

論文

水生植物による栄養塩類の除去に関する研究 (その1)

神田川における植生調査と成分分析

山崎正夫 津久井公昭

要 旨

東京都内を流れる典型的都市河川の一つ神田川の上流10kmほどの区域において、水生植物の種類、現存量及び栄養塩類の固定量について検討し、

- ① 神田川の上流域には、14種類もの水生植物が生育する。
- ② 神田川は、河床構造及び水生植物の生育状況や特徴から、4区域に分類される。
- ③ 神田川で代表種であるナガエミクリ、アイノコイトモ、オオカナダモについて、炭素、窒素及びりん濃度を分析し、植生調査結果と合わせて、これら元素の固定量を算定したところ、ナガエミクリは全炭素が、またオオカナダモは全りんの固定量が多い。
- ④ 水生植物による全窒素、全りんの除去量は、河川水中の全流下量の極く一部である。

などを明らかにした。

1 はじめに

水生植物(水草)は、河川の景観を豊かなものにしてくれるだけでなく、魚類その他の水生生物の隠れ場所、産卵場所となったり、いわゆるリビングフィルターとしての栄養塩類除去の効果も持っている。また、水生植物の存在そのものが河川の汚濁状況を知る指標ともなり得る¹⁾²⁾。とりわけ、汚濁の進んだ都市河川においては、水生植物が生育していることにより期待されるさまざまな効果は大きいと考えられる。

そこで、東京都内を流れる典型的都市河川の一つ神田川の上流域を中心に、水生植物の種類、現存量、及び河川環境からの栄養塩類の除去量について検討したので報告する。

2 方 法

(1) 神田川上流域における水生植物の種類と分布

調査対象としたのは、東京都三鷹市にある井の頭池を源とし、隅田川を経て最終的に東京湾に流入する、神田川の上流部から10kmほど下流の善福寺川との合流点までの上流域である。この区間全域を歩いて観察し、おおむねどのような種類の水生植物が生育しているかを明

らかにした。なお、調査区域の最上流部のごく一部を除けば、神田川の両岸は高さ4-5mのコンクリートで囲まれており、河床は場所により、砂、泥、玉石、コンクリートなどであった。

(2) 元素分析

採取した試料は、水道水を用いて泥その他の付着物を洗浄除去し、最後に蒸留水で洗浄した後凍結保存した。凍結試料は、真空凍結乾燥器で恒量となるまで乾燥し、メノウ乳鉢により粉末とした。

全炭素及び全窒素(以下、「TC」及び「TN」と記する)は乾燥試料5mg前後を用いて柳本社製CHNコーダーで分析した。また、全りん(以下、「TP」と記する)は、乾燥試料100mg前後を硝酸一過塩素酸で湿式酸化分解した後定容とし、一部を希釈してテクニコン社製オートアナライザで分析した。

(3) 植生調査

植生状況の代表的な4区域を選び、ライントランセクト法(代表的な100~200mの区間を選び、一定距離ごとに川の横断線を引き、その線上に現われた水生植物の種類と線上に占める長さを測定する方法)により、水生植物の種類ごとの占有率を求めた。また、優占種について

は代表的な大きさの株の面積（上から見た投影面積）と重量との関係を求めた。これらの結果及び元素分析の結果から、水生植物によるTC, TN, TPの固定量を求めた。

3 結果と考察

(1) 神田川上流域における水生植物の分布

神田川の調査域において同定された水生植物は、表1に示す14種類であった。なおアイノコイトモは、現在一般的にヤナギモの名称と呼ばれているものであるが、①葉の幅が、真のヤナギモ (*Potamogeton oxyphyllus* Miq.) よりも明らかに狭く、逆に同じヒルムシロ科に属する近似類であるイトモ (*Potamogeton pusillus* L.) よりも広いこと、②茎の横断面の形態がヤナギモではなくイトモのそれに近いこと、及び③開花が不完全であり、交雑種とみられること、などからヤナギモとイトモの交雑種であるアイノコイトモと推定された。実際、この植物の属するヒルムシロ科の植物間では交雑種が多数存在することが報告されており、具体的な例では、多摩川水系の従来ヤナギモと称されていた種類（神田川のものと同様）と酷似しており区別できない）はアイノコイトモとされている。これらの理由により、本報では、この種をアイノコイトモの名称で示す。

井の頭池出口から善福寺川との合流点までの調査区間は、植生状況及び河床構造の違いから4区域に分けることができた。結果を図1に示す。各区域の概要は、次のとおりである。区域名は優占種で示した。

① ミクリ域

ゆうやけ橋からみすぎ橋までの区域。優占種であったナガエミクリの他、ミクリ、サジオモダカなど水生植物の種類数の最も豊富で景観豊かな区域であった。流れが緩やかで、河床は砂泥であった。ナガエミクリは、抽水性（空中に葉を広げて生育する種類）の植物であるが、水中葉（完全に水中に没した形態）も多く見られた。大型のミクリの株の中ではカモの仲間が羽を休めていたりしたほか、この区域ではシラサギ、カワセミの飛来を確認した。

② アイノコイトモ、ミクリ（水中葉）域

みすぎ橋から池袋橋までの区域。生育が確認されたのは、アイノコイトモ、ナガエミクリ（大部分が水中葉）のほか、少数のエビモであった。この区域は、河床にかなり人工的な手が加えられていた。また、この区域の下流域、佃橋において玉川上水の流入があり、これ以降神田川の水は数kmにわたって褐色の濁りを呈していた。

③ アイノコイトモ、オオカナダモ域

池袋橋から向田橋までの区域。アイノコイトモとオオカナダモが優占種で、この他エビモ、コカナダモが点在していた。オオカナダモは、池袋橋から一つ下流の乙女橋から出現し、下流向田橋まで流れの状況により、アイノコイトモとその勢力を分け合いながら繁茂していた。この区域の河床は、人工的な手があまり加えられておらず、例えば、詳細な植生調査を行った新鎌倉橋周辺の河床は固い泥質であった。

表1 神田川上流域に生育が確認された水生植物

和名	学名
1 アイノコイトモ	<i>Potamogeton oxyphyllus</i> Hagst.
2 オオカナダモ	<i>Egeria densa</i> (Planch.) Casp.
3 ナガエミクリ	<i>Sparganium japonicum</i> Roth.
4 ミクリ	<i>Sparganium erectum</i> L. subsp. <i>stoloniferum</i> Hara
5 コカナダモ	<i>Elodea nuttalli</i> (Planch.) St. John
6 エビモ	<i>Potamogeton crispus</i> L.
7 オランダガラシ	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.
8 カワジシャ	<i>Veronica undulata</i> Wall.
9 サジオモダカ	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. var. <i>orientale</i> Samuels.
10 サンカクイ	<i>Scirpus triquetus</i> L.
11 カンガレイ	<i>Scirpus triangulatus</i> Roxb.
12 コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i> Presl var. <i>plantaginea</i> Solims-Laub.
13 ヒメガマ	<i>Typha angustifolia</i> L.
14 ガマ	<i>Typha latifolia</i> L.

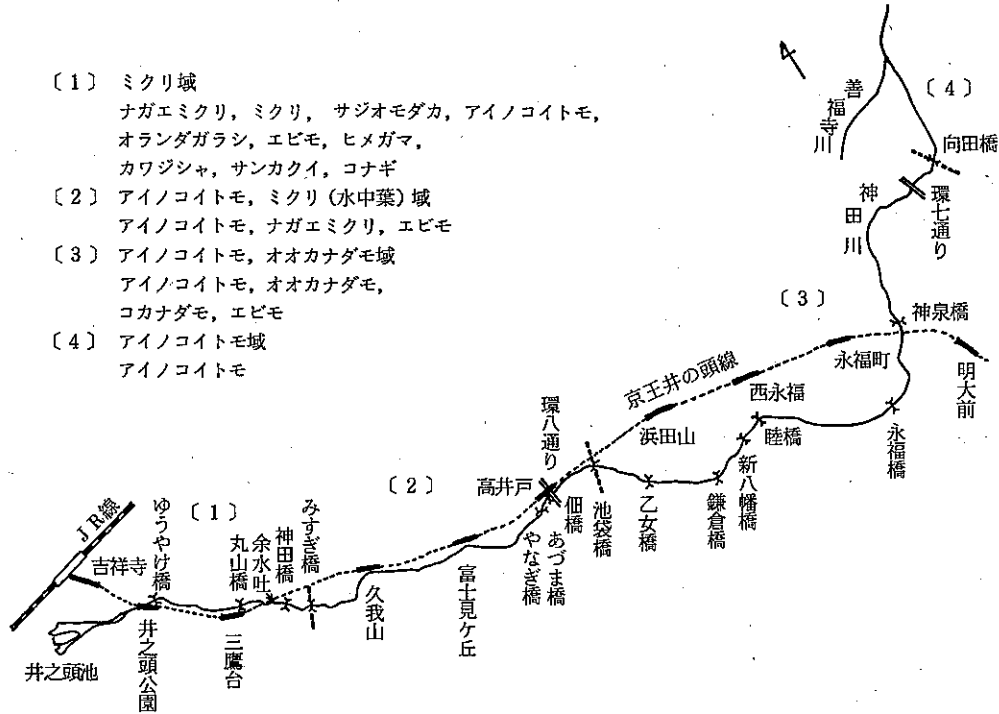


図1 神田川における水生植物調査地域

④ アイノコイトモ域

向田橋以降の区域。河床は、コンクリートで固められており、僅かに砂が沈積している程度であった。川幅は2mほどで、流速があり、流れに耐えられるアイノコイトモのみ、コンクリートの隙間などに根を張って生育していた。なお、この区域になると、玉川上水から流入した褐色の濁りは消失していた。

昭和58年3月の杉並区の調査報告書⁹⁾によれば、神田川では、アイノコイトモは現在と変わらぬ範囲で生育していたが、オオカナダモは生育範囲は現在と同様であったものの、生育量に関しては、むしろコカナダモの方が多かったことが記載されている。

(2) 植生調査結果

4区域のうち、上流3区域について、種類ごとの植生量の調査を行った。最下流域を割愛したのは、生育量そのものが少なく、栄養塩類除去の効果も期待できないと判断されたためである。

調査結果を表2に示す。ミクリ域については2箇所を調査した。これは、神田川で最も水生植物の生育量が多かったことと、平成元年度に神田橋～みすぎ橋間が、平

表2 代表的地点における水生植物の植生調査結果

調査域	種類	計測距離 (cm)	占有率*1 (%)	占有率*2 (%)
余水吐*3	ナガエミクリ	1627	49.4	73.7
	サンカクイ	341	10.4	15.5
	ミクリ	193	5.9	8.8
神田橋	アイノコイトモ	44	1.3	2.0
	植物なし	1089	33.1	-
計		3294	100	100
神田川	ナガエミクリ	2541	56.1	87.0
	アイノコイトモ	282	6.2	9.7
	みすぎ橋	90	2.0	3.1
平均水深16cm	コナギ	5	0.1	0.2
	植物なし	1615	35.6	-
計		4533	100	100
やなぎ橋	アイノコイトモ	1227	59.9	73.3
	ナガエミクリ	439	21.4	26.2
	あづま橋	9	0.4	0.5
平均水深23cm	植物なし	372	18.2	-
	計	2047	100	100
新八幡橋	オオカナダモ	834	27.4	62.9
	アイノコイトモ	491	16.1	37.1
	陸橋	1723	56.5	-
平均水深33cm		計	3048	100

*1 全計測距離における出現割合

*2 水生植物のみの割合

*3 京王帝都井の頭線の三鷹台鉄橋の下流に位置する

成2年度に丸山橋～神田橋間が大幅に河川改修される予定となっており、今後の植生状況の変化を捉える上で貴重な資料となることが予測されたためである。なお、調査は平成元年11月に行ったもので、ミクリ域においてナガエミクリに次ぐ生育量であったサジオモダカは既に枯れていたため、計測値には含まれなかった。

(3) 水生植物の分析結果

神田川における代表的な種類であるナガエミクリ、オオカナダモ、アイノコイトモについて、TC, TN及びTPを分析した。結果を表3に示す。オオカナダモ中のTP濃度が他の2倍以上であることが注目される。

アイノコイトモ、オオカナダモについてのTC, TNの

表3 神田川の代表的水生植物の主要元素組成

種 類	TC (%)	TN (%)	TP (%)
ナガエミクリ	41.5	4.07	0.335
オオカナダモ	34.1	3.92	0.963
アイノコイトモ	38.7	3.03	0.465

分析結果は、東京都衛生研究所の善福寺川についての報告とほぼ一致した値である。¹⁾

(4) 栄養塩類除去量の算定

優占種であったナガエミクリ、オオカナダモ、アイノコイトモについて、代表的と思われる株に注目し、一定の長さごとに幅を計測することにより面積を求めた。次にその株をすべて刈り取り、湿重量及び乾燥重量を求めた。これらの結果及び元素濃度分析結果から、それぞれの種類について単位面積当たりのTC, TN, TPの固定量を算出した。結果を表4に示す。

水生植物によるTC, TN, TPの固定量は、表4に示されるこれら元素の植物面積当たりの重量と、植物の占有面積(表2に示すような占有率*1に河川面積を乗じることにより得られる)の積として求めることができる。一例として、植生調査を行ったミクリ域、アイノコイトモ、ミクリ域及びアイノコイトモ、オオカナダモ域について、河川1000㎡(川幅5m×距離200m)当たりの各水生植物に含まれる各元素の重量を求めた。結果を表5に示す。

表4 神田川における代表的水生植物の単位面積当たりのTC, TN, TP固定量

種 類	ナガエミクリ		アイノコイトモ		オオカナダモ
	みすぎ橋上流	同 左	同 左	同 左	新八幡橋下流
採取 地 点	89.11.08				
採 取 年 月 日	89.11.10				
生育地点の水深 (cm)	19	11	16	18	21
最大長さ (cm)	130	120	115	110	153
最大幅 (cm)	70	38	23	35	25
対象株の面積 (cm ²)	7830	3270	1610	2200	2470
湿重量 (g)	1343	452	42	124	566
含水率 (%)	91.0	93.9	90.0	90.5	94.3
湿重量/面積 (g/㎡)	1715	1382	261	564	2291
乾重量/面積 (g/㎡)	154	84	26	54	131
同上 (平均)	119		40		131
TC / 面積 (g/㎡)	50		15		45
TN / 面積 (g/㎡)	4.9		1.2		5.1
TP / 面積 (g/㎡)	0.40		0.19		1.3

表5 神田川における代表的水生植物による栄養塩類固定量試算結果

調 査 域	種 類	TC	TN	TP
		(g/1000㎡)	(g/1000㎡)	(g/1000㎡)
余水吐	ナガエミクリ	27650	2710	221
	アイノコイトモ	195	16	2
神田橋	計	27845	2726	223
神田橋	ナガエミクリ	29050	2847	232
	アイノコイトモ	930	74	12
みすぎ橋	計	29980	2921	244
やなぎ橋	アイノコイトモ	8985	719	114
	ナガエミクリ	10700	1049	86
あづま橋	計	19685	1768	200
新八幡橋	オオカナダモ	12330	1397	356
	アイノコイトモ	2415	193	31
睦 橋	計	14745	1590	387

上流のミクリ域では、TC及びTNの固定量が多くなっている。ナガエミクリは抽水性の植物で葉を水面より上方に長く延しているため、単位面積当たりの有機物量、すなわちTCがアイノコイトモやオオカナダモなどの沈水性のものより際立って大きくなるのであろう。一方、アイノコイトモ、オオカナダモ域ではTCの固定量は他の区域に比べて最も少ないものの、TPについては他の区域の1.5倍以上の固定量である。やはり、オオカナダモのTP固定への寄与の大きさが反映された結果であろう。

杉並区内の神田川では、夏期に数回の藻刈り（繁茂した水草の刈り取り）が行われている。これは、水草が増えすぎると水の流れが滞ったり、ゴミなどが引掛かって見苦しくなったりするのを防ぐことが主な目的である。しかし、藻刈りは、河川からの栄養塩類除去としての役割を果たしていると考えられる。とくに、オオカナダモについては富栄養化の元凶ともいえるTPの固定量が多く、この目的から見ると非常に優れた種類と考えられる。

水生植物の栄養塩類の除去効果は、以上のように明らかであるが、その効率については、水質との関係から評価する必要がある。神田川の水質のうち、オオカナダモ、アイノコイトモ域の最上流部に当たる乙女橋のデータが、杉並区によって報告されている。乙女橋におけるTN、TPの年間の平均値（昭和62年度）は、それぞれ8.6及び0.72mg/lとなっている。また、乙女橋の下流150mにある堂の下橋付近の流量は、0.28～0.39m³/秒とされている。簡略化のため流量を0.3m³/秒と仮定して1秒間に流下するTN、TPの重量を計算すると、それぞれ2.6及び0.22g/秒となる。この区域1,000m²のオオカナダモやアイノコイトモに含まれるTN、TPは、表5からそれぞれ1,590及び387gである。これらの値を水中のTN、TPの流下速度で割算すれば、611及び1,760秒が得られる。すなわち、この区域1,000m²に生育している水生植物中のTN、TPの総量は、それぞれ僅か10及び30分間に流下する河川水中のTN、TP量に相当するに過ぎないことがわかる。乙女橋は玉川上水の流入地点よりも下流に位置しており、TN、TPともに高くなっている。そこで仮に玉川上水流入より上流の宮下橋（みすぎ橋より279m下流）における水質データから、同様の計算を行ってみると、TN、TPについてそれぞれ20及び130分間の流下量に相当することになった。ただし、玉川上水の流入量は

8,000m³/日、すなわち、約0.1m³/秒であるから、河川水量は0.2m³/秒として計算した。いずれにせよ、水生植物を河川環境からのTN、TP除去の主たる担い手となり得るかを考えた場合、少なくとも現在の生育量では、これらの除去効率の期待値はある程度限られたものであると判断される。

このように効率的には優れてはいないものの、水生植物は河川環境からのTN、TPなどの除去に貢献していることが明らかにされた。また、水生植物は、それ自身水辺の景観を豊かにし、魚類等、他の水生生物の生育環境を守るといった重要な役割も持っている。さらに、水質の変化によって生育する種類、量に変化する等、水質の指標ともなり得る。都市河川に生育する水生植物については、これらの点も含めて総合的に評価していくことが必要であろう。

4 ま と め

① 神田川の上流域では、14種類もの水生植物の生育が確認された。

② 神田川は、河床構造及び水生植物の生育状況から、4区域に分類された。

③ ナガエミクリ、アイノコイトモ、オオカナダモについて、TC、TN及びTP濃度を分析し、植生調査結果と合わせて、これら元素の固定量を算定したところ、ナガエミクリはTCの固定量が多く（50g-TC/m²）、またオオカナダモはTPの固定量が多い（1.3g-TP/m²）ことが明らかになった。

④ 河川水中のTN、TP量との比較から、水生植物によるこれら栄養塩類の除去量は、全流下量のごく一部であることが試算された。

なお、本研究に当たり、水生植物の同定その他に関して懇切丁寧な御指導をいただいた、淑徳短期大学講師大滝末男氏、及びとくにアイノコイトモについて多くの情報を提供していただいた、千葉県立博物館赤井裕氏に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) 渡辺真利代、松本浩一：都内陸水の生活環境に関する調査研究（第3報）善福寺川における水草の生育状況、東京衛研年報、28、p.285～290、(1977)。
- 2) 渡辺真利代、松本浩一：都内陸水の生活環境に関

- する調査研究（第4報）水草の分解及びそれが環境水域に及ぼす影響，東京衛研年報，28,p.291～295(1977).
- 3) 大滝末男：水の汚染を知る（エビモ，オランダガラシ），指標生物，日本自然保護協会，p.184～191，(1985).
 - 4) 中田 勝：生物指標としての水草，横浜市公害研究所公害研資料1688 水域生物指標に関する研究報告,p.127～146(1989).
 - 5) 大滝末男，石戸 忠：日本水生植物図鑑，北隆館，(1980).
 - 6) 角野康郎：ヒルムシロ属の適応放散Ⅰ，日本の生物，2，10 p.21～25(1988).
 - 7) 角野康郎：ヒルムシロ属の適応放散Ⅱ，日本の生物，2，11 p.21～25(1988).
 - 8) 赤井 裕（千葉県立中央博物館）：私信.
 - 9) 杉並区環境公害部：杉並区河川の生物 河川生物調査報告書 昭和58年3月，p.50～51(1983).
 - 10) 東京都杉並区都市環境部環境保全課：杉並の環境保全62，(1988).