

富栄養湖周辺域におけるユスリカ成虫の 休息場所としての沿岸植生の役割

平 林 公 男* 中 本 信 忠*

Role of Waterfront Vegetation as Resting Place for Chironomid Midges (Diptera) around a Hyper-eutrophic Lake

Kimio HIRABAYASHI* and Nobutada NAKAMOTO*

* Department of Applied Biology, Faculty of Textile Science & Technology, Shinshu University, 3-15-1, Tokida, Ueda, Nagano, 386-8567 Japan

Abstract

To clarify the role of waterfront vegetation for Chironomid midges and make it useful for control countermeasures, an investigation of the number of chironomid midges resting on each form of vegetation and how they use *Phragmites australis* was conducted on massively breeding *Chironomus plumosus* and *Einfeldia dissidens*. As a result, significant differences were observed in the number of resting chironomid midges according to the type of chironomid and vegetation. Chironomid midges rested on *Melilotus alba* with the highest density. As for *C. plumosus*, many chironomid midges tended to rest on plants which had many leaves per unit stem length. About 70% of chironomid midges which flew to *P. australis* stuck to the leaves. The difference in numbers was not significant for either side of the leaves. In light of the above, the fact that such varied forms of vegetation exist in the shoreline area would mean that the chironomid midges may avail themselves of all kinds of resting places of the kind. In addition, it was thought that were a larger vegetation area to be secured along a lake waterfront, these midges could effectively provide a buffer zone between human living space and their own habitats.

Key words : Chironomidae, midge, resting place, vegetation, waterfront

1. はじめに

水質汚濁の進んだ水域周辺では、全国各地でユスリカ成虫の大量発生が社会問題化している^{1,2)}。ユスリカ成虫は蚊に似ているが、吸血したり伝染病を媒介したりはしない³⁾。しかし、季節的に異常多発現象がみられるために、周辺住民からは不快昆虫として嫌われている^{4,5)}。また、近年では成虫の死骸が大量の微粒子となって空气中に漂い、それを吸入することによる喘息が報告され、早急にその対策が求められている⁶⁻⁹⁾。発生場所が比較的狭い下水処理場、人工池、泉水、養鰻池、小規模都市河川などでは、これまで殺虫剤を用いた化学的防除が行われ、成虫発生の制御が可能であった^{10,11)}。しかし、近年、薬剤抵抗性獲得の問題や他生物種への影響などが懸念され、化学的防除についての見直しが迫られつつある¹²⁾。こうした中で、天敵生物を用いた生物防除¹³⁻¹⁸⁾や光や音などを利用した物理的防除¹⁹⁻²⁴⁾に注目が集まっている。

ユスリカ類は水界生態系の中で主要な構成員であり、生産層より沈降する堆積有機物の分解や、detritus food-chainにおける二次生産者としての役割、羽化に伴う水

界外への有機物の除去など物質循環における重要な役割を果たしている^{25,26)}。こうした観点から、対象地域からの「ユスリカ類の撲滅」という視点から「ユスリカ類との共存」という考えに移行していく必要がある²⁷⁾。本研究では、これまであまり注目されてこなかった既存生態系内の他生物の機能や構造を積極的に利用し、これをユスリカ防除対策に応用しようという試みである。

諏訪湖では、オオユスリカ (*Chironomus plumosus* L.) とアカムシユスリカ (*Prosilocerus akamusi* Tokunaga) がそれぞれ年3回と年1回、湖から大量発生し^{28,29)}、周辺住民・観光客などから不快昆虫として嫌われている³⁰⁾。また近年では、初夏から初秋にかけて水深2 m以浅の砂地からクロユスリカ (*Einfeldia dissidens* Walker) が大量発生し³¹⁾、新たな社会問題となっている。平林ら³²⁾は諏訪湖周辺域におけるユスリカ成虫大量飛来の一要因として、水圏と人間行動圏との間の緩衝帯 (エコトーン) が近年激減し、ユスリカと人との生活圏が重なったことを指摘している。これを踏まえ、防除対策の一つとして、緩衝帯としての水草帯の形成や公園などの緑地帯の面積を広く確保するなどの方策を提案してい

* 信州大学繊維学部応用生物科学科 〒386-8567 長野県上田市常田3-15-1

る。

本研究では、ユスリカ成虫にとっての沿岸植生の果たす役割を明らかにし、緩衝帯（湖から発生する成虫の休息場所＝トラップ帯）としての構造を利用して、ユスリカ成虫防除対策に役立てることを目的としている。ユスリカ成虫の休息しやすい植物の構造を明らかにし、湖沿岸域にそうした特徴を持つ植生帯（湖岸緑地）を形成し、湖周辺地域への成虫の飛来量を減少させようとするものである。本報告ではその第一のステップとして、湖から定期的に大量発生するオオユスリカとクロユスリカ成虫について、(1)植物群落ごとに休息している成虫数を調査し、成虫の休息習性をユスリカの種ごとに明らかにすること。(2)代表的な沿岸植物であるヨシに注目し、ユスリカ成虫の植物体の利用法について検討することを目標とした。

2. 諏訪湖概要

諏訪湖は長野県の中央に位置し、湖面の標高が759m、面積13.3km²、最大水深6.5mの断層湖である。湖の周囲は諏訪市、岡谷市、下諏訪町の3市町に取り囲まれ、湖岸近くまで人家や観光施設が迫っている。1960年代後半から1980年代初めにかけて、湖全周にわたって沿岸域の浚渫と護岸工事が行われ、湖と陸地との緩衝帯の役割を果たしていた沿岸植物群落はほとんど姿を消した^{33,34} (Fig. 1)。

近年、長野県³⁵は諏訪湖に係わる水質保全計画を発表し、「21世紀の美しい諏訪湖をめざして」と題し、護岸工事のためにこれまでコンクリートで固められた湖岸を一部破壊し、近自然工法による親水護岸形成を目的に自然に近い形態の湖岸・沿岸帯の修復・再生に力を入れている。

3. 調査方法

調査は1999年5月下旬から6月上旬の晴天時に行った。この期間は、オオユスリカとクロユスリカの発生最盛期にあたる。対象種に選択したオオユスリカは湿重量 5.1 ± 0.9 mg；平均 \pm SE（♂ 4.7 ± 0.6 mg, ♀ 5.7 ± 0.9 mg）の大型種で、クロユスリカは 1.2 ± 0.4 mg（♂ 1.0 ± 0.1 mg, ♀ 1.6 ± 0.8 mg）の比較的小型種である。調査場所は諏訪湖東岸の湖畔公園周辺で、人為的に植えられた植物群落6種類と二次的にその地域に侵入してきた6種

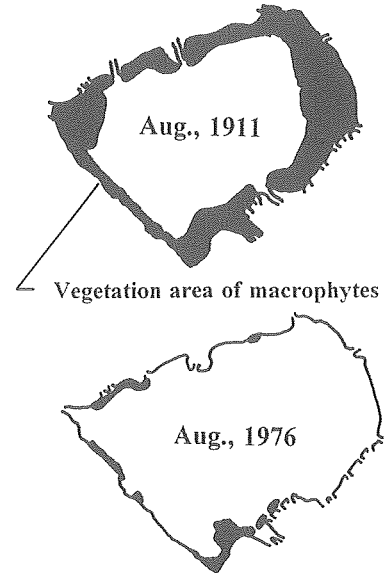


Fig. 1 Change in vegetation area of macrophytes in Lake Suwa³⁴.

類の植物群落を対象に行った (Fig. 2)。人為的に植えられた植物群落は湖岸植生回復のために、1997年から植えられたもので、タニウツギ (*Weigela hortensis* K. Koch.), イヌコリヤナギ (*Salix integra* Thunb.), ヨシ (*Phragmites australis* (Cav.) Trin.), ヤマブキ (*Kerria japonica* DC.), ユキヤナギ (*Spiraea thunbergii* Sieb.), シバ (*Zoysia japonica* Steud.) などの群落である。一方、ムラサキツメクサ (*Trifolium pratense* L.), イヌムギ (*Bromus catharticus* Vahl), カモガヤ (*Dactylis glomerata* L.), シロバナシナガワハギ (*Melilotus alba* Medic.), シロツメクサ (*Trifolium repens* L.), ヨモギ (*Artemisia princeps* Pamp.) などは、ここ数年で二次的に侵入してきた群落である。調査対象とした植物群落は何れも湖岸からの距離が20m以内のものとした。なお、対照として砂利地（砂利径、約3-5 cm）と裸地についても調査を行った。

Fig. 3に調査対象地の南端に位置する地点 (St. 1) の植生概要を示した。また、Table 1にはその主な植物群落と調査時における群落の平均高、群落の面積、St. 1全体に占める群落の割合（被度）を示した。St. 1の全面積は約1470m²あり、優占種はシバとヨシで、全体に占める割

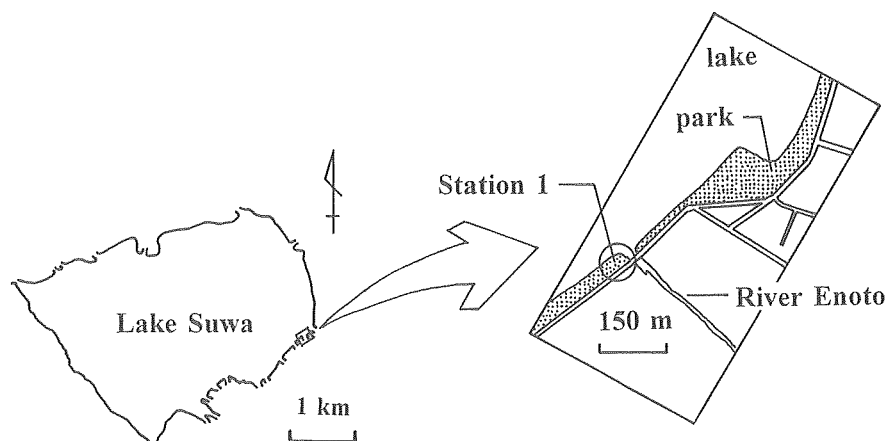


Fig. 2 Map showing the sampling area along the shoreline of Lake Suwa.

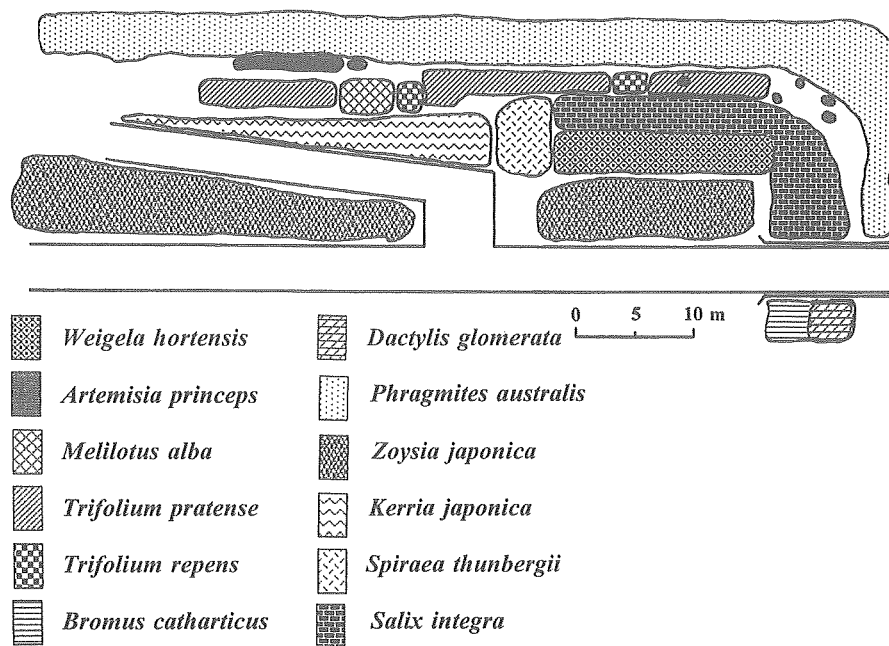


Fig. 3 The vegetation map at Station 1 as of in June, 1999.

Table 1 Plant community and measure of vegetation (height, vegetation area and cover degree) at Station 1.

Name of plants family name species	Height (cm)	Area (m ²)	Cover degree (%)
Caprifoliaceae			
* <i>Weigela hortensis</i>	180	67	4.6
Compositae			
<i>Artemisia princeps</i>	65	24	1.6
Leguminosae			
<i>Melilotus alba</i>	60	14	1.0
<i>Trifolium pratense</i>	38	28	1.9
<i>Trifolium repens</i>	24	11	0.7
Poaceae			
<i>Bromus catharticus</i>	92	14	1.0
<i>Dactylis glomerata</i>	105	14	1.0
* <i>Phragmites australis</i>	141	349	23.7
<i>Zoysia japonica</i>	6	358	24.4
Rosaceae			
* <i>Kerria japonica</i>	75	79	5.4
* <i>Spiraea thunbergii</i>	88	31	2.1
Salicaceae			
* <i>Salix integra</i>	248	123	8.4
Others (footpath, etc.)		358	24.2
Total	—	1470	100

* artificially

合は各々24.4, 23.7%であった。また、二次的に侵入してきた植物群落は何れも1-2%前後であった。

3.1 植物群落の種類とユスリカ成虫休息数

平林ら³⁶⁾によると、アカムシユスリカの場合、休息成虫数の密度が最も高いのは日の出前後であるとの報告がなされている。本調査では、成虫採集時間を早朝の5-7時の間とした。調査期間中の日の出時刻は4:30-4:40であった。採集には直径93cm(底面積0.68m²)、高さ170cmの円筒形ネット(メッシュサイズ1mm、底部は開口)を用い、各植物群落にネットを被せ、そこに休息していたユスリカ成虫をネット内に追い出し、吸虫管で捕獲して種類毎に数を測定した。1植物種について最低5回の繰り返しを行った。また、異なった場所にある同一種の

植物群落を対象とすることにより、場所による違いを無くすように心がけた。調査対象とした植物群落の外観の特徴を明らかにするために、St.1において茎単位長さあたりの葉面積、茎単位長さあたりの葉数、葉1枚あたりの葉面積を植物ごとに算出した。

データの解析には、統計プログラム・パッケージ(NAP, Ver. 4.0, 医学書院)を用い、群落間でのユスリカ成虫の休息数の検定には、ANOVA, ならびに Tukeyの方法による平均値の多重比較を行った。

3.2 ユスリカ成虫のヨシ植物体の利用法

現在、諏訪湖で積極的に植栽が行われ、また、沿岸域における植生の面積が最も広い抽水植物であるヨシについて、調査地点の群落内の様々な地点から11個体を無作為に抽出し、早朝7時に植物体全体に粘着剤(Polyolefin)を塗布した(金竜スプレー®, マルゼン化工㈱)。調査に用いたヨシは、平均高129.4±11.6cm、葉数5.0±0.6、葉面積586.3±123.8cm²、茎面積325.0±29.0cm²であった。24時間後に根本より回収し、実験室に持ち帰り、葉、茎ごとに付着していたユスリカ成虫の種類と数を計測した。また、葉についてはユスリカ成虫の付着部位を詳細に知るために、全個体について葉の裏と表についてスケッチを行った。

4. 結 果

4.1 植物群落の特徴

Fig. 4に調査対象植物ごとに、茎単位長さあたりの葉面積、茎単位長さあたりの葉数、葉1枚あたりの平均葉面積を示した。茎単位長さあたりの葉面積が広いものは、タニウツギ、ヨモギ、イヌコリヤナギ、ヨシの順であった。一方、葉数が多かったのは、ユキヤナギ、シロバナシナガワハギ、イヌコリヤナギの順で、シバ、イヌムギ、カモガヤ、ヨシなどのイネ科の植物は少なかった。茎単位長さあたりの葉面積を葉数で割った葉1枚あたりの葉面積は、ヨシ、シロツメクサ、イヌムギ、ヨモギの順で広がった。

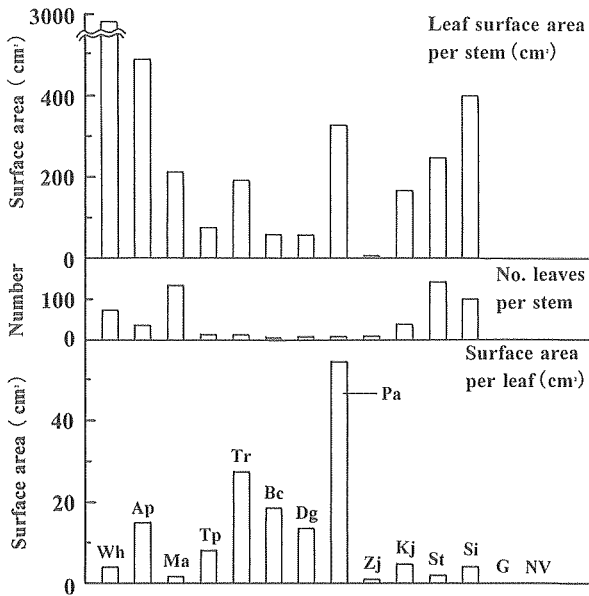


Fig. 4 Characteristics of plants investigated (No. leaves per stem, leaf surface area per stem and surface area per leaf).

Wh: *Weigela hortensis*, Ap: *Artemisia princeps*, Ma: *Melilotus alba*, Tp: *Trifolium pratense*, Tr: *Trifolium repens*, Bc: *Bromus catharticus*, Dg: *Dactylis glomerata*, Pa: *Phragmites australis*, Zj: *Zoysia japonica*, Kj: *Kerria japonica*, St: *Spiraea thunbergii*, Si: *Salix integra*, G: Gravel, NV: No vegetations.

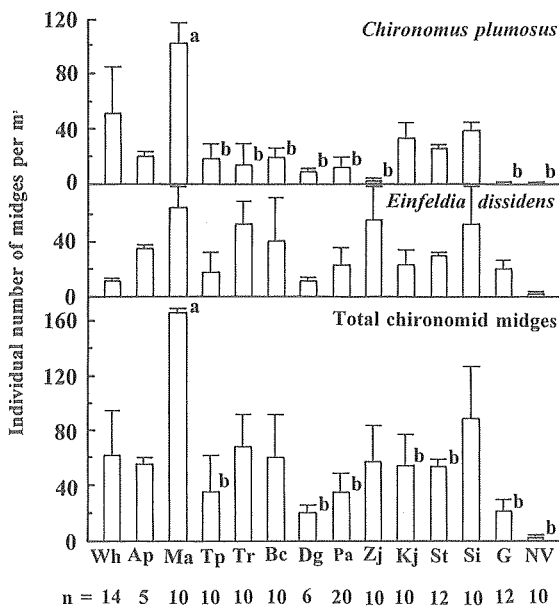


Fig. 5 The number of chironomid midges resting on each vegetation.

Mean ± S. E., n: sampl number, The difference in the number of resting midges was significant between a and b ($p < 0.05$), Wh: *Weigela hortensis*, Ap: *Artemisia princeps*, Ma: *Melilotus alba*, Tp: *Trifolium pratense*, Tr: *Trifolium repens*, Bc: *Bromus catharticus*, Dg: *Dactylis glomerata*, Pa: *Phragmites australis*, Zj: *Zoysia japonica*, Kj: *Kerria japonica*, St: *Spiraea thunbergii*, Si: *Salix integra*, G: Gravel, NV: No vegetations.

4.2 植物群落の種類とユスリカ成虫休息数

Fig. 5 に調査対象とした12の植物群落と砂利地、裸地に休息していたユスリカ成虫数を種類ごとに示した。まず、合計のユスリカ成虫休息数では、シロバナシナガワハギが最も多く 165.4 ± 2.2 匹・ m^{-2} にも及んだ。次いでイヌコリヤナギ, シロツメクサ, タニウツギの順であった。シロバナシナガワハギへの成虫休息数はムラサキツメクサ, カモガヤ, ヨシ, ヤマブキ, ユキヤナギ, 砂利地, 裸地への休息数と比較して, 有意に多かった ($p < 0.05$, Tukey 法による平均値の多重比較)。さらにユスリカ種ごとに注目してみると, シロバナシナガワハギでオオユスリカ, クロユスリカともに最も休息数が多かった。次いで, オオユスリカではタニウツギ, イヌコリヤナギ, ヤマブキの順であった。シロバナシナガワハギへの休息数はムラサキツメクサ, シロツメクサ, イヌムギ, カモガヤ, ヨシ, シバ, 砂利地, 裸地への休息数と比較して有意に多かった ($p < 0.05$, Tukey 法による平均値の多重比較)。一方, クロユスリカではシロバナシナガワハギに次いでシバ, シロツメクサ, イヌコリヤナギと群落ごとに休息個体数は異なったが, 全体として平均値に有意な差が認められなかった ($F_{13,135} = 1.40$, $P = 0.17$, ANOVA)。各植物群落におけるオオユスリカとクロユスリカの休息個体数間の相関係数は0.0037であり, ユスリカ種の違いによって, 植物群落ごとに休息数に大きな違いが認められた。

Table 2 はユスリカ成虫の休息数と群落の高さ, 茎単位長さあたりの葉数や葉面積, 葉1枚あたりの葉面積との相関係数を示した。茎単位長さあたりの葉数とユスリカ全体の休息数, ならびにオオユスリカの休息数との間に高い相関関係が認められ(各々0.76), 茎の単位長さあたりの葉数が多い植物群落ほど, 休息成虫数が多い傾向

Table 2 Correlation between plant characteristics and number of resting chironomid midges.

	Number of resting chironomid midges		
	<i>C. plumosus</i>	<i>E. dissidens</i>	Total number
Height	0.34	0.02	0.24
No. leaves per stem	0.76	0.48	0.76
Leaf surface area per stem	0.44	-0.18	0.12
Surface area per leaf	-0.21	0.02	-0.13

Table 3 The number of chironomid midges attached to *Phragmites australis* during 24 hours.

	<i>C. plumosus</i>	<i>E. dissidens</i>	Total number
No. attached midges per <i>P. australis</i> (♂ & ♀)	67.5 ± 58.9 (51.8, 15.7)	213.3 ± 104.6 (154.7, 58.5)	280.8 ± 139.2 (206.5, 74.2)
No. attached midges per total surface area of <i>P. australis</i> (No. · m^{-2})	742 ± 646	2331 ± 1139	3052 ± 1517
No. midges attached to leaf surfaces (both side) per total surface area	43.8 ± 39.0 (63.3 %)	161.5 ± 159.8 (75.2 %)	205.3 ± 204.8 (72.6 %)
No. midges attached to leaf surface (upper side) per leaf both sides	22.5 ± 20.4 (52.6 %)	96.4 ± 95.4 (60.0 %)	118.9 ± 118.3 (58.0 %)

n = 11, mean ± SE



Fig. 6 Chironomid midges attached to sticky leaves of *Phragmites australis* during 24 hours.

を示した。

植物分類群(イネ科, マメ科, バラ科など)に注目し, ユスリカ成虫の休息パターンを解析したが, 本研究で注目した12種類については, 明確な傾向は認められなかった。

4.3 ユスリカ成虫のヨシ植物体の利用法

24時間にヨシ1本あたりに付着したユスリカ類の結果をTable 3に示した。オオユスリカは平均 67.5 ± 56.4 匹, クロユスリカは 213.3 ± 104.6 匹で, 両者合計で 280.8 ± 139.2 匹であった。オオユスリカ, クロユスリカともに, 葉に付着する割合が高く, 全付着数の72.6%の成虫が葉に付着していた。また, 葉の表裏について検討したところ, 晴天時においては, 58.0%の成虫が葉の表側に付着していた。Fig. 6には, 葉における成虫の付着状況を示した。表裏とも, 葉の基部・先端部に多くの成虫が付着しており, 中央部にはあまり付着していなかった。また, オオユスリカとクロユスリカとで, 付着位置に大きな違いは認められなかった。全ての葉について同様のスケッチを行ったが, どの位置の葉についても付着パターンには大きな変化は認められなかった。

5. 考 察

水生生物にとって湖周辺域におけるエコトーンの役割は大きい³⁷⁾。また, 湖沼の主要構成種の一つであるユスリカ類にとっても, 湖沿岸の植物帯の果たす役割は大きい³⁸⁾。Hirabayashi & Watanabe³⁹⁾は, 河口湖で自然度の高い湖岸と人工湖岸でユスリカ成虫の飛来量を比較し

Table 4 Estimated number of resting chironomid midges at Station 1.

Condition	Estimation of individual number per 1470 m ²		
	<i>C. plumosus</i>	<i>E. dissidens</i>	Total number
Present (12 species mixed)	18,000	42,000	60,000
Imaginary vegetation			
<i>Melilotus alba</i> (only)	148,000	95,000	243,000
<i>Zoysia japonica</i> (only)	2,000	83,000	85,000
<i>Phragmites australis</i> (only)	17,000	34,000	52,000
Gravel only	500	31,000	31,500
No vegetation	500	1,800	2,300

ている。湖からの成虫発生量がほぼ同じでも, 人工湖岸の方が自然度の高い湖岸よりも飛来量が多いことを報告している。この原因として, 水草帯の発達状況や, 湖岸周辺の植生の有無が, 成虫飛来量に大きく影響を及ぼしていると考察している。

これまで, 湖沼水域内の水生植物とユスリカ幼虫との関係については, いくつかの報告がなされているが⁴⁰⁾, ユスリカ成虫と水辺の陸上植物との関係については, ほとんど報告がなされていない。本報告では, ユスリカ成虫防除対策の一環として, 成虫にとっての沿岸植生の果たす役割を明らかにするために, 植物群落の種類ごとの休息成虫数やヨシ群落を例に休息部位について調査・検討を行った。その結果, 成虫休息数はユスリカの種によって植物群落ごとに大きな差が認められ, また, オオユスリカの場合には, 茎単位長さあたりの葉数の多い植物に数多く休息する傾向が認められた。植物分類群ごとのユスリカ成虫の休息パターンについては, 明確な傾向は認められなかった。今後, さらに多くの植物種を対象に, 調査を行っていく必要があると思われる。

Fig. 5の結果をもとに, St. 1全体(1,470m²)におけるユスリカ成虫休息数を推定した(Table 4)。現状の12種では, オオユスリカの場合, 約18,000匹, クロユスリカで約42,000匹, 合計で約60,000匹のユスリカ成虫が休息し得ると推計された。仮にSt. 1全体の植生がシロバナシナガワハギの群落であったとすると, 現状の約4倍の243,000匹が休息し得るものと推定された。一方, 裸地であれば2,300匹程度の休息個体しか期待できないが, 砂利地であれば31,500匹のユスリカ成虫が休息可能であると推定される。とくに, クロユスリカのような小型のユスリカ類にとっては砂利地でも有効な休息場所となり得る可能性が示唆された。オオユスリカの場合, 諏訪湖湖底には平均約500匹・m⁻²の幼虫が生息し, そのうちの約25%²⁹⁾(125匹・m⁻²)が湖面から成虫となって羽化することが知られている。諏訪湖全体では 1.66×10^9 匹のオオユスリカ成虫が発生する計算となる。しかし, ユスリカ成虫の飛翔距離は約500mと見積もられているので⁴⁾, 湖岸線より500m沖の湖底までの面積(諏訪湖を同心円と仮定すると5.66km²と推定)から発生する成虫が, 湖岸に飛来するものと考えられる(推定 7.07×10^8 匹)。シロバナシナガワハギの場合, オオユスリカの休息数が約100匹・m⁻²であるので, 湖岸へ飛来した成虫を全て休息させるためには約7km²の面積のシロバナシナガワハギの純群落が必要であると思われる。この広さは, 諏訪湖の面積の約半分にあたる。諏訪湖の湖岸線長が17kmである

ので、計算上約400mの幅で緑地帯が湖を取り囲む構造が必要となってくる。しかし実際には、羽化した成虫は鳥やクモなどの天敵生物に捕食されたり、風向きなどで成虫の飛来量は大きく異なる。また、人々が不快と感じない程度の飛来量まで落とすことを目標とすれば、400mよりもかなり狭い幅の緑地帯で十分に効果は現れてくるものと思われる。

沿岸植物の多くは、季節と共にその群落構造を変化させていく。諏訪湖周辺では、シロバナシナガワハギは5月中旬に急速に成長し始め、11月中旬には地上部を枯らしてしまう。また、ヨシも5月中旬から急速に伸長し始め、6月下旬から7月上旬にかけて葉の展開が進み、葉面積も拡大していく。これらのことは、植物の成長段階によって、ユスリカ成虫の休息場所としての利用価値が、季節的に変化していることを示唆している。以上のことから、ユスリカ対策上重要なことは、成虫が大量発生する時期に、発生源近くに休息場所として好まれる特徴を持つ植物群落が幅広く存在することにあると思われる。

本研究の成果は、下水処理場や親水公園・エコパーク内の人工池、泉水、養鱒池や小規模都市河川などの周辺で起こっているユスリカ問題を解決するために、周辺整備の一環として、植物種の選定やその構造、その効果などについて応用できるものと思われる。

ユスリカ成虫の沿岸植生の主な利用法としては、(1)植物体上を交配の場として利用⁴¹⁾、(2)群飛(蚊柱)形成のマーカースとして利用⁴²⁾、(3)植物体を産卵の場、または、産卵のための補助(茎や葉などにつかまる)として利用⁴³⁾していることが知られている。本研究により、以上の点に加え、ユスリカ成虫の重要な休止・休息の場として利用されていることが明らかとなった。

一般的に自然状態が維持された水域の周辺部は、複数の環境要素が重なるために、生き物にとって、様々な生活の場が提供されている⁴⁴⁾。沿岸域における植物群も異なる生活型と機能、構造を持つものが多種・多様に混在することが望ましい⁴⁵⁾。ユスリカ成虫も様々な種が異なった時期に水域から発生してくる。沿岸域に多様な形態の植物群落が存在することは、ユスリカ類にとっても、様々なタイプの休息場所が提供されること(質的な提供)を意味しており、植物群落の生育場所が湖岸より幅広く確保されるほど(量的な提供)、人とユスリカとの緩衝帯としての役割も大きくなるものと考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、以下の方々に大変お世話になりました。この場をお借りして御礼を申し上げます。武田昌昭技官、安藤誠氏、齋藤春香氏、ほか信州大学繊維学部応用生物科学科応用生態学講座諸氏、ならびに、花里孝幸教授、小河原誠氏、ほか信州大学理学部附属諏訪湖実験所諸氏。

(原稿受付 2000年4月27日)

(原稿受理 2000年8月4日)

文 献

- 1) 村主節夫, 原田正和(1989)ユスリカ発生に関する全国アンケート調査, 衛生動物学会誌, 40, 227.
- 2) Tabaru, Y., Moriya, K. and Ali, A. (1987) Nuisance midges (Diptera: Chironomidae) and their control in Japan, *Journal of American Mosquito Control Association*, 3, 45-48.

- 3) 佐々学 (1988) ユスリカ類研究の現状と将来への期待, 遺伝, 42(10), 2-3.
- 4) 平林公男 (1991a) 諏訪湖地域における“迷惑昆虫”ユスリカの大発生とその防除対策: 第1報 アカムシユスリカ (*Tokunagayusurika akamusi*) 成虫大量飛来, 日本衛生学会誌, 46, 652-661.
- 5) 平林公男 (1991b) 諏訪湖地域における“迷惑昆虫”ユスリカの大発生とその防除対策: 第2報 ユスリカ問題に対する住民意識構造とその数量化の試み, 日本衛生学会誌, 46, 662-675.
- 6) 佐々学 (1984) 吸入抗原としてのダニとユスリカの諸問題, アレルギア, 13, 1-7.
- 7) 村上巧啓, 五十嵐隆夫, 佐伯陽子, 足立雄一, 松野正知, 岡田敏夫, 河合幸一郎, 熊谷朗, 佐々学 (1986) ユスリカ喘息に関する研究, アレルギア, 35, 395-401.
- 8) Cranston, P. S. (1995) Medical significance. In “The Chironomidae—Biology and Ecology of Non-biting midges—” (Eds. P. D. Armitage, P. S. Cranston, L. C. V. Pinder), pp. 365-384, Chapman & Hall, London.
- 9) Hirabayashi, K., Kubo, K., Yamaguchi, S., Fujimoto, K., Murakami, G. and Nasu, Y. (1997) Studies of bronchial asthma induced by chironomid midges (Diptera) around a hyper-eutrophic lake in Japan, *Allergy*, 52, 188-195.
- 10) Ali, A. (1980) Nuisance Chironomids and their control: a review. *Bulletin of Entomology of Society of America*, 26, 3-16.
- 11) 田原雄一郎 (1986) ユスリカの化学的防除に関する諸問題, 生活と環境, 31, 55-61.
- 12) Ali, A. (1995) Nuisance, economic impact and possibilities for control. In “The Chironomidae—Biology and Ecology of Non-biting midges—” (Eds. P. D. Armitage, P. S. Cranston, L. C. V. Pinder), pp. 399-364, Chapman & Hall, London.
- 13) Hayne, D. W. and Ball, R. C. (1956) Benthic productivity as influenced by fish predation, *Limnology and Oceanography*, 1, 162-175.
- 14) Bay, E. C. and Anderson, L. D. (1967) Chironomid control by carp and goldfish. *Mosquito News*, 25, 310-316.
- 15) Hurlbert, S. H., Fedler, J. and Fiarbanks, D. (1972) Ecosystem alteration by mosquito fish (*Gambusia affinis*) predation, *Science*, 175, 639.
- 16) Legner, E. F. and Medved, R. A. (1973) Predation of mosquitoes and chironomid midges in ponds by *Tilapia zillii* (Gervais) and *T. missambica* (Peters) (Teleostei: Cichlidae), *Journal of the American Mosquito Control Association*, 41, 119-121.
- 17) Murray, D. W. (1976) Tilapia fish for midge control in a sewage treatment pond, *Journal of the American Mosquito Control Association*, 44, 122.
- 18) 平林公男 (1991c) 諏訪湖地域における“迷惑昆虫”ユスリカの大発生とその防除対策: 第3報 “迷惑昆虫”ユスリカの制御に関する若干の実験と防除対策の提言, 日本衛生学会誌, 46, 676-687.
- 19) Ali, A., Stafford, S. R., Fowler, R. C. and Stanley, B. H. (1984) Attraction of adult Chironomidae (Diptera) to incandescent light under laboratory condition. *Environmental Entomology*, 13, 1004-1009.
- 20) Ali, A., Stanley, B. H. and Chaudhuri, P. K. (1986) Attraction of some adult midges (Diptera: Chironomidae) of Florida to artificial light in the field, *Florida Entomology*, 69, 644-650.
- 21) Hirabayashi, K., Nakazato, R., Ohara, A. and Okino, T. (1993a) A study on phototaxis for adult chironomidae (Diptera) by artificial light in Lake Suwa: Response of adult chironomid midges to near ultraviolet and visible light, *Japanese Journal of Sanitary Zoology*, 44, 33-39.
- 22) Hirabayashi, K., Nakazato, R., Ohara, A. and Okino, T. (1993b) A study on phototaxis for adult chironomidae (Diptera) by artificial light in Lake Suwa: 2. Effect of the light trap intensity and interval of electric collecting-killing insect

- traps using near-ultraviolet radiation, *Japanese Journal of Sanitary Zoology*, **44**, 299-306.
- 23) 平林公男, 中里亮治, 沖野外輝夫 (1998) 強光を利用したユスリカ成虫防除に関する野外実験, *日本環境動物昆虫学会誌*, **9**, 8-15.
- 24) Hirabayashi, K. and Ogawa, K. (1999) Effects of artificial wingbeat sounds on capture of chironomid midges (Diptera: Chironomidae) in trap equipped with black light lamp, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **92**, 233-238.
- 25) 平出保, 沖野外輝夫 (1983) 諏訪湖湖内の有機物取支に及ぼすユスリカ類の影響, *諏訪湖集水域生態系研究*, **9**, 31-44.
- 26) 岩熊敏夫 (1990) 水源水域における底生動物の水質に及ぼす影響, *公害と対策*, **26**, 210-216.
- 27) 沖野外輝夫, 中里亮治, 平林公男 (1991) 諏訪湖のユスリカとその防除対策, *水*, **33**, 32-40.
- 28) Yamagishi, H. and Fukuhara, H. (1971) Ecological studies on Chironomids in Lake Suwa, 1. Population dynamics of two large Chironomids, *Chironomus plumosus* L. and *Spaniotoma akamusi* Tokunaga, *Oecologia*, **7**, 309-327.
- 29) Nakazato, R. and Hirabayashi, H. (1998) Effect of larvae density on temporal variation in life cycle patterns of *Chironomus plumosus* (L.) (Diptera: Chironomidae) in the profundal zone of eutrophic Lake Suwa during 1982-1995. *Japanese Journal of Limnology*, **59**, 13-26.
- 30) Hirabayashi, K. and Okino, T. (1998) Massive flight of chironomid midges (Diptera) as nuisance insects around a hyper-eutrophic lake in Japan: A questionnaire survey to tourists, *Journal of the Kansas Entomological Society*, **71**, 439-446.
- 31) Nakazato, R., Hirabayashi, H. and Okino, T. (1998) Abundance and seasonal trend of dominant chironomid adults and horizontal distribution of the larvae in eutrophic Lake Suwa, Japan. *Japanese Journal of Limnology*, **59**, 443-455.
- 32) 平林公男, 沖野外輝夫 (1999) 富栄養湖におけるユスリカ成虫大発生メカニズムとその防除対策, *水環境学会誌*, **22**, 359-364.
- 33) 沖野外輝夫, 林秀剛 (1978) 諏訪湖の水生植物と浚渫・埋立, *水温の研究*, **22**(1), 2-6.
- 34) 倉沢秀夫, 沖野外輝夫, 林秀剛 (1979) 諏訪湖大型水生植物の分布と現存量の変化, *諏訪湖集水域生態系研究*, **3**, 7-26.
- 35) 長野県 (1998) 21世紀の美しい諏訪湖をめざして; 諏訪湖に係る湖沼水質保全計画, 1-13pp.
- 36) 平林公男, 中里亮治, 那須裕, 沖野外輝夫, 村山忍三 (1992) ユスリカ成虫の生態に関する研究: 第一報 アカムシユスリカ成虫の休息習性について, *日本環境動物昆虫学会誌*, **4**, 71-77.
- 37) 亀山章・樋渡達也 (1993) 水辺のリハビリテーション, 230pp., ソフトサイエンス社, 東京.
- 38) Armitage, P. D. (1995) Behaviour and ecology of adults. In: *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges* (Eds., P. D. Armitage, P. S. Cranston and L. C. V. Pinder), pp. 194-224, Chapman & Hall, London.
- 39) Hirabayashi, K. and S. Watanabe (1996) Massive flight of Chironomid midges (Diptera) found on the shoreline of Lake Kawaguchi, Japan during the spring season, *Medical Entomology and Zoology*, **47**, 223-230.
- 40) Van der velde, G. and Hiddink, R. (1987) Chironomidae mining in *Nuphar lutea* (L.) Sm. (Nymphaeaceae). *Entomologica Scandinavica Supplement*, **29**, 255-264.
- 41) Otsuka, K., Kon, M. and Hidaka, T. (1986) Mating system of *Tokunagayusurika akamusi*. 2. Experimental analysis of male mating behaviour at the resting place. *Journal of Ethology*, **4**, 147-152.
- 42) LeSage, L. and Harrison, A. D. (1980) The biology of Cricotopus (Chironomidae: Orthocladinae) in an algal enriched stream: 1. Normal biology. *Archiv fur Hydrobiologie Supplementband*, **57**, 375-418.
- 43) Kon, M. (1987) The mating system of chironomid midges: a review, *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University (Series of Biology)*, **12**, 129-134.
- 44) 細見正明 (1999) エコトーン研究の意義と課題, *水環境学会誌*, **22**, 522-526.
- 45) 奥田重俊, 佐々木寧 (1996) 河川環境と水辺植物, 261pp., ソフトサイエンス社, 東京.