辺のゴミ回収、草刈り、流域監視、意識啓発などの活動を実践してきた。また、当会では水質環境基準が達成された平成18年から、地域の子どもの保護者を対象とする環境教育イベント「亀田川のいきものをさがそう」を開催し、のべ約1,000名の親子が参加してきた。これを契機に、亀田川では大型回収ゴミが減少し、水遊びや生物採集を楽しむ子どもも増加した。さらに水質改善が進んだ現在、亀田川に残された環境課題は、自然河川としての生態系復元である。その対策としては、河畔林の保全や拡大と河川敷の植生保護によって植物の多様性を高める必要がある。また水生動物の溯上を妨げる堰堤などの河川内構造物の撤去や改良、とりわけ魚道の適切な管理とともに上流ダムによる河川水量の調節と流量確保が求められる。さらに市民団体によるサケの人工ふ化放流などは、亀田

川の生態系に新たな食物連鎖を形成して生物多様性を高めるとともに、亀田川の生態系保全に対する住民意識の啓発にも役立ち、ゴミ不法投棄問題の完全解決につながることを期待される。

1. はじめに

都市河川における水質環境問題の原因は、市街地化による流路直線化と河川敷減少、人工護岸化による自然植生破壊によって河川本来の水質浄化能力が低下することに加え、流域内の家庭や工場などの多数の点汚染源からの汚濁負荷が増大して、汚濁負荷量が河川本来の水質浄化能力を超過することであった。このような都市河川の水質環境問題は自治体の公共下水道整備、高度下水処理技術の導入、国や自治体の水質環境基準の引き上げとそれに対応する事業所での浄化設備投資等によって体系的解決が図られてきた。

しかしながら、一度失われた河川環境の復元は水質の改善のみで完結するわけではない。自然河川と同等の浄化能力をもつ生態系の復元と洪水防止対策とを両立させるためには、十分な広さの河川敷や遊水地の確保、多様な植生と自然河川らしい河原や地形の形成、とくに蛇行した流路の回復、魚類や甲殻類等の移動を妨げる人工落差工の撤去や魚道設置など、自然河川としての環境回復には未解決の問題が山積している。

さらに、都市河川ではゴミの不法投棄も深刻な問題となっている。我が国では使用済みの家電製品を販売業者が有償で回収するシステムを定めた「家電リサイクル法」が制定されており、個人による廃棄物の不法投棄や違法処理¹が後を絶たない。このような都市河川へのゴミの不法投棄は下水や工場排水の問題とは異なる側面があり、市民一人一人の環境倫理観が深く関わる問題として別個な取り組みが必要と思われる。

本稿では、幕末期から近代都市としての開発が開始し、歴史的記録も比較的多く残されている函館市の都市河川である亀田川に着目し、その河川環境の変遷と環境問題発生²の歴史およびそれらの問題解決として実施されてきた行政と市民による

環境改善や復元の取り組みを振り返り、今後の亀田川の自然河川としての環境復元の手法やあり方、市民に求められる環境倫理観確立について、環境教育実践の視点から展望を明らかにする。

2. 亀田川の環境問題の歴史

(1) 掘割における衛生環境問題

亀田川は北海道で2017年現在は第3位の人口をもつ函館市の市街地中心部を貫流する典型的な都市河川である。函館市の中心市街地は北東の袴腰岳を水源とする亀田川の扇状地とその末端の砂州上に形成されたものであるため、過去において亀田川はしばしば氾濫し、函館に水害をもたらしてきた。元禄年間には2年連続で大洪水が記録されている²。亀田川の河口は元々函館湾側にあったが、幕末の開港時代には水運と用水供給のために市街地中央を貫いて函館山麓までつながる掘割が開削された。そのため亀田川の最下流部は1859（安政6）年に護岸整備と直線化工事が行われ、運河化されて願成寺川と呼ばれていた³。しかし、1886（明治19）年に函館でコレラ患者が大発生したことから、1887（明治20）年に亀田川河口を函館湾側から津軽海峡側へ転注する大工事が行われ、1888（明治21）年の近代上水道の整備とともに掘割としての願成寺川は埋め立てられている。

このように、函館市亀田川の最初の環境問題は今から約130年前のコレラ禍に象徴されるような、安全な飲料水の確保をせまられる衛生環境問題であった。これが亀田川の環境問題史における第1期の環境問題と言える。

(2) 都市下水による水質汚濁問題

函館では1889（明治22）年に我が国で二番目に早く近代上水道が整備され、亀田川上流に建設した笹流ダムから市内中心部に浄水が給水された。このような上水道システムの近代化によって亀田

川の衛生環境問題は完全解決が図られるが、その一方で下水道システムは旧態依然とした明渠または暗渠を通じて亀田川や周辺海域に直接放流されるままとなっていた。その後も函館における近代下水道の整備は上水道に比べてはるかに遅れ、このことが後々、亀田川に深刻な水質汚濁問題をもたらすことになるのであった。

亀田川の有機物水質汚濁は、全国の主要な都市河川と同様に、高度経済成長時代の1970年代から顕著となってきた。函館市によるBOD測定が始まった1975（昭和50）年以降、亀田川では中流部での汚濁がもっとも深刻であり、とくに市街地中心部にある亀田橋では1978年（昭和53）年に史上最高のBOD75%値、38.0mg/Lを記録している（図1●印）⁴。この値は止水中ではバクテリアによる代謝活動で無酸素状態となる有機物濃度であり、工業用水3級のE類型河川水質環境基準10mg/Lの約4倍に相当する高い濃度であった。当時の亀田川の景観はまさに「ドブ川」のような状態であったものと推定される。1980年代以降はBOD値が徐々に低下していったものの、バブル経済期の1990年直後に再び上昇に転じ、2002（平成14）年までは亀田川の水質はC類型環境基準BOD75%値の5mg/Lを超過していた。

このような経緯から、少なくとも1975年から2002年までの27年間に於いて、亀田川では河川への有機物負荷量が河川内での自然浄化能力を超過し、有機物汚濁問題が発生していたことは明らかである。このような問題は、亀田川にとって第Ⅱ期の環境問題であったと言える。

(3) 下水道建設による汚濁問題の解決

1975年から2002年までの亀田川への主な有機物負荷要因は、最もBOD値が高かった亀田川中流域には水産加工場などの目立った負荷源が立地していないことからみて、流域市街地からの面源汚染が疑われた。亀田川中流域では1973年の旧亀田市の函館市編入以降、市街化にともなう住宅地開発が急速に進行した。そのため個人住宅のような小規模有機物負荷源の増加が新たな汚濁負荷になったものと推定された。そこで、小規模汚染源数の増加を指標する統計値として函館市の新設住宅戸数⁵（図1△印）の推移を検討した。1970年代前・後期と1980年代後期から1990年までの二つの時期に新規住宅建設ラッシュがみられた。これら二つの住宅建設ラッシュ期にはBOD75%値の極大値が相次いで記録され、しかも新規住宅建設とBODの変動パターンはよく一致していた。函館市の新規住宅建設戸数と亀田川BOD75%値の間

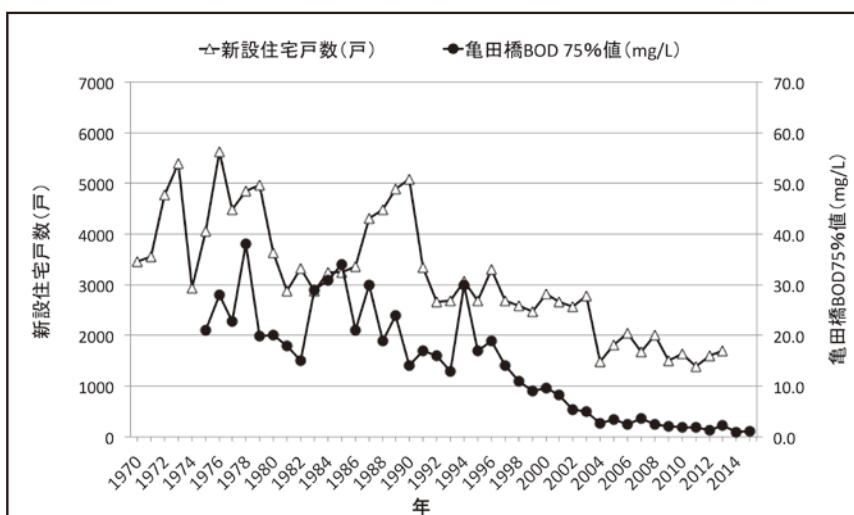


図1 亀田川BODと新設住宅建設戸数の推移

(図1のデータ出典)

亀田橋BOD75%値：函館市公害の現況と対策（昭和51年度版～平成11年度版），亀田川水質測定結果，函館市環境白書 第2編調査・測定結果（平成12年版～平成27年度版），亀田川水質測定結果から引用
 新設住宅戸数：函館市統計書（昭和45年版～平成16年版），建築物建築の状況，利用関係別新設住宅，総数から引用

には有意な ($p < 0.01$) 正の相関があったことから (図4左), 亀田川流域内における新規住宅建設による有機物汚染源数の増加が亀田川の有機物汚濁に直結した可能性は極めて高い。

さらに, 函館市では, 1980年以降, 新築住宅からの有機物負荷の軽減を見込んで, 流域下水道網の整備と終末処理場建設に取り組んできた。その結果, 下水の終末処理人口は徐々に増加し, 下水道人口普及率の上昇に呼応するように亀田川BOD値も低下していった (図2)。函館市の水洗化戸数下水道普及率と亀田川BOD75%値の間には有意な ($p < 0.01$) 負の相関があったことから (図4右), 函館市による公共下水道整備へのインフラ投資と住宅トイレの水洗化促進対策は亀田川の水質改善に極めて有効であったと結論される。

(4) 有機物負荷指標からみた水質環境改善

このような函館市による1990年から2005年までの約15年間に及ぶ公共下水道整備によって, 下水道人口普及率は2005年にはほぼ90%に達して, 現在ではほぼ飽和状態となっている (図2)。しかし, 2005年以降には下水道人口普及率の顕著な上昇がないにもかかわらず, 亀田川の水質は徐々に改善されてきた (表1)。例えば, 亀田橋のBOD75%値は2005年から2015年までの11年間に

3.4mg/Lから1.1mg/Lへと67.6%に及ぶ大幅な減少がみられる一方, この間の下水道人口普及率の増加率は3.1%, 下水処理区域面積の増加率も3.6%にすぎない。そこで, このような最近10年間に現れている亀田川の水質改善の要因を探るため, 関係のありそうな環境指標についての分析を試みた。

まず, 第一に流域内の人口規模縮小による汚染源数の減少効果が亀田川のBOD減少につながる可能性を検討した。函館市の「行政区人口」は2005年をピークに減少してきた (図3◇印)。2005年から2015年までの行政区人口の減少率は9.5%であり (表1), この11年間のBOD減少率67.6%を説明するには不十分である。

第二に, 流域内の污水排出量と有機物濃度の変化要因を検討した。公共下水道整備による一般家庭からの有機物負荷の軽減を指標する「水洗化戸数普及率」の推移をみると, 2005年から2015年までの11年間は5.9%の増加にすぎないが (表1), 「未水洗化戸数」を指標とするならば, この11年間の減少率は47.4%になり, BOD減少率67.6%の大部分が説明可能と思われる。

第三に, 「行政区内人口」から「下水処理人口」を差し引いた「下水未処理人口」を独自に算出して, 最近11年間の推移を検討したところ, 28.9%

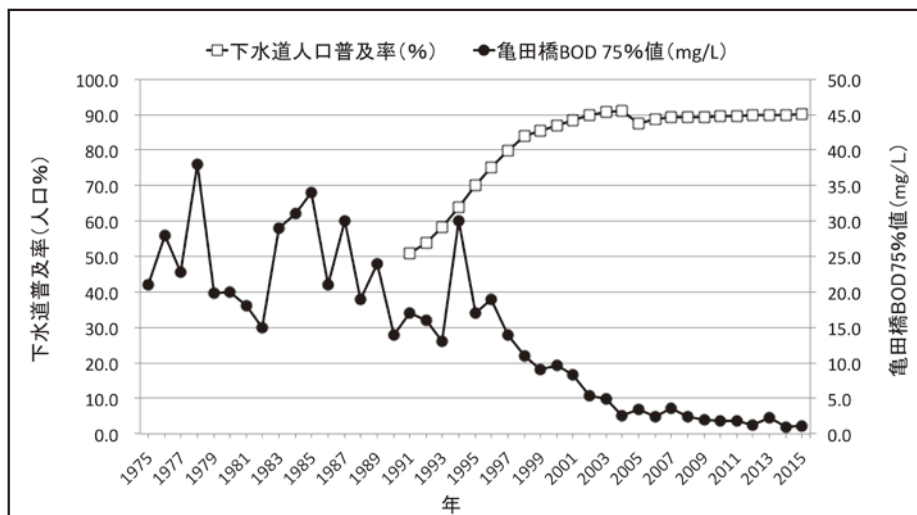


図2 亀田川BODと下水道人口普及率の推移

(図2のデータ出典)

亀田橋BOD75%値：函館市公害の現況と対策 (昭和51年度版～平成11年度版), 亀田川水質測定結果, 函館市環境白書 第2編調査・測定結果 (平成12年版～平成27年度版), 亀田川水質測定結果から引用
 下水道普及人口：函館市環境白書 (平成13年度版, 平成23年度版, 平成28年度版), 下水道整備などの状況から引用

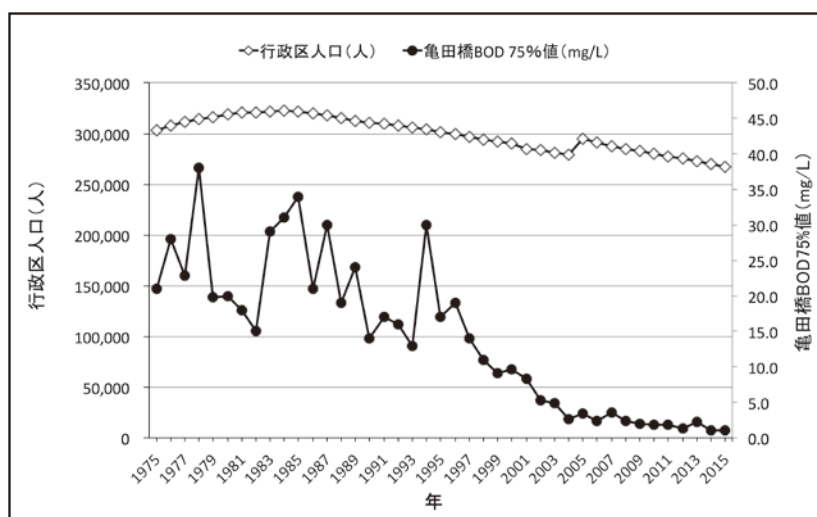


図3 亀田川BODと行政区人口の推移

(図3のデータ出典)

亀田橋BOD75%値：函館市公害の現況と対策，亀田川水質測定結果（昭和51年度版～平成11年度版），函館市環境白書 第2編調査・測定結果（平成12年版～平成27年度版），亀田川測定結果から引用
 行政区人口：函館市統計書（昭和51年度版～平成27年度版），人口，住民基本台帳人口から引用

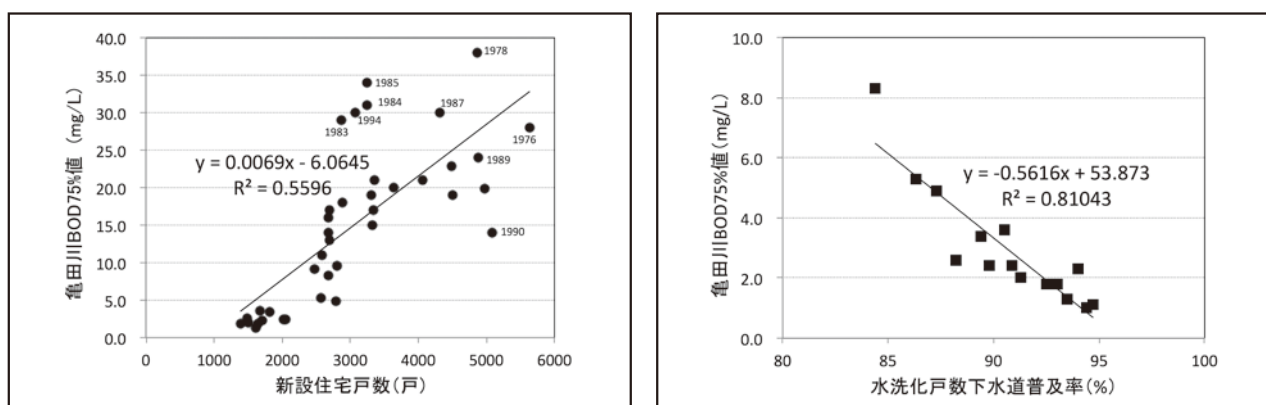


図4 亀田川BODと函館市の新規住宅建設戸数との相関（1975年～2013年），及び水洗化戸数下水道普及率との相関（2001年～2015年）

(図4のデータ出典)

亀田橋BOD75%値：函館市公害の現況と対策，亀田川水質測定結果（昭和51年度版～平成11年度版），函館市環境白書 第2編調査・測定結果（平成12年版～平成27年度版），亀田川測定結果から引用
 新設住宅戸数：函館市統計書（昭和45年版～平成16年版），建築物建築状況，利用関係別新設住宅，総数から引用
 水洗化戸数下水道普及率：函館市統計書（平成14年版～平成28年度版），下水道事業の状況，水洗化率から引用

表1 2005年から2015年までの亀田川の水質に関わる環境指標の増減率

項目	亀田橋 BOD75%値 (mg/L)	行政区 人口 (人)	処理区域 面積 (ha)	処理区域内 人口 (人)	下水未処理 人口 (人)	下水道人口 普及率 (%)	水洗化戸数 普及率 (%)	未水洗化戸 数 (戸)
2005年	3.4	294,694	4,595	257,797	36,897	87.5	89.4	13,643
2015年	1.1	-266,773	4,760	240,551	26,222	90.2	94.7	7,181
増減	-2.3	-27,921	165	-17,246	-10,675	2.7	5.3	-6,462
増減率(%)	-67.6	-9.5	3.6	-6.7	-28.9	3.1	5.9	-47.4

の減少率となったが、BOD削減率を説明するには不十分であった(表1)。未水洗化戸数の減少率よりも下水未処理人口の減少率が小さく見積もられた詳細な理由は不明であるが、有機物負荷のモニタリングには「下水未処理人口」よりも「未水洗化戸数」の方がより正確な指標になるようである。

そこで、亀田川のBOD改善傾向と関係のありそうな7つの指標として、「処理区面積」,「行政区人口」,「処理区域内人口」,「下水未処理人口」,「水洗化普及率」,「下水未処理人口」,「未水洗化戸数」と、亀田川の水質指標である亀田橋BOD75%値との決定係数を比較分析した(表2)。

その結果、BOD75%値はこれら7つの指標すべてと有意な(p<0.01)相関性を示した。そのうち決定係数が最も高い指標は「行政区人口」(R²=0.833)であり、次いで「処理区域内人口」(R²=0.821),「下水未処理人口」(R²=0.789),「未水洗化戸数」(R²=0.789)で相関性が高く、いずれも有意な(p<0.01)正の相関性が認められた。このことは亀田川のBOD水質改善に函館市の人口減少とトイレの水洗化の両方の要因が好ましい影響を与えてきたことを示している。過去11年間における「処理区域内人口」の減少率は6.7%にとどまっているものの、2015年の函館市の人口統計⁶によれば、最近は小家族化、高齢化の傾向が

表2 2005年から2015年までの水質改善に関わる環境指標の相関分析表

単相関係数 件数11 (単位)	亀田橋 BOD75%値 (mg/L)	行政区 人口 (人)	処理区域 面積 (ha)	処理区域内 人口 (人)	下水未処理 人口 (人)	下水道人口 普及率 (%)	水洗化戸数 普及率 (%)	未水洗化 戸数 (戸)
亀田橋BOD75%値(mg/L)	1.000	0.833	-0.766	0.821	-0.819	0.789	-0.744	0.789
行政区人口(人)	0.833	1.000	-0.948	0.986	-0.991	0.944	-0.896	0.944
処理区域面積(ha)	-0.766	-0.948	1.000	-0.892	0.933	-0.981	0.962	-0.981
処理区域内人口(人)	0.821	0.986	-0.892	1.000	-0.985	0.877	-0.812	0.877
水洗化戸数普及率(%)	-0.819	-0.991	0.933	-0.985	1.000	-0.919	0.865	-0.919
下水未処理人口(人)	0.789	0.944	-0.981	0.877	-0.919	1.000	-0.992	1.000
下水道人口普及率(%)	-0.744	-0.896	0.962	-0.812	0.865	-0.992	1.000	-0.992
未水洗化戸数(戸)	0.789	0.944	-0.981	0.877	-0.919	1.000	-0.992	1.000
無相関の検定 t 検定								
亀田橋BOD75%値(mg/L)	-	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]
行政区人口(人)	[**]	-	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]
処理区域面積(ha)	[**]	[**]	-	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]
処理区域内人口(人)	[**]	[**]	[**]	-	[**]	[**]	[**]	[**]
水洗化戸数普及率(%)	[**]	[**]	[**]	[**]	-	[**]	[**]	[**]
下水未処理人口(人)	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	-	[**]	[**]
下水道人口普及率(%)	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	-	[**]
未水洗化戸数(戸)	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	[**]	-

([**])は危険率1%未満で有意な相関あり

(表1, 表2のデータ出典)

亀田橋BOD75%値：函館市公害の現況と対策、亀田川水質測定結果(昭和51年度版～平成11年度版)、函館市環境白書 第2編調査・測定結果(平成12年版～平成27年度版)、亀田川測定結果から引用

行政区人口：函館市統計書(平成18年度版,平成28年度版)、人口、住民基本台帳人口から引用

処理区域面積、処理区域内人口、水洗化戸数普及率、処理区域内人口、下水道人口普及率、水洗化戸数普及率：函館市統計書(平成18年度版,平成28年度版)、下水道事業の状況から引用

下水未処理人口：函館市統計書(平成18年度版,平成28年度版)、下水道事業の状況、排水区域内人口から処理区域内人口を除いた人口

未水洗化戸数：函館市統計書(平成18年度版,平成28年度版)、下水道事業の状況、水洗化区域戸数から水洗化済戸数を除いた戸数

顕著で、1人世帯が全戸数の38.9%、2人世帯が32.6%を占めており、今後は人口の高齢化にしたがって世帯数の減少も急速に進行するものと思われる。函館市の人口減少による河川への有機物負荷の削減はいっそう加速するものと予想される。

また、下水道普及の効果については、「処理区域面積」、「下水道人口普及率」、「水洗化戸数普及率」のいずれについても、亀田川BOD値と有意な ($p < 0.01$) 負の相関が認められた(表2)。函館市は1996(平成8)年から現在まで、排水設備設置資金、トイレ水洗化改造資金、私道内公共下水道設置制度などの補助金制度を相次いで導入してきた。この制度の目的は、私有地内に残された下水道未整備地区を完全解消して家庭排水を公共下水道へ導入することであり、さらに市街化調整区域の外側に広がる公共下水道未整備の郊外住宅地では個別浄化槽の設置とトイレ改修を促進してきた。

その結果、2016年には「水洗化戸数普及率」は94.7%にまで高まり、「未水洗化戸数」は2015年に7,181戸にまで減少した。現在は、1970年から1990年代に建設された住宅も老朽化が進み、水洗トイレ付き住宅への建て替え時期に入っていることから、「下水未処理人口」と「未水洗化戸数」の減少は今後もいっそう進行することが期待される。

以上のことから、2005年から2015年までの亀田川のBOD減少は、函館市の公共下水道整備によるインフラ投資の効果、トイレ水洗化による公共下水道利用者の増加、流域人口の減少という、3つの要因が相乗的にはたらいた結果によるものと結論される。

しかしながら、次節で述べるように、このような亀田川の水質改善による有機物汚濁問題の解決が、必ずしも亀田川の環境問題の終結を意味するものとはならなかった。

(5) 亀田川のごみ問題

このような水質改善が進む中で、亀田川では水質環境が環境基準を達成してから10年経過後の2012年においても、河川敷へのゴミの不法投棄が

しばしば問題となっていた⁷。亀田川への廃棄物投棄は禁止法令が整備されていなかった過去の時代から一貫して存在していたものと思われる。しかし、明治期のコレラ発生による衛生問題、戦後の経済成長期の下水負荷による水質汚濁問題の解決をみた現在、改めて顕在化してきた問題が河川内や河川敷へのゴミ投棄問題であった。身近な環境中へのゴミ投棄の問題は、住民の環境意識や倫理を直接的に反映する、より根本的な環境問題であり、ゴミを捨てる不心得者の存在だけでなく、それを看過、許容するような無自覚で無関心な住民の存在にも依存する。これは現在の函館市民に鋭く突きつけられた、亀田川にとっての第Ⅲ期の環境問題と言えるだろう。

函館市では家電リサイクル法が制定された1998年以降、河川敷に限らず、郊外の山林や空き地への廃棄物の不法投棄が問題となり、函館市も専門員や巡回監視車両を配置して不法投棄防止のパトロールを強化するなどの対策に追われてきた。函館市における不法投棄件数は2012年には1,696件となっていたが、監視カメラの設置と検挙件数の増加によって最近では急速に減少し、2014年には846件、2015年には458件に急減している⁸。

しかし、亀田川へのゴミの不法投棄は現在なお根絶するには至っていない。とりわけコンクリートや石垣の高水護岸が整備されている市街地においては河川敷への立ち入りが難しく、ゴミを発見しても撤去しにくいという、河川敷内に植物が繁茂している場所では監視も行き届かない。このような状況のもとで、亀田川へのゴミ不法投棄問題がしばしば新聞報道をにぎわすようになったものと思われる。

水質改善が進みつつあった2000年前後に、亀田川のごみ不法投棄問題の現状に心を痛めた周辺住民が自治的な組織「亀田川をきれいにする市民の会」(以下、「きれいにする会」)を結成し、亀田川の河畔パトロールやゴミ清掃活動をはじめとする独自の活動に着手した。このような亀田川の環境問題に関わる住民運動の展開は、歴史的に亀田川が直面してきた衛生問題、水質汚濁問題とは異

なって、公共インフラ整備のような土木技術的手法では解決しがたい問題に対応した新たな問題解決アプローチを要求するものであった。

3. 市民による亀田川のゴミ問題解決運動

亀田川へのゴミ不法投棄問題の顕在化にともなって現れたこのような住民主体の運動が継続的に展開していくためには、理念、組織、活動の3つが不可欠である。そこで、運動が発案されるに至った経緯、そのような住民運動を展開するための組織形成、活動内容とその変遷、さらにそのような実践が地域の環境問題解決にどのように寄与してきたかについて、「きれいにする会」の設立メンバーへのインタビュー調査を行って、このような地域住民主体の環境保全活動を進めるうえでの教訓と展望を探った。

(1) 設立経緯と初期の活動

「亀田川をきれいにする市民の会」は1995年に亀田川流域の住民によって設立された任意団体であり、会員数は一時期135名を数えたが、現在は十数名にまで減少している。「きれいにする会」の活動を紹介するホームページ⁹によれば、活動目的として、①市街地中心を流れる川をゴミ捨て場にしない、②市民の意識の改善、③子どもの代から自然を大切にすることの3項目が記載されている。初代会長は現在、当会の顧問をつとめる石井満氏で、現在の代表は二代目会長の菅原康徳氏に引き継がれている。会員のほとんどは亀田川流域の18町内会に所属する主婦や公務員、会社員、退職者など、多様な職業をもつ一般市民であり、各会員は自分の生活リズムに合わせて、単独または複数で亀田川周辺のゴミ拾いや草刈りを行ってきた。また、函館市の呼びかけに応じて毎年春と秋の年2回、流域の小学校、地元企業、町内会所属の一般市民などと一緒に、1時間ほどの河川敷清掃活動を実施してきた。例えば、平成30年度5月の亀田川一斉清掃活動で回収されたゴミの量は「燃やせるゴミ」200キロ、「燃やせないゴミ」150キロにのぼる¹⁰。

(2) 環境教育イベントの開催

「きれいにする会」では清掃活動や河畔歩道の草刈、流域監視パトロールなどの環境改善活動をしばらく継続していたが、ゴミの不法投棄は一向に解消しない状況があった。そこで、これを打開しようと2005年に発案された企画が地域の環境教育イベントであった。このイベントの発案は2004年10月3日に「きれいにする会」幹事と「都市構造研究会」との懇談会において、研究会側から、子どもの時代から亀田川の自然に触れて遊んだ体験のある大人は決して亀田川を汚したりゴミを捨てたりすることはないだろうとの予測にもとづいて、亀田川を活用した子ども行事の開催について提案があり、2005（平成17）年4月の「きれいにする会」総会で実施を決定し、役員会で協議を重ねて、「亀田川の生きものをさがそう」（以下「生きものをさがそう」）の事業が実現した。筆者は「都市構造研究会」の会長から依頼を受け、「生きものをさがそう」の企画に関わり、イベント主催者の一員として参画することとなった。

最初の「生きものをさがそう」は2005年9月10日（土）に地元の小中学校の児童や生徒と保護者165名を対象として開催され、亀田川中流にある富岡第三緑地公園内にある河川敷の親水護岸を利用して行われた（表3）。このような環境教育イベントは2005年から2011年までは富岡第三緑地公園を会場に、大雨で中止となった2007年の1回を除いて年1回夏期に実施され、のべ13年間で合計12回開催されてきた。

「亀田川の生きものをさがそう」のプログラム内容は、生物採集や観察実習、水質分析などの実験をともなった活動型の環境教育イベントとして企画され、午前の日程で実施された（表4）。講話では亀田川の水質汚濁やゴミ不法投棄などの環境問題、亀田川の代表的な水生生物、生物の採集方法について説明した（図5-1）。実習では「きれいにする会」の会員の監視のもとで安全を確保しながら、参加者親子を河川内に誘導し、手網やタモ網で魚類や巻貝、水生昆虫類を採集した（図5-2）。さらに、図鑑や標本と見比べながら自

分で採集した生物の種類を調べて生物指標による水質階級に当てはめて水質を判定した（図5-1

表3 「亀田川の生きものをさがそう」の開催日程と参加者

年度	開催日程	親子（人）
2005	9月10日（土）	165
2006	7月29日（土）	222
2007	7月28日（土）	大雨のため中止
2008	7月27日（日）	114
2009	8月29日（日）	46
2010	8月21日（土）	146
2011	7月23日（土）	88
2012	7月29日（日）	79
2013	7月28日（日）	43
2014	7月26日（土）	33
2015	7月25日（土）	28
2016	7月31日（日）	38
2017	7月22日（土）	37
計	のべ12回	1039
参加者内訳		人数（人）
2017	幼児	3
	小学生（1・2年）	10
	小学生（3・4年）	7
	小学生（5・6年）	1
	成人（30代）	6
	成人（40代）	9
	成人（50代以上）	1

表4 「亀田川の生きものを探そう」のプログラム内容と開催場所

時刻	プログラム内容	場所
8:30	受付	亀田青少年会館
9:00	亀田川の環境問題 亀田川の生きもの 生きものの採集法	会館体育館
9:40	バス移動	亀田川河川敷へ
10:00	採集法の実演 生きもの採集	第3緑地公園
11:15	バス移動	会館へ
11:30	採取生物の判別 河川水の簡易分析	会館体育館
12:00	昼食と意見交換・交流	

3)。最後に参加者全員で当日採取された河川水をパックテストや簡易測定器を用いてCODや栄養塩類を測定し、生物指標による水質結果と比較した（図5-4）。このような講話と採集活動を行った後に、子どもとその保護者およびイベント指導者が一同に会して意見交換しながら昼食をとる交流の機会も設けた。

例年の参加者は、イベント指導者の数に合わせて定員を設け、亀田川流域を校区とする小、中学



図5-1 講師による亀田川についての講話の様子



図5-2 河川敷での生物採集の実習の様子



図5-3 生物観察と種類判別実験の様子



図5-4 パックテストによる水質分析実験の様子

校を通じて児童生徒とその保護者を募集し、2005年から2017年までの12回の開催で合計1,000名以上の参加者を記録している。なお、イベント指導者は講話と生物採集の指導を「きれいにする会」会員と地元大学の環境科学分野の研究者（筆者）が担当し、実施予算は亀田青少年会館の指定管理費でまかなわれており、亀田青少年会館から富岡第三緑地公園まで往復の貸し切りバス借上げ料、パックテスト、手網、水槽、手指の消毒液、昼食の食材などの購入費、配布する学習資料の印刷費などにあてられ、事業の持続性が確保されている。

また、「いきものを探そう」のイベントには自治体も後援者として関わっており、可能な限り、函館市環境部や北海道河川管理部局の担当者が立ち会って、亀田川の水質環境復元の取り組みの資料配布も行われてきた。これは子どもだけでなく、保護者への環境教育に役立っているものと思われる。

(3) 環境教育イベント開始後における地域の変化

「いきものをさがそう」イベントの開催が開始した2006年以降の地域の変化として、「きれいにする会」会員の観察によれば、富岡第三緑地公園をはじめとする親水護岸が整備された河川敷内で、夏休みに水遊びや生物を採取している親子がしばしば目撃させるようになったこと、さらに亀田川での環境教育イベントに再び参加する子ども、とくに小学生時代に一度参加し、中学生になって再度参加する生徒が現れたこともイベント

主催者から報告されている。また、「いきものをさがそう」イベントに子どもを引率した保護者のなかには、子どもと一緒に河川生物を観察して触発され、亀田川の水生生物や生態系について熱心に質問する親子が多くなった。

さらに、亀田川流域の小学校では2012年に総合的学習で亀田川の学習を進め、河川環境と生物の観察会を親水護岸で実施したことが記録されており¹¹、「いきものをさがそう」イベントの効果は地域の学校にまで影響を与えたものと思われる。

(4) 2017年の環境教育イベントの教育効果

2017年7月22日（土）に実施した「亀田川のいきものをさがそう」のイベントでは、その教育的効果を確認するため、参加者（表3）であった子ども21名、保護者16名に対して質問紙調査をプログラムの最後に実施した。2017年度のイベント開催日は前日夜半からの大雨で増水して濁水となり、例年実施している亀田川河川敷での子どもと保護者による河川生物の採集は中止となった。しかし、参加者は安全な川岸からイベント指導者が河川生物を採集する様子を見学し、採取された生きた魚類や水生昆虫類を小型水槽に入れて間近に観察したり、直接手で触ったりする活動とともに、当日採取した河川水のCODをパックテストで測定したり、電気伝導度やpHを簡易水質測定器で分析し、河川の水質を評価するワークショップも体験することができた（図5-1、図5-2、図5-3、図5-4）。

このイベントの総合評価については、大人参加者アンケートの結果（図6）によれば、5点法による平均得点（±標準誤差）では、設問1の「たいへん満足している」が4.38（±0.31）、設問2の「大いに勉強になった」が4.44（±0.26）、設問3の「たいへん楽しかった」が4.38（±0.31）、設問4の「今の水質状況がよくわかった」が4.75（±0.11）と、満足度、楽しさ、学習、現状についての大人の理解度はいずれも高かった。また、子ども参加者アンケートの結果（図7）では、3点法での平均得点（±標準誤差）において、設問1の「参加してよかった」が2.86（±0.10）、設問2の「とても勉強

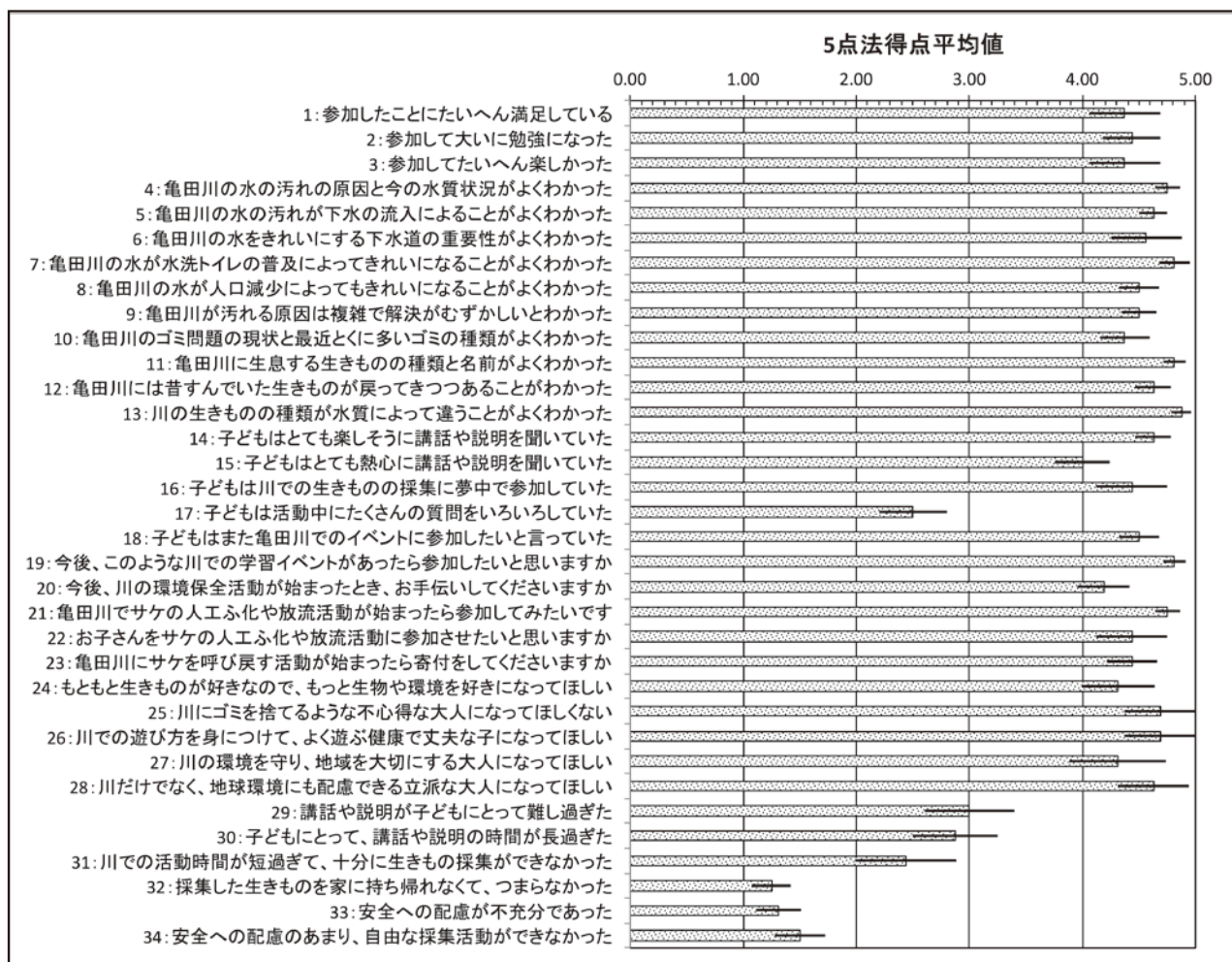


図6 2017年度「亀田川の生きものをさがそう」大人参加者事後アンケート結果

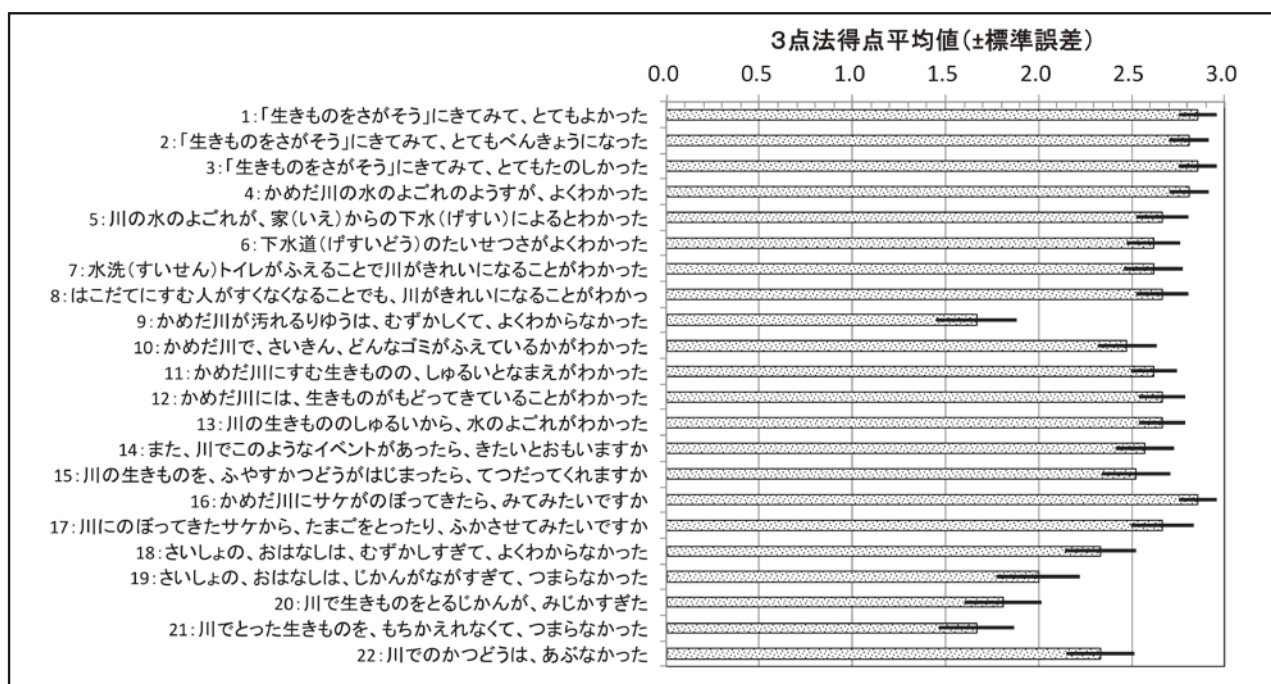


図7 2017年度「亀田川の生きものをさがそう」子ども参加者事後アンケート結果

になった」が $2.81(\pm 0.11)$ ，設問3の「とても楽しかった」が $2.86(\pm 0.10)$ ，設問4の「水の汚れの様子がわかった」が $2.81(\pm 0.11)$ と，イベントの満足度，楽しさ，学習，水質の現状についての子どもの評価はいずれも高かった。

一方，イベント内容のあり方について，講話の理解度については，大人アンケートでは設問29の「講話は子どもにとって難しすぎた」が $3.00(\pm 0.40)$ で中間的，子どもアンケートでも設問18の「最初のお話しは難しすぎてよくわからなかった」が $2.33(\pm 0.19)$ と少し肯定的であり，講話の内容は幼児や低学年児童にとってやや難解なものであったと評価された。

生きもの採集などの川での活動時間の長さについては，大人アンケートでは設問31の「活動時間が短くて十分に生きもの採集ができなかった」が $2.44(\pm 0.45)$ と中間的で，子どもアンケートでは設問20の「川での採集時間が短すぎた」が $1.81(\pm 0.21)$ と少し肯定的であり，親子による採集活動が大雨による増水のため中止となったこともあり，特に子どもにとって活動時間に不満が残った。

河川生物の持ち帰りについては，大人アンケートでは設問32の「家に持ち帰れなくて，つまらなかった」が $1.25(\pm 0.17)$ と否定的であったが，子どもアンケートでは設問21の「家に持ち帰れなくて，つまらなかった」が $1.67(\pm 0.21)$ と中間的であり，大人は河川生物の家庭での飼育の難しさが理解されていたが，子どもには少し納得できない心情がみられた。

安全への配慮については，大人アンケートでは設問33の「安全への配慮が不十分であった」は $1.31(\pm 0.20)$ と否定的であり，子どもアンケートでは設問22の「川での活動は危なかった」が $2.33(\pm 0.18)$ と肯定的であり，大人は増水して濁った河川での親子採集活動を中止した理由と判断の正しさを十分に理解したものと思われるが，子どもは指導者らが濁って増水した川で生物採集を行う様子を実際に観察して，増水した川で遊ぶことの危険性が強く印象に残ったものと思われた。

亀田川の水質汚濁の原因や解決方法について

は，大人アンケートでは，設問5の「下水流入による汚濁」が $4.63(\pm 0.13)$ ，設問6の「下水道の重要性」が $4.56(\pm 0.32)$ ，設問7の「水洗トイレの普及による浄化」が $4.81(\pm 0.14)$ ，設問8の「人口減少の効果」が $4.50(\pm 0.18)$ と，亀田川の水質汚濁原因と対策に関する大人の理解度は極めて高く，設問9の「水質汚濁問題の解決の難しさ」でも $4.50(\pm 0.16)$ ，設問10の「最近とくに多いゴミの種類」についても $4.38(\pm 0.22)$ と高い理解度を示していた。また，子どもアンケートでは設問5の「下水による汚濁」が $2.67(\pm 0.14)$ ，設問6の「下水道の大切さ」が $2.62(\pm 0.14)$ ，設問7の「水洗トイレの大切さ」が $2.62(\pm 0.16)$ ，設問8の「住む人が少なくなる効果」が $2.67(\pm 0.14)$ で，水質汚濁の原因と解決法，人口減少による浄化効果について高い理解度を示していたが，設問9の「水が汚れる理由はよくわからなかった」では $1.67(\pm 0.22)$ と，子どもによる理解度は中間的な値を示していた。設問10の「最近増えているゴミの種類」についても $2.48(\pm 0.16)$ と子どもによる理解度がやや低かった。

亀田川の生物については，大人アンケートでは設問11の「生物の種類と名前がよくわかった」が $4.81(\pm 0.10)$ ，設問12の「昔の生物が戻ってきつつある」が $4.63(\pm 0.15)$ ，設問13の「生物の種類が水質によって違う」が $4.88(\pm 0.09)$ と，亀田川に生息する生物とその種類，環境改善による生物多様性の回復や生物指標による水質判定への大人の理解度は高かった。また，子どもアンケートでは設問11の「種類と名前がよくわかった」が $2.62(\pm 0.13)$ ，設問12の「昔の生きものがもどってきている」が $2.67(\pm 0.12)$ ，設問13の「生きものの種類から水の汚れがわかる」が $2.67(\pm 0.12)$ と，亀田川の生物の種類や水質との関係についての子どもの理解度は高かった。

今後のイベントへの期待や希望については，大人アンケートでは設問19の「今後のイベントに参加したい」が $4.81(\pm 0.10)$ ，設問20の「保全活動を手伝ってくれる」が $4.19(\pm 0.23)$ ，設問21の「サケの人工ふ化や放流への参加希望」では 4.75

(± 0.11)と、亀田川での生きもの学習やサケのふ化放流など、さらに発展的な体験学習イベントへの期待が極めて大きかった。また、子どもアンケートでは設問14の「また来たいとおもうか」が2.57(± 0.16)、設問15の「手伝ってくれますか」が2.52(± 0.19)、設問16の「サケがのぼるのを見てみたいか」が2.86(± 0.10)、設問17の「サケの卵を取ったり、ふ化させてみたい」が2.67(± 0.17)と、亀田川での生きものイベントへの今後の期待や参加希望度が極めて高かった。

さらに大人アンケートで、子どもへの期待について尋ねたところ、設問22の「サケの人工ふ化放流イベントに子どもを参加させたい」では4.44(± 0.32)、設問23の「サケを呼び戻す活動に寄付する」では4.44(± 0.22)と、大きな期待がみられた。さらに設問24の「子どもに生物や環境を好きになってほしい」が4.31(± 0.33)、設問25の「ゴミを捨てるような大人になって欲しくない」が4.69(± 0.31)、設問26の「川で遊ぶ元気で丈夫な子どもになってほしい」が4.69(± 0.31)、設問27の「川の環境や地域を大切にする大人になってほしい」が4.31(± 0.43)、設問28の「地域だけでなく地球環境にも配慮できる大人になってほしい」が4.63(± 0.31)と、寄付をともなうものであっても、子どもにサケの人工ふ化放流などの生きものイベントに参加させたいという希望があり、その背景として我が子に地域の河川を大切にするとともに、地球環境にも配慮できる大人になってほしいという願いを読み取ることができた。

4. 亀田川の自然環境復元の課題

(1) 河川内構造物の維持管理の課題

亀田川は都市河川として大規模な流路変更を余儀なくされてきた。例えば、本来の河口の位置は函館湾側から津軽海峡側に変更され、中流部の流路も蛇行部がショートカットされて直線化されている。笹流ダムより上流部ではほぼ自然河川としての植生と河畔林が確保されているが、中流部においては護岸に囲まれた狭い河川敷内の一部に堆

積した土砂によって河原や中洲が形成され、ヨシやヤナギ類の灌木が繁茂しており、自然植生が復元しつつある。しかし、下流域においては河川敷がほとんどなく、石垣とコンクリート護岸で囲まれた水域となっている。

ダムや堰堤などの河川内構造物は水生生物の移動を妨げる。亀田川には中流部に8箇所のコンクリート堰堤の落差工があり、そのうち5箇所には多段式の魚道(図8-1)が設置されている。しかし、残り3箇所の第三緑地公園、歓喜橋上流(図8-2)、神山橋下流には落差こそ1m程度ではあるが、魚道が設置されていない堰堤がある。また、最上流にある神山小学校落差工(図8-3)は下流に向かって左岸側に魚道が設置されているものの、渇水期には魚道が通水せず、完全に干上がって魚道としての機能を失ってしまっていた。

河川におけるダムなどの構造物は魚類の溯上や



図8-1 魚道のある中道橋上流落差工



図8-2 魚道のない歓喜橋上流落差工



図8-3 渇水時に魚道が通水しない神山落差工

降下に重大な影響を与えている（森1999）¹²。落差の小さな堰堤であっても、ウキゴリ、カンキョウカジカ、モクズガニなどの遊泳力の小さな小型動物は魚道なしに移動できない。今後は、これらの各河川構造物の上下で、シロザケ、サクラマス、アユ、エゾウグイなどの魚類、スジエビ、モクズガニなどの甲殻類の分布や溯上の状況を詳細に調査し、これらの落差工による河川内生物の移動への影響を明らかにする必要がある。

(2) 野生生物の多様性を高める対策と展望

シロザケのような溯河性回遊魚は自分が生まれた川の匂いを記憶して河川に溯上し、自分が生まれた支流の清浄な湧水のある礫質の河床で産卵する。2012年秋には亀田川の中流でサケの溯上が確認されているが¹³、現在の亀田川中流部には湧水の供給源となるほどの広い河畔林が確保されていない。亀田川では上流部には新中野ダムがあるため、溯上したサケは産卵場にたどり着くことができない。また、ダムの下流域でも上流からの砂礫の供給が絶たれて浸食作用のみが強くはたらかず、サケの産卵場となりそうな細かな砂礫が堆積した河床は見当たらない。このような河川環境の問題は砂利などを供給する以外に直ちに解決することが困難である。

そのため、サケ・マス類のような大型の河川溯上魚類の増殖方法としては、溯上してきた親魚を捕獲して採卵し、人工ふ化放流する方法が現実的であると思われる。北海道におけるサケの人工ふ

化放流事業は、原則として漁業協同組合などの水産団体のみに許可されているが、例えば札幌市豊平川サケ科学館では環境教育を目的としたサケのふ化放流が、自治体と市民団体が共同申請して実施が許可されているので、亀田川においてサケの人工ふ化放流を実施する場合には、北海道環境部、漁業協同組合連合会、地元漁業協同組合、地元サケ・マスふ化場などと連携を図りながら、魚卵や稚魚の譲渡や溯上魚の捕獲、採卵、人工授精、人工ふ化、稚魚放流などについての指導を要請することが求められる。

さらに、亀田川には水道水源として2つの近代ダム¹⁴と水源涵養林が維持されていることから、ダム機能を水道水源と洪水調節に加えて、渇水期における流水量の確保にも活用することで、亀田川の生態系の多様性を高め、自然河川としての復元をはかることが期待できる。現在、亀田川本流の上流に設置されている新中野ダムは多目的ダムに位置づけられており、水量調節の目的として洪水調節、上水道用水の水源確保のほかに、不特定用水として河川維持用水の利用が定められている¹⁵。現在の亀田川では、堰堤や落差工などの河川構造物が多数設置されており、海から溯上してきたシロザケやサクラマスの移動障害物となっている。このような亀田川の河川構造の現状を考慮するならば、例えば魚類の溯上期を見計らって亀田川の最上流部にある新中野ダムの放水量を一時的に増やして、溯上魚が魚道をのり越えやすいように水量を調節することも可能であると思われる。このような上流ダムからの放水量調節は、資源減少が近年とくに危惧されているサケ・マス類の保全と増殖に有効であるとともに、河川と海の間を往来するウキゴリ類、ハナカジカ類、モクズガニなどの甲殻類など、小型両側回遊性の水生生物の溯上、産卵、降海などの生態学的移動を促すことも期待できる。今後、急速な人口減少と節水対策が見込まれる函館市では、将来における水道水需要の減少も見込まれるので、河川生態系に配慮したダム放水量調節の実現可能性はさらに高まるものと思われる。

これまでの亀田川の歴史を振り返ると、ダム調節における洪水調節、上水道源確保、河川環境保全の3つの用途をバランスよく組み合わせることが求められる時代はすでに到来しているものと思われる。シミュレーションを活用した最新のダム水量調節技術を亀田川に応用できれば、ダム構造物インフラを河川生物の環境改善に積極的に活用した河川環境復元型のダム管理モデルの好事例になるものと考えられる。このことは、我が国の近代水道史の旗手として二番目に早く近代ダムと近代上水道を整備した函館にふさわしい挑戦であり、函館水道史に新たな一頁が書き加えられることにもなるであろう。

おわりに

最終的に亀田川の未来像をどのように描くかは市民の手に委ねられている。札幌市では我が国最初の市民参加による河川環境復元運動の一環として、1978年から豊平川に稚魚を放流してサケを呼び戻す「カムバックサーモン運動」が展開された。現在では「札幌ワイルドサーモンプロジェクト」に活動が引き継がれ、毎年約2,000匹の親サケが豊平川に回帰し、サケが自然産卵で繁殖できる野生化の段階にまで到達している。そのような運動の成果の象徴として札幌市サケ科学館が建設され、そこでは子どもや市民を対象とする多彩な環境教育活動が展開されている。もちろん、このような自然環境復元が一定の段階にまで進行した豊平川でもゴミの不法投棄問題は無くなっていない現状にあるが¹⁶、野生サケの復活と環境保護に取り組む札幌の市民運動は河川の生物多様性を高めるだけでなく、子どもとともに一般市民の河川への関心を高め、サケという野生生物の存在に依拠しながら自然環境が守られる仕組みを創造しているようにみえる。

最近の研究¹⁷によれば、河川は山の森林からの栄養分を沿岸海域に供給する一方で、サケなどの溯河回遊魚の溯上と産卵によってサケの死骸は河川生物だけでなく、河畔林を利用する鳥類やほ乳

類などの小動物の餌となるばかりか、分解産物による栄養供給をとおしてキノコなどの森林生物にも貢献し、森の生物をも豊かにしていると報告されている。

函館市亀田川においても、札幌市のような先行事例を参考にしつつ、市民参加と合意形成をはかりながら、子どもや保護者によるサケの採卵や人工授精、ふ化放流の活動を実践し、サケのみならず多様な野生生物が生育できる自然河川としての環境復元活動に取り組みたいものである。その先には野生生物の存在が亀田川を豊かにし、「市民の宝」として未来の世代に引き継がれ、亀田川が市民の手によって大切に守られ、持続的かつ賢明に利用される時代を迎えることができるであろう。そのときにはすでに亀田川のゴミ問題は解決しているに相違ない。

謝 辞

本研究における函館市の河川環境に関する調査にあたり、函館市環境部環境対策課のご好意で過去の測定データを提供いただいた。ここに厚くお礼申し上げます。また、函館市亀田川で長年にわたり、市民の先頭に立って亀田川とその周辺の不法投棄ゴミの収集活動と環境教育活動を実践してきた「亀田川をきれいにする市民の会」の関係者への取材にあたり、「きれいにする会」の前会長である石井満氏、聡子氏ご夫妻、同会の現会長である亀田青少年会館館長の菅原康徳氏および同会の事務局長である古川秀子氏は長時間にわたるインタビューに心よく応じてくださった。深く謝意を表する。

引用文献および注釈

- 1 無償で回収した廃棄物を有価物として人件費が安く環境規制等が緩い途上国に輸出して貴金属類を回収し、利益を得る業者も現れるなど、廃棄物の輸出入を禁止するバーゼル条約に抵触するような脱法的ビジネスが横行し、国際的な問題ともなっている。
- 2 函館市(1974)、函館市史 通説編第1巻 第3編古

- 代・中世・近世 第2章 松前藩下の箱館 松前藩の再生産構造と箱館港, pp.350-351.
- 3 函館市 (1974), 函館市史 通説編第1巻 第3編 古代・中世・近世 第5章 箱館開港 第9節 海面埋立と溝渠新設, 願成寺川の開削, pp.647-648.
 - 4 函館市 (1976~2015), 函館市の公害の現況と対策 (昭和51~平成11年版), 函館市環境白書 (平成12~27年度版), 亀田川水質測定結果.
 - 5 函館市 (1970~2004), 函館市統計書 (昭和45年~平成16年版), 土木・建築 建築物建築状況 (2)種類別新設住宅 (3)利用関係別新設住宅 (総数).
 - 6 函館市 (2016), 函館市統計書 (平成28年版), p.8.
 - 7 函館新聞 (2012), 「亀田川, 後絶ため不法投棄」, 6月8日付け記事.
 - 8 函館市 (2016), 函館市環境白書 (平成28年版), p.48.
 - 9 函館市地域交流まちづくりセンターホームページ, 亀田川をきれいにする市民の会, http://hakomachi.com/townnews07/2008/01/post_369.html (2018年7月5日アクセス)
 - 10 函館市 (2018), 函館市ホームページ, 公園河川整備課, 「亀田川清掃活動について」, 2018年5月12日付け情報. <http://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2017012700017/> (2018年7月6日アクセス)
 - 11 2012年9月20日に函館市立鍛神小学校の総合的学習で亀田川の学習を行い, その後に校区内にある富岡第三緑地公園の亀田川河川敷で生物観察会を実施している.
 - 12 森 誠一 (1999), ダム構造物と魚類の生活, 応用生態工学, 2 (2), pp.165-177.
 - 13 函館新聞記事, 「亀田川にサケ遡上」, 2012年10月18日.
 - 14 上中流部にある笹流ダムは日本初のコンクリート製バットレスダムとして1923 (大正12) 年に完成, 上流にある新中野ダムは1960年に完成した中野ダムを嵩上げて1984年に完成した重力式コンクリートダムである.
 - 15 北海道函館建設管理部事業室事業課, 新中野ダム (再), <http://damnet.or.jp/cgi-bin/binranA/All.cgi?db4=0113> (2018年7月6日アクセス)
 - 16 札幌河川事務所管内ゴミマップ, 平成28年度版.
 - 17 長坂 有・長坂晶子 (2013), サケ由来の栄養が河畔林内の菌類 (キノコ) に及ぼす影響, 北海道林業試験場研究報告, 61号, pp.109-112.

(函館校教授)