

称号及び氏名 博士(緑地環境科学) 中野 信宜

学位授与の日付 2021年3月31日

論文名 外来植物ヒメツルソバの生態特性と都市河川での侵入状況に関する研究

論文審査委員 主査 藤原 宣夫
副査 北宅 善昭
副査 今西 純一

論文要旨

第1章 調査背景・目的

近年，我が国において外来生物による生態系への影響が深刻化している。その中で植物に関しては，在来種に対する競合や被圧が特に問題視されている。

「外来生物法」(2004年)や「我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト」(2015年，環境省・農林水産省)など，我が国では外来生物に対して一定の枠組みを設けて侵入・拡大に対する防除活動を行っている。そのような状況において，河川は都市部における数少ない自然空間であるため，シナダレスズメガヤやオオキンケイギクなど河川への侵入が著しく防除の緊急性が高い外来植物に関しては，分布状況が調査され，防除への足掛かりとなる研究事例が多く見られる。しかし，侵入が明らかであるにもかかわらず，生態特性についての知見が少なく，防除へ繋げ難い外来植物が多く存在する。

本研究では，近年我が国の都市河川への侵入・拡大が著しく，未だに研究事例が乏しい外来植物の一種であるヒメツルソバに着目し，本種の都市河川環境下における侵入状況と生態的特性との関係を明らかとし，本種の侵入・拡大の防除の基礎的資料とすることを目的とした。

第2章 研究材料

ヒメツルソバ *Persicaria capitata* (Buch.-Ham. ex D.Don) H.Gross はタデ科イヌタデ属の多年生草本である。原産地は中国南部～ヒマラヤ地方で，茎が基部からよく分岐し地表や壁を匍匐して拡大する。早春から秋にかけて球状の花序に白～淡赤色の花を 20～30 個咲かせ，種子を重力散布する。冬季は地上部を枯らし，地下部のみを残して休眠する。

本種は，明治・大正期に我が国にロックガーデン用として移入されたと見られる。1960年代から都市部での野生化が確認されているが，90年代のガーデニングブーム以降，河川での侵入事例が目立ち始め，上述した 2015年の外来種リストには，「分布拡大期～まん延期」にある外来種として記載された。

ヒメツルソバを材料とした研究には，一定成長後の株の耐寒性・耐陰性に関する実験的な検討を行い，生育可能温度が 1～36 であることや，35～50%の相対照度が生育に適することなどを明らかにした事例(近藤・李，2012)や，福岡県の御笠川の護岸上の生育株に関して分布調査を行い，北または北西を向く護岸上での生育が特異的に多いことを明らかにした事例(山下・下田，2012)が見られるが，本種の生態特性に関する知見は未だに少ない。

第3章 甲斐田川における分布調査

外来植物の分布傾向を検討する際には，対象種の侵入が顕著な場所において生育位置や規模，周辺環境等の調査を行い，基礎情報とする事例が多い。本章では次章以降の実験・調査に向けた基礎情報を得るため，導入調査として都市河川の一つである堺市の甲斐田川におけるヒメツルソバの分布状況を調査した。2012年7～8月にかけて，甲斐田川護岸に設定した調査区間(左右岸合計延長 2.66 km)において本種の株の位置と被覆面積を記録した。その結果，本種の分布には偏りがあり，調査区間の上流部に全被覆面積の約 4分の3が集中していることから，上流付近の住宅地が本種の河川への供給源である可能性が考えられた。

第4章 河川への侵入経路調査

前述の甲斐田川に生育するヒメツルソバの侵入経路を明らかにするため、甲斐田川に隣接し雨水排水が調査区間に流入すると考えられる地域において、本種の分布状況を調査した。調査は2012年10～11月にかけて、甲斐田川左右岸から約200m、面積1.15 km²の範囲を踏査することにより行った。調査対象範囲は主として住宅地となっており、分布の記録は、住宅敷地内の栽培株と敷地外の逸出株とに区別して行った。その結果、前者を63株、後者を82株確認した。逸出株の多くは、道路排水側溝に大きな株を形成しており、栽培株および逸出株が生産した種子が、雨水排水系統を経由して吐口から河川上流部に侵入・定着し、その後下流部に生育を拡大したものと類推された。

第5章 河川内の分布特性調査

河川におけるヒメツルソバの分布特性の検討にあたり、護岸形状と冠水頻度に着目し、本種の生育との関連を調査した。

護岸形状に関しては、地図上で確認できる堺市内の掘込河道形態の河川（対象延長58.2km）を250m（左右岸合わせて500m）毎の233区間に分割し、その中から50区間、左右岸合計25kmをランダムに抽出し（抽出率21%）、2018年10～12月に50区間全ての護岸構造の種類と種類別構成距離、ヒメツルソバの水平分布距離を測定した。その結果、護岸構造は、ブロック積み護岸、間知石積み護岸、コンクリート面護岸、野面石詰め構造、鋼矢板構造の5種類に分類され、各護岸への本種の生育割合をJacobsの選択度指数（Jacobs, 1974）により評価したところ、本種がブロック積み構造に最も選択的に生育していることが示された。また、1990年代に堺市植物同好会が堺市全域（旧市域）で行った500mメッシュ単位での本種の分布記録（2メッシュ）に対し、本調査での生育確認地は21メッシュに及ぶことから、本種は約20年間の間に抽出区間だけでも10倍以上分布を拡大しており、抽出率を考慮すれば本種の分布拡大は50倍に及ぶ可能性があることが、本調査により同時に明らかとなった。

一方、河川の水位変動に伴う冠水とヒメツルソバの生育の関連については、2015年7～8月にかけて、堺市の西除川の常盤橋水位計周辺における本種の分布状況（株面積・川底からの高さ）を記録し、2011～2013年までの常盤橋水位計の水位変動データを用いて分析を行った。その結果、累積冠水日数260日以上、もしくは連続冠水日数140日以上で本種の生育量が急激に減少することが確認された。

第6章 生理特性調査

ヒメツルソバの分布特性に関係すると考えられる生態特性として、発芽特性、生活環、実生個体の耐冠水性に関する実験・観察を行った。

発芽実験は、2015年3～5月に堺市などのヒメツルソバ野生株から採取し常温保管した種子を実験材料とし、同年5～12月にかけて人工気象器を用いて実施した。温度設定は、常時25の平温区、20と30を12時間ごとに繰り返す中温区、中温区の温度を5上げた高温区、逆に5下げた低温区を設けた。また、各温度区について光条件を、白色蛍光を12時間与える明区と、一切光を与えない暗区を設けて発芽の有無を確認した。その結果、高温区では中温区と比較して発芽率が有意

に低くなり、低温区、常温区、中温区の間には発芽率に有意差はなかった。また、いずれの温度区も明区と暗区間では発芽率に有意差はなかった。このことから、本種は光が届かず、温度変化がない場所での発芽が可能であり、また、30以上の高温は本種の発芽を阻害することが示唆された。

生活環については、和泉市の鴨谷公園において、花壇外周の石積み擁壁の隙間に生育するヒメツルソバ株から5株を選び、2014年6月～翌年4月にかけて、20～30日間隔で正面から撮影し、その面積を写真上で計測した。その結果、本種は3～7月まで急速に成長し開花した後、8月の高温期に成長を止め、気温が低下する9月には成長を再開しそのピークを迎える。以降は緩やかに成長を続け開花し、12月には地上部を枯らし始め、翌春3月より急速に成長し始めるという生活環が観察された。

実生個体の耐冠水性に関しては、2014年11月にガラス温室内で冠水実験を実施した。実験は、発芽後30～40日ほど栽培したヒメツルソバのポット苗を用いて、4,7,10,13日の4条件で連続冠水させた後、冠水を終了しその後の成長を観察した。その結果、13日以下の冠水では実生個体の生育に殆ど影響しないことが明らかとなった。

第7章 総合考察

ヒメツルソバの河川への侵入は、河川周辺の住宅地の栽培株に由来し、雨水排水側溝等に繁殖する逸出株より散布された種子が雨水と共に側溝を經由し河川に侵入し、護岸上の隙間に定着することにより起こると推測される。ヒメツルソバは初夏及び秋に種子を生産する。発芽条件としては、平均気温30以上の高温では発芽が阻害されるが、種子生産期の低温環境や隙間内の暗環境では阻害されないことは明らかであり、侵入した種子は日射による極端な高温化が起こらない環境であれば問題なく発芽すると考えられる。このような発芽特性は本種がブロック積み構造に選択的に生育している原因の一つと考えられる。また発芽後の生育において、ブロック積み護岸のように隙間が豊富に存在する形状であれば、その隙間に根差し匍匐する形で生育範囲を広げることが可能なことも選択的生育の一因と考えられる。実生苗の冠水実験からは、本種は13日以下の冠水に耐えられることが明らかとなった。河川水位変動と分布の高さの関係からは、河川護岸の大部分が連続的な冠水が起こらない場所であるため、本種の拡大をもたらしているものと推測される。

本種の都市河川への侵入は、典型的な都市河川構造のひとつといえる堀込み河道・コンクリートブロック護岸に特異的である。このような環境は近年の河川改修により新たに出現したものであり、このような環境に適応する種の在来種の侵入は顕著ではなく、特有の発芽特性、耐冠水性、生活環を持つヒメツルソバが侵入し、独占的な繁殖を成功させたものと考えられる。ヒメツルソバの都市河川への侵入は在来種に対する競合や被圧を発生しておらず、研究事例の中には本種の侵入をむき出しのコンクリートを修景する植物として評価しているものさえ見られる。このような現状においては積極的な駆除の社会的必要性は小さいと言わざるを得ない。しかし、本種の侵入を一度許すとその後の除去は困難となる。そのため、歴史的あるいは伝統的な景観である石積み護岸を有する河川や用水路への侵入定着は防ぐ必要がある。そのためには、種子供給源を断つことが必要であり、周辺地域の野生株の除去や、栽培を行っている住民への啓発活動が有効と考えられる。

審査結果の要旨

ヒメツルソバは中国南部～ヒマラヤ地方を原産地とするタデ科イヌタデ属の多年生草本植物であり、わが国へは明治期にロックガーデン用として移入された。1960年には都市部での野生化が確認され、現在では都市河川の護岸擁壁上での繁茂が顕著である。環境省が2015年に作成した「生態系被害防止外来種リスト」には、分布拡大期～蔓延期にあり総合的な対策が必要な外来種として記載されているが有効な防除法がない状況にあり、防除法検討のため生態情報の集積が必要とされている。本研究では、堺市内の都市河川等における現地調査と実験的検討から、都市河川における本種の侵入拡大状況と侵入経路、侵入に関連する生態特性として護岸選好性、耐冠水性、発芽特性、生活環について検討を行っている。本論文は7章から構成されるが、第1および2章では、既往の文献から、移入と野生化の歴史的経緯、生活型等を整理し、目的設定を行っている。主となる成果は第3章から第7章において以下のように整理される。

第3章では甲斐田川のブロック積み護岸擁壁（左右岸合計延長2.66km）において、第4章では、甲斐田川に隣接し雨水排水が流入する地域（左右岸から約200m、面積1.15km²）において、本種の分布状況を調査した。その結果、擁壁上の分布には偏りがあり、調査区間の上流部に全被覆面積の約4分の3が集中していること、集中分布する場所には雨水の流入吐口が存在することを確認した。また、隣接地は、主として住宅地となっており、住宅敷地内の栽培株と敷地外の逸出株が多数確認され、逸出株の多くが道路排水側溝に大きな株を形成していた。本種は重力散布以外の種子散布機構を持たないことから、これらの株が生産した種子が、雨水排水システムを経由して吐口から河川上流部に侵入・定着し、その後下流部に生育を拡大したものと判定した。

第5章では、都市河川における護岸形状と冠水頻度に着目し、本種の生育との関連を検討した。護岸形状に関しては、堺市内の掘込河道形態の河川（延長58.2km）を250m毎の233区間に分割し、その中から50区間をランダムに抽出し、護岸構造の種類別延長と本種の護岸種類別の水平分布距離を測定した。その結果、護岸構造は、ブロック積み護岸、間知石積み護岸、コンクリート面護岸、野面石詰め構造、鋼矢板構造の5種類に分類され、各護岸での本種の生育割合をJacobsの選択度指数により評価することにより、本種がブロック積み護岸において特異的に生育していることを示した。

一方、水位変動に伴う冠水と本種の生育との関連については、西除川の常盤橋水位計付近における本種の分布状況（株面積および川底からの高さ）を記録し、過去の水位変動との関係を分析した。その結果、累積冠水日数260日以上、もしくは連続冠水日数140日以上で本種の生育量が急激に減少することを確認し、その冠水位が本種の護岸擁壁上の生育下限となることを示した。

第6章では都市河川への侵入定着に係る生態特性として、発芽特性、生活環に関する実験・観察を行った。発芽実験は、高/中/低温、恒/変温、明/暗の条件をそれぞれ設定して行った。その結果、本種は発芽に、光や変温を必要としないこと、30以上の高温は本種の発芽を阻害することを明らかとし、このような発芽特性はブロック積み護

岸の隙間での発芽に適していることを示した。

生活環については、泉北ニュータウンの鴨谷公園において、石積み擁壁上に生育する本種の成長過程を6月～翌4月にかけて定量的に観察し、以下の生活環を明らかにした。本種は、3～7月の間、急速に匍匐茎を伸ばし石積みの隙間に根を下ろし、5月には開花を始める。8月の高温期に成長・開花を一旦停止するが気温が低下する9月には成長を再開し、そのピークを迎える。以降は緩やかに成長を続け開花する。12月には地上部を枯らし始め、翌春3月より急速な成長を再開する。

第7章では、上記の結果から本種の都市河川での繁殖要因について総合的考察を加え、今後の対応について提案を行った。繁殖要因について、本種の都市河川への侵入は、堀込み河道・コンクリートブロック護岸に特異的であったことから、近年の河川改修により新たに出現したこのような環境に適応する在来種の侵入機会はわずかであり、侵入経路と特有の発芽特性、耐冠水性、生活環を有する本種が侵入し、独占的な繁殖を成功させたものと考えられる。本種の都市河川への侵入は在来種に対する重大な競合や被圧を発生しておらず、市街地においては本種の侵入を、コンクリート構造物を修景する植物として評価する場合さえある。このような現状においては積極的な駆除の社会的必要性は小さいが、本種の侵入を一旦許すとその後の除去は困難となると考えられる。そのため、歴史的あるいは伝統的な景観として石積み護岸を有する河川や用水路への侵入定着は防ぐ必要がある。そのためには、水域上流の種子供給源を断つことが必要であり、周辺地域の野生株の除去や、栽培を行っている住民への啓発活動が有効である。

これらの成果は緑地環境科学ならびに外来種防除技術の発展に大いに寄与するものであり、本論文の審査ならびに最終試験の結果と併せて、博士（緑地環境科学）の学位を授与することを適当と認める。