

(6) 千曲川高水敷におけるアレチウリ埋土種子の分布特性とその形成要因に関する研究

傳田 正利¹・黒川 貴弘¹・三輪 準二¹

¹ 独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

* E-mail: denda@pwri.go.jp

本研究では、信濃川水系千曲川の河川高水敷において特定外来種アレチウリの埋土種子分布特性を調査した。河川高水敷をアレチウリが優占する景観A、アレチウリとハリエンジュが共存する景観B、オギ・ヤナギ等の水辺植生にアレチウリが覆いかぶさる景観Cという3つの景観の分類し、地中の埋土種子分布特性を評価した。また、平面2次元水理計算を行い各景観の冠水頻度や冠水時の流況を推定した。更に、発芽実験を行い、土中での埋土種子の分解状況がその発芽能力に与えた影響を評価した。

その結果、3景観ともに、地表から0.1mまで埋土種子が集中する鉛直分布をしていた。景観ごとの埋土種子分布特性の違いに関しては、景観Aでは発芽能力が高い埋土種子数が著しく多く、景観Bでは発芽能力を持つ埋土種子が他の景観と比較して少なかった。景観Cでは、発芽能力を持つ埋土種子が他の景観と比較して著しく地表面に集中する特性があった。これらの各景観の埋土種子分布特性の差異の形成には、冠水頻度と冠水時の流況が影響を与えていると考えられた。河川管理の現場への応用を考えると、アレチウリの防除対策は、景観A、景観Cなどを中心として行う必要があると考えられた。

Key Words : *Bur cucumber, Buried seeds, Formation factor of distribution characteristics of buried seeds*

1. はじめに

特定外来生物にリストアップされるアレチウリ (*Sicyos angulatus* L.) の防除 (個体群の拡大防止・縮小) は、河川植物群落の多様性保全にとって重要課題である。河川管理の現場では、アレチウリの抜き取り等による防除が積極的に行われている^{1)~3)}。これらの取り組みは、アレチウリ個体群の防除に効果を挙げつつある。

アレチウリの防除を考える場合、種子拡散及び発芽を防止・低減する取り組みも一つの方法と考えられる。特に、河川に侵入したアレチウリは出水とともに種子を分散させ、個体群を拡大させることが推察され、河川高水敷の埋土種子 (以下、埋土種子と記述する) は大きな脅威となる^{4)~6)}。アレチウリは毎年9~10月に結実し多くの種子を生産する。筆者らの研究によれば、1個体あたり最低でも140個以上の種子を生産する。果皮付き種子の比重は、0.7程度と軽く、静水中であれば3日間は沈降しない特性を持つ^{7)~8)}。出水により、水中に一度、浮遊すれば下流側へ広く拡散すると推定される。

河川管理の現場で問題になるアレチウリに関する事例

としては、河川改修工事の際に掘削した土砂内の埋土種子を、土砂の搬出に伴い、他の区間へ移動してしまうことが問題になる。掘削した土砂の表層付近に埋土種子が存在するのは容易に推定できるが、表層からどの程度の深さまでの土砂を区間外に移動すべきでないか、その定量的判断は、試行錯誤で行われているのが現状である。

また、アレチウリの防除や河川高水敷の植物群落多様性の回復のための河川高水敷掘削の場合にも埋土種子の分布特性は重要な情報となる。アレチウリが優占する群落や景観内に埋土種子が多いのは自明で、埋土種子防除の優先箇所と直ちに判断できる。しかし、アレチウリが他の植物種と共存する景観。例えば、草本類と共存するアレチウリ個体群と木本類と共存するアレチウリ個体群の埋土種子量は、どちらが多いのかといった景観ごとの埋土種子の分布特性は、河川管理上、重要な情報であるが既往研究において明らかになっていない。

このような背景から、本研究では信濃川水系千曲川中流域を対象に、河川高水敷の埋土種子分布特性の把握を行う。特に、河川高水敷上に見られる景観ごとの埋土種子鉛直分布特性 (以下、単に埋土種子分布特性) の把握

とそれらの差異が生じるメカニズムの考察を行う。これらの取り組みを通して、河川改修工事や維持管理工事における埋土種子の除去・拡散防止対策を講じるに際の際の留意点等を考察し、河川植物群落の多様性維持に資する情報を提供することを目的とする。

2. 研究の方法

(1) 調査地の概要

調査は、信濃川水系千曲川で行った。本河川は流域面積 7163km²、流路延長 214km の大河川であり甲武信ヶ岳（標高 2475m）から長野盆地を流下し新潟県境に入り信濃川と名前を変える。

調査地は千曲川の中流部に位置する鼠橋付近（長野県埴科郡坂城町、東経 138°12'4.6"、北緯 36°25'14.4"、以下、調査地と記述する）で行った。調査地の概要を図-1 に示す。調査地は長野県境から 95.6~97km 区間で、流域面積 2560km²、河道幅約 100m、河床勾配 1/200、河道兩岸に築堤が行われている区間である。

調査地の河床は、主に礫で構成され河床波形態は複列砂州で、礫の主要構成材料は 20~200mm、 $d_{50}=100\text{mm}$ 、最大粒径 200~300mm 程度である。

調査地の平均流量は約 60 m³/s であり、調査地上流部には農業頭首工の六ヶ郷用水（取水期間 4~10 月、以下、頭首工）が設置され 2.48 (m³/s) を取水した後、余水約 10 (m³/s) を下流側へ流下させる。後述するコドラー調査は、頭首工から余水が流下する流路沿いで行った。

調査地には、アレチウリの生育が多数確認され、アレチウリ個体群が優占した植物群落やアレチウリ個体群が他の植物種（ハリエンジュ、クサヨシ等）と共存する景観が確認された。

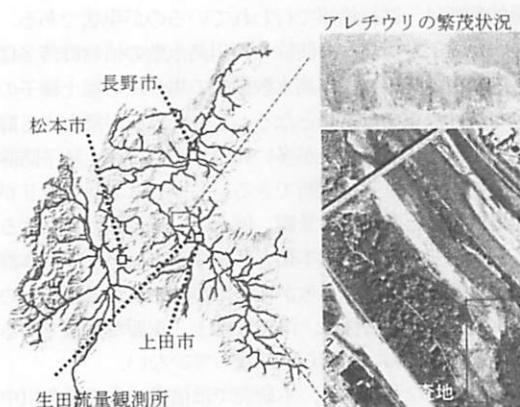


図-1 調査地の概要

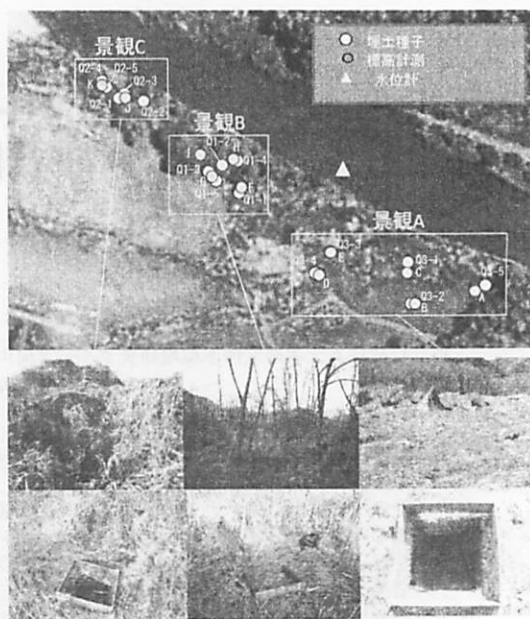


図-2 景観分類の概要と調査状況

(2) 現地調査：調査地内の景観分類と標高測量

a) アレチウリの生育状況による調査地内の景観分類

筆者らの研究により、アレチウリは共存する植物種により、その生育状況が違ってくるが明らかにされている⁷⁾。そのため、調査地を踏査し、共存する植物種の状況により調査地内の景観を以下に分類した。

アレチウリが優占する景観（以下、景観 A）、ハリエンジュ優占しているが、アレチウリがハリエンジュに付いた空中で結実に至る景観（以下、景観 B）、オギ・ヤナギ等をアレチウリが覆う景観（以下、景観 C）、以上の 3 つに調査地を分類した（図-2）。微視的に見れば、上記と異なる景観も確認できるが、アレチウリ個体群と種子供給量が一定量以上であると視認できるのは、主に上記の 3 分類と考えることが出来る。空中写真を用いた画像解析の結果、景観 A、B、C の面積比率は概ね 20、75、5% の面積比率であった。

b) 各景観の標高測量

調査地において、各景観の標高を VRS-GPS (Trimble 社: Trimble 社: 5800 GPS, 測定誤差±5mm) を用いて測定した。コドラーが散在する景観 A では各コドラー上で、調査コドラーが近接する景観 B、景観 C ではそれぞれ 4 地点、2 地点で標高を計測し、各景観の平均標高をその標高とした（図-2）。

(3) 現地調査及び室内実験：埋土種子抽出調査、埋土種子の分類及び埋土種子分類別の発芽能力の検証

a) 埋土種子抽出調査

調査は、2009 年 11 月 25 日から 26 日に試料土壌の掘



T1: 胚芽・胚乳完全 T2: 胚芽・胚乳が溶解 T3: 胚芽・胚乳が溶出

図-3 種子特性の概要（埋土種子の切片写真）

り出し、2009年11月27日・12月11日に試料土壌の中から埋土種子の抽出を行った。現地観察から2009年度に生育したアレチウリ個体群の結実・落下が完了したと判断できたため、上記の調査日に設定した。

各景観内でのアレチウリの被度（以下、被度と記述する）、アレチウリの結実位置（以下、高さとして記述する）の特性を考慮し、被度・高さの分布をカバーするように5地点抽出した。各景観で5地点抽出したため、合計15地点抽出した。抽出した点に0.6×0.6mのコドラードを設置し、以下の方法で埋土種子を抽出した。

アレチウリをはじめとする表層の植物を剥ぎ土壌面を露出させた（以後、植物だけの層を0層とする）。その後、表層土壌から5cmごとに掘り下げ土砂を採取し、8層（0.4m）まで掘り採取土砂内からアレチウリの埋土種子を抽出した（図-2）。埋土種子の抽出の結果、発芽に影響があると考えられる種子内部（胚芽、胚乳等）が分解されている種子が散見された。そのため、種子内部の状況により種子を分類した。

b) 埋土種子分類の方法

種子分類の方法を以下に示す（図-3）。T1は種子内部が完全なもの、T2は、種子内部の一部が分解され発芽率が減少していると考えられるもの、T3は、種子内部が完全に分解され発芽能力がないもの、以上の3つの分類とした（以降、この分類を種子特性と記述する）。現地採取した種子を分類し、室内実験により各種種子特性の発芽率を検証した。

c) 室内実験：インキュベータを用いた埋土種子発芽実験による埋土種子発芽能力の検証

種子特性の分類の妥当性を検証するため、インキュベータ（トミー精工社、CF305）を用いて、埋土種子発芽実験を検証した。

実験は、埋土種子の発芽率が高い条件の探索（以下、最適発芽条件と記述する）、最適発芽条件での各分類種子の発芽状況の観察の流れで行った。温度（30、15℃）、土壌水分（15、30、45、60%）及び照度（有：10000ルクス、無）の条件を組み合わせ、合計16ケースの実験を行った。合計16ケースの実験の内、発芽率が最も高かったケース、温度30℃、土壌水分15%及び照度有りの条件を最適発芽条件として選定した。

次に、各分類10個の埋土種子を最適発芽条件に設定したインキュベータ内に入れ発芽能力を各種種子特性の発

芽率で検証した。

(4) データ解析：埋土種子の分布特性と各景観での埋土種子特性分布の比較

各景観の各コドラードの一般的埋土種子分布特性を把握するため、全コドラードの種子特性別種子数の合計、平均値を層ごとに集計し、グラフを作成した。

次に各景観の埋土種子分布特性の差異を検証するため、各景観の層別種子特性埋土種子数の分布特性を比較し、その差異の有意性を検定した（クラスカル・ウォリス検定、 $p=0.05$ ）。また、各景観内にある種子特性別の有効発芽種子数を比較した。各景観の種子特性別埋土種子数に発芽率を乗じ、有効発芽種子数とした。

(5) データ解析：水理計算と超過確率を用いた各景観にの冠水頻度と摩擦速度の推定

a) 定常計算を用いた冠水流量の特定

各景観が初めて冠水する流量の特定を目的として、上流端から水が定常流入している場合の平面流計算（以下、定常計算と記述する）を行い、流況再現を行った。定常計算は、土木学会水工学委員会による平面2次元流解析プログラム¹⁰⁾を用いて行った。

上流端流量は、過去の出水履歴から100～1800 m³/sとした。比較的発生頻度高い100～250 m³/sまでの流量は、100 m³/sを始めとして50 m³/s刻みで増加させた。300～1800 m³/sは100 m³/s刻みで増加させた。粗度は河道内・河川高水敷ともに $n=0.032$ とし、計算メッシュは6×6mとした。定常計算を用いることにより、各計算メッシュの流向、流速及び水深を定量的に算定できる。

上記の条件で定常計算を行い、各景観が初めて冠水する上流端流量（以下、冠水流量と記述する）を求めた。各景観の冠水判断は、各景観が含まれる計算メッシュの水深が0よりも大きい場合、各景観が冠水したと判断した。

b) 冠水流量の超過確率の算定

上記により求めた冠水流量を調査地の最上流の最寄り流量観測所（約10km上流）である生田流量観測所の水文統計と関連づけ超過確率を求めた。

まず、調査地の流域面積と生田流量観測所の流域面積比である1.06で、冠水流量を除き、生田流量観測所の流量と比較可能にした（以下、超過確率算定用流量と記述する）。

次に、生田流量観測所の1970～2005年の年最大日平均流量をもとに、積率法を用いて日平均流量と超過確率の関係式を求めた¹⁰⁾。求めた関係式に、超過確率算定用流量を代入し超過確率を求めた。上記の手順を各景観で行い、各景観の冠水流量の超過確率を算出し、これを冠

水頻度とした。

c) 各景観における冠水流量時の摩擦速度の算定

冠水流量時の流体力による土砂移動を検討するために、平面 2 次元流解析の計算メッシュの中から、各景観の属する計算メッシュ抽出し、(1)式を用いて各景観の冠水流量時の摩擦速度を算出した。

$$U_* = \sqrt{gRi_e} \quad (1)$$

ここに

U_* : 摩擦速度 (m/s), g : 重力加速度 (m/s²)

R : 径深 (m), i_e : エネルギー勾配 (%)

なお、摩擦速度算出時の径深は水深を適用した。これは、冠水流量時の水深は、計算メッシュ 6m に対して著しく小さいと判断したためである。

次に、現地で確認した土壌粒径から岩垣式を適用する土壌粒径を 0.05cm とした。この土壌粒径に岩垣式を適用し、限界摩擦速度(河床における摩擦速度がある限界値を超えると土粒子が移動を開始する速度)を 0.017m/s とした²⁾。求めた摩擦速度と限界摩擦速度を比較し、冠水時の土砂移動の可能性を評価した。

d) 水位データを用いた超過確率と水理計算の信頼性評価

本研究では、定常計算の精度が重要になる。そのため、調査地内に設置した水位計データから精度を検証した。

筆者らが参加する河川生態学術研究会千曲川グループ(委員長: 信州大学教育学部中村浩志教授)では、河川環境の再生に向けた河川高水敷試験掘削のモニタリングのために、調査地に水位(CTD ダイバー水位計 / DIK-603A, 測定誤差±8cm, 以下、水位計と記述する)を設置している。調査を行った地点の近傍にも水位計が設置され、2009 年 3 月 21 日 14:00 から毎正時の水位を記録している。水位計のデータを用いて以下の手順で水理計算の信頼性を検証した(図-2)。

水位計の水面標高データと各景観の標高から、各景観が冠水した日時、その時の水位を特定した。生田流量観測所の水位流量曲線を用いて、特定した日時の生田流量観測所流量を算出した。算出した流量に生田流量観測所と調査地の流域面積比 1.06 を乗じ、特定した日時の調査地の流量を推定した。

次に定常計算のケースの上流端流量と推定した冠水した日時の流量が最も近い水理計算結果を比較対象として選定し、水位計の実測水位と水位計近傍の計算水位を比較した。

(6) 各景観の埋土種子分布の差異を形成するメカニズムの考察

(4)節「データ解析: 埋土種子の分布特性と各景観での埋土種子特性分布の比較」で求めた埋土種子分布特

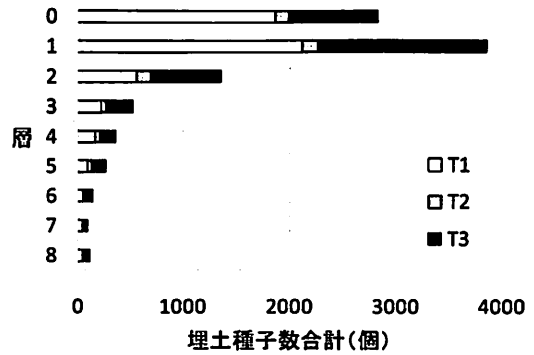


図-4 全コドラードの種子特性別埋土種子数(合計値)

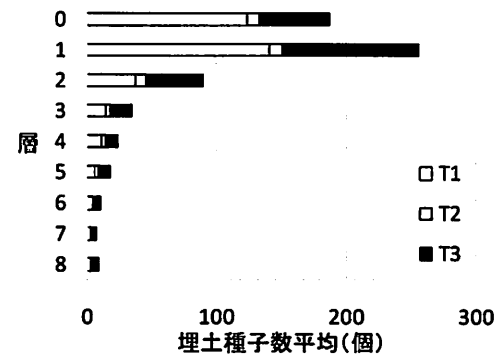


図-5 全コドラードの種子特性別埋土種子数(平均値)

性、特に、各景観間での種子特性別の埋土種子分布特性の差と(5)「データ解析: 水理計算と超過確率を用いた各景観にの冠水頻度と摩擦速度の推定」で求めた冠水頻度、冠水時の摩擦速度等を参考に、各景観で埋土種子分布特性の差異が生じるメカニズムを考察した。

3. 結果

(1) 調査地内での埋土種子分布特性

図-4 に調査した全コドラードの種子特性別埋土種子

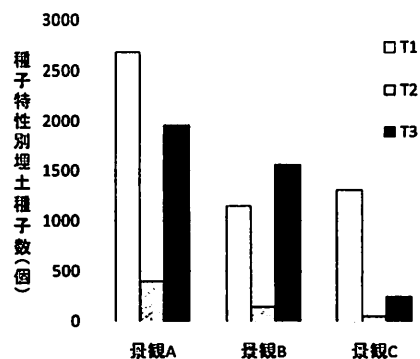


図-6 各景観の種子特性別埋土種子数

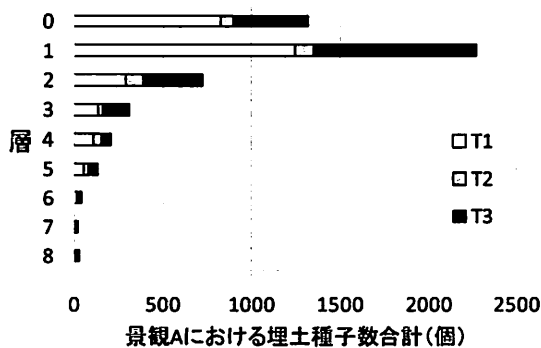


図-7(a) 景観Aの種子特性別埋土種子数

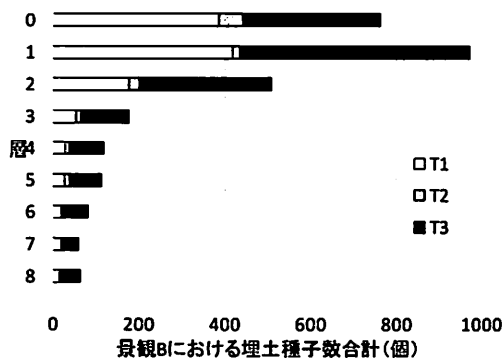


図-7(b) 景観Bの種子特性別埋土種子数

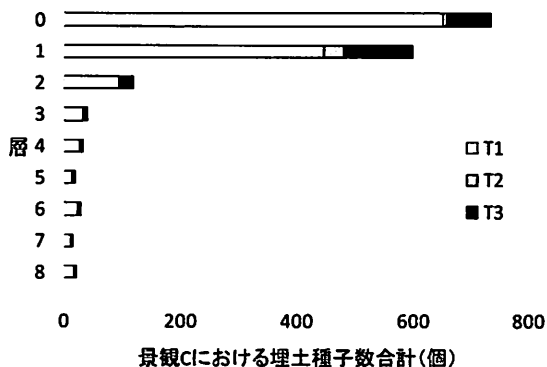


図-7(c) 景観Cの種子特性別埋土種子数

数の合計値、図-5 に種子特性別埋土種子数の全コドラードの平均を示す。表層 (0~2 層) に埋土種子が集中して存在する傾向がみられた。3 層より下層は埋土種子数が急激に減少する傾向があった。

(2) 各景観での埋土種子総数と埋土種子分布特性の比較

図-6 に各景観の種子特性別埋土種子数の合計を示す。景観A, B では種子特性 T3 が景観C と比較して多い特徴があった。特に景観B では T3 が T1 よりも多かった。景

観C では、T2, T3 と比較して T1 が著しく多かった。

図-7(a)~図-7(c) に各景観の種子特性埋土種子分布特性を示す。検定の結果、各景観の埋土種子の分布特性は有意に異なった (クラスカル・ウォリス検定, H 値=295.77, $p<0.05$)。景観A では、1 層が最大になり 8 層まで指数関数的に埋土種子数が減少していく傾向があった。種子特性別では、0~5 層付近までは T3 が 3~4 割程度あるのが特徴であった。景観B では、3 層より深い層でも T3 の割合が多いのが特徴であった。景観C では、T3 が少なく T1 が多いこと、2 層以下は急激に埋土種子が減少する特性があった。

表-1 発芽実験による種子特性別発芽能力

種子特性	発芽率
T1	0.774
T2	0.158
T3	0.000

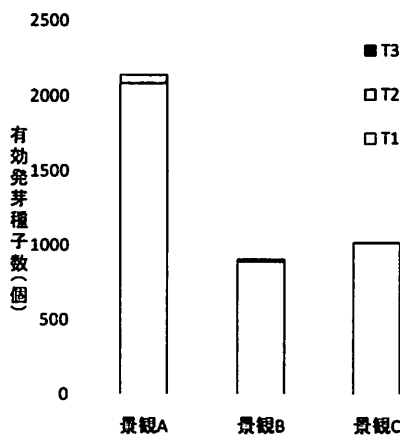


図-8 各景観の有効発芽種子数

(3) 室内実験発芽実験結果と各景観の有効発芽種子数

表-1 に発芽実験による種子特性別発芽能力の検証を示す。発芽率は、T1 が 0.77 と T2 に比べ約 5 倍と高く、T3 は発芽能力がなかった。

表-2 各景観の冠水頻度と冠水時の摩擦速度推定結果

景観	超過確率	摩擦速度	限界摩擦速度	土砂移動判定
A	0.24	0.09	0.017	移動
B	0.08	0.05	0.017	移動
C	0.68	0.04	0.017	移動

表-3 各景観の標高

景観	標高(m)	土壌材料(cm)
A	411.14	0.001
B	410.76	0.003
C	410.23	0.003

図-8に各景観の全層(0~8層)での有効発芽種子数を示す。景観A、景観C、景観Bの順に有効発芽種子総数が多い結果となった。景観Aでは、T2が低い発芽率であるにも関わらず有効発芽種子数63個と一定の有効発芽種子数が確認された。

(4) 各景観分類の冠水頻度と冠水時の摩擦速度推定結果

表-2に各景観の冠水頻度と冠水時の流体力推定結果を示す。景観Cが最も冠水頻度が高く1~2年に1度は必ず冠水し、冠水時の摩擦速度はCの表層土壌を移動させる摩擦速度であった。

(5) 各景観の標高と土砂粒度の評価

表-3に各景観の標高を示す。景観Aの標高が最も高

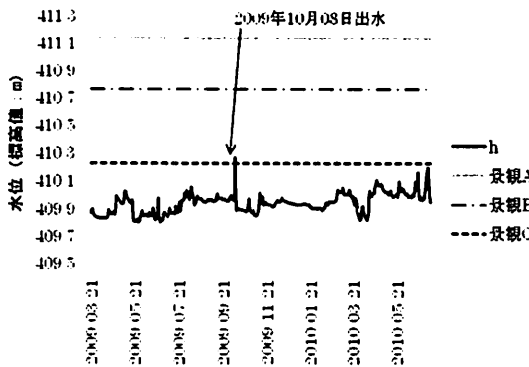


図-9 水位計の時系列データ

表-4 2009年10月8日の日平均水位と
水位計近傍の平均計算水位

2009年10月8日		水位計		水理計算	
時刻	調査地の流量	実測水位	上流端流量	計算水位	
5:00	298.47	410.219	300	410.28	
6:00	402.9	410.227	400	410.36	
13:00	608.41	410.478	600	410.595	

単位:流量(m³/s),水位(m)

く、景観Cの標高が最も低かった。景観Aと景観Cの標高差は0.91mあった。

(6) 水位データを用いた超過確率と水理計算の信頼性評価

図-9に水位計の時系列データを示す。469日間で、景観Cの標高以上の出水は1回であった。景観A・景観Bの標高以上の出水は記録されなかった。表-4に2009年10月8日の出水のうち定常計算と比較可能な流量であった時間の実測水位と水位計近傍の平均計算水位を示す。両者の誤差は、最大0.13mと良好な合致を示した。

4. 考察

(1) 調査地及び各景観の埋土種子分布特性、種子特性別埋土種子分布特性

図-4、図-5に示すように、0~2層までの表層から0.15mに埋土種子が集中する(以下、0~2層までの土壌を表層土壌と記述する)。一般に、表層土壌に植物の種子蓄積が多いが、アレチウリに関しても同様の傾向があることが、本研究により明らかに出来た。また、発芽能力のあるT1、T2は、3層以深で急激に減少することが明らかになった。

各景観での埋土種子分布特性、種子特性別埋土種子分布特性は、図-7(a)~図-7(c)に示すように各景観で異なる分布特性を示した。

最も特徴的だった景観Bでは、他の景観と比較して、埋土種子内のT3の割合が多いのが特徴であった。景観Bの0~2層までの約半数がT3の埋土種子であった(図-7(b))。また、地中に行くほどT3の割合は増加する傾向があった。

一方、景観Cでは、T1種子の割合が多く、特に、0~1層までは、T1が数・割合ともに多く、2層目以降は著しくT1ならびに全種子特性が減少していくのが特徴である(図-7(c))。

景観Aは、景観B、景観Cの特徴の中間を示し、埋土種子数は多いが、表層から地中までT1とT3が同程度の比率であった(図-7(a))。

図-8に示す各景観の有効発芽種子数は、興味深い結果を示す。図-6では、景観Bの埋土種子数が景観Cよりも多かったが、有効発芽種子数では、景観Cの数が多かった。4章(3)節で詳述するが、景観Bでは安定した環境のため埋土種子の分解が進み、景観Cよりもアレチウリの埋土種子による再生産能力が少ない景観と考えることが出来る。

(2) 水位データを用いた定常計算の信頼性評価

図-9及び表-4により、本研究で解析した、定常計算及び超過確率は十分な信頼性を有していると考えられる。

定常計算結果の信頼性は、表-4に示した通り水位は良好な合致を示した。

超過確率は、確率的要素が強いため定性的な比較に留めるが、水位計データ取得期間中、景観Cのみ1回冠水したことを考えれば、表-2で示した冠水頻度(超過確率)は一定の信頼性があるといえる。

(3) 各景観の埋土種子分布特性の特徴を形成するメカニズムの考察

景観ごとの埋土種子分布特性の違いは、各景観への冠水頻度、冠水時の流況が大きく影響していると考えられ

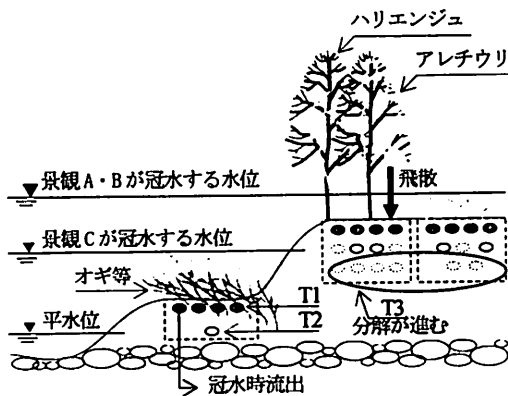


図-9 各景観の埋土種子分布特性形成のメカニズム概念図

る。以下に、各景観の埋土種子分布特性の特徴とその形成メカニズムについて考察する(図-9)。

景観Bでは、他の景観と比較してT3が多かった。これは、(イ)景観Bの冠水頻度が低いこと、(ロ)冠水時の摩擦速度が低いこと、以上の2点が大きな要因と考えることが出来る(表-2)。T3の種子は、出水に伴い漂着したアレチウリ種子や各景観に生育するアレチウリ成体から生産されたT1が、長期間、土壌中に存在・分解されT3になったと考えられる。景観Bでは、(イ)特徴である、その冠水頻度の低さから流況による攪乱が少なく、埋土種子は土壌中に長期間、安定して存在する。その結果、分解が進みT3の種子になると考えられる。(ロ)の特徴である摩擦速度の低さは、冠水時には再上面の表層土壌は攪乱されるが、アレチウリの根茎よりも深い地中の土砂を交換するほどの外力が生じないことを示唆する。土砂交換が生じるのは、超過確率が極めて小さい流量規模の大きい出水と考えることができる。そのため、長期間、土中に安定した状態で埋土種子が存在し、種子分解が進みT3へと移行すると考えられる。

一方、景観Cでは、冠水頻度が高く、冠水時の流況特性から表層の土砂交換が生じると考えられる(表-2)。また、調査地では、景観Cが初めて冠水とした流量以上の出水が高頻度で生じるため、景観Cの下層の土砂は攪乱される可能性が高い。その結果、埋土種子は、景観Cの土壌中で長期間安定した状態であることが少なく埋土種子の分解が進まず土壌中のT3が少なくなると考えられる。このような土壌中の状況に、景観Cで生育するアレチウリ個体から、T1が多数供給され、図-7(c)に示す埋土種子分布特性になったと考えられる。言い換えれば、景観Cのような水辺のアレチウリ群落は、その冠水頻度の高さ、冠水時の流況から、下流へ多くのT1を供給している可能性が高いと考えられる。

景観Aは、景観Bと景観Cの中間の特性を持つと考えられる。景観Aでは、冠水頻度は比較的低いが、冠水時

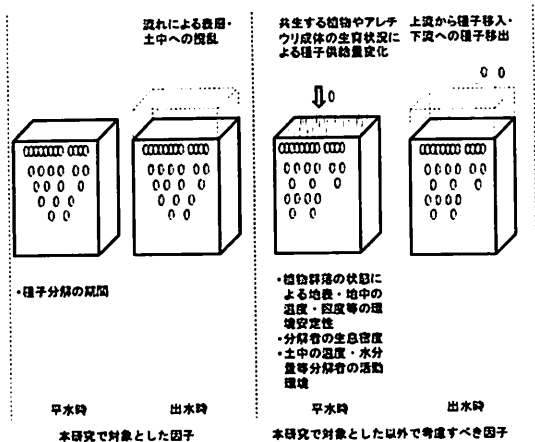


図-10 今後検討すべきメカニズム構成因子

には粗度となる木本類がないため、摩擦速度が大きくなると考えられる(表-2)。そのため、景観Aの表層・中層の土壌は攪乱され、土壌中の埋土種子は下流側へ流下すると考えられる。そのため、景観BよりもT3が少なくなり、図-7(a)に示すような分布形になったと考えられる。

(4) 埋土種子分布特性のメカニズム考察において不足する観点の整理

前節では、埋土種子の分布特性とその形成メカニズムについて、主として出水による攪乱頻度の差異に着目して議論した。

しかし、埋土種子の分布特性とその形成メカニズムには多くの因子が介在すると考えられ、今後、解明すべき要素を図-10に取りまとめた。

まず、平水時においては、(イ)各景観におけるアレチウリ個体の生育状況と種子供給量の関係性、(ロ)各景観内の表層・土壌中の環境安定性、(ハ)分解者の生息密度及び分解者の種子特性変化への介在、以上の3点があげられる。

(イ)のアレチウリ種子の供給量の差異は筆者らの研究で確認されている。例えば景観Bではハリエンジュと共生するため、光資源を求め、アレチウリがより高い位置へ成長しハリエンジュの樹幹等で結実する。結実した種子は高所より飛散し景観B内へ落下する。この現象が景観Aよりも0~1層の種子数が少なくなっている要因と考えられる⁷⁹⁾。(ロ)に関しては、景観Bでは、ハリエンジュと共生する草本が地面をカバーすることにより他の景観と比較して安定した環境があることが観察されているが、今後、詳細なデータの取得を行う必要がある。

(ハ)に関しては、T3種子が多い景観A・Bで表層で多くの陸生昆虫類の生息が視認されるなど観察された。これらに関しては、今後、詳細な現地データを取得し、本

研究で取り扱った内容を含めて埋土種子分布特性の形成メカニズムをより詳細に整理する予定である。

出水時においては、下流への種子移出、上流からの種子移入量の定量化が必要になる。著者らの研究で、河川高水敷掘削地内の埋土種子数の変化を2009年の出水期に追跡調査した結果、冠水前後では、埋土種子数が減少していくことが確認された。掘削地から埋土種子は基本的に移出し、移入する種子数は移出数と比較して少ないことが明らかになった⁹⁾。移入する箇所は、急拡部や堰上げ部などで流況との関連性が高いことが明らかになった。この現象は、景観内の種子特性分布に大きな影響を与える要因であるため、今後、取り組むべき課題である。

本節で述べた内容を加えることにより、本研究で考察したメカニズムの確度を上げていくことが今後の課題になると考えられる。

(5) アレチウリの防除や河川高水敷植物群落多様性保全に向けた河川改修・管理手法の考察

河川管理の現場で課題となるアレチウリの防除（再生抑制や個体群拡大防止等）に向けて、本研究の結果を踏まえ考察を行う。

河川改修や河川管理工事の際に問題となる土砂移動や建設重機による埋土種子移動によるアレチウリ個体群拡大を防止するには、地表から約0.1mと極表層の土砂処理を極めて慎重に行う必要がある（図-4、図-5）。表層土壌中にはT1種子が極めて多く存在し、表層土壌の区間外への移動はアレチウリ個体群拡大のリスクを大きくすると考えられる。また、アレチウリが生育する近傍を移動した建設重機のキャタピラにはT1が付着する可能性が高く、種子の洗い流しなどが必要となると考えられる。特に、景観Aのようなアレチウリ個体群が優占する場所を建設重機移動した場合には丁寧な対応が必要となると考えられる。

次に、アレチウリ防除を目的とした自然再生等で、高水敷掘削を行う場合があるが、どの地点から行うべきかを考察する。埋土種子の除去・拡散防止という観点から考えれば、景観Aの優先度は極めて高い。景観AにはT1が他の景観と比較して圧倒的に多く、地中深くまでその状態が続く。図-11に2010年4月に撮影したアレチウリの個体観察用のコドラードを示す。4月上旬の気温上昇期に、景観Aでは埋土種子の発芽が始まり2010年7月28日には、アレチウリが圧倒的に優占する群落を形成している。

T1の発芽率は高く、豊富なT1種子から発芽した多数のアレチウリ個体は、光資源等を求め他の植物種が生育する空間へと侵略的に成長していくと考えられる。また、一度、冠水すれば下流側へ多くのT1種子を拡大することが懸念される。シードソースという観点からも、アレチ

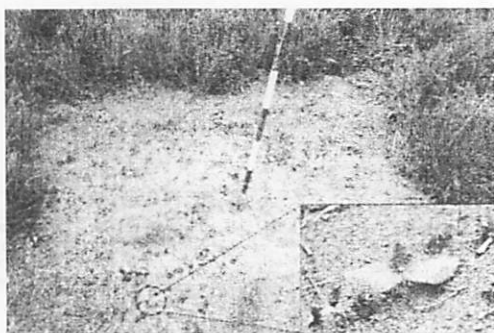


図-11 景観Aでの発芽状況

ウリ防除の最優先景観であると考えられる。

景観Aに次いで優先度が高いのは景観Cであると考えられる。景観Cの埋土種子分布特性は、景観Cでの攪乱の多さから生産されたアレチウリの種子が地中に留まらず、下流へ多く流出した結果と考えることが出来る。また、その表層には多くのT1種子が存在し、アレチウリ個体群の拡散という点では多くの問題があると考えられ景観Aに続き、対策を優先すべき景観である（図-7(c)）。

景観Bは、埋土種子が存在し、アレチウリ個体群再生や個体群の下流への拡散要因であり、埋土種子対策をする必要がある。しかし、樹林化した景観Bのようなエリアでの埋土種子除去等は、高コストになると考えられる。また、景観Bでは、冠水頻度も低く、T1も少ないため、埋土種子流出により下流側へのアレチウリ個体群拡散の危険性は景観Aや景観Cと比較すれば相対的に少ないと考えられる。そのため、他の河川改修工事、例えば樹林伐採による流下能力改善等の工事が計画されているならば、それらの工事と併用して対策を行うことも河川改修・河川管理事業の重点化が求められる現在では、現実的な選択と考えることが出来る。

謝辞：本研究では、北陸地方整備局千曲川河川事務所から現地調査の支援やデータ提供等で多くのご協力をいただいた。調査地の現地調査では、リバーロント整備センター生態系グループ川口氏、水理計算では大日コンサルタント環境水工部の原田守啓氏に多大なご協力をいただいた。ここに深甚なる謝意を示す。本研究は、河川生態学研究会千曲川グループの研究の一環として行われた。

参考文献

- 1) 宮武晃司：河川管理における外来種対策について，河川，2004年7月号，pp.6-10，2004.
- 2) 杉原直樹：より効率的な駆除方法を模索，河川レビュー，Vol.125，pp.56-60，2004.
- 3) 五十嵐祥二：天竜川水系三峰川における地域住民と連携した帰化植物対策，河川，2003年12月号，pp.37-42，2003.
- 4) 大石哲也・天野邦彦：出水がアレチウリ群落の拡大に及ぼ

- す影響とその考察—実験・数値計算からの検討, 水工学論文集第50巻, pp. 1207-1212, 2006.
- 5) 清水矩宏：特定生物による生態影響 新たに侵入している強害外来雑草の農耕地へのインパクト, 生物科学, Vol. 52, No. 1, Page. 17-28, 2000
 - 6) 黒川俊二：侵入してきた外来植物のルーツを遺伝子から探る, 農業技術, Vol. 63, No. 5, pp. 220-224, 2008
 - 7) 黒川貴弘・傳田正利・三輪準二：個体レベルでのアレチウリの成長観察とそのモデル化に関する基礎的研究, 土木学会関東支部第37回技術発表会講演集 (CD-ROM), II-5, 2010
 - 8) 傳田正利・黒川貴弘・三輪準二：アレチウリの種子生産とその浮遊・沈降特性に関する基礎的研究, 土木学会関東支部第37回技術発表会講演集 (CD-ROM), II-6, 2010
 - 9) 傳田正利・黒川貴弘・島野光司・三輪準二：水工学河川高水敷掘削による物理環境変化がアレチウリの初期生育に与える影響に関する研究, 水工学論文集, Vol. 54, pp. 1237-1242, 2010
 - 10) 土木学会水理委員会編：水理公式集, (株)丸善, pp. 158, 1999.
 - 11) 荒木正夫・椿東一郎：水理学演習下巻, 森北出版(株), pp. 140-141, 1989
 - 12) 荒木正夫・椿東一郎：水理学演習下巻, 森北出版(株), pp. 191, 1989

(2010.5.21 受付)

Research on distribution characteristic of the buried seeds of bar cucumber and the formation factor on river terrace in the Chikuma river.

Masatoshi DENDA, Takahiro KUROKAWA and Junji MIWA

¹River Restoration Research Team, Public Works Research Institute

In this study, we investigated distribution characteristics of buried seeds of the bar cucumber in each typical landscape of river terrace in the Chikuma River. Landscapes of river terrace were classified into three groups. The landscapes were consisted of landscape A where the bar cucumber was dominant, landscape B where the bar cucumber and the locust were coexistent and landscape C where the bar cucumber overhanged amurs and willows. We evaluated the distribution in every landscape. Then, the flooding frequency and flooding flow condition were estimated by hydro simulation and we evaluated the influence of flooding condition on the distribution. And influence of dissolution condition of buried seeds on germination ability through germination experiments using incubators.

In the results, buried seeds of the bar cucumber concentrated on the surface about 0.1m in all landscapes. In Landscape A, there were a lot of seeds which had higher germination ability. In landscape B, the buried seeds with the germination ability was less than other landscape. In landscape C, there were the buried seeds with the germination ability remarkably concentrated on the ground level compared with other landscape. It was thought that the flood frequency and the flooding condition influenced on the difference of the distribution in each landscape. Considering amount of the seeds which had the germination ability, it is necessary to give priority to control against landscape A and landscape C for control of bar cucumber rivers.