

鬼怒川における外来植物シナダレスズメガヤと 河床物理環境との関係

Relationship between the alien plant species Weeping lovegrass and the riverbed physical environment in the Kinu River basin

企 画 部 副 参 事 松 間 充

近年、イネ科の外来植物であるシナダレスズメガヤが河原環境に分布域を拡大し全国的な問題となっており、河原環境そのものの消失や、それに伴う河原固有の生物の減少が危惧されている。

本研究は、鬼怒川の河原を対象地域としてシナダレスズメガヤの繁茂状況について把握し、主に粒径から区分した河床物理環境とシナダレスズメガヤの被度や洪水時の摩擦速度との関係から、シナダレスズメガヤの生育適地について把握し、今後の河川環境の保全に資することを目的として行ったものである。

研究の結果、河床物理環境のパターン毎にシナダレスズメガヤの被度に違いが見られ、それら河床のパターンと洪水時の摩擦速度との関係から、シナダレスズメガヤの繁茂や生育適地の形成に、洪水が大きく影響している可能性が示唆された。更に、今後の河道状況の変化やそれに伴うシナダレスズメガヤの分布拡大や樹林化に関する考察を行った。

キーワード：シナダレスズメガヤ、河床物理環境、礫河原、鬼怒川、外来種

In recent years, the distribution range of Weeping lovegrass, an alien plant species of the grass family, has expanded into riverbed environments in many parts of Japan, causing concern over the possible disappearance of riverbed environments and decrease of riverbed-inhabiting species.

This study was conducted to grasp the growth of Weeping lovegrass on the bed of the Kinu River and to identify the habitat requirements from the relationship between the riverbed physical environment, mainly classified according to grain size, and the coverage of Weeping lovegrass and the friction velocity in times of flood in order to contribute to the conservation of river environments in the coming years.

The study revealed differences in the coverage of Weeping lovegrass depending on the patterns of the riverbed physical environment. The relationship between these patterns and the friction velocity in times of flood suggest that the growth of Weeping lovegrass and the formation of its habitat are greatly influenced by floods. The study also looked at changes in river channel conditions in the coming years and the resultant expansion of the distribution range of Weeping lovegrass and the growth of trees.

Keywords : *Weeping lovegrass, riverbed physical environment, gravelly riverbed, Kinu River, alien species*

1. はじめに

シナダレスズメガヤ (*Eragrostis Curvula*) は、南アフリカ原産のイネ科の多年生草本で、戦後道路法面の緑化・浸食防止、砂防工事などに広く用いられ野生化した¹⁾。現在、全国の河川で分布が確認されているが、他の植物の生育を阻害する可能性や、増水時に水流の妨げとなり砂が堆積し、河原環境そのものが変化する可能性について指摘されている^{2) 3) 4)}。鬼怒川では、絶滅危惧種のカワラノギクの急激な減少とシナダレスズメガヤの分布拡大が問題となっており、その対策が急がれている^{3) 4)}。

繁茂しているシナダレスズメガヤを人為的に除去することは短期的、局所的には有効であるが、再生産の可能性や対策継続によるコスト負担などを考えると、根本的解決には至らない。河川植生の自然再生という面から考える場合、シナダレスズメガヤが繁茂しないような河川のシステムづくりを検討することが必要である。既存研究においては、シナダレスズメガヤと生育地の基質との関係に関する研究^{2) 3) 4)} や実生と成株の除去に必要な無次元掃流力を比較するなどの研究⁵⁾ があるが、シナダレスズメガヤが河川のどのような環境で繁茂し、どのような箇所に繁茂していないかの把握は必ずしも十分ではない。

2. 研究目的

本研究では、近年シナダレスズメガヤの分布域が拡大している鬼怒川中流域を対象として、シナダレスズメガヤの繁茂状態を調査し、その実態を把握するとともに、河床物理環境、水理量とシナダレスズメガヤの繁茂状態との関係を調べることにより、シナダレスズメガヤの生育適地に関する知見を得、今後のシナダレスズメガヤの適切な管理手法の提案に資する。

3. 研究方法

3-1 調査対象河川

調査対象河川の鬼怒川は、一級河川利根川の支川で、流域面積1,761km²、河道延長176kmである。

調査地の選定に際しては、シナダレスズメガヤ等の植生分布が広がっている下流区間(87-88km)と裸地的環境が広がっている上流区間(95-96km)の2区間を選定した。調査区間周辺は鬼怒川の扇状地にあたり、本来礫河原が広がる箇所である。

3-2 調査方法

調査は平成15年12月9日～12日及び平成16年11月3日～5日に実施した。両調査時期間における出水状況は

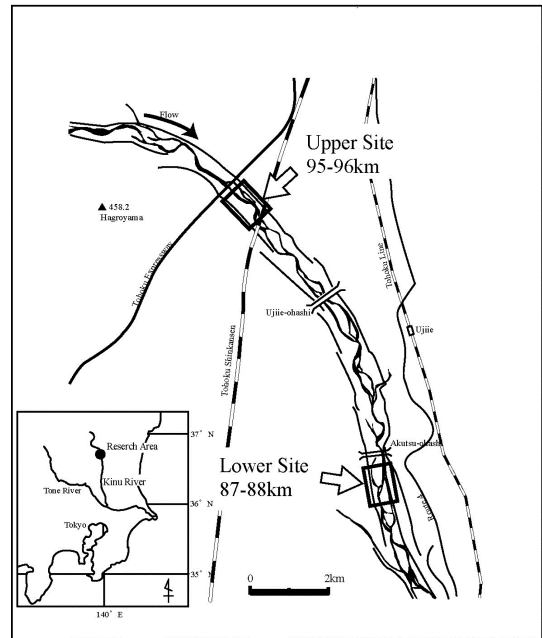


図-1 調査地

平成16年10月の1,123m³/sをはじめ、300m³/s以上の出水が5回発生した。

(1) 横断測量

各調査区間内の50m間隔の横断測線上で、地形変化点について座標、標高を取得した。測量にあたっては作業効率が高く、高精度の結果が得られるRTK-GPS測量を実施した。

(2) 河床物理環境調査と植生調査

横断測線をさらに50m間隔に区切り、調査区間内で50×50mのメッシュを設定した。メッシュの各交点を河床物理環境と植生の調査地点とした。調査項目は以下の通りである。

- 粒径(%) : 50cm×50cmの方形区を設置し、方形区内における各粒径の砂礫が占める表面積の割合を10%刻みで目測し、記録した。粒径の区分は巨礫(>256mm)、玉石(64-256mm)、粗礫(32-64mm)、中礫(8-32mm)、細礫(2-8mm)、砂(0.062-2mm)、シルト(0.004-0.062mm)、砂質土の8区分とした。
- 表層堆積厚(cm) : 検土杖を用いて表層(砂・砂質土)の堆積厚を測定した。
- 植生 : 各調査地点において植物社会学的調査法に基づき⁸⁾、種ごとの被度について記録した。

(3) 水理計算

調査対象地区において、2003年の現地横断測量データを用いて平面流況解析を実施した。1964年から2003年の空中写真及び下館河川事務所が実施した横断測量結果及び本調査で実施した2004年の地形測量データを比較すると、1993年～2004年までは大きな地形変

化がなかったことから、本計算結果はこの期間における水理量を概ね反映していると判断した。計算流量は、鬼怒川の平均年最大流量を参考に設定し、メッシュ各交点の水理量の計算を行った。平均年最大流量は水位・流量観測所宝積寺(上)の1994年から2003年までの10年間の日流量データを用いた。宝積寺(上)は鬼怒川の84km地点に位置し、概ね調査地区の流量を代表する値であると考えられる。

(4) 解析方法

調査地点の物理環境の特徴を主に粒径から把握するために、主成分分析を行った。解析には玉石以上(巨礫・玉石)、礫(粗礫・中礫・細礫)、砂・シルト、砂質土、表層堆積厚の5変数を標準化した値を用いた。また、得られた主成分得点をもとにクラスター分析(結合方法:ウォード法、距離測定法:ユークリッド距離)を行い、各調査地点の物理環境による類型化を行った。次に、河床物理環境とシナダレスズメガヤの生育環境の関係を把握する目的で、各クラスター間において、シナダレスズメガヤの被度に対してノンパラメトリックな方法であるクラスカル・ウォリス検定を行った。有意な差が認められた場合には、マン・ホイットニのU検定により、各クラスター間の多重比較を行った。多重比較の際には、ボンフェローニの不等式に従い、有意水準は1.7%($=0.05/3 \times 100$)とした。なお、被度はそれぞれ1~7まで順位づけし、検定を行った。さらに、河床物理環境と洪水時の摩擦速度の関係について把握するため、各クラスターの平均年最大流量時の摩擦速度について一元配置分散分析を行った。有意な差が認められた場合には、シェッフェの検定を用いて多重比較を行った。

4. 研究結果

4-1 河床物理環境

主成分分析を行った結果、2つの主成分が抽出され、寄与率は第1主成分46.9%、第2主成分24.1%で、第2主成分までの累積寄与率は71.0%であった(表-1)。第1主成分は砂・シルト、堆積厚の値について正の相関が高く、玉石以上と礫の値について負の相関が見られた。第2主成分は砂質土について正の相関がみられた。

更に主成分得点を元にクラスター分析を行った結果、結合距離の大きさから、3つのクラスターに区分することができた。各クラスターの物理環境データの平均値についてまとめた結果、クラスターAが礫質、クラスターBが砂、クラスターCが砂質土で主に構成されていることがわかった。

表-1 主成分分析の結果

	第1主成分	第2主成分
玉石以上(%)	-0.759	-0.128
礫(%)	-0.670	0.123
砂・シルト(%)	0.825	-0.534
砂質土(%)	0.282	0.914
堆積厚(cm)	0.748	0.226
固有値	2.346	1.204
寄与率	0.469	0.241
累積寄与率	0.469	0.710

上流区間と下流区間でクラスター毎に主成分得点をプロットしたものが図2である。クラスターCはクラスターA、Bに比べて特殊な環境であり、下流区間でのみ確認できた。また、2003年のデータを用いて、調査区間ごとの各クラスターの地点数の割合について示したものが図3である。両区間を比較すると、上流区間はクラスターB、Cの頻度が高い下流区間より礫質の河床が多いことがわかる。なお、各クラスターの地点数の割合は、2004年のデータについても同様の傾向を示した。

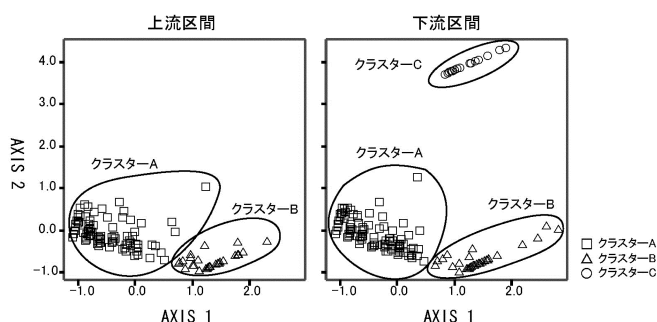


図-2 調査地区毎の主成分得点プロット図(クラスター別)

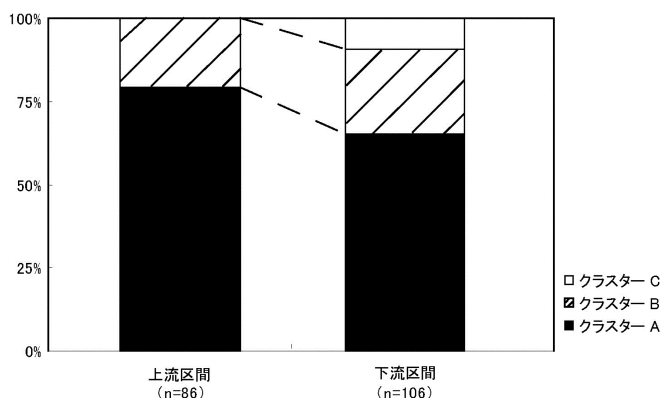


図-3 調査地区毎のクラスターの地点数の割合

4-2 河床物理環境とシナダレスズメガヤの被度

各クラスター間におけるシナダレスズメガヤの植被状況の把握をしやすくするため、シナダレスズメガヤの被度を優占度階級の考え方⁸⁾に基づき、便宜上①0% (被度0) ②0-50% (被度+~3: 中被度) ③50-100% (被度4~5: 高被度) の3段階に区分した。各区分の割合を調査年ごとに調査区間のクラスター別にグラフにしたのが図4である。2003年の結果をみると、クラスターAではシナダレスズメガヤの被度0の地点の割合が高く、クラスターB、Cの順に割合が低下した。逆に、高被度の地点の割合は、上下流ともクラスターAで見られず、Cで最も大きくなった。

上流区間と下流区間を比較すると、上流区間では高被度の割合が大きいクラスターCが見られず、クラスターA、Bにおける高被度と中被度の割合も小さい傾向が見られた。

また2003年と2004年では、クラスターAにおいて高被度が確認されなかったものの、クラスターCを除く全クラスターで中被度の割合の増加、被度0の割合の減少が確認され、1年間でシナダレスズメガヤの分布域が広がったことが示唆された。

各クラスター間において、シナダレスズメガヤの被度に対してノンパラメトリックな方法であるクラスカル・ワーリス検定を行った結果、 $P < 0.001$ で有意な差が認められた。多重比較の結果、クラスターAとB、AとCには有意な差があったが、BとCには被度の差は認められなかった。

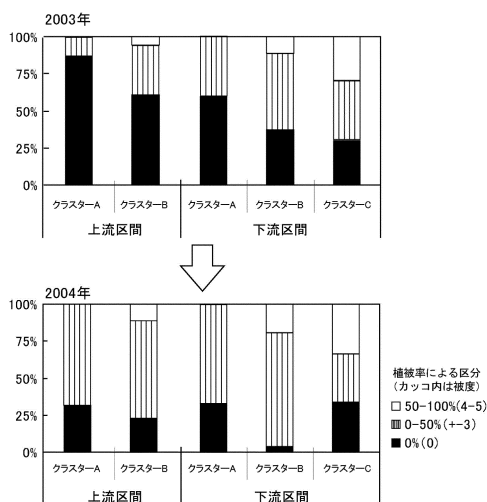


図-4 クラスター毎のシナダレスズメガヤの被度

4-3 河床物理環境と水理量との関係

各クラスターにおける水理量を分析した結果、各クラスター間で摩擦速度にもっとも差が見られた。計算に用いた流量は $1,200\text{m}^3/\text{s}$ とした。本流量は1994年か

ら2003年までの鬼怒川の平均年最大流量 $1,259.7\text{m}^3/\text{s}$ を参考に決定した。また、本流量は本調査を実施した2時期間で発生した最大流量 $1,123\text{m}^3/\text{s}$ を上回っている。クラスター毎の摩擦速度の平均値について図5に示す。クラスターAからCに向かって摩擦速度が減少していく傾向が見られる。計算流量時の摩擦速度はクラスターAで 23.7cm/s 、クラスターBで 21.5cm/s 、クラスターCで 15.9cm/s であった。本流量時の摩擦速度から、砂及び砂質土を河床材料とするクラスターB及びCにおける無次元掃流力を推定すると0.05を上回ることから、平成16年の最大出水時には、河床材料が移動した可能性が示唆された。一元配置分散分析の結果、有意に摩擦速度の平均値に差があることがわかった。更にシェッフェの多重比較検定を行った結果、クラスターAとCでは $P < 0.05$ で有意な差が得られた。

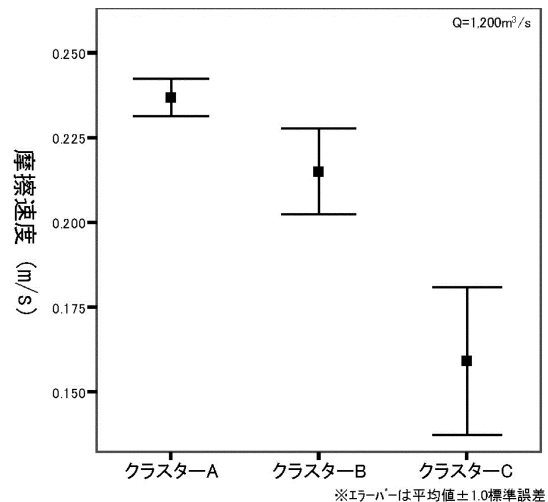


図-5 クラスター毎の流量 $1,200\text{m}^3/\text{s}$ 時の摩擦速度の平均値

4-4 各クラスターの平面分布

各クラスターの平面分布を明確にするため、平成15年に撮影した空中写真上に各クラスターをプロットし、図-6に示した。両区間のみお筋と砂州の配置を見ると、上流区間はみお筋が2~3本に分かれ個々のみお筋の幅に大きな差が見られなかった。一方、下流区間は相対的に幅の広いみお筋が左岸から右岸へと斜めに走り、もう一方のみお筋幅は狭く縦断的に連続していない区間が見られ、交互砂州と推定される砂州が分布していることが判った。各クラスターの分布を見ると、クラスターAは水衝部ないし水際に多く位置しており、出水時にみお筋となり、比較的速い流れが発生する場所と判断された。クラスターBとクラスターCは個々の砂州の中央部に位置しているが、両方のクラスターが分布する下流区間を見るとクラスターBがク

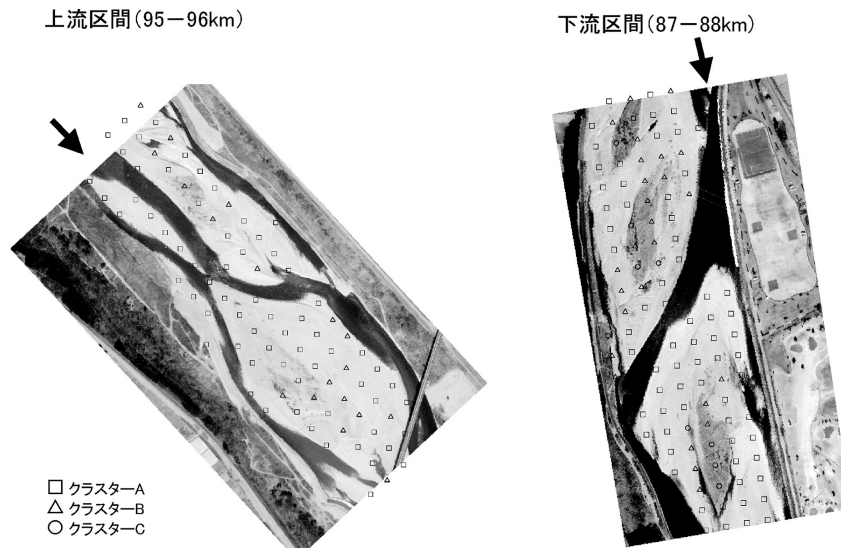


図-6 クラスターの平面分布図

クラスターCを取り囲むように分布し、クラスターCがより砂州の中央に位置していることがわかった。また、クラスターCは植被が全体的に多く空中写真上で色が異なっている部分と一致していることがわかった。

5. 考察

河床物理環境を主に粒径で特徴づけた場合、3つのクラスターに区分され、シナダレスズメガヤの被度はクラスターAとB・Cの間で有意に差が見られた。

クラスターCは砂質土の割合が高く、砂地との結びつきが深いとされている²⁾ 過去の研究結果と一致した。また、計算流量に対する摩擦速度はクラスターCで最も小さいことから、シナダレスズメガヤが出水時に流出する可能性が他のクラスターと比較して小さくなること、クラスターCに細粒土砂が堆積し生育適地の形成に寄与していること、が可能性として示唆された。現地調査においても、クラスターCでは砂質土の中に植物片や根などが含まれていた。シナダレスズメガヤや、ツルヨシなどの高茎草本が高密度に分布し、またヤナギ類の低木の侵入が見られ、出水時の攪乱の影響を受けにくく植生の遷移が進んでいる箇所と判断できた。また、シナダレスズメガヤの種子は流水中において粒径0.5mm程度の細砂と同様の挙動を示すことが確かめられている⁹⁾ が、クラスターCのように砂質土が堆積する場所は、種子の漂着といった観点からも適地であることが予想された。つまり、クラスターCは生育適地の形成、種子の漂着、平常時の河床物理環境そして出水時の流出特性といった幾つかの点で、シナダレスズメガヤの生育に適した環境と言える。一方、クラスターAは河床物理環境は礫であり、冠水頻度の

高い水際に位置しているため出水時の攪乱の影響を受けやすく、計算流量時の摩擦速度も大きいことから、クラスターCとは相反する特性を有し、シナダレスズメガヤの被度が低く抑制されていると考えられた。クラスターBは河床物理環境は砂であり、出水時の摩擦速度の平均値はどちらかと言えばクラスターAに近いと言える環境を呈していた。クラスターBは河床物理環境の点でクラスターC同様シナダレスズメガヤには好適な環境と考えられたが、出水時の攪乱の程度がクラスターCに比べて大きく、結果、被度はクラスターAより大きく、クラスターCより小さい傾向を示したものと推測された。

2003年と2004年を比較すると、クラスターB及びCにおいて高被度、中被度の割合が2004年に増加し、シナダレスズメガヤの分布域が拡大していることが判った。また、両時期間には平均年最大流量に匹敵する出水があり、本出水時にはクラスターB及びクラスターCにおける無次元掃流力は0.05以上になったと推定された。既往の研究⁵⁾ から、無次元掃流力が0.05を超えるとシナダレスズメガヤの当年生実生が、0.07を超えると成株が流出することが報告されているが、本調査結果は、これを支持するものとはならなかった。平均年最大流量規模の出水があってもなおシナダレスズメガヤの分布域が拡大したことは注視すべき現象と考えられた。特に、クラスターBにおいても中被度の割合が2004年に増加したことから、今後、クラスターCが分布しない場所においても、シナダレスズメガヤが分布域を拡大し、より細粒土砂を堆積しやすい環境を形成して、シナダレスズメガヤの分布域拡大をより促進する可能性がある。

既存研究において、複列的な砂州形態で滞筋が単調化し、複列砂州が単列砂州に推移する現象が報告されている^{10) 11) 12)}。また、単列砂州上に中小洪水が流下すると滞筋部の河床が低下し、高位面が滞筋に対してより高くなる複断面化が生じ、植生域が拡大する現象も報告されている^{13) 14)}。今回の調査は二つの調査区間のデータであり各クラスターの平面分布について確からしい言及はできないが、下流区間は過去に複列以上の砂州形状を示していたこと、現状は単列砂州の形状を示していること、砂州の高位面にクラスターCであるシナダレスズメガヤを始めとする植生が高密度に繁茂していることから、同様の現象が鬼怒川で生じている可能性もある。クラスターCは出水に対して比較的安定した立地と言えるため、今後更に植生の遷移が進行し、樹林化等の問題がおきる可能性が懸念される。上流区間は未だ複列的な砂州形状を呈しているため、下流区間に見られる高位面が形成されず、結果として、クラスターCが存在しなかった可能性が高い。しかし、下流区間で見られたように今後複列的な砂州が単列砂州へと推移し、下流区間と同様の現象が発生する可能性は否定できない。調査を継続し、注視していく必要がある。

今後、クラスターCに該当する環境を減らし、クラスターAを増やしていくことがシナダレスズメガヤ抑制の一つの方策であると考えられるが、今回の調査だけでは、クラスターCの形成過程を明らかにすることはできなかった。また、クラスターBにおける中被度の割合はたかだか1年で増加していることから、今後このクラスターにおいてもシナダレスズメガヤの分布域が拡大していくことが懸念される。個体数増加に伴う種子散布量の増加や、被度増大に伴う出水時の細粒土砂の補足等を要因としてさらに分布域を拡大し、より悪化した方向へと状況が変化していく可能性も否定できない。シナダレスズメガヤの分布域拡大のメカニズムを解明するとともに、シナダレスズメガヤの分布域拡大を防除する必要性もあるだろう。

検定方法の概要

(1) クラスカル・ワーリス検定 (Kruskal-Wallis検定)

複数のグループで平均値が等しいかどうかを検定する方法として分散分析が一般的であるが、分散分析は使用する条件として、データが間隔尺度で各グループ内のデータの分布が正規分布に従い、かつ分散が等しいとみなせる必要がある。今回クラスター毎のシナダレスズメガヤの被度に関する比較を考えた場合、データが上記の条件に合致しなかったことから、データの

分布に依存しない(ノンパラメトリック)方法である、クラスカル・ワーリス検定を行った。

(2) マン・ホイットニのU検定 (Mann-WhitneyのU検定)

クラスカル・ワーリス検定では3つのクラスターのうち、どのクラスター間に差があるか判断できないため、2群間の平均に関するノンパラメトリックな方法であるマン・ホイットニのU検定を2組のクラスター毎に行った。検定を繰り返し行うことで誤って仮説を棄却(第一種の過誤)するのを防ぐため、ボンフェローニ(Bonferroni)の不等式を用いて有意水準の値を小さくした。

(3) シェッフエの検定 (Scheffeの検定)

分散分析で有意な結果が得られた時にデータ数や分散、分布に制限を加えずに検定する多重比較の方法である。3つのクラスターのうちどれとどれに有意な差があるかを検出することができる。

謝 辞

本研究の実施にあたって、国土交通省下館河川事務所には便宜を図っていただき、各種資料を提供していただいた。また(独)土木研究所の天野邦彦上席研究員、萱場祐一主任研究員には多大なご指導をいただいた。同じく皆川朋子研究員、大石哲也研究員、ならびに自然共生研究センターの皆様には調査に協力していただき、有益な助言をいただいた。ここに記して深謝の意を表す。

なお、本研究報告は筆者が独立行政法人土木研究所自然研究センター在籍時に記した平成16年度報告書用文書に加筆修正を行ったものである。

<参考文献>

- 1) 林弥栄 監修：野に咲く花、山と溪谷社(1989)
- 2) 中坪孝之：河川氾濫源におけるイネ科帰化草本の定着とその影響、保全生態学研究、vol.2、pp179-187(1997)
- 3) 村中孝司・鷺谷いづみ：鬼怒川の植生と外来種の侵入、応用生態工学4(2)、pp121-132(2001)
- 4) 村中孝司・鷺谷いづみ：鬼怒川砂礫質河原における外来牧草シナダレスズメガヤの侵入と河原固有植物の急激な減少：緊急対策の必要性、保全生態学研究vol.6、pp111-122(2001)
- 5) 鎌田磨人・小島桃太郎・岡部健士：河川砂州上に侵入したシナダレスズメガヤを除去するに必要な洪水営力、応用生態工学会 第8回研究発表会講演集、(2004)
- 6) 山本晃一：沖積河川学、山海堂(1994)

- 7) 外来種影響・対策研究会 編集：河川における外来種対策に向けて（案）、リバーフロント整備センター、(2001)
- 8) 鈴木兵二・伊藤秀三・豊原源太郎：植生調査法Ⅱ－植物社会学的研究－、共立出版（1985）
- 9) 平成15年度 自然共生研究センター 研究報告書、土木研究所（2004）
- 10) 竹林洋史・江頭紳治・岡部健士：混合砂河床における網状流路の数値解析、水工学論文集、第47巻、pp631－636（2003）
- 11) 野呂守・前田諭・浅野智仁・池田正：揖斐川における自然再生と高水敷掘削に関する検討、リバーフロント研究所報告、第15号、pp9－16（2004）
- 12) 渡邊康玄・桑村貴志：複列砂州のモード減少過程に関する水理実験、水工学論文集、第48巻、pp195－200（2004）
- 13) 中別川における河道内植生域の変化と砂州地形の関係について、第48回北海道開発局技術発表会論文集（2005）
- 14) 建設省土木研究所河川部河川研究室：扇状地礫床河道における安定植生域の形成機構に関する研究、土木研究所資料（1999）
- 15) (社)土木学会編：水理公式集〔平成11年版〕（1999）
- 16) 山本晃一：沖積河川学 堆積環境の視点から、山海堂（1994）
- 17) 石居進：生物統計学入門、培風館（1975）
- 18) 柳井久江：4Stepsエクセル統計、オーエムエス（1998）
- 19) 市原清志：バイオサイエンスの統計学、南江堂（1990）