

ISSN 0386-5878

土木研究所資料 第4198号

土木研究所資料

新しい河川植生調査手法（案）

平成23年3月

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

新しい河川植生調査手法（案）

（独）土木研究所水環境研究グループ

河川生態チーム 上席研究員 三輪準二

自然共生研究センター研究員 大石哲也

（元河川生態チーム）

河川生態チーム 交流研究員 藤原正季

（現：(株)ウエスコ）

河川生態チーム 交流研究員 佐貫方城

要旨

本マニュアルは、河川における植生調査手法をとりまとめたものです。河川植生は、河川生態系の基盤であり、環境状態を手早く知るための手段として、これまで多くのところで調査、研究がされてきました。近年では、環境に配慮するため、河川整備方針や整備事業を行う際に、植生図などの環境情報が普通に利用されるようになってきました。ここ数年外来種の侵入や異常繁茂、樹林化などの問題が取り沙汰され、河川管理上の観点から対応がせまられています。この解決には、大きな空間スケールで計画的な検討を行うと同時に、現場における植物の立地条件（生態的条件）や植物種の生理条件を知るための技術的なデータ取得方法の支援が必要不可欠です。そこで、本マニュアルでは、主に、現場における植物の物理基盤である土壌と植物の関係をどのように定量的に捉えるかについて、その調査方法を提案しています。とくに、植物に粒径や土壌構造がどのように関わっているかを簡易に捉える方法について述べていますので、事業後の環境モニタリングにも利用できます。

1.	はじめに	1
1.1	本マニュアルの特徴	2
1.2	対象とする箇所	2
2.	調査手法の外観	4
2.1	植生データの取得・加工とその利用	4
①	空中写真	4
②	空中写真の正規化	5
③	相観植生図（予察図）	5
④	現地での相観植生調査	6
⑤	細部の植生調査（植物社会学的手法の概要説明）	6
⑥	相観植生図（の完成）	6
⑦	植物相、絶滅危惧種種の記載	7
⑧	群落表（群集表）の作成	7
⑨	植生評価図	8
2.2	地形データの取得・加工とその利用	10
①	レーザ・プロファイラ	10
②	DSM,DEM	10
③	TIN	11
④	地形図	11
⑤	RTK-GPS（VRS-GPS）	11
⑥	トータルステーション	13
⑦	ベルト・トランセクト調査（带状区調査、横断測線調査）	13
⑧	横断測線図	13
3.	調査の実践	15
3.1	河川植生調査の実践	15
3.2	河川植生の捉え方	15
3.3	ベルト・トランセクト調査	18
3.3.1	調査の概要	18
3.3.2	植物調査	19
3.3.3	物理基盤調査（地形調査）	19
3.3	コドラート調査	24
3.3.1	調査の概要	24
3.3.2	調査区の選定と調査面積の設定	25
3.3.3	種組成および群落調査の方法	26

調査票

ベルトトランセクト調査票

植生調査票

1. はじめに

本マニュアルは、河川における植生調査手法をとりまとめたものです。河川植生は、河川生態系の基盤であり、環境状態を手早く知るための手段として、これまで多くの調査、研究が行われてきました。例えば、国土交通省の水辺の国勢調査などは、代表的な調査成果の事例です。近年は、河川整備方針や整備事業を行う際に、植生図などの環境情報が、当たり前のように利用されるようになってきており、環境の見方、考え方は随分向上してきています。

本マニュアルでは、植生調査や植生図などを作成するにあたって基本的な調査のやり方を示しています。基本的なと書きましたが、本質的かつ定量的にデータを集める方法になっていますので、植物の環境に対する応答を捉える目を養うことが可能です。とくに、植物の生育、生長に粒径や土壌構造がどのように関わっているかを簡易に捉える方法について述べています。

流水環境が支配的な河川は、陸域環境とは異なり、非常に狭い土地の中にさまざまな生物の生活空間（ÖKOTOP：エコトープ）が存在しています。したがって、流水や土砂移動により微地形が形成されるといった地理空間の動態と、それにより生物が生息・生育する空間が形成されるといった生物空間の相互関係を繊細に見る目をもつことが重要な技術となります。すなわち、河川の営力によって地形が変化することを捉える河川工学的な目と、その場を利用して植物が生長していく姿を捉えるべく生物学的な目が欠かせないわけです。もちろん、この技術の習得は、一朝一夕で身につくものではありませんが、基本的な見方を知ったうえで経験を積み重ねて行くことで、やがて見えてくるようになります。

例えば、植物は、一般的に光、水、温度が発芽条件、そこに栄養が加わって生長条件が整います。これらを現場で知るには、まずは土壌条件（粒径や土壌の硬さなど）、水分条件と植物との関係を調べることです。このような当たり前のことをできるだけ定量的にデータを集め、吟味（解析）することで、洪水後や工事後に河川へ赴き、1年後の植生の姿はどうなっているだろうかと周囲の環境を見て、過去に経験してきたことと対比をしながら、こんな風になるのではないかと、やがていくつかのパターンを予測できるようになります。

本マニュアルでは、現場で簡単にデータ取得できる方法であることと、そのデータが本質的なデータとなることを考慮し、地形と植生の関係性を把握する方法を記しています。また、調査方法については、全体を俯瞰したうえで、どんな結果が欲しいのか？ そういったことを意識できるように、地形調査や植生調査の繋がりやその後の利

用についてフロー図で示すことにしました（図 1.1）。これにより、得たい結果とすべき調査が一目で分かると思います。

第 2 章は、本章で示したフロー図（図 1.1）の中にある用語解説、調査概要について説明しています。第 3 章は、調査の実践方法（やり方）を示しています。この他、本調査法を利用して環境調査を行った報告書については、参考文献を参照して下さい。巻末には、本調査シートを添付していますので、コピーなどをして利用して下さい。

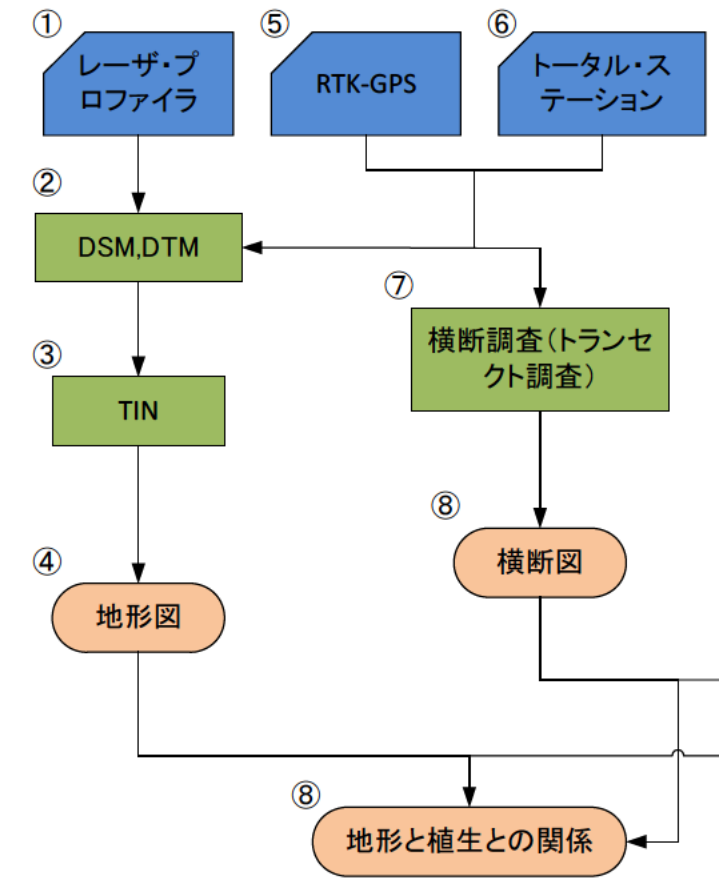
1.1 本マニュアルの特徴

本調査手法の特徴は、植物の成立、生長に関わる必要最小限の情報を短時間で取得できるように工夫されています。また、1人でも調査が可能で、地理空間と生物空間が同時に把握でき、かつ調査方法も比較的容易であるため初学者でも少しの訓練を積むことで、環境の場を見る目が向上します。

1.2 対象とする箇所および条件

河道内陸域での植生と地形との調査に適しています。とくに砂礫河原や洪水後の地形と植生との関係を把握、予測するための基礎的調査に活用が望めます。本調査法は、地先での地形（粒径、土壌水分、土壌厚など）と植物の関係性を見つけるために有用な調査法です。このため、空間スケールの大きな事象、植物の生理的条件が生育や生長に関わるような場合には適用できません。

地形データの取得・加工とその利用



植生データの取得・加工とその利用

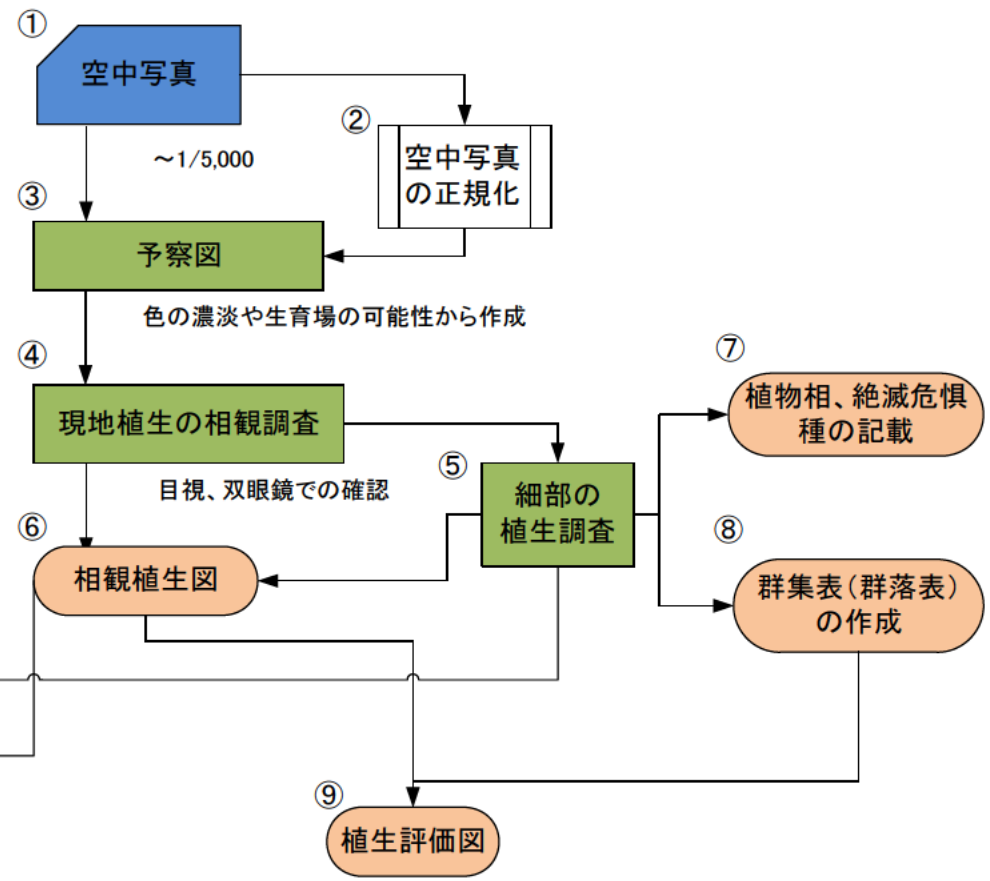


図1.1 地形と植生データ取得の流れ
 図の番号は、第2章で説明する番号と対応しています。

2. 調査手法の外観

2.1 植生データの取得・加工とその利用

①空中写真

空中写真は、対象とする河川の植生状況を俯瞰する際に有用な情報源です。河川植生図の作成には、縮尺 1/5,000 や場合によってはより小縮尺の写真が良いでしょう。空中写真は、国土地理院（写真 2.1）や河川上流の山間地域を撮影した林野庁などからの入手可能です。縮尺が小さければそれだけ緻密に植生図が書けますし、生育している種の特徴が見えるので、群落区分を明確にしやすいという利点があります。

また、近年は、デジタルカメラの導入により、印画紙ではなく、デジタル化したデータが入手できるうえ、一部では正規化処理（②を参照のこと）されたデータが入手可能となりました。これにより、より迅速・効率的かつ定量的に環境情報を解析しやすい環境が整いつつあります。このほか、植生や地形の撮影は、ヘリコプター、ラジコンヘリ、バルーンなどによって、高度の低い所から、解像度の高い、より詳細な情報を取得する方法もあります。

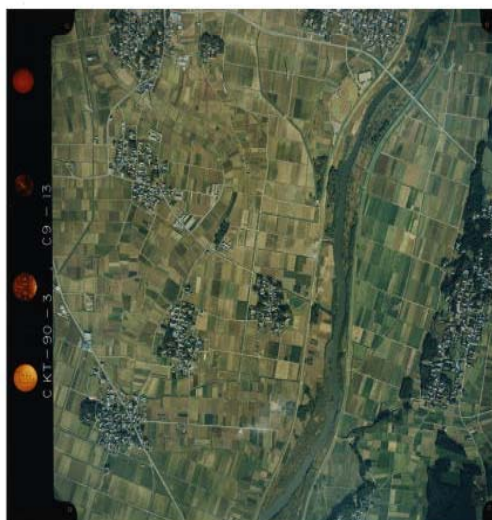


写真2.1 空中写真（国土地理院）

②空中写真の正規化

空中写真を利用し、植生面積を測る場合には、写真のひずみを取り除く作業が必要です。ひずみを除いた画像（中心投影された写真を正射投影（オルソ）した画像データに変換する）をオルソ画像データといいます。オルソ画像データの作成を正確に行うには、空中三角測量などからカメラ情報をもとに補正する作業が必要ですが、特殊な作業であるため手間がかかります。広範囲の植生図を作成する場合には、精度に拘る必要もないので、地物座標をもとに簡易なオルソ化を GIS ツールを用いて行うことも可能です。

③相観植生図（予察図）

相観植生図¹⁾とは、優占群落を集めた植生図のことをいいます。正規化した写真を利用する場合には、写真上（あるいはコンピュータの画面上）に予測される群落を群落名とともに記入します（図 2.1 この段階では予察図と言います）。この際、写真だけでは群落を判別し難い場合には、現地で当該箇所の群落を確認しなければなりません。なお、写真が正規化されていない場合には、写真を参考にしながら小縮尺の地形図などに予測される群落を記入するのが良いでしょう。

実際には、優占群落は時期によって移り変わり得るものです。このため、植生図の作成は、季別に複数枚作成したり、1 年を通してデータを集めたうえで、植物社会学的な植生図を制作するのが本流です。しかしながら、河川水辺の国勢調査（国土交通省）でみられるように、主に秋季の優占群落によって示した相観植生図の方が多いのが現状です。難しいことかも知れませんが、花が咲く春と秋の2時期のデータがあると河川植生の変動を予測しやすくなり、植生評価もより適切になります。



図2.1 相観植生図（予察図）～茨城県小貝川～
正規化した写真を紙面に打ち出し、予測される群落名を直接記すか図のように番号によって記す

④現地での相観植生調査

空中写真だけでは判別し難い群落がある場合には、現地での目視や双眼鏡により優占群落を確認します。この際、空中写真で判別できなかった小群落も必要に応じて修正・記入するとよいでしょう。ただし、例えば、単木のヤナギがオギ群落の中にある場合などは、群落として見なさず植生図に記載しないことが多いです。このように一部の情報がもれるわけですが、得たい情報や扱っている空間スケールによって植生図は作成されています。

⑤細部の植生調査（植物社会学的手法の概要説明）

細部の植生調査は、踏査によって行われます。調査の手法は、植物社会学的手法（チューリッヒ・モンペリエ方式、あるいは単にZM方式ともいいます）¹⁾²⁾に従います。扱う調査範囲が大きい場合や景観上同じような群落が多く見られるような場合には、調査範囲内の群落で比較的大きな群落に調査区を設定し、データを取得することが望ましいでしょう。この際、群落調査は隣接する群落の影響の及ばない場所（なるべく群落中心部）で行うのが良いでしょう。なお、中心部付近での取得が困難な場合は、少なくとも近接群落の影響が少ない箇所で、調査区を設定しなければなりません。

なお、本調査法については、第3章で簡単にふれてますので必要に応じて参考にしてください。

⑥相観植生図（の完成）

現地で予察図の確認、もれ等がないかを確認し、場合によっては細部の植生調査を加えて、相観植生図を完成させます。

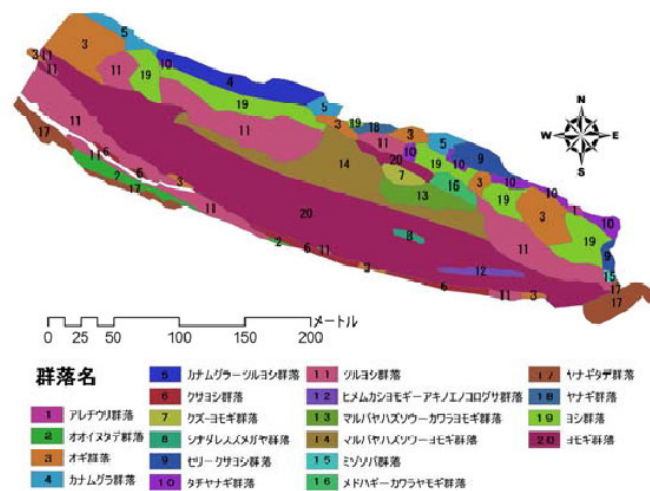


図2.2 相関植生図³⁾～栃木県那珂川～

⑦植物相、絶滅危惧種の記載

植物相（フロラ）、絶滅危惧種（レッドデータリスト）の調査は、群落調査と同時に
行くと時間効率がよいでしょう。植物相や絶滅危惧種のような個別性の高い調査には、
本流やワンド周辺の水際域や、群落間の切れ目などの景観変化が著しい箇所を中心
に漏らさず探すとよいでしょう。

⑧群集表（群落表）の作成

各地点での群落調査を行って、まとめられた表のことを素表といいます。素表の作
成は、調査データを高木、低木、多年生草本、1年生草本などのカテゴリーに分け
た後、優占種の多い順に各データを並べ替え整理することで得られます。植生図を群
落で整理する場合は、素表の作成までで良く、これを便宜上群落表と呼ぶことにしま
す。ここからさらに発展して、植生図を植物社会学的な手法によって示す場合、群集
表（characterized table）を作成することとなります。植物社会学は、ヒエラルキーをも
って世界中の植生を体系化することを目的としているため、キーとなる種（これを標徴
種といいます）を探し出して、群集名が決まります。したがって、群集表（表2-1）
は、優占種によって整理された表ではなく、優占種が低くとも他と区分できる標徴種
によって整理された表のことを言います。両表、両植生図とも最終的にどのような結果
を得たいかによって利用が異なります。なお、⑨で説明する植生評価手法においては、
群落表、群集表とも利用可能な方法です。

表2.1 群集表 ～小貝川高木林～

群落名	a	b	c	d	e
調査区数	11	3	5	16	8
a. ジャヤナギ-アカメヤナギ群集	-	-	-	-	-
アカメヤナギ	V	1	-	-	-
ジャヤナギ	III	-	-	-	-
キヌヤナギ	+	-	-	-	-
b. タチヤナギ群集					
タチヤナギ	II	3	III	-	-
ナガバカフヤナギ	+	2	-	-	-
スズメウリ	-	2	-	+	-
c. ハンノキ群落					
ハンノキ	-	-	V	+	-
チョウジソウ	-	-	III	+	-
アカネ	-	-	III	+	-
d. ムクノキ-エノキ群集					
ムクノキ	I	-	-	IV	V
エノキ	+	-	I	IV	III
e. ジャノヒゲ亜群集					
ジャノヒゲ	-	-	-	V	I
f. ナガバジャノヒゲ亜群集					
ナガバジャノヒゲ	-	-	-	-	IV
湿潤林指標種					
クサシ	V	3	IV	II	-
ヤワラスゲ	II	-	I	II	-
ノウルシ	+	1	III	-	-
オヘビイチゴ	II	1	I	-	-
ハンゲショウ	II	1	I	-	-
ヤガミスゲ	III	2	I	I	-
ミゾソバ	+	2	I	+	-
シロネ	II	1	I	I	-
ノカラマツ	-	-	I	I	-
カサスゲ	II	1	I	-	-
コバキボウシ	-	-	I	-	-
ウマスゲ	I	2	I	-	-
ケキツネノボタン	I	2	III	-	-
ヨシ	II	2	IV	-	-
アゼナルコ	I	1	I	-	-
アキノウナギツカミ	-	1	III	-	-
ハナムグラ	I	1	I	+	-
ネズミホソムギ	II	1	I	-	-
オギ	III	1	V	-	-
フジバカマ	+	-	I	I	-
アゼスゲ	I	-	I	-	-
ヌマトラノオ	I	-	I	-	-
イヌゴマ	-	1	I	-	-
タヂスミレ	+	1	-	-	-
夏緑林構成種					
クヌギ	II	-	III	IV	I
ゴマギ	II	1	III	IV	I
ヤブラン	-	-	-	IV	-
ノビル	+	-	I	II	-
ヤブシラミ	+	-	-	II	-
エナシヒゴクサ	-	-	I	II	-
ツルウメドクキ	-	-	I	III	-
エゴノキ	-	-	-	II	-
シオデ	-	-	-	II	-
ムラサキケマン	-	-	-	II	-
ニガキ	-	-	-	I	-
オオハナワラビ	-	-	-	+	-
カマツカ	-	-	-	III	-
ニワトコ	-	-	-	III	-
ブナ群集					
ケヤキ	-	-	-	IV	II
マユミ	+	-	-	III	II
コナラ	-	-	-	II	I
コブシ	-	-	-	I	I
イヌザクラ	-	-	-	II	I
ウグイスカグラ	-	-	-	I	I
ヤブデマリ	+	-	-	I	-
コマユミ	-	-	-	+	-
クリ	-	-	-	+	-
ウワミズザクラ	-	-	-	+	-
ヤマコウバシ	-	-	-	I	-
ニシキギ	-	-	-	+	-
ヤブニンジン	-	-	-	I	II

⑨植生評価図

植生評価図とは、図 2.3 に示したように植生図を数量的に評価した図です。図は、各群落の評価指数 (\tilde{V}) を算出し、これらを 5 つのランクに分け、色別にしたものです。植生の価値を点数化することで、植生を専門としない者でも価値判断がしやすく、河川環境評価を行う場合にも目標値が明確になるという利点もあるでしょう。なお、

この作成方法・活用方法については、「土木研究所資料 河川植生評価の手引き(案) 第 4181 号」⁴⁾に譲ります。

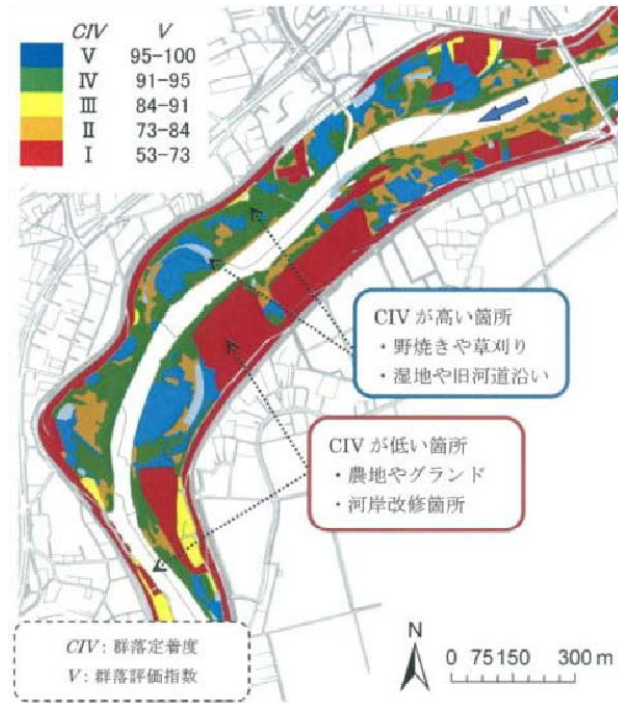


図2.3 植生評価図群落評価指数 (\tilde{V}) から相対的に5つのランクに図した区分^{4), 5)}

2.2 地形データの取得・加工とその利用

①レーザ・プロファイラ

航空機から地上へ向けてレーザ光を照射し、反射光との時間差を解析することにより、航空機と地上の距離を測定します。航空機には高度な全地球測位システム（GPS）や慣性計測装置（IMU）を搭載しており、常に航空機の厳密な位置を把握できるので、距離を基に反射地表面の座標（X, Y, H）を決定できます（図 2.4）。また、レーザ光は高速度、連続的であり、照射角度が可変であるため、航空機の飛行速度と連動させることで面的に高密度な三次元データ（概ね1mに1点程度）の取得が可能です⁶⁾。平成 14 年 8 月、国土交通省河川局で河川事業で航空レーザ測量（レーザ・プロファイラ）のデータを積極的に活用していく方針が打ち出されて以降、氾濫原解析、洪水ハザードマップの作成などの利用が期待されています。

②DSM,DEM

DSM は Digital Surface Model の略称で地形高あるいは数値地形モデルと呼ばれます。一方、DEM は Digital Elevation Model の略称で地標高あるいは数値標高モデルと呼ばれます。レーザ・プロファイラは、DSM や DEM を取得でき、調査地の詳細な起伏情報を収集することを可能にしました。

環境情報の取得もデジタル化が進んでおり、レーザ・プロファイラなどの新しい測量技術は、地形をより広範に、速く、正確に、定量的に把握することを可能にし、生物と周辺地形を考慮にいたった広範な解析が進みつつあります。

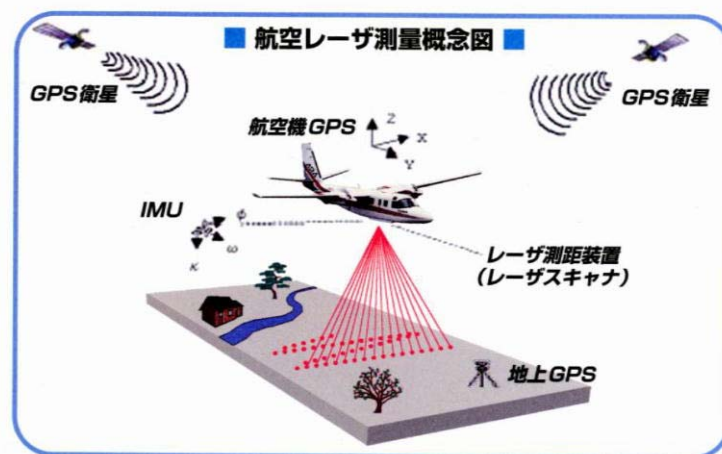


図2.4 航空レーザ測量⁷⁾

③TIN

TIN（ティン、Triangulated Irregular Network）とは、地標高面を三角形の集合で表現するデジタルデータ構造です。不整三角形網、不整三角網、不規則三角網とも呼ばれます。

TINは隣り合う点どうしを直線をつないで、三角形の頂点と辺で構成されたもので、いわば三角形のモザイク図です。ここに陰や色を付けることで、三次元的な形状を視覚化することができます。TINは、GISのツールに付属しており、地形図（地形面）が作成できます(図2.5を参照して下さい)。

④地形図

プロファイラ・データをDEMに加工し、TIN処理を行ったのちに標高別に地形面を色づけすることで地形図（地形面）が作成されます。



図2.5 TIN処理を行った地形図～茨城県小貝川～

⑤RTK-GPS (VRS-GPS)

正式には、Real Time Kinematic GPSと呼ばれます。干渉測位方式で、電子基準点から受信する電波の位相差を計測し、測位計算します。数秒で測点を落としても誤差が数cm以内と高精度です。測量地点では、基準受信機を参照基準点（既知）に設置し、（複数の）移動受信機で測位が可能です。同じように、RTK測位の弱点（初期待ち時間、複数の受信機が必要、移動範囲が限定、電子基準点から電波が届かない等）の改良がなされた計測機に、VRS-GPS（略称V-GPS）＝仮想基準点方式(Virtual Reference Station)があります(写真3.1)。これは、全国の固定基準局（電子基準

点)と通信回線をつぶVRSセンターがあり、測量地点では、1つの移動受信機から得られるデータを、携帯電話等によりVRSセンターと送受信しRTK測位が実施可能です(図2.6)。精度についてはRTK-GPSの方がよいものの、いずれの測位方法も鉛直方向に数cmの誤差しかないので、リーチスケールレベルで河川地形と植生との平面解析、空間解析を行うには大きな支障はありません。また、植物が鬱そうとする内部でも直接計測が可能であることから、ポイント数を多くとることで、DEMデータの集合となり、地形図(地形面)の作成も可能です(図2.7参照)。



写真3.1 VRS-GPS

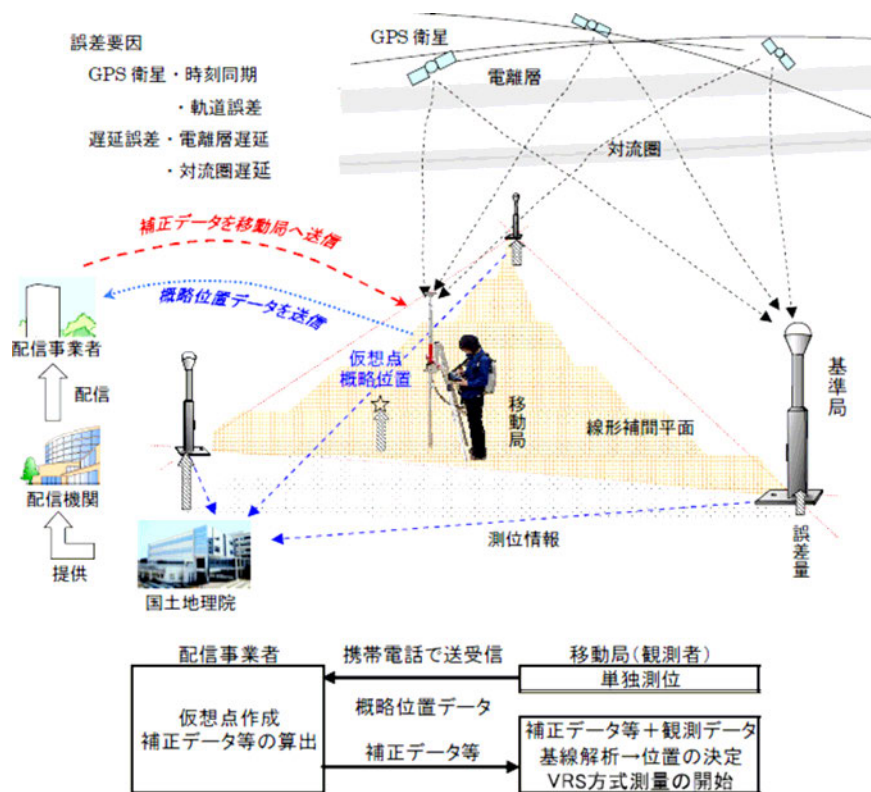


図2.6 VRS方式の概念と観測方法⁸⁾

⑥トータルステーション

トータルステーションは水平方向と垂直方向の回転角と対象物までの距離を同時に取得できる機器です。最新鋭のトータルステーションは、1人で操作可能で、親機を固定して計測地点でコントローラーにより遠隔操作によって計測できるようになりました。

トータルステーションの利便性は、RTK-GPS のような電波基準点から電波を受信し難い林内でも、見通しが良ければ地形高を記録することが可能です。ただし、その基点の座標は距離標などの正確な位置点を設けなければならないのが難点です。この解決のため近年、VRS-GPS とトータルステーションを一体化した機器も出ており、この数年の間に現場での河川地形計測の作業効率は飛躍的に高まったと言えます。

⑦ベルト・トランセクト調査（帯状区調査、横断測線調査）



図2.7 RTK-GPSで取得したポイントデータ（赤）～栃木県那珂川～

ベルト・トランセクト調査とは、別名、帯状区調査あるいは横断測線調査といいます。フロー図では便宜上、地形データに含めていますが、地形高を測ると同時にそこに生育する植物の種名を取得することを行います。本マニュアルでは、ベルト・トランセクト調査とは、地形に応じた植物の生育分布を半定量的に把握するための調査法のことをいいます。本調査法は、植物と生育場の関係を知る上で、非常に有用な方法であることから、第3章でその方法を詳述します。

⑧横断測線図

ベルト・トランセクト調査を行って得られたデータを整理すると横断測線図が描かれます(図 2.8)。横断図に、粒径、土壤状態、植物の種名を加えることで、地形と植生の関係を知るための基礎データを作成することができます(図 2.8)。



佐賀県牛津川 18.3km~18.5km区間（ベルトC測線）

ベルト C 測線上には、裸地部、ワンド部があり、水際には1年生の湿生植物であるヤナギタデが優占した群落が発達しています。河床高と礫面河床高の間には、砂が厚く堆積しています。

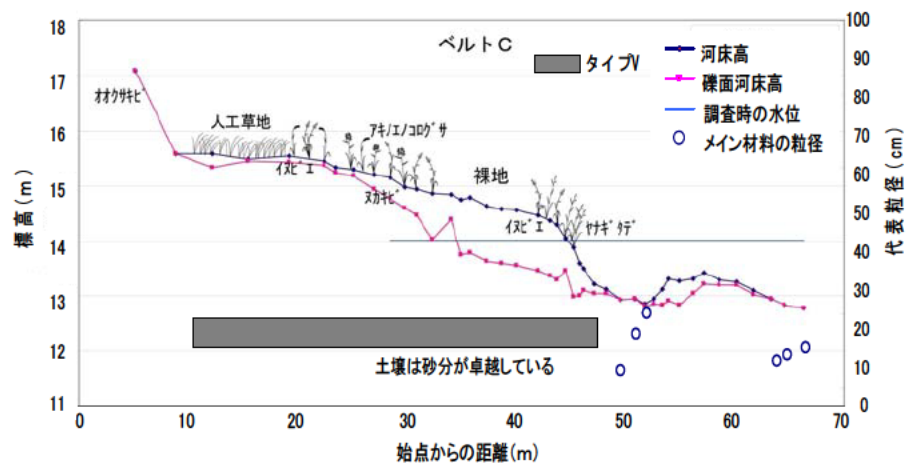


図2.8 ベルトトランセクト調査実施例

3. 調査の実践

3.1 河川植生調査の実践

ここでは、植物の生長に関わる必要最低限の物理基盤情報を効率的に取得する方法について示しています。調査の基本は、ベルト・トランセクト調査であり、とくに河原などでの物理基盤データの取り方について詳説しています。後半部分には、従前からよく行われているコドラート調査について説明していますが広く知られている調査法であるため、ここでは簡単に示す程度にとどめています。興味のある方は水辺の国勢調査の河川調査編などをご参考下さい。

3.2 河川植生の捉え方

Leser (1991)⁹⁾は、生態系の捉え方について、空間系と機能系に分け、それぞれを生物の側面と地理・地形の側面から考えるアイデアを提案しています。これに従えば、空間系から見た場合、生物が住む環境要素はビオトープ、生物が住処としている土地・気候などの環境要素はゲオトープといい、これらが相互に連携している空間をエコトープと呼ぶことになります。同様に、機能系から見た場合にも生物、地形の相互連携からエコシステムが成り立っています。ただし、それぞれの要素が均質に影響を与えているのではなく、それぞれの要素が寄与する割合が異なっています。

本マニュアルの考え方も植物と地形を同時に捉え、植物の生育空間を定量的に表現する方法を提案しています。実際のところ、植物生態学者は、植物の種だけでなく、土壌水分、土壌の固さ、窒素の過多、地質、粒径、成立時間（攪乱）、種の環境適

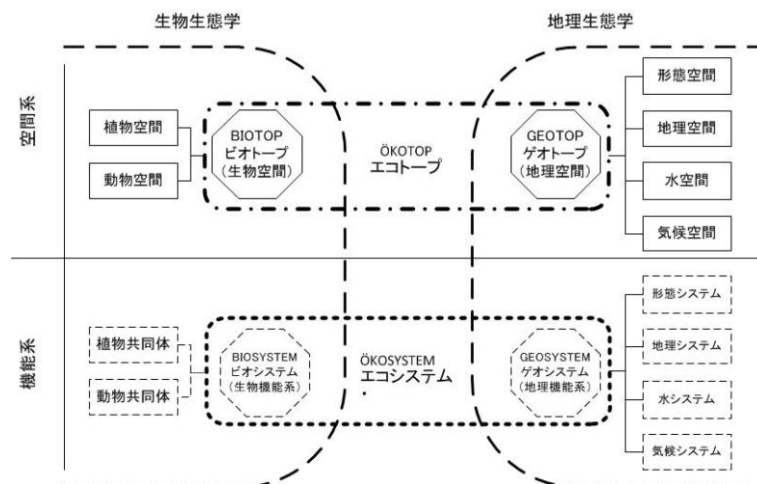


図3.1 生物と地形の関係⁹⁾

用範囲あるいは他種との競争関係を考慮に入れて、なぜその植物が生育しているのか、持続的に植物が生育できそうかといったことを経験的に他との比較を通して予測しています。最初のうち困るのは種の同定でしょうが、知らない種はサンプルを採取して詳しい人（知り合いがいなければ、博物館へ行って聞きましょう）に尋ねればいわけです。さらに、地形（土壌環境）はこれから述べる方法でだれでも調査可能です。この2つが分かれば、植物の生育場をよりシンプルに捉えることが可能で、物理条件から植生をどうみるのかといった見方がやがてできるようになります（図 3.2）。

ここに取り上げた方法は非常に簡便な調査法ですが、なぜこの条件を選んでいるかを知っておく必要があります。そこで、植物の生長と結びつきの強い地形条件の捉え方を図 3.2 に示します。

まず、土壌水分条件は、直接的には降雨や地下水位の影響や構成される粒径によって決められるものです。さらに、粒径が小さくなれば透水係数が小さくなるので、高くなります。例えば、ある植物は「ジメジメして泥っぽい環境に生きる」などと言われた際に、人によってジメジメ度は違いますし、泥っぽさも粘りがるのか、さらさらなのかなどでイメージするものが異なります。しかし、この説明を共有するには、「粒径は均一な中砂で土壌水分が30%でした。」といった定量的な説明が必要になるでしょう。情報が定量的であれば、粒径は大きくても 0.5mm ぐらいと想像できますし、この粒径にしては水分条件が高すぎるので、前日に雨が降ったか、地下水位が高いか、といった予想がつくようになります。ここに、例えば、水際であるという情報が加われば、地下水位が高い場所にあると特定できます。こうなると、生育できる植物が絞られてくるわけです。

次に、土壌構造とは土壌の厚さだけでなく、堆積している土壌の中に、礫や砂の割合やテクスチャーがどうなっているかを調べることを意味します。例えば、直径 10cm の石が一面にごろごろあり、厚く堆積していると、土壌構造は透礫層で植物が少ないが、だんだん砂が混じってくるとマトリクスと呼ばれ、植物が旺盛に生長する土台となります¹⁰⁾。礫が支配的な川では一粒径だけ論じるだけは不十分で、むしろ、よく目に付く大きな礫よりも細かい砂分の方が植物の生長にとっては重要です。この場合、水分条件は測ることができないのですが、礫と砂の量によって、植物の生長が可能かどうかを予測することができます。

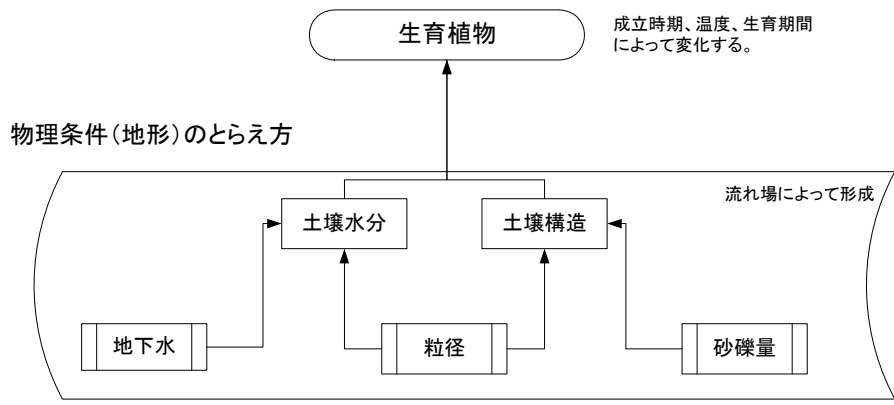


図3.2 地形と植生との関係

3.3 ベルト・トランセクト調査

3.3.1 調査の概要

ベルト・トランセクト調査では、周囲の植生を代表するような場所で、堤防から水域の横断方向に向かってベルト側線を設定し、両側1-5m以内（あくまで目安であり、目的とする調査によっては幅の変更は可能）の植物分布や粒径分布を調査します。

まず、堤防上からみて、対象区間を説明するのに典型的な測線あるいは、特異な測線を設定し、ベルト測線上に設定するベルト測点で計測します（図3.3）。各調査地点では、図3.4に示す調査票を用いて、植物調査、物理基盤調査、調査地点情報を記入します。ベルト測点の決定にあたっては、少なくとも①地形の急変点、②群落の切れ目を抑えるようにしておくといでしょう。地形、群落の切れ目をおさえると、測線上での粒径、水分条件の変化と、測線上での群落の対応関係がよく分かります。

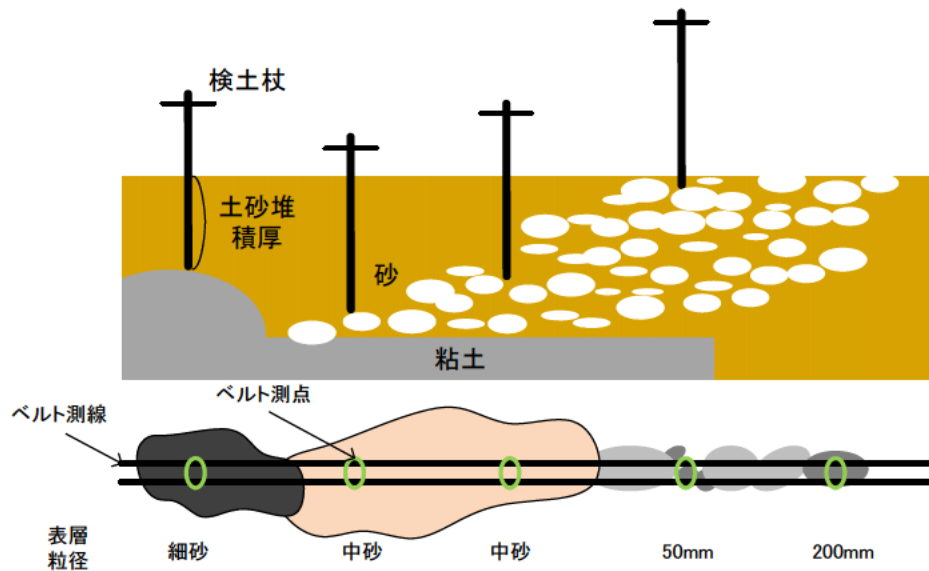


図3.3 ベルトトランセクトと調査例

ベルト測線No. _____		ベルト・トランセクト調査							調査日 調査者 天候				
植物調査				物理基盤調査(地形調査)					調査地点情報				
測点 番号	全植被率	代表植物	植被率	高さ	表層構造			堆積構造			GPS	写真	
					表層構造	代表粒径 (長径)	礫土 礫厚	土壌厚	堆積粒径	含水率			
1~2	100	ヒメムギヨモギ ヨモギ アキヒシバ	100 5 5	50 50 30	I	0	極細砂 細砂 シルト	2				010	1

図3.4 調査票（ベルトトランセクト）

3.3.2 植物調査

ベルト測点では、まず、植物調査を実施します。植物調査は、測線幅内で大まかな調査区を設置し、全植被率、代表植物、代表植物の植被率、最高草丈を計測します。代表植物は、測点周辺を見渡し、最も優占する種を記載します。優占種の判断が難しい場合、その他とくに希少な植物あるいは侵略的外来種などの記載が重要と判断される場合、この他調査後に調査地点の環境状況を思い出すために、2～3種併記しておくのが良いでしょう。

3.3.3 物理基盤調査（地形調査）

■表層構造調査

礫質の場合は、土壤水分が分からないので、土壤水分計で簡易に水分を求めることができません。そこで、現場において植物が生育可能かどうか判断には、表面構造と堆積構造を把握することで代用するのがよいでしょう。表面構造と堆積構造は、5つのタイプに分けて取得できます（写真3.2、図3.5参照）¹¹⁾。

タイプⅠ（表層が礫100%で被覆され、最表層から礫を2層以上除去しても砂成分が確認できない）

タイプⅡ（表層が礫100%で被覆され、最表層を除去すると砂成分が確認できる）、タイプⅢ（表層が礫と砂から構成され、砂成分による被覆は10%未満）

タイプⅣ（表層が礫と砂から構成され、砂成分による被覆は10%以上）

タイプⅤ（表層に砂成分が堆積し、礫が全く見えない）



写真3.2 砂礫構造（タイプIII）

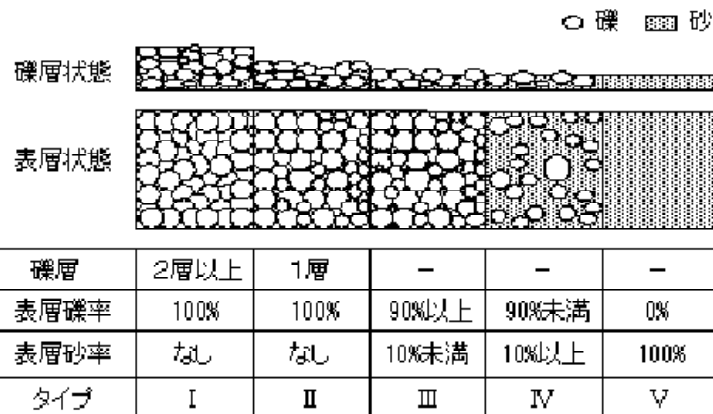


図3.5 砂礫構造タイプ¹¹⁾

■代表粒径（d60）

代表粒径の調査は、粒径加積曲線を描いた際の d60 値を指しますが、ここでは、調査区の粒径のうち中間タイプを代表粒径とみなし参考までに記載しておきます。定量的な調査手法ではありませんが、場の状況を説明する際に便利です。

■礫間粒径

礫間粒径とは、タイプ III,IV,V の礫と礫の間に充填されている土砂のことを指します。礫と礫の間に充填されている土砂についてみると、粗砂が卓越していると草本類の生育はまばらですが、中砂以下であると草本類の生長が著しく増加します¹¹⁾。

初学者の場合、粒径判断には、調査現場に地質調査で用いられる写真 3.3 のような粒径区分カード¹²⁾を携帯していくと便利です。各粒径区分の範囲は、地質学で利用される区分に従います（表 3.2）¹³⁾。また、シルトと粘土の区別については、砂分のザ

ラザラ感が無く、ねばりが強くなるほど粘土分が多くなるため、土粒子を指の中で丸めたときに綺麗な球形が出来れば粘土分が多く混合していると判断するとよいでしょう。

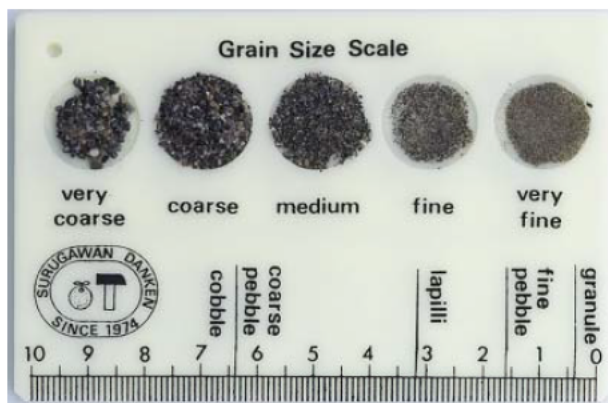


写真3.3 粒径区分カード¹²⁾

表3.2 粒径区分

粒径区分	mm単位
極粗砂	2.0~1.0
粗砂	1.0~0.5
中砂	0.5~0.25
細砂	0.25~0.125
極細砂	0.125~0.062
シルト以下	≤ 0.062

■ 礫厚

堆積構造を調べる際に、タイプ I とタイプ II で取得します (図 3.6)。礫厚とは、中砂以下の粒径が出てくる層から地上部の礫層までの厚さのことをいいます。この礫厚が 10cm 程度になると植物の生育が顕著に困難となることが現地や実験により分かっています¹⁰⁾。

礫上面の
平均高さ

中砂以下の粒径
出現箇所



図3.6 礫厚調査の方法

■ 堆積土厚

堆積土厚は検土杖を用いて行います。写真 3.4 に示した器具は、農研式検土杖と呼ばれるもので長さが1m あります。一般的に、土層、土質の調査用の機器に利用されています。河川の地形調査を行う場合、検土杖は、簡易に土壤厚さや土壤硬さ、あるいは可能であれば地下水位のある位置や土壤状態などを調べるために利用できます。土壤厚さの貫入深さは、植物の根茎がどの程度まで進入可能かを知るうえで重要な情報を取得できます。例えば、オギとセイタカアワダチソウはよく競合しますが、

オギ群落が優占しているような箇所は、土壌が硬くなく、検土杖が 20cm 以上は貫入する場合があります。一方、セイタカアワダチソウ群落が優占しているような箇所は、土壌が硬く、検土杖が貫入し難い場合があります。時折、礫河原の上にセイタカアワダチソウを見つけますが、土壌がうっすらと固まっているだけで、検土杖を指すと数 cm で礫にぶつかります。これらの例を河川管理へ応用するには、河川工事をした際に土壌を固めてしまうとセイタカアワダチソウが入ってくるリスクが高くなると考えればよいでしょう。



写真3.4 検土杖

■ 土壌水分

タイプ V (III, IV でも可能な場合もあります) のように堆積土厚がある箇所では、土壌厚と共に土壌水分を計測することが可能です。土壌水分計には、炉乾法と比較し 2 ~ 5% の精度誤差¹⁴⁾と言われている FDR (Frequency domain reflectometry) 型の土壌水分計がよいでしょう (写真 3.5)。この際、土壌水分の取得は、晴れが数日続いた翌日に行うのがよいでしょう。

注意すべき点として、土壌水分計は、礫が多い所での計測が不可能であることや、不均質な粒径を扱うので数字にバラツキが生じやすいことが考えられます。このため、他植物との環境条件の違いを水分計で示すには自ずと限界があるわけです。したがって、土壌水分計の計測値は、「乾燥 (10%以下)」、「適潤 (20%程度)」、「湿潤 (30%以上)」を示すための尺度として利用するのがよいでしょう。



写真3.5 土壤水分計

3.3 コドラート調査

3.3.1 調査の概要

コドラート調査では、群落を代表する場所で、任意に調査区を設定し群落内の種組成や種がコドラート調査区内に占める割合などを調査します。

本調査は、相観植生調査を行ったのち、細部の植生調査が必要なときに利用されます。本調査の基本は、Braun-Blanquet の植物社会学的手法に従います。植物社会学的手法は、国土交通省の水辺の国勢調査、環境省の緑の国勢調査で利用されており、一般的な群落の植生調査手法です¹⁵⁾。

植生調査は、図 3.7 で示す植生調査票を用いて行われます。調査票には、調査地点番号、調査地（地点は GPS で記録しておくといでしょう）、調査日時、調査する箇所の各層の最大高さや植生率、調査面積を記載した後に、各層の植物種をリストアップし、各種の量と生育状態の測定を行います。量は、被度（設定したコドラートに対して、上空からみた枝葉の投影面積割合）と個体数を組み合わせた優占度の階級で表します（表 3.3）。植物の生育の状態は、群度によって表さ、個体の集合や離散の程度を表すために用いられます（図 3.8）。

表3.3 優占度の決め方^{1),3)}

優占度

5:	個体数は任意	被度 75-100%
4:	個体数は任意	被度 50-75%
3:	個体数は任意	被度 25-50%
2:	個体数は任意	被度 5-25%
1:	個体数は多いが被度は低い(5%以下), または, まばらだが被度は5%	
+	わずかな被度をもち少数	
r:	単独でわずかな被度	

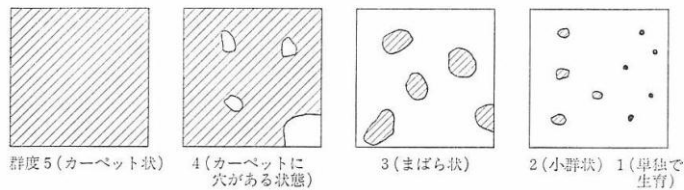


図3.8 群度階級の模式図¹⁾

生が時間的にも空間的にも不均質です。したがって、調査区の選定にあたっては、植生の配分を十分に把握する必要があります。一般的に調査面積は、優占種の生活型にあわせて、例えば表 3.3 のような面積が目安として利用されたり、木本の場合に限っていえば、樹高の 1.5 倍で方形区の作成を行う場合もあります。ただし、大きさはあくまでも目安であって、厳密に設定する必要はありません。したがって、調査区は方形区にとらわれず歪んだ形でとつても構いません。重要なことは、種数が増加しなくなる面積で設定することです。



図3.8 調査地点の設定箇所

3.3.3 種組成および群落調査の方法

調査区を設定したのち、植生調査票に種のリスタアップを行います。まず、高木層を T1、亜高木層を T2 低木層を S、草本層を H（高さによっては草本層も 2 層に分ける場合もあります）とし、それぞれの最大高さや植生率を記載します。次に各層の種リストを読みあげます。和名で記載する場合、種名はすべてカタカナで記します。それぞれの種ごとに、調査区内に占める種の優占度（被度）や群度を決めます。優占度は、調査区域内において、対象とする植物が地表を覆う割合のことを指し、群度は、植物群の群がりの程度を指します。種名をリスタアップしたら、優占度と群度の階級から見て、優占度 4 ならば群度は多くの場合 3～5 であり、両者は密接に関係していません¹⁾。なお、優占度が + または r で群度が 1 のときは、単に + または r とだけ記録するのが通例です。

また、群度の利用は限られた場合にのみ行われるので、通常の調査では優占度だけの記載でもよいでしょう。さらに、優占度も階級が分かり難い場合には、被度に置き換え、種が占める割合を 5% とか 10% 刻みの数字で示すと定量的な値となります。ただし、調査者によって誤差が生じやすいので、複数の調査者で行うときには、お互いの感覚を調整することが必要です。

以上の調査手法は、ベルトランセクト調査と比較し、群落の設定、種の同定など

が複雑ですが、植生図の作成や群落調査結果を利用した数量的な植生評価へも生かされるので、非常に重要な調査です。

参考文献

- 1) 鈴木兵二, 伊藤秀三, 豊原源太郎: 植生調査法Ⅱ-植物社会学的研究法-, 共立出版株式会社, 160p, 1985. 2) Braun-Blanquet, J.: Pflanzensozologie. 3 Aufl., Springer-Verlag, Wien, 865p, 1964. (鈴木時夫 (訳): 植物社会学Ⅰ, Ⅱ, 朝倉書店, 1977.)
- 3) 大石哲也, 角哲也, 藤原正季, 天野邦彦: 砂礫州における埋土種子分布とそれが植生成立に与える影響に関する研究, 水工学論文集 (CD-ROM), vol. 53, 2009.
- 4) 土木研究所資料 第4181号「河川植生評価の手引き (案)」
- 5) 大石哲也, 天野邦彦, 角哲也: 河川植生の数量的評価手法とその活用について, 河川技術論文集, vol. 15, pp. 19-24, 2009.
- 6) 国際航業株式会社: <http://www.kkc.co.jp/enterprise/it/laser.html>
- 7) 航空レーザ測量WG: 航空レーザ測量ハンドブック, (財) 日本測量調査技術協会, 20048) 国土交通省国土地理院: ネットワーク型RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル (案), 国土地理院技術 資料A1 -No. 301, p. 62, 2005.
- 9) Laser, H: Landschaftsökologie, Ulmer, Stuttgart, 1991.
- 10) 李參熙, 藤田光一, 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, vol. 42, pp. 433-438, 1998.
- 11) 大石哲也, 天野邦彦, 中村圭吾: 砂礫構造の違いからみた河原植物の生育環境特性について, 河川技術論文集, Vol. 12, pp. 477-482, 2006.
- 12) 粒径表: 地質調査入門, <http://www.dino.or.jp/shiba/survey/index.htm>
- 13) 日本ペドロロジー学会編: 土壌調査ハンドブック改訂版, 博友社, 1997.
- 14) 宮崎毅, 長谷川周一, 粕淵辰昭, 土壌物理学, 朝倉書店, 138p, 2005.
- 15) 奥田重俊, 佐々木寧: 河川環境と水辺植物-植生の保全と管理-, ソフトサイエンス社, 261p, 1996.

Copyright © (2011) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4198 March 2011

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754