

多摩川におけるカワラバッタの分布状況と 生息地間ネットワークに関する研究

野村 康弘¹・倉本 宣²

¹農学 明治大学大学院 農学研究科(〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田1-1-1)

E-mail:cf40211@isc.meiji.ac.jp

²農博 明治大学教授 農学部農学科(〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田1-1-1)

本研究では多摩川に生息するカワラバッタについての分布状況と生息地間の移動に関して調べた。分布調査の結果、生息地が 39 ヶ所確認され、本種は多摩川において連続的に生息していることが確認された。標識再捕獲調査の結果、標識数 4641 匹のうち 85 匹が生息地間を移動していたことが確認された。また、総個体数と砂礫質河原面積には正の相関、移出率と砂礫質河原面積には負の相関があった。本種の通常起こりやすい移動距離を 300m とした buffer-1 と最大値の 810m の buffer-2 を各生息地に発生させたところ、本種の地域個体群が多摩川の河口から 52.6~53.2km 付近で大きく分断化されていることが推測された。本種の保全のためには分断化されている地域個体群のネットワークをつなげることが重要と考えられた。

Key Words : *emigrant, conservation, network, mark-release-recapture,*
Eusphingonotus japonicus

1.はじめに

現在、河原固有の生態系が河川敷の改修工事、種々の治水対策のための開発行為による攪乱様式の変化や、外来種の侵入等により衰退している。生物多様性の保全という観点から、河原をフィールドとした多くの保全生物学的な研究が行われているが^{1),2),3)}、河原固有の昆虫相における研究事例はほとんどないのが現状である。本研究対象種であるカワラバッタ *Eusphingonotus japonicus* (Saussure) は河原固有種の代表ともいえる昆虫である。しかし、本種は環境の改変に弱く、中流域に大きな河原が残るような河川にしか見られなくなっている⁴⁾。かつては多摩川、相模川、酒匂川に広く分布していたと考えられるが、減少は著しく、多摩川の神奈川県部分では絶滅し、相模川と酒匂川でも減少している⁵⁾。東京都では絶滅の危機が増大している種と選定されており⁶⁾、一刻も早い対策が求められている。先行研究では被植度の少ない砂礫地を好むと報告がされているが³⁾、それ以外の保全に関する情報は今のところない。

本種を保全するにあたって、個体数に関する情報が不正確であると、実際は絶滅の危険があるのに十分な保全が行われなかったり、絶滅の危険がないにも関わらず多大な保全努力を投入してしまうことになるので、正確な個体数を把握することが重要である⁷⁾。また、保全計画を効果的なものにするためには正確な個体群構造の情報が必要であり⁸⁾、ほとんどの種は複数個体群の形で存在するので、絶滅リ

スクはメタ個体群 (metapopulation) の単位を用いて評価する必要がある⁹⁾。

そこで、本研究では多摩川におけるカワラバッタの正確な個体群情報を得るために、分布状況および標識再捕獲法による個体数の推定、生息地間の移動について明らかにし、メタ個体群の観点から本種の保全について検討することとした。

2.研究方法

(1)分布調査

2004 年 5 月~7 月にかけて、多摩川の中流域を踏査し、カワラバッタの分布を把握した。調査地の選定は、空中写真や植生図から砂礫質河原の存在を読み取った。カワラバッタが生息する場所は、河原の端からジグザグに歩行し、個体を目視で確認し、10 匹以上確認した場所を大規模生息地、10 匹未満の場所を小規模生息地とした。カワラバッタが生息する・しない地域両方とも、その砂礫質河原の外周を GPS (DGPS, 機種: GeoExplorer3, Trimble 社) を用いて、測位した (得られた結果については以下、砂礫質河原面積とする)。本研究で砂礫質河原は表土の大部分が礫によって構成され、植被率が 25% 以下の場所と定義した。その環境での代表的な直翅類として、トノサマバッタ *Locusta migratoria* やクルマバッタモドキ *Oedaleus infernalis* などが生息していた。得られたデータを GIS ソフトの Arc View3.2a (Esri 社) を用いてデータ化し、国土地理院の「数値地図 2500 (空間デ

ータ基礎)東京-1」(1997年4月1日発行)のデータと重ね合わせた。

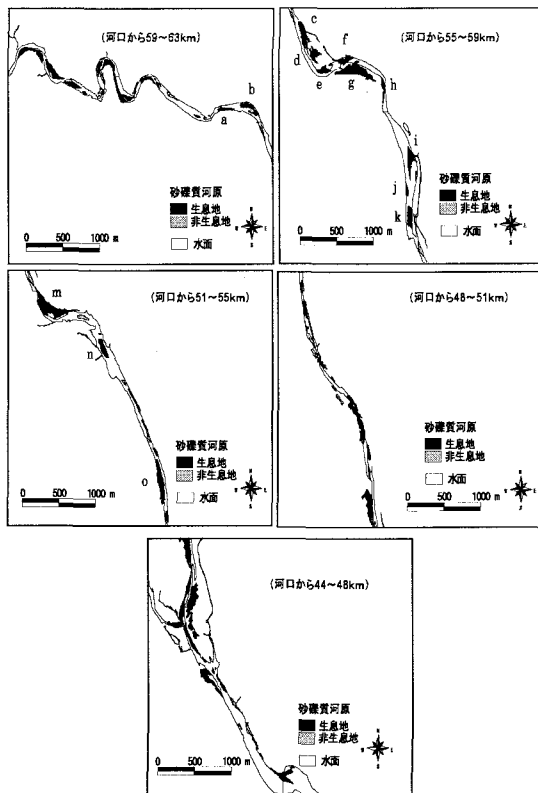


図-1 多摩川におけるカワラバッタの分布状況

GISソフトのArcView3.2a(Esri社)を用いて、国土地理院の「数値地図2500(空間データ基礎)東京-1」(1997年4月1日発行)にGPSデータを重ね合わせた多摩川。図中のアルファベットは標識再捕獲調査を行った場所を示している。

表-1 各カテゴリーの砂礫質河原面積

多重比較検定はTukeyの方法($p=0.05$)で行った。アルファベットが異なるもの同士は、有意差が認められたことを表す。

	度数	平均値 $\pm$ S.D.*	最小値*	最大値*	検定結果
大規模生息地	27	1.26 $\pm$ 1.07	0.12	4.01	a
小規模生息地	12	0.58 $\pm$ 0.61	0.06	1.83	b
非生息地	32	0.19 $\pm$ 0.15	0.02	0.49	b
合計	71	-	0.02	4.01	-

*単位はha

(2)生息地間ネットワークに関する調査

成虫が出現した2004年7月~10月まで本種を捕虫網を用いて一匹ずつ捕獲し、個体に識別番号と個体群の情報をマーキングした。本種の後翅にマーカ(商品名uni Mediasx:三菱鉛筆株式会社)を用い、捕獲した地点のアルファベット(図-1)と捕獲した順に1から数字を振っていった。捕獲した

個体はマーキングした後に、すみやかに放逐した。捕獲した個体は、時間、個体コード、性別、捕獲した地点をそれぞれ記録した。調査対象地は分布調査によって得られたデータから判断して、多摩川の河口から51~59kmの範囲で行い、その範囲での生息地は14カ所であった(図-1)。調査は生息地でマーキングした後に、5日~14日の期間を置いてから再び捕獲を行い、同様のことを7回繰り返した。再捕獲によって得られたデータから開放個体群でも適用できるJolly-Seber法を用い、各調査時点での総個体数($\hat{N}_t$)、生存率($\hat{s}$)を算出した。Cook *et al.*を参照して¹⁰⁾、一定期間の総個体数($\hat{N}_t$)を算出した。以下に $\hat{N}_t$ の式を示す。

$$\hat{N}_t = \hat{N}_a d (1 - \hat{s}_d)$$

($\hat{N}_a$:ある時点での総個体数の平均、 d :生息期間、 $\hat{s}_d$:一日あたりの生存率の平均)

なお、上記以外の本論文の統計学的解析には、SPSS12.0J(SPSS社)を用いた。

なお、2004年10月に関東地方に上陸した台風22号により多くの生息地が冠水し、個体数が激減したため、再捕獲調査を終了した。

3.結果

(1)多摩川におけるカワラバッタの分布状況

分布調査の結果を図-1に示す。本種は多摩川の河口から44~63kmの範囲で連続的に生息していることが確認された。調査した箇所は合計で71ヶ所でその内訳は、生息地39ヶ所、非生息地32ヶ所であった。生息地の中で目視によりカテゴリー分けをした大規模生息地は27ヶ所、小規模生息地は12ヶ所であった。各カテゴリーの砂礫質河原面積の平均値($\pm$ 標準偏差)、最小値、最大値は、大規模生息地ではそれぞれ1.26($\pm$ 1.07ha)、0.12ha、4.01ha、小規模生息地ではそれぞれ0.58($\pm$ 0.61ha)、0.06ha、1.83ha、非生息地ではそれぞれ0.19($\pm$ 0.15ha)、0.02ha、0.49haであった(表-1)。

生息地と面積の関係については、大規模生息地は小規模生息地と非生息地よりも有意に面積が広がった(Tukeyの多重比較検定 $p<0.05$:表-1)。

(2)標識再捕獲法による調査結果

標識再捕獲法による調査で、得られた結果を表-2に示す。捕獲した総数は6271匹、標識総数は4641匹、再捕獲総数は1630匹、移出総数は85匹、移入総数は85匹であった(移出、移入とは生息地間の移動のこと)。再捕獲率(再捕獲数/捕獲数)の平均値は0.279 $\pm$ 0.082で、移出率(移出数/標識数)の平均値は0.018 $\pm$ 0.026であった。雌雄率(雄/雌)の平均値は1.239 $\pm$ 0.195であり、雄のほうが多く捕獲された。標識再捕獲法によって、成虫で最も長期間生息が確認された個体の生息期間は121日間であった。

表・2 標識再捕獲調査の結果

生息地	標識数	捕獲数	再捕獲数	再捕獲率 ¹	移出数	移出率 ²	移入数	雌雄率
a	92	175	83	0.474	6	0.065	2	1.16
b	254	334	80	0.240	4	0.016	5	1.15
c	231	280	49	0.175	7	0.030	5	0.94
d	216	319	103	0.323	2	0.009	5	1.37
e	190	263	73	0.278	0	0.000	8	1.39
f	232	295	63	0.214	4	0.017	13	1.38
g	366	489	123	0.252	14	0.038	2	1.41
h	111	147	36	0.245	6	0.054	0	1.62
i	565	750	185	0.247	2	0.004	21	1.05
j	273	440	167	0.380	22	0.081	13	1.04
k	392	542	150	0.277	15	0.038	8	1.24
m	692	885	193	0.218	0	0.000	3	1.04
n	140	222	82	0.369	3	0.021	0	1.16
o	887	1130	243	0.215	0	0.000	0	1.39
Total	4641	6271	1630	—	85	—	85	—

* 1=再捕獲数/捕獲数 2=移出数/標識数

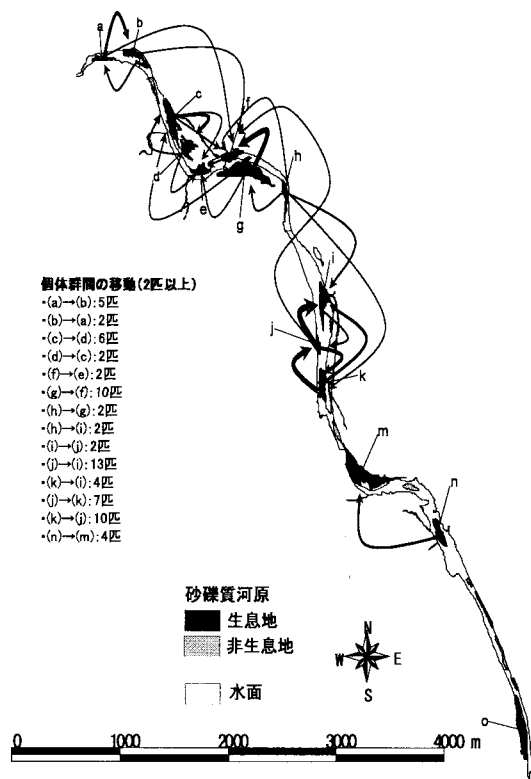


図-2 カワラバットの生息地間の移動

矢印は移動した個体を、太さは個体数の多さを表している。図は多摩川の河口から51~59kmの範囲を表している

各個体群で見っていくと、移出数が10匹以上だった個体群はg, j, kで、移出率が0.05以上の個体群はa, h, jであった。また、移入数が10匹以上の個体群はf, i, jであった。Jolly-Seber法により算出されたある調査時点での総個体数と生存率の平均、一定期間の総個体数、砂礫質河原面積、個体群密度を表-3に示す。総個体数 $\hat{N}_t$ が最も多かった

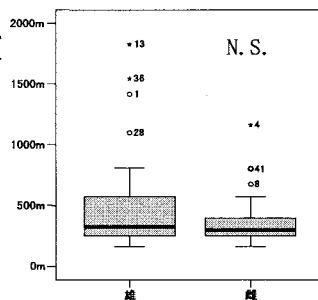


図-4 カワラバットの移動距離の雌雄の違い

グラフ図中のN.S.は有意差が認められなかったことを示す(Mann-WhitneyのU検定 $p>0.05$)。

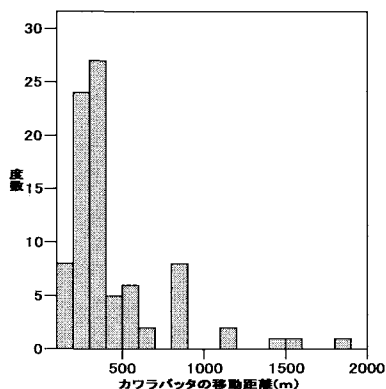


図-3 カワラバットの生息地間の移動距離のヒストグラム

のが、o個体群で2522匹であり、最も少ないのはa個体群で179匹であった。個体群密度では、1ha当たり最も多かったのが、j個体群で2214匹/haで、最も少ないのがf個体群で240匹/haであった。

生息地間を移動した個体について図-2に、生息地間の移動距離のヒストグラムを図-3に示す。移動した距離では平均値 $428 \pm 315m$ 、最頻値252m、最小値162m、最大値1831mであり、810mまでで本種の95%が出現した。雌雄の割合では、総数85匹に対して、雄44匹、雌41匹と大きな違いは見られなかった(Mann-WhitneyのU検定, $p>0.05$:図-4)。

本種の各生息地での一定期間の総個体数と砂礫質河原面積、移出率と砂礫質河原面積に対して回帰分析を行った。その結果、総個体数は砂礫質河原面積の増加に対して、累乗関数的に増加していた。有意なやや強い正の相関が認められた($R^2=0.49$, $p<0.01$:図-5)。一方、砂礫質河原面積は移出率の増加に対して、対数関数的に減少していた。有意なやや強い負の相関が認められた($R^2=0.52$, $p<0.01$:図-6)。

表-3 各 Patch の調査時点での総個体数 ($\hat{N}$) と生存率 ($\hat{S}$) の平均, 一定期間の総個体数 ($\hat{N}_i$), 砂礫質河原面積 (area), 個体群密度 ($\hat{N}_i/\text{area}$)

Patch	$\hat{N}$	$\hat{S}$	$\hat{N}_i$	area (ha)	$\hat{N}_i/\text{area}$
a	64±32	0.814±0.208	179	0.47	381
b	259±207	0.700±0.276	527	0.99	533
c	430±479	0.940±0.396	866	1.91	453
d	220±146	0.992±0.661	350	1.16	302
e	219±190	0.860±0.471	335	0.83	403
f	307±264	0.834±0.425	250	1.04	240
g	447±229	0.793±0.160	1261	3.62	348
h	170±179	0.909±0.882	195	0.43	453
i	801±413	0.886±0.229	1577	1.43	1103
j	238±108	0.796±0.053	465	0.22	2114
k	413±209	0.817±0.220	752	1.12	672
m	775±380	0.769±0.236	1075	4.01	268
n	90±46	0.625±0.272	388	1.04	373
o	1209±556	0.823±0.174	2522	2.21	1141

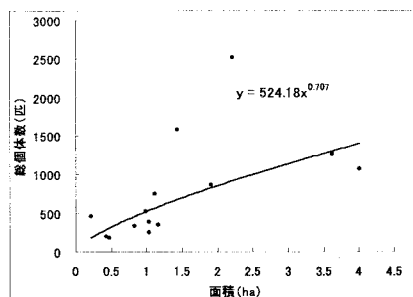


図-5 砂礫質河原面積と総個体数との散布図と累乗近似曲線

(3)多摩川における本種の生息地間ネットワーク

移動距離の結果から, 本種の通常起りやすい移動距離を 300m と仮定し, その距離内で生息地間がネットワーク化される局所個体群に対して, buffer-1 を GIS を用いて作成した (図-7). また,

(2) の結果より, 生息地間の移動距離が 810m までで, 本種の 95% が出現したことから, 本種の広範囲なネットワーク形成の最大移動距離を 810m と仮定し, その距離でネットワーク化される局所個体群に対して, buffer-2 を GIS を用いて作成した (図-7). 810m 以上の移動には気象などの何らかの要素で偶然に長距離移動したと考えられるので, 今回の解析の対象からは除いた.

その結果, buffer-1 では, 地域個体群 (本研究では buffer 内でネットワーク化される局所個体群の集まりとする) は 10 に区切られ, buffer-2 では 2 つに区切られた.

4. 考察

(1) 個体数と砂礫質河原面積との関係

分布調査の結果, 多摩川において非生息地の砂礫質河原面積の最大値が 0.49ha であったことから, 本種の生息の有無の判断には面積が 0.50ha 以上の砂礫質河原の存在が一つの目安になる可能性が高いと考えられる. 個体数推定で得られたデータより, 砂礫質河原面積と総個体数に正の相関があったことから, 本種の生息に砂礫質河原面積が大きく関係していることが考えられる. よって, カワラバタの保全のためには砂礫質河原面積を維持・増加させることが重要である.

しかし, 多摩川の中流域の砂礫質の河原では, オニウシノケグサ *Festuca arundinacea* やニセアカシア *Robinia pseudoacacia* などの外来種の繁茂により, 砂礫質河原面積の減少が危惧されている¹¹⁾. また, 砂礫質河原の植生遷移が進むと, 本種にとっていっそう不適な環境となると同時に, そこに生息する直翅類もトノサマバタやクルマバタモドキが優占的に生息するなどの変化が予想される³⁾. そ

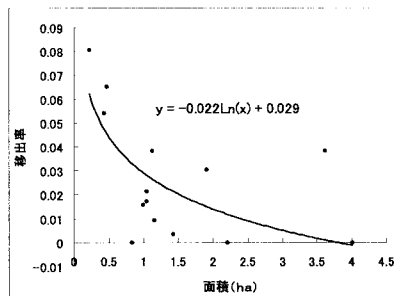


図-6 砂礫質河原面積と移出率との散布図と対数近似曲線

のため, カワラバタの持続可能な保全のためには砂礫質河原の面積の増減, 外来種の侵入や直翅類の構成種の変化などに関する長期的なモニタリングが必要であると考えられる. また, 0.50ha 以下の生息地の砂礫質河原では, 局所個体群を存続させるために, 侵入・定着した植物の除去による砂礫質河原面積の維持・増大を行う必要があると考えられる.

(2) 移出率と砂礫質河原面積との関係

移出率と砂礫質河原面積に負の相関があり, 本種は面積が小さいほど移出率が高くなるという傾向が見られた. このような傾向は, メタ個体群構造を持つチョウの *Hesperia comma* が移出率, 移入率ともに小面積の生息地のほうが高いと報告されているのと同様であった¹²⁾.

本種の小面積での個体群の移出率が高くなる傾向として考えられる理由として, 本種の生息地は河原という特異な環境であることが挙げられる. 河川敷に生息している生物は, 生息可能なパッチサイズや分布の変動が大きく¹⁾, 出水などの影響によって生息地が一瞬で壊滅することが起こる. 小面積の生息地では, 大面積の生息地より洪水などの影響を回避する場所が限られており, 大面積ではあまり影響の無い小規模な出水でも回避行動を取らなければならないと推測される. そのために, 小面積の生息地では移動・分散が促進されると考えられる.

逆に、砂礫質河原面積の大きい生息地で移出率が低い理由として、例えば、チョウの *Melitaea cinxia* は生息環境が良好で個体群サイズが大きいパッチでは、移出率が減少すると報告されているので¹³⁾、本種の移出率が小さくなる理由を明らかにするためにはカワラバッタの生息地の環境調査を行う必要があり、今後の課題である。

(3) 多摩川における生息地間ネットワーク

多摩川中流域において、buffer-1 内での移動が 91.8%ということから buffer-1 内が広く包括されている局所個体群は強くネットワーク化されていると考えられる。このことから、本種の移動は生息地間が 300m の距離内で盛んであり、局所個体群が多い地域個体群は安定していると考えられる。

移動距離を 810m と仮定した buffer-2 を発生させたところ地域個体群が 2 つとなり、多摩川において孤立している局所個体群はほとんど存在していないことが推測された。しかし、河口から 52.6 ~ 53.2km 付近で地域個体群が分断化されていることが推測された。52.6 ~ 53.2km 付近では、分断化の距離が大きく、個体の移動が全くみられなかった。その理由として、52.6 ~ 53.2km 付近では非生息地が 4 箇所あるが、それらの砂礫質河原面積の平均は $0.24 \pm 0.16\text{ha}$ と狭いので、本種の生息地としては適していないことが考えられる。

保全の際に優先することは断片化された個体群を生息地でネットワーク化することであるので¹⁴⁾、今回の結果から考えられるカワラバッタの保全対策としては、通常起こりやすい生息地間移動距離の 300m を基準に設定した buffer-1 の地域個体群同士をそれぞれ結びつけることが挙げられる。そのために、生息地の 300m 以内に周辺に生息地を人工的に造成する、もしくは非生息地の砂礫質河原面積を増加するなどの対策を行い、本種の移動を起しやすい状態にする必要がある。また、本種は砂礫質河原面積が狭い生息地ほど移出率が高い傾向がみられるので、多くの場所に面積の小さい生息地を配置し、ネットワーク化が起こりやすくすることは本種の保全には有効であると考えられる。さらに、河口から 52.6 ~ 53.2km で地域個体群が大きく分断化されていることが推測され、この地域個体群がネットワーク化されれば、多摩川におけるカワラバッタのネットワークがさらに強まると考えられる。そのため、河口から 52.6 ~ 53.2km では早急な保全対策が必要であると考えられる。

5. まとめ

現在の多摩川は大規模な砂礫質河原の増大を望めず¹⁵⁾、また、裸地の全面積が著しく減少している状況にある¹⁶⁾。長期的には丸石河原を回復することを目標とし、河川敷のみならず流域全体の人間活動を調整し、中流域の河原に対して上流域から適度な礫の供給が行われるようにしていくことが求めら

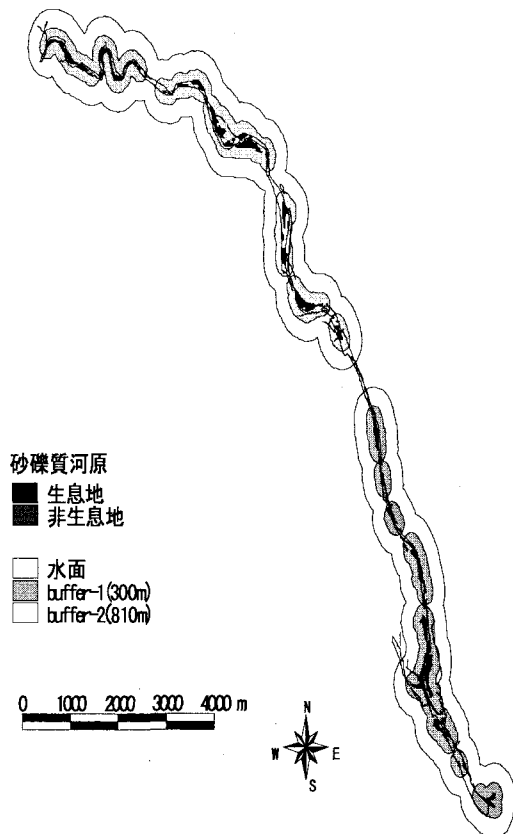


図-7 多摩川におけるカワラバッタの生息地間ネットワーク (河口から 44 ~ 63km)

buffer-1 は 300m 以内で生息地間が結びついているもの。buffer-2 は 810m 以内で生息地間が結びついているものをそれぞれ表している。

れている¹⁷⁾。現在のところ、長期的な保全対策に結びつけるための短期的な本種の保全を行うことが最も現実的であると考えられる。

本種の生息地ではカワラノギク *Aster kantoensis* やカワラニガナ *Ixeris tamagawaensis* などといった河原固有の生態系の絶滅危惧植物種が多く生育している。多摩川においてこれらの植物では、分断化の傾向が著しい^{21,17)}。そのため、カワラバッタを保全する際に、これらの植物種の局所個体群に配慮した保全対策を行い、河原固有の生態系のネットワーク全体に寄与する保全を行っていくべきである。

今後の課題としては、人工的に生息地を造成する際に必要となるカワラバッタが定着しやすい環境や、洪水前後におけるカワラバッタの行動、再定着などに関する調査を行う必要がある。

謝辞：本研究の一部は、多摩川における河川生態学術研究会の総合的な調査研究の一環として実施され、一部については日本学術振興会の科学研究費補助金（16658017）の助成を受けて実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 倉本 宣：多摩川におけるカワラノギクの保全生物学研究，緑地学研究，Vol.15，1-120，1995.
- 2) 本田裕紀郎・倉本 宣：多摩川における絶滅危惧植物カワラニガナの現状とその休眠・発芽特性，ランドスケープ研究，Vol.64，No.5，583-588，2001.
- 3) 竹内将俊・藤田 裕：神奈川県におけるカワラバタ *Eusphingonotus japonicus* (Saussure) の生息地の状況，日本応用動物昆虫学会誌，Vol.42，No.4，197-200，1998.
- 4) 宮武頼夫・加納康嗣：検索入門セミ・バタ，215pp，保育社，1992.
- 5) 浜口哲一：鳴く虫・はねる虫・湘南の直翅類，平塚市博物館，52pp，1996.
- 6) 東京都環境保全局：東京都の保護上重要な野生生物種-1998 年版，77pp，東京都環境保全局自然保護部，1998.
- 7) 横溝裕行・巖佐 庸：変動環境下における保全戦略の数理的研究：最適保全努力と調査努力，保全生態学研究 Vol.8，63-72，2003.
- 8) Mousson, L., Nève, G., and Baguette, M.: Metapopulation structure and conservation of the cranberry fritillary *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, nymphalidae) in Belgium, Biological Conservation, Vol. 87, 285-293, 1999.
- 9) H・レシット・アクチャカヤ，マーク・A・バーグマン，レフ・R・ギンズバーグ：コンピュータで学ぶ応用個体群生態学・希少生物の保全を目指して，325pp，文一総合出版，2002.
- 10) Cook, L.M., Brower, L.P., and Croze, H.J.: The accuracy of a population estimation from multiple recapture data, Journal of Animal Ecology, Vol.36, 57-60, 1967.
- 11) 倉本 宣・井上 健：多摩川におけるカワラノギクの生息地の特性についての研究，ランドスケープ研究，Vol.59，No.5，93-96，1996.
- 12) Hill, J.K., Thomas, C.O. and Lewis, O.T.: Effects of habitat patch size and isolation on dispersal by *Hesperia comma* butterflies: implication for metapopulation structure, Journal of Animal Ecology, Vol.65, 725-735, 1996.
- 13) Kuussaari, M., Nieminen, M., and Hanski, I.: An experimental study of migration in the Glanville fritillary butterfly *Melitaea cinxia*, Journal of Animal Ecology, Vol.65, 791-801, 1996.
- 14) Fahring, L., Merriam, G.: Conservation of fragmented populations, Conservation Biology, Vol.8, 50-59, 1994.
- 15) 皆川明子・島谷幸宏：扇状地河川の自然環境保全・復元目標としての指標の提案と多摩川永田地区への適用，土木技術資料，Vol.42，No.12，22-27，2000.
- 16) 倉本 宣・篠木秀紀・増渕和夫：多摩川における丸石河原の変遷に関する研究，明治大学農学部研究報告，Vol.118，17-27，1999.
- 17) 倉本 宣・石濱史子・鷲谷いづみ・嶋田正和・可知直毅・井上 健・加賀屋美津子・牧 雅之・竹中明夫・増田理子：多摩川のカワラノギク保全のための緊急アピール，保全生態学研究，Vol.5，191-195，2000.

原稿受理日 ?

Studies on habitat network and distribution of *Eusphingonotus japonicus* along the Tama River

Yasuhiro NOMURA, Noboru KURAMOTO

The habitat network and distribution of *Eusphingonotus japonicus* was investigated along the middle reaches of Tama River. There were 39 habitats lived contiguously in the Tama River. It was confirmed from the result of mark-release-recapture that 85 of 4641 marked individuals moved between habitats. Moreover, there was a positive correlation between total population size and the gravelly floodplains area, and there was a negative correlation between the emigrant rate and the gravelly floodplains area. Buffer-1 of 300m that *E. japonicus* could move fragmently and buffer-2 of 810m that was considered the maximum value for emigrant were generated in each habitat. From the result, It was inferred that regional population was greatly divide into of 52.6 to 53.2km from estuary. Therefore, it is important to connect the fragment regional population in order to conserve the habitat of *E. japonicus* in middle reaches of Tama River.