

卒業論文

カモ類の分布から見た
呑川の河川環境の特性

平成 22 年度

(2011 年 3 月)

東京海洋大学

海洋科学部海洋環境学科

浮遊生物学研究室

赤木 光子

【目次】

1. はじめに	・・・2
2. 調査場所ならびに方法	・・・2
3. 結果	・・・2
3. 1. 呑川の河川環境の特徴	・・・2
3. 1. 1. 河川工法と河川環境	・・・2
3. 1. 2. 水質	・・・3
3. 1. 3. その他（景観的特性）	・・・3
3. 2. 生物的環境	・・・3
3. 2. 1. 藻類	・・・4
3. 2. 2. 底生動物	・・・4
3. 2. 3. 魚類等調査	・・・5
3. 2. 4. 草本の種子	・・・5
3. 3. カモ類のラインセンサス調査の結果	・・・5
3. 3. 1. 出現種	・・・5
3. 3. 2. カモ類の飛来数と種組成の季節的变化	・・・6
3. 3. 3. カモ類6種の移動生態	・・・6
3. 3. 4. 水鳥類の分布生態	・・・7
3. 3. 5. カモ類の種ごとの摂餌場所選択性	・・・8
3. 3. 6. トロの流入部と流出部で見られた特殊な現象	・・・10
3. 3. 6. 1. トロの流入部	・・・10
3. 3. 6. 2. トロの流出部	・・・11
3. 3. 7. カモ類の活動の日周性	・・・11
4. 考察	・・・11
4. 1. 河川工法とカモ類	・・・14
4. 2. 生物多様性と人の居住環境に配慮した河川環境整備私案	・・・15
4. 3. トロの流入部で見られたカルガモとオナガガモの種間関係	・・・16
謝辞	・・・17
引用文献	・・・18
図および表	・・・20

1. はじめに

呑川は、世田谷区を水源とし、目黒区、大田区を流れる 2 級河川である (図 1)。その流程の上流部分は暗渠化され、下流部分だけが開渠となっている。開渠部分は両岸が高さ 5 m 前後の垂直なコンクリート護岸や鉄矢板護岸に覆われ (図 1 の河川断面図)、河床もその大部分がコンクリートの根固めに覆われており、その姿は典型的な都市河川といえよう。

そのような河川であるにも関わらず、呑川には冬期には数多くのカモ類が飛来する。そこで、呑川に飛来するカモ類の個体数や摂餌・休息場所の選び方などを種・季節・場所ごとに調べ、流速や流れ幅・水深・餌料生物などの環境要因との関係について調査を行った。

2. 調査場所ならびに方法

呑川に飛来するカモ類をはじめとする水鳥類の種組成や観察密度と水域環境との関わりを明らかにするために、開渠区間の上流側半分の計 4.6 km 区間 (図 1 の A-D) について、ラインセンサス調査を、2008 年 12 月から 2010 年 4 月の期間中に計 32 回行った。なお、補充調査として、2010 年 11 月にラインセンサス調査を 4 回 (7 日, 9 日, 22 日, 30 日)、一部水域の河川環境の詳細な調査を 1 回 (26 日) 行った。

飛来数のカウントは、2 つの橋の間に挟まれた水域 (調査区間; Sec.) を単位に実施した。しかし、カモ類が特に集中した水域が 2 箇所あり、それらについては橋とは無関係に、それぞれ Sec.20' (流程約 45 m)、Sec.24' (流程約 5 m) として独立して扱った (図 1)。また、カモ類の観察個体数は、摂餌中の個体と休息中の個体を区別してそれぞれ種別に記録し、必要に応じて摂餌場所や休息場所の立地条件、摂餌行動なども記録した。

カモ類の餌料環境調査は、2009 年 7 月 14 日 (夏期調査; 5 測点) と 2010 年 2 月 23 日 (冬期調査; 環境測定は 3 測点、底生生物採集は 10 測点) に実施した (表 1 と表 2)。環境は、流路幅と、流心部の水深、流速および pH, DO, 塩分を各測点内の一箇所で測定した (表 1)。その後、各測点内の一箇所で面積 100-400 cm² の河床を歯ブラシでこすり、網目 200 μm のネットですろ過して藻類と水生昆虫を採集し、ホルマリンで固定した (表 2)。また、魚類や大型甲殻類、軟体動物等は、夏期調査の際に手網による採捕を行い、2009 年 11 月 20 日 (秋期調査; 2 地点) には、投網による採捕も行った (表 2)。

3. 結果

3. 1. 呑川の河川環境の特徴

3. 1. 1. 河川工法と河川環境

調査水域の水域環境は、用いられている河川工法により 5 つに類型化された。各工法別の環境の特徴を図 1 に河川横断面として示した。

最上流部約 2.3 km 区間 (A 区間) は垂直コンクリート護岸と緩やかに湾曲したコンクリート根固めによって特徴づけられる (図 1)。流心部の環境は、水深が夏期の 10.2-10.5 cm から冬期の 13.0-15.0 cm に変化し、流速も夏期の 92.8 cm/s、から冬期の 56.1-114.3 cm/s に変化した (表 1)。

その下流約 0.5 km 区間 (B 区間) は、両岸は鉄矢板で護岸されているが、根固めがされていないために、河床は泥で覆われている (図 1)。この区間で立ち入りが可能なのは最上流部 (Sec.20'-Sec.21 の上流端)に限られるので、2010 年 11 月の補充調査でこの水域のみについて環境を詳しく調べた (図 2)。その結果、Sec.21 の深いところでは水深が 100 cm 以上あり、また、流速は 0-8.4 cm/s と極めて小さいことなどがわかった。

無理を承知で一般的な河川環境を表す言葉を当てれば、A 区間は浅瀬、B 区間はトロ、両区間の境目 (Sec. 20') は、瀬からトロへの移行部の特徴を示していると表現できよう。同様に、B 区間の下流には短い瀬 (Sec.24') が存在し、その直下には流程 5 m ほどの「落ち込み型の淵」(Sec.24'')がある。ただし、この淵はカモ類が全く利用しなかったので、A-D のどの区間にも含めなかった。

この「落ち込み型の淵」から下流約 0.3 km (Sec.25-27) は、A 区間と同様にコンクリート護岸と緩やかに湾曲した根固め工の施された水域だが、岸辺を中心に切り込み (ワンド) や浮石や窪みが設置された多自然型工法区間となっており、A 区間と比べれば環境の多様性が大きい (図 1)。流心部の環境は、水深が夏期の 6.7-13.7 cm から冬期の 4.0-5.0 cm に変化し、流速も夏期の 7.4-9.5 cm/s から冬期の 21.9-28.0 cm/s に変化した (表 1)。この下流 (Sec.28) には B 区間と同様のトロ (流程約 170 m) があり、護岸の構造は B 区間と同じだが、水深等に違いも見られるので B'区間として独立させた。このトロの下流約 0.4 km 区間 (Sec.29-31) は再び多自然型工法を施した浅瀬になり、前出の C 区間と環境に差が見られないので両者をまとめて C 区間とする。

最下流の約 1.0 km 区間を占める D 区間は、両岸のコンクリート護岸の基部に幅広いテラス状の根固めが設けられているために、流路は楕状の形状を呈している (図 1)。この区間の上流側は、目視観察によれば水深は 20 cm 以上、流速は A 区間よりもやや大きいようである。これに対して下流側は、潮の干満によって満潮時にはテラスが水没し、上流側と比べて水深は大きく、流速は著しく小さい。

3. 1. 2. 水質

本調査水域の pH は、夏期は 7.8-9.6、冬期は 6.4-9.1 であり、いずれの季節においても中流部 (Sec.13 または Sec.20') で大きく上昇した (表 1)。水温は夏期調査では 26.9-30.4 °C、冬期調査では 13.4-15.6 °C であった。DO は夏期調査では 6.1-10.2、冬期調査では 10.3-16.6 であった。塩分は夏期調査では C 区間と D 区間の境目に位置する Sec.31 でのみ 0.31 を記録し、その上流の全ての測点では 0 であった。冬期調査では、全測点で 0 であった。

3. 1. 3. その他 (景観的特性)

本調査水域の一部 (Sec.4, Sec.12, Sec.15-16) では、桜並木の樹冠が護岸の上からせり出して水面を覆っているため、夏の日射量が著しく低下すると考えられる。また、水域環境とは関係が無いが、一部の水域 (Sec.4, Sec.40) ではツタが護岸を覆っており、独特な景観を醸し出している。

3. 2. 生物的環境

夏期・秋期・冬期の底生生物および魚類等の調査結果を表 2 に示す。

3. 2. 1. 藻類

夏期調査では、全測点でミゾジュズモ (*Chaetomorpha okamurai*) が優占していた。しかし、最下流の Sec.31 では他の測点に比べてややミゾジュズモの密度が低かった。それに次いで多く出現したのはカワシオグサ (*Cladophora glomerata*) である。本種は Sec.20'より上流ではほとんど出現せず、Sec.25 から Sec.27 までは低密度で出現するにすぎなかったが、最下流の Sec.31 では最優占種となった。また、量的には少ないが、全水域でケイソウ類の一種 (*Hydrosera whampoensis*) の群体が河床表面に見られた。さらに、トロ (Sec.21-Sec.24, Sec.28) ではオオカナダモ (*Egeria densa*) の群落を目視できた。

冬期調査では、A 区間 (Sec.2, Sec.4, Sec.5, Sec.9) と B 区間の上流端 (Sec.20') ではミゾジュズモが優占し、カワシオグサと *Hydrosera whampoensis* が少量ずつ出現した。B 区間の中央ではオオカナダモの群落を目視できたが、夏期よりもその密度と長さは著しく小さくなっていた。C 区間 (Sec.25-27, Sec.31) では *Hydrosera whampoensis* の長い群体が優占し、ミゾジュズモとカワシオグサが少量ずつ出現した。D 区間 (Sec.32-40) では、おそらく汽水性であろう大型の藻類が生えているのが目視で確認された。なお、Sec.2-20'のミゾジュズモとカワシオグサの群落は水面上から観察すると明らかに疎らになっており、現存量も小さいと思われた。また、これらの藻体表面にはケイソウの一種 (*Ulmaria* spp.) とランソウ (*Xcenococcus* spp.) が大量に寄生しているのが持ち帰った標本の顕微鏡観察によって確かめられた。特筆すべきは、付着ケイソウと付着ランソウに混じってカワモズク (*Batrachospermum* spp.) やツルギミドロ (*Draparnaldia* spp.) などの湧水性の希少な藻類も Sec.2-9 のミゾジュズモやカワシオグサの表面に寄生しているのが観察されたことである。しかし、その量は付着ケイソウやランソウより少なかった。

3. 2. 2. 底生動物

夏期調査では (表 2)、コカゲロウ (*Baeridae* sp.), ユスリカ (*Chironomidae* spp.), トビケラ (*Trichoptera* spp.) などの水生昆虫の幼虫が採集された。個体数密度ではユスリカが最優占し、コカゲロウがそれに次いだ。ユスリカとコカゲロウの密度はいずれも Sec.25 で最多となった。また、コカゲロウのサイズ (平均胸甲長) は Sec.2-25 間で下流に行くにつれて大きくなっていったことから、本種は成長と共に流下していくことが示唆された。

冬期調査では、夏期と同様の水生昆虫が採集され、個体数密度ではユスリカが最優占し、その密度は Sec.25 で最も高かった。しかし、トビケラはほとんど姿を消し、コカゲロウも Sec.25-27 でわずかに採集されたのみであった。このように河床での採集物からはコカゲロウはほとんど見出せなかったが、Sec.27 の湧水孔の内部の側面に幼虫が数多く集まっているのが観察・採集された。4月にカルガモがこの湧水孔や Sec.25-30 の河床に見られる窪みの内部の側面をつついている様子が観察されたことから、このような河床構造はコカゲロウにとって有効な隠れ場を提供している可能性がある。

以上のように夏期と冬期のいずれにおいても、ユスリカやコカゲロウのような水生昆虫の密度および現存量は Sec.25 で最大であった。これには後述するように B 区間の大規模なトロの影響があるものと思われるが、それ以外に人為の影響も関与している可能性がある。つまり、呑川ではユスリカ的大量発生対策としてその生育基盤となる河床の糸状藻類を自走式大型清掃機 (ブラシ式) で清掃する作業が 2009 年 4 月から定期的に行われている。清掃の頻度は、A 区間では藻類生産が活発な 3-10 月には

週 1 回、藻類生産が低下する 11-2 月には 2 週間に 1 回である。これに対し、C 区間では、年間を通して 2-3 か月に一度のペースで、1 回あたり 2 週間かけて集中的に清掃を行っている。以上のような A 区間と C 区間の清掃作業の間隔の違いも、両区間の大型藻類の種組成や現存量、ユスリカやコカゲロウなどの水生昆虫の密度や現存量に影響を及ぼしている可能性があると思われる。

なお、夏期調査時に、Sec.2 で流心部と岸辺の両方で採集を行った結果、コカゲロウとユスリカは岸辺よりも流心部で多く採集されたのに対してトビケラは流心部よりも岸辺で多く採集された(表 2)。岸辺での採集は Sec.2 だけで行ったため、残念ながら他の水域においてもこれと同様の現象が見られるかどうかは定かではないが、同一 Sec.の中でも岸辺と流心とで底生生物相が異なる可能性が示唆された。

また、夏期に Sec.20' の側壁の絞り水で湿った箇所と Sec.21 の底泥表面でモノアラガイ (*Radix auricularia japonica*) が多数目撃された。そこで冬期調査時に Sec.21 の上流端で底生生物採集を行ったところ、モノアラガイが多数採集された。また、流れの強い Sec.2 でもサイズの小さい個体がわずかながら採集された。

3. 2. 3. 魚類等調査

採集または目視確認された魚類の種類は夏期が 6 種 (スミウキゴリ (*Gymnogobius petschiliensis*), ビリンゴ (*Chaenogobius castaneus*), ヌマチチブ (*Tridentiger kuroi wae brevispinis*), マルタウグイ (*Tribolodon brandti*), ボラ (*Mugil cephalus cephalus*), ウナギ (*Anguilla japonica*)), 冬期が 2 種 (ボラとウナギ) で、その全てが通し回遊性の種であった。

水域別では最下流の Sec.31 の魚類相が最も多様で、ヌマチチブの雄が卵を保護しているのも観察された。一方、その上流の Sec.28 ではマルタウグイとボラが観察および捕獲されたが、両種とも Sec.27 より上流では姿を消し、Sec.25 の落ち込み型の淵や Sec.20' のトロの流入部でスミウキゴリが採集された以外には魚類が観察される例はなかった。なお、スミウキゴリについては、Sec.27-28 間と Sec.24'-25 間の 2 ヶ所の落ち込みを越えて下流から遡上したのか、あるいは洗足用水に生息している個体の一部が流下して住みついたのかは確認できなかった。

3. 2. 4. 草本の種子

草本の種子は、夏期調査では測点 5 箇所のうち Sec.20' だけで採集され、その出現密度は 100 cm² あたり長径 0.8-2.0 mm が 58.0 個、長径 3.0-4.0 mm が 2.0 個、長径 5.0 mm が 0.5 個であった。これに対して、冬期調査では Sec.20' で長径 0.8-2.0 mm の種子が 161 個も採集されたほか、それ以外の 5 測点の Sec. でも同サイズの種子が少量ずつ採集された。以上のように、植物種子の出現密度は夏よりも冬に多く、また夏冬ともに瀬からトロへの移行部にあたる Sec.20' で多いことが明らかになった。

3. 3. カモ類のラインセンサス調査の結果

3. 3. 1. 出現種

本調査では、6 種のカモ類 (カルガモ *Anas poecilorhyncha*, マガモ *A. platyrhynchos*, オナガガモ

A. acuta, コガモ *A. crecca*, ヒドリガモ *A. penelope*, キンクロハジロ *Aythya fuligula*) が観察された。また、その他にカワウ *Phalacrocorax carbo*, コサギ *Egretta garzetta*, ゴイサギ *Nycticorax nycticorax* も観察され、水鳥類の合計出現種数は 9 種であった。また、カモ類の摂餌中の個体と休息中の個体とを区別してカウントした結果を表 3 に示す。

3. 3. 2. カモ類の飛来数と種組成の季節的变化

観察された 6 種のカモ類について、種・季節ごとの日平均観察個体数の変遷を図 3 に示した。

カモ類の種組成は、季節により大きく変化した。5-7 月はカルガモのみが出現し、飛来数は少なかった。10 月にはコガモが出現し、オナガガモとマガモもごく少数加わった。11 月から 1 月にかけてはカルガモ、コガモ、オナガガモ、マガモの個体数が増加し、それにキンクロハジロとヒドリガモが加わって、出現種数・日平均観察個体数ともに 1 月に最大となった。その後は 3 月にキンクロハジロ、4 月にオナガガモ、マガモ、ヒドリガモ、5 月にコガモが姿を消し、5 月以降はカルガモのみが残った。

以上のように本調査水域のカモ類は、日平均観察個体数・出現種数ともに 1 月に最大、5-6 月に最小の単峰型の変化を示した。また、最優占種は常にカルガモで、それに次いでコガモが多かったが、1 月のみはコガモよりもオナガガモの方が多かった。これら以外の 3 種（マガモ、ヒドリガモ、キンクロハジロ）は、観察個体数がいずれも少なかった。

3. 3. 3. カモ類 6 種の移動生態

以上のように呑川におけるカモ類の種組成および日平均観察個体数は季節により変化する。その原因は飛来時期・滞在時期が種ごとに異なることによるものと思われる。そこで、それぞれの種ごとにどの季節に飛来数が大きく変化するかを明らかにするために、年間総観察個体数に対する日平均観察個体数の割合 (%) を季節ごとに図 4 に示した。

カルガモは留鳥として広く知られているが、観察個体数の最も多い 1 月には観察個体数の最も少ない 5-6 月の 10 倍近い個体数が観察されており、大多数の個体が季節的移動を行っていることが分かった。7 月の調査は 1 回だけなので偶然の可能性も否定できないが、この時点で既にカルガモが 52 羽観察されたことから、この季節にはすでに移動が始まっていた可能性がある。また、本種の観察個体数が大きく減少する 3-5 月は越冬期から繁殖期の移行期にあたるので、繁殖のために他の水域へと移出した可能性がある。

これに対して、コガモは 7 月にはまだ観察されなかったが、10 月には観察されはじめ、4 月まで高い観察数が続いた。その観察個体数の変化は 5-7 月を除けばカルガモとよく似ていた。

一方、オナガガモは 10 月にはごく少数観察されただけだったが、11 月から急増し、1 月にはさらに数を増やしてコガモよりも優占した。しかし、3 月には一気に減少してごく少数となり、4 月以降は全く姿を消した。このような観察個体数の変遷はカルガモ・コガモとは異なり、キンクロハジロやヒドリガとよく似ていた。

マガモの観察個体数の変遷は上記のいずれとも一致しなかったが、観察個体数が少なかったので詳しい検討は省く。

3. 3. 4. 水鳥類の分布生態

本調査で観察された 6 種のカモ類と、コサギ、カワウからなる水鳥類の各 Sec.における観察個体密度、摂餌個体密度、休息個体密度をそれぞれ図 5、図 6、図 7 に示した。

カモ類は、最上流の Sec.1 から最下流の Sec.40 まで全域で姿が見られたが、観察密度は各 Sec.ごとに異なり、また河川工法によっても濃淡の差が見られた。

そこで、まず河川工法別に比較すると、A-C 区間では、カモ類 6 種の総観察密度には区間間で大きな差はなかった（図 8 の a）。しかし、最下流の D 区間（Sec.32-40）では、カモ類全体の観察密度は他の工法の区間に比べて明らかに低く、摂餌個体密度・休息個体密度ともに低かった（図 8 の b と c）。このことから、この水域はカモ類にとって利用価値が低いと思われた。しかし、ヒドリガモとカワウのみは、この水域での観察密度が高かった。ちなみに、ヒドリガモは、特に下流寄りの感潮域の冠水したテラス上で摂餌しているのがよく観察され、本種がついばんでいたテラスの面には種類まではわからなかったが、おそらく汽水性であろう大型の藻類が生えているのが目視で確認された。また、カワウは高潮時の感潮域（D 区間の下流側）や B'区間（Sec.28）のトロで潜水している姿がしばしば観察されたが、本種の餌となるボラやマルタウグイの幼魚は Sec.28 より上流には生息していない。したがって、この両種の特異的流程分布は、両種の餌選択性の特異性を反映していたものと思われる。

なお、3 月には D 区間の上流側の一部の水域（Sec.32）にコイが産卵のために集まっており、そこでカルガモが摂餌しているのが観察された。これは水底の糸状藻類（おそらくカワシオグサ）に付着したコイの受精卵を摂餌していたものと思われる。

同じトロでも、B 区間と B'区間ではカモ類の観察密度や出現種に相違がみられたが、このことについては後に詳しく考察する。

一方、A-C 区間の総観察個体密度を摂餌個体密度と休息個体密度に分けて比較すると、摂餌個体密度は 3 区間間で大きな差は見られなかったが、休息個体密度は B 区間（Sec.21-24）で明らかに小さかった（図 8 の b と c）。この B 区間でもカモ類が休息しているのが観察されているが、その数は少なく、しかもその場所は矢板の際の局所的浅場や、Sec.23 で 2009 年 12 月に造成工事が終了した際に新たに設けられた植生用の局所的な浅所に限られていた。したがって、B 区間での休息個体の少なさは、休息に適した高水敷や浅所の欠如によってもたらされたものと思われる。

A 区間（Sec.1-20）と C 区間（Sec.25-30）は、B 区間や B'区間のトロに対比すれば「瀬」的特徴をもつという点では共通している。しかし、C 区間は多自然型工法が採られているのに対して A 区間は変化に乏しい単調な流れとなっており、環境の多様性は前者の方が高いように思われる。それにもかかわらず、カモ類 6 種の合計観察密度は C 区間と A 区間で明らかな差は現れず（図 8 の a）、主に岸辺に手を加える工法がカモ類の飛来数に及ぼす効果は小さいものと思われる。

ところで、カモ類の観察密度が特に高かったのは、区間 A と B、区間 B と C の境界付近であり（図 5）、前者は瀬からトロへの移行部（Sec.20'）とその周辺（Sec.20 と Sec.21）、後者はトロから瀬への移行部（Sec.24'）とその下流に続く瀬（Sec.25-26）にあたっている。つまり、カモ類の総観察密度には、トロの流入部（Sec.20-Sec.21）およびトロの流出部（Sec.24'-Sec.26）の 2 つのピークがあることがわかった。ただし、このようなカモ類の観察密度のピークの作り方は、種・季節によって違いが見られた（図 9）。

10月には、トロの流出部（Sec.24'-26）よりも流入部（Sec.20-21）の方がカモ類の観察密度が高かった。特にコガモが Sec.21 で表層のスカム（ランソウの塊）や両岸の護岸の水際線付近をつつく姿が頻りに観察されたのが特徴的であった。ところが、11-1月にはそれが逆転してトロの流出部の上流端（Sec.24'）の方がカモ類（カルガモとコガモ）の観察密度が高くなった。これ以外の季節には Sec.24' にはカモ類が全く見られないので、ここでのカモ類の集中はごく限られた期間の現象であるが、このことについては後で詳しく述べる。

3-4月にはトロの流出部（Sec.24'-26）よりも流入部（Sec.20-21）でカモ類の観察密度が高かった。カルガモは通常は全身を水面下に沈める潜水採餌を行わないが、この時期のみは潜水を行って水底採餌をしている姿が確認された。コガモは3月では流入部ではほとんど観察されず、流出部の Sec.25-26 で水底をつついている姿が頻りに観察されていたが、4月には流入部の Sec.21 での観察密度が高くなった。この時期は表層にはスカムは見られなかったが、代わりに桜の花びらが多く水面に見られ、コガモがこれをつついている姿が頻りに観察された。また、10月と同様に本種が両岸の護岸の水際線をつついている姿も観察された。

なお、B区間およびその隣接水域とB'区間の上流側は調査期間中に局所的な河川改修工事が行われており（Sec.23；2008年10月20日-2009年12月11日、Sec.22の下流側50m；2009年11月14日-2010年8月13日、Sec.27の下流側50m；2009年12月7日-2010年8月2日）、工事中の水域では当然のことながらカモ類は観察されなかった。そこで、工事が終了した2010年11月のB区間の各Sec.における水鳥類の密度を調べたが、工事が終了した水域でのカモ類の大幅な観察密度の増加は見られなかった。

3. 3. 5. カモ類の種ごとの摂餌場所選択性

カモ類の摂餌場所の利用について、流れに沿った軸（川の縦断方向）と流れに直行する軸（川の横断方向）でそれぞれ種ごとに比較した（図5と図10）。その結果を以下に示す。

【キンクロハジロ】

本種は、ほとんどトロ的水域（B区間とB'区間）でのみ観察され（図5）、しかも摂餌をする際は常に水面下に潜水していた。既に述べたように、B区間は呑川の中ではモノアラガイが最も豊富な水域であり（表2）、そのことが本種の分布に強く影響しているものと思われる。なお、B区間とB'区間は図1の断面図で示したように、川の横断方向での水深の差が明瞭でないので、当然のことながら本種は川の横断方向に沿った餌場の使い分けをしていなかった（図10）。

また、本種はその分布水域が高水敷のないB区間とB'区間にほぼ限定されているせいか、高水敷上で休む姿はD区間でただ1回、1羽だけ見られたのみであった。

【カルガモ】

本種は調査水域全体で広く姿が見られたが、最上流部（Sec.1-2）やB'区間（Sec.28）、最下流部（D区間）では観察密度が低かった（図5）。

また、川の横断方向に沿ってみると、流心部から岸边まで広く利用していた（図10）。さらに、両岸の護岸の水抜き穴から絞り水がにじみ出る場所に生えたコケなどをつついて摂餌する姿も時おり見られた。このように、本種は川の縦断面と横断面のどちらから見ても、水域全体を摂餌場所として利用

していることがわかった。

なお、本種はトロの流入部（Sec.20-21）で1月を除く期間、トロの流出部の上流端（Sec.24'）で11-1月に特に観察密度（摂餌個体密度）が高くなる現象が見られたが（図9）、その件については次項で詳しく書くことにする。

【コガモ】

川の縦断面に沿った分布では、本種はカルガモと同様に調査水域全体を幅広く利用し、また、トロの流入部（Sec.20-21）や流出部（Sec.24'~26）で観察密度が特に高かったが（図5）、Sec.24'では11-12月のみ摂餌をしに集まるのが観察され、カルガモと同様にこの水域に短期間に集中することが分かった（図9）。一方、最上流（Sec.1-3）や中流の一部（Sec.25-26）、最下流（Sec.38-39）にも観察密度の高い水域が見られ（図5）、その点ではカルガモとは異なっていた。

川の横断面では、本種は摂餌場所として主に岸辺を利用する点が特異的である（図10）。また、側壁から絞り水がにじみ出る場所に生えるコケをつついての姿もカルガモ以上に高い頻度で観察された。また、既に述べたようにB区間の上流端（Sec.21）では、流心部にスカムがある場合にはそこでも摂餌をしていたが、浮遊物は流心部よりも護岸の際に溜まることが多く、流心部で摂餌するのは極めて稀に見られるのみであった。なお、同じトロでもB'区間では水面にスカムが大量に浮かぶことはなく、そのためかこの区間でのコガモの観察密度は工事が行われているか否かに関わらずB区間に比べて小さかった（図8）。

【オナガガモ】

本種は浅瀬を中心に利用するので、浅瀬の乏しいB区間、B'区間、D区間では観察密度が低くなるのは当然であるが（図8）、浅瀬の豊富なA、C区間の場合も、C区間（Sec.25-30）に比べてA区間（Sec.1-20）での観察密度が高く、特に最上流（Sec.1-3）とでの観察密度の高さが特徴的であった（図5）。しかし、この理由についてはわからなかった。また、トロの流入部のSec.20'でも観察密度が高かった。

摂餌の際には流心部を主に利用し、岸辺や高水敷上はほとんど利用しないことも特徴的であった（図10）。

【マガモ】

本種は川の縦断面では、最上流部（Sec.1-5）を摂餌場所としても休息場所としても最もよく利用していた（図5）。なお、オナガガモと同様、B区間より下流ではほとんど観察されなかった（図8）。

また、川の横断面においては、流心部からテラス上まで幅広く摂餌場所として利用していた（図10）。

【ヒドリガモ】

本種は、既に述べたようにB'区間（Sec.28）とD区間で多く観察され（図8）、B'区間で水面や矢板の側面で摂餌している姿やD区間の下流寄りの感潮域の冠水したテラス上で摂餌しているのが頻りに観察された。また、C区間の岸辺（Sec.25-26）で摂餌している姿も稀に観察されたが、そこより上流では全く観察されなかった（図5）。

川の横断面では、D区間では冠水したテラス上での摂餌が主で、流心部ではごく稀に水面摂餌をしているのみであった（図10）。B'区間（Sec.28）では水面採餌をする際は流心部も稀に利用したが、既に述べたコガモと同様に護岸際での摂餌が主であった。C区間では主に水際を利用しており、高水敷上や流心部は利用していなかった。

3. 3. 6. トロの流入部と流出部で見られた特殊な現象

上述のようにトロ（B 区間）の流入部と流出部（Sec.20-21, Sec.24'-26）ではカモ類の観察密度が特異的に高かったが、それぞれの種が摂餌に利用する場所の環境に微妙な差が見られたので以下にまとめておく。

3. 3. 6. 1. トロの流入部

トロの流入部（Sec.20-21）ではカルガモ、コガモ、オナガガモの3種の観察密度が高かった（図5）。それぞれの種が摂餌に主に利用する場所はこの水域の中でも微妙に異なり、最上流に位置する Sec.20 は、この水域の中では最も水深が浅く水流が強い場所（A 区間の中ではごくありふれた条件）だが、ここでは兩岸のテラスがカルガモ、コガモ、オナガガモの休息場所として利用されていただけで、摂餌個体は少なかった（図6と図7）。

その下流の Sec.20'は下流に行くほど水深がゆっくりと大きくなり、流速も主に岸辺で次第に小さくなる場所だが（図2）、ここではオナガガモが流心で摂餌しているのに対し、コガモは主に岸辺で摂餌し、カルガモは流心から岸辺まで広く摂餌していた。最下流の Sec.21 は水深が急激に大きくなり、上流端だけ水流がやや強く、兩岸や底層の水流はゆるやかな場所である。ここではカルガモが上流端の水深 30 cm 前後の場所で水底摂餌を行い、コガモがやや岸よりの静水域で水面採餌を行っていたのに対して、オナガガモはごくわずかしき見られなかった（図5）。

そこで、底生餌料調査の結果と比較してみると、Sec.20 と Sec.20'では水底から数多くの草本の種子が採集された（表2と図11）。そのことから、トロの流入部（Sec.20-21）に数多くのカルガモが集まる原因のひとつとして、A 区間の長い瀬から流出する底生生物や、陸上から瀬の水面に落下した陸上由来の種子や小動物などがトロの流入部で集中的に沈殿し、水底に集積されることが挙げられるものと推測された。

また、10月にはB区間の水面に無数のスカムが浮いていることがあったが、この塊はしばしば Sec.21 の水面に集まっているのが観察されて、下流から吹き込む風と上流からの流れの作用でこの場所に集積されるものと推測された。このスカムは主にコガモがつついて摂餌しており、コガモの餌場の形成要因のひとつとして風の影響も考慮する必要があるものと思われる。

なお、Sec.20-21 ではオナガガモが数多く飛来する1月だけ、この水域でのカルガモの観察個体密度が急減したが、その時期にはトロの流出部（Sec.24'-26）でカルガモの観察密度が急増しているのが確認された（図9）。

そこで、特にオナガガモの観察密度の高い Sec.20-20'について、オナガガモとカルガモの観察個体数およびオナガガモの観察個体数とカルガモの個体数%（全水域でのカルガモの観察個体数に占める Sec.20-20'におけるカルガモの観察個体数の百分率）の相関を調べた。その結果、1月5日の1回を除いてオナガガモが Sec.20-20'で合計5羽以上いるとカルガモはこの水域から姿を消すことがわかった（図12のa・b）。例外の1月5日にはオナガガモは全て高水敷上で休息中であり、他の日には多くの個体が摂餌中であった。そこで、同様にこの水域でのオナガガモの摂餌個体数とカルガモの個体数%の相関についても調べた結果、図12のcのようにオナガガモがこの水域で4羽以上摂餌している時に

は例外なくカルガモがこの水域から姿を消すことが明らかになった。このように、両種の間には強い種間関係が存在することが示唆された。これは、図 13 に示したようにカルガモとオナガガモの流れに沿った摂餌場所が似通っており、摂餌場所をめぐる競合が生じやすいためと思われるが、このことについては後に詳しく検討する。なお、カルガモとコガモおよびオナガガモとコガモについても同様に相関を調べたが、このような種間関係を示唆する結果は得られなかった（図 14）。

3. 3. 6. 2. トロの流出部

一方、トロの流出部（Sec.24'-26）の上流端（Sec.24'）では短期間のみカルガモ（11-1月）とコガモ（11-12月）が集中的に出現した（図 9）。また、その下流の Sec.25-26 ではコガモが 11-12 月を除く通年にわたって数多く観察された（図 9）。その原因としては、その上流の長いトロ（B 区間）で生産されたユスリカの幼虫や蛹、羽化直後の成虫などからなる流下物を、足が水底についていた安定した姿勢で待ち伏せして摂餌しやすいためと考えられる。また、Sec.25-26 では底生餌料調査で夏期・冬期ともにコカゲロウやユスリカが最も多く採集されたことから（図 11）、コガモがトロの流出部で高密度になっているのは単に流下物の多さだけではなく、底性餌料の現存量の高さをも反映しているものと思われる。

3. 3. 7. カモ類の活動の日周性

ラインセンサスで観察された個体の多くは摂餌中であったが、カルガモ・コガモ・マガモはその観察個体の 36-38%が休息中であった（表 3）。これに対して、オナガガモはその観察個体の約 16%しか休息しておらず、キンクロハジロとヒドリガモは高水敷上と水面上のいずれにおいても休息中の個体はほとんど観察されなかった。このように、カモ類全体に休息中の個体は摂餌個体と比べて少なかったが、観察時間帯が午前 7-10 時に集中したことを考え合わせれば、本水域のカモ類は昼行性であるものと推測される。

そこで Sec.7-20'については日没後のカモ類の様子についての簡単な観察調査も行った。その結果、日没後にカモ類が水面で摂餌している姿は全く見られず、カルガモが高水敷上で眠っている姿が確認されたのみであった。ただし、その観察個体数は、カルガモが多く飛来する冬期においても、一回につきわずか 4-5 羽ほどにすぎず、しかもその寝場所は日によって変わった。カルガモ以外の種も観察しようとそれなりに努力したつもりだが、残念ながら日没後は全く観察されなかった。日没間際にオナガガモが隊列を組んで調査水域から飛び去っていく姿が何度か観察されたことから、本種だけではなくカモ類全般に呑川を摂餌場所としてだけ利用し、休息場所あるいはねぐらとしては全く利用しない可能性がある。ただし、コガモやキンクロハジロについては、日没間際に飛び立つ姿は全く見られず、体サイズが小さいために休息中の個体を見落としている可能性もあると考えている。

4. 考察

環境省のホームページに掲載されている同省が毎年 1 月に行っている全国ガンカモ生息調査の結果によると、都内の河川（38ヶ所）の 2010 年のカモ類の平均観察密度は 11.8 羽/（ha・回）であった。これに対して呑川の 1 月のカモ類の平均観察密度は 67.7 羽/（ha・回）であり、都内の平均の 5 倍以上

の密度である。

残念ながら、環境省の上記の資料には川の環境特性としては、水域の面積、給餌の有無、前年度以降に生じた水質や水量の変化、宅地化・埋め立て・河川工事などの有無、鳥獣保護区であるか否かなどの項目しか記されておらず、河床構造や天然餌料環境などについては記されていない。

そこで、この資料以外の文献を調べてみたところ、国内の河川におけるカモ類の飛来数について詳しく報告した論文が 5 つ見出された。まず關 (2009) は、山梨県桂川の一部水域で半年間にわたって調査を行い、最大観察密度として 1.5 羽/ (ha・回) という値を示している。それ以外の報告には観察密度は明記されていないが、平野・樋口 (1988) と平野 (1997) には観察個体数と流程長と川幅が示されているので観察密度を計算してみると、平野・樋口 (1988) の栃木県内の 14 河川では 0-0.9 羽/ (ha・回)、平野 (1997) の栃木県田川では 0.2 羽/ (ha・回) という値が得られた。また、鈴木 (2010) には川幅が示されていないので、地形図からおよその川幅を読み取って密度を計算してみると、福島県阿武隈川では 26.5 羽/ (ha・回) の値が得られた。一方、日比野 (2008) の神奈川県狩川の調査結果について、種ごとの最大観察個体数と地名 (橋の名) が記されていたので、優占種 3 種 (カルガモ、コガモ、ヒドリガモ) の最大観察密度を合計し、また現地を実際に訪れてカモ類の姿が確認された水域の流程長と川幅からカモ類の最大観察密度を求めたところ、86.9 羽/ (ha・回) であった。鈴木誠子氏から、神奈川県引地川にも多くのカモ類が飛来するとの情報を得て、実際に訪れてカモ類のカウントを行った。その結果、観察密度は 5.5 羽/ (ha・回) であったが、毎朝ここを訪れる鈴木氏の話では冬期の引地川のカモ類の観察密度は、ほぼ筆者の調査結果通りであるとのことであった。以上のように、関東ならびにその周辺地域の河川におけるカモ類の観察密度は意外に低く、呑川に匹敵する密度が見られるのは狩川のみであった。

国外でもカモ類の河川での分布・飛来状況について記された文献がアメリカ合衆国で 3 つ見出された。これらの論文には観察水域の流程長と川幅が記されているので、それぞれのカモ類の観察密度を計算してみると、Ludwig ら (2010) のフロリダ州の 5 河川では 0-0.1 羽/ (ha・回) , Huyer ら (2006) のニュージャージー州の Passaic River 下流では 0.3 羽/ (ha・回) , Johnson ら (1996) のコロラド州の South Platte River では 210.1 羽/ (ha・回) となり、South Platte River だけが著しく高密度である。

そこで、高密度になる川には共通の要素があるはずであると考えて、手近な狩川に実際に筆者らが訪れたところ、宅地化で水質が汚染された農業用水と本流の合流点付近でカルガモ・コガモやオオバン (*Fulica atra*) が数多く集まって表面摂餌している姿を観察した。この合流点の表層を 200 μ m 目合のネットで掬ったところ、ユスリカの蛹の抜け殻が数多く流下しているのを確認した。この農業用水は民家と近接しており、人からの距離が非常に短いので、カモ類はこの農業用水そのものを使うことができず、その下流の本流との合流点付近で摂餌していたものと考えられる。また、South Platte River も下水処理場からの処理水が流入している河川で、Johnson ら (1996) が調査した水域は、この下水処理場のすぐ下流 (流程 10 km) である。その DO はアメリカ合衆国の推奨する河川の水質基準を下回る (Johnson ら 1996)。念のために、インターネット上の web ページでこの下水処理水の排水溝の画像を検索したところ、呑川と同様に、河床を緑色の藻類が覆っているのが確認できた。

これらの知見を踏まえて呑川の河川環境について改めて考えてみたところ、呑川は下水処理水が流入している富栄養的な河川であり、狩川の農業用水を大きくしたようなものであることが分かり、カ

モ類は自然のままの河川よりも水質がある程度汚染された河川を好む傾向があることが示唆された。そのような水域を好む理由としては、栄養塩が豊かであるために、主要な餌生物の1つであるユスリカの生産が豊富であることが挙げられるであろう。なお、呑川は流れ幅 6-10 m、河川敷幅 8-10 m と、狩川の農業用水路や South Platte River の下水処理水の排水溝に比べて川幅が大きい。武田 (1990)、鈴木 (2009)、Shimada (2001) は、カモ類が安心して利用できる水域の条件として、人間や捕食者から適正な距離を保つことができることや視覚的な遮蔽物によって隔離されることが重要であると報告している。しかし、呑川の川幅はテラス部分を含めても 8-10 m であり、Shimada (2001) が遮蔽物がない条件下でのカモ類の安全距離としている約 30 m には遠く及ばない。しかも、呑川の兩岸の道路や橋の上は人や車両の往来が頻繁である。樹木の枝葉が水面上を覆うなどはごく一部の水域に見られるのみである。それにも関わらず、呑川では多くのカモ類がほぼ一日中水面で摂餌したり、高水敷上で休息しているのが観察され、カモ類がこの川を安全な場所とみなしていることは明らかである。このような判断をする理由として推測されるのは、呑川では水面や高水敷と道路・橋との間に 5 m ほどの垂直護岸が存在することが挙げられる。この高さは逃避距離と比べると著しく短い、カモ類はこの落差の存在が、人間が水面や高水敷に侵入することを十分に妨げると判断し、呑川を安全水域とみなしている可能性がある。

ところで、以上に挙げた文献の中で河川環境とカモ類の分布の関係について具体的に調べられていたのは Ludwig ら (2010)、鈴木 (2010)、Johnson ら (1996) による報告のみであった。Ludwig ら (2010) は、ガンカモ類を含む水鳥類が河口域に飛来するためには、岸辺が泥地となっており、自然な状態であることが重要であると指摘している。しかし、呑川ではほとんどの水域が 3 面コンクリート護岸で舗装されているにも関わらずにカモ類が多く飛来することから、岸辺が泥地であるかというよりも、緩傾斜または平坦となっていることの方が重要ではないかと考えられる。

ところで、河川生態系において、淵やトロの存在が魚類や水生昆虫等の水生生物の多様性や豊富さを大きく左右することが数多く報告されている (川那辺 1978, 谷口 2004, 水野 1972, 中村 2006, 大串 1981)。それにも関わらず、カモ類の分布と淵やトロの関係について明記した文献は鈴木 (2010) と Johnson ら (1997) のみであった。

鈴木 (2010) は、阿武隈川中流域での瀬・淵の有無と水鳥類の個体数の相関関係について調べ、淵が含まれる水域で有意に個体数が多いカモ類はカルガモのみであったとしている。一方、Johnson ら (1996) は、South Platte River の調査結果から、大規模なトロ (流程約 335 m、平均流れ幅 107 m、最大水深 3.4 m のものと流程約 378 m、平均流れ幅 81 m、水深約 1.8 m のものの 2 箇所) は、その他の淵や早瀬、平瀬、砂地の岸辺などの要因に比べて、水面採餌型カモ類のほとんどの種に強く選択されることを示した。呑川でカモ類の観察密度が高かった B 区間のトロも流程約 430 m、流れ幅約 9 m、最大水深 110 cm 以上であり、流れ幅は小さいものの、South Platte River の大規模なトロよりもさらに大きな流れをもつ。このことから、カモ類が誘引されるためにはかなり大規模なトロが必要なものと思われる。ただし、結果の中で既に述べたように、呑川の B 区間のトロそのものを恒常的に利用する種はキンクロハジロのみであり (図 8)、その他のカモ類のトロ中央部での観察密度は河川改修工事が行われているかいないかに関わらず低かった。一方、カルガモ・コガモ・オナガガモの 3 種がトロの流入部、カルガモとコガモがトロの流出部に高い密度で分布することがわかった (図 5)。これには、水面

採餌型カモ類の摂餌習性が関係しているものと思われる。Gullemain ら (2000) は、水面採餌型カモ類は、通常は採餌による消費エネルギーが小さい浅所での摂餌を好むと指摘している。また、Euliss・Stanley (1987), Safran ら (1997), 羽田 (1962 a) は、水面採餌型カモ類にはユスリカと草本の種子が主要な餌であるとしている。つまり、呑川のカルガモとコガモは、トロの深みで慣れない倒立・潜水採餌をするよりも、その下流の浅瀬 (Sec.24'-26) でトロから流下してくるユスリカの幼虫・蛹・脱皮殻・成虫などを待ち伏せして食べることを選んでいるものと考えられる。

一方、トロの流入部 (Sec.20-21) にはカルガモ、コガモ、オナガガモの 3 種が通年にわたって集中していた。既に述べたように、Sec.20'では種子が水底から数多く採集された (図 11)。これは Sec.20'がなだらかな勾配になっており、深みに入る前に水底付近の流速が急激に低下するために (図 2)、この部分で草本の種子が集中的に沈殿することが原因であると考えられる。

以上のように、水面採餌型カモ類の摂餌場所としては、トロそのものよりも、なだらかな勾配のトロの流入部や流出部の浅瀬の方が重要であることが今回の調査で示唆された。このような記載が他の文献にも見られないか調べてみたが、このような詳細な観察結果は見出すことができなかった。

4. 1. 河川工法とカモ類

・D 区間

D 区間は、カモ類の摂餌個体密度が調査水域中で最も小さかった (図 8)。

D 区間の上流側は、両側からせり出したテラスのために流れ幅が 3m ほどしかないので、カモ類が摂餌できる面積も小さくなってしまふ。また、カルガモがこの水底で摂餌をしている姿も稀に観察されたが、この水域は A・C 区間と比べて水深・流速ともに大きいようで、両足が水底につかずに常にせわしく足で水をかきながら水底に首を伸ばしているのが観察された。このように、D 区間の上流側は、摂餌面積に限られるうえに摂餌するのに多くのエネルギーを消費するために摂餌には不向きであると考えられる。また、テラス上には草本植物が生えており、過去の報告からは、植生帯が周りに存在する水域はカモ類に安心感を与えるとされているため (武田 1990, 鈴木 2000, Shimada 2001), この水域は最もカモ類にとって休息場所として適していそうではあったが、この水域の休息個体密度は小さかった (図 8)。この水域のテラスは水面からの高さは 10-20 cm ほどで、カモ類が水面から上陸する際には跳び上がる必要がある。武田 (1990) がカモ類の越冬する池の条件として、護岸が水際と緩傾斜につながっていることをその 1 つとして挙げているように、カモ類は利用水域を選ぶ際に、摂餌場所である水面と休息場所である陸地との間の移動がスムーズにできることも条件の一つとして捉えている可能性がある。

一方、D 区間の下流域のテラスが水没する水域では、流れ幅はテラス上も含めて 10 m 以上となるため、水面の面積は B 区間と同程度かそれ以上に大きくなり、流速も B 区間と同程度になる。しかし、両側のテラスの間の流心部では、水深が大きいため水面採餌型カモ類は水底の餌を摂餌することができない。また、ヒドリガモ・コガモ・カルガモが水面下のテラス上の藻類や水面の浮遊物を摂餌するのが見られたが、ヒドリガモ以外のカモ類がここで摂餌をするのは他の 4 区間に比べれば少なかった。また、静水域であるにも関わらずにキンクロハジロがほとんど観察されなかったことから、この

水域は餌となる巻貝類が乏しいと考えられる。なお、テラスが水没しているため、休息個体がほとんど観察されなかったのは言うまでもない。

以上のことから、D 区間は調査水域の中で最もカモ類にとって利用しづらい構造および餌料環境となっていることが示唆された。

・C 区間

一方、主に岸辺を重視して行われる多自然型工法を採った C 区間では、Sec.25-26 ではカモ類の観察密度が高く(図 5)、主にコガモが水際線付近を中心として流心部の近くまで、幅広く川の横断面で水底摂餌しているのが観察された。カルガモもコガモほどの観察も密度ではないが、同様にこの水域で摂餌していた。しかし、両種とも同じ C 区間でも Sec.25-26 より下流側では観察密度は小さかった(図 5)。また、冬期の餌料調査の際に、この水域の河床の窪みの側面でコカゲロウが多く観察され、4 月にはカルガモが Sec.29 の河床の窪みの側面をついばんでいるのが観察されたが、それでもカルガモの密度はこの水域では小さかった。このように、C 区間は上流側の Sec.25-26 のような例外的な場合もあるが、全体的にカモ類の誘引効果が高いとは言えなかった。

しかし、秋期から冬期にかけて C 区間の下流部 (Sec.29-31) の水底の窪みの中にボラが多く集まっているのが観察され、コサギがここで摂餌しているのが多く観察された。このため、一部の魚類やサギ類の餌場としては C 区間のような多自然型工法は有効であると考えられる。

4. 2. 生物多様性と人の居住環境に配慮した河川環境整備私案

トロの流出部の上流端にあたる Sec.24' では、呑川の下を下水道管が通っている。この下水道を覆うコンクリートの工作物が水底から 1 m ほど突き出しているために、その上流側に B 区間の大規模なトロが形成されている。この Sec.24' の工作物は、近日中に撤去されることが決まっている。その計画に対して、近隣住民からは賛成と反対の両方の意見が挙がっている。賛成派の住民らは、ユスリカの大量発生源である B 区間のトロがなくなれば、流域周辺の蚊柱の発生が抑制されると期待している。一方、反対派は、呑川からトロがなくなってしまうと、水鳥類や魚類が呑川から姿を消すことを危惧している。

そこで、両方の住民がともに満足できるような解決策について考えてみた。B 区間のトロが賛成派住民に目の敵にされるのは、このトロが呑川の河川規模に比べて著しく大規模で、しかもこれより上流の流程 2300 m の間には止水域は全く存在しないため、上流からの有機物のほとんどがここで沈殿・分解され、結果的にユスリカの大量発生が生じるためである。そこで筆者は、もっと小規模なトロを流程内の 5-6 ヶ所に分散して配置し、ユスリカの発生水域を分散させることで沿川住民の被害が軽減されるのではないかと考えた。また、これらのトロの瀬からの流入部は河床勾配をなだらかにし、水深や流速がゆっくりと変化するような構造にするべきだと考える。つまり、水面採餌型カモ理が水底に両足を着けて効率よく摂餌できるようにするためである。さらに、トロから下流の瀬への流出部については、トロから流下するユスリカの幼虫や蛹、成虫、脱皮殻などを水面採餌型カモ類が効率よく摂餌できるように、水深 10 cm 以下の浅瀬を広く設けるべきだと考える。これらの配慮を行うことにより、トロに流下する有機物の一部は未然にカモ類によって除去され、流入・沈殿・分解の過程で発生

するユスリカの多くも羽化して飛び立つ前に除去されることが期待される。このようなトロが 5-6ヶ所に分散して配置されることにより、従来よりも多く有機物が流域から外部に持ち出され、結果的に下流部（河口部）で問題化している水質や底質の改善にも貢献できる可能性がある。

ただし、ユスリカの発生量が最も大きい夏期にはほとんどのカモ類が呑川から姿を消す。そこで、夏期には現在 Sec.28 から下流のみで息が確認されているマルタウグイやボラなどが上流まで遡上できるようにして、流域全体でユスリカを捕食させることを考えている。このためには、これらの魚類の遡上を妨げている Sec.27-28 間と Sec.24'-Sec.25 間にある落差工をなくす、もしくは魚道を設ける必要がある。マルタウグイとボラは秋期には海へと下ることが知られているので、これらの魚類にユスリカを捕食させることも、ユスリカを減らすだけでなく、栄養塩を河川外へと持ち出して、河口域に汚染被害が集中することが妨げる効果も期待できる。

ところで、既に述べたように Sec.28 にも流程 100 m 前後のトロが存在するが、その上流端には B 区間のトロでみられたようなカモ類の集中分布は見られなかった。Sec.28 の上流端は落差 20 cm 前後の落ち込みとなっており、草本の種子は全てトロの深みの底に沈殿し、水面採餌型カモ類が沈殿した種子を効率よく採餌できる場所がない。そのために、このトロの流入部はカモ類にとって利用価値の低い場所になっていると考えられ、生物多様性および有機物の水域外への持ち出しという点でトロの流入部の河床勾配が重要な役割を果たしていることを証拠立てている。一方、Sec.28 の下流端は浅瀬であることから、Sec.24'と比較して、カモ類の足場としての条件は同じようなものであると考えられる。それにも関わらず、Sec.28 ではカモ類の観察密度が高くなかったことから、ここでは待ち受けるためのユスリカの流下量が十分でないとも考えられる。Sec.28 が水深 1 m 未満で、河床が砂利がちであることは、ここが増水のたびに水底に沈殿した有機物が洗い流される可能性を示唆しており、そのことがこのトロでのユスリカの大量発生を抑制している可能性がある。また、Sec.28 のトロには、この上流端の落ち込みを通過できないボラが冬期にも数多く溜まっていることが観察されており、このこともユスリカの大量発生を抑えることに役立っているものと思われる。

4. 3. トロの流入部で見られたカルガモとオナガガモの種間関係

既に述べたように、Sec.20-20'ではカルガモとオナガガモの両者の間には強い種間干渉が存在すると考えられる（図 12）。

以上の調査結果を受けて、呑川で普通に出現するカルガモとオナガガモ、コガモの関与する種間関係について書かれた文献を調べてみた。その結果を以下に報告する。

カルガモとオナガガモの種間干渉について明記した文献は羽田 (1962 b) しか見出せなかった。彼は、越ヶ谷鴨場の池で、1つの水域内でカモ類の休息場所が種ごとに異なることを観察し、より安全な水域をより優位な種が占めた結果であると考え、それぞれの種の休息場所の安全度から、マガモ>カルガモ>オナガガモ>コガモの順位の存在を推測している。

この結果は、今回の呑川で見られたオナガガモとカルガモの関係とは正反対の関係を示唆するものだが、羽田 (1962 b) の場所ごとの安全度の判定基準は明確とは言えず、両種の社会的優位性の判断理由としては問題がある。一方、呑川は全水域でヒトによる接近が困難であり、日射条件も変わらない。つまり、本水域でのカモ類の種ごとの摂餌場所の使い分けにおいては、羽田 (1962 b) が指摘した安全

性や日射条件が重要ではないことを示唆している。

Euliss・Stanley (1987)は、カリフォルニアの水田集合地帯の同一水域内で摂餌するオナガガモとコガモの消化管内容物が、主要な3種類の餌については同じだが、それ以外の餌は両種間で大きく異なることを報告し、両種の摂餌水深の違い（オナガガモ；平均 17.1 cm, コガモ；平均 11.9 cm）が反映されたものであると考えている。

DuBowy (1988)は、カモ類の餌資源の使分けは、餌資源の豊富な繁殖期にはほとんど見られず、餌資源の乏しい越冬期に明瞭になることを報告し、数多くの既存の文献を引用しながら、カモ類の餌資源の使分けは生存上の危機に面した場合にのみ明瞭になると述べた。

これを受け、Guillemain ら (2002) は、冬期に水域中の餌資源が少なくなるにつれて、コガモとマガモが摂餌水深や採る餌の大きさを違えるようにすることで共存することを報告し、両者が共存するかどうかは場所や季節によるものではなく、共存する水域内での餌資源の豊度に左右されることを示唆した。

一方、Nummi ら (1995) はマガモとコガモの餌のサイズに関する選択性が、両種が同一水域内に共存するかどうかで変化するか否かについて調べた結果、差は見られなかったと報告している。また、両種が共存する水域内での両種の密度の相関係数は、餌資源の豊富な水域と乏しい水域とで差が見られなかったことも報告しており、極端な餌資源の制限がない限りは、遺伝子に組み込まれた習性により種間干渉が回避されると述べている。

今回の呑川の研究で見られたオナガガモとカルガモの関係は、両種間の種間干渉の存在を示唆している。しかし、この現象が観察される水域は水流によって餌が集積される狭い水域だけに限られ、他の水域では全く認められない。また、この水域は調査水域中で最も餌資源が多い場所である。種間干渉の顕在化する条件が極めて限定的であるという点では、DuBowy (1988)よりもNummi ら (1995)の説に近いが、特に餌の豊富な場所で干渉が顕在化するという点では両者の仮説に反する結果となった。餌資源が全体的に限られた水域において餌資源が局所的に集中する場所が存在する場合には、その場所をめぐって種間干渉が顕在化する可能性があると思われる。

謝辞

本研究を行うにあたり、東京海洋大学海洋環境学科浮遊生物学研究室の丸山隆助教には、実際に幾度となく調査地にも同行していただき、終始熱心なご助言と適切なお指導を賜った。また、同研究室石丸隆教授、田中祐志准教授、ならびに同学科生物海洋科学研究室の堀本奈穂助教には適切なお指導を賜った。藻類の種の同定に際しては、同学科藻類学研究室の鈴木秀和助教と田中次郎教授には丁寧なお説明を賜った。呑川の会の福井甫氏ならびに会員のみなさまには、数多くの貴重な情報を賜った。調布町並み維持課の木崎義弘氏ならびに担当者のみなさまは、調査地への立ち入りを快く許可していただき、立ち入り調査の際には度々お世話になった。東京工業大学理工学研究科（現みずほ総合研究所研究開発部）の小林賢司氏には、呑川に関する貴重なデータを数多く賜り、同じ調査地で研究する学生として応援していただいた。同研究室の中村隆宏氏と小林渉氏ならびに動植物研究会の伊藤理沙氏と佐久間咲氏には、調査を手伝っていただいた。特に、慣れない生物採集にあたっては芦澤淳氏（現伊豆沼・内沼サンクチュアリセンター職員）からは調査の準備および現場での活動にあたって丁寧な

ご指導をいただいた。また、伊豆沼・内沼サンクチュアリセンターの嶋田哲郎氏ならびに研究者のみなさまにはカモ類の研究に関する貴重な情報を幾度となくいただき、研究をすすめる上でのご助言をいただいた。鈴木誠子氏には、河川でのカモ類の観察情報をいただいた。国立科学博物館動物研究部の西海功氏には、貴重な標本を見せていただいた。

この他にも数多くの方々に大変お世話になった。お世話になった方々に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- DuBowy, P. J. (1988): Waterfowl communities and seasonal environments: temporal variability in interspecific competition. *Eology*, **72**, 1159-1161
- Euliss, Ned H. Jr. and Stanley W. Harris (1987): Feeding ecology of Northern Pintails and Green-winged teal wintering in California. *J. of Wildl. Manage.*, **51**, 4, 724-732
- Guillemain, Mathieu, Hervé Fritz, Nadine Gullion and Géraldine Simon (2002): Ecomorphology and coexistence in dabbling ducks: the role of lamellar density and body length in winter. *Oikos*, **98**, 3, 547-551
- Guillemain, Mathieu, Hervé Fritz and Sandra Blais (2000): Foraging methods can affect patch choice: an experimental study in mallard (*Anas platyrhynchos*). *Behav. Proc.*, **50**, 123-129
- Hoyer, V. Mark, Sky K. Notestein, Thomas K. Frazer and Daniel E. Canfield Jr. (2006): A comparison between aquatic birds of lakes and coastal rivers in Florida. *Hydrobiologia*, **567**, 5-18
- Johnson, D. Gregory, David P. Young, Jr., Wallace P. Erickson, M. Dale Strickland, and Lyman L. McDonald (1996): Assessing river habitat selection by waterfowl wintering in the South Platte River, Colorado. *Wetlands*, **16**, 4, 542-547
- Ludwig, F. David, Jacqueline Iannuzzi, Timothy J. Iannuzzi, and Joseph K. Shisler. (2010): Spatial and temporal habitat use patterns by water birds in an urban estuarine ecosystem: implications for ecosystem management and restoration. *Hum. Ecol. Risk Assess.*, **16**, 163-184
- Nummi, Petri, Johan Elmberg, Hannu Pöysä and Kjell Sjöberg (1995): Occurrence and density of mallard and green-winged teal in relation to prey and prey size distribution and food abundance. *Ann. Zool. Fennici*, **32**, 385-390
- Safran, R. J, Craig R. Isola, Mark A. Colwell, and Oriane E. Williams (1997): Benthic invertebrates at foraging locations of nine waterbird species in managed wetlands of the northern San Joaquin Valley, California. *Wetlands*, **17**, 3, 407-415
- Shimada, T. (2001): Roosting of ducks on open water: resting site selection in relation to safety. *Jpn. J. Ornithol.*, **50**, 167-174
- 大串龍一 (1981) : 水生昆虫の世界—流水の生態.. 東海大学出版会, p.66-111
- 川那辺浩哉 (1978) : 生物と環境. 人文書院, p.56-58
- 環境省 (2010) : 全国ガンカモ生息調査, http://www.biodic.go.jp/gankamo/gankamo_top.html
- 鈴木弘之 (2009) : 河川における人為影響を含む景観要素が鳥類群集におよぼす影響の解析—鳥類群集を指標として河川環境を保全するために—. *景観生態学*, **13**, 1・2, 55-69

- 鈴木弘之 (2010) : 河川における冬期の水鳥分布に影響を及ぼす自然要素と人為攪乱. 日本鳥学会誌, **59**, 2, 174-180
- 關義和 (2009) : カルガモの季節移動について. *Bird Research*, **5**, S1-S5
- 武田恵世 (1990) : カモ科鳥類の越冬する池の環境条件. *Strix*, **9**, 89-115
- 谷口義則 (2004) : 河川性サケ科魚類における種間競争. サケ・マスの生態と進化 (前川光司 編), 165-192
- 中村智幸 (2006) : 溪流に生きる知恵—イワナとヤマメの共存機構—. 魚類環境生態学入門 (猿渡敏郎 編), p.2-22
- 羽田健三 (1962 a) : 内水面に生活する雁鴨科鳥類の採食型と群集に関する研究 XIV. 雁鴨科鳥類の群集. 信州大学教育学部紀要, **12**, 62-83
- 羽田健三 (1962 b) : 内水面に生活する雁鴨科鳥類の採食型と群集に関する研究 XIII. 雁科鳥類の食物. 生理生態, **10**, 98-129
- 日比野義介 (2008) : 狩川におけるカモ科鳥類の記録. 神奈川自然誌資料, **29**, 69-71
- 平野敏明 (1997) : 河川改修が冬期における水辺性鳥類におよぼす影響. *Strix*, **15**, 36-44
- 平野敏明・樋口広芳 (1988) : 冬期における川幅と水辺性鳥類の種数, 個体数との関係. *Strix*, **7**, 203-212
- 水野信彦 (1972) : 魚類の生態学的研究史. 河川の生態学 (沼田真 監修), p.176-183