

アユの復活とおいしいアユについて ～多摩川等における下水道整備の効果と課題～



日本下水道協会特別会員
東京大学 下水道システムイノベーション研究室
特任准教授
加藤 裕之



一般社団法人 水循環研究所
理事長
小磯 明



水循環研究所
所長
飯田 輝男

1. はじめに

八王子市が平成23年度に95%以上を達成したことにより、東京都の下水道はほぼ100%の普及率となった。高度成長期の多摩川田園調布堰下の中性洗剤の泡（写真-1）を記憶している人にとっては、多摩川田園調布堰のアユ遡上（写真-2）は奇跡的な復活である。

清流の象徴であるアユ。このアユの調査を進めるうちに数々の疑問が湧いてきた。なぜ増えてきたのか、遡上数がなぜ増減するのか、天敵はいるのか、河川の水質は何か良くて何が悪影響を与えるのか、生息域や産卵場所はどこか、東京湾の水質、赤潮は影響するのか等々である。

本稿では、下水道整備と生態系を考慮した硝化等の運転の工夫の成果についての長年の調査成果を総括するとともに、課題等について報告する。

なお、写真-1及び2は多摩川田園調布堰の昔と今の写真である。



写真-1 中性洗剤の泡（昭和54年8月）



写真-2 遡上期のアユ（平成25年5月、筆者・飯田撮影）

2. アユの一生と河川・海の水質

図-1のアユの一生のサイクルを見ると、アユはそれぞれの時期に育ちやすいところを移動している。秋の豊水期に産卵し、東京湾に赤潮が発生しにくい秋から春までの時期（表-2）に育ち、春に水質の改善された田園調布堰を遡上してくる。このアユのサイクルには非常に重要な多摩川アユの復活のヒントがある。すなわち、川と海の両方の水質が良くならないとアユは増えないのである。

3. 多摩川等のアユの産卵場

産卵期の秋は雨が多く、多摩川をはじめ各河川も一年を通じて一番湧水・水量が多く、水質が良くなっている時期である。多摩川のアユの産卵場は東名高速の橋から、第三京浜の橋の間と言われていた。最

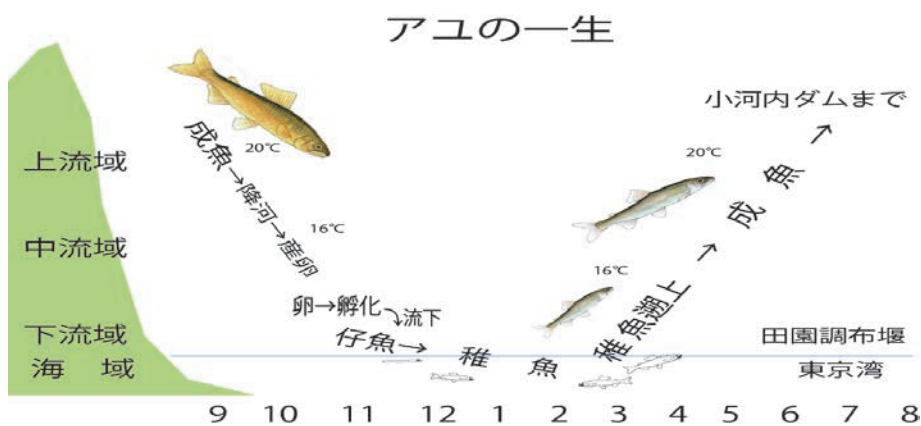


図-1 アユの一生 (筆者・飯田作)

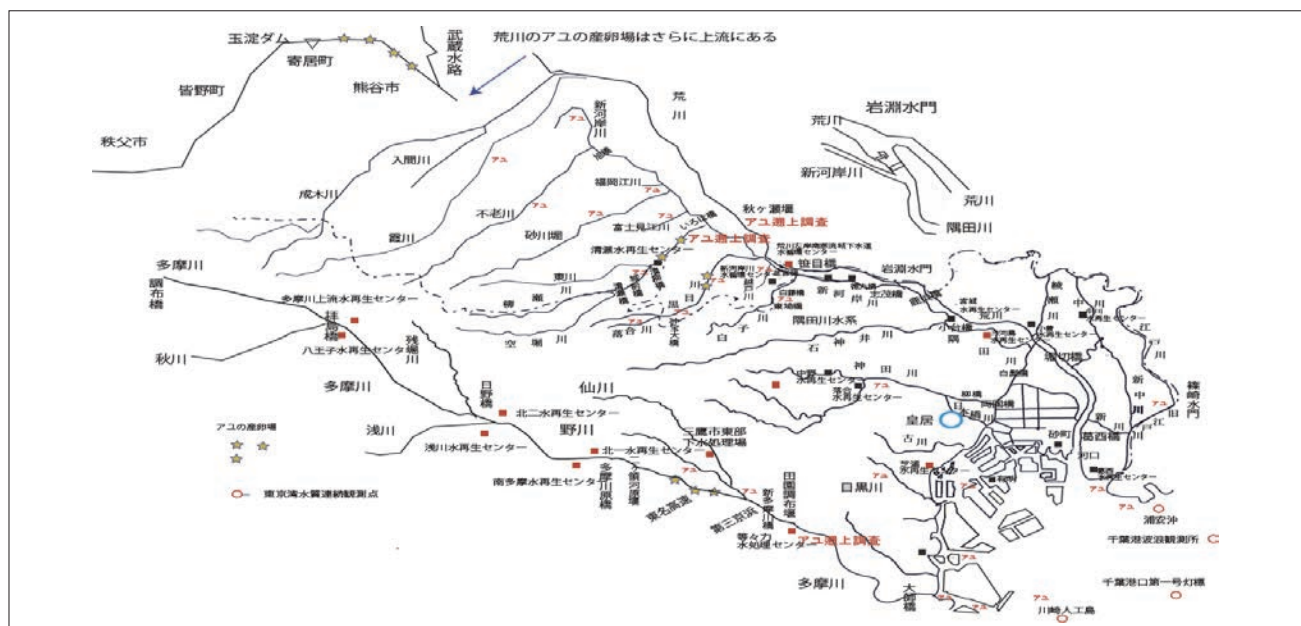


図-2 多摩川¹⁾と新河岸川支流柳瀬川、黒目川の産卵場所、荒川の産卵場所²⁾



写真-3 (左から) アユの産卵 小石に付いたアユの卵 荒川調査⁴⁾の仔アユ①、②

近の「多摩川におけるアユ産卵場の分布と産卵時期」調査¹⁾では二ヶ領堰から新多摩川橋までの範囲で産卵がある。秋の豊水期に砂礫の浮石に卵を産み付けるのである。

野川流域では流域(4市1区)での雨水浸透枳の設置が10万基以上となり水量が増加しつつある。野川の左岸の湧水は崖線の湧水として知られているが、右岸の湧水は東名高速付近に多い。多摩川に直接流入する湧水があることが多摩川の伝導率で分かる。表-1は豊水年の平成10年の伝導率である。

図-2の新河岸水系の黒目川と柳瀬川も湧水の多い地域である。江戸川には産卵場はなく、群馬県水産試験調べでは利根川の新上武大橋の上流付近にある。また、荒川は上流の吹上町水管橋から皆野町皆野橋までの間と広範囲とされるが、玉淀ダムより下流でないとい仔魚は秋ヶ瀬にたどりつかない。

アユの卵は2週間程度で孵化し仔魚として流下し、2日程度で海または感潮域に到達するものが生き残る。新河岸川、多摩川田園調布堰下、荒川秋ヶ瀬堰下は感潮域で、仔アユはこの感潮域まで流下す

る必要がある。

そして、アユは海で仔魚から稚魚に育ち春3月から初夏の6月、清流で水ゴケを食べて育ち遡上する。

11月に一定の場所の浮石に産卵し、産卵後は落ちアユとなり海に流れて命を終える一年魚である。令和元年10月の台風19号では産卵場所が流出し、アユの卵は多摩川、荒川では見当たらなかったという情報があつた。このためか、令和2、3年の遡上量が少なかった。

表-1 産卵場付近の産卵期の電気伝導率（平成10年）
単位：μS/cm

場 所	11 月	年平均
関戸橋	274	273
是政橋	291	295
多摩川原橋	291	409
多摩水道橋	279	385
第三京浜多摩川橋	292	375
田園調布堰上（調布取水堰）	290	375

4. 東京湾で仔魚から稚アユへ

東京湾のアンモニア性窒素濃度（図-3）は最近低くなり、稚アユが育つ好条件となってきた。稚アユが育つ11月から3月の期間に、近年はほとんど東京湾に赤潮（表-2）が発生していない。このため、エサとなるプランクトン（カイアシ類）も豊富で育ちやすい状況となっている。また、各下水処理場（都・水再生センター）でのアンモニアの処理が進んでおり、平成3年もアンモニアが減少傾向にある。台風の影響で減少したアユの遡上は令和4年に復活している。多摩川河口、羽田沖、城南大橋、お台場海浜公園、葛西人工なぎさ等の広範囲でアユの稚魚が近年観測されている。図-4に東京都環境

局の資料をもとに、東京都内湾沿岸域でアユを確認した地点を示す。アユの生息域は河口あるいは沿岸域である。

5. 遡 上

水温が16℃前後になる3月から上流の清流へ向けて遡上を開始し、その遡上は6月まで続く。アユは、河川に酸素が豊富（7mg/ℓ以上）にないと生きていけない魚種で、BODも2mg/ℓ¹⁰⁾以下でないと生息できないといわれている。アユは多摩川でもアンモニア濃度が高い時期には遡上していなかった（図-5）。アンモニア濃度の高い時の野川にも遡上していなかったが、アユの遡上が多かった平成24年度以降、市民団体の素潜りの調査でアユの存在を確認している。

アンモニア濃度が2mg/ℓ⁴⁾以上あると忌避すると言われている。ただし、後戻りはできないので、一度入り込めば遡上するしかない。

アンモニアが硝化するときには大量の酸素を消費し、酸素が不足になりやすい状況となる。アユは溶存酸素7mg/ℓ以上を必要とするので、アンモニアは天敵である。

図-5のように、多摩川では平成18年頃から不安定であるもののアユの遡上が増えてきた。安定化させるためには、下水処理場（水再生センター）でのアンモニアの硝化が必要である。

平成8年頃から多摩川中流域の改善のため、東京都流域下水道が硝化を進めるようになった。平成13年に多摩川上流処理場、北多摩2号、南多摩、平成16年に北多摩1号、平成19年に八王子で稼働した。この結果、田園調布堰のアンモニア性窒素濃度が著しく減少し0.0を示している。しかし、田園調布堰より下流の六郷橋、大師橋の水質が悪化し

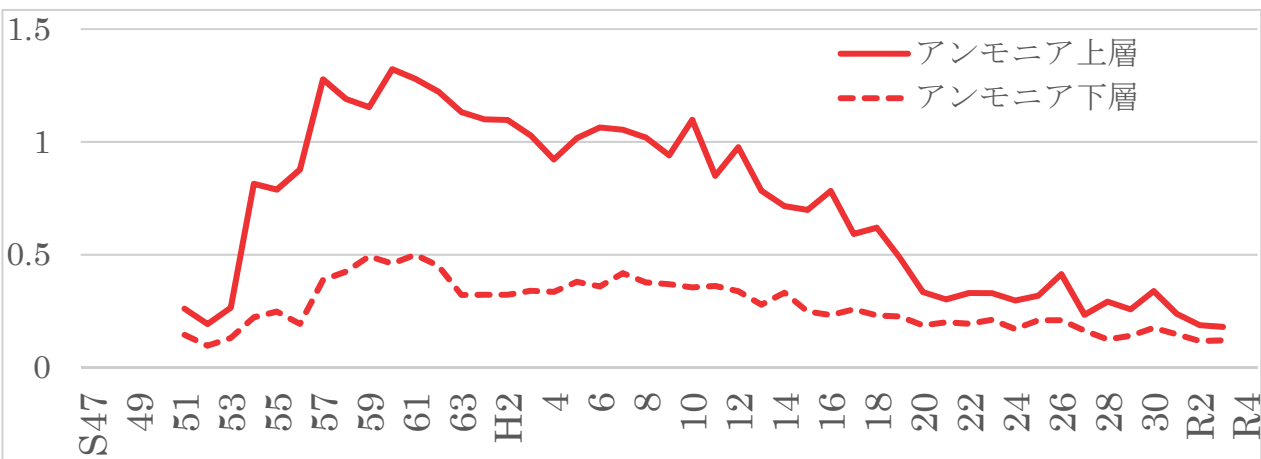


図-3 東京湾アンモニア性窒素年平均の推移³⁾（東京都内湾）東京都環境局

（レポート
一般投稿）

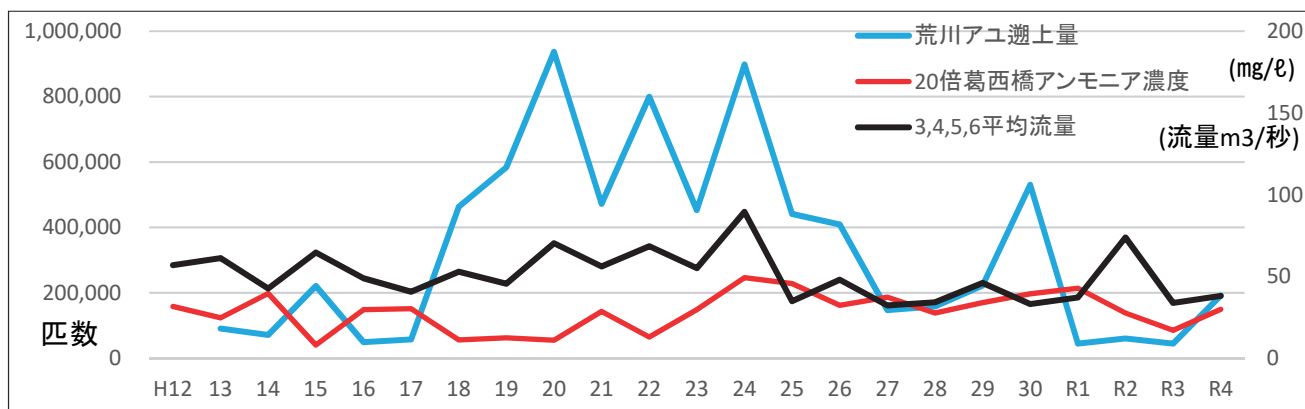


図-6 荒川のアユの遡上量⁶⁾と秋ヶ瀬の流量（3月から6月）と葛西橋アンモニア性窒素濃度⁷⁾

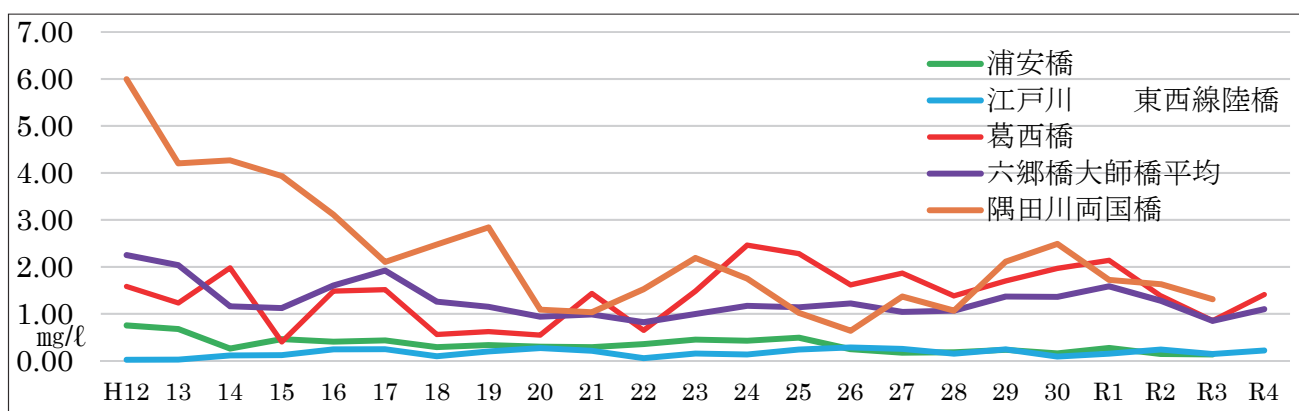


図-7 東京湾の主要河川のアンモニア性窒素^{3)、7)}

ており、濃度が上昇する。これは、同堰の直下から流入する川崎市側のT水質センターの放流水の水質の影響と推察し、筆者（飯田）もパックテストで過去3回アンモニア窒素濃度を測定したが、10mg/ℓを超えていた。

図-6では、荒川は降雨量が少ないと流量が減少し、アンモニア性窒素濃度が上昇しアユの遡上量が少なくなる。荒川は流量が多いと逆に遡上量が増える傾向がある。図-6のアンモニア性窒素は20倍して、流量とアンモニア性窒素濃度を右縦軸の数値で統一して関係を分かりやすくしている。図-7の主要河川のアンモニア性窒素の推移をみると江戸川の水質が良いことが分かる。当面アユの遡上では江戸川の優位が続くと思われる。江戸川のアンモニア濃度が、0.1mg/ℓ以下で、荒川は1.41mg/ℓ、多摩川は1.1mg/ℓ、隅田川両国橋では1.3mg/ℓである。前述したようにアユの遡上にはアンモニアが阻害要因である。下水放流では、塩素消毒が行われる。このため、アンモニアが多ければ、消毒に使われる塩素も大量に増加する。次亜塩素酸ナトリウムも塩素(Cl₂)も水に溶けて、次亜塩素酸となり、アンモニアと反応してモノクロラミン、ジクロラミン、トリクロラミンの結合残留塩素となるからである。遊離残留塩素は結合残留塩素よりも毒性が強く、とくに

河川中の魚類には極めて影響が強い。荒川下流調査⁸⁾では下水が左岸から放流され、残留塩素を含むため仔魚は右岸に比べてかなり少なかった。残されたアンモニアも毒性は強く、pHの上昇する河口域ではアンモニウムイオンが減りアンモニアが増えるため、毒性が強くなる。特に遊泳力のない仔魚には厳しい世界である。荒川の葛西橋では仔魚は見られなかった。

表-3は区部下水道のアンモニア窒素の放流水質である（ただし、平成30年度のデータは見当たらなかった）。区部のアンモニア性窒素は最近改善されてきた。東京湾のアユの仔魚、稚魚の成育、新河岸・隅田川水系のアユの遡上等に大いに寄与するものと思われる。令和4年の黒目川、柳瀬川のアユの遡上と成長に期待する。

6. 河川での成長

3月になると河川遡上を開始する。遡上したアユは水生昆虫なども食べるが、清流で育つアユは水コケが主食である。多摩川上流の清流域にある青梅市の調査では、珪藻類はマガリケイソウ、クチビルケイソウ、藍藻類ではビロウドランソウ、フォルミディ

表-3 区部下水道のアンモニア窒素放流水質（単位：mg/l 赤字は5 mg/l 以上）⁹⁾

	東京湾								新河岸・隅田川					神田川		中川				平均
	森ヶ崎西	森ヶ崎東	芝浦本系	芝浦東系	砂町	有明	葛西	新河岸	浮間	みやぎ	西系	東系	総合	三河島	東尾久	落合	中野	中川	小菅西系	小菅東系
H14	0.9	17.7	8	6.4	7.3	0.1	0.8	14.2	0.1	17.5	13.1	9.8	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	5.7
H15	0.6	13.4	10.4	5.7	4.2	0.1	0.8	2.9	0.1	15.2	10.8	7.9	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	4.3
H16	1.2	15	12	7.5	4.8	0.3	0.2	1.4	0.3	14.0	8.6	5.9	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	4.2
H17	1	14	8.1	3.2	5.4	0.4	0.4	1.2	0.1	6.6	7.2	6.1	3.7	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	3.2
H18	0.6	8	8.5	8	1.8	0.2	0.1	0.8	0.2	9	5.5	6.9	0.2	0.1	0.3	0.1	0.6	0.6	0.6	3.0
H19	0.9	4.6	11	2.4	3.9	0.2	0.2	1.3	0.1	8.4	8.3	7	4.6	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	3.0
H20	0.2	1	10	2.9	3.2	0.1	0.1	2.3	0.1	1.3	1.9	4.3	2.5	0.1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	1.7
H21	1	0.6	9.8	7.5	3.8	0.1	3.4	1.4	0.1	1.2	1.6	4.1	2.2	0.1	0.2	0.4	0.1	1	1	2.1
H22	0.5	0.6	10.1	3.1	4.6	0.1	1.0	2.1	0.1	1.5	3.2	5.9	1.9	0.5	0.5	0.2	0.5	0.9	0.9	2.1
H23	0.5	0.9	7.1	4.8	7.5	0.2	1.3	2.4	0.2	3.6	3.6	5.1	2	1.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	2.3
H24	0.4	0.9	7.7	5.7	0.2	0.1	0.9	1.1	0.1	0.2	0.6	3.6	1.6	0.9	0.7	0.4	0.1	0.2	0.2	1.4
H25	0.3	0.3	5.9	2.9	0.4	0.1	1.1	1.8	0.4	0.2	0.2	4.5	1.8	0.1	0.2	0.2	0.7	0.5	1.2	1.2
H26	0.2	1.0	10	3.5	0.4	0.1	0.4	1.3	0.1	0.3	0.4	7.4	4.1	0.1	0.1	0.5	0.4	0.5	1.7	1.7
H27	0.1	0.3	5.5	3.1	0.7	0.1	0.6	1.4	0.4	0.3	0.4	7.6	4.1	0.1	0.1	1.1	0.4	1.3	1.5	1.5
H28	0.2	0.4	7.6	2.2	1.1	0.2	0.4	1.5	0.2	0.4	0.2	5.9	2.3	0.5	0.1	0.7	1.3	1.7	1.5	1.5
H29	0.1	0.1	9.5	4.2	1.8	0.6	0.6	0.9	0.2	0.4	1.4	10.5	6.2	0.3	0.2	0.5	1.9	2.4	2.3	2.3
R1	0.1	0.2	8.2	2.5	1.3	0.1	0.3	0.7	0.2	0.9	0.7	8.3	4.9	0.5	0.3	0.4	1.7	2.1	1.9	1.9
R2	0.2	0.2	5.4	2.4	1	0.3	0.3	1.3	0.1	1.6	1.7	7.2	3.2	0.2	0.2	0.6	2.2	0.9	1.6	1.6
R3	0.1	0.1	3	1	0.9	0.2	0.4	0.4	0.1	0.9	1.4	4.5	1.4	0.2	0.2	0.3	0.7	1.7	0.97	0.97
R4																				

ウムの一種等をアユが食べる。これらのコケが生息するには十分な量の清流が必要である。アユが成長するための最適水温は、20℃といわれている。おいしいアユを育てるためには温度の低い水を増やすことが重要である。

遡上したての稚アユも大きく育ったアユも爽やかな香りがあるので香魚と呼ばれる。

多摩川上流域ではここ数年粘着性物質をだすミズワタクチビルケイソウが繁殖¹⁰⁾している。これは珪藻である。他の藻類の成育の邪魔をする。さらに、カビ臭は流水ではなくコケが原因とする都水道局の調査結果¹¹⁾がある。これはカビ臭を出す藍藻である。多摩川の中流域（図-2）の日野橋から田園調布堰の河川水中にはほぼ常時下水臭、カビ臭が観測⁷⁾されている。

しかし、令和3年から4年にかけてカビ臭、下水臭よりも藻臭が上流、中流で観測されている。

多摩川中流域では藍藻、珪藻はあるが、青梅市に生息するものより、やや汚れた水域に棲むものと思われる。同様に緑藻もある。自然共生研究センターの資料¹²⁾では糸状藍藻（ホモエオスリックス）、珪藻（マガリケイソウ）と緑藻が見られた。ただし、多摩川で湧水の多い宿河原ではヒロウドラソウが記録¹³⁾されている。

「おいしいアユを食べたい」という強い願いがある。アユの食文化では品質の良いコケを食べているアユの「はらわた」を食べるのが通とされている。アユが食べるその藍藻、珪藻の品質が悪ければ「はらわた」がまずい原因となるし、また、臭う原因ともなる。「はらわた」まで食べる習慣のある魚は珍しいのである。多摩川でも新河岸川でもアユの開き干しは好評である。

7. 下水の放流先である河川の実態

表-4 は多摩川の現地調査、隅田川の現地調査、荒川下流仔魚調査、江戸川の現地調査及び埼玉県水産試験所、国の水文水質データ、都の河川海域の水質データから作成した。

隅田川では上流の新河岸川（支流の柳瀬川、黒目川・落合川、白子川）及び石神井川、神田川には自然の湧水は存在する。隅田川の下水占有率は70%とされる（表-5）。隅田川ではアユは通過遡上するだけで確認できていない。稚鮎の遡上と仔アユの流下は観測されていないが、上流の新河岸川の支流に遡上している。

都内の中小河川のうち下水の流入がなく、湧水のみで河川の水質はアユの生息に適している。

多摩川中流域の流水の50%から60%は下水処理水で占められている。多摩川のアユはこの地域で大部分が成長することになる。荒川と隅田川ではアユは通過するだけである。

一方、渋谷川・古川、目黒川、呑川の流水中の下水処理水の占める割合は100%に近い。古川、呑川にアユはいない。目黒川の湧水のある船着場に生息するのみである。一般的に、公共用水域への汚濁物質の排水規制は放流先の環境水で10倍に希釈されるという前提で排出基準が定められている。しかし、東京では下水処理場（水再生センター）からの放流水が多い。河川中の少ない自然水で処理水が薄まりアユの好む清浄な水質となることは期待できないのである。

アユの成長の場である多摩川中流域のカビ臭、下水臭の改善のためには、従来の発想と異なる下水処理の新たな技術革新が必要である。

表-4 多摩川、新河岸川・隅田川、荒川、江戸川の比較

	重要項目	多摩川	新河岸川・隅田川	荒川	江戸川
1	アンモニアの濃度が低いこと	田園調布堰のアンモニア濃度は一番低いが、T水質センターのアンモニア濃度は10mg/ℓと高いため、河口は1.1mg/ℓと江戸川よりアンモニア濃度は高い。	両国橋のアンモニア濃度1.3mg/ℓ程度。三河島水再生センターのアンモニア窒素濃度が高いが低下中である。	葛西橋で1.41mg/ℓを超える。荒川左岸埼玉水循環センターの放流水のアンモニア濃度が10mg/ℓと高い。	旧江戸川、江戸川放水路ともにアンモニア濃度0.1mg/ℓ以下と低い。
2	遡上しやすいこと	田園調布堰を遡上期に倒す。T水質センターの放流水は馴染み放流が必要。	堰なく遡上しやすい。	秋ヶ瀬まで堰なし。	堰を1時間ごとにあけて、水流を作りアユを誘導。
3	成育しやすいこと	中流は水温が高い。ただし、拝島橋上流は水温・水質が良い。	柳瀬川、黒目川の水温は適温。	中流域は上流に進めばさらに水温・水質が良くなる。	江戸川ではなく利根川で育つとみられる。
4	産卵場の環境が良いこと	漁協が産卵場清掃東名高速から第三京浜付近	柳瀬川、黒目川の湧水が豊富。	玉淀ダムから下の中流部の瀬と淵は産卵域と休息の場	利根川 刀水橋から五料橋の水量多い。
5	産卵場から河口が近いこと	田園調布堰から下は感潮域	新河岸川は感潮域	秋ヶ瀬堰下は感潮域	篠崎水門下は感潮域
6	河口付近の環境が良いこと	河口と田園調布堰下では浅瀬が多い。	岸壁に囲まれているが、お台場がある。	荒川河口は浅瀬が多い人口なごさがある。	旧江戸川は人工なごさ江戸川は三番瀬

表-5 各河川に占める下水放流水の割合¹⁴⁾

河川名	下水割合(%)	その他
荒川	70	
隅田川	70	
多摩川	50～60	
渋谷川・古川、目黒川、呑川	99以上	城南清流復活河川
柳瀬川、黒目川、白子川、石神井川	0	清瀬処理場上流の柳瀬川は0%
野川、残堀川	0	

8. 水質の向上のための取り組み

雨が降ると下水処理場の沈殿槽がすっきりする。多摩地域の下水処理場（水再生センター）を除いては他の下水処理場（水再生センター）ではこの声は聞かれない。畑の土が降雨のたびに流入する。土の中に微生物が多数存在する。微生物が下水に入れば処理水質は向上することは明らかである。そこで、筆者（飯田）は市販の高濃度微生物活性剤（主成分は腐植質）を購入し、キャンプ場の浄化槽、新設の地下浸透型の合併浄化槽の等の立ち上げにこれを返送汚泥に混入させ、各市の下水処理場等の放流水質を向上させることができた経験がある。三鷹市東部下水処理場では透視度計3mを設置し、3m以上を

常に確認した。BODは0.5mg/ℓ以下、浮遊物質SSは1mg/ℓ以下で、使用された「ろ紙」が透明であった。曝気槽も臭いがなく放流水にも臭いがなかった。汚泥管理が重要とみている。

9. おわりに

生態系の改善や地域産業への貢献が下水道に求められてきている。自然水の割合の少ない都会の河川において下水処理水が水環境に与える影響は大きい。下水道に求められているのは、使える水質、触れる水質、そして多摩川であれば地域の文化でもある美味しいアユを育てる水の創造である。

アユの遡上数の増加等を含め生態系のための水質改善として東京都の流域下水道はアンモニア硝化を促進する等の様々の工夫をしてきた。今後は、地域や関係機関との連携を深め、香りが良く品質の高いアユを増やす「水環境の創造」に取り組まれることを期待する。

<参考文献>

- 1) 多摩川におけるアユ産卵場の分布と産卵時期、相澤 康、神水セ研究報第5号（2012）

- 2) 荒川におけるアユの産卵場調査、埼玉県水産試験場研究報告、金澤 光
- 3) 東京都環境局、河川・海域の水質測定結果、赤潮調査結果
- 4) 水質が魚類棲息環境に与える影響に関する基礎的研究、山口大学、平野一暢ほか
- 5) 多摩島しょ農林総合センターセンター便り多摩川アユ遡上調査～令和4年アユ遡上調査
- 6) 独立法人水資源気候利根導水総合事務所、アユの遡上データ（荒川）
- 7) 国土交通省、水文水質データ結果
- 8) 数字でみる下水道、区部水再生センターにおける流入水質・放流水質、放流量等
- 9) 荒川下流調査（潮受け網による市民合同のアユ仔魚を中心とする魚類等調査）
筆者も参加し2017年8月27日から2018年3月18日の計8回調査した。
- 10) 都内河川における外来付着珪藻の分布状況、環境科学研究所2020、増田龍彦ほか
- 11) カビ臭原因物質を産生する河床付着性藍藻の挙動と対策、東京都水道局、平成30年、木村慎一
- 12) 国立研究開発法人土木研究所、自然共生研究センター、特集アユの棲む川へ、皆川朋子
- 13) 多摩川及び鶴見川水系の付着藻類植生と底生動物相による水質の調査研究、松尾清孝
- 14) 河川に占める下水の割合、荒川・隅田川・多摩川、環境カウンセラー、風間真理

