

多摩川河川敷におけるニセアカシアの 分布拡大と生育環境に関する調査研究

2001年

池谷奉文

(財)日本生態系協会会長

多摩川河川敷におけるニセアカシアの分布拡大と生育環境に関する調査研究

目次

| | |
|--|----|
| 1. 研究の目的と概要 | |
| 1. 1 研究目的 | 1 |
| 1. 2 研究の概要 | 1 |
| 2. 研究計画 | |
| (1) 調査項目 | 3 |
| (a) 1999 年度 | 3 |
| (b) 2000 年度 | 3 |
| (2) 調査体制 | 4 |
| 3. ニセアカシア(<i>Robinia pseudoacacia</i>)とは (川池芽美・熊谷雄介) | |
| (1) 原産国における自然分布の範囲と気候 | 5 |
| (2) 侵入と分布拡大 | 6 |
| (3) 土壌条件および pH、水分条件について | 6 |
| (4) 繁殖と初期生長 | 7 |
| (5) 無性生殖、根萌芽、萌芽枝 | 7 |
| (6) 他種との競争および他種に与える影響 | 8 |
| (7) 管理 | 8 |
| 4. 多摩川におけるニセアカシアの生育について | |
| 4. 1 多摩川におけるニセアカシア林の分布 (川池芽美) | |
| (1) 調査方法 | 9 |
| (2) 調査結果 | 9 |
| 4. 2 立地条件と植生 (熊谷雄介) | |
| 4. 2. 1 調査の概要 | 13 |
| 4. 2. 2 方法 | 13 |
| (1) 調査地概要 | 13 |
| (2) 調査方法 | 13 |
| 4. 2. 3 結果 | 14 |
| (1) 植生タイプおよびニセアカシアの生育状況 | 14 |
| (a) 植生タイプの内訳 | 14 |
| (b) ニセアカシアの生育状況 | 14 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| (2) 植生と立地条件との関係 | 16 |
| (a) 植物群落の分類 | 16 |
| (b) 判別分析による植生グループと立地条件との関係の解析 | 18 |
| (c) 河川敷における各植生グループの分布 | 25 |
| (d) 各植生グループにおけるニセアカシアの生育状況 | 32 |
| (3) まとめ | 32 |
| | |
| 4. 3 ニセアカシアの種子による定着の可能性 (倉本宣) | |
| 4. 3. 1 はじめに | 34 |
| 4. 3. 2 豆果の水散布 | 34 |
| (1) 実験方法 | 34 |
| (2) 結果 | 34 |
| (3) 考察 | 35 |
| 4. 3. 3 種子発芽 | 35 |
| (1) 実験方法 | 35 |
| (2) 結果 | 36 |
| (3) 考察 | 37 |
| | |
| 4. 4 樹林化の変遷と環境要因の関係について (高橋俊守) | |
| 4. 4. 1 はじめに | 39 |
| 4. 4. 2 研究対象域の概要 | 39 |
| 4. 4. 3 データの収集と整理 | 40 |
| (1) 空中写真 | 41 |
| (2) 地形モデル | 41 |
| (3) 植生図 | 41 |
| 4. 4. 4 高水敷植生の分布変遷 | 45 |
| (1) 植生図の比較による植生の変遷 | 45 |
| (2) 空中写真の判読による高水敷植生の変遷 | 47 |
| 4. 4. 5 植生の分布変遷と環境条件 | 50 |
| (1) クラスタ分析による植生分布変遷パターンの分類と分散分析による解析 | 50 |
| (a) 3群分類での解析 | 50 |
| (b) 4群分類での解析 | 55 |
| (c) 5群分類での解析 | 61 |
| (2) クラスタ分析による植生分布変遷パターンの分類と判別分析による解析 | 61 |
| (a) 3群類に対する判別分析 | 61 |
| (b) 4群類に対する判別分析 | 63 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4. 4. 6 | 樹林の種組成と環境条件 | 64 |
| (1) | 方法 | 64 |
| (2) | 結果 | 65 |
| (3) | 樹林の種組成と環境条件の関係 | 65 |
| (a) | 分散分析による樹林の立地環境条件比較 | 65 |
| (b) | 判別分析と正準相関分析による樹林の予測 | 70 |
| (2) | ニセアカシア林の形成と環境条件 | 73 |
| 4. 5 | 洪水時の流れとニセアカシア生育環境との関係 (戸田祐嗣・池田駿介) | |
| 4. 5. 1 | 調査の概要 | 75 |
| 4. 5. 2 | 洪水流による高水敷き土壤環境形成に関する現地観測 | 75 |
| (1) | 観測概要 | 75 |
| (2) | 観測地概要および観測方法 | 76 |
| (3) | 現地観測結果 | 76 |
| (a) | 観測期間中の河川の流況 | 76 |
| (b) | 出水前後の植生分布の変化 | 77 |
| (c) | 高水敷表層土壤の流度分布の変化 | 78 |
| (d) | 高水敷表層土壤中の栄養塩・有機物量の変化 | 79 |
| 4. 5. 3 | 洪水規模と高水敷土壤環境形成機構の関係—数値モデルによる検討— | 82 |
| (1) | 数値モデルの概要 | 83 |
| (a) | 流れ場の基礎方程式 | 83 |
| (b) | 浮遊砂輸送の基礎方程式 | 85 |
| (c) | 離散化手法・境界条件 | 86 |
| (d) | 計算条件 | 88 |
| (2) | 計算結果 | 89 |
| 4. 6 | まとめ (熊谷雄介) | 94 |
| 5. | 世界における移入種・侵入種問題への取り組み (川池芽美) | |
| 5. 1 | 移入種・侵入種とは | 97 |
| 5. 2 | 国際的な取り組み | 98 |
| 5. 2. 1 | IUCN ガイドライン | 98 |
| 5. 2. 2 | 生物多様性条約における取り組み | 100 |
| 5. 3 | アメリカにおける取り組み | 101 |
| 5. 3. 1 | これまでの取り組み | 101 |
| 5. 3. 2 | 大統領命令第 13112 号と National Invasive Species Council | 102 |

| | |
|--|-----|
| 5. 3. 3 「Management Plan MEETING THE INVASIVE SPECIES CHALLENGE」 | 104 |
| 5. 3. 4 NGO による取り組み | 105 |
| 5. 4 日本における取り組み | 106 |
| 6. 多摩川におけるニセアカシアの管理対策 (熊谷雄介) | |
| 6. 1 管理の方針 | 109 |
| 6. 2 管理対策 | 110 |
| (1) 未定着段階にある立地における管理対策 | 110 |
| (2) 侵入・定着段階にある立地における管理対策 | 110 |
| (3) 成長段階にある立地における管理対策 | 111 |
| (4) 周囲への分布拡大段階にある立地における管理対策 | 111 |
| (5) 丸石河原の復元に向けて | 112 |

1. 研究の目的と概要

1. 1 研究目的

北米原産のニセアカシアは、近年、日本国内のとくに河川敷において侵入・繁茂が確認されているが、とりわけ多摩川においてはその傾向が顕著である。かつての丸石河原は減少し¹⁾、ニセアカシアの樹林地が広がる河川敷が増加している。この多摩川におけるニセアカシアについては、その生育地、とくに表層細粒土砂の有無と関係が強いことが研究されている²⁾ものの、その分布拡大のメカニズムに関しては、まだ十分な成果が得られていない。そこで本研究では、ニセアカシアの生育環境条件、種子の発芽特性、河川氾濫の影響等を把握することで、ニセアカシアが分布拡大してきた要因について検討することを目的とする。また世界における移入種対策などについて文献調査を行い、多摩川におけるニセアカシアの管理対策の検討を併せて行うこととする。

1. 2 研究の概要

まず既存研究より、ニセアカシアの生態について文献調査を行った(3章)。次に多摩川の河川敷におけるニセアカシア群落の分布の変遷を把握するために、1979年、1985年、1995年に作成された既存の植生図を基にニセアカシア群落の拡大傾向を解析した(4.1章)。

地形条件と植生との関係を把握するために、多摩川の中流域(河川河口部から40.2～58.9km)を対象に川に対して横断方向に調査ベルトを9箇所設定し、地形、表層土砂および植生の調査を行った。樹林が成立しているところについては、毎木調査も併せて実施した(4.2章)。

ニセアカシアの種子による繁殖の貢献度を検討するために、河川敷の踏査による実生の分布調査、豆果および種子の攪拌実験、また濃硫酸処理を行った種子の発芽実験を行った(4.3章)。

また、多摩川直轄河川区域の上流、多摩川河口部から58.6km付近(東京都青梅市)を対象とし、植生の空間分布と地形条件との関係を把握するために、複数時期に撮影された空中写真や赤外カラー空中写真、1979年、1984年、1995年に作製されている既存の植生図、また1975年、1985年、1995年に作製されている河川平面図からGISデータベースを整備し、これを用いた解析及び、現地調査による確認を実施した(4.4章)。

同様の対象地域において、洪水流による物質輸送とそれによる高水敷土壌中の栄養塩環境の形成に関する現地観測および数値計算を実施した(4.5章)。

併せて、移入種に関する取り組みについて、国際的な動向および国内での取り組みについて調査を行った(5章)。

これらの調査結果に基づき、多摩川河川敷のニセアカシアの管理方法について提言を行った(6章)。

参考文献

- 1) 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, 第42号, 1999, pp.17-27, 1999.
- 2) 李参熙, 藤田晃一, 塚原隆夫, 渡辺敏, 山本晃一, 望月達也: 礫床河川の樹林化に果たす洪水と細粒土砂流送の役割, 水工学論文集, 第42巻, pp.433-438, 1998.

2. 研究計画

(1) 調査項目

本研究は1999年4月から2001年3月の合計2ヶ年計画で行った。各年における調査計画は以下の通りである

(a)1999年

1999年度は、多摩川の河川敷におけるニセアカシア群落の分布の変遷を把握するために、1979年、1985年、1995年に作成された既存の植生図を基に解析を行う。また地形条件と植生との関係を把握するための予備調査を行う。ニセアカシアの種子による繁殖の貢献度を検討するために、河川敷の踏査による実生の分布調査を行う。

植生の空間分布と地形条件との関係を把握するために、複数時期に撮影された空中写真や赤外カラー空中写真、1979年、1984年、1995年に作製されている既存の植生図、また1975年、1985年、1995年に作製されている河川平面図からGISデータベースを整備する。

ニセアカシアの繁茂が生じている、多摩川中上流域(東京都青梅市、多摩川河口部から58.6km付近)を対象として、観測対象地を設定し、地形測量、高水敷土壌のサンプリング、植生分布調査を洪水前後に実施する。

移入種に関する取り組みについては、国際的な動向および国内での取り組みについて調査を行う。

(b)2000年度

2000年度は、地形条件と植生との関係を把握するために、多摩川の中流域(河川河口部から40.2~58.9km)を対象に川に対して横断方向に調査ベルトを9箇所設定し、地形測量、表層土砂および植生の調査を行う。樹林が成立しているところについては、毎木調査も併せて実施する。ニセアカシアの種子による繁殖の貢献度を検討するために、河川敷の踏査による実生の分布調査を引き続き実施する。2000年度はさらに豆果および種子の攪拌実験、また濃硫酸処理を行った種子の発芽実験を行う。

植生の空間分布と地形条件との関係を把握するために、1999年に作製したGISデータセットを用いた解析及び、現地調査による確認を実施する。

洪水流による細粒土壌の輸送特性およびそれによる高水敷土壌中の栄養塩環境の形成を明らかにするために、1999年に生じた洪水を対象に、中上流域(河川河口部から58.6km付近)において観測されたデータを用い、数値計算を実施する。数値計算は、水深平均された連続式、運動量方程式、浮遊砂の輸送方程式を基礎方程式とし、一般曲線座標系を用いて実施する。

移入種に関する取り組みについては、引き続き国際的な動向および国内での取り組みについて調査を行う。

各調査結果を踏まえ、多摩川河川敷のニセアカシアの管理方法について提言を行う。

(2) 調査体制

本研究においては図-2.1.1の通りの調査体制の元で進めた。

| 氏名 | 研究分担課題 | 現職・専門 |
|-------|-----------------------------------|----------------------------|
| 池谷 奉文 | 総括 | (財)日本生態系協会 会長 |
| 高橋 俊守 | 植生調査、地形測量、土壌調査、空中写真の判読およびGISによる解析 | (財)日本生態系協会 主任研究員 河川環境計画 |
| 川池 芽美 | | (財)日本生態系協会 研究員 河川環境計画 |
| 熊谷 雄介 | | (財)日本生態系協会 研究員 植物生態学 |
| 池田 駿介 | 流れおよび土砂、栄養塩に関する調査、地形測量 | 東京工業大学 教授 河川工学 |
| 戸田 祐嗣 | | 東京工業大学 助手 河川工学 |
| 倉本 宣 | 植生調査および植物の生理特性 | 明治大学農学部 助教授 植物生態学 |

図-2.1.1 本研究における調査体制

3. ニセアカシア (*Robinia pseudoacacia*) とは

ニセアカシアはハリエンジュとも言われており、北米アパラチア山脈南部原産のマメ科の木本植物である(図-3.1.1)。当地では、Black locust あるいは、False acacia と呼ばれている。

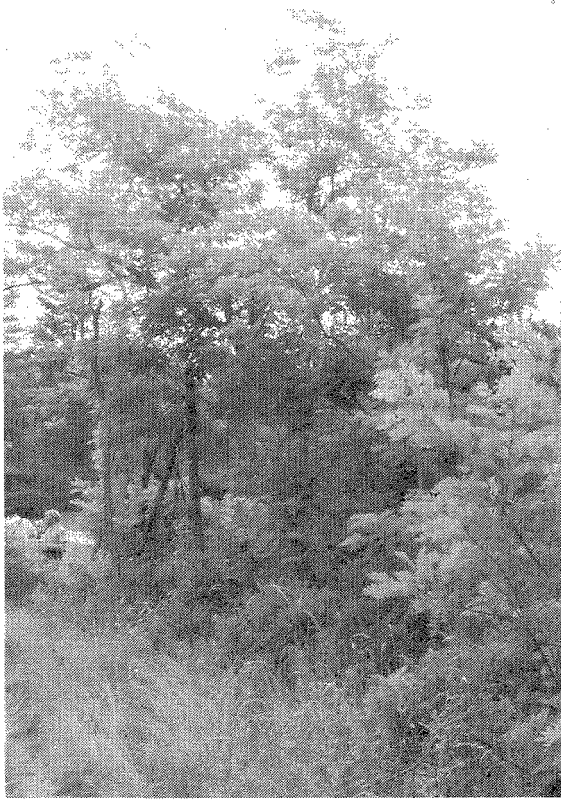


図-3.1.1 アパラチア山脈(シェナンドア国立公園)におけるニセアカシア林

ニセアカシアは、原産国である北米においても問題のある植物種として注目されており、既にいくつかの研究や駆除対策が行われている。国家レベルでは移入種として位置づけられていないものの、例えばミズリー州では移入種として位置づけられ、Missouri Vegetation Management Manual が作成されている¹⁾。また、アメリカにおける最大規模の自然保護 NGO の The Nature Conservancy では Wildland Invasive Species Program を立ち上げており、侵入種の対策を各種提案しており、ニセアカシアについても、その生態および管理方法について ESA (Element Stewardship Abstract : 環境管理の要旨) としてまとめられている²⁾。先述のミ

ズリー州によってまとめられたマニュアルにおいても、この ESA が参照されている。

本説においてはこの The Nature Conservancy による ESA に基づき、ニセアカシアのハビタットおよび生態について以下にまとめた。

(1) 原産国における自然分布の範囲と気候

ニセアカシアの自然状態での分布域は、アパラチア山脈の中部～南部にかけての一带、およびオーザック地方の2地域である(図-3.1.2)。自然状態では、年間降雨量約 100～150mm の多湿な気候条件化に生育する。

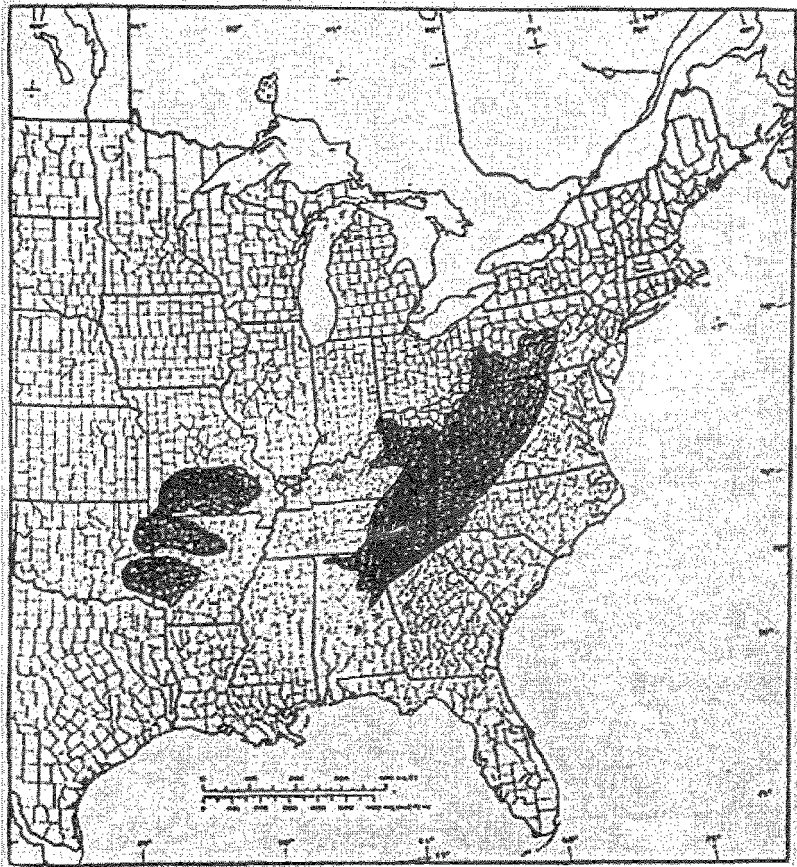


図-3.1.2 ニセアカシアの本来の分布域³⁾

(2) 侵入と分布拡大

ニセアカシアは各地において防災林や、崩落地などでの造山事業などに用いられている。また、米国では古い田畑や石炭の採掘のために露天掘りされた土地に広範囲に植林されてきたため、出現は局所的で一時的であるが、広範囲に分布する。一度ある地域に導入されると、即座にその分布範囲を広げ、より乾燥した地域にも広く侵入していく傾向がある。本来の分布域以外では、乾燥した砂地の草原地帯や oak savanna、高台の林縁へと侵入していき、在来の植生に深刻な脅威を与えている。

(3) 土壌条件および pH、水分条件について

ニセアカシアは、過度に乾燥、あるいは堅密で可塑性のある土壌以外では、あらゆる土壌において生育可能と考えられる。とりわけ石灰岩土壌は生育に適しており、下層土の発達が見られない土壌を最も好む。汚染された酸性の河岸の土壌においても他の多くの木に比べ、生存率が高い。

米国中央部で行われているプランテーションにおいては、ニセアカシアの生長が、土

壤の透水性や通気性に影響を与える下層土の可塑性や堅密度、構造などの特性と大きく関連していることがわかった。また、鉍物質の栄養塩の含有量や、土壌の pH 値(4.6~8.2)はニセアカシアの生長にはさほど影響しないことが考えられる。

ニセアカシアの成長が遅くなるのは、とりわけ表土が浅く(下層土までの厚さが約35cm以下)、水はけが悪く、堅密な可塑性のある下層土の場合であることがわかった。

(4)繁殖と初期生長

1つの豆果には概ね4~8個の種子が入っており、種子の外皮は硬く、比較的水を通さない。1年以上または2年以上の間隔で種子を大量に生産し、それ以外の年では少量の種子を生産する。樹齢15~40年の個体が種子を最も多く生産するが、樹齢6年、あるいは60年以上でも種子の生産は可能である。豆果は冬から早春にかけて樹上で開く。

種子が大量に生産されるにもかかわらず、ニセアカシアの実生は希である。不浸透性の外皮が覆っているため、発芽する種子はほとんどない。外皮は、硫酸または湯に浸す、傷をつけるなどの処理により、柔らかくすると発芽させることができる。

ニセアカシアは、幅広い立地条件において生育が可能であるが、他の樹木やつる植物、草本植物との競争下では生長は芳しくない。また水はけが悪く、粗めの土壌成分においても生長はよくない。

実生は初期段階での生長が著しく、最初の10年間における年平均の生長は、中程度の立地条件であれば15~30cm、条件のよい立地では年平均生長は1.2mまたはそれ以上に達することもある。実生の年平均直径生長率は、条件の悪い立地においては約0.4cm、好条件の立地では1.3cmにまで及ぶ。これが萌芽由来の個体の成長であると、成長率がさらにあがる。

(5)無性生殖、根萌芽、萌芽枝

もっとも自然なニセアカシアの繁殖は、根萌芽および切り株からの萌芽による栄養繁殖である。根萌芽は、根の内生の不定芽から生じる。萌芽枝は根冠の休眠芽または樹幹の低い部分から発生する。

ニセアカシアは、根萌芽によって最も多く、精力的に繁殖する。根萌芽は、樹齢4~5年の若いニセアカシア個体であれば、広範囲な毛根システムから自然に発生する。ほとんどの根萌芽は、古い根から別な根が枝分かれしているところから発生する。実験によれば、根の前年の直径生長が0.64~2.54cmの範囲にあると、根切りによる根萌芽の発生量をもっとも多かったことがわかった。根萌芽の発生量は、傷、温度、季節的、生理的な変化によって影響される。

根に対する物理的な傷害は、根萌芽を促進させてしまう。萌芽枝は、火事や風、伐採、疾病などによりニセアカシアの地上部が取り除かれたときにもっとも顕著となる。とりわけ、晩秋および冬に伐採した樹齢60年以下の個体は最も精力的に萌芽を発生させる。

根株からの萌芽枝は頂芽優性により根萌芽の形成を抑制することがわかっている。

(6) 他種との競争および他種に与える影響

ニセアカシアは遷移の初期段階に出現する種で陽樹であり、耐陰性がなく、優占種として群落を形成する以外は、他の樹木が密生する群落においては確認されない。しかし生長する空間があるところでは、その高い成長率により、より耐陰性のある種との競争にも生き残ることができる。また萌芽によって密な林を形成し、林内は暗くなり、下層植生も少ない。

ニセアカシアが形成する樹陰は、光を好む植物の競争力を低下させる。また大きくて香りの強い花は、ハチ類を引き寄せるため、在来の植物の受粉が妨げられる。

(7) 管理

ニセアカシアはまた、崩落地でないような砂質の草原においても侵入可能で、乾燥草原、砂質の草原およびサバンナに侵入し、在来の植物種を被陰してしまい、問題となっている。ニセアカシアの萌芽能力は非常に長けており、現在のところニセアカシアを効果的に制御する技術はない。伐採や焼き払うことは、一般的には根萌芽と萌芽枝の生産を増加させてしまう可能性が高い。現在米国で行われているニセアカシアは管理方法としては、化学薬品による制御が行われている場合が多い。その成功率もさまざまで、一度枯死したと考えられた個体であっても、数年して萌芽枝を発生させた事例がある。使用されている化学薬品には、様々な種類が試されているが、効果は散布方法(地上部に吹きかける、伐採後の切り株に塗るなど)、散布時期などによっても異なる。また、薬品を使用した場合、他の植物への影響も懸念される。

参考文献

- 1) Missouri Department of Conservation : Missouri Vegetation Management Manual, <<http://www.conservation.state.mo.us/nathis/exotic/vegman/two.htm>>, last modified: 04. April. 2001.
- 2) The Nature Conservancy : Element Stewardship Abstract for *Robinia Pseudoacacia*, <<http://tncweeds.ucdavis.edu/esadocs/robipseu.html>>, updated: May 2000
- 3) Keresztesi, B., : The black locust, *Unasylyva*, vol. 32, No. 127, pp22-33.

4. 多摩川におけるニセアカシアの生育について

4. 1 多摩川におけるニセアカシア林の分布

かつては丸石河原が広がっていた多摩川において、1980年頃からとりわけ多摩川中流域においては森林面積が増加傾向にあることが報告されており²⁾、多摩川における河川環境がそのかつての姿と異なるようになった。多摩川におけるこの森林化は主にニセアカシアの繁茂によるものであり、最初に持ち込まれたのは、水源林における19世紀前半に行われた治山事業や、農用林的目的や早期緑化を目的とした植林によるものであると考えられている²⁾。本節では、多摩川におけるニセアカシア群落の分布状況についてその変遷を把握するために、既存資料(植生図)による調査を行った。

(1) 調査方法

本研究では、多摩川におけるニセアカシア群落の分布状況を把握するために、1979年および1985年、1995年に作成された植生図³⁾⁴⁾⁵⁾を用いて、植生図が作製されている河川区域内を2km区間に区切り、ニセアカシア群落についてその規模および群落数の調査を行った。

河川における植生は、洪水などによって著しく変化するため、植生図もまた作製時期に大きく左右される。そのため、異なる時期に作製された植生図を単純に比較することはできないが、概ねの傾向を把握するには有力な資料となる。

(2) 調査結果

調査した結果、年代別に表-4.1.1~4.1.3の結果が得られた。またそれぞれの年代間における増加率を算出したところ、表-4.1.4の結果が得られた。これらの結果によると、1979年頃の多摩川では1haを越える規模のニセアカシア群落は存在せず、0.1ha未満の群落が河口から43.0km~55.0kmの区間を中心に分布していたことがわかった。その後、1985年では1979年と比較し、総群落数・総面積数ともに約1.7倍、1995年の植生図については、総群落数が約2倍、総面積については約5倍に増加しており、全体的に強い増加傾向にあるといえる。45.0km~47.0km区間においては、いずれの年代においてもニセアカシア群落が最も広く分布する地域であった。

河口に近い下流域(0km~19km)については、植生図によるニセアカシア群落はいずれの時代でも確認されず、最下流域においては生育に適した立地条件ではないと言える。これはこの区間における河川敷でのグラウンド造成など、人為的な攪乱と関係していることが植生図から予想された。

また、1979年から1995年にかけてニセアカシア群落の増加率を見るとニセアカシア群落の増加傾向が45km~47km区間を中心に上流および下流に向けて拡大していることが読みとれた。

表-4.1.1 1979年作製の植生図におけるニセアカシア林の分布状況

| 河口からの距離(km) | 0~ | | 21.0~ | | 23.0~ | | 27.0~ | | 29.0~ | | 31.0~ | | 33.0~ | | 35.0~ | | 37.0~ | | 39.0~ | | 41.0~ | | 43.0~ | | 45.0~ | | 47.0~ | | 49.0~ | | 51.0~ | | 53.0~ | | 55.0~ | | 57.0~ | | 59.0~ | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | 21.0 | 23.0 | 25.0 | 27.0 | 29.0 | 31.0 | 33.0 | 35.0 | 37.0 | 39.0 | 41.0 | 43.0 | 45.0 | 47.0 | 49.0 | 51.0 | 53.0 | 55.0 | 57.0 | 59.0 | 61.0 | 63.0 | 65.0 | 67.0 | 69.0 | 71.0 | 73.0 | 75.0 | 77.0 | 79.0 | 81.0 | 83.0 | 85.0 | 87.0 | 89.0 | 91.0 | 93.0 | 95.0 | 97.0 | 99.0 | | | | | | | | | |
| 群落数 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 3 | 10 | 4 | 5 | 1 | 1 | 7 | 14 | 25 | 10 | 23 | 12 | 20 | 8 | 7 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0~0.1(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.1~0.3(ha) | 2 | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.3~0.5(ha) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.5~0.7(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.7~1.0(ha) | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0~1.9(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0~3.0(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.0~4.0(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.0~5.0(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.0(ha)~ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 群落数(小計) | 0 | 6 | 2 | 6 | 1 | 3 | 11 | 5 | 6 | 0 | 8 | 14 | 28 | 11 | 25 | 13 | 21 | 9 | 9 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 平均面積(ha) | 0 | 0.16 | 0.05 | 0.21 | 0.85 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.08 | 0.00 | 0.07 | 0.05 | 0.10 | 0.10 | 0.06 | 0.08 | 0.06 | 0.07 | 0.11 | 0.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 面積(ha) | 0.00 | 0.95 | 0.10 | 1.25 | 0.85 | 0.15 | 0.70 | 0.40 | 0.45 | 0.00 | 0.55 | 0.70 | 2.90 | 1.10 | 1.55 | 1.00 | 1.20 | 0.60 | 0.95 | 0.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 群落数(合計) | | 171 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 総面積(ha) | | 15.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表-4.1.2 1985年作製の植生図におけるニセアカシア林の分布状況

| 河口からの距離(km) | 0~ | | 17.0~ | | 19.0~ | | 23.0~ | | 27.0~ | | 29.0~ | | 31.0~ | | 33.0~ | | 35.0~ | | 37.0~ | | 39.0~ | | 41.0~ | | 43.0~ | | 45.0~ | | 47.0~ | | 49.0~ | | 51.0~ | | 53.0~ | | 55.0~ | | 57.0~ | | 59.0~ | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--|--|--|--|--|--|--|
| | 17.0 | 19.0 | 21.0 | 23.0 | 25.0 | 27.0 | 29.0 | 31.0 | 33.0 | 35.0 | 37.0 | 39.0 | 41.0 | 43.0 | 45.0 | 47.0 | 49.0 | 51.0 | 53.0 | 55.0 | 57.0 | 59.0 | 61.0 | 63.0 | 65.0 | 67.0 | 69.0 | 71.0 | 73.0 | 75.0 | 77.0 | 79.0 | 81.0 | 83.0 | 85.0 | 87.0 | 89.0 | 91.0 | 93.0 | 95.0 | 97.0 | 99.0 | | | | | | | |
| 群落数 | | 4 | 5 | 5 | 6 | 3 | 1 | 1 | 2 | 6 | 5 | 17 | 42 | 34 | 19 | 38 | 29 | 11 | 8 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0~0.1(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.1~0.3(ha) | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.3~0.5(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.5~0.7(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.7~1.0(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0~1.9(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0~3.0(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.0~4.0(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.0~5.0(ha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.0(ha)~ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 群落数(小計) | 0 | 5 | 7 | 6 | 9 | 3 | 9 | 5 | 20 | 43 | 42 | 23 | 39 | 31 | 12 | 12 | 12 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 平均面積(ha) | 0 | 0.08 | 0.28 | 0.29 | 0.10 | 0.07 | 0.10 | 0.10 | 0.00 | 0.07 | 0.05 | 0.13 | 0.08 | 0.10 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.12 | 0.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 面積(ha) | 0.00 | 0.40 | 1.95 | 1.75 | 0.90 | 0.60 | 0.30 | 0.90 | 0.00 | 1.45 | 2.30 | 5.45 | 1.75 | 2.35 | 2.10 | 2.05 | 0.75 | 1.40 | 0.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 群落数(合計) | | 296 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 総面積(ha) | | 26.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

参考文献

- 1) 星野義延：多摩川中流域の河川敷におけるニセアカシア林の分布拡大，日本生態学会大会講演要旨集，第46回，1999.
- 2) 皆川朋子：人為的インパクト，河川生態学術研究会多摩川研究グループ編 多摩川の総合研究 永田地区を中心として，リバーフロント整備センター，pp107-114，2000.
- 3) 奥田重俊・曾根伸典・藤間 子・富士堯：多摩川河川敷現存植生図(縮尺 1:5000)，とうきゅう環境浄化財団，1979年.
- 4) 曾根伸典：多摩川河川敷現存植生図(縮尺 1:5000)，とうきゅう環境浄化財団，1985.
- 5) 奥田重俊・小船聡子・畠瀬頼子：多摩川河川敷現存植生図(縮尺 1:5000)，建設省関東地方建設局京浜工事事務所・河川環境管理財団，1995.

4. 2 立地条件と植生

4. 2. 1 調査の概要

多摩川におけるニセアカシア林は近年、増加傾向にあり¹⁾、その管理対策を検討するにあたっては、ニセアカシアの分布拡大のメカニズムを把握することが課題となっている。現在、多摩川の河川敷においては、成熟した密なニセアカシア林をみることができ、そのような安定したニセアカシア林が成立するまでには、侵入・定着、成長、成熟といった生育段階を経ていると想定することができ、これらの段階ごとに関係する立地条件を把握することは、ニセアカシアの分布拡大のメカニズムを検討する上で重要であると考えられる。これまで河川敷におけるニセアカシア林の成立には、とくに表層細粒土砂の有無が大きく影響していることが明らかになっている²⁾。しかし表層細粒土砂の有無などの立地条件がニセアカシアのどの生育段階において重要なのか、それらの関係についてはまだ詳細は明らかになっていない。そこで本節では、河川敷におけるニセアカシアの生育に影響を与える立地条件を明らかにすることを目的に、地形(水面からの距離および比高、河口からの距離)、表層土砂のタイプ、表層細粒土砂の堆積厚といった立地条件と、ニセアカシアの生育状況との関係を把握するための調査・解析を行った。

4. 2. 2 方法

(1) 調査地概要

4.1章および現地踏査の結果を踏まえ、ニセアカシア群落の拡大傾向が著しい範囲を含み、かつ人為的な影響が少ないと考えられる箇所を調査地の候補地として選定した。地形の把握を容易にするため、国土交通省が定期的に行っている横断測量の測線を中心に抽出を行ったが、現地踏査により必要が認められた箇所については、測線以外の地点であっても調査地とした。その結果、河口からの距離 40.2km、40.8 km、42.0 km、49.0 km、57.8km、58.0 km、58.5 km、58.6 km、58.9km 付近の各地点を調査地とし、それぞれ河道の断面方向にベルトトランセクトを設定した。

(2) 調査方法

各ベルトトランセクトにおいては、DGPS((株)ソキア製)を用いて地形測量を行い、地形断面図を作成した。またベルトトランセクト上で相観植生が変わるごとに、その群落内にコドラートを設置し、植生調査と土壌調査を行った。また樹木を含む群落については、毎木調査も合わせて実施した。

地形測量については、DGPS を用いて、水際、相観植生の変換点、コドラートの中心点について地点情報を取得した。取得された地点情報から、1997年に測量・製図された河川平面図(国土交通省京浜工事事務所)および2000年2月に測量された横断測量の

結果を用いて、水際からの距離、比高を算出した。なお既存の横断測量データの得られないベルトについては、トランシット((株)ソキア製)を用いて地形測量を行った。

植生調査は、草本群落および上層の樹木の被覆度がおよそ50%を超える木本群落については、コドラートの一边の長さが群落高の高さと同じになるように設定し、ブラウン・ブランケの植物社会学的手法に基づき、種ごとに被度・群度を記録した。本研究では、樹林化のメカニズムを考察するにあたり、ニセアカシアをはじめとする樹木の定着初期の立地条件についても把握する必要があると考えられた。そのため、今回の調査では裸地や草本群落の中に疎らに生育する樹木(以下、疎林とする)についても群落として捉え、樹木が生育しない裸地や草本群落とは区別し、別個にコドラートを設置して調査した。この際、疎林のコドラートの一边の長さを上木の高さと同じになるように設定すると、実際よりも密度が高く計測される場合があるため、コドラートに含まれる樹木の密度が実際の状態を反映するよう、コドラートの一边の長さは、対象とする群落の高さ(群落内の樹木の高さ)よりもかなり長く設定した。

毎木調査は、コドラート内に樹木が出現した場合に実施し、樹種、胸高直径、樹高を記録した。

各コドラートの立地条件を表す環境条件として、水際からの距離、水面からの比高、土砂タイプ、表層細粒土砂の堆積厚を測定した。測定箇所は各コドラートの中央とした。土砂タイプは、レキ、レキ・砂混合(レキの間を砂が埋める状態)、砂の3タイプとした。表層細粒土砂の堆積厚は、検土杖を突き刺して、土中に挿入できる長さを3回以上計測し、この平均値とした。

4. 2. 3 結果

(1) 植生タイプおよびニセアカシアの生育状況

(a) 植生タイプの内訳

今回植生調査を行った計64箇所のコドラートの植物群落の内訳を図-4.2.1に示す。植物群落の区分は、植被率および、優占種またはもっとも被度の高い種を基準とした。樹木を含む群落は、樹木の植被率が40%以上のものを「樹林」、40%未満のものを「疎林」として定義した。同様に、草本群落は、植被率が40%以上のものを「草地」、40%未満を「疎らな草地」として定義した。

樹林および疎林では、ニセアカシアが優占もしくは主要な種となっている群落がほとんどであった。また今回確認された中では、ツルヨシ、オギといった種が優占する草地の割合が半分以上を占めていた。

(b) ニセアカシアの生育状況

図-4.2.2に、樹林および疎林に分類されたニセアカシアの群落について、ニセアカシ

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|----------------|------------|--------------|-----------|-----------|---------------|------------|---------------|------------|-----------------|---------------|------------|
| ニセアカシア (8) | その他 (2) | ニセアカシア (10) | その他 (3) | ツルヨシ (11) | オギ (6) | クズ (4) | オオブタクサ (3) | ススキ (2) | オオイヌタデ (2) | その他 (3) | ヒメムカシヨモギ (4) | オオイヌタデ (3) | 無植生 (3) |
| 樹林 | | 疎林(※1) | | 草地 | | | 疎らな草地(※2) | | | | 裸地 | | |

※1 樹木の植被率が40%以下の樹林

※2 植被率40%以下の草地

図-4.2.1 確認された植生群落の内訳
(優占種または被度の最も高い種による分類)

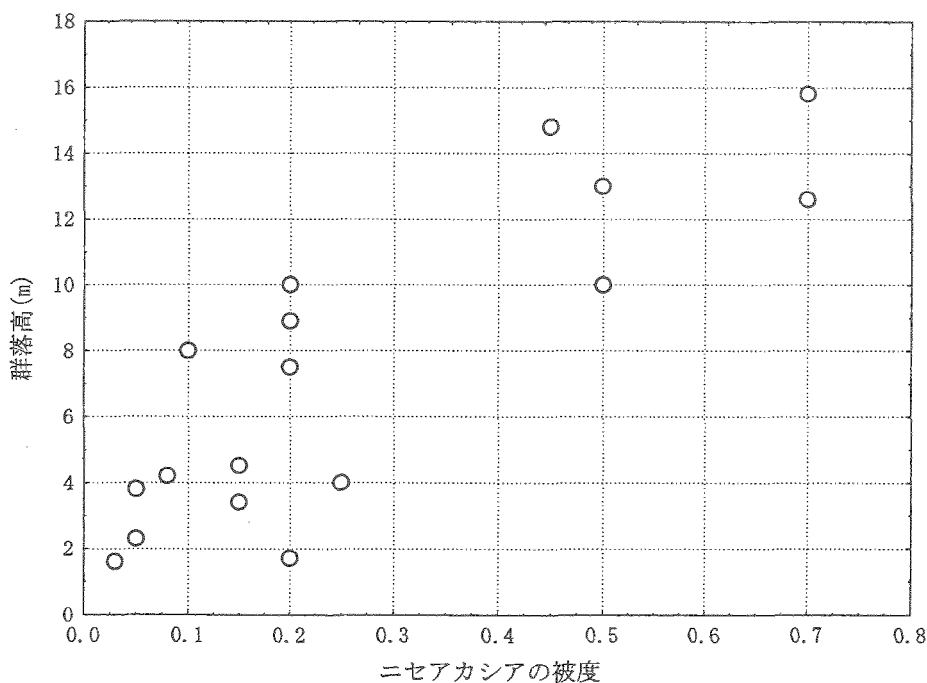


図-4.2.2 ニセアカシア群落の被度と群落高の関係

アの被度と群落高の関係を示す。樹林に分類されたニセアカシア群落では、ニセアカシアの被度も50%程度以上あり、すべて群落高が10m以上であることから、安定したニセアカシア群落であることがわかる。疎林に分類されたニセアカシア群落では、ニセアカシアの被度はいずれも30%以下であり、群落高は最大でも10mであった。とくに高さ5m以下の群落の割合が高く、これらは定着してからの年月がまだ比較的短い群落であると考えられる。

図-4.2.2をもとにニセアカシアの群落を生育状況別にタイプ区分した。すなわち、タイプ1：ニセアカシアの被度40%以下かつ群落高5m以下、タイプ2：ニセアカシアの被度40%以下かつ群落高5m以上、タイプ3：ニセアカシアの被度40%以上の3つのタイプに分けた。各生育タイプの表層土砂タイプの内訳を図-4.2.3に示す。表層土砂がレキおよびレキ・砂混合である群落は、タイプ1においてのみ見られ、全体の3/4を占めている。またタイプ2・3では、表層土砂はすべて砂から構成されていることがわかる。これより、表層土砂がレキおよびレキ・砂混合である立地では、ニセアカシアは定着は可能であるものの、樹高を伸ばし、十分に成長できるほど生育に適した立地ではないことが窺える。またニセアカシアが安定して群落を形成するためには、少なくとも表層土砂が砂であることが必要な条件となっていると言える。

(2) 植生と立地条件との関係

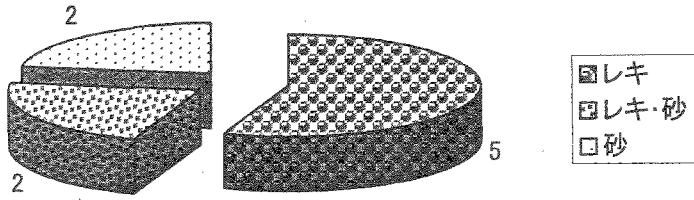
次にニセアカシア以外の植物群落も含めて、植物群落と立地条件との関係を見ていく。

(a) 植物群落の分類

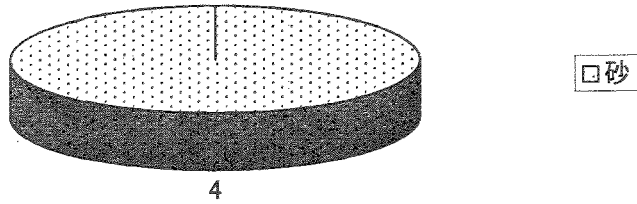
植生と立地条件との関係を明確にするために、構成種が共通している群落同士のグルーピングを行った。このグルーピングでは草本層の構成種を対象とし、TWINSPANの手法に基づき、2つ以上のコードラートで確認された計88種の植物の被度階級により分類を行った。樹林および疎林については、高木～低木層を除いた草本層の構成種のみを使用した。草本層の植生は、生育期間の短い草本植物がおもであるため、過去の環境条件の影響も受けて成立している高木～低木層の植生に比べ現況の環境条件をよく反映していると考えられる。

TWINSPANによる分類の結果を表-4.2.1、4.2.2に示す。TWINSPAN第1段階により、植生の有無を指標として2つのグループに区分された。次に第2段階の分類によって、植生のあるグループは、ヒメムカシヨモギとオオイヌタデを指標種とするグループと、ヤブガラシとオオブタクサを指標種とするグループとに二分された。最終的には、第3段階の分類によって、ヒメムカシヨモギとオオイヌタデを指標種とするグループは、ツルヨシとオオイヌタデを指標種とするグループと、ヒメムカシヨモギとメマツヨイグサとススキを指標種にするグループに分けられ、またヤブガラシとオオブタクサを指標とするグループは、オギの有無によって二分された。その結果、64の群落は5つのグ

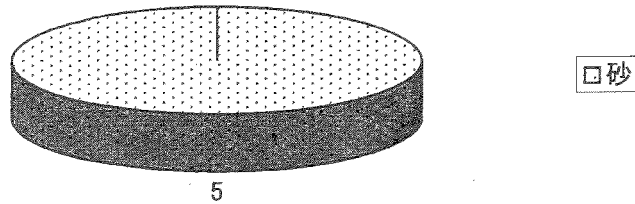
ニセアカシア群落の表層土砂タイプの内訳①
 (タイプ1: 被度40%以下・群落高5m未満)



ニセアカシア群落の表層土砂タイプの内訳②
 (タイプ2: 被度40%以下・群落高5~10m)



ニセアカシア群落の表層土砂タイプの内訳③
 (タイプ3: 被度40%以上・群落高10m以上)



(図中の数字は、サンプル数を表す)

図-4.2.3 生育状況別のニセアカシア群落の表層土砂タイプの内訳

ループに区分された。

表-4.2.1 植物種組成の TWINSpan による分類結果およびグループ分け

| 調査地点 | 分類の指標となる種 | | | 判別分析に使用したグループ | |
|--|-------------------|--------------------|------------------------------------|--|-------|
| | 第1段階 | 第2段階 | 第3段階 | | |
| 8,16,42 | 無植生 (グループ I a) | — | — | グループ1 | |
| 22,23,56,1,50,52, 53,58,44,51,57,62, ,55 | | ヒメムカシヨモギ オオイヌタデ | ツルヨシ オオイヌタデ (グループ III a) | グループ2 | グループA |
| 30,59,61,45,46,9, 25,26,43,24,48,17, ,21,27,32,40,47, 34,35,36,37,38,39, ,54,29,31,33,60 | | | (グループ II a) | ヒメムカシヨモギ メマツヨイグサ ススキ (グループ III b) | グループ3 |
| 19,41,63,64,11,12, ,14,18,49 | | ヤブガラシ オオブタクサ | (グループ III c) | グループ4 | グループC |
| 3,4,6,7,2,15,28,10, ,13,20 | | (グループ I b) | (グループ II b) | | |

この5つのグループのうち、ニセアカシアを含む群落は、グループ III b・III c・III d の3つに分かれたが、上層木の被度が 40%を超えるニセアカシア群落を含んでいたのは、グループ III c と III d であり、グループ III b には、9つのニセアカシア群落が含まれているものの、すべて上層木の被度が 40%以下の疎林であった。そのため、今回はニセアカシアの生育状況と立地条件との関係把握に重点をおく立場から、樹林のニセアカシア群落をともに含むグループ III c・III d を統合して、1つのグループとした。その結果、64箇所のサンプルは、4つのグループ(グループ 1~4)にまとめられた(表-4.2.1)。

(b) 判別分析による植生グループと立地条件との関係の解析

分類したグループと立地条件との関係を検討するために、グループを目的変数、立地条件を説明変数とする判別分析を行う。判別分析は、説明変数からつくられた合成変数の値の大小から、外的基準である目的変数の示すどのグループへ属するかを決める多変量解析の一手法であり、これにより、植物グループの分類に影響を与える要因として立地条件から検討を加えることとする。

4つのグループを対象に判別分析を実施したところ、判別モデルには河口からの距離、表層細粒土砂の堆積厚、水面からの比高、水際からの距離の4つの立地条件が取り込ま

表-4.2.2 被度階級に基づくTWINSpanによる分類の結果

| 調査区 | 14 | 225 | 555545565 | 35644 | 224241223443333352336 | 146611114 | 12112 | 種の | | |
|------------|-----|----------------|----------------------------------|------------|-----------------------|------------|------------|-----|-----|-----|
| 出現種 | 862 | 2361023841725 | 0915695634871720745678949130 | 9134124895 | 3467258030 | 分類結果 | | | | |
| 無植生 | 666 | | | | | | | 1 | | |
| ツクサ | — | —1211— | —2-1— | —12-1— | —1—1— | —1111— | —1— | —1— | 011 | |
| キクsp | — | —1— | — | — | —1— | —1— | — | — | 011 | |
| ママコシリスグアイ | — | —2— | — | — | —2— | — | — | —1 | 011 | |
| ウルヨシ | — | —22654456666— | —1— | —1111— | —32414121— | —5556— | —2— | —2— | —1— | 011 |
| ヒロハホリキク | — | —22— | 1— | — | — | — | — | — | 011 | |
| ハコベsp | — | —1—1— | — | — | — | — | — | — | 011 | |
| タネツケバナ | — | —1-1-1— | — | — | — | — | — | — | 011 | |
| オオイヌゲ | — | —44353235-2-2— | —122112-11— | —2— | —1— | —1-21— | — | — | 011 | |
| エゾノキシキシ | — | —2— | —3— | — | — | — | —1— | — | 011 | |
| マメクシハナズナ | — | — | —1— | —1-1— | — | — | — | — | 011 | |
| アメリカセンダングサ | — | —2-2-2-2— | —122-11121-1— | —1— | — | — | —1— | — | 011 | |
| メシハ | — | — | —1-1— | —11-1— | — | — | — | — | 010 | |
| マルハヤハズソウ | — | — | —21-1— | —2— | — | — | — | — | 010 | |
| ホソアゲイトウ | — | — | —212— | —1— | — | — | — | — | 010 | |
| カラスムキ | — | — | —1— | —1— | — | — | — | — | 010 | |
| カヤツリグサ | — | — | —1-1— | — | — | — | — | — | 010 | |
| オオシキソウ | — | — | —1— | —21— | — | — | — | — | 010 | |
| エノコログサ | — | — | —1— | —11-1— | —1— | — | — | —1— | 010 | |
| イヌコリヤナキ | — | — | —1-1— | — | — | — | — | — | 010 | |
| マツヨイグサ | — | — | —12211-1— | —2111-1— | —2— | — | — | — | 010 | |
| ヒメムカシヨモギ | — | —2-3-12— | —2221122-22-32112-1111112212— | — | — | — | — | —2— | 010 | |
| ネムノキ | — | — | —1— | —1— | — | — | — | — | 010 | |
| コアカサ | — | —1— | —111— | — | —2— | — | — | — | 010 | |
| オオアレチノギク | — | —1-12— | —11-12121222-2-2-11-2— | —1-2— | — | — | — | — | 010 | |
| アキノエノコログサ | — | — | —1-11-1— | —1-3— | —2— | — | — | — | 010 | |
| メドハキ | — | — | —1-1— | —32— | — | — | — | — | 010 | |
| ムラサキエノコ | — | — | —11-1— | —1-1-1-11— | — | — | — | — | 010 | |
| ヌルテ | — | — | —1— | —11— | —1— | — | — | — | 010 | |
| センニンソウ | — | — | — | —1— | — | — | — | — | 010 | |
| ススキ | — | — | —2— | —2-5— | —21546232-2— | —1— | —2— | — | 010 | |
| コセンダングサ | — | — | — | —2— | —11-1-3-1— | — | — | — | 010 | |
| キキョウ | — | — | — | — | —2-2— | — | — | — | 010 | |
| カリナガナ | — | — | — | — | —1-1— | — | — | — | 010 | |
| スキナ | — | —1— | —2— | —112— | —1— | — | — | — | 010 | |
| ヨモギ | — | —2223-21-2— | —122-1-2-23-441113221122331— | — | —2— | —1213— | — | — | 010 | |
| 調査区の | 111 | 000000000000 | 00000000000000000000000000000000 | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 | | | |
| 分類結果 | | 000000000000 | 00000000000000000000000000000000 | 1111111111 | 1111111111 | 1111111111 | 1111111111 | | | |
| | | 000000000000 | 11111111111111111111111111111111 | 0000000000 | 1111111111 | | | | | |

分類結果：調査区での分類では上が、種の分類結果では左が上位の分類となる。各レベルでは0または1に二分される。このように、上位の分類をさらに下位の段階に分類している。

出現状況を示す表中の値は、被度階級に対応する(1:+, 2:1, 3:2, 4:3, 5:4, 6:5)。

表-4.2.2 被度階級に基づくTWINSPANによる分類の結果(続き)

| 調査区 | 14 | 225 | 555545565 | 35644 | 2242412234433333523361 | 466111114 | 12112 | 種の | | |
|---|-----|---------------|----------------------------------|------------|------------------------|------------|------------|----|-----|-------|
| 出現種 | 862 | 2361023841725 | 09156956348717207456789491309 | 134124895 | 3467258030 | 分類結果 | | | | |
| ハルビ ^o ン | | | | 1-1 | | 1 | | 2 | 010 | |
| クサヤキ ^o | -1 | | | 5 | | | | | 1 | 010 |
| イトリ | | | 2 | 4-22-2 | | 2 | 2-1 | 2 | | 010 |
| ヒメ ^o ヨソ | | 1 | 21 | 1 | | | 2 | 1 | | 001 |
| クサヨシ | | 1 | | 2 | 1 | | 1 | 2 | | 001 |
| カナム ^o ラ | | 32 | 1-1 | 2 | 1-3-23 | | 2-2 | | 444 | 001 |
| ウシ ^o ホ | | 1 | | | 1-1 | | 11 | | | 001 |
| ヘビ ^o イコ | -2 | | 1 | | | | 11 | | | 001 |
| タテ ^o s p | -1 | | | | | | 1 | | | 001 |
| オオ ^o コ | -1 | | 1 | | | | 1 | 1 | | 001 |
| イ ^o s p | | | 1 | 1 | | | | 2 | | 001 |
| ヨウ ^o ヤマコ ^o ホ ^o ウ | | | | | | 2 | 1 | 1 | | 001 |
| ヘク ^o カス ^o ラ | | | | 221 | 21-11-11 | 2-1-32 | 2-2 | | | 00101 |
| カテ ^o ソウ | | | | | 1-1 | 2 | | | | 001 |
| オニ ^o ルミ | | | | | | 1 | 1 | | | 001 |
| ニセ ^o アシア | | | 1 | 13-1 | | 32 | 2 | 1 | | 001 |
| アレ ^o チリ | | | | | | 2-2 | 1 | | 3-2 | 001 |
| ノイ ^o ラ | | | 1-1 | 1-2 | | 112 | 1-1 | 21 | | 000 |
| スイ ^o カス ^o ラ | | | | 11 | | 1-1-3 | 2 | | | 000 |
| ヤマ ^o ク ^o ワ | | 1 | | 1 | 1 | 11 | 11 | | | 000 |
| ヤブ ^o マメ | | | | | 2 | 2 | 2 | | | 000 |
| 低木 ^o s p | | | | 2 | | 3 | | | | 000 |
| スゲ ^o s p | | | | | 1 | 3 | | | | 000 |
| クス | | 2-3 | | 13-331 | 5 | 232144-55 | | 4 | | 000 |
| クサ ^o オ | | 1 | | 1 | | 2-2-1 | 1 | | | 000 |
| ク | 2 | | | | | 2 | 11 | | | 000 |
| エ ^o キ | | | | 11 | 1 | 11-2-1 | 11 | | | 000 |
| ヤマ ^o ノ ^o モ | | | | | | 1 | 1-11 | | | 000 |
| ヒナ ^o タイ ^o コス ^o チ | | | | | | | 11 | | | 000 |
| カキ ^o ト ^o オシ | 1 | | | 1 | 1 | 2133-2-2-2 | | | | 000 |
| オニ ^o ト ^o コロ | | | | | | 212-1 | 1 | | | 000 |
| ヤブ ^o ラン | | | | | | 2222 | 1 | | | 000 |
| ミス ^o ヒキ | | | | | | 22 | | | | 000 |
| ヒカ ^o ゲ ^o イ ^o コス ^o チ | | | | | | 1313 | 1 | | | 000 |
| ト ^o ク ^o ダ ^o ミ | | | | | | 1-1 | | | | 000 |
| シュ ^o ロ | | | | | | 11 | 1 | | | 000 |
| 調査区の | 111 | 000000000000 | 00000000000000000000000000000000 | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 | | | |
| 分類結果 | | 000000000000 | 00000000000000000000000000000000 | 1111111111 | 1111111111 | 1111111111 | 1111111111 | | | |
| | | 000000000000 | 11111111111111111111111111111111 | 0000000000 | 1111111111 | | | | | |

分類結果：調査区の種類では上が、種の種類結果では左が上位の分類となる。各レベルでは0または1に二分される。このように、上位の分類をさらに下位の段階に分類している。

出現状況を示す表中の値は、被度階級に対応する(1+: 2:1, 3:2, 4:3, 5:4, 6:5)。

れた。ウィルクスの λ 統計量によるグループ間の差の検定を行ったところ、ウィルクスの $\lambda = 0.27737$ 、 $p < 0.01$ となり、1%水準でグループ間に差がないとする帰無仮説は棄却された。2群が一致するという帰無仮説(2群間の距離を示すマハラノビスの距離の2乗が0)を検定した p 値行列は、グループ1とグループ2以外のすべての組み合わせにおいては、 $p < 0.05$ を示し、平均が異なるグループであった。グループ1とグループ2では、 $p = 0.524574$ であり、2群の平均が一致するという帰無仮説は棄却されなかった。そこでグループ1とグループ2をまとめて、3つのグループ(グループA~C)で解析をやり直すことにした(表-4.2.1)。

3つのグループの植物群落の内訳を図-4.2.4 に示す。グループAでは、ツルヨシが50%以上を占めており、オオイヌタデも含め、水際に近い植生であることが窺える。また無植生や疎らな草地を含んでおり、密生した植生が成立しない立地を一部含んでいる。グループBでは、ニセアカシアおよびその他樹木の疎林、それに疎らな草地の3つで全体の60%以上を占めており、密生した植生が成立しない立地が多いことが窺える。またヤナギ類やツルヨシなど、水際に近い植生も一部含んでいる。グループCでは、5箇所のニセアカシアの樹林がすべて含まれ、ニセアカシアの疎林もあるものの、Bグループより少ない。またオギ、クズといった乾燥立地の植生の割合が高くなっている。

3つのグループを対象に判別分析を実施したところ、判別モデルには水面からの比高、河口からの距離、表層細粒土砂の堆積厚の3つの立地条件が取り込まれた。ウィルクスの λ 統計量によるグループ間の差の検定を行ったところ、ウィルクスの $\lambda = 0.30788$ 、 $p < 0.01$ となり、1%水準でグループ間に差がないとする帰無仮説は棄却された。2群が一致するという帰無仮説を検定した p 値行列は、いずれも $p < 0.01$ を示し、平均が異なるグループであった。表-4.2.3 に判別分析の結果を示す。

表-4.2.3 3群に対する判別分析の結果

| | 判別係数 | | | F値 |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| | グループA | グループB | グループC | |
| 水面からの比高 | 1.5974 | 4.5651 | 6.252 | 48.28404 |
| 河口からの距離 | 1.2197 | 1.2636 | 1.0864 | 24.30641 |
| 細粒土砂の堆積厚 | 0.13 | 0.0954 | 0.1609 | 17.49833 |
| 定数 | -34.5919 | -39.5554 | -35.8758 | |

各立地条件が分類に寄与する度合いはF値によって示され、この値が大きいほど、その立地条件が重要な役割を果たしていることを示している。分析の結果、3グループの分類には、水面からの比高がもっとも重要な要因であり、ついで河口からの距離と表層細粒土砂の堆積厚が重要であることが示された。判別の正答率は全体では76.6%であり、その内訳はグループAが75.0%、グループBが75.0%、グループCが80.0%であった(表-4.2.4)。これにより、河川敷に成立する植物群落を分類した3つのグループは、水

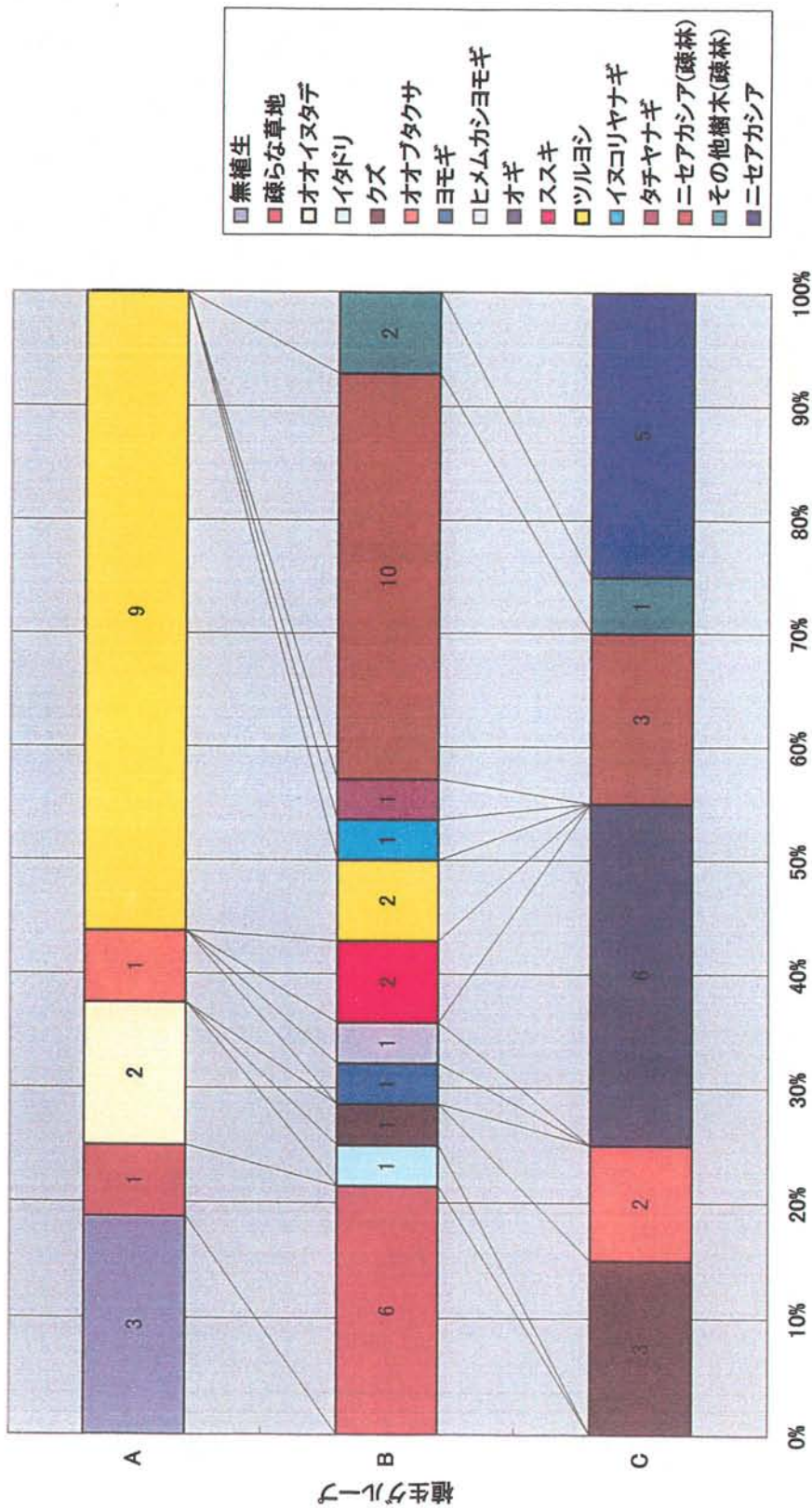


図-4.2.4 植生グループの内訳

表-4.2.4 判別の正答率および分類結果

| | 正答率 | グループA | グループB | グループC |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| グループA | 75.0% | 12 | 4 | 0 |
| グループB | 75.0% | 5 | 21 | 2 |
| グループC | 80.0% | 0 | 4 | 16 |
| 合計 | 76.6% | 17 | 29 | 18 |

面からの比高、河口からの距離、および表層細粒土砂の堆積厚によってある程度説明可能であることが示された。

関係の見られた3つの立地条件について、クラスカル・ウォリス検定を行ったところ、いずれも $p < 0.01$ となり、1%水準でグループ間に差がないとする帰無仮説は棄却された。各立地条件の箱ひげ図を図-4.2.5～4.2.7に示す。個々の2群の差については、水面からの比高については、どの組み合わせについても差が検出された($p < 0.01$ U-test)。河口からの距離および、表層細粒土砂の堆積厚に関しては、グループA・C間、グループB・C間においては差が検出された($p < 0.05 \sim 0.01$ U-test)が、グループA・B間では差が検出されなかった。

これより、グループAは、河口からの距離および表層細粒土砂堆積厚については、グループBと重なる部分が多いものの、水面からの比高については、全体の半分が約15～90cmの間に分布し、3つのグループの中ではもっとも水辺に近い範囲に位置していると言える。グループCは、3グループの中ではもっとも水面からの比高が高く、約200～320cmの間に全体の半分が分布している。今回の調査範囲内では下流よりに分布し、表層細粒土砂の堆積厚が厚い傾向にある。またグループBは、水面からの比高に関しては、グループAとCの間に位置しているものの、河口からの距離および表層細粒土砂堆積厚についてはグループAと類似する。

各グループの表層土砂タイプの内訳を図-4.2.8に示す。グループA・Bでは、レキおよびレキ・砂混合の表層土砂タイプの割合が高く半分以上を占めている。またグループAでは岩盤層の露出により軟岩が特徴的に見られる。グループCでは、表層土砂はすべて砂となっている。

(c) 河川敷における各植生グループの分布

各植生グループが確認された位置を図-4.2.9①～③の河道断面図に示す。40.2～42.0kmにかけては、グループCの割合が高く、グループA・Bは少数が水際に分布するのみである。これらの地点では複断面化が進み、水際から急勾配で比高が上昇して高水敷となっており、低～中水敷がほとんどないこと、また河川敷の幅が広く、相対的に高水敷の割合が高くなることが要因として考えられる。49.0～58.0kmにかけては、グループBが河川敷のほとんどを占め、グループCは少ない。グループAは水際に少数

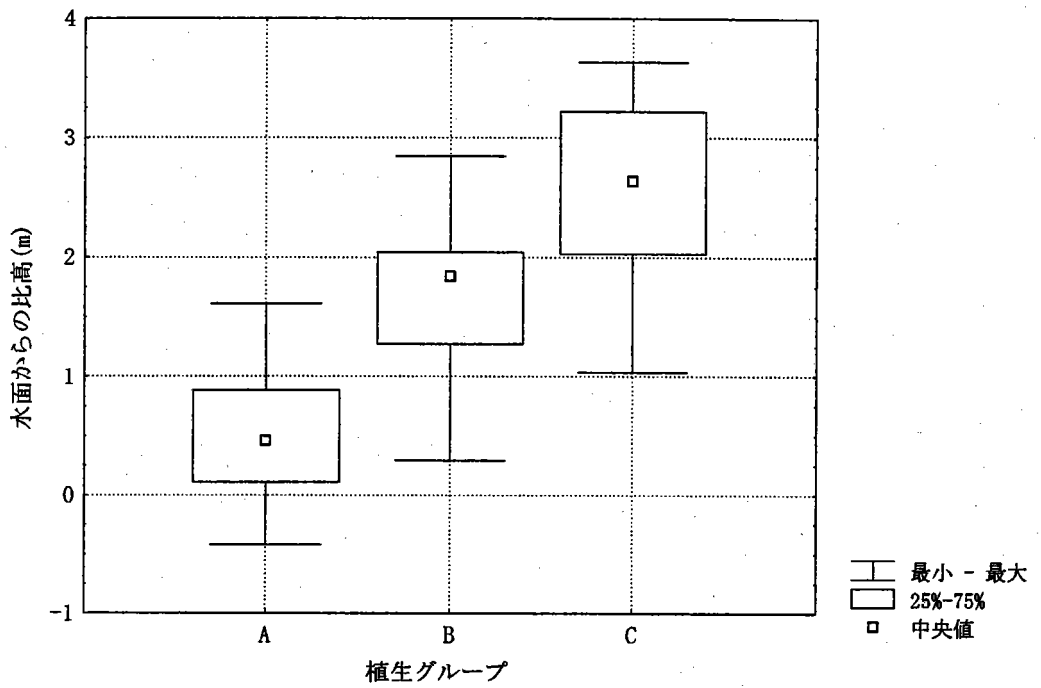


図-4.2.5 植生グループごとの水面からの比高の分布

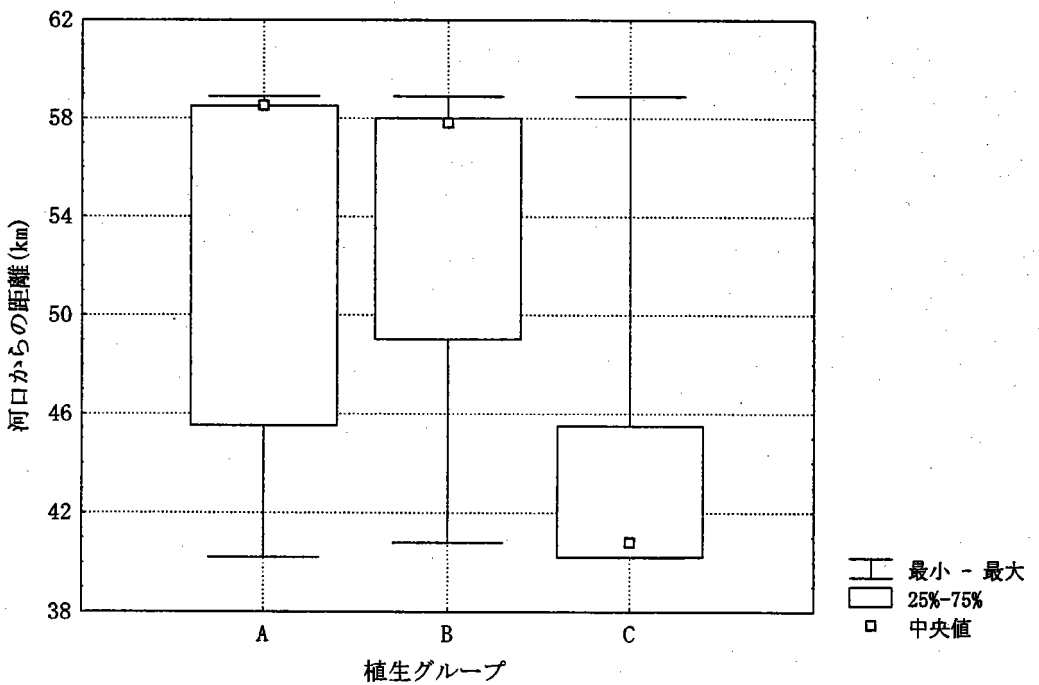


図-4.2.6 植生グループごとの河口からの距離の分布

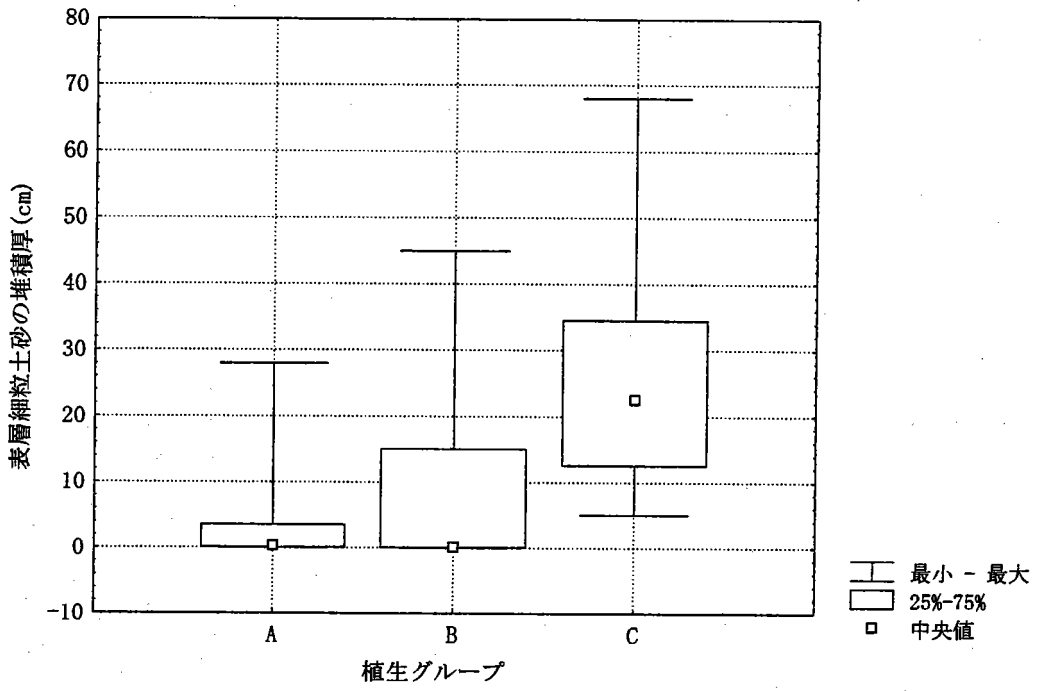
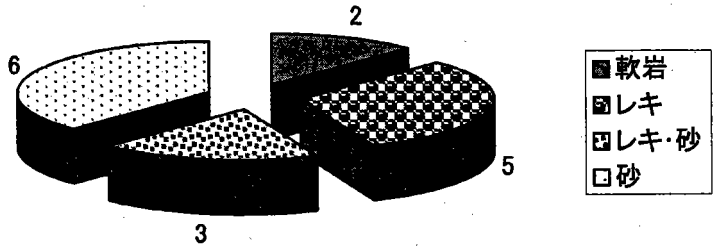
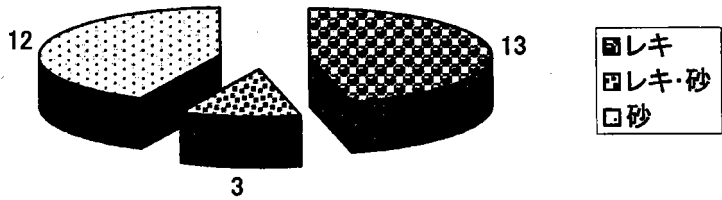


図-4.2.7 植生グループごとの表層細粒土砂堆積厚の分布

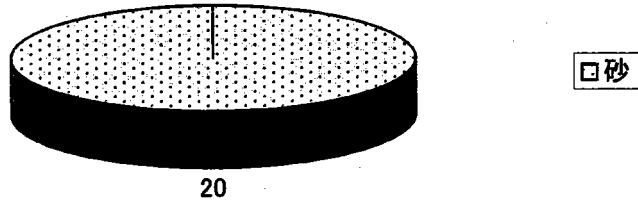
表層土砂タイプの内訳(グループA)



表層土砂タイプの内訳(グループB)



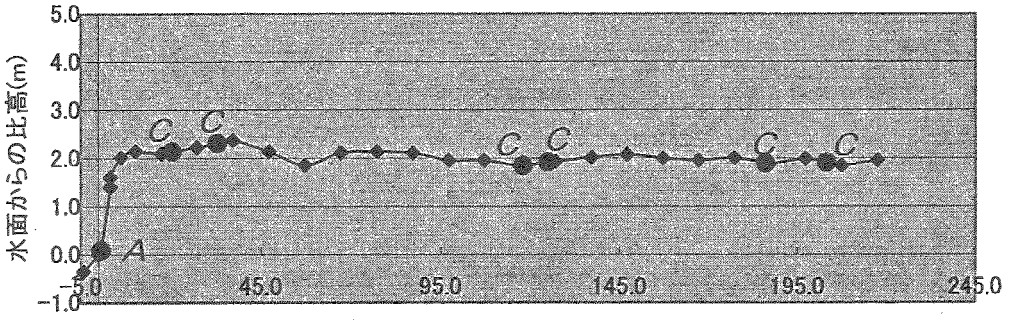
表層土砂タイプの内訳(グループC)



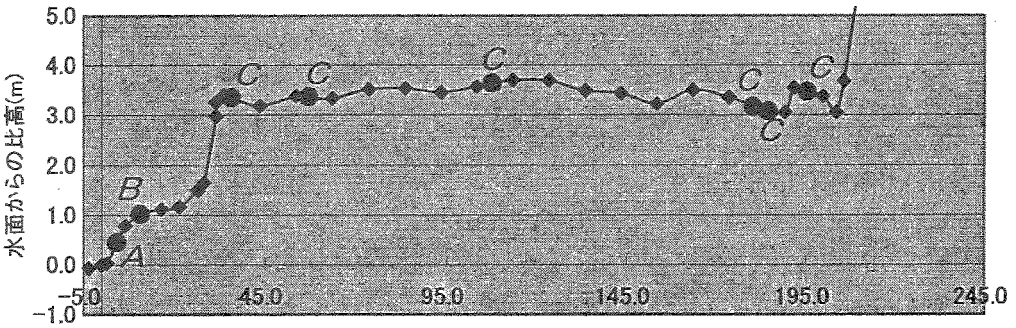
(図中の数字は、サンプル数を表す)

図-4.2.8 植生グループごとの表層土砂タイプの内訳

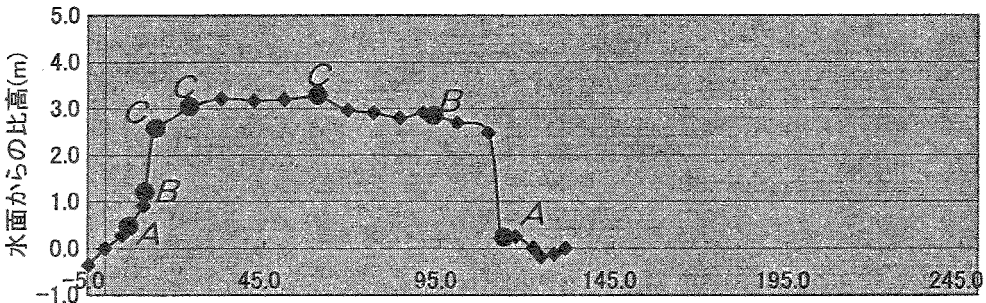
40.2km右岸



40.8km右岸



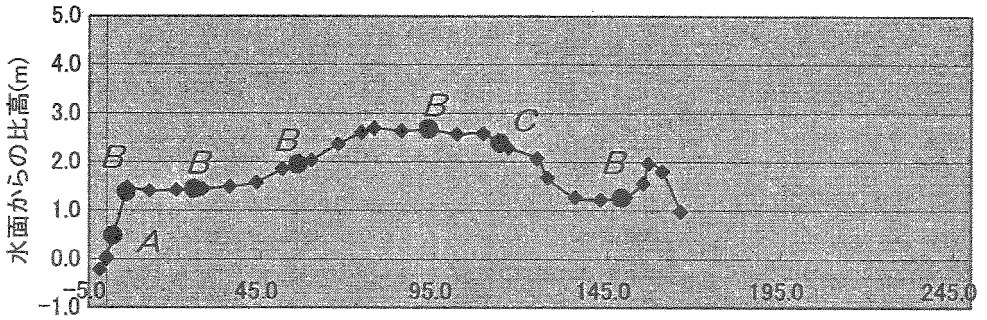
42.0km右岸



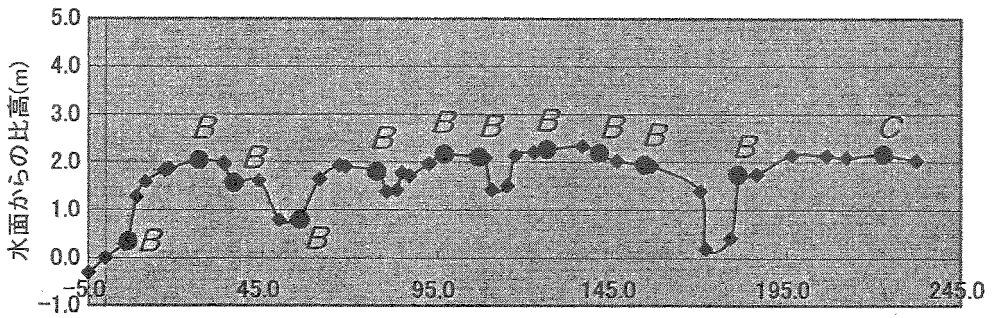
水際からの距離(m)

図-4.2.9 ① 河道断面上での植生グループの分布(その1)

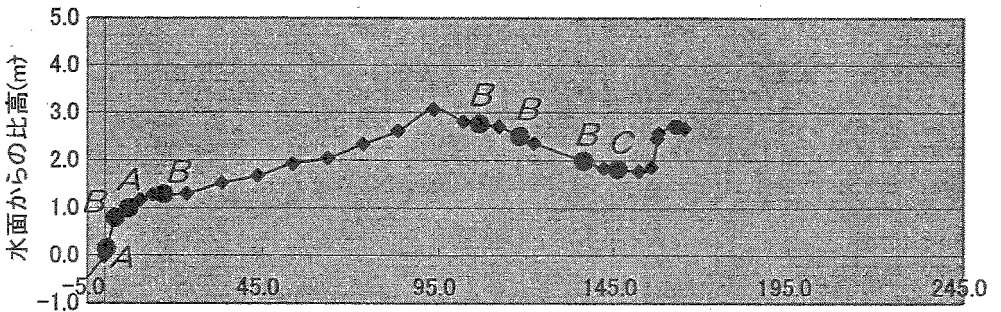
49.0km右岸



57.8km左岸



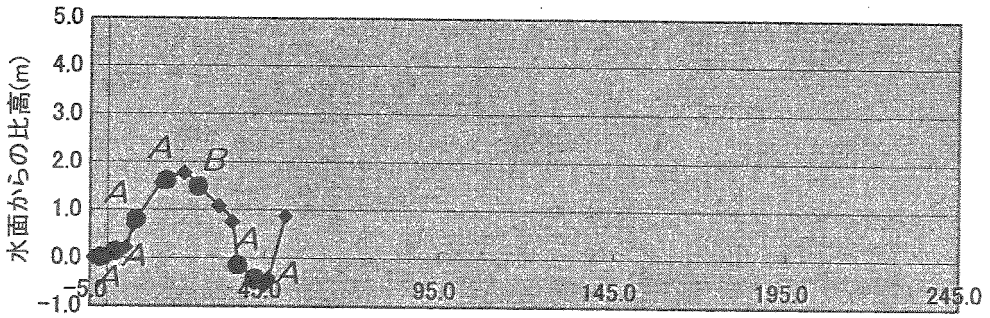
58.0km左岸



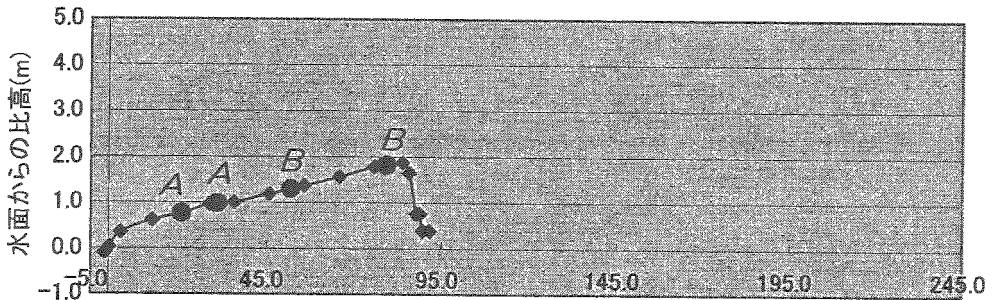
水際からの距離(m)

図-4.2.9② 河道断面上での植生グループの分布(その2)

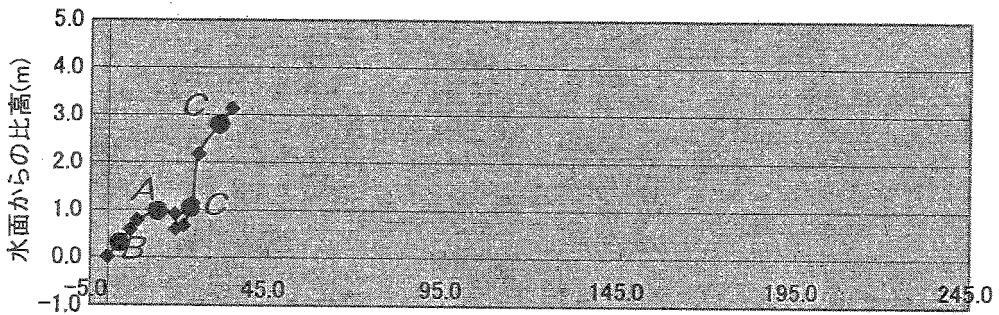
58.5km左岸



58.6km左岸



58.9km右岸



水際からの距離(m)

図-4.2.9③ 河道断面上での植生グループの分布(その3)

が分布する。水際からの比高の上昇の仕方は比較的緩やかであり、また河道から離れたところで比高が下がっている範囲を含んでいる。これらは大規模出水時の水の通り道または、かつての流路の名残と推測され、増水時には河川敷全体が比較的冠水しやすい地点であると考えられる。58.5～58.9km にかけては、グループ A の割合が高い。グループ A の分布は水際に限定されておらず、水面からの比高が 1m 前後やそれ以上のところにも分布している。58.5km および 58.6km の両地点は、1999 年 8 月 14～15 日の大規模な出水時に高水敷全体が冠水しており(4.5 章参照)、比較的大きな攪乱を受ける立地であると考えられる。

(d) 各植生グループにおけるニセアカシアの生育状況

植生グループごとのニセアカシアの生育状況およびその表層土砂タイプを図-4.2.10 に示す。ニセアカシアの被度が約半分以上と高く、群落高が 10m 以上の群落は、すべてグループ C に含まれ、反対にニセアカシアの被度が低く、群落高が 5m 以下の群落のほとんどはグループ B に含まれている。グループ C の立地環境は、ニセアカシアの成長に適しており、密生した樹林を形成することが可能であると考えられるのに対し、グループ B の立地環境では、ニセアカシアは定着は可能であるものの、密生した樹林を形成するまでには至っていないと考えられる。また同じグループ内では、表層土砂タイプが砂の群落の方が、レキまたは、レキ・砂混合の群落よりも群落高が高く、成長が進んでいることが窺える。グループ A ではニセアカシアの生育が確認されなかったため、グラフでは表示されていない。グループ A の立地環境は、ニセアカシアが定着・成長するには困難であることが示唆される。

(3) まとめ

以上の解析の結果を踏まえ、各植生グループとニセアカシアの定着・生育について以下にまとめる。

ニセアカシアが密で安定した樹林を形成するのは、グループ C の立地のように、水面からの比高が約 2～3m と高く、また細粒土砂の堆積厚が厚いという立地条件を持ったところと考えられる。このような立地は、洪水時においても植生や立地の破壊を伴うような大規模な攪乱を受けることが少ないと考えられる。本調査範囲の 40.2～42.0km の地点では複断面化が進んでおり、高水敷の大部分がグループ C の立地となる傾向があった。下流に近い区間では、上流よりの区間に比べ、ニセアカシアが樹林を形成しやすい立地条件が広く分布していると考えられる。

グループ A の立地は、多くは水面からの比高が 1m 以下で水際に近いため、洪水時に攪乱を受けやすい立地と考えられる。細粒土砂の堆積厚も小さく、表層土砂がレキやレキ・砂混合である割合が高い。グループ A にニセアカシアの群落が 1 つも含まれな

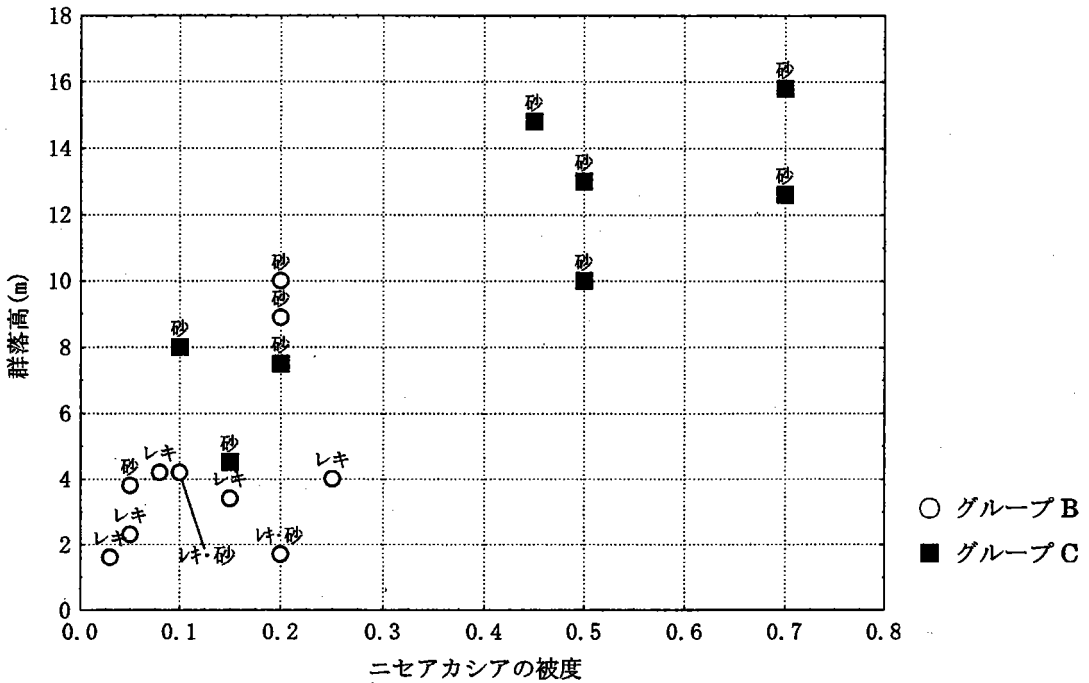


図-4.2.10 植生グループごとのニセアカシアの生育状況
および表層土砂タイプ

ったことから、このような立地ではニセアカシアの定着は困難であると考えられる。

グループBの立地では、砂の堆積厚は、A と比べ明確な違いは見られない。しかし、多くは水面からの比高が 1~2m とやや高く、ニセアカシアは疎林を形成していた。そのため、この立地では洪水による攪乱の規模・頻度が比較的小さく、ニセアカシアがある程度の高さまで成長可能な立地と言える。しかし、確認されたニセアカシアの群落は、すべて被度が 30%以下と低かった。このことから、この立地では、ニセアカシアの個体は、定着することは可能であるが、その後、密な群落を形成することは難しいと考えられる。その要因としては、レキやレキ・砂混合の立地においては、水平根の伸長が阻害され、根萌芽によって周囲に盛んに拡大していくことが難しいことが考えられる。

参考文献

- 1) 奥田重俊, 小松聡子, 畠瀬頼子: 多摩川河川敷の植物群落, 建設省関東地方建設局京浜工事事務所, 河川環境管理財団, 1995.
- 2) 李参熙, 藤田晃一, 塚原隆夫, 渡辺敏, 山本晃一, 望月達也: 礫床河川の樹林化に果たす洪水と細粒土砂流送の役割, 水工学論文集, 第42巻, pp.433-438, 1998.

4. 3 ニセアカシアの種子による定着の可能性

4. 3. 1 はじめに

ニセアカシアの実生を野外で発見することは稀である。1999年度と2000年度に多摩川の河川敷を歩く時には常にニセアカシアの実生を探すようにしたが、実生と推定されるニセアカシアは2個体しか発見できなかった。多摩川に生育しているニセアカシアはほとんどが地下茎による栄養繁殖によるものらしい。しかし、河川法によって河川敷には高木の植栽は認められなかったことから、多摩川の河川敷にニセアカシアが直接植栽されたとは考えられないので、別の場所に植栽されたニセアカシアがなんらかの方法で散布されて多摩川の河川敷に分布するようになったと推定される。散布体として考えられるのは、種子、豆果、根などである。この中で、種子と豆果についてこの節で検討する。

4. 3. 2 豆果の水散布

ニセアカシアの種子散布は豆果がはじけないで豆果のままで行われることが多いことが野外観察から明らかである。種子を集める時にも、地上に落下した豆果を集めることによって、そのなかに残っている種子を集めることができる。

ニセアカシアの種子散布、特に風散布については星野¹⁾によって林内、林縁、林外の散布種子数が測定されており、96%が林内または林縁に散布されていた。その種子が遠距離に散布されるためには、風散布では近距離にしか散布されないため、別の散布様式を検討する必要がある。

ここでは、種子の水散布と豆果の水散布を検討した。豆果の水散布の可能性については前河・中越²⁾にも指摘されている。

(1) 実験方法

ニセアカシアの種子をビーカーに入れ、攪拌し、種子が水に浮くか確認した。ニセアカシアの豆果8個を1000mlのビーカーに水道水を800ml入れ、スターラーで攪拌し続け、約12時間ごとにスターラーを止めて浮いている豆果を計数した。実験は3反復で行った。

(2) 結果

種子は水に浮かなかった。1つのビーカーでは表面張力で浮いていたが、攪拌すると直ちに沈んだ。豆果は12時間で50%が沈み、48時間後には4%(1つ)だけが浮いていた(図-4.3.1)。

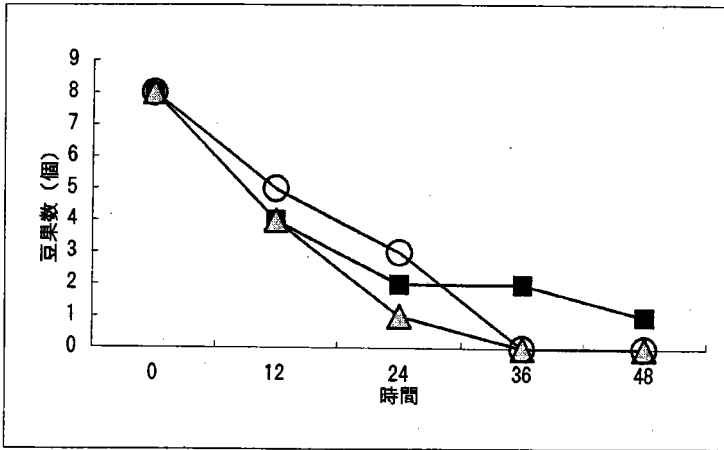


図-4.3.1 ニセアカシア豆果の浮遊時間

(3) 考察

種子の状態では水に浮かないので水散布の可能性は低い。豆果の状態ではある程度、移動が可能である。また、沈んだ豆果もスターラーによって容易に動くので、流速の大きい河川では底に沈んだ状態で流下すると考えられる。

ただし、豆果は水に濡れると裂開して、種子が外に出てしまうことがあり、1/3 程度の豆果で見られたので、水散布によってすべての豆果が遠距離散布されるとは限らない。

4. 3. 3 種子発芽

ニセアカシアの種子はそのまま発芽実験を行ってもほとんど発芽しない。マメ科植物のなかには同様の現象が見られ、硬実種子として知られている。硬実を打破するためには、種子を針で刺したり、濃硫酸で処理することが行われる。

そこで、ニセアカシアの種子を濃硫酸処理して、発芽実験を行った。ここでは、濃硫酸処理の時間と発芽率の関係、温度と発芽率の関係を検討した。

(1) 実験方法

実験に供試した種子は多摩川の中流で2000年秋に採取したものである。

予備実験として、36規定の濃硫酸に0分、5分、10分、20分、40分間50粒の種子を浸漬し、20℃恒温、明暗12時間で、発芽実験を行った。

本実験として、36規定の濃硫酸に0分、10分、20分、40分、80分間50粒の種子を浸漬し、20℃恒温、明暗12時間で、発芽実験を行った。40分浸漬した種子については温度を15℃、25℃、30℃でも行った。実験は3反復で行った。

(2) 結果

予備実験では 20 分間浸漬、40 分間浸漬条件で、60%以上の発芽が確認された。発芽は大部分 2 日間以内に起きていた。40 分間浸漬条件の発芽率が最も高かった (図-4.3.2)。

処理時間を変えた実験では 80 分間浸漬条件で最も発芽率が高かった (図-4.3.3)。40 分間浸漬条件、80 分間浸漬条件で、20%以上の発芽が確認されたが、発芽のピークは 4 日目から 6 日目であった。

温度を変えた実験では、25℃および 30℃で発芽率が高く、20℃、15℃の順に低下していた (図-4.3.4)。

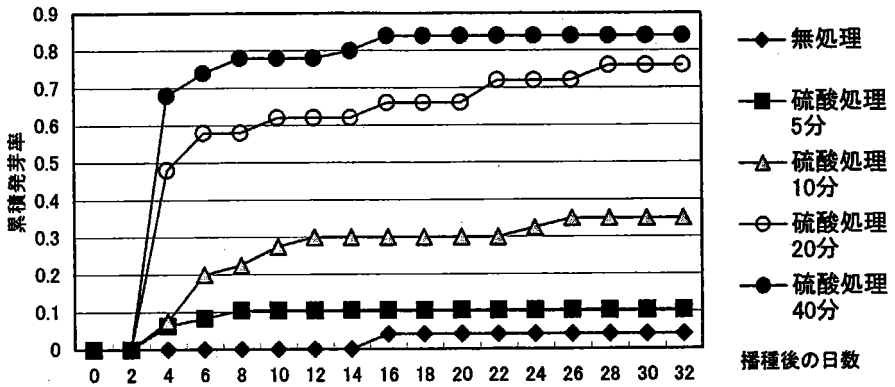


図-4.3.2 ニセアカシア硬皮除去後発芽実験

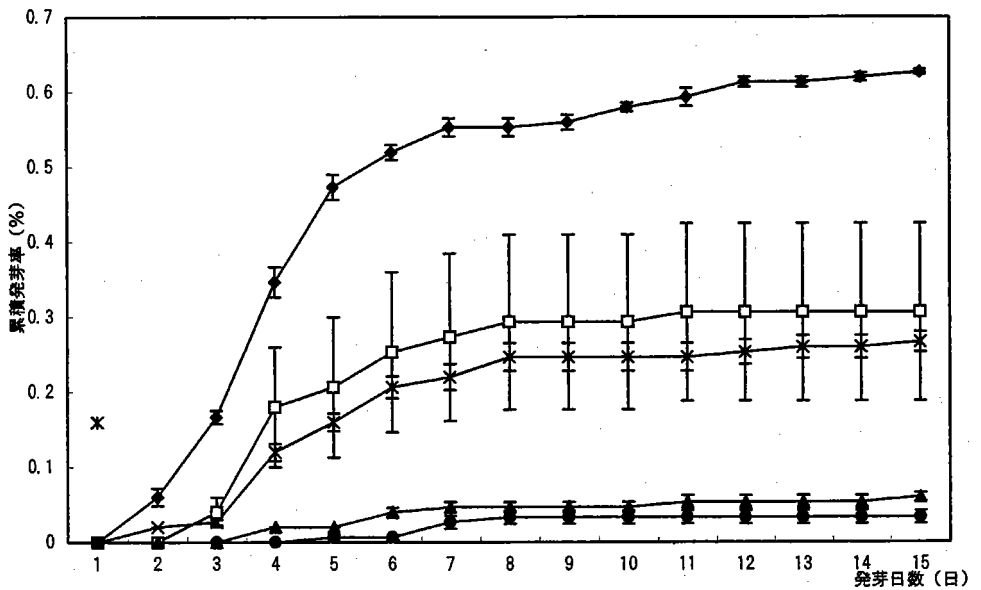


図-4.3.3 濃硫酸処理時間と発芽率 (●, 0分; □, 10分; ▲, 20分; ×, 40分; ◆, 80分)

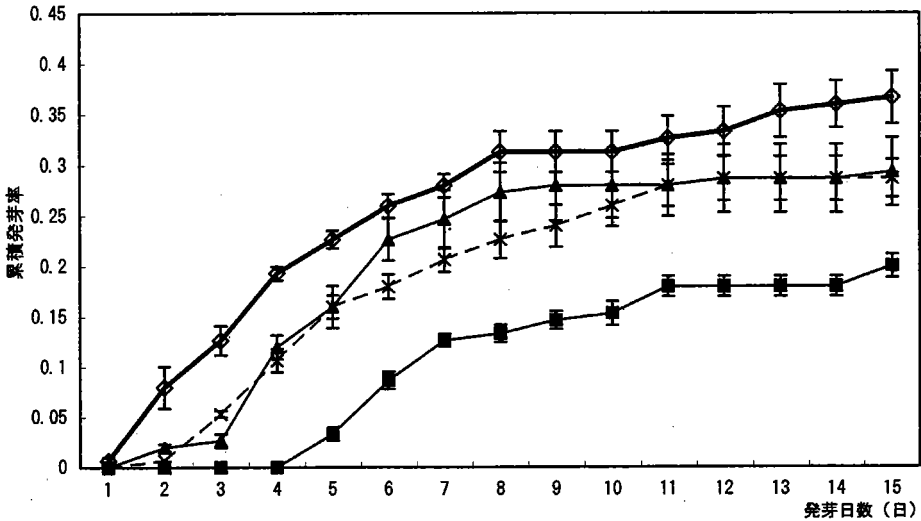


図-4.3.4 温度と発芽率 (■, 15°C; ▲, 20°C; ×, 25°C; ◇, 30°C)

(3) 考察

濃硫酸による浸漬は均一に行うことがむずかしく、予備実験と本実験で発芽速度や最終発芽率に差が見られた。また、10 分間浸漬処理のひとつはきわめて発芽率が高く、膨潤した種子の割合も高かった。

濃硫酸処理の時間を長くすると最終発芽率が高まる傾向が認められた。別に行った同様の実験でミクリは長時間浸漬すると種子が分解してしまったので、浸漬時間には最適な長さが存在するはずである。野外では、流下する際に砂礫によって種皮に傷が付いて発芽することができるようになることが予想される。

温度に対する反応からはニセアカシアの発芽が高温域で促進されることが明らかになった。このような温度特性を持っている種子が発芽するのは春遅くなってからであるから、他の植物の下になっていてみつけにくい可能性があり、野外調査で発見されなかったことと対応している。

濃硫酸処理をしなかったニセアカシアの種子のほとんどは吸水せず膨潤しなかった。シャーレの中には水が過剰に供給されているが、野外では水は発芽の限定要因になっていると考えられる。ニセアカシアの種子は大きく、吸水しにくいので、発芽可能な場所は水分条件が保証された細粒堆積物の多い立地に限られる可能性がある。

参考文献

- 1) 星野義延：植生動態。 河川生態学術研究会多摩川研究グループ編「多摩川の総合研究」、リバーフロント整備センター、pp. 667-679、2000.
- 2) 前河正昭・中越信和：長野県牛伏川の砂防 植栽区とその周辺における植生動態、日本林学会論文集、107、pp. 441-444、1996.

4. 4 高水敷植生の分布変遷と環境要因について

4. 4. 1 はじめに

河川区域における樹木は、堤防の保護、低水河岸の保護機能や、生態系保全、景観機能などの様々な利点が認められている。一方で河川区域における樹木は、洪水時における水位上昇、堤防沿いの高速流の発生などの治水上の問題や、在来植物の生育地減少の問題を引き起こすことが懸念されている^{1) 11)}。研究を実施した多摩川においても、高水敷において樹林化の進展が各所で見受けられる。この主要な要因として、特にマメ科の落葉高木ニセアカシア *Robinia pseudo-acacia* の分布拡大が指摘されている。多摩川におけるニセアカシア群落は、上流から中流域にかけてしばしば見られ、近年増加の傾向にある⁵⁾。

北アメリカ原産のニセアカシアは、日本へは街路樹用に明治時代初期に輸入され、その後各地で砂防用や肥料木として植林された。生育場所を選ばず、成長の早い樹木であるため、各地で野生化している⁶⁾。ニセアカシアは、「自然分布範囲外の地域又は生態系に、人為の結果として持ち込まれた種、亜種、又はそれ以下の分類群」¹²⁾として定義される移入種に相当する。移入種であるニセアカシアの繁茂は、在来植物の排除、栄養循環の変化等のいわゆる生物学的侵入の問題を引き起こすことが懸念される。前河ら¹⁰⁾は、海岸砂地におけるニセアカシアの分布拡大が、在来植物の種多様度を低下させることを確認している。また倉本ら¹³⁾は多摩川において、在来植物のカワラノギクを保全するためには、成育場所が類似し、競合する帰化優占種であるニセアカシアの繁茂を抑制する必要があることを指摘している。

河川におけるニセアカシア等の樹林の分布拡大の現象は、洪水による攪乱や土砂堆積、乾燥といった河川に特徴的な環境の影響下にある。河川におけるニセアカシアと生育環境については、これまでに表層土砂堆積厚や平水時水面からの比高等の静的な環境条件との関係について研究事例がある^{3) 4)}。しかし、樹林化の変遷を時間と共に面的に捉え、この要因となる環境条件との対応関係について、静的な環境条件に加えて洪水時の運動量フラックス等の動的な環境条件も含めて研究した事例は少ない²⁾。そこで本研究では、多摩川の河口から 58.2km~59.0km 付近に分布するニセアカシア林分に着目し、植生の分布変遷パターンをはじめ、対応関係にあると思われる複数の環境条件について、地理情報システムを用いて総合的なデータベースを作成し、解析を実施することとした。さらに、樹林の種組成について現地調査を実施し、ニセアカシアとその他の樹林に着目しながら、様々な種組成を呈する林分成立の背景となる環境条件について、検討を加えた。これらの結果をもとに、河川におけるニセアカシア等の樹林の分布拡大の要因と管理方針について考察することとした。

4. 4. 2 研究対象域の概要

多摩川の河口から約 58.0km に位置する鳶巣川合流点付近から、約 59.0km に位置する下奥多

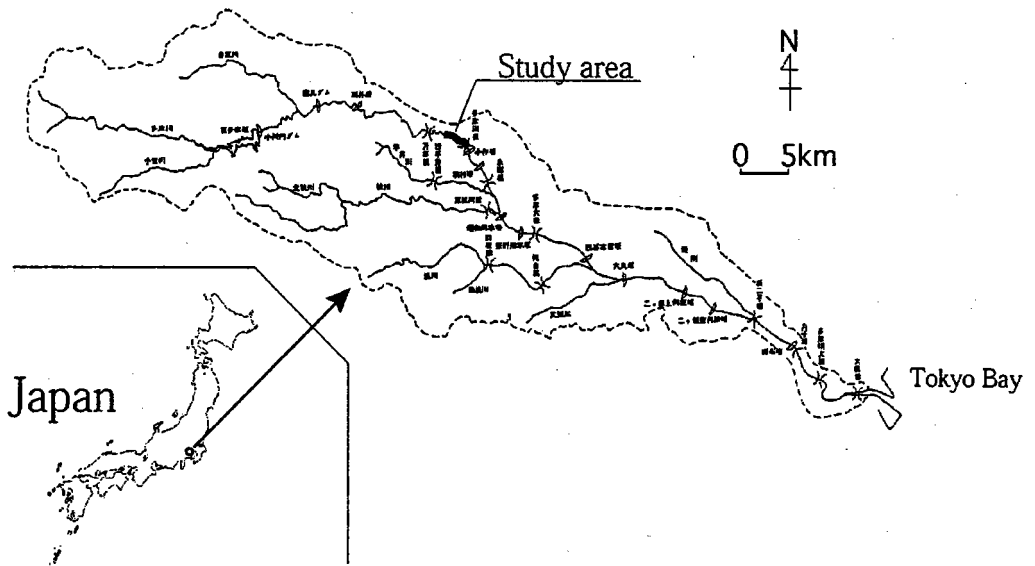


図4-4-1 研究対象域位置図

摩橋付近の間にある、約1kmの河川敷を研究対象域とした。この区間は関東山地から平野部への出口付近、中流域から上流域への移行帯に位置している。左右岸の傾斜面を除く平坦な河川敷は、約60mから190mの幅で変化し、蛇行した低水路の河床勾配は約1/200となっている。

研究対象域は、2000年現在で大半が植生に覆われており、このうち部分的に樹林化が進行している。過去の空中写真を入手して調べると、1975年には高水敷のほとんどが砂礫地となっており、植生は見られない。従って、およそ25年の間に、植生が発生して樹林化が進行したことがわかる。対象地における樹林は、分布拡大する傾向にあると考えられる林分がある一方で、洪水流の影響を受けて倒伏するなど、成長を抑制されていると考えられる林分がある。

樹林を構成する木本植物の種組成には、高木はニセアカシアの他、エノキ、オニグルミ等があり、低木はイヌコリヤナギ、ノイバラ、イボタノキ等がある。なお、樹林の面積を比較すると、ニセアカシア群落の占める割合が最も多い。一方で、草地にはヨモギ・メドハギ群落、ツルヨシ群落、トダシバ群落等が見られる。

4. 4. 3 データの収集と整理

研究対象域における植生や地形等に関する各種情報は、ESRI社製ArcView GISを用いてデータベースを作製して一元的に管理した。主な主題データとして、植生判読の情報源として用いる空中写真、植生の立地する地形の変化や水面からの比高を求めるための地形モデル、既存の植生図について、概要を示す。

(1) 空中写真

空中写真は、植生や樹林の空間分布を把握するための情報源として用いることができる。そこで、1999年7月撮影の赤外カラー空中写真をはじめ、植生の判別が可能な時期に撮影されていた1975年、1984年の空中写真を入手し、これらを幾何補正してGISを用いて整備した。

なお、赤外カラー空中写真は、近赤外の波長帯域で反射光量の多い植生の調査、判読用として一般的に用いられている¹⁴⁾。また、空中写真はそのままでは歪みがあるため、GISを用いて年代の異なる空中写真を重ねて比較できるようにするためには、幾何補正によって歪みを除去する必要があった。図4-4-2に、結果を示す。

(2) 地形モデル

地形モデルは、研究対象域の標高に関する情報を表す数値地形モデルである。今回用いる植生図や空中写真と近い1975年、1985年、1997年に測量・製図された、縮尺1/2,500の河川平面図(国土交通省京浜工事事務所)をもとに地形モデルを作製した。

まず、平面図に等高線あるいは測量点として示されている標高情報を、ベクトルデータとして取得した。地形モデルのデータ構造はさまざまであるが、本研究においては、規則的な間隔で標高値が得られていないことや、河岸部に急激な地形の変化があることを考慮して、不規則三角形網を用いて表すTIN (Triangulated irregular network) による手法が適していると判断した。そこで、ESRI社製ArcView 3D Analystを用いて、TINによる地形モデルを作製した。図4-4-3に、結果を示す。

(3) 植生図

植生図は、植生の空間分布の変遷を知るための情報源となる。河川における植生は、洪水の前後など、作製時期によって著しく変化する場合があります、異なる時期に作製された植生図を単純に比較することはできないが、概要を把握することは可能であるため、本研究では植生図を補助的に用いることにした。

1979年、1984年、1995年までに作製された3時期分の植生図を入手し、GISデータベースを作製した。これらの植生図は、多摩川河川敷現存植生図⁷⁾、多摩川河川敷現存植生図⁸⁾、多摩川河川敷の植物群落⁵⁾である。これらは、図面精度、凡例に関して整合性がとられ、統一して植物社会学的手法によって作製されているため、比較検討が可能である。植生図をスキャンし、幾何補正した上で、植生の境界線を入力してポリゴンデータを作製した。図4-4-4に、結果を示す。

1975年



1984年

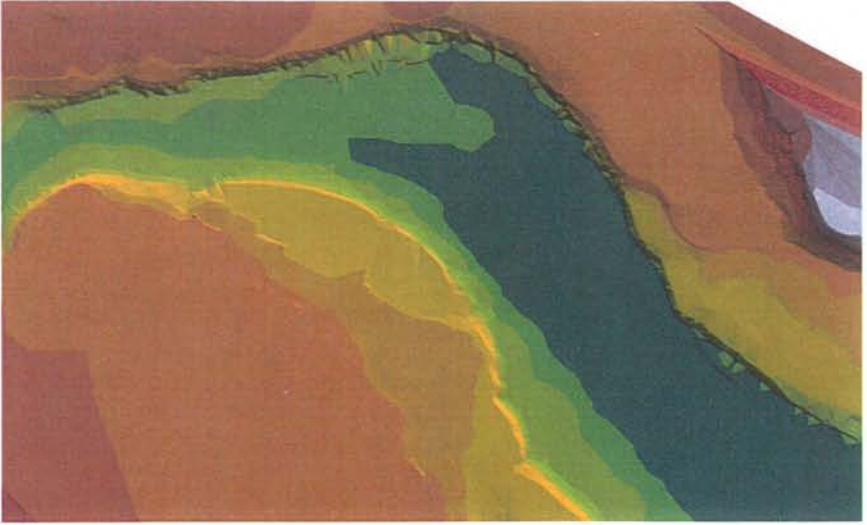


1999年

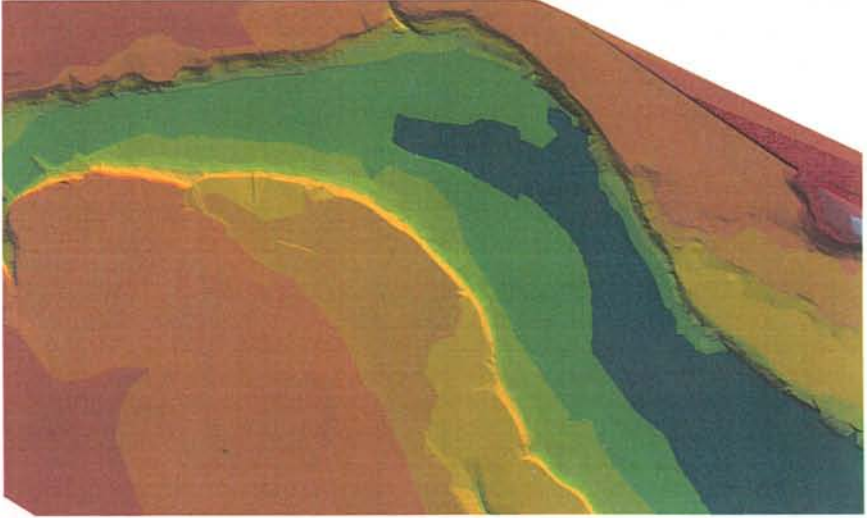


図4-4-2 空中写真の変遷

1975年



1985年



1997年

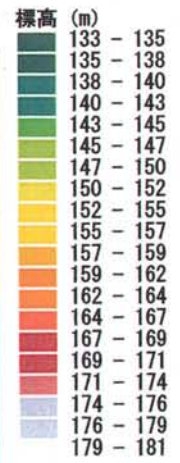
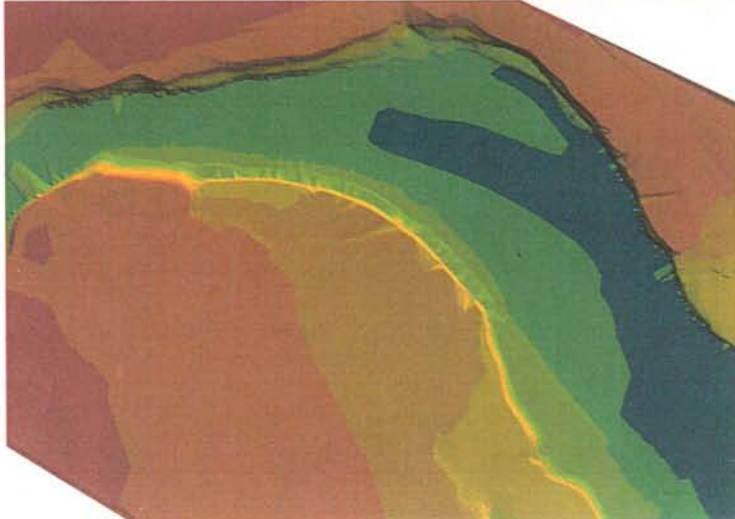
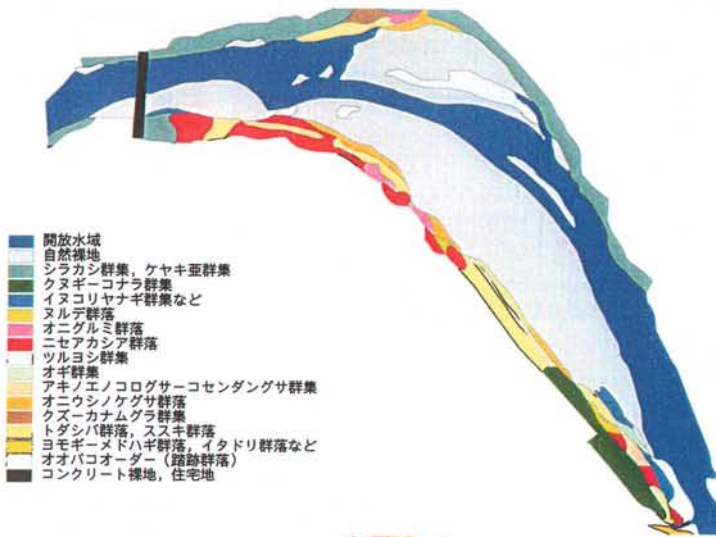
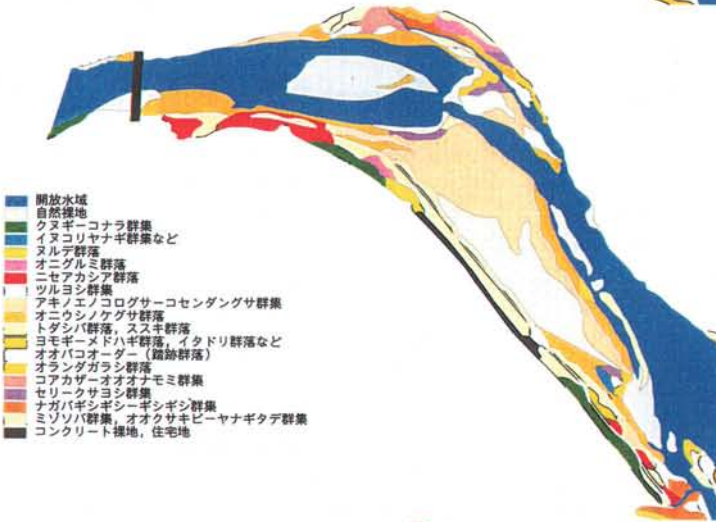


図4-4-3 地形モデルの変遷

1979年



1984年



1995年

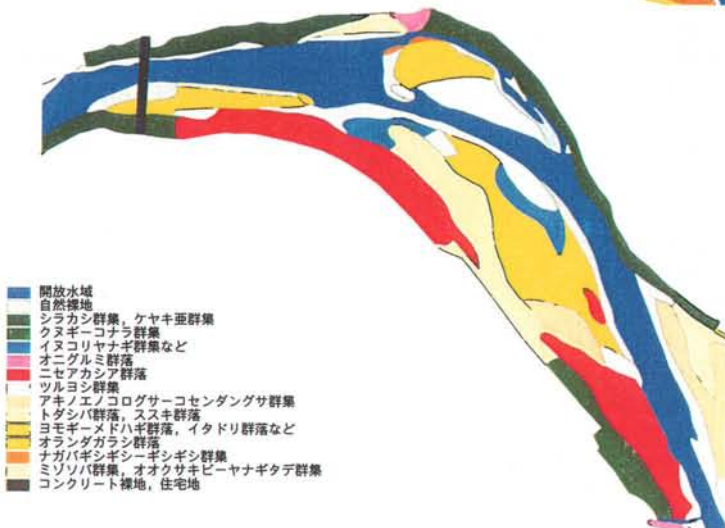


図4-4-4 植生図の変遷

4. 4. 4 高水敷植生の分布変遷

過去3時期分作製されている植生図及び空中写真を用いて、植生の空間分布の変化傾向を把握した。解析の対象範囲は、河口から 58.0km に位置する鳶巣川合流点付近から、59.0km に位置する下奥多摩橋付近の間にある、兩岸の斜面部を除いた高水敷を主とする河川敷の平坦面 10.87ha とした。

(1) 植生図の比較による植生の変遷

1979年、1984年、1995年に作製された3時期分の植生図は、植物社会学的手法で作製され、それぞれ凡例に関しても整合がとれている。そこで、対象範囲の植生の変遷を、植物群落の面積の推移として、把握することが可能である。ただし、河川敷の植生は、たった1度の出水によっても著しく影響を受け、変化することがある。このため、それぞれ5年以上の間隔で作製された植生図に示された植生の変化が、必ずしもその年月に応じて変化したものであるとは限らないことに注意が必要である。

植生図の凡例を自然裸地、開放水域、草地、樹林地、人工地にまとめ、その変遷を図4-4-5に示した。1979年から1995年にかけて、自然裸地が占める面積比率は約52.1%から5.1%と約10分の1に減少し、これに代わって草地在が10.2%から42.9%と約4倍に増加、樹林地が4.7%から20.6%と約4倍に増加している。このように、明らかに植生による被覆と樹林化が進行していることが読みとれた。

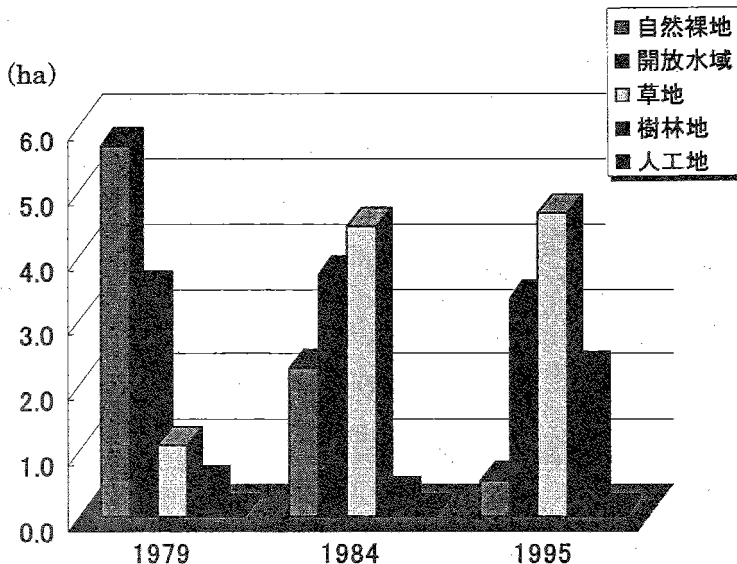


図4-4-5 植生の変遷

図 4-4-6 に、3 時期分の植生図に示された植物群落の面積構成の変遷を示す。個別に見ると、草地では「ヨモギーメドハギ群落、イタドリ群落など」「アキノエノコログサーコセンダングサ群集」「ツルヨシ群集」等が増加傾向にある。樹林地では、「ニセアカシア群落」「イヌコリヤナギ群集など」「クヌギーコナラ群集」が増加傾向にある。特に本研究で注目している「ニセアカシア群落」は、1995 年には約 1.6ha を占め、1979 年の分布面積と比較して約 7.7 倍面積を拡大している。

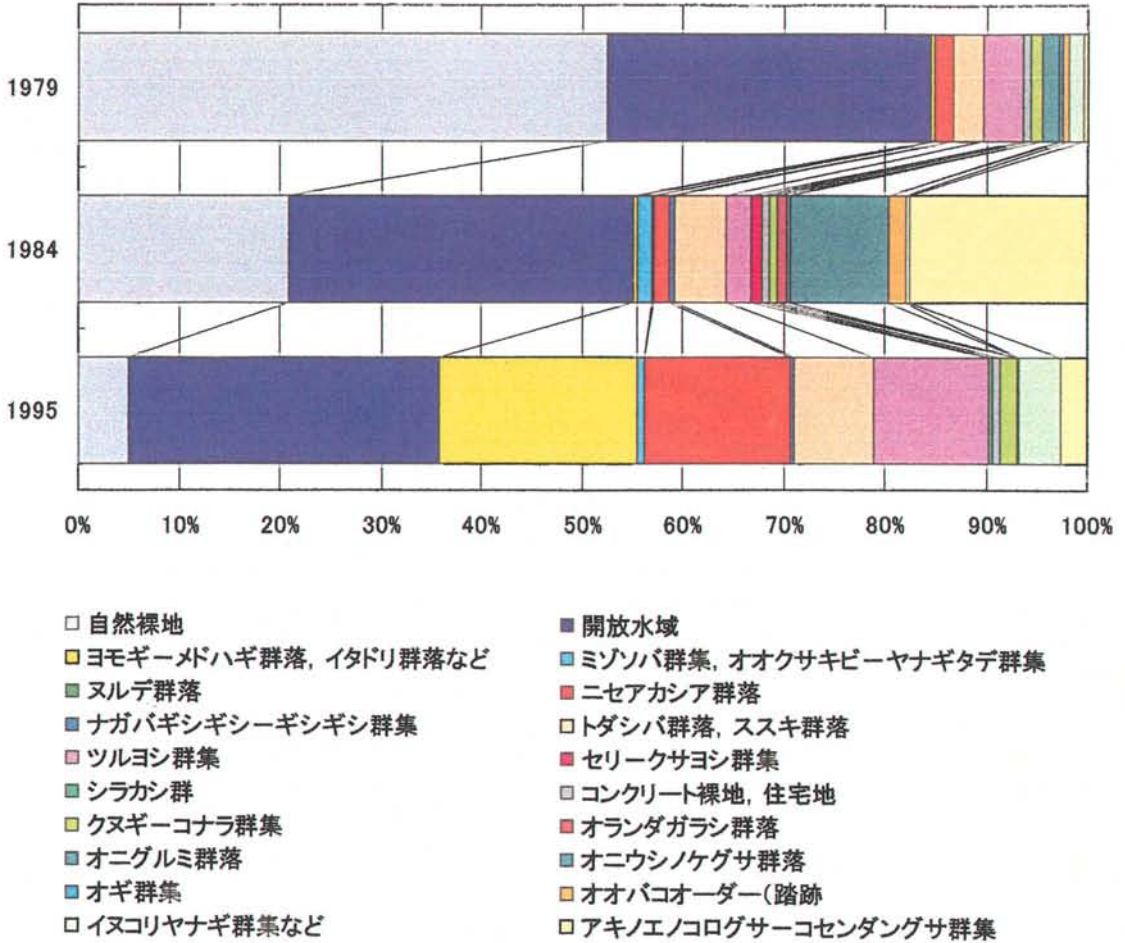


図4-4-6 植生図にみる面積構成比率

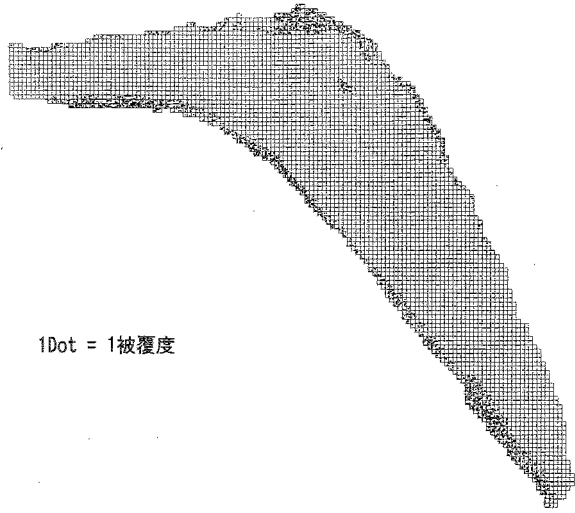
(2) 空中写真の判読による高水敷植生の変遷

次に、1975年、1984年、1999年に撮影された空中写真を用いて、対象範囲の植生及び樹林の空間分布の変遷について把握することとした。GISを用いて、対象範囲を網羅する5m四方のメッシュを作製し、これを判読の単位とした。なお、対象範囲は全体で4348個のメッシュで構成され、総面積は10.87haとなった。それぞれのメッシュ内に占める植生及び樹林の面積割合について、6段階の被覆階級（5：75%以上 4：50～75% 3：25～50% 2：5～25% 1：5%以下 0：0%）を設定して記録した。植生及び樹木の判読は、色調や影及びテクスチャーを元に目視し、判読に高さ情報を必要とする場合には、実体視を行った。

図4-3-7に、空中写真判読によって把握した植生の空間分布変遷を1ドットを1被覆階級として表したドットマップで示す。さらに、図4-4-8に、植生のうち、樹林のみの空間分布変遷を同様な手法で表現したドットマップで示す。各メッシュに記入されたドットの数、上述した被覆階級を示している。

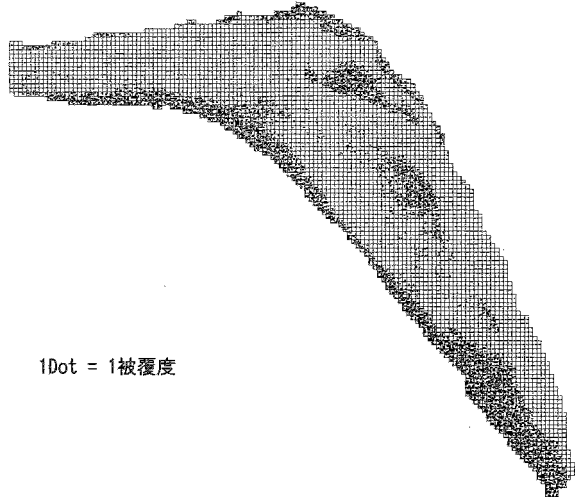
植生は、左岸右岸の両岸で分布拡大している。植生の分布拡大は、斜面部から連続した高水敷周縁部及び、流路に沿った場所から開始され、全域に拡大していることが読みとれる。樹林の分布も同様な傾向が読みとれるが、高水敷全域を覆うに至っていない。一方で、流路及び流路に沿った冠水頻度が高いと考えられる領域においては、植生は分布していない。

1975年



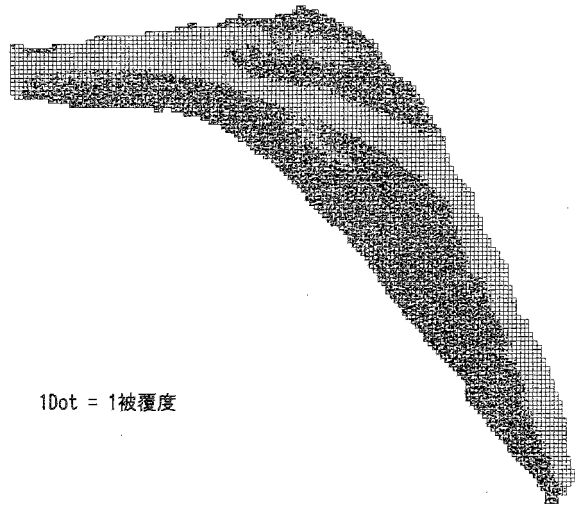
1Dot = 1被覆度

1984年



1Dot = 1被覆度

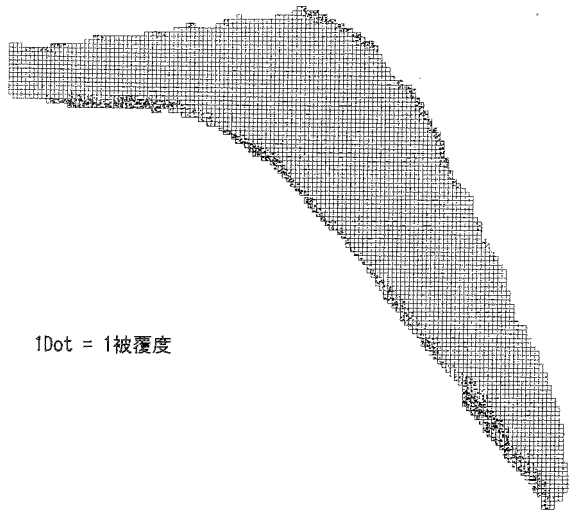
1999年



1Dot = 1被覆度

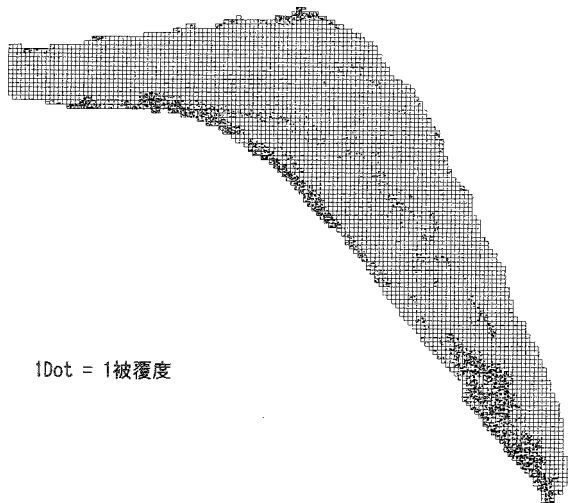
図4-4-7 植生の空間分布変遷

1975年



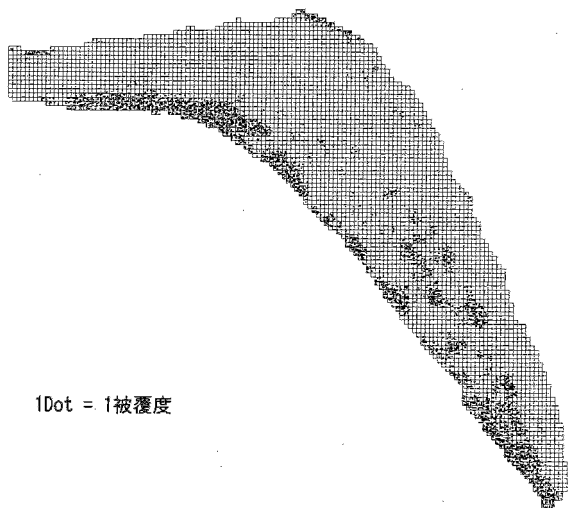
1Dot = 1被覆度

1984年



1Dot = 1被覆度

1999年



1Dot = 1被覆度

図4-4-8 樹林の空間分布変遷

4. 4. 5 植生の分布変遷と環境条件

植生の空間分布の変遷と環境条件の対応関係を解析することによって、どのような環境条件が植生や樹林の増減に影響を及ぼしているか検討を加える。このため、まずはじめに前節で作成した植生及び樹林のデータベースを用いて、植生増減の変化傾向を分類してパターン化した。得られた植生の変化傾向のパターンを地理情報システムに戻して地図化するとともに、分類されたグループ間で有意差のある環境条件を探索することとした。

(1) クラスタ分析による植生分布変遷パターンの分類と分散分析による解析

空中写真判読によって得た、植生及び樹林の被覆階級の値をもとにクラスタ分析を実施し、植生増減の傾向によって空間を分類した。クラスタ分析には K-means 法を用いた。K-means 法は、k 個の任意のクラスタにおいて、クラスタ内の変動が小さくなり、クラスタ間の変動が大きくなるようにグループを形成する分類手法である。結果として、K-means 法では、分類されるクラスタの分散分析の結果が最も有意になるようにクラスタが形成されることになる。

K-means 法では、分析に先だって、あらかじめ分類するクラスタ数を指定する。ここでは、3 群分類から 5 群に分類する 3 段階の分類を行い、それぞれの分類群について環境条件の分散分析及び多重比較を実施することとした。

ここで環境条件として、1975 年、1985 年、1997 年の本川水面からの距離、比高及び、それぞれの年度間での標高変化量及び、動的な環境条件となる洪水時の流水による運動量フラックスを加えた 10 項目のデータを用いた。洪水時の流水による運動量フラックスは、1999 年 8 月 14~15 日付近の増水時の最大流量時 (710m³/s) の時点での瞬間値より、4. 5 章に示す数値モデルによって求めたものである。すなわち、x 方向流速と y 方向流速の合成ベクトルの絶対値の 2 乗つまり、x 方向流速の 2 乗と y 方向流速の 2 乗の和に、水の密度 (1,000kg/m³) および各地点での水深を乗算することにより、単位幅あたりの水深積分運動量フラックス (単位 kg/s) として求められる。この値を GIS を用いてスプライン法によって対象域全域に補間し、洪水時の流水による運動量フラックスモデルとして環境条件に用いた。

(a) 3 群分類での解析

[3 群分類で示す植生の空間変化パターン]

1975 年、1984 年、1999 年の 3 時期分の植生及び樹林の被覆階級の値を、K-means 法によって 3 群に分類した。この結果、植生の空間変化パターンは以下のようにグループに分離された。

- | | |
|---------------------|--|
| <u>グループ 1 : 既存型</u> | 1975 年においてすでに植生及び樹林がともに 50~75%被覆し、1999 年において植生は 100%、樹林は 75%以上に増加。 |
| <u>グループ 2 : 急増型</u> | 1975 年の段階では植生及び樹林は 0%に近く、その後植生は急増して 1999 年には 100%となり、樹林は 25%以下程度に増加。 |

グループ3：抑制型

植生及び樹林ともに1984年まではほぼ0%に近く、その後1999年において植生のみ25%以上程度に増加したが、樹林の被覆は0%のまま。

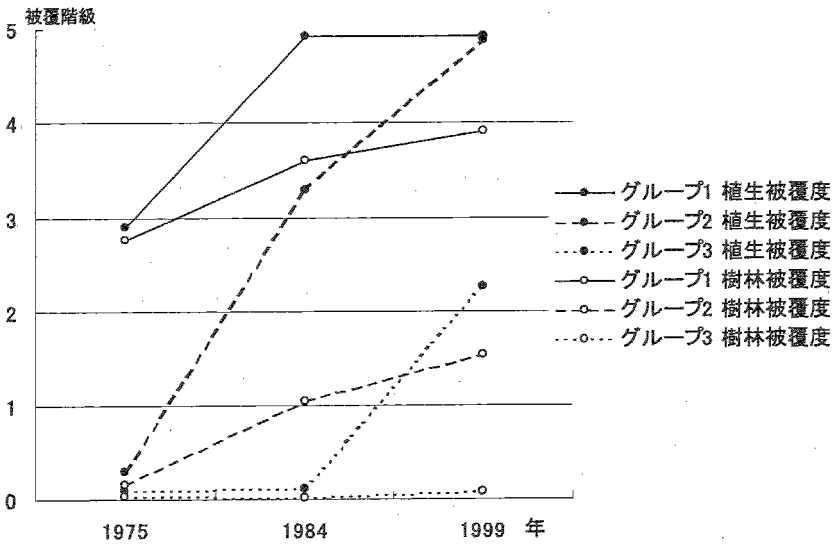


図4-4-9 植生及び樹林の被覆階級によるクラスター分類と被覆度推移

(被覆階級 5 : 75%以上、4 : 50~75%、3 : 25~50%、2 : 5~25%、1 : 5%以下、0 : 0%)

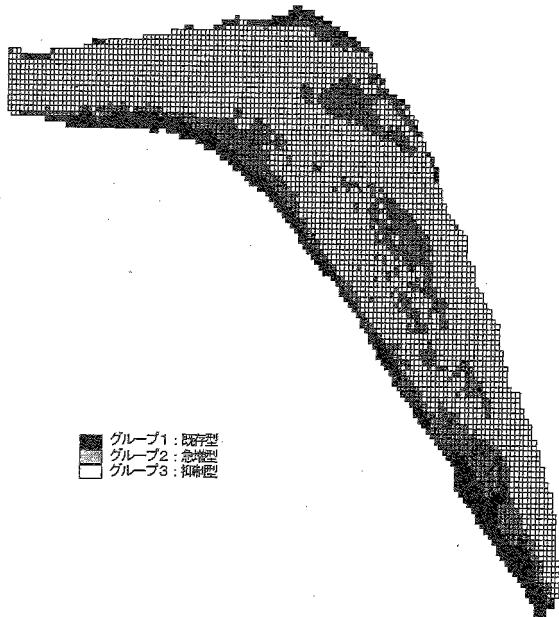


図4-4-10 植生及び樹林の被覆階級によるクラスター分類結果

[各グループにおける植物群落構成]

次に、3群に分類されたグループそれぞれ別の植物群落の対応関係や変遷について把握する。このため、GISを用いて各グループと1979年、1984年、1995年に作製された植生図との面積のクロス集計を実施した。3群に分類したクラスター別の植物群落構成比率について、図4-4-11に示す。ニセアカシアについて見てみると、グループ1既存型とグループ2急増型に多く、特に1979年に様々な植生が既に被覆していたところが、1995年になると大半がニセアカシアに置き換わっていることがわかる。

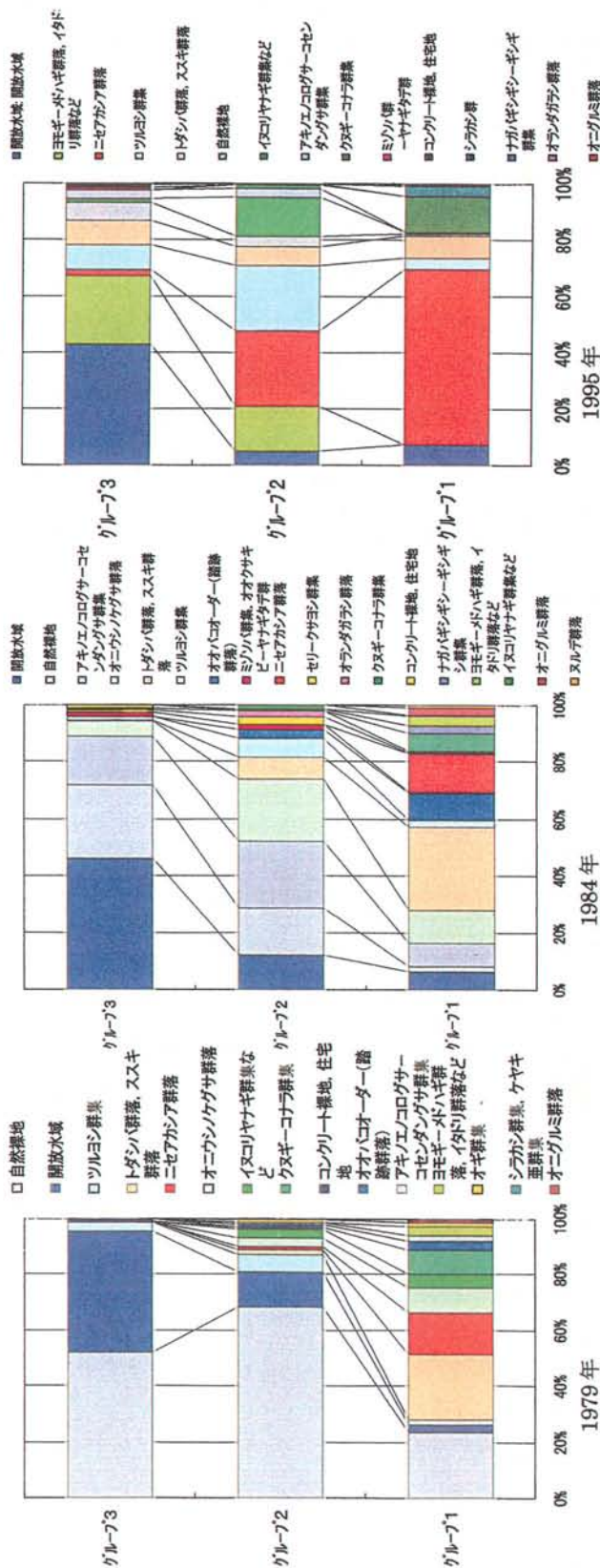


図4-4-11 1979年、1984年、1995年植生図におけるグループ別の植物群落構成

[分散分析及多重比較による環境条件のグループ間比較]

植生及び樹林被覆階級を元にしたクラスター分析によって分類されたグループ間における 10 項目の環境条件について、分散分析及び多重比較の手法によって比較検討する。分散分析は、グループ間の環境条件の平均値が等しいという帰無仮説を検定する。帰無仮説を棄却することができれば、多重比較によってどのグループ間に差が認められるかを調べることになる。

分散分析の結果、10 項目すべてにおいて、3 グループの母平均値が等しいとする帰無仮説は棄却された。そこで多重比較の LSD 検定によって、それぞれのグループ間での差を検定した結果、3 グループのどの組み合わせにおいても差が検出 ($p < 0.05$) されたのは、1975 年、1985 年、1995 年の本川水面からの比高、1985 年、1995 年の本川水面からの距離、1985 年から 1995 年にかけての標高変化量、洪水による運動量フラックスの 7 項目の環境条件であった。それぞれの箱ひげ図を図 4-4-12~図 4-4-18 に、環境条件の平均値を総括した表を表 4-4-1 に示す。

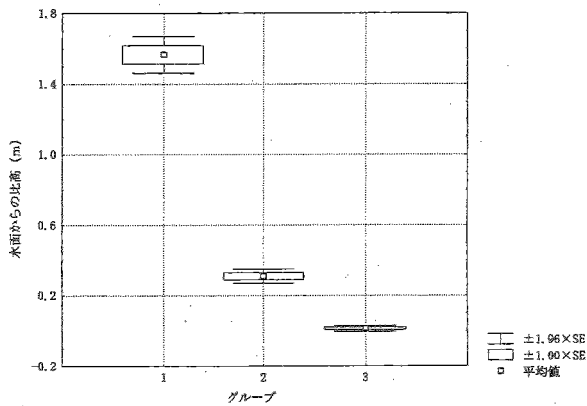


図4-4-12 本川水面からの比高 (1975年)

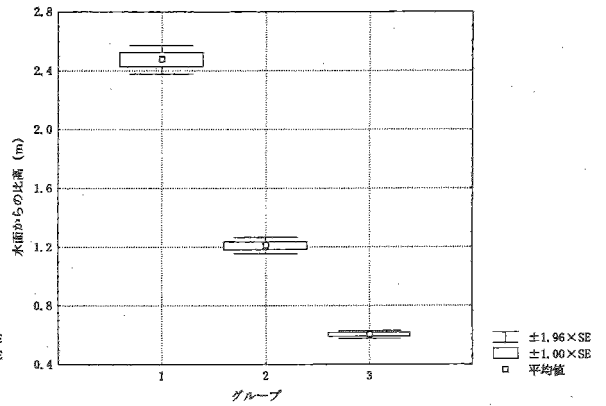


図4-4-13 本川水面からの比高 (1985年)

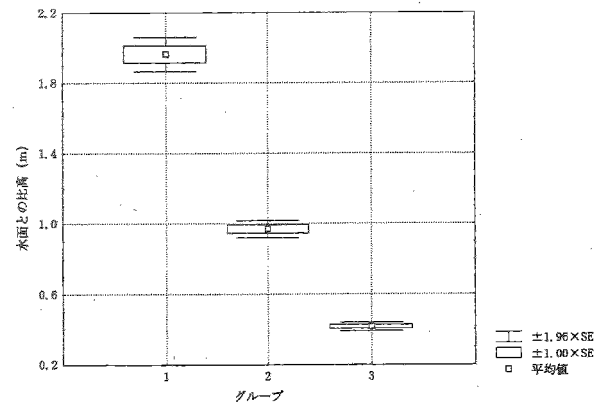


図4-4-14 本川水面からの比高 (1995年)

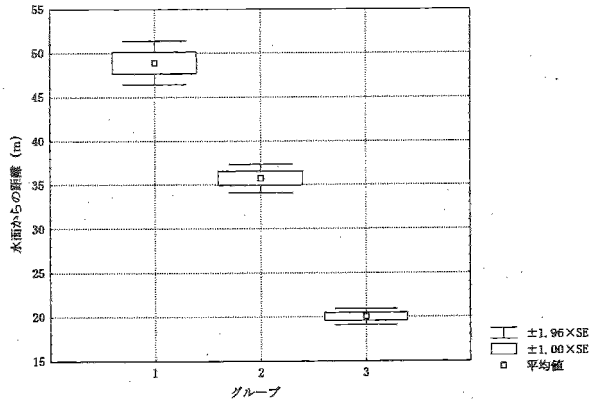


図4-4-15 本川水面からの距離 (1985年)

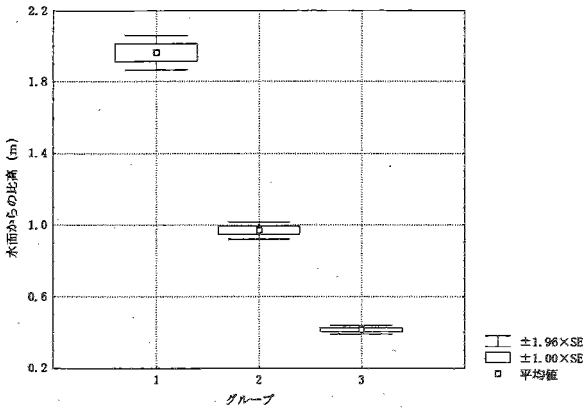


図4-4-16 本川水面からの距離
(1995年)

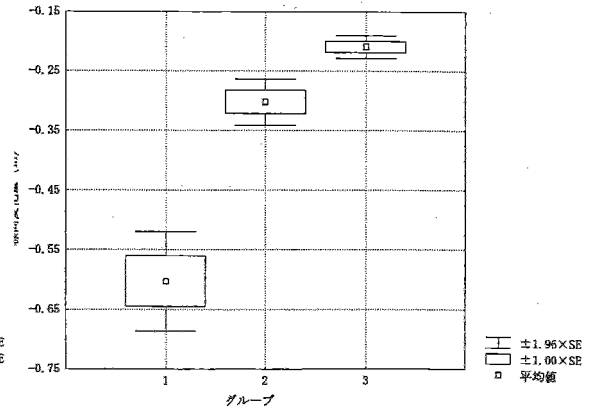


図4-4-17 標高変化量
(1985年から1995年)

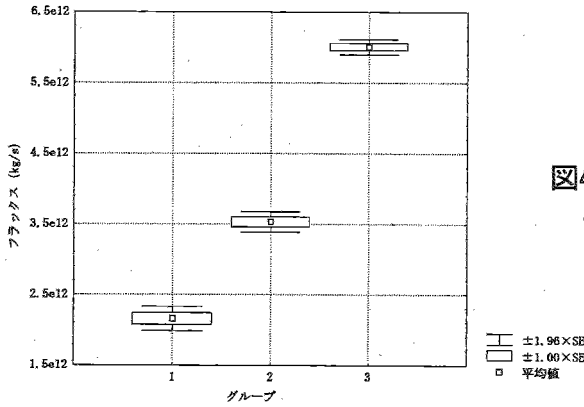


図4-4-18
1999年8月洪水運動量フラックス

表4-4-1 植生変化傾向グループ別環境条件平均値

| | 植生区における優占群落 | | | 本川水面からの比高(m) | | | 本川からの距離(m) | | 標高変化量(m) | 洪水運動量フラックス(kg/s) |
|------------|---------------|---------------------|----------------------|--------------|------|------|------------|-------|-----------|------------------|
| | 1979 | 1984 | 1995 | 1975 | 1985 | 1995 | 1985 | 1995 | 1985-1995 | 1999 |
| グループ1: 既存型 | トダシバ群落, ススキ群落 | トダシバ群落, ススキ群落 | ニセアカシア群落 | 1.56 | 2.48 | 1.96 | 48.90 | 48.88 | -0.60 | 2.16E+12 |
| グループ2: 急増型 | 自然裸地 | アキノエノコログサ・コセンダングサ群落 | ニセアカシア群落 | 0.31 | 1.21 | 0.97 | 35.72 | 35.67 | -0.30 | 3.53E+12 |
| グループ3: 抑制型 | 自然裸地 | 自然裸地 | ヨモギ・メドハギ群落, イタドリ群落など | 0.01 | 0.60 | 0.41 | 20.02 | 21.59 | -0.21 | 6.01E+12 |

(b) 4 群分類での解析

[4 群分類で示す植生の空間変化パターン]

1975 年、1984 年、1999 年の 3 時期分の植生及び樹林の被覆階級の値を、K-means 法によって 4 群に分類した。この結果、植生の空間変化パターンは以下のようにグループに分離された。

グループ 1：樹林を除く植生増加型

植生及び樹林ともに 1984 年までほぼ 0%に近く、その後 1999 年において植生のみ 100%に急増し、樹林の被覆は 0%のまま。

グループ 2：樹林を含む植生増加型

1975 年の段階では植生及び樹林は 0%に近く、その後植生は急増して 1999 年には 100%となり、樹林は 5%程度に微増。

グループ 3：既存型

1975 年においてすでに植生及び樹林がともに 50~75%存在し、1999 年において植生は 100%、樹林は 75%に増加。

グループ 4：抑制型

植生及び樹林ともにほぼ 0%で裸地のまま。

4 群分類では、3 群分類と比較して植生の被覆が増加した傾向にあるグループが、樹林を除く草地のみ増加したグループと、樹林を含んだ植生が増加したグループに二分されて示されている。図 4-4-19 にグループ別植生被覆度の変遷を、図 4-4-20 にグループの空間分布状況を示す。

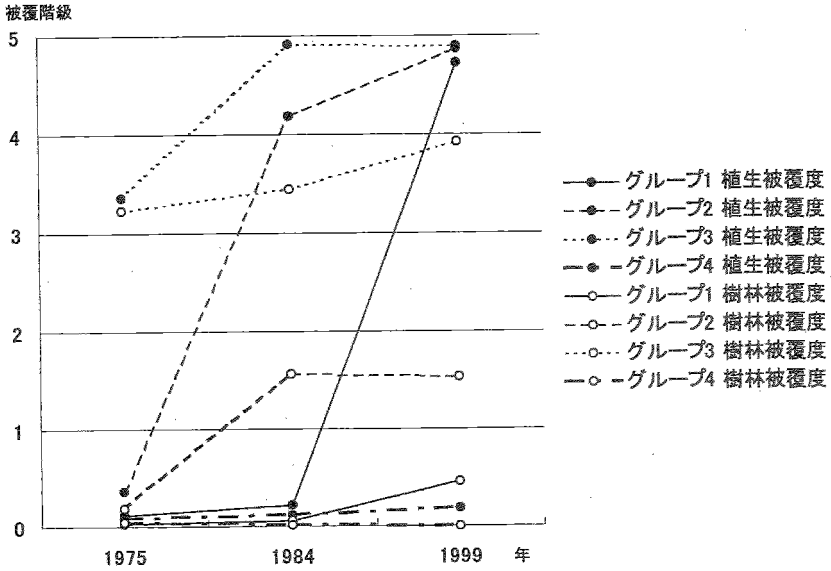


図4-4-19 植生及び樹林の被覆階級によるクラスター分類と被覆度推移
 (被覆階級 5 : 75%以上、4 : 50~75%、3 : 25~50%、2 : 5~25%、1 : 5%以下、0 : 0%)

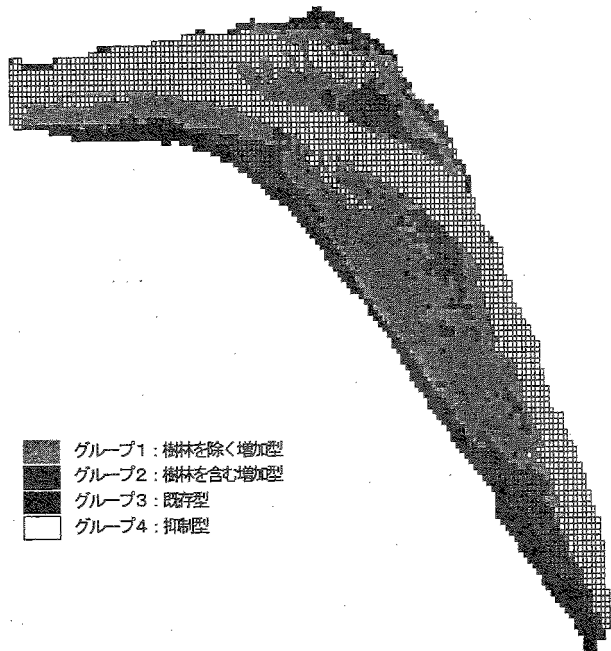


図4-4-20 植生及び樹林の被覆階級によるクラスター分類結果

〔各グループにおける植物群落構成〕

次に、4群に分類されたグループそれぞれに植物群落の対応関係や変遷について把握することとする。このため、GISを用いて各グループと1979年、1984年、1995年に作製された植生図との面積のクロス集計を実施した。4群に分類したクラスター別の植物群落構成比率について、図4-4-21に示す。ニセアカシアについて見ると、グループ2草地急増樹林抑制型とグループ3既存型に多く、特に1979年に様々な植生が既に被覆していたところが、1995年になると大半がニセアカシアに置き換わっていることがわかる。

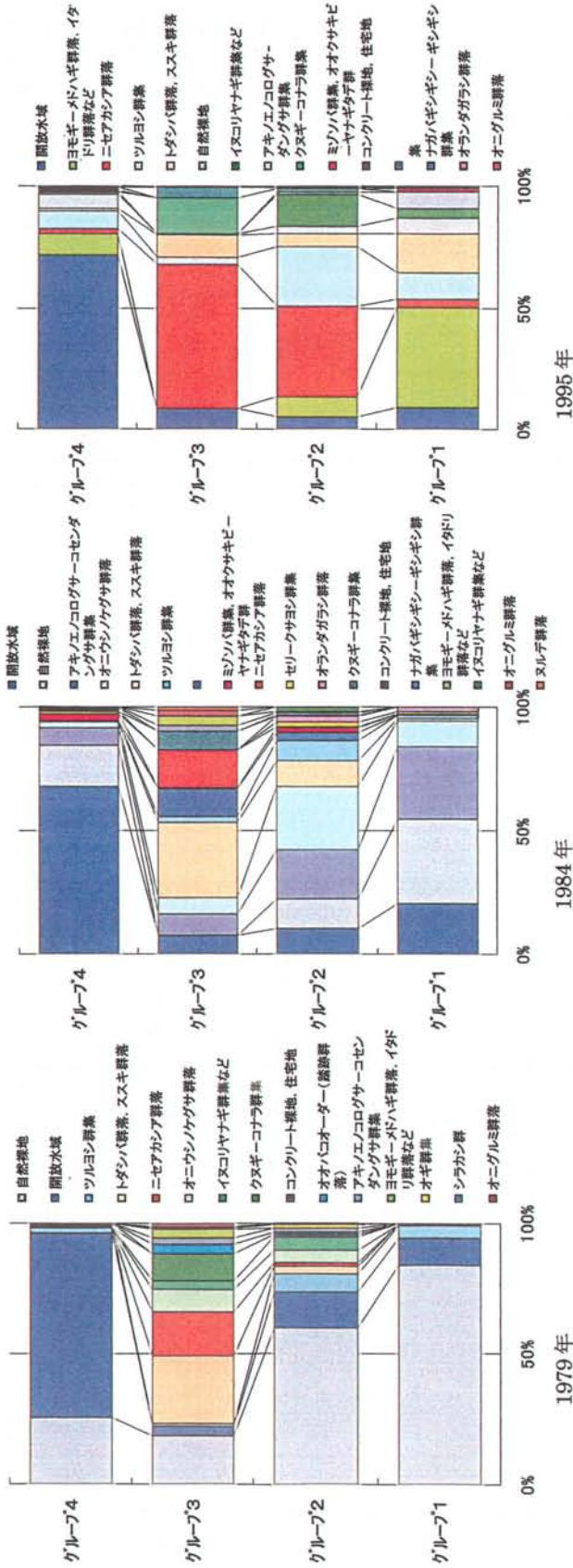


図4-4-21 1979年、1984年、1995年植生図におけるグループ別の植物群落構成

[分散分析と多重比較による環境条件のグループ間比較]

植生及び樹林被覆階級を元にしたクラスター分析によって分類されたグループ間における 10 項目の環境条件について、分散分析及び多重比較の手法によって比較検討する。

分散分析の結果、10 項目すべてにおいて、4 グループの母平均値が等しいとする帰無仮説は棄却された。そこで多重比較の LSD 検定によって、それぞれのグループ間での差を検定した結果、4 グループのどの組み合わせにおいても差が検出 ($p < 0.05$) されたのは、1985 年、1995 年の本川水面からの比高、1985 年、1995 年の本川水面からの距離、1975 年から 1995 年及び 1985 年から 1995 年にかけての標高変化量、洪水による運動量フラックスの 7 項目の環境条件であった。それぞれの箱ひげ図を図 4-4-22～図 4-4-28 に、環境条件の平均値を総括した表を表 4-4-2 に示す。

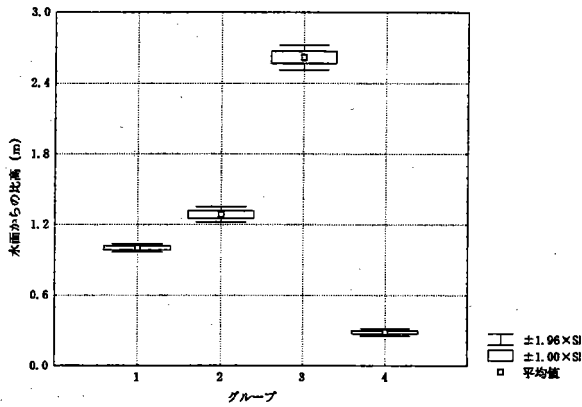


図4-4-22 本川水面からの比高 (1985年)

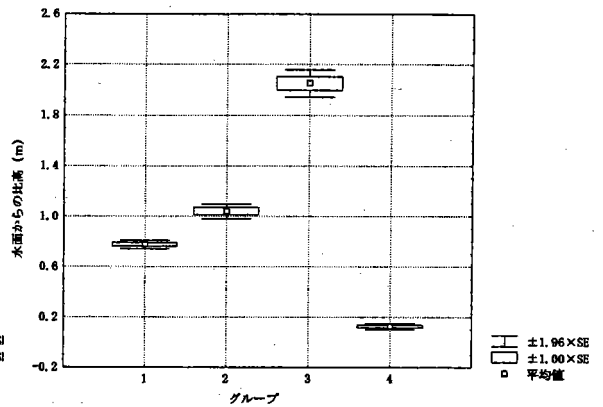


図4-4-23 本川水面からの比高 (1995年)

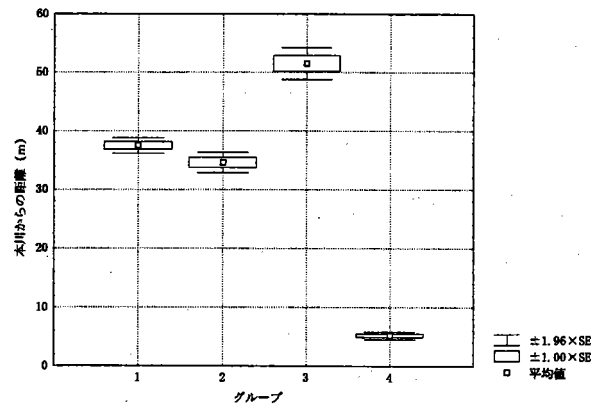


図4-4-24 本川水面からの距離 (1985年)

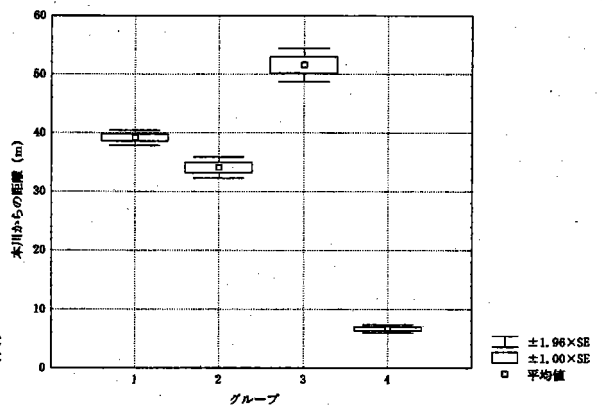


図4-4-25 本川水面からの距離 (1995年)

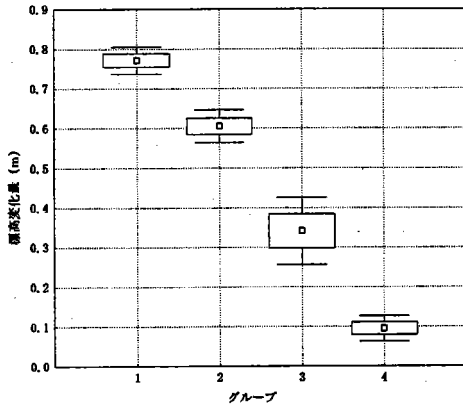


図4-4-26 標高変化量
(1975年から1995年)

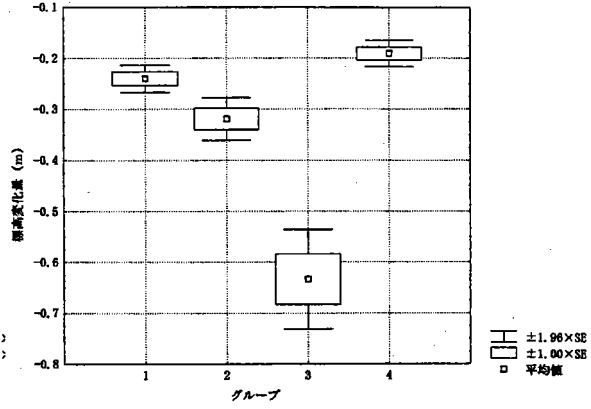


図4-4-27 標高変化量
(1985年から1995年)

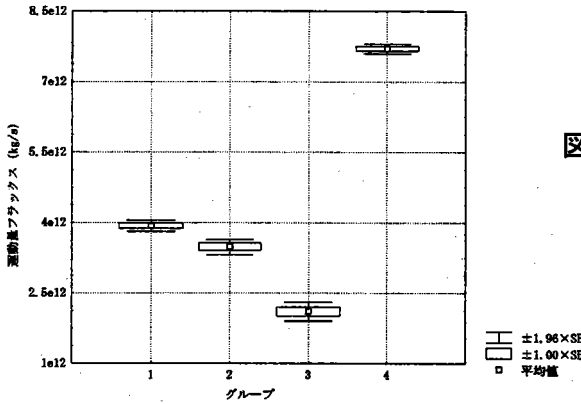


図4-4-28
1999年8月洪水運動量フラックス

表4-4-2 植生変化傾向グループ別環境条件平均値

| | 植生園における優占群落 | | | 本川水面からの比高(m) | | 本川からの距離(m) | | 標高変化量(m) | | 洪水運動量フラックス(kg/s) |
|-------------------|---------------|---------------|----------------------|--------------|------|------------|-------|-----------|-----------|------------------|
| | 1979 | 1984 | 1995 | 1985 | 1995 | 1985 | 1995 | 1975-1995 | 1985-1995 | 1999 |
| グループ1: 樹林を除く植生増加型 | 自然裸地 | 自然裸地 | ヨモギーメドハギ群落, イタドリ群落など | 1.00 | 0.78 | 37.50 | 39.14 | 0.77 | -0.24 | 3.93E+12 |
| グループ2: 樹林を含む植生増加型 | 自然裸地 | オニウシノケサ群落 | ニセアカシア群落 | 1.28 | 1.04 | 34.61 | 34.05 | 0.60 | -0.32 | 3.48E+12 |
| グループ3: 既存型 | トダシバ群落, ススキ群落 | トダシバ群落, ススキ群落 | ニセアカシア群落 | 2.62 | 2.05 | 51.49 | 51.57 | 0.34 | -0.63 | 2.11E+12 |
| グループ4: 抑制型 | 自然裸地 | 自然裸地 | ヨモギーメドハギ群落, イタドリ群落など | 0.28 | 0.12 | 5.19 | 6.67 | 0.09 | -0.19 | 7.70E+12 |

(c) 5群分類での解析

ここまで、植生及び樹林の被覆階級を元にクラスター分類を行い、グループ間での植生の構成や、分散分析及び多重比較による環境条件の差の検定を行ってきた。同様な手法で、クラスター分析によって5群に分類して分散分析及び多重比較を行ったところ、LSD検定によって、5グループのどの組み合わせにおいても差が検出 ($p < 0.05$) されたのは、1995年の本川水面からの比高の環境条件1項目のみであった。このため、環境条件との対応関係を十分に説明できないと判断し、5群以上の分類を取りやめた。本手法においては、グループ間で環境条件の差が認められる、3群あるいは4群に分類して把握するのが効率的であると考えられる。

以上の一連の解析によって、河川敷における植生の分布変遷パターンの空間分布が明らかになった。樹林を含んだ植生の増加傾向を示す地域は、高水敷周縁部の既存植生から河川敷内部へと連続して広がり、さらに低水路に沿って断続的に発生する傾向が読みとれる。また、樹林を除いた植生の増加傾向を示す地域は、洪水時に強い運動量フラックスの影響を受ける流路となり、さらに地形の変化量が大きい地域を中心に分布している。また、植生の分布抑制傾向を示す地域は、本川水面からの距離が近く、水面からの比高が低く、頻繁に冠水する地域を中心に分布していた。このように、植生の空間分布変遷パターンは、河川敷空間によって異なるいくつかの環境条件と対応していることが明らかになった。

(2) クラスター分析による植生分布変遷パターンの分類と判別分析による解析

植生及び樹林の被覆度を元にクラスター分析によって分類したグループを目的変数、環境条件を説明変数とする判別分析による解析によって、分類に影響を与える要因についてさらに詳しく検討を加える。判別分析は、説明変数から作られた合成変数の値から、外的基準となる目的変数の示すグループへの所属を決定する多変量解析の一手法である。

判別分析では、分類に寄与する変数が取り込まれた判別モデルが作成されるため、この値を主要な要因として認めることができる。今回の場合では、クラスター分析による3群及び4群の分類についてそれぞれ判別分析を実施し、判別分析のモデルに組み込まれる環境要因を探ることになる。モデルに組み込まれた変数は種組成に変化を与える主要な環境要因であると考えられる。

ここで環境条件として、(1)と同様に1975年、1985年、1997年の本川水面からの距離、比高及び、それぞれの年度間での標高変化量及び、洪水時の流水による運動量フラックスの10項目のデータを用いた。

(a) 3群分類に対する判別分析

植生及び樹林の被覆度を元にクラスター分析によって、既存型、急増型、抑制型の3群のグループが得られている。判別分析を実施した結果、判別モデルには、1975年、1985年の本川水面

からの比高、1975年、1985年、1995年の本川水面からの距離、1975年から1985年にかけての標高変化量、洪水による運動量フラックスの7項目の環境条件が取り込まれた。ウィルクスの λ 統計量によるグループ間の差の検定を行ったところ、ウィルクスの $\lambda = 0.46108$ $p < 0.01$ となり、1%水準でグループ間に差がないとする帰無仮説は棄却された。また、それぞれのグループ間の距離を表すマハラノビスの距離の2乗が0、すなわち2群が一致するとする帰無仮説を検定した p 値行列は、どれも $p < 0.01$ を示し、どの2群も平均が異なるグループであった。表4-4-3に、判別分析の結果を示す。

表4-4-3 3群に対する判別分析の結果

| | 判別係数 | | | F値 |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| | グループ1 (既存型) | グループ2 (急増型) | グループ3 (抑制型) | |
| 本川水面からの比高(1975) | 15.345 | 10.169 | 8.746 | 1325.201 |
| 1975年から1985にかけての標高変化量 | 12.351 | 9.985 | 9.008 | 851.238 |
| 1999年8月洪水運動量フラックス | 1.97E-12 | 1.84E-12 | 2.18E-12 | 620.261 |
| 本川水面からの距離(1975) | 0.043 | 0.028 | 0.010 | 499.167 |
| 本川水面からの距離(1995) | 0.137 | 0.116 | 0.144 | 406.772 |
| 本川水面からの距離(1985) | -0.014 | 0.014 | -0.004 | 340.725 |
| 本川水面からの比高(1985) | -7.237 | -6.682 | -6.317 | 293.005 |
| 定数 | -17.085 | -9.824 | -9.473 | |

環境条件の分類への寄与度はF値によって示され、この値が大きいくほど環境条件が重要な役割を果たしていることを示している。分析の結果植生の増減にとって重要な要因であることが示唆された環境条件は、植生がほとんど分布していなかった1975年の水面からの比高や、1975年から1985年の間に土砂が堆積あるいは洗掘された標高の変化および、1999年のデータをもとに計算された洪水による運動量フラックス等であった。植生が成立する20年以上も前の地形の初期条件が、現在の樹林化や植生の分布拡大を説明するために重要な環境要因となることが示された。このことは、今日の植生の成立が、過去の地形条件や洪水等のイベントを受けて、時間をかけて成立していることを示している。従って、今日の樹林を含めた植生の成立を理解するためには、過去にさかのぼって、環境条件を把握することが重要であることが分かる。

判別の正答率は全体で76.0%であったが、この内訳は、グループ1が64.2%、グループ2が24.1%、グループ3が94.9%であり、とくにグループ2は正答率が低く、ほとんどがグループ3に誤分類されていた。判別の正答率及び分類結果を表4-4-4に示す。植生が分布拡大したグループが、分布が抑制される環境条件を示すグループに誤判別されていたことは、植生の周辺域への成長がモデルに与えられていないことが原因であると考えられる。対象地において主要な林分となるニセアカシアの場合、根萌芽によって周辺域に向かって最も多く繁殖することが知られている。あるいは、人為的な踏圧や伐採による影響も考えられる。このため、これらの環境条件をモデルに加えることによって正答率を改善することが今後の課題である。

表4-4-4 分類結果

| | 正答率(%) | グループ1 (既存型) | グループ2 (急増型) | グループ3 (抑制型) |
|-------|--------|----------------|----------------|----------------|
| グループ1 | 64.2 | 310 | 86 | 87 |
| グループ2 | 24.1 | 91 | 229 | 632 |
| グループ3 | 94.9 | 20 | 129 | 2764 |
| 合計 | 76.0 | 421 | 444 | 3483 |

(b) 4群分類に対する判別分析

植生及び樹林の被覆度を元にクラスター分析によって、樹林を除く植生増加型、樹林を含む植生増加型、既存型、抑制型の4群のグループが得られている。判別分析を実施した結果、3群分類に対する判別分析と同様に、判別モデルには、1975年、1985年の本川水面からの比高、1975年、1985年、1995年の本川水面からの距離、1975年から1985年にかけての標高変化量、洪水による運動量フラックスの7項目の環境条件が取り込まれた。ウィルクスの λ 統計量によるグループ間の差の検定を行ったところ、ウィルクスの $\lambda = 0.26660$ $p < 0.01$ となり、1%水準でグループ間に差がないとする帰無仮説は棄却された。また、それぞれのグループ間の距離を表すマハラノビスの距離の2乗を検定した p 値行列は、どれも $p < 0.01$ を示し、どの2群も平均が異なるグループであった。表4-4-5に、判別分析の結果を示す。

表4-4-5 4群に対する判別分析の結果

| | 判別係数 | | | | F値 |
|------------------------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------|
| | グループ1 (樹林を除く増加型) | グループ2 (樹林を含む増加型) | グループ3 (既存型) | グループ4 (分布抑制型) | |
| 1999年8月洪水運動量フラックス | 2.01E-12 | 1.90E-12 | 2.04E-12 | 2.68E-12 | 1225.637 |
| 本川水面からの比高(1975) | 8.550 | 11.114 | 16.071 | 10.434 | 988.323 |
| 本川水面からの比高(1985) | -6.034 | -6.892 | -6.939 | -7.471 | 731.343 |
| 本川水面からの距離(1975) | 0.014 | 0.032 | 0.050 | 0.005 | 572.869 |
| 本川水面からの距離(1995) | 0.148 | 0.105 | 0.139 | 0.137 | 477.079 |
| 1975年から1985年にかけての標高変化量 | 8.958 | 10.346 | 12.345 | 9.815 | 404.097 |
| 本川水面からの距離(1985) | -0.001 | 0.017 | -0.013 | -0.018 | 346.840 |
| 定数 | -9.518 | -10.345 | -19.153 | -12.326 | |

環境条件の分類への寄与度は、 F 値によって示され、この値が大きいほど環境条件が重要な役割を果たしていることを示している。分析の結果、植生の増減にとって重要な要因は、洪水による運動量フラックスや、植生が増加する前の1975年の水面からの比高や距離等の初期条件であることが示唆された。判別の正答率は全体で70.0%であったが、この内訳は、グループ1が73.0%、グループ2が27.0%、グループ3が66.4%、グループ4が89.5%であった。グループ1、グルー

グループ3、グループ4は比較的良く分類することができたが、グループ2は多くが樹林を除く増加型グループ1と抑制型グループ4に誤分類されていた。判別分析の分類結果を表4-4-6に示す。

表4-4-6 分類結果

| | 正答率(%) | グループ1 (樹林を除く増加型) | グループ2 (樹林を含む増加型) | グループ3 (既存型) | グループ4 (抑制型) |
|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|
| グループ1 | 73.0 | 1163 | 74 | 7 | 350 |
| グループ2 | 27.0 | 361 | 211 | 92 | 117 |
| グループ3 | 66.4 | 67 | 58 | 271 | 12 |
| グループ4 | 89.5 | 147 | 8 | 10 | 1400 |
| 合計 | 70.0 | 1738 | 351 | 380 | 1879 |

判別分析によって、植生の分布が拡大するグループ、既存のまま分布するグループ、分布拡大が抑制されるグループが、洪水による運動流フラックスや水面からの比高や距離等の過去から現在に至る地形条件によってある程度説明可能であることが示された。

しかし一方で、3群の場合と同様に、樹林を含んだ植生が増加するグループを良く判別できなかった。この理由として、植物自身の成長による分布拡大がモデルに与えられていないことが考えられる。あるいは人為的な踏圧や伐採による影響に起因することが考えられる。このため、これらの環境条件をモデルに加えることによって正答率を改善することが今後の課題である。

4. 4. 6 樹林の種組成と環境条件

これまで、植生や樹林の分布拡大の傾向を分類し、それぞれのパターンと対応関係のある環境条件について検討してきた。ここでは、調査対象範囲における樹林を実際に現地調査によって把握し、樹林を構成する植物種組成を把握するとともに、対応関係のある環境条件を探索することとした。

(1) 方法

調査対象域に分布する、相観的に異なるさまざまな樹林を対象として、調査区を設定した。中心から半径5mの円内を調査区とし、調査区内に分布する高さ1.5m以上のすべての樹木を測定対象とした。調査区の中心の位置座標は、(株)ソキア製ディファレンシャルGPSを用いて観測し、座標を取得した。それぞれの調査区において、測高竿を用いて樹高を計測し、高木層8m以上、亜高木層4~8m、低木層1.5~4mの3階層に区分し、階層別に種名を記録するとともに、地上

1.3mの高さで胸高直径 (DBH) を測定した。

さらに、調査区内5地点で検土杖を垂直に突き刺して止まるまでの深さを測定し、平均をとって、調査区を代表する表層体積土砂厚とした。

(2) 結果

現地調査の結果、調査対象域で31地区のデータを得た。図4-4-29に、現地調査を実施した調査区の分布を示す。



図4-4-29 調査区の分布

観測によって得た DBH より円の面積を計算し、基底面積 (BA) を求めた。BA の値を元に、階層別、種別に、積算優占度 (SDR) 合計を 100 とした場合の相対優占度 (RD) を算出した。表 4-3-7 に種類組成表として結果を示す。各階層の BA を合計した値で見ると、調査区の内訳は、ニセアカシア BA 優占林 19 地区、エノキ BA 優占林 5 地区、イヌコリヤナギ BA 優占林 4 地区、オニグルミ BA 優占林 3 地区となっていた。

(3) 樹林の種組成と環境条件の関係

河川敷における樹林の種組成に影響を及ぼす環境要因を探索するため、分散分析や判別分析といった多変量解析の手法を用いて解析を実施した。

(a) 分散分析による樹林の立地環境条件比較

BA合計に着目して分類される、ニセアカシア BA 優占林、エノキ BA 優占林、イヌコリヤナ

ギBA 優占林、オニグルミ BA 優占林の4タイプの林分における立地環境条件について解析する。ここで、環境条件には、1975年、1985年、1997年の本川水面からの距離、比高及び、それぞれの年度間での標高変化量及び、洪水時の流水による運動量フラックス及び、表層堆積土砂厚の11項目のデータを用いた。それぞれ、比較の対象となる環境条件は連続量として得られているものの正規性の仮定を満たすことが必ずしも期待できないことを考慮して、ノンパラメトリックの検定を実施することとした。2分類の間の比較ではマン-ホイットニーの方法により、他の比較ではクラスカル-ウォリスの方法により、差の統計的な有意性を検定した。

クラスカル-ウォリス検定の結果、1975年本川水面からの比高が1%水準で検出され、洪水時の流水による運動量フラックス、1995年本川水面からの比高、堆積土砂厚が5%水準で検出された。それぞれの箱ひげ図を図4-4-30～図4-4-33に示す。

表4-4-7 樹林種類組成表

| 調査地点 | 種名 | 高木層 (8m以上) | | 垂高木層 (4~8m) | | 低木層 (1.5~4m) | | 合計 | | | | |
|-------|---------|---------------|----------------------|----------------|----|----------------------|-------|----|----------------------|-------|----|--------|
| | | D | BA[cm ²] | RD[%] | D | BA[cm ²] | RD[%] | D | BA[cm ²] | | | |
| st.1 | ニセアカシア | 2 | 27.9 | 100.0 | 27 | 477.5 | 100.0 | 7 | 17.7 | 84.5 | 36 | 523.1 |
| | エノキ | | | | | | | 1 | 3.1 | 14.6 | | |
| st.2 | イヌコリヤナギ | | | | 16 | 1246.5 | 97.3 | 7 | 18.8 | 14.3 | 23 | 1263.3 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 1 | 0.2 | 0.9 | | |
| st.3 | エノキ | 7 | 666.1 | 100.0 | 7 | 151.3 | 100.0 | 27 | 100.8 | 85.7 | 28 | 136.0 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 1 | 35.2 | 2.7 | | |
| st.4 | ニセアカシア | 5 | 352.1 | 100.0 | 6 | 146.7 | 100.0 | 5 | 21.3 | 98.2 | 19 | 838.7 |
| | エノキ | | | | | | | 1 | 0.4 | 1.8 | | |
| st.5 | ニセアカシア | 9 | 1452.0 | 100.0 | 3 | 131.5 | 100.0 | 3 | 5.7 | 100.0 | 14 | 504.6 |
| | エノキ | | | | | | | 1 | 0.6 | 4.3 | | |
| st.6 | ニセアカシア | | | | 11 | 534.1 | 97.1 | 8 | 14.2 | 95.7 | 8 | 14.2 |
| | ツルウメモドキ | | | | | | | 15 | 125.8 | 91.7 | | |
| st.7 | イヌコリヤナギ | | | | 10 | 16.0 | 2.9 | 10 | 11.4 | 8.3 | 20 | 27.4 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 26 | 28.7 | 100.0 | | |
| st.9 | イヌコリヤナギ | | | | | | | 41 | 60.2 | 100.0 | 41 | 60.2 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 5 | 228.7 | 92.4 | | |
| st.10 | エノキ | 1 | 103.8 | 4.2 | 2 | 13.8 | 5.0 | 6 | 25.5 | 30.0 | 16 | 2573.3 |
| | ケヤキ | | | | | | | 4 | 32.2 | 37.9 | | |
| st.11 | シロダモ | | | | | | | 1 | 27.3 | 32.1 | 1 | 27.3 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 3 | 23.7 | 100.0 | | |
| st.12 | イヌコリヤナギ | 2 | 170.4 | 100.0 | 17 | 344.4 | 66.7 | 8 | 12.8 | 11.9 | 8 | 12.8 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 3 | 171.6 | 33.3 | | |
| st.14 | イボタノキ | | | | | | | 3 | 2.5 | 2.0 | 3 | 2.5 |
| | ノイバラ | | | | | | | 4 | 1.5 | 1.2 | | |
| st.15 | スイカズラ | 7 | 856.5 | 100.0 | 6 | 225.0 | 100.0 | 4 | 0.4 | 0.3 | 4 | 0.4 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 2 | 33.2 | 100.0 | | |
| st.16 | エノキ | 3 | 1430.5 | 57.3 | 2 | 312.3 | 66.1 | 2 | 30.2 | 34.3 | 4 | 342.5 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 2 | 74.9 | 15.8 | | |
| st.17 | カマツカ | 1 | 269.7 | 10.8 | | | | 2 | 62.7 | 13.3 | 2 | 62.7 |
| | ミズキ | | | | | | | 2 | 22.7 | 4.8 | | |
| st.18 | コマユミ | | | | | | | 2 | 4.3 | 4.9 | 2 | 4.3 |
| | オニグルミ | | | | | | | 3 | 33.2 | 100.0 | | |
| st.19 | エノキ | 3 | 797.2 | 31.9 | 3 | 80.7 | 100.0 | 1 | 1.8 | 8.9 | 6 | 879.7 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 1 | 269.7 | 10.8 | | |
| st.20 | ノイバラ | | | | | | | 3 | 15.6 | 78.4 | 3 | 15.6 |
| | シロダモ | | | | | | | 1 | 2.5 | 12.7 | | |
| st.21 | ニセアカシア | 5 | 1463.4 | 100.0 | | | | 1 | 9.1 | 57.9 | 1 | 9.1 |
| | コマユミ | | | | | | | 1 | 6.6 | 42.1 | | |
| st.22 | エノキ | 5 | 1113.1 | 92.4 | 4 | 108.7 | 100.0 | | | | 9 | 1221.8 |
| | カマツカ | | | | | | | 1 | 91.6 | 7.6 | | |
| st.23 | イボタノキ | | | | | | | 13 | 34.3 | 100.0 | 13 | 34.3 |
| | オニグルミ | | | | | | | 6 | 53.6 | 52.7 | | |
| st.24 | アカメガシワ | 1 | 191.0 | 100.0 | 2 | 537.7 | 96.2 | 1 | 191.0 | 100.0 | 1 | 191.0 |
| | エノキ | | | | | | | 9 | 36.7 | 36.1 | | |
| st.25 | イボタノキ | | | | | | | 5 | 7.0 | 8.9 | 5 | 7.0 |
| | ノイバラ | | | | | | | 3 | 3.2 | 3.1 | | |
| st.26 | コマギ | | | | | | | 1 | 1.1 | 1.1 | 1 | 1.1 |
| | エノキ | | | | | | | 2 | 79.7 | 53.3 | | |
| st.27 | オニグルミ | | | | | | | 3 | 69.9 | 46.7 | 3 | 69.9 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 9 | 65.7 | 100.0 | | |
| st.28 | ニセアカシア | 4 | 272.1 | 100.0 | 4 | 105.7 | 100.0 | 22 | 12.7 | 65.8 | 22 | 12.7 |
| | オニグルミ | | | | | | | 3 | 6.6 | 34.2 | | |
| st.29 | ニセアカシア | 4 | 42.0 | 100.0 | 68 | 156.4 | 92.5 | 72 | 92.5 | 92.5 | 72 | 198.3 |
| | オニグルミ | | | | | | | 9 | 12.7 | 7.5 | | |
| st.30 | ニセアカシア | 3 | 452.3 | 100.0 | 5 | 132.1 | 83.1 | 4 | 48.7 | 100.0 | 12 | 633.2 |
| | オニグルミ | | | | | | | 2 | 27.0 | 16.9 | | |
| st.31 | イヌコリヤナギ | | | | | | | 24 | 95.5 | 60.3 | 24 | 95.5 |
| | オニグルミ | | | | | | | 1 | 51.5 | 100.0 | | |
| st.32 | エノキ | 6 | 296.7 | 55.0 | 6 | 296.7 | 55.0 | 1 | 4.9 | 6.4 | 7 | 301.6 |
| | ニセアカシア | | | | | | | 4 | 179.3 | 33.2 | | |
| st.33 | イヌコリヤナギ | | | | | | | 1 | 63.6 | 11.8 | 1 | 63.6 |
| | オニグルミ | | | | | | | 1 | 107.5 | 100.0 | | |
| st.34 | ノイバラ | | | | | | | 1 | 18.1 | 58.8 | 1 | 18.1 |
| | イヌコリヤナギ | | | | | | | 1 | 0.8 | 2.6 | | |
| st.35 | ニセアカシア | 9 | 193.4 | 100.0 | 9 | 193.4 | 100.0 | 23 | 63.1 | 89.0 | 32 | 256.4 |
| | オニグルミ | | | | | | | 3 | 7.8 | 11.0 | | |
| st.36 | オニグルミ | 3 | 1751.0 | 100.0 | 4 | 52.2 | 91.1 | 7 | 51.3 | 74.0 | 14 | 1854.6 |
| | エノキ | | | | | | | 5 | 13.8 | 19.9 | | |
| st.37 | ツルウメモドキ | | | | 3 | 5.1 | 8.9 | 3 | 3.4 | 4.9 | 6 | 8.5 |
| | ツルギ | | | | | | | 1 | 0.8 | 1.1 | | |
| st.38 | ニセアカシア | 6 | 405.2 | 74.8 | 7 | 243.7 | 96.6 | 1 | 9.8 | 30.1 | 14 | 658.5 |
| | エノキ | | | | | | | 1 | 136.8 | 25.2 | | |
| st.39 | コマユミ | | | | | | | 1 | 4.9 | 15.4 | 1 | 4.9 |
| | イボタノキ | | | | | | | 3 | 3.2 | 10.0 | | |
| st.40 | オニグルミ | | | | | | | 1 | 0.9 | 3.0 | 1 | 0.9 |
| | ケヤキ | | | | | | | 1 | 0.9 | 3.0 | | |
| st.41 | ヤマグワ | | | | | | | 2 | 1.2 | 1.0 | 2 | 0.4 |
| | エノキ | | | | | | | 2 | 0.3 | 1.0 | | |
| st.42 | ニセアカシア | 6 | 353.6 | 64.1 | 5 | 80.7 | 87.6 | 6 | 14.1 | 11.0 | 17 | 448.4 |
| | イボタノキ | | | | | | | 2 | 198.0 | 35.9 | | |
| st.43 | ケヤキ | | | | | | | 14 | 73.7 | 57.4 | 14 | 73.7 |
| | アケビ | | | | | | | 6 | 20.9 | 16.3 | | |
| st.44 | ニセアカシア | 9 | 442.7 | 100.0 | 9 | 90.4 | 100.0 | 1 | 0.2 | 0.2 | 1 | 0.2 |
| | オニグルミ | | | | | | | 5 | 9.3 | 36.1 | | |
| st.45 | イボタノキ | | | | | | | 2 | 6.0 | 23.4 | 2 | 6.0 |
| | エノキ | | | | | | | 4 | 5.9 | 23.0 | | |
| st.46 | イボタノキ | | | | | | | 10 | 4.5 | 17.5 | 10 | 4.5 |
| | エノキ | | | | | | | 10 | 4.5 | 17.5 | | |

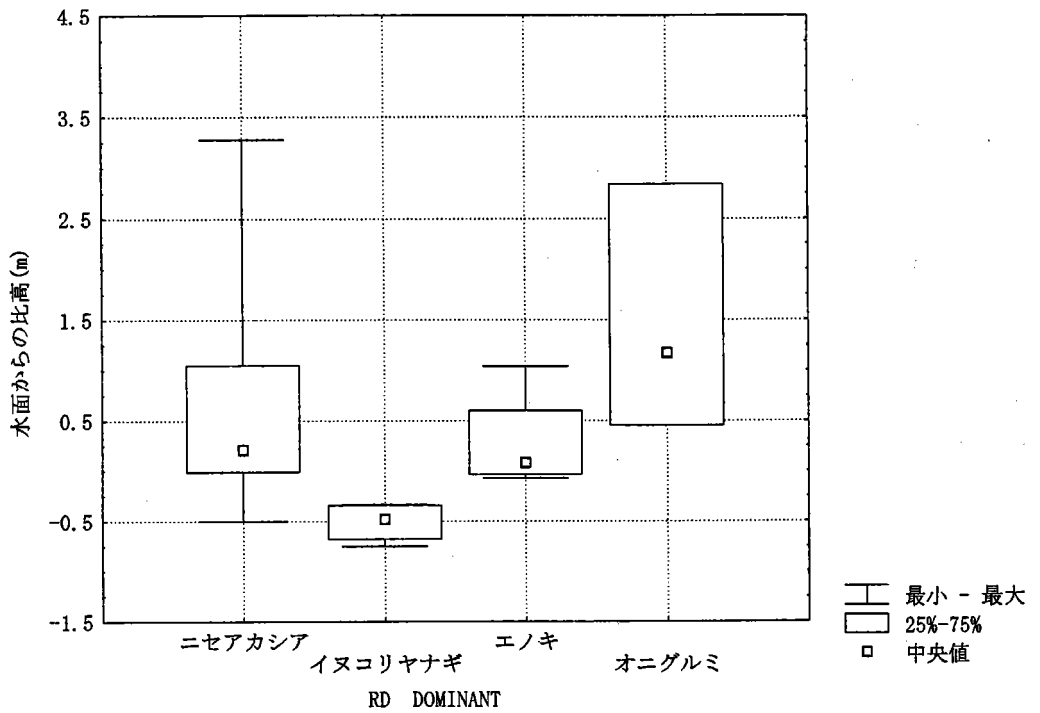


図4-4-30 本川水面からの比高 (1975年)

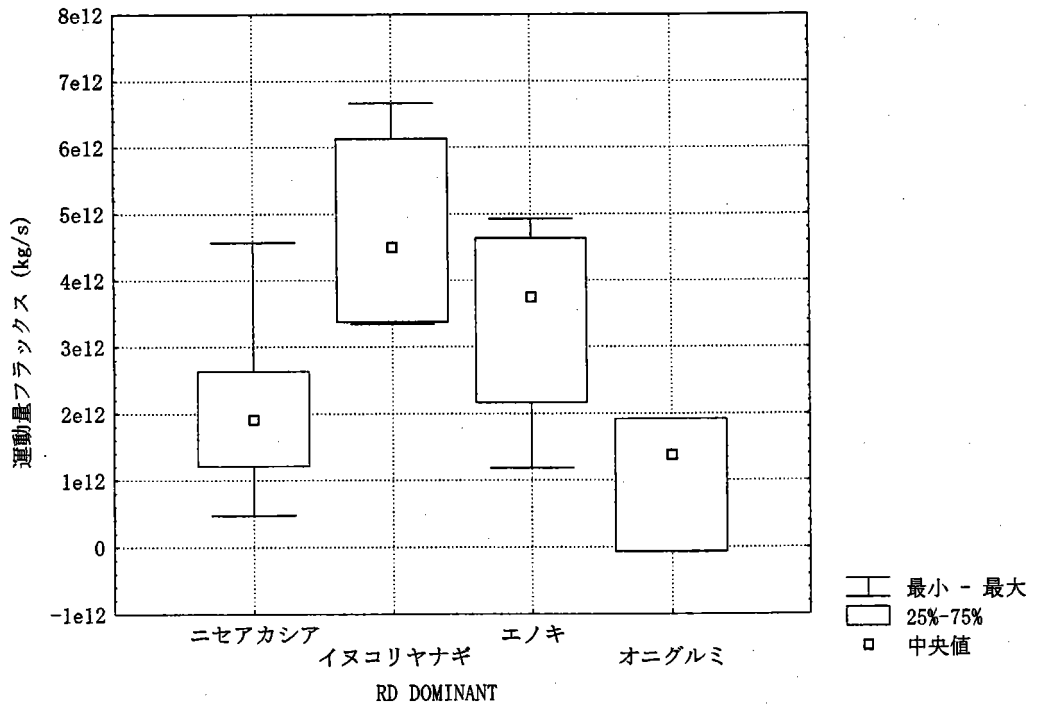


図4-4-31 洪水時の流水による運動量フラックス

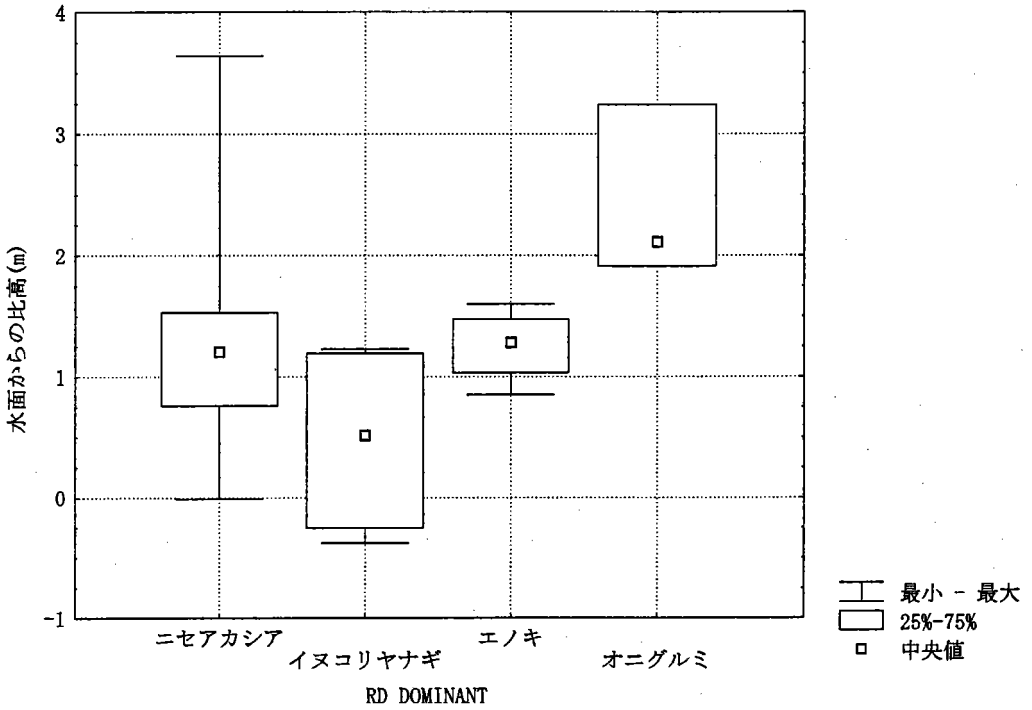


図4-4-32 本川水面からの比高 (1995年)

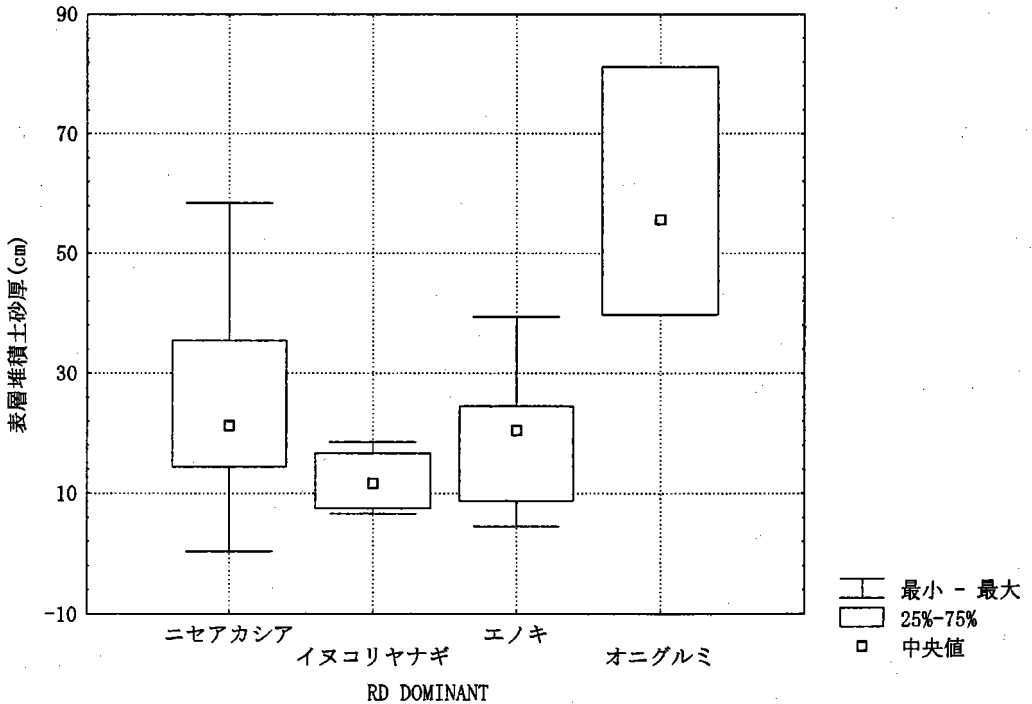


図4-4-33 表層堆積土砂厚

クラスカルウォリス検定によって、合計 BA の優占種による分類と対応関係がある 4 つの環境条件が検出された。この結果、今日の樹林の成立が、20 年以上過去の本川水面からの比高といった立地条件と対応関係があることが示唆された。さらに、対象地に形成される樹林のタイプは、現在の本川水面からの比高や、洪水による運動量フラックス及び、洪水の結果堆積する表層堆積土砂厚といった環境要因の影響を受けていることが推察された。これらのどれも、河川敷環境の特性である、増水時の洪水による作用と関連した環境条件であることが考察される。さらに、樹林は存在年数が長いため、現在の樹林の姿は、過去の環境条件を含めた環境要因による影響を受けて成立していることが読みとれる。

ただし、クラスカルウォリス検定は、比較されるすべての標本は同じ分布もしくは同じ中央値を持つ分布から抽出されているという仮説を検定しており、個々の組み合わせまでは検出されない。そこで、個別の 2 群の差について、マン・ホイットニー検定を行ったが、すべての組み合わせで明瞭に差が検出される結果とはならなかった。

(b) 判別分析と正準相関分析による樹林の予測

今回変数として用いた環境条件の違いと成立する樹林にある程度関連が見られることが、ノンパラメトリック検定によって明らかにされた。そこで、樹林のタイプを目的変数、環境条件を説明変数とする判別分析による解析によって、樹林の成立に影響を与える要因について検討を加える。判別分析は、説明変数から作られた合成変量の値から、外的基準となる目的変数の示すグループへの所属を決定する多変量解析の一手法である。

判別分析では、分類に寄与する変数が取り込まれた判別モデルが作成されるため、この値を主要な要因として認めることができる。モデルに組み込まれた変数が、樹林の構成に影響する主要な環境要因であると考えられる。

BA の優占種による分類であるニセアカシア、エノキ、オニグルミ、イヌコリヤナギを目的変数とした判別分析を行ったところ、エノキはニセアカシアとイヌコリヤナギに誤判別され、正答率が 0% となり、有効な判別モデルを構築できなかった。この原因として、図 4-4-30~図 4-4-33 に示されているように、エノキとニセアカシアの環境要因の重なりが多いことが考えられる。そこで、ニセアカシアとエノキをまとめて一つのグループとして、判別分析を行ったところ、以下のような結果を得た。

判別分析を実施したところ、判別モデルには表層土砂堆積厚、洪水運動量フラックス、本川からの距離 (1975)、本川水面からの比高 (1975) の 4 つの環境要素が取り込まれた。ウィルクスの λ 統計量によるグループ間の差の検定を行ったところ、ウィルクスの $\lambda = 0.282929$ $p < 0.01$ となり、1% 水準でグループ間に差がないとする帰無仮説は棄却された。また、それぞれのグループ間の距離を表すマハラノビスの距離の 2 乗が 0、すなわち 2 群が一致するという帰無仮説を検定した p 値行列は、すべての組み合わせで 1% あるいは 5% 水準で棄却され、どの 2 群も平均が異なるグループが形成されていた。

表4-4-8 判別分析の結果

| | 判別係数 | | | F 値 |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-----------------|------|
| | ニセアカシア エノキ RD 優占型 | イヌコリヤナギ RD 優占型 | オニグルミ RD 優占型 | |
| 表層土砂堆積厚 | 0.217 | 0.139 | 0.408 | 8.51 |
| 洪水運動量フラックス | 1.99E-12 | 3.64E-12 | 1.92E-12 | 5.90 |
| 本川からの距離(1975) | 0.049 | -0.036 | 0.098 | 5.98 |
| 本川水面からの比高(1975) | 1.921 | 0.614 | 3.651 | 5.06 |
| 定数 | -6.266 | -11.238 | -18.688 | |

環境条件の分類への寄与度はF値によって表され、この値が大きいほど環境条件が重要な役割を果たしていることを示している。分析の結果、表層堆積土砂厚が最も重要な環境条件として示された。さらに、洪水運動量フラックスや、25年前の1975年の時点での本川からの距離及び比高が重要な要因として判別モデルに取り込まれている。

表4-4-9に、観測分類を行に、予測分類を列に示した分類行列と正答の比率を示す。ニセアカシア・エノキを合わせた樹林型は、100%の確率で分類することができた。

表4-4-9 正答の比率と分類行列

| | 正答の 比率(%) | ニセアカシア・ エノキ RD 優占型 | イヌコリヤナギ RD 優占型 | オニグルミ RD 優占型 |
|------------|--------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| ニセアカシア・エノキ | 100.0 | 22 | 0 | 0 |
| イヌコリヤナギ | 75.0 | 1 | 3 | 0 |
| オニグルミ | 66.7 | 1 | 0 | 2 |
| 合計 | 93.1 | 24 | 3 | 2 |

次に、判別モデルに組み込まれた変数のグループ間の相関的構造について、正準相関分析によって分析する。正準相関分析では、変数群間の関係を合成変数間の関係に要約して傾向を捉える。このため分析にあたって、正準変量と呼ばれる合成変数と変数群間の相関が最大となるように分析を行う。表4-4-10に、変数（環境要因）と正準変量間の相関を示す。

変量1は表層土砂堆積厚をはじめ、洪水運動量フラックスや本川からの距離（1975）と相関が高い。変量2は、洪水運動量フラックスと相関が高い。なお、累積確率で見ると、変量1で78%、変量2で100%となっている。正準変量と樹林型の散布図を図4-4-34に示す。

重なりが見られるところが誤分類されたデータを示していると考えられるが、正準変量の平均を見ると、ニセアカシア・エノキ林が第1象限、イヌコリヤナギが第3象限、オニグルミが第4象限に位置していた。

表4-4-10 環境要因と正準変量の相関

| | 変量 1 | 変量 2 |
|-----------------|-------|-------|
| 表層土砂堆積厚 | -0.88 | -0.47 |
| 洪水運動量フラックス | 0.78 | -0.63 |
| 本川からの距離(1975) | 0.60 | -0.02 |
| 本川水面からの比高(1975) | -0.13 | 0.25 |

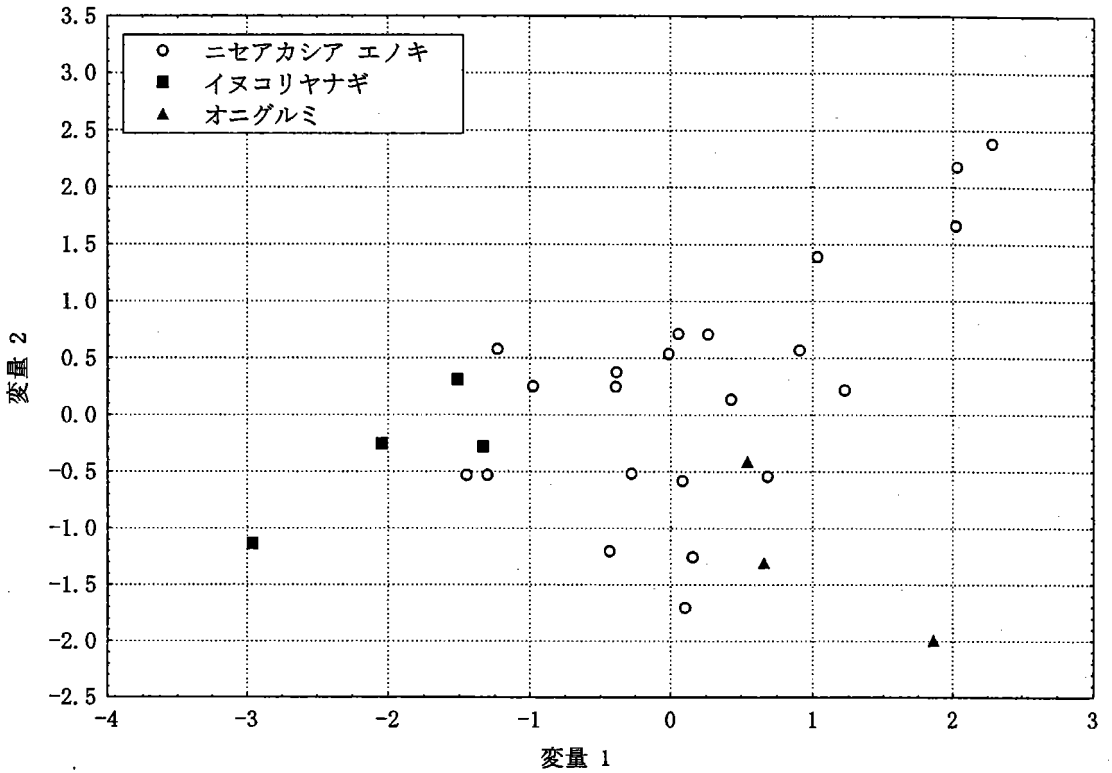


図4-4-34 正準変量と樹林型の散布図

以上のように、判別分析と正準相関の分析手法を用い、洪水時の運動量フラックスや堆積土砂厚、過去の水面からの距離と比高のデータを用いることで、ある程度成立する樹林のタイプが予測できることを示すことができた。

(2) ニセアカシア林の形成と環境条件

樹林の中で特にニセアカシアに着目して、その成立に影響を及ぼす環境条件を解析した。ニセアカシア林に関するデータ源としては高木層、亜高木層、低木層の階層別に実施した毎木調査結果を用い、環境条件には、これまでと同様に、1975年、1985年、1997年の本川水面からの距離、比高及び、それぞれの年度間での標高変化量及び、洪水時の流水による運動量フラックス及び、表層堆積土砂厚の11項目のデータを用いる。

解析の手法として、各階層別の出現の有無や、RD 優占種等のニセアカシア林の様々な状態とその他の状態とをノンパラメトリックなマンローホイットニーの手法によって、差の統計的な有意性を検定した。各種の組み合わせで検定を行った結果、次のような結果を得た。

ニセアカシアが高木層、亜高木層、低木層のすべてに記録される、ニセアカシアの階層構造が形成される林分の立地は、ニセアカシアが全く出現しなかったその他の林分の立地に比較して、洪水運動量フラックスが低い ($p < 0.05$ U-test) 傾向が見られた。

高木層でニセアカシアが記録される立地は、高木層に樹木が記録されない立地に比較して、洪水運動量フラックスが低かった ($p < 0.05$ U-test)。また、高木層にニセアカシアが RD 優占する立地の方が、オニグルミが RD 優占する立地よりも表層土砂堆積厚が低かった ($p < 0.05$ U-test)。

亜高木層に関しては、各種条件を比較したが、有効な差は検出できなかった。

低木層にニセアカシアが RD 優占する立地の方が、イヌコリヤナギが RD 優占する立地よりも洪水運動量フラックスが明らかに小さく ($p < 0.01$ U-test)、1995年の水面からの比高が高く ($p < 0.05$ U-test)、表層土砂堆積厚が高かった ($p < 0.05$ U-test)。

参考文献

- 1) 財団法人リバーフロント整備センター編集：河川における樹木管理の手引き，山海堂，1999。
- 2) 辻本哲郎：洪水時の植生の破壊形態の整理，河川整備基金事業 河川の植生と河道特性に関する報告書，河川環境管理財団，1994。
- 3) 松江正彦・藤原宣夫・井本郁子・田中隆：利根川中流域における植生と環境条件との関係，ランドスケープ研究，Vol.62，No.5，pp.551-556，1999。
- 4) 原田圭助・池内幸司・浅利修一・渡邊眞道：冠水頻度、土性区分と成立する河川植生との関係に関する一考察，リバーフロント研究所報告，Vol.10，1999。
- 5) 奥田重俊・小舩聡子・畠瀬頼子：多摩川河川敷の植物群落，建設省関東地方建設局京浜工事事務所・河川環境管理財団，1995。
- 6) 曾根伸典：多摩川河川敷現存植生図，とうきゅう環境浄化財団，1984。
- 7) 奥田重俊・曾根伸典・藤間熙子・富士堯：多摩川河川敷現存植生図，とうきゅう環境浄化財団，1979。
- 8) 奥田重俊ほか：生育環境別日本野生植物館，小学館，1997。
- 9) 北川明・島谷幸広・小栗幸雄：洪水による樹木の倒伏，土木技術資料，Vol.30，No.7，1988。

- 10) 前河正昭・中越信和：海岸砂地においてニセアカシア林の分布拡大がもたらす生帯構造と種多様性への影響，日本生態学会誌，Vol.47，No.2，pp.131-143，1997.
- 11) 鷺谷いつみ・森本信生：エコロジーガイド 日本の帰化植物，保育社，東京，1993.
- 12) 村上興正：移入種対策について－国際自然保護連合ガイドライン案を中心に－，日本生態学会誌，Vol.48，No.1，pp.87-95，1998.
- 13) 倉本宣・井上健：多摩川におけるカワラノギクの生育地の特性についての研究，ランドスケープ研究，Vol.59，No.5，pp.93-96，1996.
- 14) 日本写真測量学会編：空中写真の判読と利用，鹿島出版会，1981.

4. 5 洪水時の流れとニセアカシア生育環境との関係

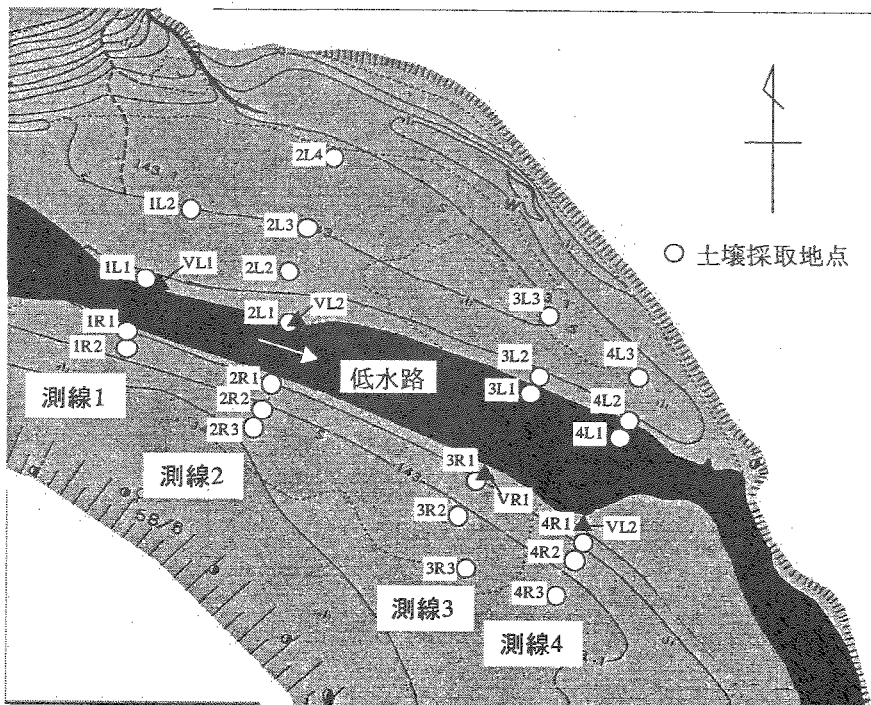
4. 5. 1 調査の概要

ニセアカシアを代表とする河川高水敷に生育する植生は高水敷土壌中の水分・栄養分等を利用して一次生産活動を行う。一方、洪水時の流れはこれらの基礎物質を運搬し、高水敷土壌環境の形成に大きな影響を及ぼす^{1),2)}。このように洪水時の土砂、有機物、栄養塩の輸送は高水敷生物の生育環境の形成に重要な役割を果たすことが予測され、それら流れの特性と関連づけて解明することが必要である。しかし、礫床河川の洪水時の物質輸送特性に関して有機物や栄養塩までを含めて調査された例は少なく、それらに対する研究が必要となっている。本節では洪水流による高水敷土壌環境の形成に関して、現地観測および数値計算より得られた知見を報告する。

4. 5. 2 洪水流による高水敷土壌環境形成に関する現地観測

(1) 観測概要

現地観測は多摩川河口より 58.6km 地点（東京都青梅市）に位置する礫床河道区間で実施した。観測対象地の川幅は瀬と淵に対応して 30~50m の範囲で空間的に変化して



おり、左岸側・右岸側にはそれぞれ最大幅 100m 程度の高水敷が広がっている。低水路の平均的な河床勾配は約 1/200、平水時の河川流量は夏期で 10~14m³/s 程度である。

本観測では、洪水流に伴った土砂・有機物・栄養塩量の輸送特性を詳

図-4.5.1 観測地地図と測点の配置

細に把握出来るように、観測領域は流下方向に 500m 程の区間に限定し、その中に設けられた 4 つの横断測線上で高水敷土壌の特性に関する精密な計測を実施した。各測線および測点の配置を図-4.5.1 に示す。

(2) 観測地概要および観測方法

1999 年 8 月 14 日～15 日にかけて熱帯性低気圧の関東圏への接近に伴って強い降雨が観察され、観測対象地において高水敷全体が冠水する大規模な出水が生じた。同年中、100m³/s を越えるような大規模な出水はこの一度だけであり、他の期間は低水路との境界付近の高水敷が冠水する程度の出水はあったものの、植生分布や高水敷土壌の構成を大きく変化させるような出水は生じなかった。

地形測量では DGPS (株ソキア製) を用いた平面測量およびレベル (株ソキア製) を用いた水準測量を実施した。1999 年 8 月 2 日 (出水前)、同年 11 月 5 日 (出水後) には、高水敷表層土壌 (本研究では表面から深さ 10cm までの土砂・有機物等と定義) 中の強熱減量、リン含有量、窒素含有量を調査した。強熱減量の計測は、採取した試料の乾燥重量 (120℃で 30 時間乾燥) から強熱残留物重量 (700℃で 2 時間強熱) を差し引き求めた。全リンの測定は、ペルオキシ 2 硫酸カリウム水溶液に土壌試料を投入し、オートクレーブでオルトリン酸に分解した後にアスコルビン酸法³⁾によって定量した。窒素量の計測は、ペルオキシ 2 硫酸カリウムと水酸化ナトリウムの混合溶液に土壌試料を投入し硝酸に分解したのち、中和滴定を行いカドミウム還元法³⁾により定量した。表層材料のサンプリングは図-4.5.1 中に○印で示された地点で行い、各地点で面積：50cm × 50cm 程度の採取を行った。表層材料の分析時には植生の根や葉などの大きな固形の有機物は取り除いてある。また、図-4.5.1 中測線 2 上の地点では、篩い分け後に各粒径毎の強熱減量、リン含有量、窒素含有量を計測した。

(3) 現地観測結果

(a) 観測期間中の河川の流況

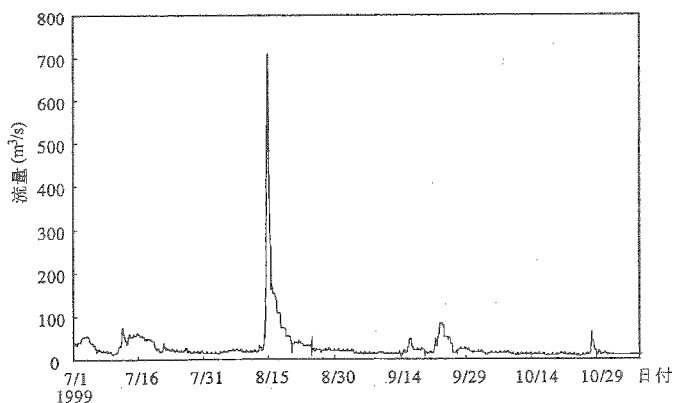


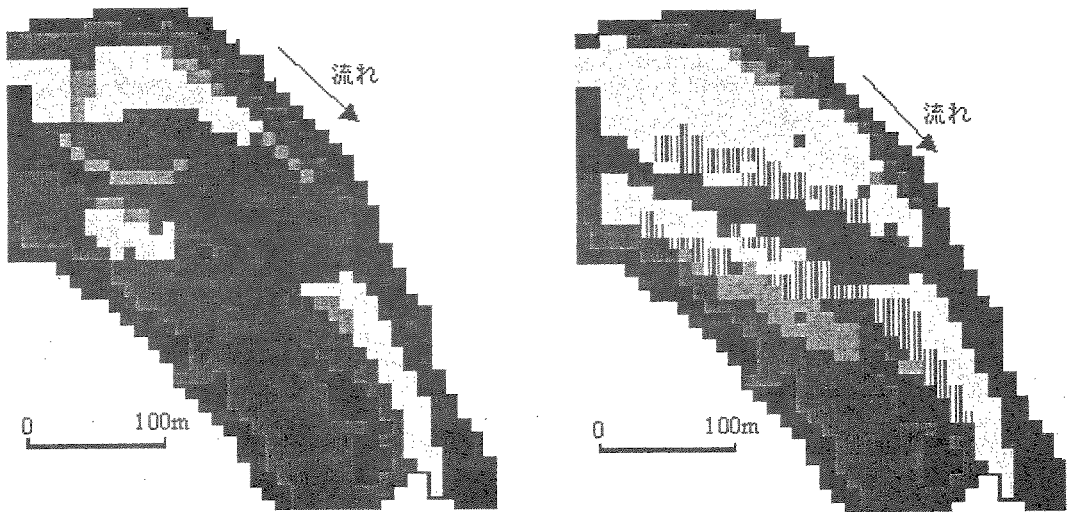
図-4.5.2 河川流量

図-4.5.2 に東京都交通局の多摩川第3発電所で計測されている1999年7月1日から11月12日の御岳橋における

流量を示す。御岳橋は観測対象地から約 7km 程上流側に位置しているが、観測対象地との間に支川の流入がないため、1~2 時間の時間遅れがあるものの概ね観測地の流量を表しているものと考えられる。河川流量は平水時で 10~14m³/s の間で変動しており、8 月 14 日の熱帯性低気圧接近時に同年最大流量である 704m³/s (8 月 14 日 21 時~22 時) を記録した。その他の期間では、9 月 16 日および 9 月 23 日付近の台風の接近時に流量が 50m³/s を上回ったが、これらの期間には高水敷上が若干冠水する程度であり、植生分布や高水敷土壌に大きな変化は見られなかった。

(b) 出水前後の植生分布の変化

図-4.5.3(a), (b)に洪水前後の高水敷植生分布を示す。出水前後を比較すると、左岸側高水敷上の低草地、草本類の群落が出水により流出していることが分かる。本観測地の河道は緩やかに湾曲しており、左岸側はその外岸側に位置している。そのため出水時においては、左岸側で大きな流速が生じ、河床洗掘とともに左岸高水敷の植生を流出させたものと思われる。右岸側高水敷では左岸と比較すると裸地化された範囲が狭く、洪水流の影響は小さかったものと判断される。



(a) 洪水前 (1999. 8. 2)

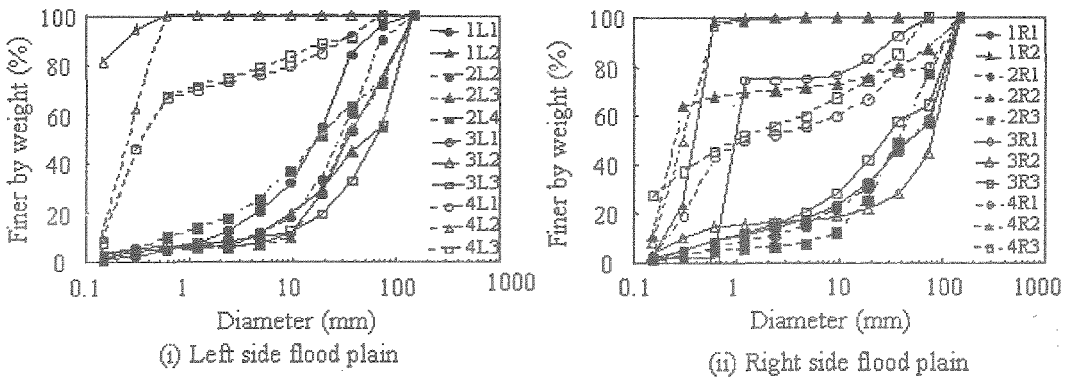
(b) 洪水後 (1999. 8. 17)

- 樹木 (ハリエンジュ等)
- 草本類 (ツルヨシ, ススキ等)
- 低草地
- 裸地
- 枯死
- 低水路

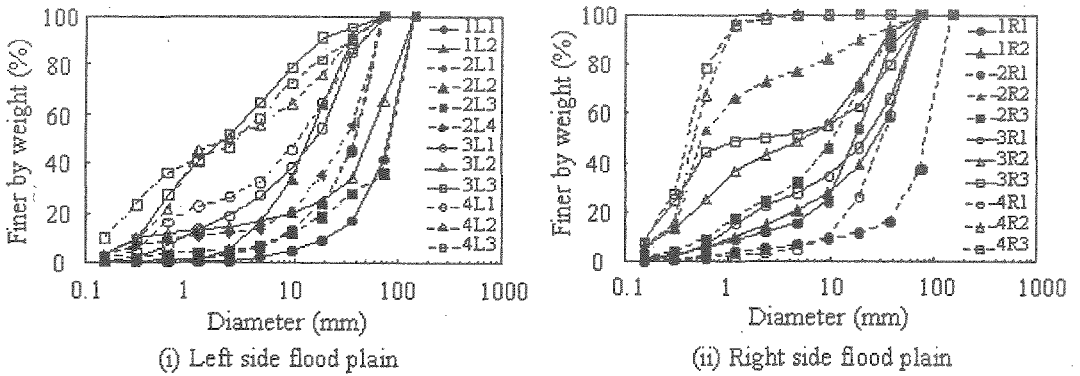
図-4.5.3 洪水前後の植生分布の変化

(c) 高水敷表層土壌の粒度分布の変化

左岸側・右岸側それぞれの高水敷における洪水前後の表層土壌の粒度分布の変化を図-4.5.4(a), (b)に示す. 出水前の土壌の粒度分布は3つの特徴的なタイプに分類され, それぞれをAタイプ, Bタイプ, Cタイプと分類した. Aタイプと分類された地点は, 10mm以上の礫が表層10cm内の大部分を占めており, 細粒分の含有率が小さいことが分かる. Bタイプと分類された地点では, 0.6mm以下の砂・シルト分が40~70%程度存在し, 礫と細粒分が混在している. 現地踏査時の観察から判断すると, これらの地点ではごく表面付近の礫の間隙まで細粒成分が堆積した状態であった. またCタイプでは表層材料の90%以上が0.2mm以下の粒径によって占められており, 表面はほぼ細粒分のみによって被覆されている.



(a) 洪水前 (1999.8.2)



(b) 洪水後 (1999.8.17)

図-4.5.4 洪水前後の土壌粒度分布の変化

以上の3タイプの表層材料が高水敷上でどのように分布しているかを示したものが図-4.5.5である. 左岸側高水敷は下流側の一部を除きAタイプに分類され, 高水敷表面はおおむね礫で被覆されている. 左岸下流側のハリエンジュが生育している付近には

Cタイプが見られる。右岸側高水敷では3つのタイプが混在しているものの、ツルヨシ群落が生育している地点近傍ではBタイプ、Cタイプの表層材料となっている。このようにBタイプやCタイプの土壌は高水敷上に植生が繁茂している付近に多く存在している。このことは、1998年の出水時に植生が流出した地点では礫河原(Aタイプ)が形成されたものの、植生が流出するには至らなかった地点では、植生群落が洪水時の流れに対して抵抗として働き、周囲の流速低下と細粒土砂の堆積を進行させ、BタイプやCタイプの土壌を形成したものと考えられる。1999年の出水後の土壌においては、出水前にBタイプに分類された高水敷下流側の水際付近の地点がAタイプに変化しており、礫河原へと変化している。また、右岸側高水敷の奥に位置する地点ではBタイプやCタイプの土壌に変化しており、植生群落による細粒分の捕捉がより一層進行したことが分かる。

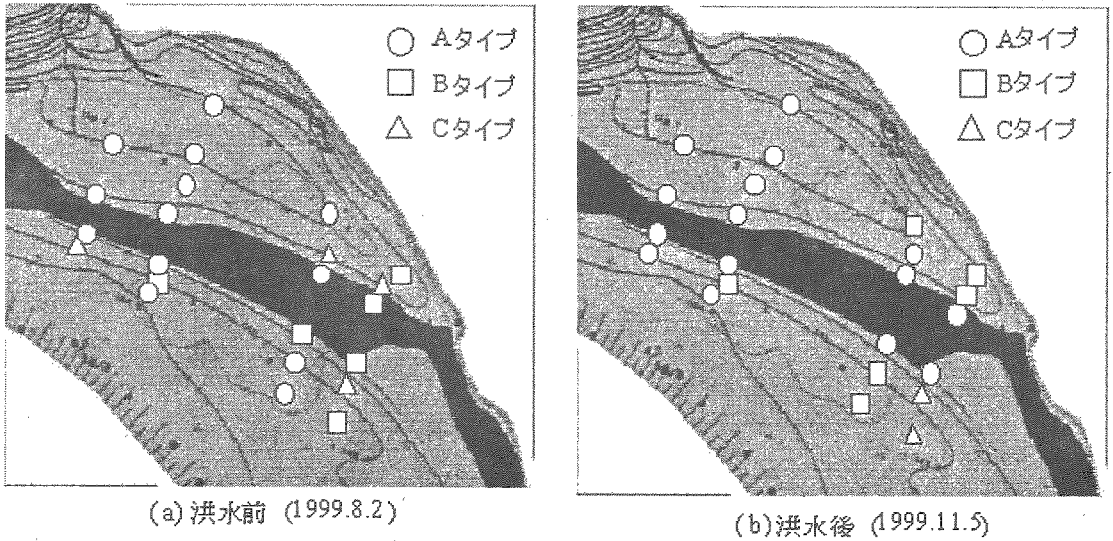
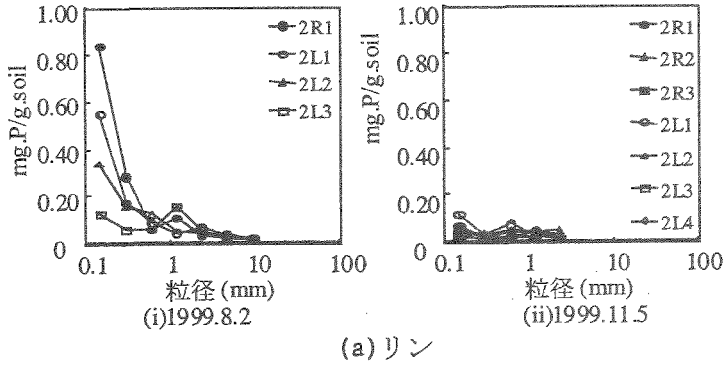


図-4.5.5 土壌タイプの空間分布

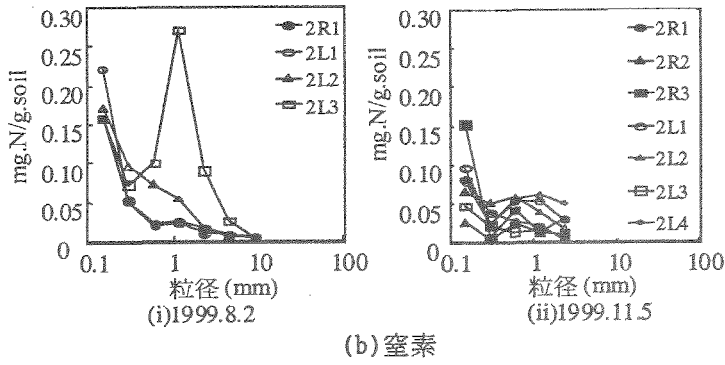
(d) 高水敷表層土壌中の栄養塩・有機物量の変化

図-4.5.6 に測線 2 上の各地点における粒径毎のリン・窒素・強熱減量の含有率を示す。出水前の土壌においては、栄養塩・有機物ともに粒径が小さくなるほど含有率が高くなる傾向が見られる。このことは窒素・有機物に関しては河川の流れや生物による分解の結果、小さな粒径で存在することが多く、リンに関しては細粒成分表面に吸着した形態で存在していたものと考えられる。窒素量・有機物量に関して、地点 2L3 では、1mm 付近の粒径で両者が大きな値を取っており、窒素の変化が有機物量の変化と対応していることが分かる。このことから窒素量に関してその多くが有機態で含有されていたものと考えられる。出水後の分布に関しても出水前と同様、粒径が小さくなるほど粒度毎の栄養塩・有機物含有率が上昇する傾向が見られるが、リンに関してはその上昇率は小さ

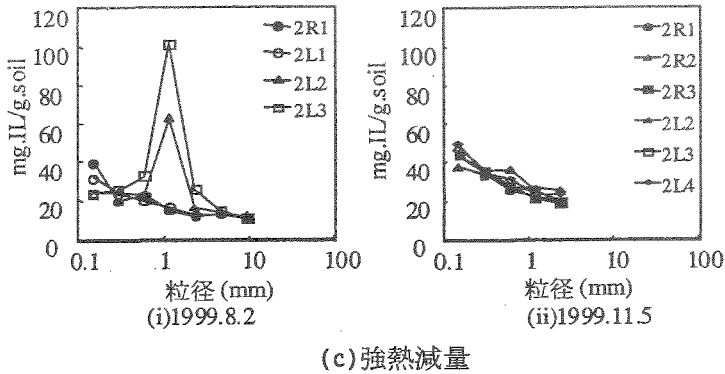
くなっている。この結果は、出水後に堆積した土壌は出水前の比較して吸着性リンが少ないことを表しており、詳細な原因は明らかではないが、観測地より約20km上流に位置する小河内ダム湖底等の嫌気状態でリンが溶脱した土砂が観測対象高水敷に堆積した可能性が示唆される。また出水後の全ての項目に関して、各地点間での分布の違いが小さくなっており、高水敷土壌の均質化が進行していることが確認される。



(a) リン



(b) 窒素



(c) 強熱減量

図-4.5.6 粒径別物質含有率

図-4.5.7(a), (b), (c)に単位面積土壤中に含まれるリン量, 窒素量, 強熱減量を示す。出水前のリン・窒素量は1998年の出水によって高水敷が裸地化(5)された左岸高水敷上流部で小さな値をとっている。その他の地点では地点間のばらつきが見られるが, 全体的には植生繁茂が進行している高水敷下流側付近で大きな値をとる傾向にある。出水前後を比較すると, 栄養塩に関しては全体的に低下している。このことは, 出水によって細粒成分が流出したこと, および出水後の堆積土壌の栄養塩含有率が低下したことに起因している。強熱減量に関しては裸地や粗粒化が進行した地点でおおむね低下する傾向がみられ, 細粒成分の堆積した地点では増加する傾向が見られた。

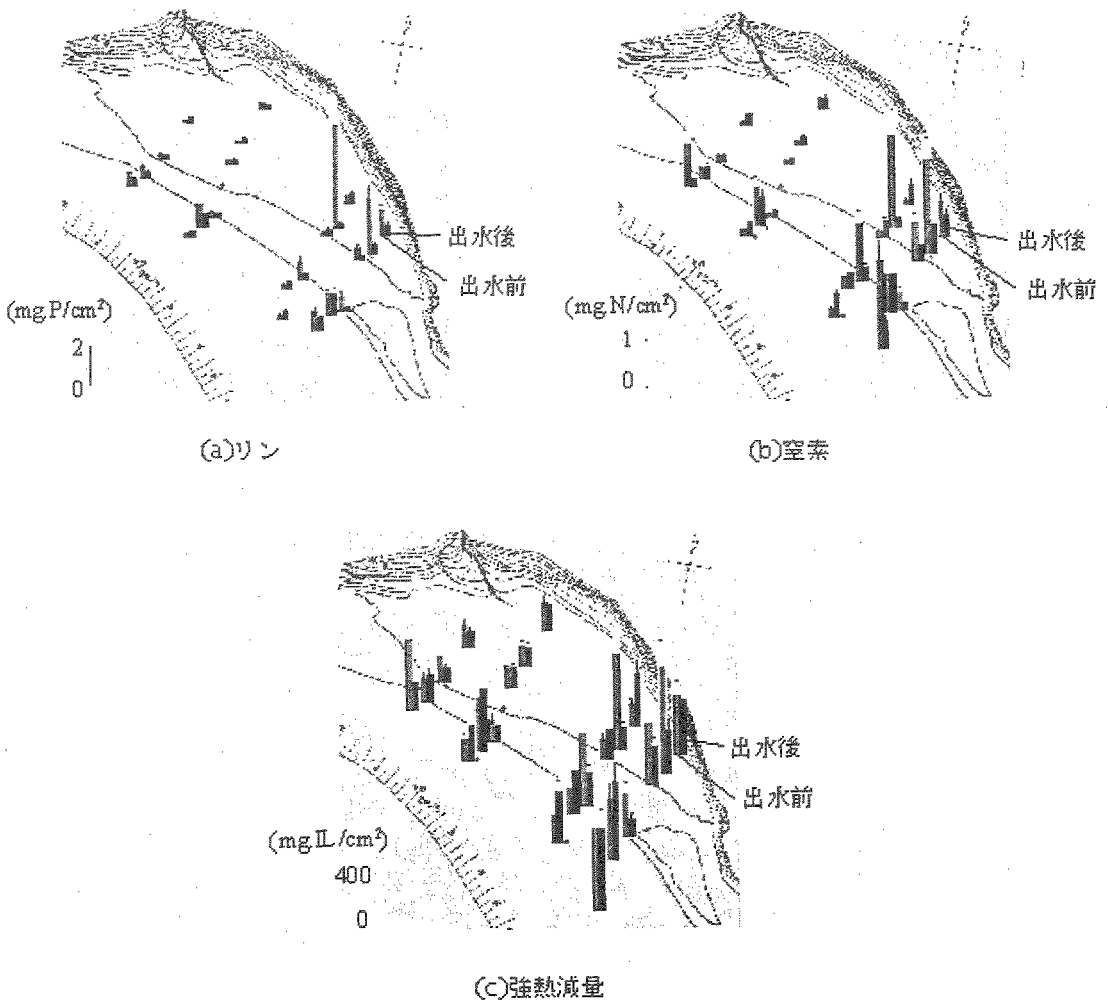


図-4.5.7 単位面積当たりの表層土壌中物質量

4. 5. 3 洪水規模と高水敷土壤環境形成機構の関係 —数値モデルによる検討—

図-4.5.8 に洪水流による礫床河川高水敷の土壤環境形成の予想概念図を示す。図に示されたように比較的流量の小さな洪水が生じれば低水路内から運搬される微細土砂、有機物、栄養塩等が高水敷上に堆積し、それらを栄養分として高水敷上に植生の繁茂が生じるものと推察される。一方、大規模な出水が生じた場合には、それ以前に高水敷植生や土壤中の生物により形成された土壤が植生とともに流出し、高水敷の栄養塩・有機物量が減少するものと思われる。ここでは、このような洪水規模と高水敷土壤環境形成機構の関係を明らかにするために数値モデルによる検討を行った。

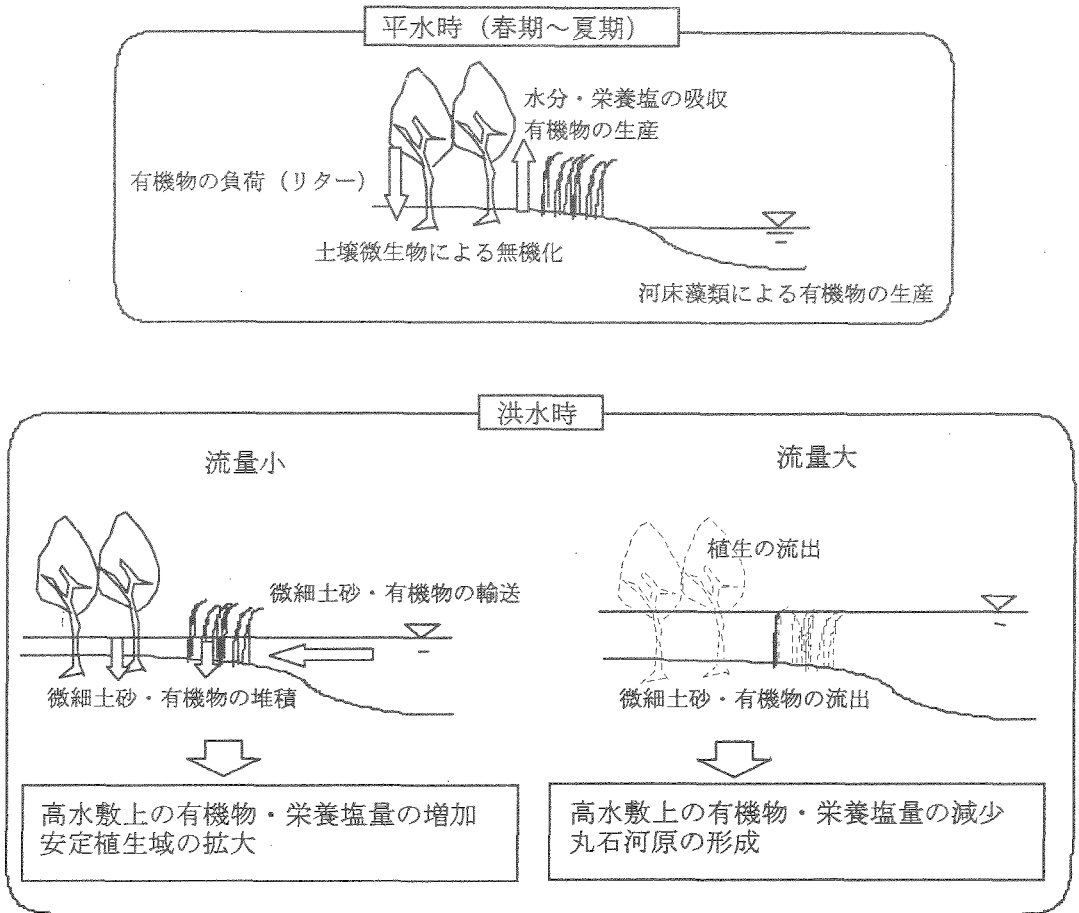


図-4.5.8 洪水流による高水敷土壤形成機構に関する予想概念図

(1) 数値モデルの概要

(a) 流れ場の基礎方程式⁴⁾

流れ場の解析に用いた基礎方程式は水深平均された連続式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

および、水深平均された Reynolds 方程式

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(u^2h)}{\partial x} + \frac{\partial(uvh)}{\partial y} = -gh \frac{\partial z_s}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} - \frac{\tau_{gx}}{\rho} - \frac{F_x}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}(-\overline{u'^2h}) + \frac{\partial}{\partial y}(-\overline{u'v'h}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(uvh)}{\partial x} + \frac{\partial(v^2h)}{\partial y} = -gh \frac{\partial z_s}{\partial y} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} - \frac{\tau_{gy}}{\rho} - \frac{F_y}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}(-\overline{u'v'h}) + \frac{\partial}{\partial y}(-\overline{v'^2h}) \quad (3)$$

である。ここに、 u, v : 水深平均流速の x, y 方向成分, h : 水深, g : 重力加速度, z_s : 水位, τ_{bx}, τ_{by} : 底面せん断力の x, y 方向成分, τ_{gx}, τ_{gy} : 草本類 (ツルヨシ, オギ等) から受ける抵抗力の x, y 方向成分, F_x, F_y : 木本類 (ニセアカシア等) による形状抵抗の x, y 方向成分である。

底面せん断力は、Manning の抵抗則を用いて、以下の式で与えた。

$$\frac{\tau_{bx}}{\rho} = \frac{gn_b^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}, \quad \frac{\tau_{by}}{\rho} = \frac{gn_b^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (4)$$

ここに、 n_b : 礫床河川の Manning の粗度係数である。草本類が繁茂している地点の底面せん断力および草本類による抵抗力に関しては、両者を合計したものを、Manning の抵抗則により表すこととした。

$$\frac{\tau_{bx} + \tau_{gx}}{\rho} = \frac{gn_g^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}, \quad \frac{\tau_{by} + \tau_{gy}}{\rho} = \frac{gn_g^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (5)$$

木本類が繁茂している地点においては、池田ら²⁾と同様に以下の式で表すこととする。

$$\frac{F_x}{\rho} = \frac{1}{2} C_D \lambda h u \sqrt{u^2 + v^2}, \quad \frac{F_y}{\rho} = \frac{1}{2} C_D \lambda h v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (6)$$

ここに、 C_D : 木本類の抗力係数, λ : 植生密度パラメータである。

Reynolds 応力項に関しては、それぞれ以下の式で与えることとし、

$$-\overline{u'^2} = 2D_h \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{2}{3} k, \quad -\overline{u'v'} = D_h \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), \quad -\overline{v'^2} = 2D_h \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{2}{3} k \quad (7)$$

渦動粘性係数 D_h および時間水深平均乱れエネルギー k^3) に関しては、以下の通りとした。

$$D_h = \alpha h u_* \quad , \quad k = 2.07 u_*^2 \quad (8)$$

ここに u_* : 摩擦速度で、 $u_* = \sqrt{\tau_b / \rho}$ である。

上記の基礎方程式はデカルト座標系に対して記述されたものであり、本研究で対象とするような複雑な現地河川地形を対象とした数値計算には適していない。そこで、基礎方程式をデカルト座標系 (x, y) から一般曲線座標系 (ξ, η) に

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial f}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial f}{\partial \eta} = \xi_x f_\xi + \eta_x f_\eta \quad , \quad \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial f}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial f}{\partial \eta} = \xi_y f_\xi + \eta_y f_\eta \quad (9)$$

の関係式等を用いて変換すると連続式および運動方程式はそれぞれ以下ようになる。

[連続式]

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{h}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{Uh}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{Vh}{J} \right) = 0 \quad (10)$$

[運動方程式]

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{Q^\xi}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UQ^\xi}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VQ^\xi}{J} \right) \\ & - \frac{M}{J} \left(U \frac{\partial \xi_x}{\partial \xi} + V \frac{\partial \xi_x}{\partial \eta} \right) - \frac{N}{J} \left(U \frac{\partial \xi_y}{\partial \xi} + V \frac{\partial \xi_y}{\partial \eta} \right) \\ & = -gh \left(\frac{\xi_x^2 + \xi_y^2}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & - \frac{\tau_b^\xi}{\rho J} - \frac{\tau_v^\xi}{\rho J} - \frac{F^\xi}{\rho J} + \frac{\xi_x^2}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(-\overline{u'^2} h \right) + \frac{\xi_x \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(-\overline{u'^2} h \right) \\ & + \frac{\xi_y^2}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(-\overline{v'^2} h \right) + \frac{\xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(-\overline{v'^2} h \right) + \frac{\xi_x \eta_y + \xi_y \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(-\overline{u'v'} h \right) + \frac{2\xi_x \xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(-\overline{u'v'} h \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{Q^\eta}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UQ^\eta}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VQ^\eta}{J} \right) \\ & - \frac{M}{J} \left(U \frac{\partial \eta_x}{\partial \xi} + V \frac{\partial \eta_x}{\partial \eta} \right) - \frac{N}{J} \left(U \frac{\partial \eta_y}{\partial \xi} + V \frac{\partial \eta_y}{\partial \eta} \right) \\ & = -gh \left(\frac{\xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\eta_x^2 + \eta_y^2}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{\tau_b^\eta}{\rho J} - \frac{\tau_v^\eta}{\rho J} - \frac{F^\eta}{\rho J} + \frac{\xi_x \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(-\overline{u'^2 h} \right) + \frac{\eta_x^2}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(-\overline{u'^2 h} \right) \\
& + \frac{\xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(-\overline{v'^2 h} \right) + \frac{\eta_y^2}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(-\overline{v'^2 h} \right) + \frac{\xi_x \eta_y + \xi_y \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(-\overline{u'v' h} \right) + \frac{2\eta_x \eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(-\overline{u'v' h} \right)
\end{aligned}$$

ここに $(\xi_x, \eta_x, \xi_y, \eta_y)$: 変換のメトリックス, J : 座標変換のヤコビアン $(=1/(x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi))$, M, N : x, y 方向の流量フラックス $(M=uh, N=vh)$, U, V : 流速ベクトルの反変成分 $(U=\xi_x u + \xi_y v, V=\eta_x u + \eta_y v)$, Q^ξ, Q^η : 流量フラックスの反変成分 $(Q^\xi = \xi_x M + \xi_y N, Q^\eta = \eta_x M + \eta_y N)$, τ_b^ξ, τ_b^η : 底面せん断力の反変成分 $(\tau_b^\xi = \xi_x \tau_{bx} + \xi_y \tau_{by}, \tau_b^\eta = \eta_x \tau_{bx} + \eta_y \tau_{by})$, τ_v^ξ, τ_v^η : 草本類による抵抗力の反変成分 $(\tau_v^\xi = \xi_x \tau_{vx} + \xi_y \tau_{vy}, \tau_v^\eta = \eta_x \tau_{vx} + \eta_y \tau_{vy})$, F^ξ, F^η : 木本類による抗力の反変成分 $(F^\xi = \xi_x F_x + \xi_y F_y, F^\eta = \eta_x F_x + \eta_y F_y)$ である。

(b) 浮遊砂輸送の基礎方程式

浮遊砂の中の栄養塩含有量は粒径によって異なっているため、洪水時の栄養塩輸送の特性を再現するためには、複数の粒径の浮遊砂に対する輸送方程式を解析する必要がある。 i 粒径成分に対する浮遊砂の輸送方程式および河床表層中の土砂堆積量の変化式は以下の通りである⁵⁾。

$$h \left(\frac{\partial C_i}{\partial t} + u \frac{\partial C_i}{\partial x} + v \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) = h \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_{sh} \frac{\partial C_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_{sh} \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) \right] + Er_i - De_i \quad (13)$$

$$\frac{d(sed_i)}{dt} = De_i - Er_i \quad (14)$$

ここに, C_i : i 粒径成分の水深平均浮遊砂濃度, ε_{sh} : 水平方向浮遊砂拡散係数, Er_i : i 粒径成分の浮遊砂巻き上げ速度, De_i : i 粒径成分の浮遊砂堆積速度, sed_i : 各地点における i 粒径成分の土砂の堆積量である。

i 粒径成分の浮遊砂の巻き上げ速度 Er_i は, 一様粒径の浮遊砂で覆われた河床面上の浮遊砂巻き上げ速度式 Er_{0i} に河床表層中の i 粒径成分の存在確率 p_i を乗じた次式でモデル化した。

$$Er_i = p_i Er_{0i} = p_i K \left(\frac{u_*}{V_s} \right)^2 V_s \quad (15)$$

ここに, K : 定数, V_{si} : i 粒径の浮遊砂の沈降速度である。沈降速度 V_{si} は Rubey の式⁴⁾より算出した。

ここで, 河床表層中の i 粒径成分の存在確率 p_i は, i 粒径成分が存在しない ($sed_i=0$) 場合, $p_i=0$ であり, 浮遊砂の堆積が進み河床表面が堆積した浮遊砂で覆われたときに, 全浮遊砂堆積量に対する i 粒径成分の含有率 $(p_i=sed_i/\Sigma sed_i)$ となる関数である。 p_i がどのよ

うな関数形となるかは現時点では明らかではないが、ここでは河床表層中の大礫間隙が堆積浮遊砂で覆われた時の堆積浮遊砂量を sed_F として

$$\begin{aligned} p_i &= sed_i / sed_F & : \sum sed_i \leq sed_F \\ &= sed_i / \sum sed_i & : \sum sed_i > sed_F \end{aligned} \quad (16)$$

で表すこととする。 sed_F は、河床表層を構成する大礫の代表径 d_L を用いて

$$sed_F = \rho_s (1 - \lambda) \lambda' d_L \quad (17)$$

と表す。ここに、 ρ_s : 土粒子の密度、 λ : 堆積土砂の間隙率、 λ' : 河床表層大礫の間隙率、 d_L : 河床表層の大礫の代表径である。

浮遊砂の堆積速度 De_i は、河床近傍の浮遊砂濃度 C_{bi} に浮遊砂沈降速度 V_{si} を乗じることにより算出した。

$$De_i = C_{bi} V_{si} = \alpha_{si} C_i V_{si} \quad (18)$$

ここに α_{si} : 定数であり、浮遊砂の鉛直方向濃度分布に平衡状態を仮定することにより、以下のように与えられる。

$$\alpha_{si} = \frac{V_{si} h}{\varepsilon_z \left[1 - \exp\left(-\frac{V_{si} h}{\varepsilon_z}\right) \right]} \quad (19)$$

ここに ε_z : 鉛直方向浮遊砂拡散係数であり、 $\varepsilon_z = \alpha u_* h$ で与えた。また、浮遊砂の水平方向拡散係数 ε_{sh} は運動量の拡散係数 D_h と等しいものとした。

浮遊砂の輸送方程式についても、流れ場の基礎方程式同様に、デカルト座標系 (x, y) から一般曲線座標系 (ξ, η) に変換すると以下の式が得られる。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{Ch}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{CQ^\xi}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{CQ^\eta}{J} \right) \\ &= \frac{\partial}{\partial \xi} h \left(\frac{\varepsilon_{sh} \xi_x^2 + \varepsilon_{sh} \xi_y^2}{J} \frac{\partial C}{\partial \xi} + \frac{\varepsilon_{sh} \xi_x \eta_x + \varepsilon_{sh} \xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial \eta} h \left(\frac{\varepsilon_{sh} \xi_x \eta_x + \varepsilon_{sh} \xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial C}{\partial \xi} + \frac{\varepsilon_{sh} \eta_x^2 + \varepsilon_{sh} \eta_y^2}{J} \frac{\partial C}{\partial \eta} \right) + \frac{Er_i}{J} - \frac{De_i}{J} \end{aligned} \quad (20)$$

(c) 離散化手法・境界条件

基礎方程式の離散化方法としては有限体積法⁶⁾を用いた。移流項の離散化は一次精度の風上差分、他の項に関しては二次精度中央差分を用いた⁶⁾。時間積分には Euler の完全陰解法を用い、各時刻における収束計算は SOR 法を用いた⁶⁾。数値解析では、 h 、 Q^ξ 、 Q^η に関して収束計算を行い、その値を用いて、各瞬間毎に u, v 等の値へと変換した。

境界条件については以下の通り取り扱うこととした。上流端境界では、観測値より与えられる Q_m を、Manning 則に従って、横断方向の水深に応じて配分した。また水深に関しては水位の空間勾配がゼロとなるように与えた。下流端境界では、水位を与え、流量に関しては、空間勾配がゼロとなるように与えた。浮遊砂の解析時には、上流端で流入濃度を与え、下流端では水深平均浮遊砂濃度の流下方向勾配をゼロとして与えた。

本解析では、流入流量に応じて水陸境界部が変化するため、解析中に自動的に境界部を判定する必要がある。まず基準となる水深 h_* を設定し、計算領域中で水深が h_* 以下となったメッシュと h_* 以上となるメッシュの境界を水陸境界部とした⁴⁾。

水陸境界部での境界条件の与え方は以下の通りとした。境界部と判定された地点において、そこを横切る流量フラックスをゼロと与えると、計算水域が固定され、時間的な水域の拡大・縮小が再現できない。従って、水域部の時間的な変動に対応できるように、隣り合うメッシュの水深と水位の関係が図-4.5.9 に示すような 4 つのケースになった場合には、 Q^s あるいは Q^n に関する運動方程式において、水位勾配と底面せん断力項のみを計算し、水陸境界を横切る流量フラックスを算出することとした。浮遊砂の輸送方程式については、水陸境界を横切る浮遊砂フラックスをゼロとした。

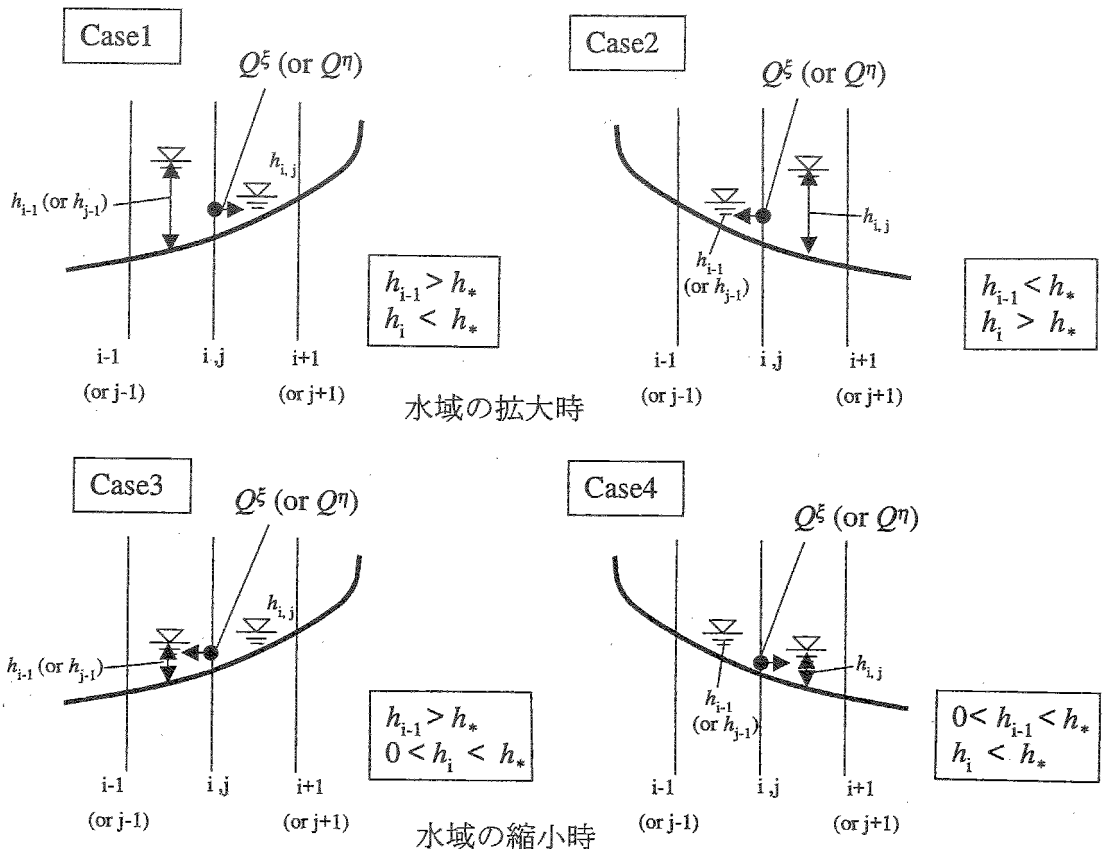


図-4.5.9 水際境界の取り扱い

(d) 計算条件

解析対象とした地形は多摩川 58.0km から 59.0km 地点の間であり、河床高さは現地測量から得た値を用いた。但し、現地測量で詳細に河床高さが判明している範囲は、58.4km から 58.8km の区間であるため、その前後の河床高さについては、建設省による

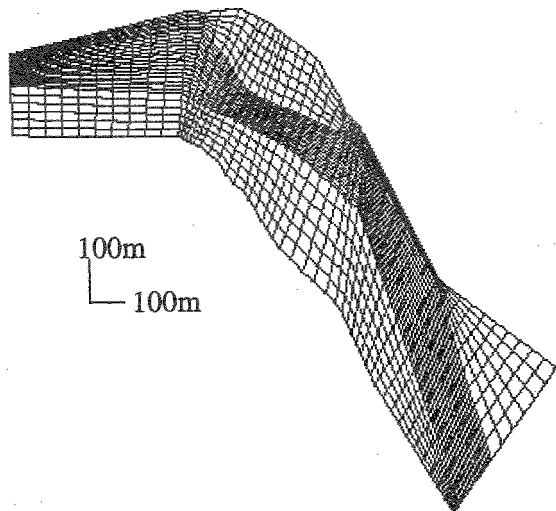


図-4.5.10 計算に用いた格子

200m 間隔の横断地形測量結果から補間して与えた。図-4.5.10 に解析に用いた計算格子を示す。計算対象とした洪水は、1999年8月14日に生じた洪水 (Case1) およびピーク流量を変化させた4つの洪水を対象とし(図-4.5.11)，その流量を上流端で与えた。下流端水位に関しては、実測データが無いため、計算対象領域下流端近傍における河床勾配値から Manning の平均流速公式を用いて水深を算出し、下流端の河道中央部の河床高さに足し合わせて与えた。計算の時間刻みは $dt=0.05\text{sec}$ とした。

解析対象とする浮遊砂の粒径は、 $450\mu\text{m}$ 、 $225\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ とした。上流端からの各粒径成分の流入濃度に関しては以下の様に与えた。計算領域上流端付近で行った浮遊物質濃度の実測値を、洪水流中の浮遊物質の粒度分布計測結果を用いて、各粒径成分の浮遊物質濃度に変換した。それらの浮遊物質濃度は水表面付近の値であるため、平衡状態の浮遊砂の鉛直方向濃度分布を用いて、水深平均濃度に変換した。変換後の各粒径成分水深平均浮遊砂濃度と、河道中央付近の単位幅流量 (Manning の平均流速公式より算出) との相関関係式を作成し、それを用いて、計算上流端における流入単位幅流量に応じた流入浮遊砂濃度を与えた。

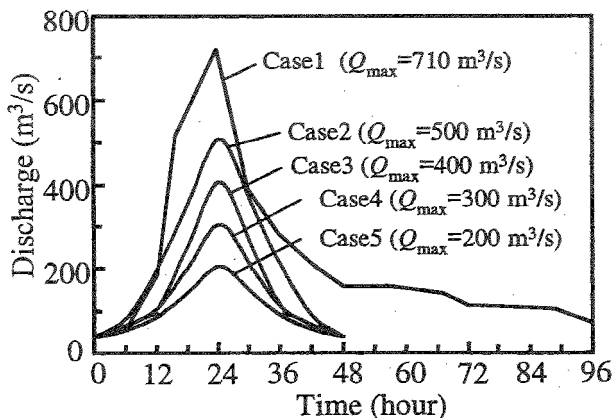


図-4.5.11
計算対象とした洪水

計算の初期条件については、以下の様と与えた。河道中央部の水位は、計算下流端の水位を計算区間の平均的な河床勾配に沿って上流方向に延長して与え、横断方向には各横断面内の河道中央部の水位と等しく与えた。与えられた水位と河床高さの差を初期水位分布とした。初期流量フラックスの流下方向成分については、各横断面内において計算初期の流入流量 Q_{in} を Manning 則に従って水深に応じて配分し、流量フラックスの横断方向成分はゼロとした。浮遊砂濃度の初期値は全ての点でゼロとした。

(2) 計算結果

図-4.5.12(a), (b), (c), (d)に Case1 計算開始より 6, 12, 24, 90 時間後の水深平均流速の空間分布を示す。図中に灰色で示された領域は平水時の高水敷部分である。流入流量が $200\text{m}^3/\text{s}$ を越えると (図-4.5.12(b)), 左岸側高水敷が冠水し、ピーク流量時 (図-4.5.12(c)) には兩岸高水敷が完全に冠水している。ピーク流量時の高水敷上の流速は、右岸側高水敷上と比較して、左岸側高水敷上で大きな値を示している。

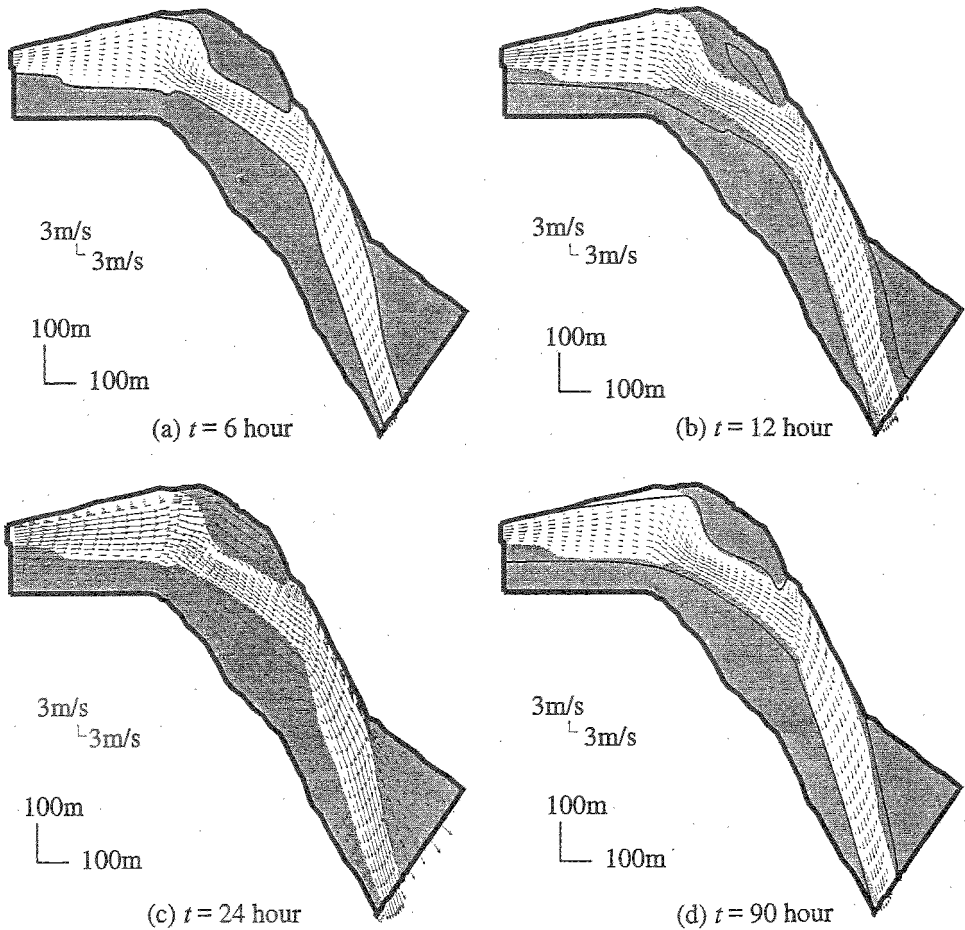
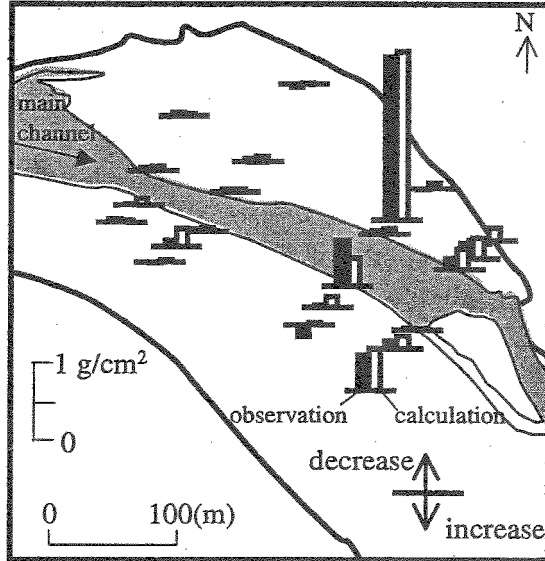
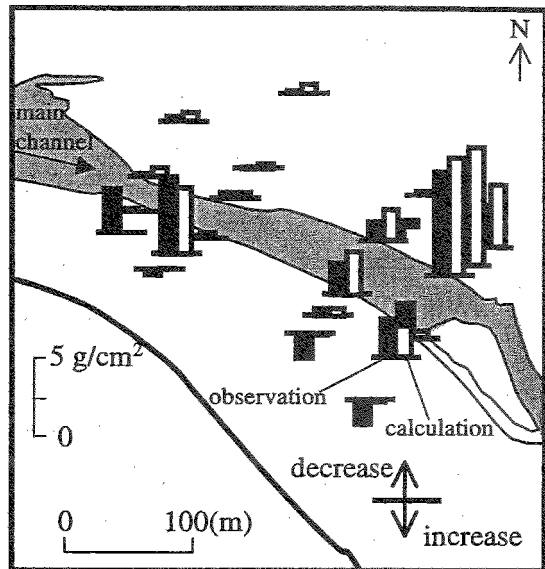


図-4.5.12 水深平均流速の空間分布

図-4.5.13(a), (b)に Case1 における洪水前後の高水敷表層土砂量 ($d=50\mu\text{m}$, $225\mu\text{m}$) の変化を示す。右岸側高水敷下流部分を除けば、計算結果は観測結果と良好に一致している。



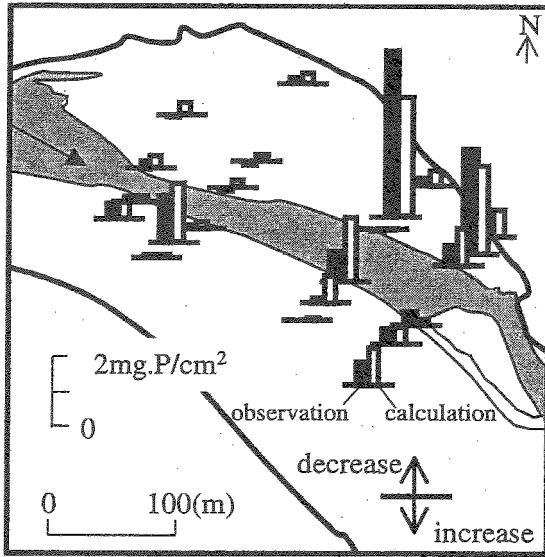
(a) $d=50\mu\text{m}$



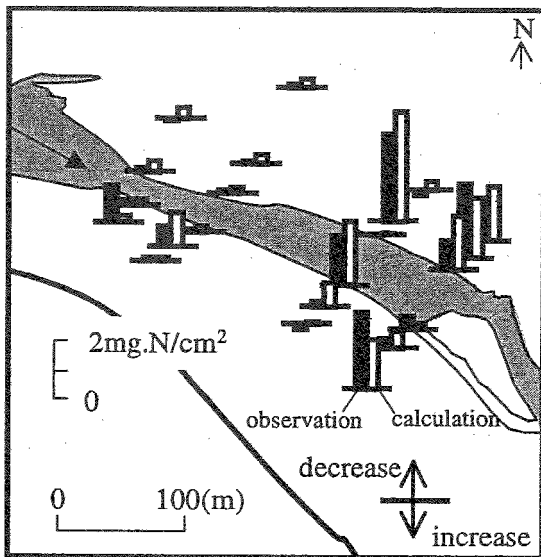
(b) $d=225\mu\text{m}$

図-4.5.13 洪水前後の高水敷土砂量の変化

計算で得られた各粒径の土砂の変化量にそれぞれの栄養塩含有率を乗じ、足し合わせる
 ことによって、洪水前後の高水敷土壌栄養塩変化量を算出した。図-4.5.14(a), (b)に
 数値計算より算出された高水敷土壌中栄養塩（粒子態窒素, 粒子態リン）の変化量と現



(a) Particulate phosphorus



(b) Particulate nitrogen

図-4.5.14 洪水前後の高水敷栄養塩量の変化

地観測で得られた変化量の比較図を示す。計算では、観測で得られた変化の絶対値に関しては再現性が良いとは言えないものの、その傾向に関してはおおむね再現されていることが分かる。このことより、本数値計算モデルにより、洪水前後の高水敷土壤中栄養塩量の変化傾向について検討することが可能であるものと判断される。

図-4.5.15 (a), (b)に Case2 および Case3 における洪水前後の粒子態窒素の変化量を示す。図中の斜線部は洪水後に粒子態窒素量が増加した地点である。洪水のピーク流量が $400\text{m}^3/\text{s}$ (図-4.5.15(b)) の場合には、左岸側高水敷土壤中の粒子態窒素量は減少しているものの、右岸側高水敷上では、局所的に増加している地点が確認される。この栄養塩量の増加は以下の理由により生じている。前に述べた通り、本観測地では右岸側高水敷は河道の湾曲の内岸側に位置し、洪水時の流速は右岸側高水敷と比較すると小さな値を示す。その結果、 $400\text{m}^3/\text{s}$ の洪水時には右岸側高水敷は冠水するものの、その流速が小さく、低水路内から運ばれた微細土砂の堆積が生じる。この栄養塩含有率の高い微細土砂の堆積により、右岸側高水敷上では、栄養塩量の増加が生じる。一方、洪水のピーク流量が $500\text{m}^3/\text{s}$ になると、両岸の高水敷上の栄養塩量が減少している。これは、洪水のピーク流量時の流速が大きくなり、両岸高水敷土壤中から微細土砂が流出することに起因している。このように、洪水前後の高水敷土壤中栄養塩量の増減は、洪水規模と密接に関連しており、洪水規模が大きいと（本計算対象地の場合、洪水ピーク流量がおおよそ $500\text{m}^3/\text{s}$ 以上）、高水敷土壤中栄養塩量が減少し、逆に洪水規模が小さいと、高水敷土壤中の栄養塩量が増加する。

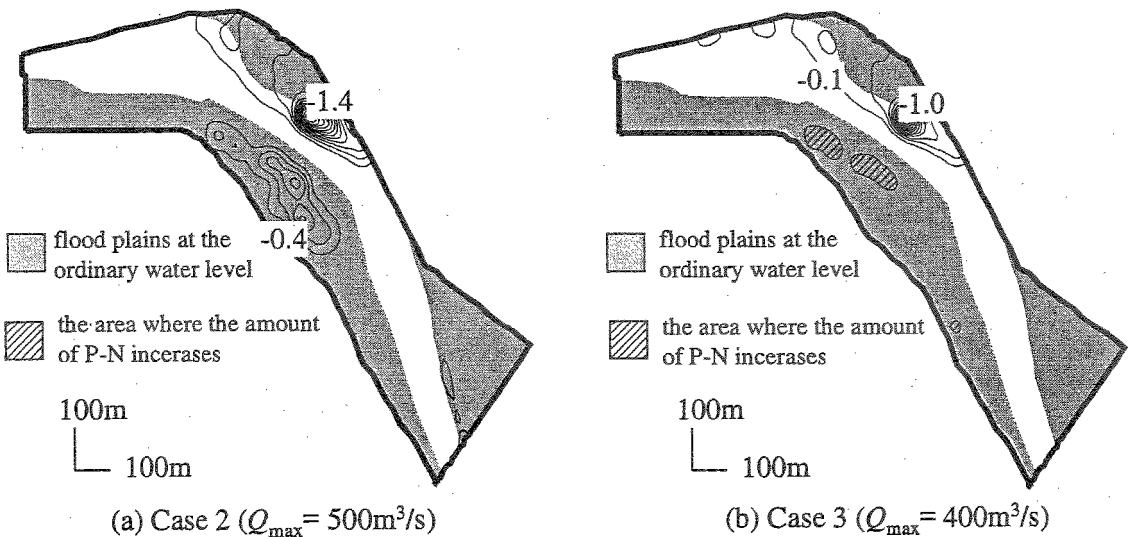


図-4.5.15 洪水規模の違いによる高水敷栄養塩量の変化

参考文献

- 1) 李参熙・藤田光一・山本晃一：礫床河川における安定植生域拡大のシナリオー多摩川上流部を対象にした事例分析よりー，水工学論文集，第 43 卷，pp.977-982, 1999.
- 2) 戸田祐嗣・池田駿介・浅野健・熊谷兼太郎：礫床河川における出水前後の高水敷土壌の変化に関する現地観測，河川技術に関する論文集，第 6 卷，pp.71-76, 2000.
- 3) 例えば，半谷高久・小倉紀雄：水質調査法，丸善，1995.
- 4) 長田信寿：一般曲線座標系を用いた平面 2 次元非定常流れの数値計算，水工学における計算機利用の講演会講義集，pp.61-76, 1999.
- 5) 池田駿介・佐野貴之・福元正武・河村一弘：複断面開水路に生じる大規模水平渦と浮遊砂輸送，土木学会論文集，No.626，pp.135-144, 2000.
- 6) 例えば，日本機械学会編：流れの数値シミュレーション，コロナ社，1988.

4. 6 まとめ

多摩川におけるニセアカシアの最初の侵入については明らかではないものの、上流部で行われた治山事業においてニセアカシアが使用されたことをきっかけに侵入してきたと考えられている。ニセアカシアは現在、下流は多摩川の河口から 22km の地点から、上流は少なくとも河口から 62km の地点までと幅広く分布しており、1979~1995 年の間の 3 時期分の植生図を比較した結果、ほぼ全区間で増加傾向にある。群落数、および群落総面積が最も大きいのは、45.0~47.0km の区間であり、この区間を中心に上流および下流の両側で増加傾向にあることが分かった。中流域を中心に上流側での分布拡大も見られることから、ニセアカシアの分布拡大は水流によって下流方向に種子や植物体の一部が供給されるだけでなく、他の要因によっても影響されていることが示唆された(4.1 章)。

本研究においては、ニセアカシアの各生育段階における生育条件の調査を行った。種子の発芽実験においては、種皮処理を行わないと発芽しないことが確認された。また現地において実生がほとんど確認できなかったことから、種子によるニセアカシアの分布の拡大は難しいものと考えられる(4.3 章)。しかし、原産地においては先駆樹種であること、また種皮が硬いことから、埋土種子を形成する可能性があることが考えられる。星野³⁾によれば、多摩川河川敷(東京都福生市、あきる野市地域)においては表層土壌中に含まれている種子が少なかったことを報告しているが、Keresztesi²⁾は、ハンガリーの Pusstavacs 市のニセアカシア樹林では埋土種子として何十年も保存されることを報告している。埋土種子の形成については今後の研究が必要である。

いずれにしても、現時点では、ニセアカシアの分布拡大には、一度定着した個体からの根萌芽による栄養繁殖が最も有効であると考えられる。実際にニセアカシアが根の切れ端からも再生することが Swingle³⁾によって報告されており、多摩川においても種子よりも萌芽などの栄養繁殖によって分布拡大していった可能性がある。

各生育状況におけるニセアカシア群落の表層土砂タイプは表-4.6.1 の通りであり、ニセアカシア群落の成長段階と表層土砂タイプとの関係が示された。すなわち、ニセアカシアは、レキおよびレキ・砂混合の立地においても定着可能であること、しかしながら群落の成長には細粒土砂堆積層が必要であることが示唆された(4.2 章)。細粒土砂の堆積傾向は、かつての多摩川の景観である、河川敷に玉石河原が広く広がっている状態とは異なっており⁴⁾、ここ数十年の傾向であると考えられる。つまり、多摩川が高水敷に細粒土砂を堆積させる河川となったことが、ニセアカシアの分布拡大を助長させたといえる。

表-4.6.1 ニセアカシア群落の生育段階別の表層土砂タイプの内容

| ニセアカシア群落の生育段階 | 表層土砂タイプ |
|------------------------------|--------------|
| ① 侵入・定着初期 被度40%以下・群落高5m未満 | レキおよびレキ・砂が中心 |
| ② 成長期 被度40%以下・群落高5~10m | 砂 |
| ③ 成熟期 被度40%以上(群落高10m以上) | 砂 |

また重点的に調査を行った河口から 58.6km 付近での調査結果から、1979 年には自然裸地だった箇所がトダシバ群落やススキ群落、アキノエノコログサ-コセンダングサグサ群集などの高茎草本群落を経て、ニセアカシア群落を形成している傾向にあることが示された(4.4 章)。これは、比較的流量が少ない(対象地域においてはピーク流量が 400m³/s 以下)出水では、高茎草本群落が生育する立地においては返って細粒土砂が堆積してしまい、ニセアカシアの生育に適した立地を形成させていった(4.5 章)ためであると推測される。また、表層細粒土砂の堆積厚が厚い立地(植生タイプ区分におけるグループ C : 4.2 章参照)は、本調査範囲内ではもっとも下流に位置する河口から 40.2~42.0km の河川敷に広く分布していることが確認され、複断面化の進んだ河道においては、ニセアカシアの生育に適した立地が広く存在することが示唆された。

ニセアカシア群落形成されるにあたっては、洪水のピーク流量時の運動量フラックスの空間分布との関係も強く、ニセアカシア群落が形成されている立地はその他の立地と比較し、運動量フラックスが低い傾向にあった。さらにどの 3 時期分の植生図においてもニセアカシアの群落が確認されず、自然裸地を維持している立地では運動量フラックスの値が高く、洪水による強い力を受けていることがわかった。また一定の流量を超えると(対象地域においてはピーク流量が 500m³/s)、微細土砂が流出し、併せて栄養塩量が減少することが予想された。

図-4.6.1 に、ニセアカシアが侵入・定着、分布拡大を行っていくプロセスの模式図を示す。

参考文献

- 1) 星野義延：多摩川河川敷におけるハリエンジュの種子散布と埋土種子，植生学会第 4 回大会講演用紙集，1999.
- 2) Keresztesi, B. : The black locust, *Unasylyva*, vol. 32, No. 127, pp. 22-33, 1980.
- 3) Swingle, C.F. : Experiments in propagating shipmast locust, *Journal of Forestry* 35, pp. 713-720, 1937.
- 4) 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，第 42 号，1999，pp. 17-27, 1999.

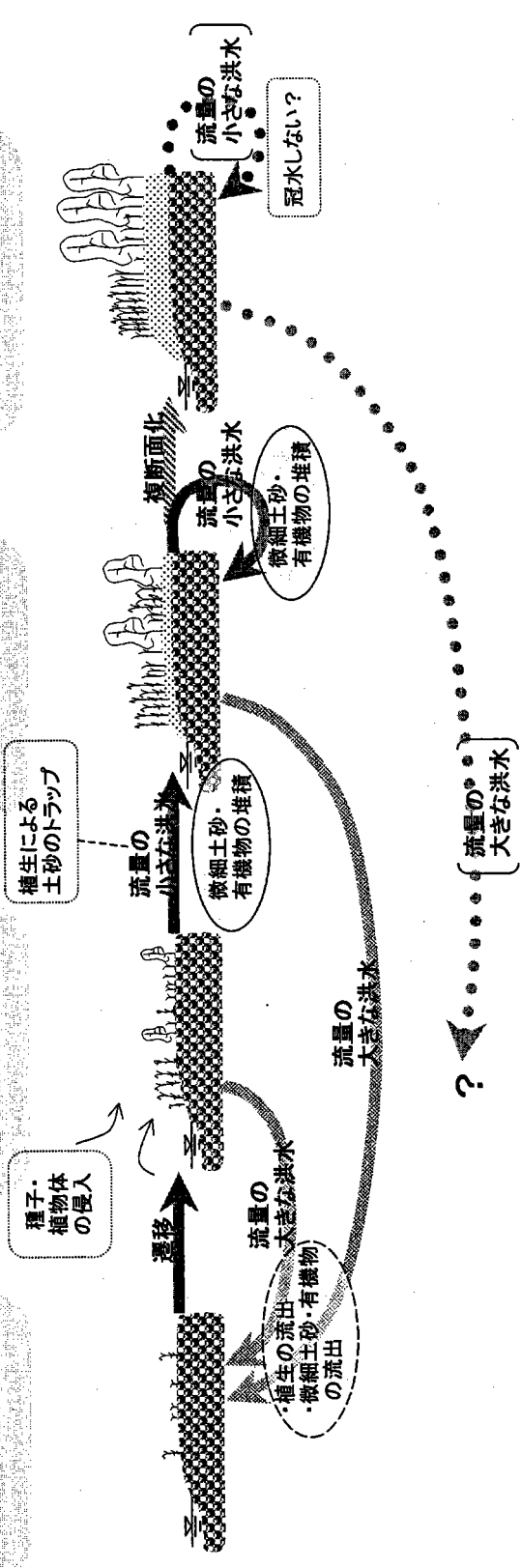
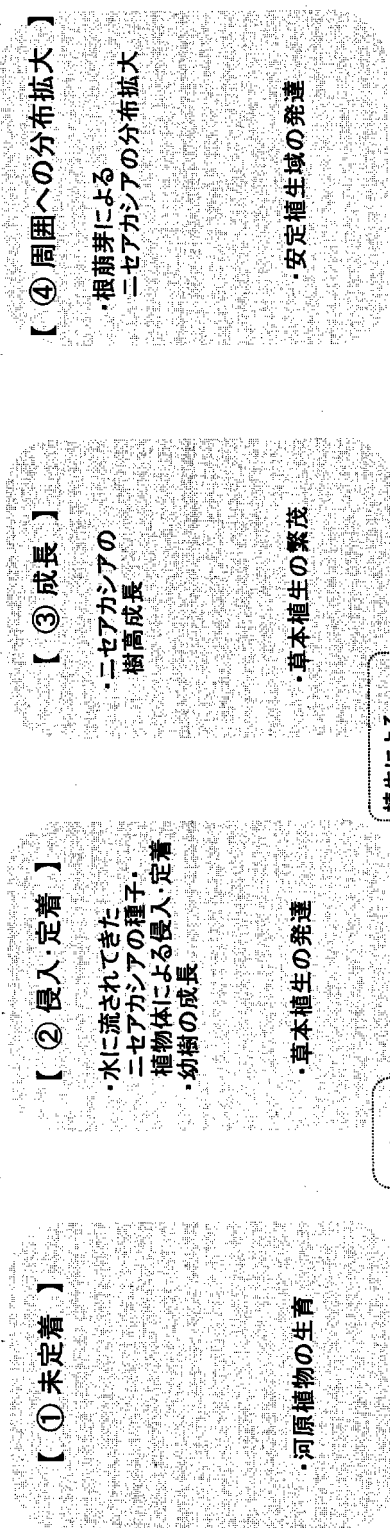


図-4.6.1 ニセアカシアの侵入・定着・分布拡大のプロセス

5. 世界における移入種・侵入種問題への取り組み

5. 1 移入種・侵入種とは

移入種とは、国外又は国内の他地域から本来の野生生物が持つ移動能力をはるかに超えて人間が意図的・非意図的に移動・移入した生物種*1 のことである¹⁾。移入種以外にも外来種や侵入種などといった用語が存在する。

これら外来種や移入種の言葉の定義については、IUCN のガイドラインでは alien invasive species²⁾、生物多様性条約では alien invasive species と invasive alien species とが併用され正式には確定しておらず³⁾、国際的にも議論されている。日本語としても、専門家間で議論されており、まだ統一された用語は存在しない。IUCN のガイドラインおよび生物多様性条約によるガイドラインの素案における定義は以下の通りである。

表-5.1.1 IUCN ガイドラインにおける移入種・侵入種の定義

| 原語 | 定義 |
|--|--|
| Alien Invasive species | 自然あるいは半自然の生態系やハビタットに定着し、変動をもたらし、地域の生物多様性を脅かす alien species のこと |
| Alien species (non-native, non-indigenous, foreign, exotic) | 過去あるいは現在における自然な分布範囲や分散の可能性のある地域以外に発生する種、亜種、またはそれ以下の分類群に属する生物をさす(つまり、自然に優占する範囲以外あるいは、直接的・間接的に導入されるか人為による手入れがなければ優占できなかったような生物種を指す)。これには、これらの種が生き延びて再生産するにあたって必要となるいかなる器官や生殖細胞、繁殖細胞をも含む。 |

表-5.1.2 生物多様性条約における移入種・侵入種の定義

| 原語 | 定義 |
|-----------------------------|---|
| alien あるいは alien species | その種の本来分布する範囲以外で発生している生物種のこと |
| alien invasive species | alien species のうち、生態系やハビタット、その他の生物種を脅かす生物種のこと |

本研究では alien species を、直接的であれ、間接的であれ、人間によって持ち込まれたことを強調するために「移入種」とし、invasive species は原語を尊重し(invasion : 侵入)、「侵入種」とした。

この移入種・侵入種によって引き起こされる問題は、近年になって、工業地の造成などの自然への直接的な破壊に次いで、問題視されている自然破壊として注目を浴びている²⁾。とりわけ侵入種による影響を受けやすいのは、その隔絶されているがために特有

の生態系が形成されてきた島や湖沼などである²⁾。またわが国においては、河原が植物の移入種・侵入種の代表的な空間となっており⁴⁾、何らかの対策を優先的に講じる必要があると考えられる。

アメリカでは、絶滅の危機に瀕している種のうち 35%~46%が侵入種によるものである⁵⁾と報告され、さらに Pimentel らはアメリカにおける侵入種による被害額は年間 1370 億ドルに昇ると試算しており⁶⁾、その影響は甚大であることを示している。

侵入種によって引き起こされる主な影響として、

- ①競争によって本来その生態系に属していた他の生物を排除してしまうこと、
- ②捕食や病害によって、在来の生物種を絶滅に追い込んでしまうこと、
- ③土壌浸食をもたらしたり栄養循環を変化させて、生育場所を変質させてしまうこと、
- ④近縁の在来種と交雑して、その在来種を遺伝的に変質させてしまうこと

が考えられる⁷⁾。

これらの影響は、その地域に本来成立していた生物の多様性が消失し、その地域の自然によって形成されていた地域性をも失ってしまうという結果を招いてしまうのである。

近年になって、これら侵入種が問題となってきた背景には、生物の本来の移動・分散能力を超えた移動が、人間の活動に伴って頻繁に起こるようになったことと、工業化、都市化に伴い、新たな生育場所、つまり植被に覆われる率の低い「攪乱地」が広がったことが挙げられる⁷⁾。いわば、侵入種は現代の人間の活動に伴って生じた問題といえる。それが明らかになった今、我々は何らかの対策を立て、侵入種によって引き起こされる問題に取り組むことが求められている。

5. 2 国際的な取り組み

5. 2. 1 IUCN ガイドライン

生物多様性を脅かす主要な要因の一つとして、移入種・侵入種問題への対策に向けて国際的にも本格的な取り組みが始まった。国際自然保護連合(IUCN)は 2000 年 2 月に「移入種が引き起こす生物多様性の喪失を予防するための IUCN ガイドライン (IUCN GUIDELINES FOR THE PREVENTION OF BIODIVERSITY LOSS CAUSED BY ALIEN INVASIVE SPECIES)²⁾」を作成した。

この IUCN ガイドラインでは、移入種・侵入種による影響によって生物多様性がこ

れ以上損失されないことを目標に、7つの目的をもって作成された。

それは、

- ① 侵入種が生物多様性を脅かす重大な問題であるという認識を広めること、
- ② 国内・国際レベルでの取り組みを必要とする最優先事項として、移入種・侵入種の導入を阻止すること、
- ③ 非意図的導入を最小化し、許可のない移入種の輸入を防ぐこと、
- ④ 生物種の全ての意図的な導入について生物多様性への潜在的な影響に関して事前の徹底的な影響評価を確実にすること、
- ⑤ 侵入種の撲滅・抑制キャンペーンやプログラムの展開・実行とそれらの実効性を高めること、
- ⑥ 移入種・侵入種の撲滅・抑制ならびに移入種の導入の規制について、国内法の制定や国際的な協力関係に向けた包括的な枠組みの展開を促すこと、
- ⑦ 移入種問題に取り組むための情報の共有を促すことが挙げられている。

その内容としては、以下の項目が挙げられている。

1. 背景
2. 目標と目的
3. 言葉の定義
4. 理解と認識
5. 予防と導入
6. 撲滅と抑制
7. 再導入との関係
8. 知識と研究の課題
9. 法と制度
10. IUCN の役割

IUCN では、移入種や侵入種によって生物多様性が脅かされることについて未だ広く認識されていないことを重要視している。またこれらの種は、貿易や輸送システムだけでなく、旅行や釣りなどのレクリエーションによって導入されてしまうことも多々あり、移入種に関して個人レベルを含めて広く認識してもらうことを、取り組むべき重要課題として捉えている。

また具体的な管理対策としては、「予防」、「撲滅」と「抑制」について示されているが、その原則を表-5.2.1 にまとめた。

表-5.2.1 IUCN ガイドラインにおける侵入種対策の原則（抜粋）

| | |
|----|--|
| 予防 | * 移入種・侵入種が移入されるのを予防することは最優先事項である。 |
| | * その導入が無害であると妥当な根拠がない限り、害があるものとしてみなす。 |
| 撲滅 | * 侵入種を完全に排除することを目標とするもので、最善の策である。 |
| | * 侵入の初期段階で個体数が少なく特定の場所に集中している時に行うのが最も適している。 |
| 制御 | * 侵入種を長期間かけてその量や密度において減少させることを目標とする。 |
| | * 特例として侵入種の拡大を制限し、その存在を限られた地理的境界線内に閉じこめることを目標とする封じ込めがある。 |

5. 2. 2 生物多様性条約における取り組み

わが国も締約国となっている 1992 年に採択された生物多様性条約の第 8 (h) 条では「生態系やハビタット、生物種を脅かす移入種についてその導入の防止や抑制、あるいは撲滅」を締約国は可能かつ適当な範囲で実行しなければならないことが定められている⁹⁾。この第 8 条に基づき、1999 年に開かれた生物多様性条約締約国会議 COP 5 では、移入種について中間的な指針原則 (INTERIUM GUIDING PRINCIPLES FOR THE PREVENTION, INTRODUCTION AND MITIGATION OF IMPACTS OF ALIEN SPECIES¹⁰⁾) が決議された。ここでは移入種について 16 の原則 (Principle) が挙げられ、対策としては、予防的アプローチに加え、3 段階のアプローチとして「撲滅」、「封じ込め」、「制御」を提示している。生物多様性条約における移入種のガイドラインについては、2002 年の生物多様性条約締約国会議 COP 6 にて決議される予定である。

以下に現段階で正式に認められている中間指針における侵入種対策を表-5.2.4 にまとめた。

表-5.2.2 中間的な指針原則における侵入種対策の原則（抜粋）

| | |
|------|--|
| 予防 | * 国外からであろうと、国内からであろうと、侵入種の侵入を予防することは優先事項である。 |
| | * 侵入種が移入された後に取られる措置よりもはるかに費用対効果が高い。 |
| 撲滅 | * 実用可能で費用対効果が高い場合は、優先的に行われるべきである。 |
| | * 個体群が小さく、地域的な分布にとどまっている侵入の初期段階に行うのが効果的である。 |
| 封じ込め | * 撲滅が適当でなく、侵入種の生息域が限定され、明確な境界線の下で可能な場所でのみ適切な対策である。 |
| 制御 | * 撲滅が困難な場合に、生じる被害を減少させることに重点を置いて行われる対策である。 |
| | * ほとんどの場合、定期的 to 実施されることが必要であり、長期的な関与が求められる。 |

このように現在では移入種・侵入種を主たる焦点とした国際的な取り組みが本格的に

行われ、少なくとも各締約国は何らかの行動を起こすことが求められるようになる。

5. 3 アメリカにおける取り組み

5. 3. 1 これまでの取り組み

アメリカでは既にいくつかの取り組みが先進的に行われている。まず制度面では、移入種・侵入種を主な対象とした最初の連邦レベルの法律として、1990年に制定された「非在来有害水生生物移入防止・コントロール法 (Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act 略称 NANPCA)」が挙げられる。

アメリカでは東ヨーロッパ原産のカワホトトギスガイ (*Dreissena polymorpha*) が1988年に初めて確認されて以来、わずか10年ほどの間に、国内の19の州で生息が確認されるまでに至った。カワホトトギスガイは船のバラスト*2タンクに偶然入ったものが、アメリカに持ち込まれ、バラスト水が放水された後は、遊覧船やボートの船体に付着して、近隣の川や湖へと移動していき、天敵もないことからのその生息の分布域を拡大していったと考えられている。カワホトトギスガイは在来の貝類に付着し、それらの呼吸・捕食・成長・移動・繁殖を阻害することが明らかになっている。これらの被害にあっている貝のうち、いくつかの種については、絶滅の危機に瀕している状態であり、これにカワホトトギスガイが一因となっていると考えられている。カワホトトギスガイはさらに、原子力発電所の取水管に付着し、取水の妨げとなっている。この駆除にあたっては、多大な費用が発生し、五大湖では年間36万ドルの費用が充てられている。こうしてカワホトトギスガイを含む非在来の水生生物を防止・制御することを目的に、NANPCAが制定されたのである⁹⁾。

その後NANPCAは、1996年に広く植物や魚類野生生物全般へと対象を広げることを目的に「全米侵入種法 (National Invasive Species Act 略称 NISA)¹⁰⁾」へと改正された。

このNISAでは認定事実として、主に非在来の水生生物による生態系あるいは経済に与える悪影響を挙げており、河川を含む水域での侵入種による影響を主要な課題として認識していることが解る。併せて有害水生生物に関する一連の問題への解決には、問題政府レベルでの取り組みの必要性について言及している。また用語の定義として、非在来生物種を「歴史的な生息範囲を超えて、ある生態系に入り込む生物種」として定義付け、国境にとらわれず、アメリカ国内における移動も対象としており、積極的な内容となっている。

5. 3. 2 大統領命令第 13112 号と National Invasive Species Council

1996 年に全米侵入種法が制定されたものの、翌年 1997 年には 500 人にもおよぶ科学者や地権者らが「このままでは侵入種との戦いに敗れてしまう。このまま我々の国土の質が低下していくのを黙って見ているのには耐えられない」として、侵入種への何らかの対策を講じることを求めた請願書を副大統領に提出した⁵⁾。当時のアメリカ大統領であるクリントンは、この要求に応える形で 1999 年 2 月 3 日に大統領命令第 13112 号 (Executive Order 13112¹¹⁾) を発行した。

この大統領命令第 13112 号では、①侵入種に関連する用語の定義、②連邦政府が果たすべき義務、③Invasive Species Council の設置、④Invasive Species Council が果たすべき義務、⑤Invasive Species Management Plan について規定している。

①の用語の定義としては大統領命令では、移入種・侵入種に関連する用語を表-5.2.5 のように定義づけている。

表-5.3.1 大統領命令第13112号における移入種・侵入種の定義

| 原語 | 定義 |
|------------------|--|
| Alien species | それぞれの生態系において、その生態系で在来(native)でない全ての種を指す。これにはこの種の再生産を可能にする卵や種子、胞子やその他の生物学的な素材を含む。 |
| Invasive species | 導入されることによって、経済的にあるいは環境に害を与えるか、人類の健康に害を与えるalien speciesのこと |

②の連邦政府が果たすべき義務としては、可能な限りまた法が許す範囲で、その権威を活用して侵入種の予防や制御することなどが求められている。ここで特筆すべきことは、これら予防などに加えて、侵入されてしまった生態系における在来生物種(native species)およびハビタットの状態の復元が求められていることである。この復元について、連邦レベルでの取り組みを求めた点で、既存の法制度に比べてより積極的な姿勢を示したといえる。

さらにこの大統領命令の発行に伴い、内務省内に③侵入種審議会 (National Invasive Species Council) が設置された。この審議会は、関連する各省庁長官によって構成されている (表-5.3.2)。また科学者や The Nature Conservancy などの NGO などによる諮問委員会が組織されている。④のこの審議会が果たすべき義務としては、合衆国政府内の各部署が行っている施策のコーディネートやそれら施策をより経済的・効果的となるよう促す役割を担うことになっている。

表-5.3.2 National Invasive Species Council 構成員

| | |
|--|-----------|
| Secretary of the Interior | (内務長官) |
| Secretary of Agriculture | (農務長官) |
| Secretary of Commerce | (商務長官) |
| Secretary of State | (国務長官) |
| Secretary of Transportation | (運輸長官) |
| Secretary of Defense | (国防長官) |
| Secretary of the Treasury | (財務長官) |
| Administrator, Environmental Protection Agency | (環境保護庁長官) |

大統領命令ではさらに5項目として、大統領命令の発効から18ヶ月以内に、侵入種に関する管理計画「Invasive Species Management Plan」の初版を作成することを審議会に求めた。この Invasive Species Management Plan は2年ごとに更新することになっている。更新の際には前回の Invasive Species Management Plan で設定した目標に向けた達成度の評価および成果などについて報告することになっており、積極的な対応が行われることを目指した。初版となる「Management Plan MEETING THE INVASIVE SPECIES CHALLENGE⁵⁾」は大統領命令で指定された期日より5ヶ月遅れた2001年1月に完成・発表されたが、期間と機会を設け、広く国民の意見を求めて作成されている。この Management Plan が作成されたことで、アメリカはより包括的かつ積極的な侵入種への具体的な対策へ向け、大きく踏み込んだといえる。

これらの法制度に関連する経緯については表-5.3.3 に年表にして示した。

表-5.3.3 アメリカにおける侵入種の法制度に関する年表

| 年代 | 制度・動き |
|-------|--|
| 1988年 | 東ヨーロッパ原産のカワホトトギスガイが初めて確認される。 |
| 1990年 | Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act (略称NANPCA) 非在来有害水生生物移入防止・コントロール法 |
| 1996年 | National Invasive Species Act (略称NISA) 全米移入種法 |
| 1997年 | 移入種への積極的な対策を求めた請願書が提出される。 |
| 1999年 | Executive Order 13112 大統領命令13112 |
| 1999年 | National Invasive Species Councilが組織される。 |

5. 3. 3 「Management Plan MEETING THE INVASIVE SPECIES CHALLENGE」

今回の「Management Plan MEETING THE INVASIVE SPECIES CHALLENGE」では行動計画（Action Plan）として、A) Leadership and Coordination(リーダーシップと協力)、B) Prevention(予防)、C) Early Detection and Rapid Response(早期発見と迅速な対応)、D) Control and Management(制御と管理)、E) Restoration(復元)、F) International Cooperation(国際的な協力)、G) Research(調査)、H) Information Management(情報管理)、I) Education and Public Awareness(教育と公衆の意識)の9つの行動計画が示されている。

ここでも移入種を管理する主な行動として、「予防」、撲滅や封じ込めを含む「制御と管理」に加えて「復元」が挙げられており、前述の国際的な動向より一歩進んだ取り組みといえる。これらの管理対策に向けた行動計画について簡単に表-5.3.4にまとめた。

表-5.3.4 Management Plan における移入種の管理対策に向けた行動計画（抜粋）

| | |
|---------|--|
| 予防 | * 侵入種が定着しないようにするためには、それらを予防することが最も費用対効果が高い。 |
| 制御および管理 | * 侵入種が永久に定着してしまうことが懸念される際には、これらの拡大を予防あるいは、制御措置でもって、その影響を軽減する必要がある。 |
| | * 措置としては、地域内での撲滅、個体数の抑制、拡大の制限、影響の軽減が挙げられる。 |
| | * 一般的に広く広がった種や適切な制御方法が行えない場合は、撲滅は難しい。 |
| 復元 | * 侵入された生態系における在来種およびハビタットを復元する。 |

Management Plan ではさらにそれぞれの行動計画に対して、いくつかの具体的な行動が提示されている。先進的な取り組みとして挙げられる「復元」の行動計画においてもいくつかの具体的な行動が提示されている。まず、対象地において在来の生物種が再生産できるような素材（種子など）が残っているかを明らかにすることである。2つ目としては、復元プログラムに地権者が積極的に関与できるような税制などの暫定的な法制度を準備することが挙げられている。3つ目としては、水環境や攪乱地によるハビタットなどの復元を可能にするような技術の開発などを含めた復元措置を行うためのガイドラインなどを開発することが示されている。これらの行動計画は遅くとも2003年には行動を開始することになっており、今後の動向および成果が注目される。

これらの具体的な行動計画は、侵入種対策が最終的には在来の生態系を復元することを目指すものであることを自覚した内容となっている。これまでの国際的な動きが移入種の対策として撲滅などの管理を最終的な目的としている感があるのに対し、アメリカでの動きは本来の「生物多様性の保全」を念頭においた行動といえ、より本質的な取り組みを目指したものとなっているといえる。

5. 3. 4 NGOによる取り組み

一方NGO*3 レベルでの取り組みも進んでおり、とりわけ自然保護の分野において最大規模を誇る団体である The Nature Conservancy が 1996 年に「America's Least Wanted: Alien Species Invasions of U.S. Ecosystem¹²⁾」を作成したことが注目に値する。America's Least Wanted では、移入種による侵入を阻止するためには、「さらなる導入を予防すること (Prevention of additional Introductions)」、「早期発見と撲滅 (Early Detection and Eradication of New Pests)」、「問題のある種の制御および管理 (Control and Management of Established Problem)」、「在来種および生態系の保護および復活 (Protection and Recovery of Native Species and Ecosystem)」の 4 つの観点を挙げ、先述の国際的な取り組みから、本来の生態系の復元という段階が加わっている。ここでいう復元とは具体的にそのまま引用すると、

「問題のある種をコントロールするだけでは不十分である。すなわち、影響を受けた在来種や在来の生態系をも復元し、保護しなければならない。ただ移入種を除去するだけで、本来の生態系のあるべき姿を修復し、復元をしなければ、また同じ移入種あるいはその他の移入種が入りやすい環境のままなのである。ここで特に重要になってくるのは、自然な生態系のプロセスを回復させることである。それはつまり、洪水による氾濫や山火事などの回復である。これらは本来のそこの生物群集や在来の動植物種を支えてきたシステムなのである。」

これが既に 1996 年に作成されていること、さらに The Nature Conservancy が諮問委員になっていることから、先述のアメリカ政府による Management Plan へも大きな影響を与えたと考えられる。

表-5.2.9 には The Nature Conservancy によって提示された侵入種対策のあり方をまとめた。

The Nature Conservancy では Wildland Invasive Species Program を組織し、具体的な対策例を研究し、それらの結果を広く提示している。このプログラムにおいてはさらに、植物種の管理方法についてまとめた Weed Control Methods Handbook¹³⁾を作成しており、例えば刈り取りの方法や薬品の使い方について具体的に提示している。

このようにアメリカでは、政府レベルでも市民レベルにおいても移入種・侵入種によって引き起こされる問題を深刻に受け止め、これらの対策に向けた取り組みを積極的に始めている。

表-5.3.5 The Nature Conservancy による移入種・侵入への対策のあり方

| | |
|---------|---|
| 予防 | * 最も費用対効果が高い対策方法である。 |
| | * 移入種は一度入ってしまうと、速いスピードで広がってしまうため、予防するのが最も効果的である。 |
| 早期発見と撲滅 | * 早期に発見し、積極的な撲滅運動を展開することは、予防に次いで効果がある。 |
| | * まだ分布が小さく、限られた範囲での分布であれば、全て除去してしまうのが最も効果的である。 |
| 制御および管理 | * 撲滅が可能でないときは、その拡大と個体数を制御することで被害を軽減させる。 |
| | * 自然地や絶滅危惧種の周辺で行う際には、これらに影響を与えないよう、最新の注意を払う必要がある。 |
| 保護および復元 | * 移入種を撲滅しただけでは、環境が改善されない限り、また同じ危機にさらされる。 |
| | * 洪水や山火事などの本来の生態系のプロセスを復元する必要がある。 |

5. 4 日本における取り組み

一方わが国においては、移入種・侵入種そのものを主として取りあげる制度はいまだ存在せず、個別法で触れられている程度である。具体的には国外からの生物種の輸入を規制するものとしては植物防疫法などが、また国内での移動を規制するものとしては動物愛護管理法などがある。これらの法律はしかしながら、その主な内容としては一部の生物種のみを対象としているか、人や作物への危害を防止することを目的としており、生物の多様性を保全することを目的としたものではないのがほとんどである¹⁴⁾ (表-5.4.1 参照)。世界的な潮流からみても、わが国における今後の取り組みが早急に望まれるところである。

表-5.4.1 日本における生物の輸入および遺棄、放逐の規制に関わる主な法律¹⁴⁾

(村上, 2000¹⁴⁾ より作成)

| 法律名 | 規制対象 | 所轄 |
|-------------|-----------------------------|---------|
| 外国為替及び外国貿易法 | ワシントン条約対象種 (輸入規制) | 通産省 |
| 植物防疫法 | 農作物への有害動植物 (輸入規制) | 農水省 |
| 家畜伝染病予防法 | 家畜 (輸入規制) | 農水省 |
| 感染症予防法 | サル類 (輸入規制) | 厚生省 |
| 狂犬病予防法 | イヌ・ネコ・アライグマ・キツネ・スカンク (輸入規制) | 厚生省 |
| 動物愛護管理法 | 愛護動物の遺棄の禁止 動物取扱業の届出 | 環境庁 |
| 危険動物条例 | 人に危険な動物の飼養規制 | 各都道府県・市 |
| 内水面漁業規制 | 外来魚 (ブラックバスなど) の移植規制 | 各都道府県 |
| 種の保存法 | 生息地保護区の指定区域内への放逐規制 | 環境庁 |

現在環境省では「野生生物保護対策検討会移入種問題分科会（通称：移入種検討会）」が設置されており、移入種取扱者など一般向けのガイドラインを策定することを目指している¹⁵⁾。また国土交通省では、河川における外来種の影響を把握し、適切な対策を検討していくことを目的に「外来種影響・対策研究会」が設置され、「河川における外来種対策に向けて（案）」の作成が開始されており、平成12年度中の完成に向けて取り組みが進められている¹⁶⁾。この素案の目次によれば、「広報・啓発」や「予防措置」、「駆除計画」などが盛り込まれており、IUCN ガイドラインや生物多様性条約が反映されている形となっている。これら国レベルにおける取り組みは、国際的な動きに沿っており、今後のさらなる取り組みが期待されるところである。

注 説明：

*1 ここでいう種とは、亜種、またはそれ以下の分類に属する生物を指し、またこれらの種が生き延びて再生産するにあたって必要となるいかなる器官や生殖細胞あるいは繁殖細胞をも含む。

*2 バラスト水とは、船の重心の安定を保つためにバラストタンクに、出港地で汲み上げられた水(例えば現地の海水など)のことである。このバラスト水は、船が目的地に着き荷物を積みおろす際に放出される。この時、出港地での汲み上げの際に紛れ込んだ水生生物が水とともに放出されるのである。

*3 NGO とは、Non Governmental Organization の略で、非政府組織と訳される。主に市民を中心として組織され、それぞれの活動を展開する組織である。

参考文献

- 1) たとえば世界資源研究所、国際自然保護連合&国連環境計画：生物の多様性保全戦略 地球の豊かな生命を未来につなげる行動指針，中央法規，1993。
- 2) Species Survival Commission Invasive Species Specialist Group：IUCN GUIDELINES FOR THE PREVENTION OF BIODIVERSITY LOSS CAUSED BY ALIEN SPECIES, the 51th Meeting of the IUCN Council, Gland Switzerland, February 2000.
- 3) Conference of the Parties To The Convention On Biological Diversity：Decision V/8 Alien species that threaten ecosystems, habitats or species The Conference of the Parties, 2000.
- 4) 鷲谷いづみ：新・生態学への招待 生物保全の生態学、共立出版、1999。

- 5) National Invasive Species Council : MANAGEMENT PLAN MEETING THE INVASIVE SPECIES CHALLENGE, National Invasive Species Council, Washington, D.C., USA, January 2001.
- 6) Pimentl, D., L. Lach, R. Zuniga, and D. Morrison : Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. Bioscience No.50, pp53-65, 2000.
- 7) 鷺谷いづみ&矢原徹一 : 保全生態学入門 遺伝子から景観まで, 文一総合出版, 1996.
- 8) Convention on Biological Diversity : signed 1992
- 9) 財団法人 日本生態系協会 : ドイツの水法と自然保護, 財団法人 日本生態系協会, 1996.
- 10) National Invasive Species Act : 1996(USA).
- 11) Executive Order 13112 : 2001 (USA).
- 12) Stein, B.A., and Stephanie R. Flack, eds. : America's Least Wanted: Alien Species Invasions of U.S. Ecosystem, The Nature Conservancy, Arlington Virginia USA, 1996.
- 13) Tu, M., Hurd, C., and Randall, J. M. : Weed Control Methods Handbook Tools and Techniques for Use in Natural Areas version April 2001, The Nature Conservancy, April 2001.
- 14) 村上興正 : 日本における外来種の法的規制, 保全生態学研究、第5巻 第2号, pp. 119-130, 2000.
- 15) 環境省自然保護局野生生物課 : 移入種問題対応指針の検討について, < <http://www.env.go.jp/nature/in-yu-kentokai/kentokai.html> >, Accessed 2001 May 10.
- 16) WWF ジャパン : シンポジウム 外来種の管理体制 ~法的な仕組みとそのフォローアップ, 野生生物の保護に係わる法体制検討会&WWF ジャパン主催、2001年4月8日開催.

6. 多摩川におけるニセアカシアの管理対策

6. 1. 管理の方針

多摩川におけるニセアカシアの分布拡大の問題については、2つの側面が考えられる。すなわち、河川敷の生態系を変化させる樹林化を引き起こす主要な植物種としての問題と、生物多様性を脅かす侵入種としての問題である。ここでは、まず両者について整理し、それぞれの観点からニセアカシアの管理の考え方を示す。

ニセアカシアの樹林化の問題は、本来、安定した植生域が成立せず、河原特有の生物が生育・生息する丸石河原が中心の河川敷環境であったものが、樹林を含む安定した植生域にとって替われ、異なる生態系が成立するようになることである。ニセアカシアの樹林化は、物理化学的環境の変化や生物相の変化を伴い、生態系が従来とは異なるものへと変質する。このような認識のもとでは、ニセアカシアの管理は、安定植生域を丸石河原に復元し、河川本来の生態系を取り戻すことを目標とすることが考えられる。

次に、ニセアカシアの侵入種としての問題は、それまで日本に存在しなかった侵入生物の繁茂によって、在来生物相の多様性が失われることである。侵入種が生態系に与える悪影響の程度については、すべての種で明らかになっているとは言えない。しかし、ニセアカシアに関しては、繁殖力が強く、大きな純群落を形成し、在来植物の生育地を奪う結果となることが知られている。日本の在来生物相の進化の段階で存在しなかった種が分布を拡大することは、潜在的には大きな問題である。5章で取り上げた IUCN ガイドラインや生物多様性条約、米国などの海外における取り組みにおいて、移入種の意図的な持ち込みに関しては悪影響がないことが証明されない限りこれを認めないこと、また侵入種については初期段階における撲滅を最善の策としていることなどは、同様の認識に立ったものと言えよう。また撲滅が困難な場合には、他の地域が受ける被害を減少させるために、拡大を防ぎ、ある範囲内に閉じこめる制御または、管理を対策としている。このような認識のもとでは、ニセアカシアの管理は可能な限り除去・撲滅を目指し、それが困難な場合にのみ、それ以上分布拡大させないことを目標とすべきであると言える。

丸石河原を復元することは、ニセアカシアの生育に適さない立地を復元することであるため、ニセアカシアの可能な限りの除去・撲滅という目標を含みながら、より根本的な解決を目指すものと言える。そこで、まず、短期目標としてニセアカシアの個体や群落を対象とした除去・撲滅を目指しつつ、長期的にはかつての丸石河原の復元を目標とすること。そして最終的には多摩川の河川生態系の復元を目指すことを管理の方針として提案する。

6. 2. 管理対策

ニセアカシアの管理を効果的に行うにあたっては、その生態に応じた対策を立てることが必要である。今回の調査の結果、多摩川におけるニセアカシアの生育状況は、①未定着、②侵入・定着、③成長、④分布拡大の4つの段階に区分され、それぞれ立地条件との間に関係が認められた(4.6章 参照)。そこでこれらの生育状況の段階に応じて、管理対策を検討することとする。

以下に、まず侵入種としてのニセアカシアの除去・撲滅を目指す短期的な対策として、ニセアカシアの生育状況の段階ごとの管理対策を、おもにニセアカシアの個体および群落を対象に検討する。次に丸石河原の復元を目標とする長期的な対策として、多摩川の河川生態系の復元について検討を行う。

(1) 未定着段階にある立地における管理対策

この立地は、水面からの比高が低く、レキ地を主体とする。ニセアカシアの侵入が見られないことから、ニセアカシアの生育に適していない立地であると考えられる。そのため現状では脅威とはならないと考えられる。この要因としては、洪水による攪乱を受けやすい立地であり、植生や立地の破壊を比較的頻繁に受けているためと考えられる。管理対策としては、この立地を維持することが求められ、新たなニセアカシアの侵入を防ぐために、レキ地を維持・形成している河川動態を保全すること、すなわち植生および微細土砂・有機物を流出させるような規模の洪水の維持が挙げられる。

(2) 侵入・定着段階にある立地における管理対策

この段階のニセアカシアは、疎らに生育し、群落高も5m以下である。立地はレキ地や表層細粒土砂層の薄い砂地を主体とする。水面からの比高が比較的低いところに分布していることが多いため、流量の大きい洪水が起きれば、破壊されることが期待される。またレキ中心の立地であることから、地下の水平根は伸長成長が制限されていると考えられ、根萌芽による周囲への分布の拡大についても、現状では大きな脅威とはならないと考えられる。しかし、この立地では、流量の小さい洪水が続くことで細粒土砂が堆積する可能性があり、その場合、水平根が伸長成長をするのに有利な立地となる可能性がある。また大きな洪水による植生の破壊は、ニセアカシアの植物体の一部を流出させ、下流に運ぶことで、それまで生育していなかった場所へのニセアカシアの新たな侵入・定着を促進することも考えられる。この場合、この段階・立地のニセアカシアは、下流に対しては定着可能な植物体の供給源として機能する可能性がある。これについては今後の研究が必要であると思われる。しかし、疎らに生育し、群落高も5m以下であることから除去するのは比較的容易であると予想され、積極的な管理対策としては、根茎ごと掘り取って除去することが挙げられる。この際、再度の定着を防ぐために取り除いた

植物体はそのまま河川敷に放置しないことが重要である。

(3) 成長段階にある立地における管理対策

この段階のニセアカシアについては、生育密度は低いものの、成長が進んでおり、高さは5mを超えている。表層には細粒土砂が堆積していることから、潜在的には根萌芽による生育密度の増加、また周囲への分布拡大の段階に移行していく可能性がある。河川氾濫との関係においては、かなり流量の大きな洪水が起きない限り、個体は除去されないと考えられる。実際、現地の観察では、1999年8月14-15日の出水の後もこの段階のニセアカシアが倒伏することなく、存続しているのが多く見受けられた。これらを踏まえると、個体が大きいため、前述の侵入・定着段階のニセアカシアに比べれば、除去の手間がかかると予想されるものの、まだ密度が低いうちに作業を行うことは効率的であり、除去がこの段階のニセアカシアの管理対策として挙げられる。実際の作業にあたっては、(2)と同様、根茎まで含めた除去、および取り除いた植物体をそのまま河川敷に放置しないことが求められる。

(4) 周囲への分布拡大段階にある立地における管理対策

この段階のニセアカシアは、河道の複断面化が進んだ結果、比高が高く、堆積厚が比較的厚い砂地に生育する密度の高い林となっており、現地の観察から、若干の砂の堆積以外は、河川による攪乱の影響をほとんど受けていないことが推測された。そのため将来的にも大規模な洪水によって植生および立地の破壊が生じることは期待しにくい。この段階のニセアカシアの立地は、根萌芽による更新の適地であると考えられることから、現状のままではさらなる拡大が予想される。また、大規模な種子の供給源として機能していることが懸念されることから、早急な管理が求められる。このように根萌芽によるニセアカシアの分布拡大に適していると考えられる立地は、今回の調査範囲(河口から40.2~58.9km)内では、河口から40.2~42.0kmの地点など、河川敷の幅が広く、河道の複断面化が進んでいる地点で広く分布していた。これらの傾向は、中流域下部に共通したものと考えられ、中流域下部を対象に重点的に対策を行う必要があると考えられる。

この段階のように高密度に大きな群落を形成するまでに成長してしまうと短期的に撲滅することは、ほぼ不可能と考えられる。全面的な根茎の除去は困難であり、またニセアカシアの旺盛な回復力を考えると、安易な伐採は返って分布の拡大を促進しかねない。管理対策としては、まずはこれ以上の分布拡大を防ぐことに集中し、長期的には勢力を徐々に弱らせていくような取り組みを行う必要がある。分布拡大の抑制策としては例えば、群落の周縁部に位置する個体に関しては伐根を繰り返すなどして、外部への分布拡大を防ぐなどの方法が考えられる。この際、一時的な伐採ではかえってニセアカシアの萌芽を促進する恐れがあるため、毎年同規模あるいはそれ以上の労力の伐採を繰り返す

返す必要が生じると考えられる。最終的な撲滅に向けては、伐採のみならず根茎へ打撃を与える必要があり、抜根などを行う必要がある。また米国では、伐採の後、薬品も使用して除去していった事例も多数報告されており、少量ずつ使用しながら、数年～10年レベルで徐々に勢力を弱めさせていくという選択肢も考えられる。この方法は、最初のうちは労力がかかるものの、長期的には労力を削減することにつながり、地域的な撲滅にもつながるというメリットがある。しかしながら、薬品を用いるため、周辺の生態系へ悪影響を与える恐れがあり、できるだけ避けたい手法である。

(5) 丸石河原の復元に向けて

(1)～(4)では、ニセアカシアの生育状況の段階別に、おもにニセアカシアの個体および群落を対象とした管理対策の検討を行ったが、ここでは、本来の多摩川中流域の河川敷環境である丸石河原の復元の観点から、管理対策を考えてみたい。

ニセアカシアによる河川敷の樹林化は、丸石河原の上に直接ニセアカシアの樹林が成立して、とって替わったということではなく、細粒土砂の堆積に伴い、丸石河原が喪失し、その結果ニセアカシアの分布拡大に有利な立地環境が河川敷に拡大したことが大きな要因であると考えられる(図-4.6.1 参照)。細粒土砂の堆積については、洪水の規模が影響しており、また複断面化とも互いに関連していると考えられる。以下のこの2点について考えてみたい。

高水敷への土砂の堆積については、本研究における数値モデルの計算結果(4.5章参照)から、58.6km 付近においては、ピーク流量が 400m³/s までの出水では高水敷に土砂を堆積させてしまい、ピーク流量が 500m³/s の出水だと細粒土砂の堆積が起きないことが算出された。現在ピーク流量が 500m³/s を大きく越える出水が起こる頻度は少なく、規模の小さい出水によってかえって細粒土砂が高水敷に堆積してしまう傾向がある。この地点においては、高水敷における土砂の堆積を防ぐには、ピーク流量が 500m³/s 以上の出水が比較的頻繁に起きる必要があることが示唆される。しかし、細粒土砂の堆積が起こるか否かは、その場所の水面からの比高や植生域の発達程度にもよると推測される。複断面化の著しい区間などでは、ピーク流量が多くても、細粒土砂の流出は起きない可能性があり、複断面化の解消のための対策が求められる。

複断面化の解消とは、河床と高水敷の間に生じた極端な高低差を解消することである。このための一つの方策として、人為的に高水敷を掘り下げ、河床との高低差を無くすことによって、複断面化を解消する手段が考えられる。

複断面化の要因の一つである河床低下について考えると、多摩川の河川敷では、かつて大規模な砂利採取が行われており、これが河床低下の原因の一つと考えられている。また、多摩川の源流部においては、例えば山梨県が多摩川水系では、県の事業で設置された砂防ダムだけで 31 基(2001.3.31 現在)が存在し、山梨県と東京都の県境には多目的ダムである小河内ダムが存在するなど、上流部からの新たな砂礫供給が制限されている

状態にあると言える。これらのことを考慮すると、河床に砂礫を供給し、河床を再び上昇させることは、複断面化を解消するもう1つ方法として検討可能であると考えられる。

多摩川の河川敷においてニセアカシアが侵入・定着し、急速に分布を拡大させた背景には、河川の持つ自然のダイナミズムが失われたことが大きな理由としてある。この結果、丸石河原の多くは、ニセアカシアの生育に適した細流土砂の堆積した河原へと変質していった。したがって、ニセアカシアの分布を抑制し、また縮小させるためには、河川の持つ自然のダイナミズムを取り戻すことが長期的に見て最も重要であると言える。しかし、ここに至るには時間を要するため、短期的にはニセアカシアの人為的な排除による在来生物の生育地の確保といった措置も必要となるだろう。このように、侵入種であるニセアカシアの分布を管理する試みは、最終的に河川が本来有する生態系を回復する試みへとつながってくるのである。

「た まがわ か せん多摩川河川敷におけるニセアカシアの
せいいくかんきょう かん ちよう さけんけつ生育環境に関する調査研究」
(研究助成・学術研究VOL. 30—No.225)

著 者 いけ や ほう ぶん池谷 奉 文
発行日 2002年3月31日
発 行 財団法人とうきゅう環境浄化財団
〒150-0002
渋谷区渋谷1-16-14 (渋谷地下鉄ビル内)
TEL (03)3400-9142
FAX (03)3400-9141
