

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.161

January 2004

礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答、 遷移および群落拡大の特性

—多摩川と千曲川の礫河原を対象として—

末次忠司・藤田光一・服部 敦
瀬崎智之・伊藤政彦・榎本真二

Field Study on Characteristics of Fluvial Processes Induced by Floods, Succession and Area
Expansion of Riparian Plant Communities in Gravel Bed Rivers

Tadashi SUETSCGI, Kohichi FUJITA, Atsushi HATTORI
Tomoyuki SEZAKI, Masahiko ITO, and Shinji ENOMOTO

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答、 遷移および群落拡大の特性

—多摩川と千曲川の礫河原を対象として—

末次忠司* ・藤田光一** ・服部 敦***
瀬崎智之****・伊藤政彦*****・榎本真二*****

Field Study on Characteristics of Response to Fluvial Processes Induced by Floods, Succession and Area Expansion of Riparian Plant Communities in Gravel Bed Rivers

Tadashi SUETSUGI, Kohichi FUJITA, Atsushi HATTORI
Tomoyuki SEZAKI, Masahiko ITO, and Shinji ENOMOTO

概要

礫河原上に繁茂する植生の洪水流による破壊に対する抵抗力、土砂の堆積能力、河原への侵入・遷移特性、群落面積の拡大・縮小速度を明らかにした。これらの洪水に対する応答特性に基づいた新たな植物群落の分類を行った。その分類から、河原の樹林化を引き起こすきっかけとなる土砂堆積を促進する植物群落を特定し、その応答特性をまとめた。

キーワード：河原、植生、洪水、地形変化、細粒土の堆積、群落遷移、群落の拡大速度、多摩川、千曲川

Synopsis

Belt transect survey on vegetation, substrate and bed elevation has been conducted on gravel bars in the Tama River and Chikuma River. Area mapping of plant communities by GPS has also been conducted since 1999 when the almost all plant communities on gravel bars were destructed. The Resistance to destruction by floods, accretion of fine sediment, succession process and area expansion rate of plan communities are analyzed. These characteristics result in a new classification of plant communities according to fluvial processes response induced by floods. The classification identifies the key plant communities that can change substrates gravelly to sandy suitable for woodland expansion.

Key Words : Gravel Bar, Riparian Vegetation, Flood, Geomorphological Change, Accretion of Fine Sediment, Plant Community Succession, Area Expansion rate of Plant Community, Tama River, Chikuma River

*河川研究部河川研究室長

Head of River Division

**環境研究部河川環境研究室長

Head of River Environment Division

***河川研究部河川研究室主任研究官

Senior Researcher of River Division

****企画部企画課建設専門官

Deputy Head of Plam Planning Division

*****河川研究部河川研究室交流研究員(現:株)ウエスコ

Ex-Guest Research Engineer of River Division

*****河川研究部河川研究室交流研究員

Guest Research Engineer of River Division

まえがき

河原は、礫地に繁茂する植物群落の形成とその洪水による破壊・裸地化が周期的に繰り返される場と捉えられる。何らかの原因(例えば河道掘削や横断工作物設置に起因する地形変化)によってその周期的変化が失われて植物の破壊・流失が生じにくくなると、礫面上に土砂が堆積する一方となり、砂面上に高い密度で繁茂する植物(例えばハリエンジュやオギ)が安定的に群落を形成するようになる。河川研究室は、周期的変化を生じさせる仕組みを明らかにし、その仕組みを再機能させて河原を復元する方法を提案することを最終目的とした技術開発を進めている。

この復元では、洪水によって植物が破壊される周期と、礫面上への土砂堆積を促進する植物や樹木が群落を拡大するのに要する期間とのバランスが重要である。例えば、拡大に要する期間より破壊の発生周期が長くなると樹林化が進行すると考えられる。したがって河原を維持するためには、破壊の発生周期を拡大に要する期間に対してどの程度短くすればよいのかを明らかにしなければならない。本資料は、このようなバランスを見いだすための基礎的情報を得ることを目的として、多摩川と千曲川において実施した5年間に渡る現地調査の結果をとりまとめたものである。その内容は大きく分けると2つあり、一つが樹林化のきっかけとなる礫面上への土砂堆積を促進させる群落の種類を明らかにするために、群落が形成される立地条件(平時の水面からの比高および地表の構成材料)の観点に流れや土砂動態に与える作用の観点を加えることによって新たな群落分類を提案し、分類ごとに前記の観点から特徴を整理したことである。もう一つは、出水後に裸地化した河原上において、各群落が再形成されるのに要する期間(遷移過程)と群落面積拡大速度を実測結果から算定したことである。

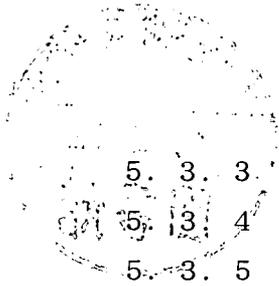
河川環境の復元は、一度手当てしたらそれで完了と言うわけにはならず、その後に生じる変化を観察し、状況にあった手当を繰り返し施すことが必要となる。つまり、保全・復元は単発の事業ではなく、維持管理であると捉えるべきである。そういう性格であることを念頭におくと、管理対象(本研究の場合は河原というハビタット)の変化パターンを知ることは言うまでもなく、そのパターンで変化していくのに要する時間を明らかにする必要がある。なぜならば、維持管理は時間変化への対応という側面があるからである。現在検討中の仕組みを機能させて河原を復元する方法も、こうした維持管理の側面を多分に意識している。本資料を参照するにあたって、以上を念頭に置かれることを希望する。



目 次

まえがき

第1章 はじめに	1
第2章 河原における樹林化・再裸地化の機構と工学的アプローチ	2
2.1 樹林化・再裸地化のプロセス	2
2.2 エコシステム解明のための工学的アプローチ	3
2.3 既往の研究成果とその課題	5
第3章 対象河川の概要と調査内容	7
3.1 対象河川の概要	7
3.1.1 流域の概要	7
3.1.2 河床縦断形の変化	9
3.1.3 年最大流量の経年変化	11
3.2 調査地点の洪水による河道地形と植物群落の変化の概要	13
3.3 調査項目	17
3.4 調査方法および調査位置	18
3.4.1 ベルト調査の内容	18
3.4.2 植生マップ調査の内容	20
3.4.3 調査位置	21
第4章 植物群落タイプの分類	33
4.1 植物群落タイプの分類の概要	33
4.2 検討対象植生	33
4.3 植物群落タイプの分類方法	36
4.3.1 洪水後における植生の出現・遷移状況	36
4.3.2 植生繁茂の立地条件	40
4.3.3 植生の洪水に対する抵抗力	49
4.3.4 植生の堆砂能力	52
4.4 植物群落タイプ分類の結果と考察	57
4.4.1 植物群落タイプ分類の結果	57
4.4.2 植物群落タイプ分類に関する考察	58
第5章 植物群落の変化速度	61
5.1 本章の目的	61
5.2 植物群落状況の概要	61
5.3 植物群落の変化速度	93
5.3.1 データ整理の方法	93
5.3.2 植物群落の変化速度の概要	94



5. 3. 3	拡大速度に及ぼす拡大率の影響	95
5. 3. 4	植物群落の拡大・縮小速度の特性と安定植生域にいたる拡大速度の推定	105
5. 3. 5	まとめ	115
第6章 おわりに		116
あとがき		117
参考文献		119
付録1. ベルトトランセクト調査の結果		121
付録2. 電子データ		148

図・表・写真目次

図 2-1-1	裸地から樹林化にむけてのプロセス	2
表 2-3-1	植物群落タイプ別の特徴	5
図 2-3-1	礫床裸地から安定植生域への変化の道筋についての考察	6
表 3-1-1	多摩川の概要	7
図 3-1-1	多摩川流域概要図	7
表 3-1-2	千曲川の概要	8
図 3-1-2	信濃川流域概要図	8
図 3-1-3	多摩川(上流)の縦断変化図(平均河床高)	9
図 3-1-4	千曲川 50km~109km の平均河床高の変化と平均砂利採取深	10
図 3-1-5	千曲川 50km~109km の土砂量の変化	10
図 3-1-6	年最大流量の経年変化(多摩川)	11
図 3-1-7	年最大流量の経年変化(千曲川)	12
写真 3-2-1(1)	2001 年 9 月洪水前後の河道の様子(多摩川-永田橋地区)	13
写真 3-2-1(2)	1998 年 9 月洪水前後の河道の様子(千曲川-鼠橋中流地区)	13
表 3-2-1	洪水による河道地形の変化(多摩川)	14
表 3-2-2	洪水による植生の変化(多摩川)	14
表 3-2-3	洪水による河道地形の変化(千曲川)	15
表 3-2-4	洪水による植生の変化(千曲川)	16
図 3-3-1	調査項目のフロー	17
図 3-4-1	標高の測定方法	18
図 3-4-2	表層土層厚の測定方法	18
図 3-4-3	地表材料の状態の分類	19
表 3-4-1	植生ベルト調査の調査項目	20
図 3-4-4(1)	調査位置図(多摩川)	22
図 3-4-4(2)	調査位置図(千曲川)	23
表 3-4-2(1)	ベルト調査の調査実施時期(多摩川)	24
表 3-4-2(2)	ベルト調査の調査実施時期(千曲川)	25
図 3-4-5(1)	ベルト・トランセクト位置図(その 1)	26
図 3-4-5(2)	ベルト・トランセクト位置図(その 2)	27
写真 3-4-1(1)	ベルト・トランセクト位置の航空写真(多摩川)	28
写真 3-4-1(2)	ベルト・トランセクト位置の航空写真(千曲川その 1)	29
写真 3-4-1(3)	ベルト・トランセクト位置の航空写真(千曲川その 2)	30
写真 3-4-1(4)	ベルト・トランセクト位置の航空写真(千曲川その 3)	31
写真 3-4-1(5)	ベルト・トランセクト位置の航空写真(千曲川その 4)	32

図 4-2-1	河川別の検討対象期間	33
表 4-2-1	河川別優占種の割合(多摩川)	34
図 4-2-2	河川別優占種グラフ(多摩川)	34
表 4-2-2	河川別優占種の割合(千曲川)	35
図 4-2-3	河川別優占種グラフ(千曲川)	35
表 4-3-1	多摩川における植生別の出現・遷移状況	38
表 4-3-2	千曲川における植生別の出現・遷移状況	38
図 4-3-1	植生の出現および遷移状況による植生分類	39
表 4-3-3	立地条件による植生の分類	43
図 4-3-2(1)	植生別の比高—表層細粒土層厚(多摩川その1)	44
図 4-3-2(2)	植生別の比高—表層細粒土層厚(多摩川その2)	45
図 4-3-3(1)	植生別の比高—表層細粒土層厚(千曲川その1)	46
図 4-3-3(2)	植生別の比高—表層細粒土層厚(千曲川その2)	47
図 4-3-3(3)	植生別の比高—表層細粒土層厚(千曲川その3)	48
図 4-3-4	植生別の無次元掃流力の分布	50
図 4-3-5	植生別の無次元掃流力による流失形態	51
表 4-3-4	洪水に対する抵抗力による植生の分類	51
図 4-3-6	安定期における追加表層細粒土層厚の分布	53
表 4-3-5	堆砂能力による植生の分類	54
図 4-3-7	植生別の比高と追加表層細粒土層厚の関係(多摩川)	54
図 4-3-8(1)	植生別の比高と追加表層細粒土層厚の関係(千曲川その1)	55
図 4-3-8(2)	植生別の比高と追加表層細粒土層厚の関係(千曲川その2)	56
図 4-3-9	植生別の平均追加表層細粒土層厚(多摩川)	56
図 4-3-10	植生別の平均追加表層細粒土層厚(千曲川)	56
表 4-4-1	植物群落タイプ分類の内容	57
図 4-4-1	河原から樹林地へ変化する仕組みと植物群落タイプの役割	59
表 4-4-2	植物群落のタイプ分類(多摩川)	60
表 4-4-3	植物群落のタイプ分類(千曲川)	60
図 5-2-1(1)	植生図(多摩川その1)	65
図 5-2-1(2)	植生図(多摩川その2)	67
図 5-2-1(3)	植生図(多摩川その3)	69
図 5-2-1(4)	植生図(多摩川その4)	71
図 5-2-2(1)	植生図(千曲川その1)	73
図 5-2-2(2)	植生図(千曲川その2)	75
図 5-2-2(3)	植生図(千曲川その3)	77
図 5-2-2(4)	植生図(千曲川その4)	79
図 5-2-2(5)	植生図(千曲川その5)	81

図 5-2-2(6)	植生図(千曲川その 6)	83
図 5-2-2(7)	植生図(千曲川その 7)	85
図 5-2-2(8)	植生図(千曲川その 8)	87
図 5-2-2(9)	植生図(千曲川その 9)	89
図 5-2-2(10)	植生図(千曲川その 10)	91
図 5-3-1	植物群落範囲の変化の模式図	93
図 5-3-2	拡大・縮小速度の算出方法の模式図	94
図 5-3-3	植物群落別の 1 年間あたりの変化速度	95
図 5-3-4(1)	拡大速度と拡大率の関係(多摩川その 1)	97
図 5-3-4(2)	拡大速度と拡大率の関係(多摩川その 2)	99
図 5-3-4(3)	拡大速度と拡大率の関係(千曲川その 1)	101
図 5-3-4(4)	拡大速度と拡大率の関係(千曲川その 2)	103
図 5-3-5(1)	調査期間毎の植物群落間の変化速度(千曲川その 1)	109
図 5-3-5(2)	調査期間毎の植物群落間の変化速度(千曲川その 1)	110
表 5-3-1	植物群落間の拡大・縮小速度の集計表(多摩川)	111
図 5-3-6(1)	調査期間毎の植物群落間の変化速度(千曲川その 1)	112
図 5-3-6(2)	調査期間毎の植物群落間の変化速度(千曲川その 1)	113
表 5-3-2	植物群落間の拡大・縮小速度の集計表(千曲川)	114
図 5-3-7	植物群落間の変化速度(多摩川)	106
図 5-3-8	植物群落間の変化速度(千曲川)	107

第1章 はじめに

河道内に繁茂する植物群落は、植種や成長具合、生育密度に応じて、河道内の流況や地形・河床材料を変化させる反面、物理過程（洪水、土砂輸送など）によって決まる地形・河床材料などの生育場と生物過程（他の植物群落との競争や遷移など）によって変化する。すなわち植物群落は、河道地形や流況、河床材料などと相互に影響しつつ変化している。その仕組みを本論ではエコシステムと呼ぶ。

近年河川では、人為的かつ物理的な要因（例えば横断構造物の設置、河床掘削など）によって、本来有していたエコシステム、すなわち植生のバランスが崩れて樹林化が進行している。このことによって、環境面からは外来種（例えばハリエンジュなど）が優占的に群落を形成・維持し、河原固有の植物（例えばカワラノギクなど）が減少していること、治水面からは粗度の増加や洪水流下能力の低下により治水安全度が低下していることが問題となっている。これらの問題に対して、樹木の伐採や生息場の保全などの措置を講じて、エコシステム自体が修復されていなければ、一時的な対処にしか過ぎず、いずれ元の状態に戻ってしまう。このように河川には、これまで行われてきた生物の生息場や特定の生物種のための保全・復元だけでなく、生息場の形成・維持を支えるエコシステム自体をも保全・復元することが必要とされている。そのため、エコシステムの仕組みについて理解を深め、機構を解明し、それに基づく変化予測およびエコシステムの状態の評価（アセスメント）を行うことが課題となっている。

ところで、河川に生育する植生の基本特性や植生を伴う河道変化は、河川工学や植物生態学の立場から、相互の関係を意識した多くの研究が行われてきている。たとえば、李らの研究¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾では、多摩川の礫床区間での植生繁茂～樹林化の過程が定量的に分析され、その結果に基づいた安定植生域の消長を予測するモデルが提案されている。また河川生態学術研究会では、多摩川と千曲川の礫床区間において、安定期間における植生と立地条件の関係が明らかにされている⁶⁾⁷⁾。さらに藤田ら⁸⁾、服部ら⁹⁾によって、ある特定種の植生についての洪水による破壊機構が明らかにされている。一方、河川工学的な立場からは、池田ら¹⁰⁾、清水ら¹¹⁾、福岡ら¹²⁾、辻本ら¹³⁾によって、複雑な河床・植生条件についても、流れと河床変動を計算できることが可能になりつつある。しかしながら、植物群落の動態を定量的に予測する手法は開発されておらず、またそれに直接結び付く知見も乏しいため、上記に挙げられた研究成果を活用して、エコシステム自体を予測することが可能な状況にまで至っていない。

そこで、本研究では、一級河川である多摩川（永田地区）と千曲川に発達した河原に着目し、まず植物群落の分布状況や河道の状況を詳細に計測した結果をもとに、既往の植生タイプ分類⁶⁾⁷⁾を参考に、洪水によって植物群落が消滅（または縮小）してから再繁茂して安定植生域に至るまでの遷移状況、立地条件との関係、洪水による破壊に対する抵抗力、堆砂能力（植生が土砂を堆積させる能力）の観点を付け加えて分析し、これらの特性が類似する植生をタイプ別に分類した。

ついで、分類した植生タイプについて、最終的な目標であるエコシステムの予測手法の開発を意識しつつ、「繁茂した植生が、どのような場所に、どの程度の速度で拡大や遷移していくか」といった植生動態を数理モデル化するために、遷移期間における植生の拡大速度についての分析を行った。

なお、この研究は、個々の植生動態を、植物生態学の観点から正確に分析して予測モデルを開発するという範疇の研究ではなく、工学的観点から、エコシステム全体の仕組みを少しでも定量的に描くことを目的とした基礎的な研究である。

第2章 河原における樹林化・再裸地化の機構と工学的アプローチ

2.1 樹林化・再裸地化のプロセス

河原における樹林化・再裸地化の各プロセスは、定性的にはあるが図2-1-1に示すように描くことができる。図中の矢印は、表層細粒土層の形成や植生の破壊を示すものであるが、双方とも出水時に生じるイベントである。

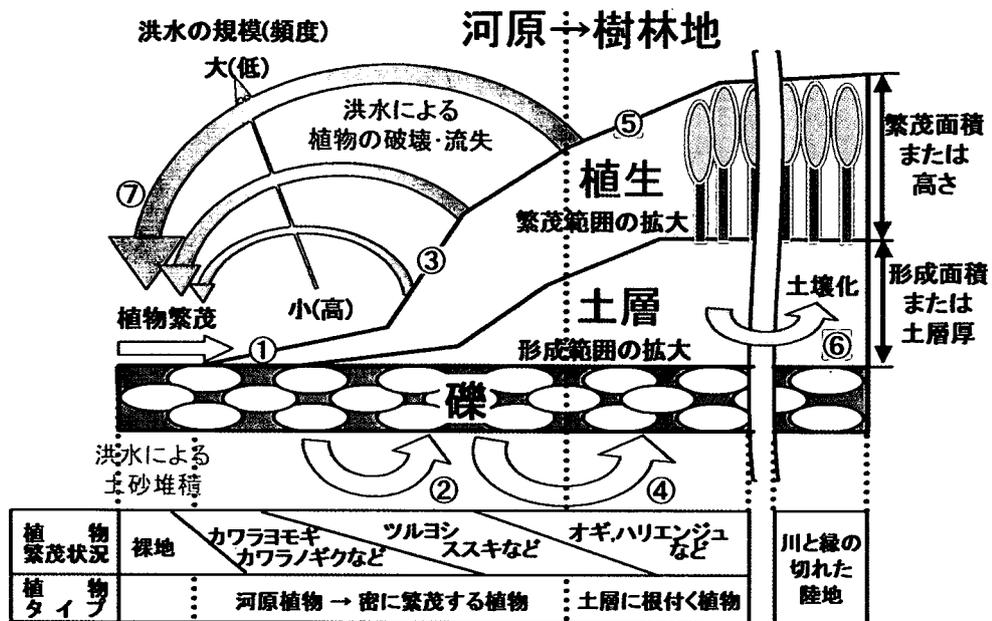


図2-1-1 裸地から樹林化に向かうプロセス

裸地化した河原を出発点とすると、樹林化⇔再裸地化と変化するサイクルは、洪水と関連づけて以下のように説明できる。

- ① 裸地化した河原（主として砂礫によって構成される河原）に、“カワラ”が付く植物のように、マトリクスの保湿性が低い場所に発芽・成長できる植物（以下、河原植物と呼ぶ）が、疎らながらも群落を形成する。
- ② 河原植物は、群落を破壊しない程度の小規模な洪水を経験し、群落内に薄い表層細粒土層厚を形成する。
- ③ 表層細粒土層の形成によって保湿性が確保されるようになった場所に、密に繁茂する植物（例えばツルヨシ）が群落を形成する。
- ④ 密に繁茂する植物は、河原植物に比べて洪水による破壊に対して抵抗力が強く、また洪水中の土砂を沈降・堆積させる機能に優れている。このため、密に繁茂する植物群落が繁茂する場所は、土砂堆積がより進行して表層細粒土層の層厚が増加する。
- ⑤ 土層厚が厚くなった場所では、密に繁茂する植物が、土層に根付く植物（例えばオギ・ハリエンジュ）に移りて群落を形成する。土層に根付く植物が繁茂するようになった場所が、河原から比べると数mのオーダーで河床が高くなっていると、洪水時の冠水頻度も低く、破壊に至る洪水の規模も大きくなる。

- ⑥ 洪水による攪乱の影響を受けにくくなった土層に根付く植物群落は、洪水時に群落内やその背後に低流速域を形成して、土砂堆積を助長しながら群落範囲を拡大する。(このような状態を、本論では安定植生域と呼ぶ)
- ⑦ 上記に述べた裸地から樹林化へのプロセスの途中で、植物群落が完全に破壊される洪水が発生すると、①に戻って②以降の樹林化へのプロセスを繰り返す。

近年、河道内の河原の多くは、⑦に示すような再裸地化というプロセスが行われず、樹林化へのプロセスが一方向的に進展している。これが原因して、河原植物は、成長が阻害され、個体数が激減する状態になっている。

上記⑥に示すような樹林地の拡大・維持の状況について、ここ数十年の間に発生した事例を分析すると、次の2つの代表的な原因が挙げられる。ひとつは、過去から比べても洪水発生頻度が変わらない河道において、低水路の河床だけが低下したため、洪水時の攪乱頻度がより低下した高水敷が形成されたこと。もうひとつは、洪水調節施設の建設などの影響により、洪水規模が小さくなることによって攪乱頻度が低下していることである。これらの具体的な事例としては、前者に、多摩川¹⁴⁾・千曲川¹⁵⁾を対象に樹林化のプロセスやその仕組みを詳細に調べた河川生態学術研究会らの研究、後者に、ダム・灌漑による年間の流量パターンの変化がもたらした米国プラッテ川での樹林化拡大と原因を調べた Johnson (1994) の研究¹⁶⁾がある。両事例とも樹林化が拡大する要因として、攪乱頻度の低下を指摘している。すなわち、エコシステムを復元・維持するためには、樹林化に至る速度と攪乱頻度のバランスを保つことがキーになると考えられ、樹林化が拡大するより先に裸地化するという程良いサイクルを保つように仕組みが機能することが重要であると考えられる。

2. 2 エコシステム解明のための工学的アプローチ

図 2-1-1 に示す樹林化へのプロセスにおいて、エコシステムを復元・維持するためには、その仕組みを解明することが重要な手がかりになると考えられる。

エコシステムを解明する上での重要なポイントは、まず、洪水が河原に「保湿性の高い表層細粒土層の形成や比高の増加といった立地条件の変化をもたらし、草本から樹林化へと発達させる作用」と、「河原に繁茂した植物群落を破壊して再裸地化する作用」という正反対の結果をもたらすことである。

河原が樹林化あるいは裸地化のどちらの方向に進展するかは、洪水時の外力とそれに対する植物群落の抵抗力の大小関係として考えることができる。すなわち、洪水外力が植生の破壊耐力以下であれば、植物群落は維持され、群落内に土砂堆積(表層細粒土層の形成)が生じて、2.1 のプロセスに示したとおり樹林化の方向へ進展する。逆に、植物群落が洪水の外力に抵抗できずに流失する場合には、河原は裸地化あるいはそれに近い状態に戻ることになる。よって、植物群落の破壊機構を理解して、植生の洪水に対する抵抗力を見積もることができるようになることが、エコシステムに定量的な説明を加える上で重要であると考えられる。

ついで重要なポイントは、洪水による流失を免れた植物群落が、洪水中に群落内やその背後に堆積させた土砂によって、河原の性質自体を変化させることである。

植物群落の分布と、その立地条件(例えば、(微)地形特性、地下水位からの高さ、冠水頻度、土壌、河床材料など)には、河原のように乾いた場所にしか繁茂できない植生(河原植物など)や、比高が

高く土層が厚い場所にしか生息できない植生（オギ・ハリエンジュなど）が存在することが示すように、密接な関係があることが知られている。つまり、植生と立地条件の関係を解明することによって、洪水後に生じる立地条件の変化に応じて形成される植物群落の種類を、ある程度特定することが可能になると考えられる

またこのことは、別の見方をすれば、植生がある特定の立地条件のもとで群落を形成していることを示しており、河原から突然に樹林化に至るのではなく、植生が土砂を堆積させることによってもたらさせる比高や河床材料の変化が、樹林化の進展に大きく寄与していることを示唆している。すなわち、河原植物のように土砂を堆積させることに優れていない植生は、樹林化へのプロセスの中での役割が小さいものの、密に繁茂する植物のように土砂を堆積させる能力の高い植生は、土層に根付く植生が繁茂できる立地条件を整えるという点で、樹林化のプロセスにおいて重要な役割を果たしていると考えられる。このことより、植生別の堆砂能力を定量的に分析して、どの植生が、裸地から樹林化へ至るまでの重要な架け橋となる植生であるかを把握することが重要であると考えられる。

最後に重要なポイントは、洪水のない期間において、植生がどのように群落を拡大・遷移していくかである。植生は、洪水後の立地条件に応じて、他の植生との競争や成長という生物学的プロセスを展開しながら群落を拡大・遷移させていくと考えられる。このような植生の遷移状況を定量的に把握することは、エコシステムを説明する上で必要不可欠である。ただし、植生の拡大・遷移は、その植種自体の成長力などの内因的な要素や、土壌条件や気象条件、さらには他の植生との競争などの多くの要因が関わっているものと考えられる。これらの仕組みを解明するためには、個々の要因との関係を細かく分析することが正確なアプローチであると考えられる。しかし、これらの仕組みは生物学的要素が強い。本研究では、こうした生物学的要素の詳細には立ち入らず、経年的に現地調査を続けることによって得られる植生の遷移状況を分析することで遷移状況の定量的な把握を試みている。

以上のことから、エコシステムを解明するためには、まず、洪水によって植生が流失されるのか、それとも残存するのかを把握することが重要である。ついで、植生が洪水による流失を免れる場合には、残存した植生がどの程度土砂を堆積させ、洪水のない期間において、立地条件に応じてどのように群落を拡大・遷移していくかを把握することが重要であると考えられる。

すなわち、①洪水に対する抵抗力、②立地条件との関係、③堆砂能力、④遷移状況などを定量的に把握して、各々の情報をつなぎ合わせるものがエコシステムを解明するための鍵になると考えられる。

2. 3 既往の研究成果とその課題

(1) 植生と立地条件の関係に関する既往の研究成果

植生と立地条件の研究事例としては、多摩川を対象とした李らの研究⁶⁾、千曲川を対象とした服部らの研究⁷⁾が挙げられる。両研究では、植生と表層細粒土層厚および比高の間に明瞭な相関があることを明らかにし、これらの指標を用いて植生を表 2-3-1 に示すタイプ別に分類している。表 2-3-1 を整理すると、両河川で表層細粒土層厚や比高の分布範囲が若干異なるものの、以下に示す概ね共通した特徴を有していると言える。

I (i) 型：比高によらず表層細粒土層厚が薄い場所に生育する植生

II (ii) 型：I 型と III 型の中間的な特徴を有している植生

III (iii) 型：比高が 50~100cm 程度以上で表層細粒土層厚が数 cm 以上の場所に生育する植生

表 2-3-1 植物群落タイプ別の特徴

多摩川 ⁶⁾			千曲川 ⁷⁾		
タイプ	特徴	該当群落名	タイプ	特徴	該当群落名
I 型	比高によらず、ほとんどの場所では表層細粒土層厚 0 である。一部薄い(10cm 程度以下)表層細粒土層を持つ場合がある。	裸地 カワラノギク コセンダングサ など	i 型	比高によらず、ほとんどの場所では表層細粒土層厚 0~40cm である。	裸地 ヒメムカシヨモギ カワラヨモギ ヨモギ、メドハギ シナダレスズメガヤ クサヨシ
II 型	2つの離れた存在領域を持つ。すなわち、表層細粒土層厚 0 で比高が 30cm 以下の場所と、層厚 10cm 程度以上で、比高が概ね 50~100cm 以上の場所に分布する。	ツルヨシ イヌコリヤナギ など	ii 型	表層細粒土層厚は 0~100cm(またはそれ以上)、比高が 2m 以下の場所に分布する。	カワヤナギ ヨシ オオブタクサ (ツルヨシ)
III 型	表層細粒土層厚 0 の場所には存在しない(但し、ススキは層厚ほぼ 0 の場所にも存在し得る可能性がある)。比高 0 および層厚 0 近くの場所には存在しない。層厚数 cm 以上、比高 50cm 程度以上の場所に広く分布する。 ススキを III-1 型、それ以外を III-2 型と細分することもできそう。この場合は、低比高に存在せず(150cm 程度以上)、表層細粒土層厚が、薄い(10cm 前後が多い;0 でも繁茂不可能ではない可能性も)ことが特徴となる。	ススキ オギ オオブタクサ ハリエンジュ など	iii 型	表層細粒土層厚 0 の場所には存在しない。比高 0 および層厚 0 近くの場所には存在しない。層厚数 cm 以上、比高 1m 程度以上の場所に広く分布する。	オギ ハリエンジュ

(2) 植生の遷移状況に関する既往の研究成果

李ら⁶⁾は、表 2-3-1 に示す植生タイプの分類に基づき、安定植生域の拡大過程を考察し、礫床の裸地的地被(タイプ I)から安定植生域形成(タイプ III)に至る道筋についてシナリオを明らかにしている(図 2-3-1 参照)。また、このシナリオに基づき、礫床の裸地的地被(タイプ I)から安定植生域形成(タイプ III)へ移行するには、どこかのパスにおいて、表層細粒土層の堆積が必要であること明らかにし、立地条件の変化が植生の遷移状況に大きく寄与していることを明らかにしている。

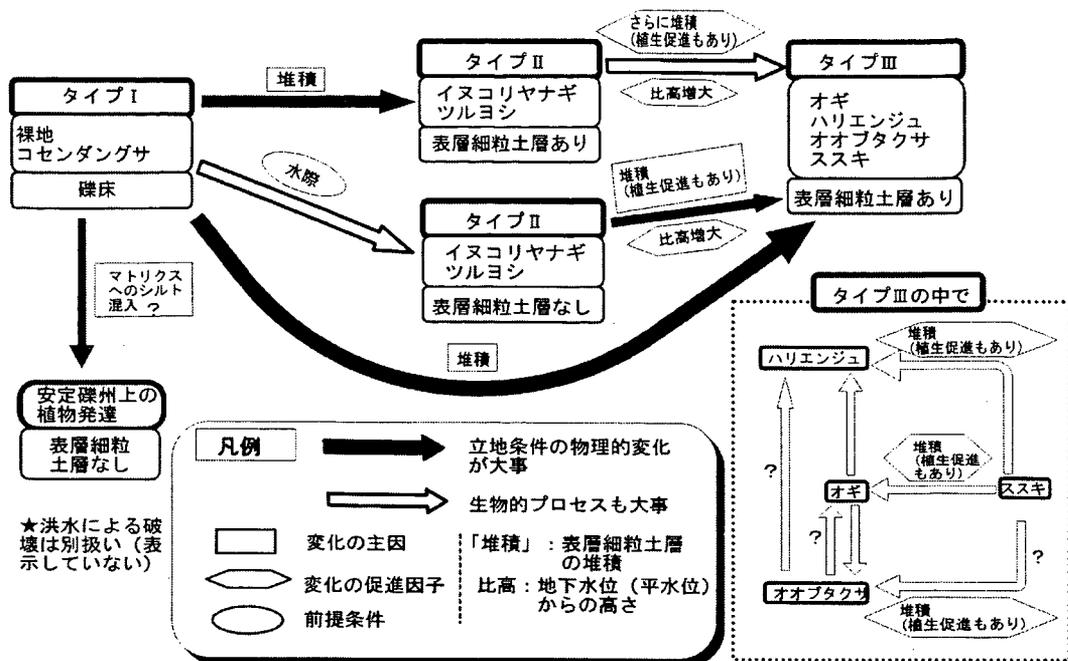


図 2-3-1 礫床裸地から安定植生域への変化の道筋についての考察⁶⁾

(3) 植生の破壊機構に関する研究成果

植生の破壊機構に関する研究には、多摩川上流域の礫州を対象に、草本植生の破壊事例を詳細に調べた藤田らの研究⁸⁾、千曲川鼠橋地区において、ハリエンジュ群落の破壊状況の倒伏機構を詳細に調べた服部らの研究⁹⁾がある。

藤田らの研究では、ツルヨシの破壊シナリオを提示し、植生の破壊が無次元掃流力の分布によって予測できることを明らかにしている。また根茎を比較的深く貫入させる植生と根茎の浅い植生の流失状況を比較し、植種によって洪水に対する抵抗力が異なることを示している。

服部らの研究では、現地調査結果より「流体力から河床低下」、「河岸侵食」に起因するハリエンジュの倒伏・流失のプロセスを明らかにし、その破壊機構を力学的観点から解明して、倒伏判定方法を示している。

(4) 既往研究成果の課題

以上に示したように、エコシステムを解明する上での個々の仕組みについては、かなり明らかにされてきているようである。しかし、エコシステムの予測を実用的レベルまで発展させようとした場合、植物群落の遷移状況が十分に解明されていないことや、洪水時に対する植生の抵抗力や堆砂能力に関する知見が十分であるとは言いがたい。

このことから、本研究では、洪水に対する抵抗力、立地条件との関係、遷移状況、堆砂能力などの仕組みについて少し踏み込んだ定量的な分析を行うとともに、それらの仕組みに基づいて、植生タイプを分類し直して試みることとした。

第3章 対象河川の概要と調査内容

3.1 対象河川の概要

3.1.1 流域の概要

(1) 多摩川⁴⁾

多摩川は、山梨県塩山市笠取山(標高1,941m)を源とし、藤尾山、岩岳の中間を東南に流れ、丹波川、小菅川、日野川等の支川を合わせ、青梅市を過ぎて秋川、浅川、大栗川等の支川と合流した後、東京都と神奈川県の間を東南に流下し、平瀬川、野川等の支川を合わせ東京湾に注いでいる。多摩川は流路延長138kmの中規模河川である。

流域面積は1,248.6km²であり、土地利用について見ると、山地が66.1%、平地が31.1%、河川区域が2.8%となっている。上流部は標高1,500m~2,100mの山塊(関東山地)や多摩丘陵に囲まれ、中流部では洪積台地・段丘である武蔵野台地を貫流し、中下流部の河川沿いは沖積低地となっている。

表3-1-1 多摩川の概要

水源地及び標高	笠取山(標高1,941m)
流域面積	1,249 km ² : 調布橋地点で446km ² : 石原地点で1,040km ²
流域の地目	山地: 66.1%、平地: 31.1%、河川区域: 2.8%
流路延長	138 km
主な支川	丹波川、小菅川、日野川、秋川、浅川、大栗川、平瀬川、野川

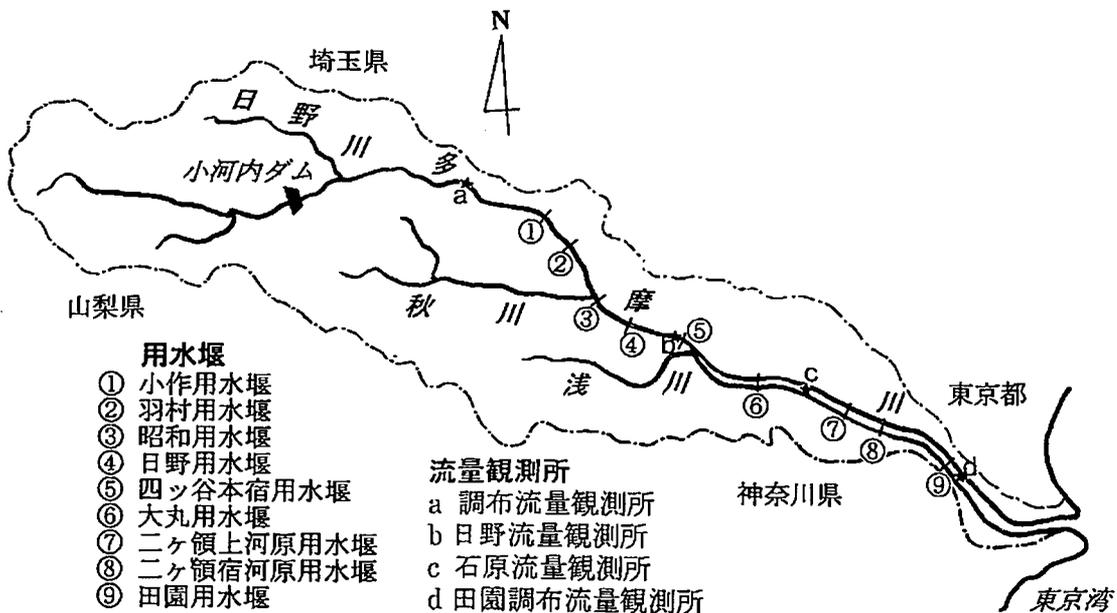


図3-1-1 多摩川流域概要図

(2)千曲川の概況¹⁷⁾

千曲川は甲信・秩父の境にある甲武信岳(標高 2,475m)を源として、佐久、小諸、上田、長野の各盆地を貫流し、新潟県境からは信濃川と名称が変わり日本海に注いでいる。信濃川は、幹川流路延長が 367km のわが国最長の河川で、そのうち千曲川の流路延長は 214km を占めている(図 3-1-2 参照)。長野市の東で千曲川に合流している犀川は、標高 3,180m の槍ヶ岳を源とし、千曲川への合流までの流路延長は 160.7km、流域面積は 2,747km² と千曲川全流域の 38.4%を占めた千曲川の中で最もおおきな支川である。

流域面積は信濃川全体で 11,900km²、その内千曲川流域の占める面積は 7,163km²である。千曲川流域での土地利用について見ると、農耕地が 14.4%、山林、原野が約 50%、宅地が 4.1%、道路、河川等のその他の地目が 30%となっている。

表 3-1-2 千曲川の概要

水源地及び標高	甲武信岳(標高 2,475m)
流域面積	7,163 km ² : 生田で 2,036km ² : 杭瀬下で 2,596km ² : 立ヶ花で 6,442km ²
流域の地目	山地: 50%、農耕地: 14%、宅地: 4%、その他: 30%
流路延長	214 km
主な支川	鹿曲川、依田川、犀川(奈良井川、梓川、高瀬川、裾花川)

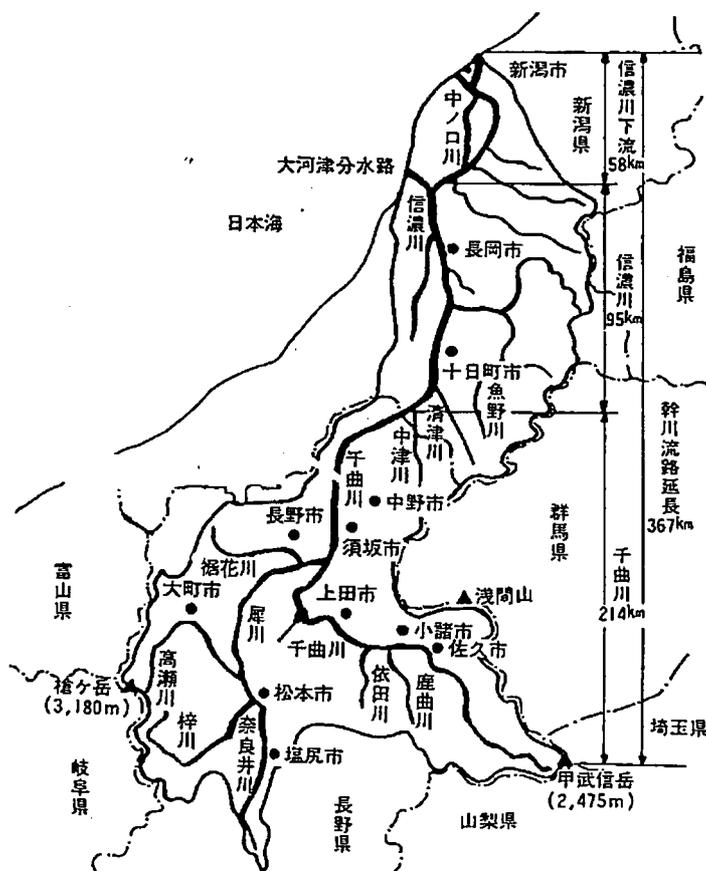


図 3-1-2 信濃川流域概要図

3.1.2 河床縦断形の変化

(1) 多摩川¹⁴⁾

1968年、1995年の35～55km区間の低水路平均河床高の縦断形状を図3-1-3に示す。なお低水路部平均河床高は、平均年最大流量を不等流計算で流した際に得られる水面幅の範囲の平均河床高である。多摩川において砂利採取は1968年に禁止されたので、1968年から1995年にかけての河道変化は砂利採取の直接的な影響を受けていないと判断できる。図3-1-3を見ると、一様に河床低下が生じたというパターンは見られず、2～3mに及ぶ河床低下が起こった区間とほとんど変化のない(場所によっては河床が少し上がった)区間が細かいピッチで入れ替わり現れていることがわかる。このピッチは、多摩川に多数ある用水堰の存在状況やところどころ現れている固結化した河床材料(洪積層や第三紀層などと考えられる)の露出区間とよく対応しているようである。1968年～1995年の28年間に起こった縦断形変化は、全体としては河床低下傾向が勝っているものの、日本の多くの河川で見られるような河床掘削(砂利採取を含む)による一様な河床低下といったようなことは生じていない。

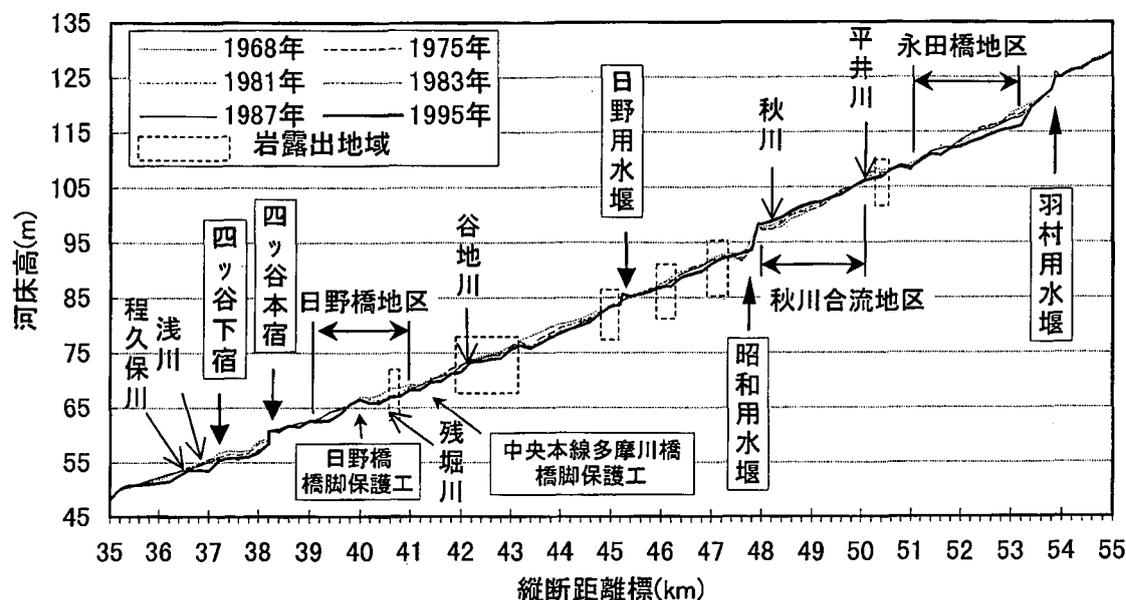


図3-1-3 多摩川(上流)の縦断変化図(平均河床高)

(2) 千曲川¹⁸⁾

千曲川22～109km区間全体をほぼカバーするように横断測量が実施された1964年、1969年、1976年、1981年、1988年(上流側は1989年)の5カ年の測量結果から低水路部分の平均河床高を算定し、これらを1964年を基準として増減を比較したものを図3-1-4に示す。また、下段には各横断測量を実施した間に各区間で採取された砂利の量を低水路面積で除した値(以下、砂利採取深とよぶ)を併記した。ただし、砂利採取のデータは1971年以降しか記録されていない。

平均河床高は、全区間を通じて1964年よりも低下傾向にあるが、特に低下が著しいのは50～68kmの区間と79～109kmの区間である。また、1969年以降の河床低下が生じた箇所と1971年以降の砂利採取箇所とは良好に一致しており、なおかつ河床低下量と砂利採取量のオーダーはほぼ一致している。ここで、50km～109kmの合計土砂量と1971年以降の累積砂利採取量の経年変化を図3-1-5に

示す。これによると、区間全体で見ても、砂利採取量と土砂量の経年変化の傾向はほぼ一致していることから、1969年以降の河床低下の原因が砂利採取であることは明らかである。この事実から推測すると、1964年～1969年間の河床低下箇所が1969年以降の砂利採取箇所と一致していることから、1969年までの河床低下の原因も砂利採取であるものと考えられる。また、河床高の低下量は、砂利採取量の減少と共に近年小さくなっている。

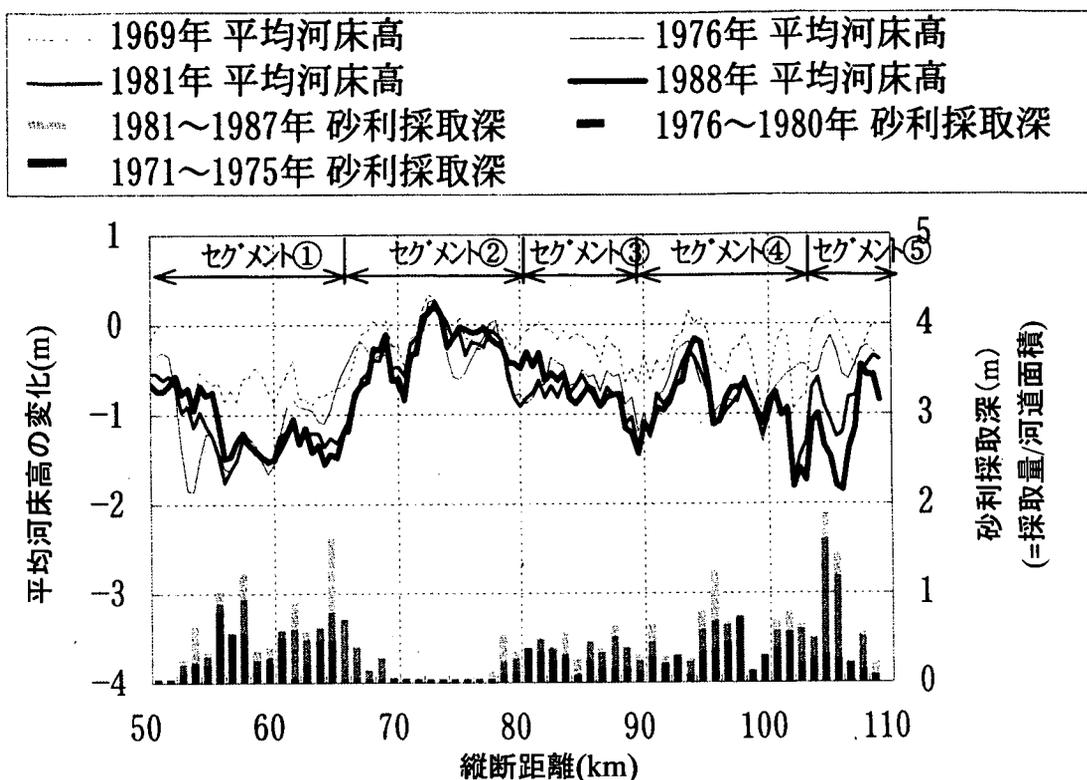


図 3-1-4 千曲川 50km～109km の平均河床高の変化と平均砂利採取深

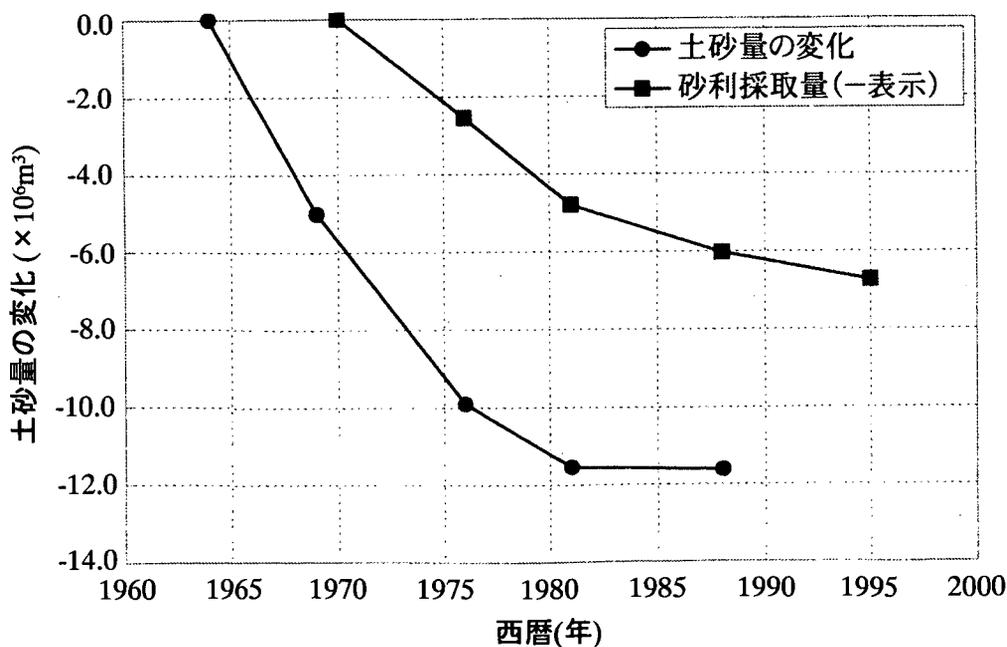


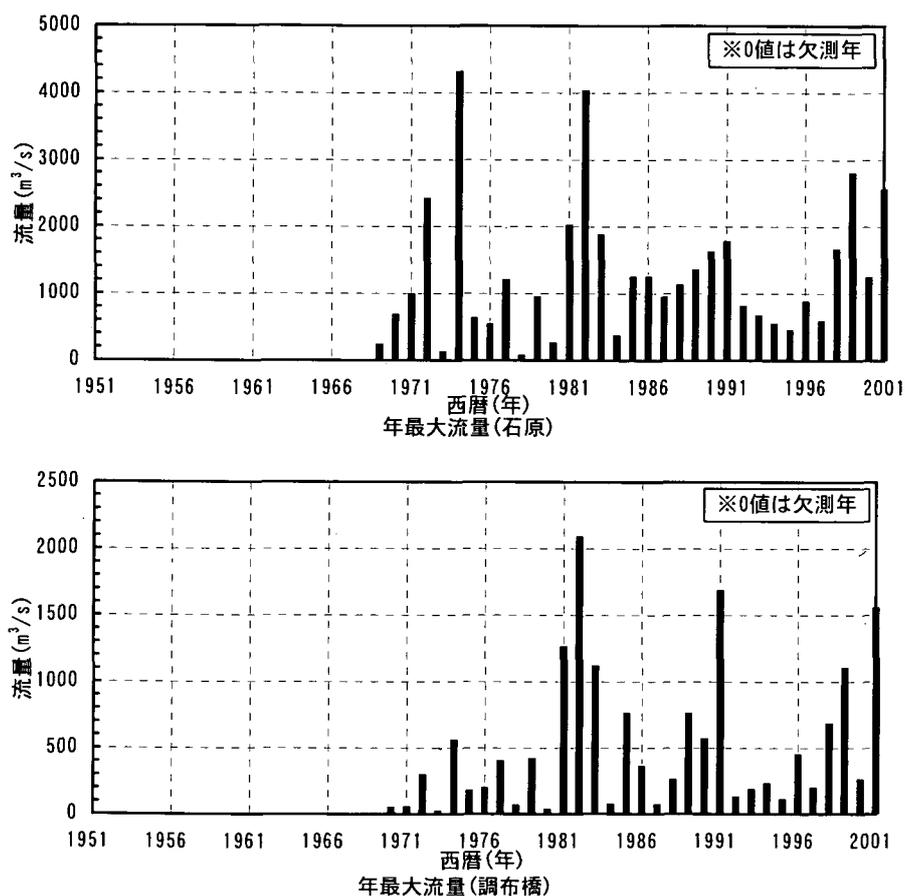
図 3-1-5 千曲川 50km～109km の土砂量の変化

3.1.3 年最大流量の経年変化

(1) 多摩川

石原観測所(河口より約 28km 地点)と調布橋観測所(河口より約 60km 地点)で観測された 1970～2001 年における年最大流量の経年変化を図 3-1-6 に示す。

図 3-1-6 を見ると、両観測所の年最大流量の順位は異なっているが、共通して 1982 年の洪水が飛び抜けて大きく、1981 年、1983 年、1991 年、1999 年、2001 年にやや大きな洪水が出ている。これ以外の年には顕著な洪水は起こっていない。(ただし、石原観測所のみで見ると、1972 年と 1974 年に大きな洪水が発生している。)



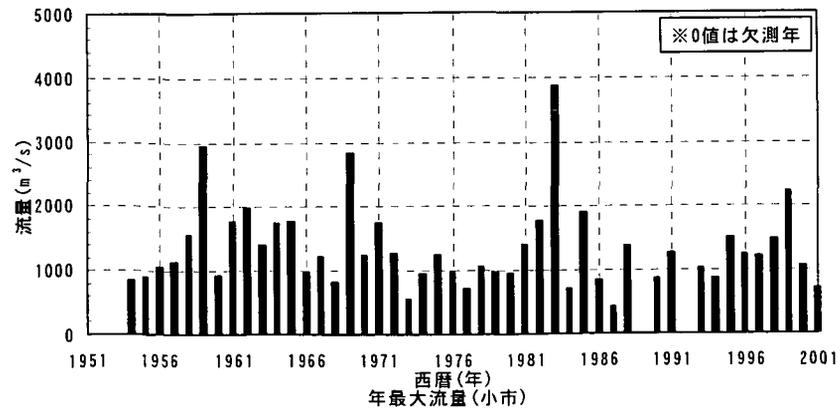
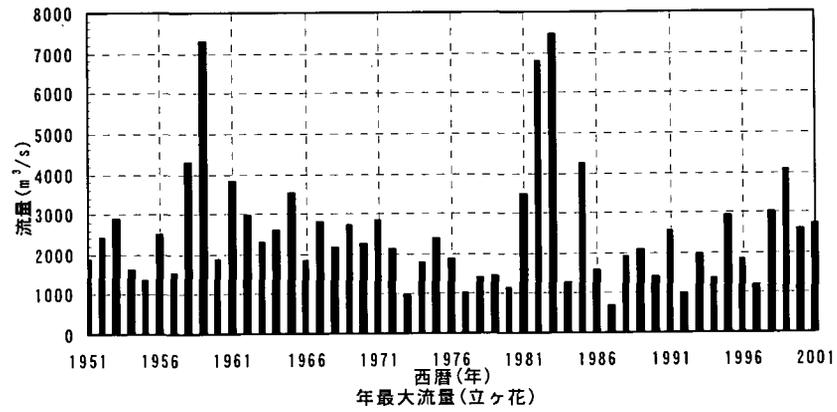
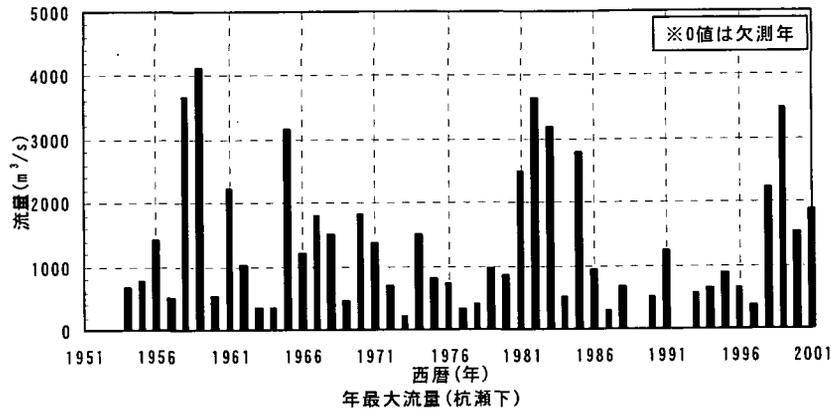
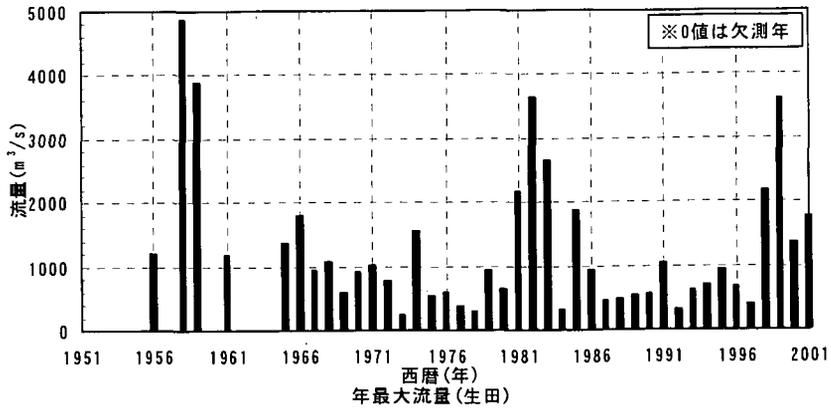
※出典「1970～1999 年 水理諸表データ；京浜工事事務所, 2001、2000～2001 年;水理データ,京浜工事事務所」

図 3-1-6 年最大流量の経年変化(多摩川)

(2) 千曲川¹⁷⁾

千曲川に設けられている立ヶ花観測所(縦断距離 51km 地点)、杭瀬下観測所(縦断距離 51km 地点)、生田観測所(縦断距離 109km 地点)と、犀川に設けられている小市各観測所(合流点から約 8km 地点)で観測された 1951～2001 年における年最大流量の経年変化を図 3-1-7 に示す。

図 3-1-6 より年最大流量を時系列的にみると、千曲川本川と犀川の両河川とも、1980 年代はじめ(1981 年～1985 年の間)は、大きな規模の洪水が連続的に起こっており、大きなインパクトのあった期間であることがわかる。その後は、1998 年と 1999 年に大きな洪水が発生しているが、その間の 12 年間は大きな洪水が発生しておらず、インパクトのない安定した期間が続いたと言える。



出典：「1951～1999年；流量年表，河川協会，2000年～2001年；水理データ，千曲川工事事務所」

図 3-1-7 年最大流量の経年変化(千曲川)

3. 2 調査地点の洪水による河道地形と植物群落の変化の概要

両河川の各調査地区(表 3-4-2, 図 3-4-5 参照)において、調査期間中に発生した写真 3-2-1 に示すような河道地形や植生繁茂状況が大きく変化するような洪水を対象に、後述する洪水前後のベルト調査の結果を用いて、洪水に対する応答(地形の変化、植生繁茂状況の変化)の概要を示す。

対象とした洪水は、多摩川が 1999 年 8 月と 2001 年 9 月の洪水、千曲川が 1998 年 9 月と 1999 年 8 月の洪水である。

洪水前…(撮影日:2001年6月27日)



洪水後…(撮影日:2001年10月22日)



写真 3-2-1(1) 2001 年 9 月洪水前後の河道の様子(多摩川-永田橋地区)

洪水前…(撮影日:1998年8月19日)



洪水後…(撮影日:1998年11月18日)



写真 3-2-1(2) 1998 年 9 月洪水前後の河道の様子(千曲川-鼠橋中流地区)

(1)多摩川

巻末に添付する付録1（後述するベルト・トランセクト調査の結果）をもとに、洪水による河道地形および植生の変化内容について整理したものを表3-2-1、3-2-2に整理して示す。なお、表中のマトリクス、マトリクス’は図3-4-3に示す地表材料の状態の一形態である。

表3-2-1 洪水による河道地形の変化(多摩川)

河川	地 区	出水	変 化 内 容
多 摩 川	永田橋地区	①	<ul style="list-style-type: none"> ・52.1km 付近から下流方向に 20m 付近で低水敷の河床高が 50cm 程度低下、70m 付近で 50cm 程度上昇、90m 付近から再び 50cm 程度低下 ・全体的にマトリクスであったが、河床材料が移動して透礫層を形成し、その後小出水によりまたマトリクス(またはマトリクス’)を形成 ・河岸付近では土砂が堆積し表層土層を形成
		②	<ul style="list-style-type: none"> ・52.2km 付近～51.8km 付近にかけて高水敷の河岸が最大で 25m 程度側方侵食され、低水敷の河床高も 20～30cm 低下 ・洪水前はほぼ全体がマトリクスを形成していたが、洪水後は所々で透礫層を形成
	羽村大橋地区	①	<ul style="list-style-type: none"> ・低水敷の河床高が平均で約 60cm 低下し、それにもない水際の位置も、横断方向に陸地側に向かって最大 20m 移動（低水敷の範囲が減少） ・低水敷と高水敷の境界あたりは表層土壌の範囲が拡大
		②	<ul style="list-style-type: none"> ・低水敷の河床高が平均で約 70cm 低下し、水際の位置も、横断方向に陸地側に向かって最大 40m 移動（低水敷がほぼ消滅） ・水没していない場所の表層を構成している材料の区分はマトリクスからマトリクス’へ変化

表3-2-2 洪水による植生の変化(多摩川)

河川	地 区	出水	変 化 内 容
多 摩 川	永田橋地区	①	・ツルヨシ群落の範囲が縮小
		②	・ツルヨシ、オニウシノケグサ群落の範囲が拡大
	羽村大橋地区	①	・出水後低水路側にススキ群落が拡大
		②	<ul style="list-style-type: none"> ・1999 年出水後拡大していたススキ群落が流失 ・ススキにかわりチガヤ群落が拡大(乾燥地を好む→チガヤ)

※①:1999 年 8 月出水による変化
 ②:2001 年 9 月出水による変化

(2)千曲川

巻末に添付する付録1をもとに、洪水による河道地形および植生の変化内容について整理したものを表3-2-3、3-2-4に整理して示す。

表3-2-3 洪水による河道地形の変化(千曲川)

河川	地区	出水	変化内容
千 曲 川	屋島橋地区	①	・出水により高水敷高が低下したが、その後土砂堆積に伴って河床高が上昇 ・低水路側におけるマトリクス'の範囲が、土砂堆積によってマトリクスに変化
		②	・高水敷の河床高が10~20cm程度上昇するとともに、低水路部の河床形状が大きく変化 ・堆積土砂が流送され上流側では堆積厚が減少
	関崎橋地区	①	・全体的に河床高が若干の低下 ・土砂堆積厚が減少 ・表層土層の範囲が減少し、マトリクスの範囲が拡大
		②	・調査中止
	冠着橋地区	①	・出水後河床高が若干低下するが、その後土砂堆積により上昇 ・マトリクスの範囲が縮小し、土砂堆積によって表層土層の範囲が拡大
		②	・高水敷の河床高が20cm程度上昇 ・表層土層の範囲が縮小して、マトリクスの範囲が拡大
	鼠橋下流地区	①	・未調査
		②	・土砂堆積によって低水敷の河床高が若干上昇 ・マトリクス'の範囲が減少しマトリクスおよび表層土層の範囲が拡大 ・堆積厚はほぼ変化なし
	鼠橋中流地区	①	・低水敷の河床高が50cm程度低下 ・表層土層の範囲が減少し、地表構成は全体的にマトリクスから透礫層へ変化
		②	・調査中止
	鼠橋上流地区	①	・未調査
		②	・未調査
	上田橋地区	①	・出水により約10cm低下したが、その後土砂が堆積して上昇 ・マトリクスが縮小しマトリクス'が拡大
		②	・左岸、右岸の低水路と高水敷の境界が2m程度侵食 ・土砂堆積範囲が拡大、堆積厚も増加

※①:1998年9月出水による変化

②:1999年8月出水による変化

表 3-2-4 洪水による植生の変化(千曲川)

河川	地 区	出水	変 化 内 容
千 曲 川	屋島橋地区	①	・植物群落の分布はほとんど変化していない。
		②	・出水後の翌年からオオイヌタデ群落が増大
	関崎橋地区	①	・オオイヌタデ、クサヨシ群落の範囲が減少、ツルヨシ群落の範囲が増大
		②	・調査中止
	冠着橋地区	①	・大部分の植生が消滅したが、ツルヨシ群落が残存して群落範囲を増大
		②	・出水後の翌年からヌスビトハギが群落範囲を増大
	鼠橋下流地区	①	・未調査
		②	・出水後オオイヌタデ群落が増大
	鼠橋中流地区	①	・低水路側に繁茂していた植生が消滅、陸地側はヨシ、クサヨシ群落が増大
		②	・調査中止
	鼠橋上流地区	①	・未調査
		②	・未調査
	上田橋地区	①	・カワラヨモギ、シナダレスズメガヤ群落の範囲が若干縮小
		②	・クサヨシ、オオイヌタデ群落が増大

※①:1998年9月出水による変化
 ②:1999年8月出水による変化

3. 3 調査項目

植物群落の種類の変化や地形の変化は、数m単位で起こっていることが少なくなく、また植生発達の初期段階においては、種子が定着したマイクロハビタットの環境条件が重要となる。したがって植物群落の発達過程やその基盤となる地形変化について定量的な知見を得るためには、少なくとも数m単位の空間スケールで変化を捉える必要があると考えられる。

本調査の目的のためには、このスケールで植生繁茂状況や地形状況の面的分布を調査して、2つの調査結果を重ね合わせて分析することが理想であるが、非常に大きな労力と時間を必要とする。

そこで本調査では、①各地区にそれぞれ数本のベルト・トランセクト（調査範囲の任意方向にひかれたある幅を持つ線）を設けて、そのラインに沿って詳細な調査を集中的に行う調査（ベルト調査）と、②もう少し大きなスケールで植生図を作成して、各地区の調査範囲内における、すべての植生繁茂状況を面的に捉えるための調査（植生マップ調査）を行った。（図 3-3-1 参照）

両調査の情報は、前者が植生の種類の変化や地形の変化を詳細に分析すること適しており、後者が面的な植生の繁茂状況の変化を分析することに適していると考えられる。つまり、この2つの調査結果を重ね合わせるにより、植物群落の繁茂状況やその基盤となる地形条件、植物群落の面的な広がりを定量的に把握することが可能になると考えられる。

なお、この調査は、平成9年から平成14年の秋まで継続して調査を行っており、各年それぞれ夏と秋の2回を基準として調査を行った。ただし、出水により河道地形の変化、植物群落範囲に大きな変化が生じた場合は、洪水後に追加調査を行った。

ただし、時間的な制約から分析の対象としたのは、平成9年から平成13年秋までのデータである。

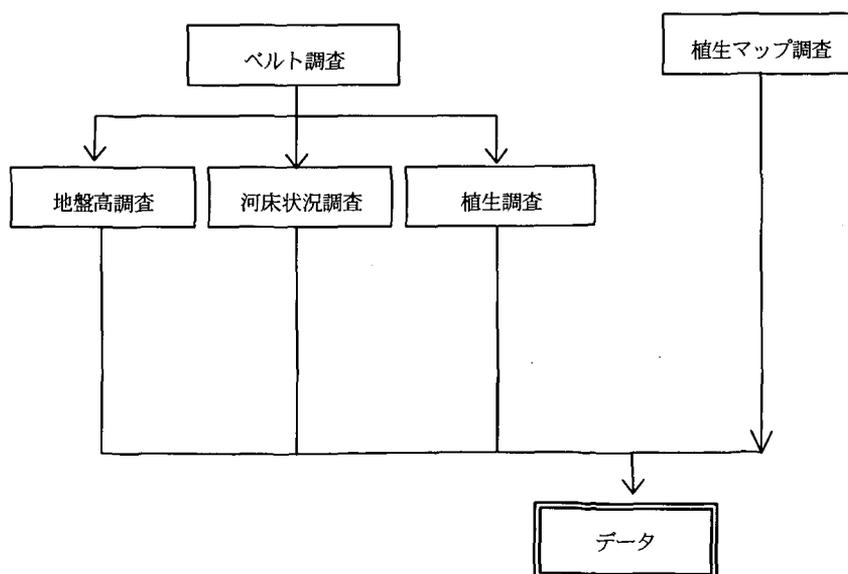


図 3-3-1 調査項目のフロー

3. 4 調査方法および調査位置

3.4.1 ベルト調査の内容

ベルト調査は、地盤高の情報を収集するための地形調査、地表状態や表層細粒土層厚の情報を収集するための河床状況調査、植生の種類や植被状況の情報を収集するための植生調査の3つの調査からなる。

調査測線は、初期の調査では植生の繁茂状態や地形状況を勘案して設定した。その後の調査では、各種情報の経年変化を把握するために基本的に同位置の測線を用いたが、出水などにより地形が大きく変化し調査測線が消失した場合には、平面上の同位置（標高は新規）で調査を行うか、新規に植物群落が拡大しそうな場所に調査測線を設置し直して調査を行った。そのため平成9年から平成13年まで継続して調査できた測線と出水ごとに移動した測線もある。

(1) 地形調査

地形調査では調査測線に沿って砂州の地形測量を行った。その際に河道内設置の調査基準標および距離標を標高の基準として用いた。測線上の測定間隔は1mピッチを標準とするが、図3-4-1に示すようにそのピッチの間に細粒土砂・巨礫・流木等があり、明らかに地形が変化する場合には、1mピッチを補完する形でその形状が明確になるように測定した。

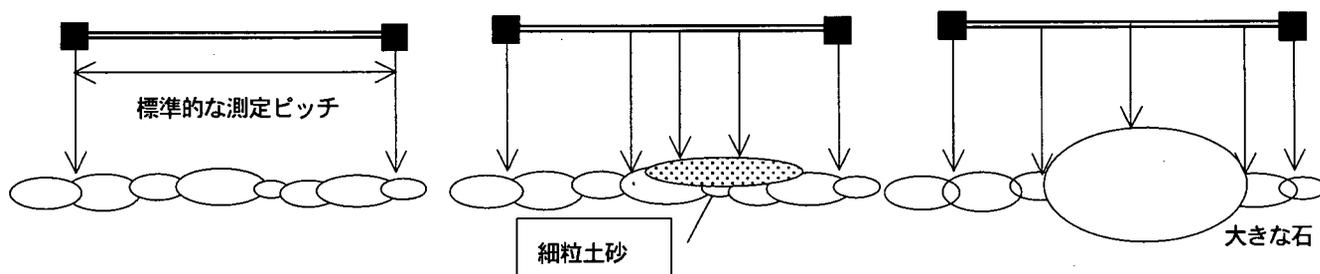


図 3-4-1 標高の測定方法

(2) 河床状況調査

河床状況調査では、地形調査の調査測点において、図3-4-3に示す4タイプの地表状態を判断した上で、調査測点と調査測点間の表層細粒土層の変化点で、図3-4-2に示す方法で検土杖により表層細粒土層厚を計測した。ただし、地表状態が透礫層の場合には、表層細粒土層厚の測定は行っていない。

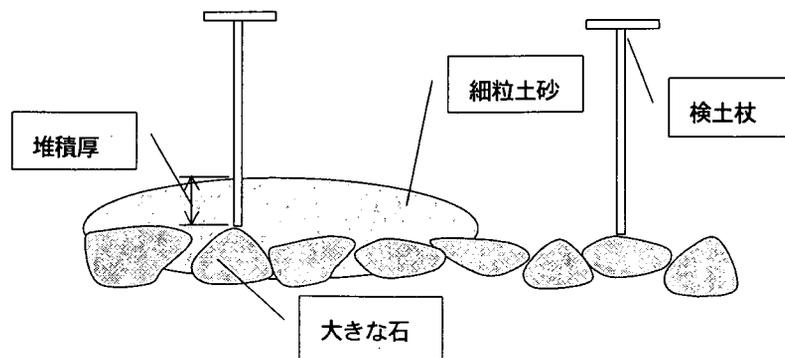


図 3-4-2 表層土層厚の測定方法

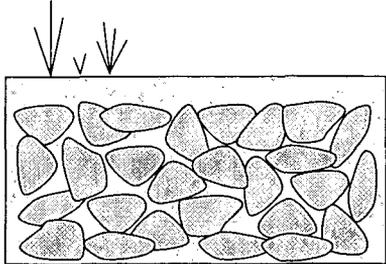
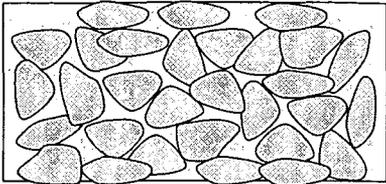
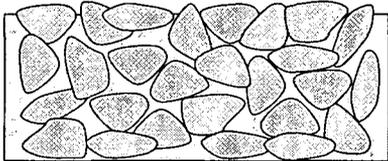
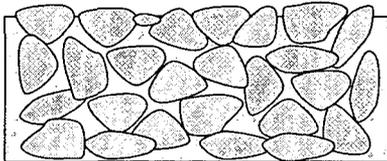
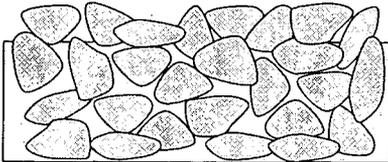
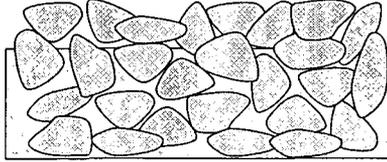
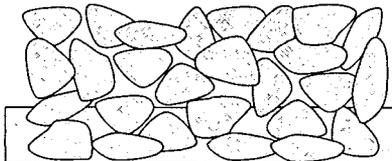
a. 表層細粒土層	
<ul style="list-style-type: none"> ・表面に土壌が堆積する。植生が生育する場合もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面に細粒成分が堆積し、礫がほとんど見えない。 
b. マトリクス	
<ul style="list-style-type: none"> ・充填物質が表面から確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面に充填物質が現れていないが、最表層の礫間に存在する。 
c. マトリクス'	
<ul style="list-style-type: none"> ・表層の礫を1層除去すると、充填物質が確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面の礫を1層除去すると、表面には見えないが、充填物質が礫間に存在する。 
d. 透礫層	
<ul style="list-style-type: none"> ・最表層から礫を2層除去しても細粒成分を含む礫間の充填物質が確認できず、透水層を形成している。 	

図 3-4-3 地表材料の状態の分類

(3) 植生調査

地形調査の調査測点ごとに、その測点を中心とする1辺1mの正方形のコドラートを設置し、その範囲の植物の状態について調査して分類した。

- a) 裸地：植物が生えていない場合は〔裸地〕と記録
- b) まばら：植物がまばらに繁茂（植被率が10%を超える種がない）していた場合、その植物種
- c) 群落：植物群落形成されていた場合、その群落の種類

次に、表3-4-1に示すとおり植被状況に応じて、各植物群落を構成する主要な植物種および群落全体の面積当たりの被度%（植被率%）をそれぞれ測定した。なお、植被率の判定においては、調査地点を中心として調査地点間の間隔を1辺とする正方形を調査枠とした。

ここに、調査対象とする「主要な植物種」とは、以下a)～c)の全ての項目を指している。

- a) 全ての木本植物種
- b) 群落内で上位2番目までの植被率を持つ草本植物
- c) 群落内で10%以上の植被率を持つ草本植物種

表 3-4-1 植生ベルト調査の調査項目

植被状況	植物種の記録
(a) 裸地 植物が生えていない場合	—
(b) まばら 植物がまばらに繁茂していた場合	生育種とその個体数
(c) 群落 植物群落形成されていた場合	a) 全ての木本植物とその個体数（もしくは被度） b) 群落内で上位2番目までの植被率を持つ草本植物 c) 群落内で10%以上の植被率を持つ草本植物

3.4.2 植生マップ調査の内容

植生マップ調査では、調査範囲内の植生マップを作成した。作成にあたっては、GPS（総合測地装置）を用いて群落境界、水際線、地被状態の境界を測定した。また裸地範囲にまばらに生えた草本植物（主にツルヨシ）および草本群落範囲にまばらに生えた木本類（主にハリエンジュ）については、個別に位置を記録した。

さらに、草本植生などで群落が混成しており、群落境界を明確に線引きできない場合においては、明確に線引きできるまで範囲（例えばツルヨシとクサヨシが混じっていれば、ツルヨシ・クサヨシ混成群落とした）を広げて、その範囲内の代表的な植生種の調査と、それらの構成割合を調べた。

3.4.3 調査位置

千曲川と多摩川での調査地区の位置図を図 3-4-4 に示す。多摩川の調査地区は、羽村大橋地区と永田橋地区の 2 地区である。千曲川の調査地区は、屋島橋地区、関崎橋地区、冠着橋地区、鼠橋下流地区、鼠橋中流地区、鼠橋上流地区、上田橋地区の 7 地区で広範囲にわたっている。

各地区では、表 3-4-2、図 3-4-5 および写真 3-4-1 に示す位置において、ベルト調査に必要なベルト・トランセクトを設けている。(写真に示すスケールは目安として記述したもので正確なものではない。)ベルト・トランセクトの設定に際しては、平面地形図や植生図さらに現地踏査結果を踏まえ、周囲の河道・植生状況も把握し、ベルト・トランセクト沿いの分析が局所的な偏った情報に基づくものではなく、各地区を代表するものになるように留意した。それでも不十分な場合には、ベルト・トランセクト外についても補完的調査を行った。

また、植生マップ調査の範囲は、各地区ごとにベルト・トランセクトが包括でき、かつ調査地区を代表するような範囲を設定した。

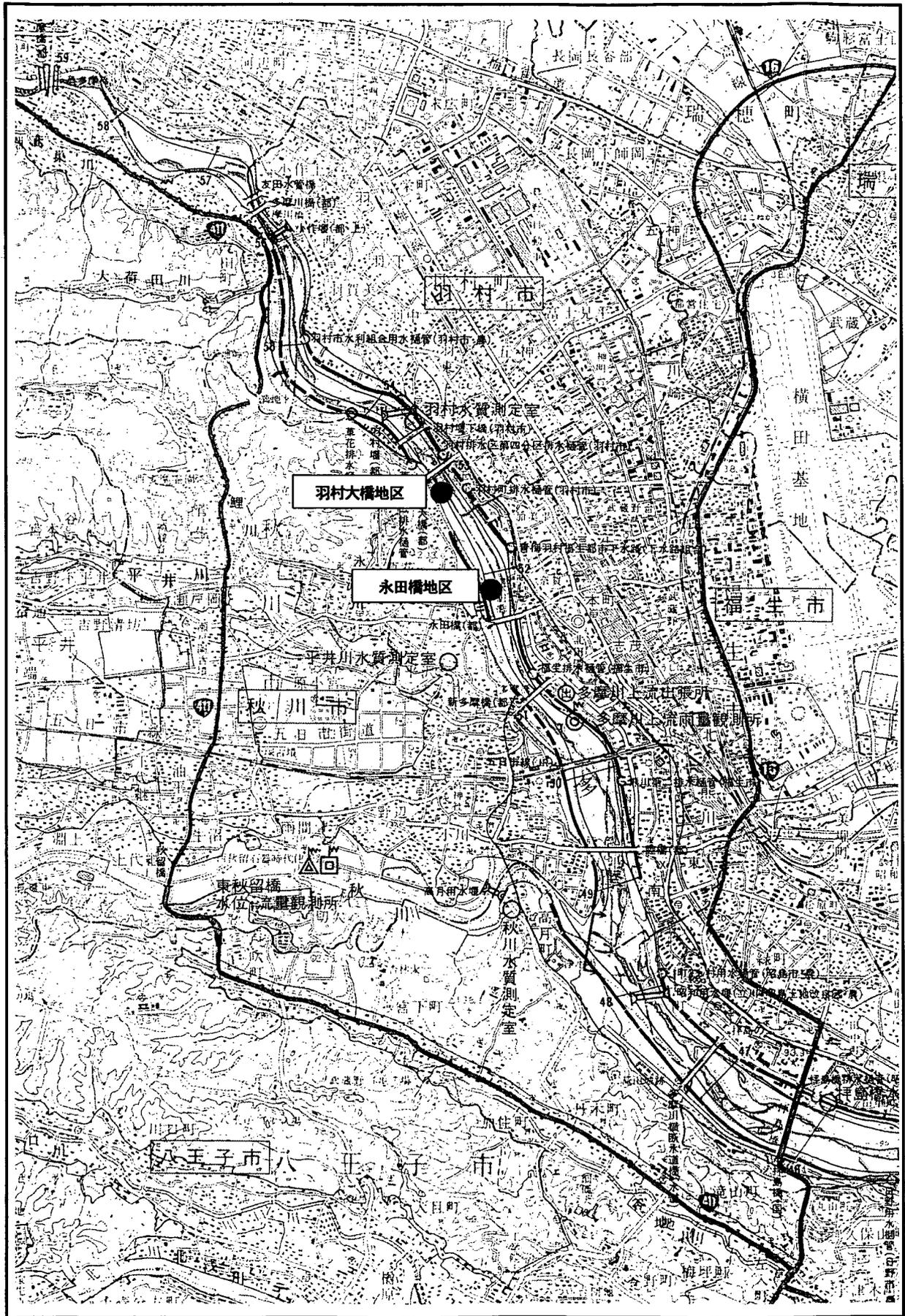


図 3-4-4(1) 調査位置図 (多摩川)

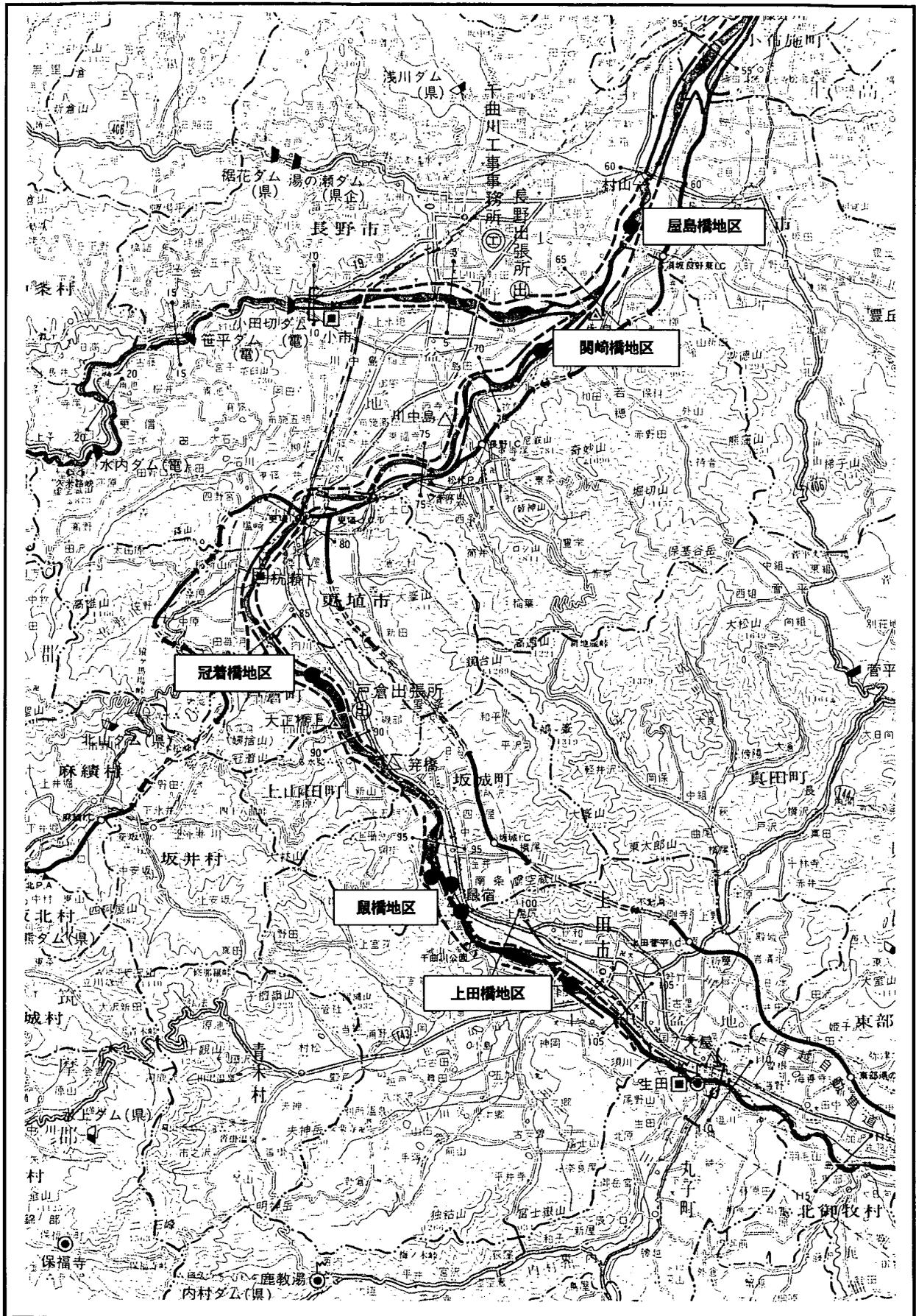


図 3-4-4 (2) 調査位置図 (千曲川)

表 3-4-2(1) ベルト調査の調査実施時期 (多摩川)

河川名	地 区 位 置	粒 径 河床勾配	調査年 測線名	年度											
				9		10			11			12		13	
				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩		
多摩川	永田橋地区 52.0km 付近(左岸)	$d_{50}=5\text{cm}$ $I=1/250$	TS1-1S				●	●	●	●	●	●	●	●	
			TS1-2S				●	●	●	●	●	●	●	●	
			TS1-3S				●	●	●	●	●	●	●	●	
			TS1-4S							●	●	●	●	●	
			TS1-5S							●	●	●	●	●	
			TS1-6S							●	●	●	●	●	
			TS1-7S							●	●	●	●	●	
			TS1-8S							●	●	●	●	●	
			TS1-11S		●										
			TS1-34S		●										
			TS1-36S		●										
			TS1-1V				●	●	●						
			TS1-2V				●	●	●						
			TS1-3V				●	●	●						
			TS1-4V				●	●	●						
			TS1-5V				●	●	●						
			TS1-5V'							●	●	●	●		
	TS1-9V		●												
	TS1-11V		●												
	TS1-34V		●												
	羽村大橋地区 52.7km 付近(左岸)	$d_{50}=5\text{cm}$ $I=1/250$	TS2-17S		●		●	●	●	●	●	●	●		
TS2-19S									●	●	●	●			
TS2-25S				●		●	●	●	●	●	●	●			
TS2-25V				●		●	●	●							

調査年 ①・・・1997年11月 ②・・・1998年8月 ③・・・1998年11月 ④・・・1999年7~8月
 ⑤・・・1999年9~10月 ⑥・・・1999年11月 ⑦・・・2000年7~8月 ⑧・・・2000年9~10月
 ⑨・・・2001年6~7月 ⑩・・・2001年9~11月

d_{50} =河床材料代表粒径

I=河床勾配

※河床材料代表粒径と河床勾配については「多摩川の総合研究」「千曲川の総合研究」から適用
 ※網掛け部分は、植生マップを実施した地区と時期を表している。

表 3-4-2 (2) ベルト調査の調査実施時期 (千曲川)

河川名	地 区 位 置	粒 径 河床勾配	調査年 測線名	年 度																			
				9		10		11		12		13											
				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩										
千曲川	屋島橋地区 62.0km 付近(左岸)	$d_{50}=2.2\text{cm}$ $l=1/1000$	CS1-2S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
			CS1-4S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			CS1-6S	●	●	●	●	●	●														
			CS1-1V										●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			CS1-2V				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
			CS1-2V'	●	●	●																	
			CS1-4V	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
			CS1-7V				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	関崎橋地区 68.0km 付近(左岸)	$d_{50}=3.6\text{cm}$ $l=1/1064$	CS2-2S		●	●																	
			CS2-4S		●																		
			CS2-2V		●	●																	
	冠着橋地区 86.5km 付近(左岸)	$d_{50}=3.0\text{cm}$ $l=1/347$	CS3-3S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			CS3-4S				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			CS3-1V	●	●	●																	
			CS3-4V	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
			CS3-5V				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	鼠橋下流地区 97.0km 付近(左岸)	$d_{50}=2.6\text{cm}$ $l=1/213$	CS4-3S					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			CS4-4V					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	鼠橋中流地区 97.0km 付近(右岸)	$d_{50}=2.6\text{cm}$ $l=1/213$	CS4-23S		●	●																	
			CS4-21V		●	●																	
	鼠橋上流地区 97.5km 付近(左岸)	$d_{50}=2.6\text{cm}$ $l=1/213$	CS4-1S				●																
			CS4-2S				●																
			CS4-1V				●																
			CS4-2V				●																
			CS4-3V				●																
			CS4-1S'											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
			CS4-1V'											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
			CS4-2V'											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	上田橋地区 104km 付近(左右岸)	$d_{50}=4.7\text{cm}$ $l=1/190$	CS5-1S		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			CS5-2S		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
			CS5-3S		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
			CS5-4S		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CS5-1V				●	●																		
CS5-2V				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CS5-3V						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CS5-4V						●																	

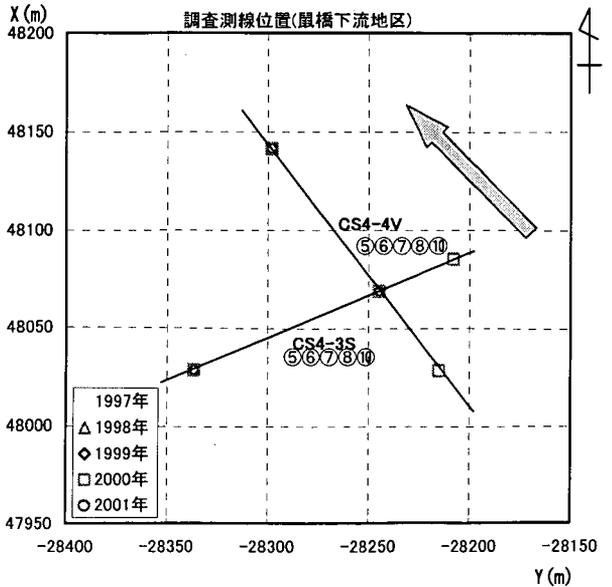
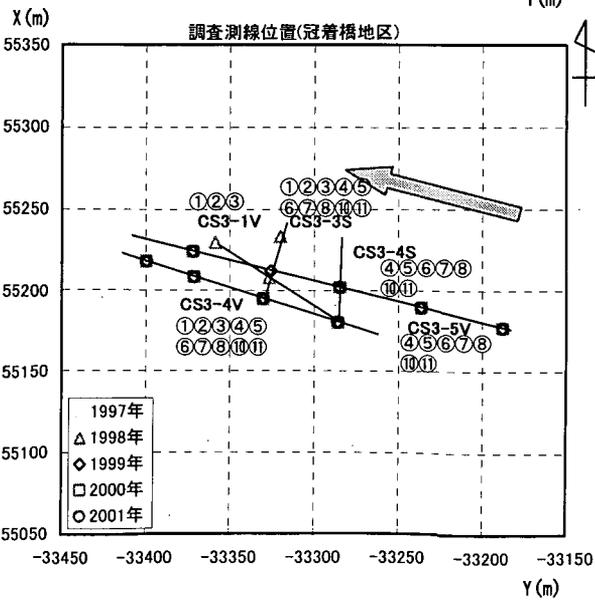
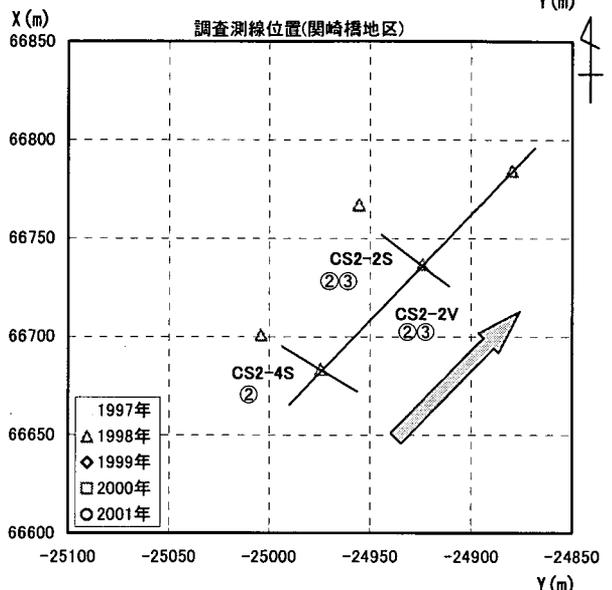
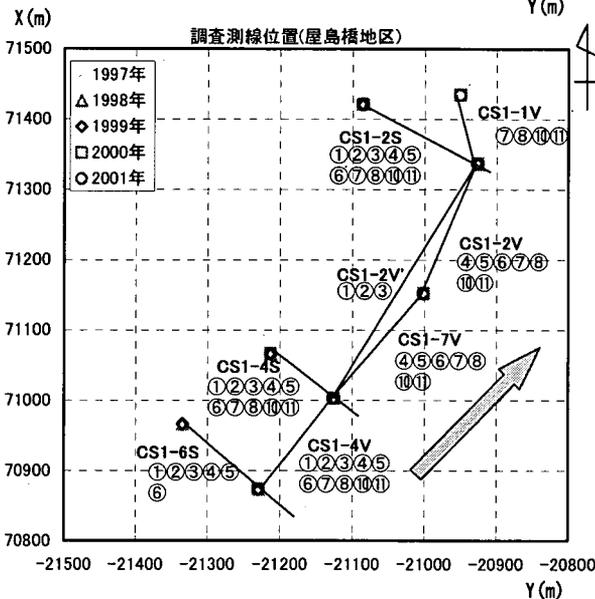
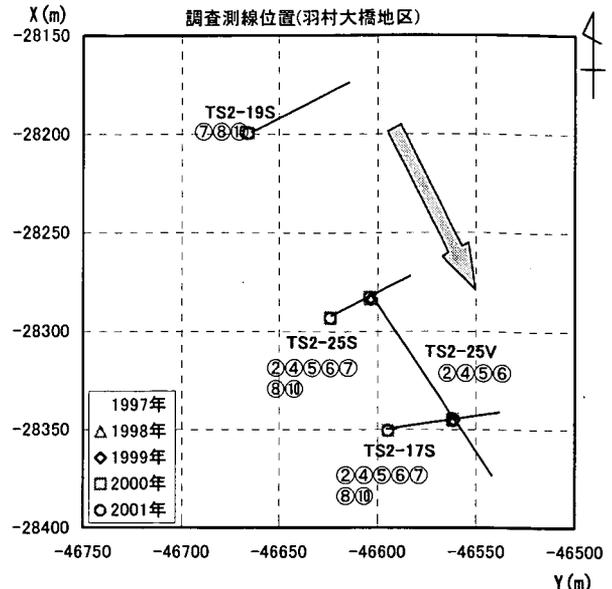
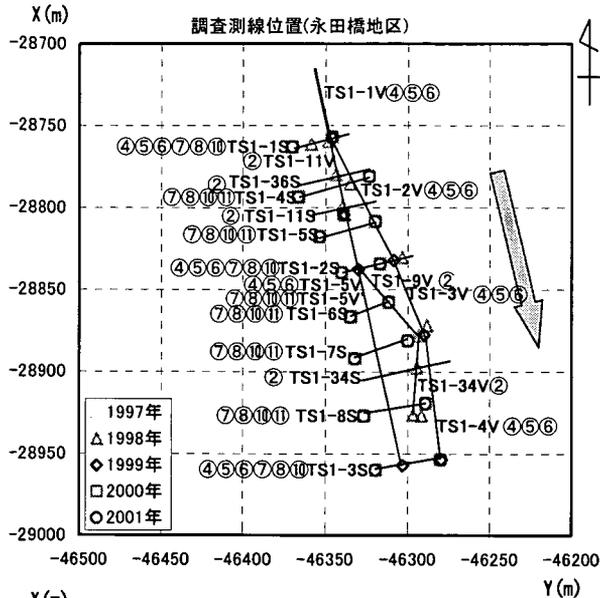


図 3-4-5 (I) ベルト・トランセクト位置図 (その 1)

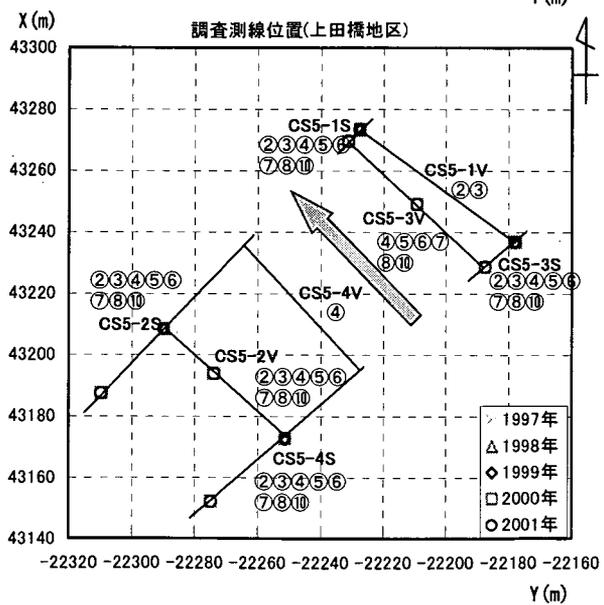
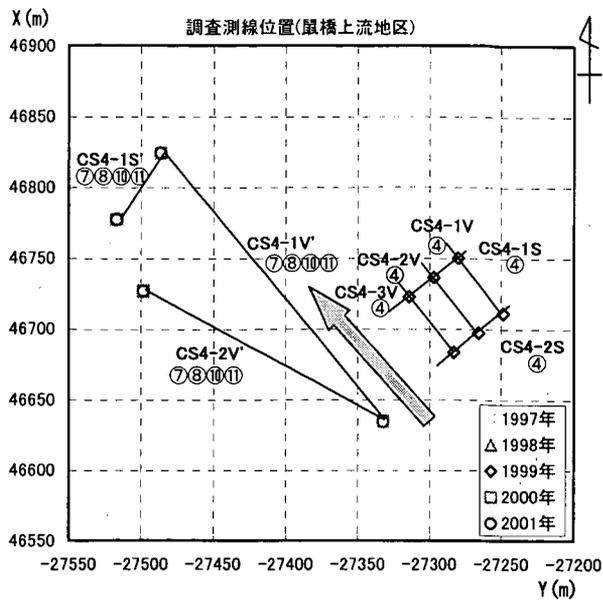
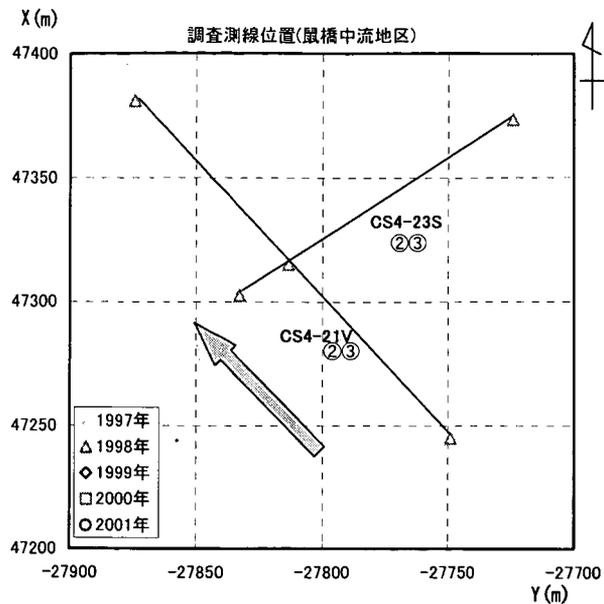
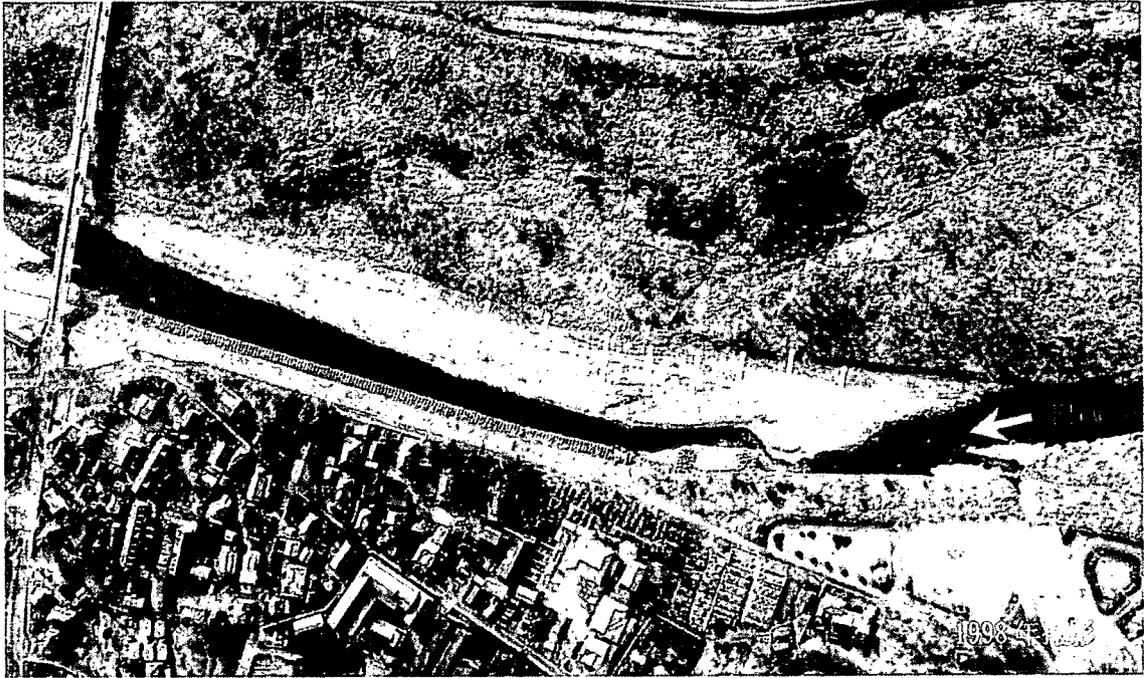


図 3-4-5 (2) バルト・トランセクト位置図 (その 2)

永田橋地区 (S=1/4,000)



羽村大橋地区 (S=1/4,000)



写真3-4-1(1) ベルト・トランセクト位置の航空写真(多摩川)

屋島橋地区 (S=1/10,000)



関崎橋地区 (S=1/5,000)



写真 3-4-1(2) ベルト・トランセクト位置の航空写真 (千曲川その1)

冠着橋地区 (S=1/5,000)



鼠橋下流地区 (S=1/10,000)



写真3-4-1(3) ベルト・トランセクト位置の航空写真(千曲川その2)

鼠橋中流地区 (S=1/5,000)



鼠橋上流地区 (S=1/10,000)

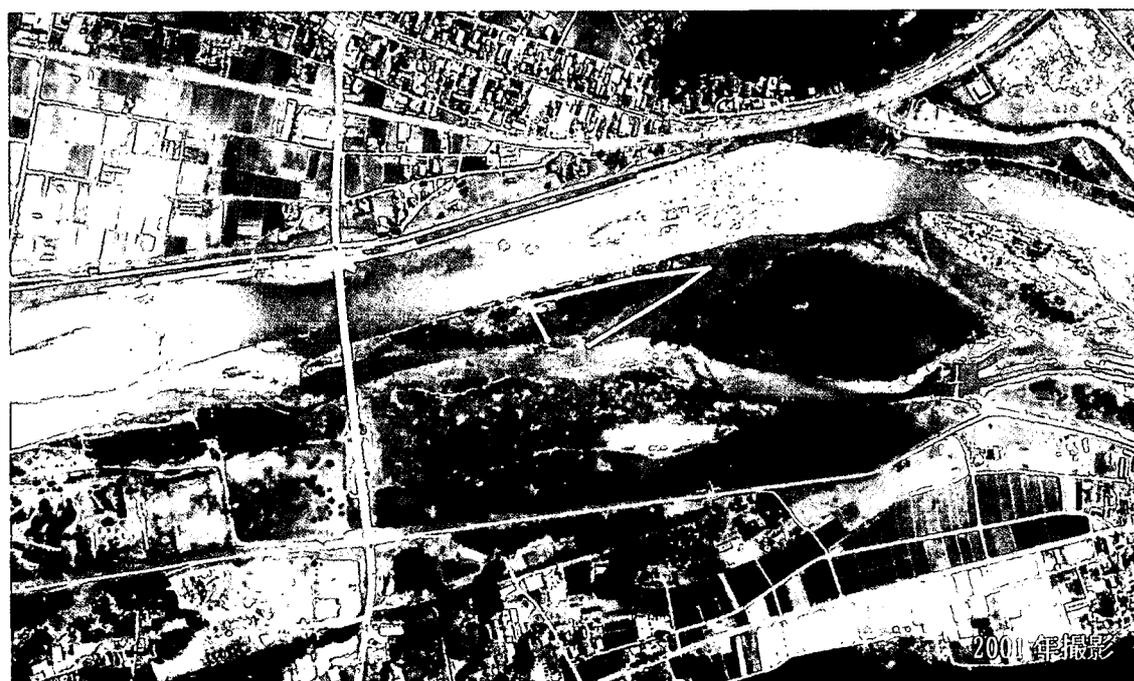


写真 3-4-1(4) ベルト・トランセクト位置の航空写真 (千曲川その3)

上田橋地区 (S=1/5,000)

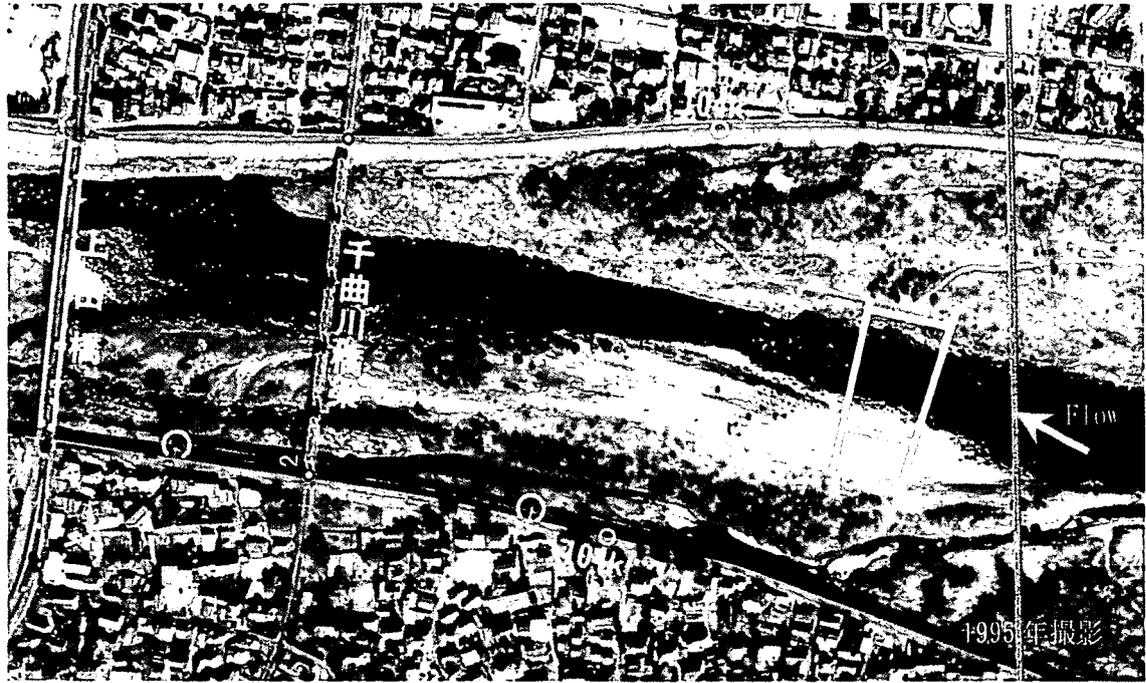


写真 3-4-1(5) ベルト・トランセクト位置の航空写真 (千曲川その4)

第4章 植物群落タイプの分類

4.1 植物群落タイプの分類の概要

洪水によって生じる地形変化をきっかけとした植物群落の出現・遷移状況を推定するには、2.3節で述べたように、植物群落を分類しておくことが有用な情報となる。李や服部らは、表層細粒土層厚や比高などの立地条件との関係によって、植物群落をⅠ型（比高によらず表層細粒土層厚の薄い場所に生育するタイプ）・Ⅱ型（Ⅰ型とⅢ型の間中間的な特徴を有するタイプ）とⅢ型（比高が50~100cm以上で表層細粒土層厚が数cm以上の場所に生育するタイプ）の3つのタイプに分類できることを明らかにしている。ただしⅠ型とⅡ型は、表層細粒土層の厚さにしか差異が見られず、データ不足などの理由から明確に区分するまでには至っていない。また、2.2節で述べたように、河原上の植物群落の遷移は、河川特有の自然環境のもとに生じていることから、立地条件と植生の関係だけでなく、洪水後どの時期に萌芽してどの程度の期間群落を形成しつづけるか、洪水に対してどの程度抵抗力があって土砂を堆積させるかという視点を付け加えて分類を行う必要がある。

以上のことから、本章では、これまでの植生関連の研究成果で得られた知見などを参考にしながら、①洪水後における出現・遷移状況、②立地条件、③洪水に対する抵抗力、④堆砂能力の4つの視点から植物群落を分類することを試みた。なお、植物群落の分類においては、1997年から2001まで継続的に行われてきた植生ベルト・トランセクト調査のデータを用いた。

4.2 検討対象植生

植物群落のタイプ分類にあたっては、多摩川・千曲川における各ベルト測線上の植生数を集計した上で、各植生の構成割合が全体に対して1%以上の植生（以下、これを優占種植生と呼ぶ。）を対象とした。

なお、各植生の構成割合は、多摩川が1999年8月と2001年9月に、千曲川が1998年8月と1999年8月に、洪水（大きなインパクト）によって調査範囲の植物群落の大部分が流失したことから、図4-2-1に示すとおり、洪水を境に対象期間を区分した。対象期間は、大きな洪水が起こっていない期間を“安定期”、洪水後からの遷移期間を“遷移期”と呼ぶことにした。

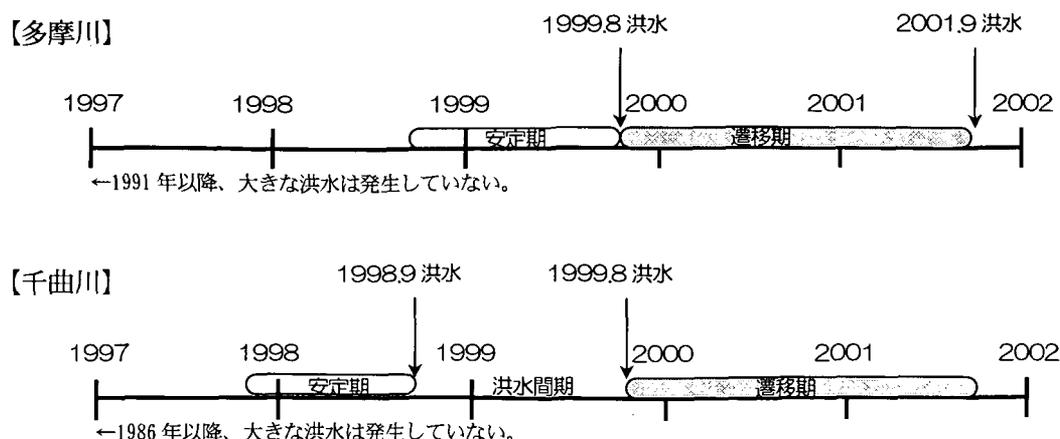


図4-2-1 河川別の検討対象期間

①多摩川の優占種植生

多摩川における優占種植生を抽出して整理したものを、表 4-2-1 および図 4-2-3 に示す。

安定期および遷移期においても、ツルヨシ・ススキ・オニウシノケグサ・オオイヌタデが優占種の上位を占めていた。遷移期はセイタカアワダチソウとメドハギが少なくなり、オオアレチノギク・ヨシ等の構成割合が増加した。河原固有種であるカワラノギクの割合は、洪水前後に関係なく 0.1%以下であり、他の植物群落に比べると極めて少なかった。

表 4-2-1 河川別優占種の割合 (多摩川)

1998.8-1999.8 (安定期)			1999.8-2001.9 (遷移期)		
順位	種類	割合(%)	順位	種類	割合(%)
1	ツルヨシ	55.3	1	ツルヨシ	27.0
2	ススキ	19.9	2	ススキ	10.2
3	オニウシノケグサ	6.8	3	オニウシノケグサ	6.6
4	オオイヌタデ	4.6	4	オオイヌタデ	5.5
5	ヨモギ	2.2	5	オオアレチノギク	5.1
6	セイタカアワダチソウ	1.9	6	ヨシ	4.9
7	メドハギ	1.4	7	ヒメカシヨモギ	4.3
8	ヒメカシヨモギ	1.1	8	ネズミムギ	4.3
9	イタドリ	1.1	9	オランダガラシ	3.6
—	その他	5.7	10	チガヤ	2.8
			11	オキ	2.2
			12	クズ	1.8
			13	メヒシバ	1.4
			14	ヨモギ	1.3
			15	マルバヤハスソウ	1.3
			16	イタドリ	1.3
			17	エノコログサ	1.2
			18	クサヨシ	1.1
			—	カワラノギク	0.07
			—	その他	13.8

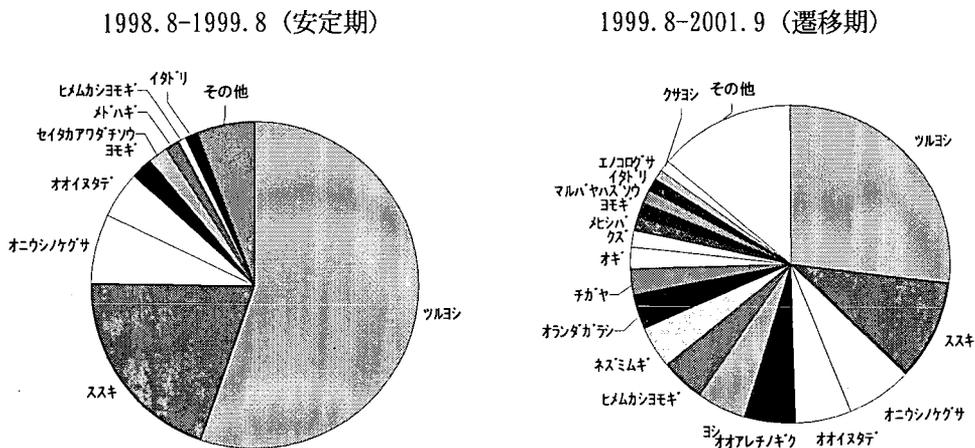


図 4-2-2 河川別優占種グラフ (多摩川)

②千曲川の優占種

千曲川における優占種を抽出して整理したものを、表4-2-2および図4-2-3に示す。

安定期から遷移期では、優占種の種類が大きく変化していた。安定期においては、メヒシバ・イヌタデ・ヤナギタデ等が上位を占めていたが、洪水間期はツルヨシ・クサヨシ・オニウシノケグサ・シナダレスズメガヤ等が上位を占めるようになった。さらに1999年8月の洪水によって、調査範囲の大半が裸地化されたことから、裸地に萌芽したオオイヌタデ・メヒシバ等が上位に加わった。また、河原固有種は、カワラヨモギが数%を占めるものの、その他のカワラナデシコ・カワラアカザ等は1%以下であり、多摩川と同様に数が極めて少ない。

表4-2-2 河川別優占種の割合（千曲川）

1997.8-1998.8（安定期）

順位	種類	割合(%)
1	メヒシバ	14.9
2	イヌタデ	13.4
3	ヤナギタデ	7.7
4	クワモトキ	7.4
5	ヨモキ	6.5
6	ヒメムカシヨモキ	6.4
7	ヨシ	6.0
8	シナダレスズメガヤ	5.9
9	ツルヨシ	5.4
10	オオイヌタデ	5.0
11	アメリカセンダングサ	4.5
12	クサヨシ	3.6
13	カワラヨモギ	2.5
14	アレチマツヨイグサ	1.9
15	アカザ	1.0
—	その他	8.0

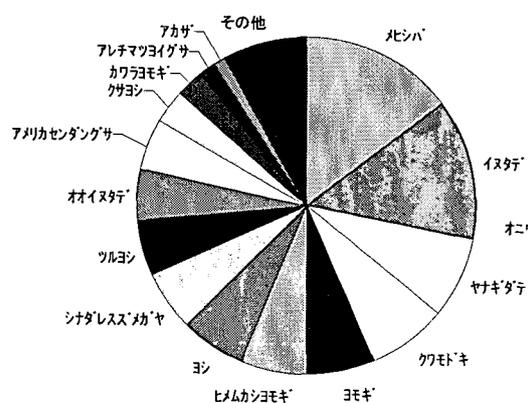
1998.8-1999.8（洪水間期）

順位	種類	割合(%)
1	ツルヨシ	28.5
2	クサヨシ	20.7
3	シナダレスズメガヤ	17.4
4	オニウシノケグサ	14.5
5	オオイヌタデ	5.9
6	ヨシ	3.5
7	ヨモキ	3.2
8	オナモミ	1.1
9	クワモトキ	1.0
—	カワラヨモギ	0.8
—	その他	3.3

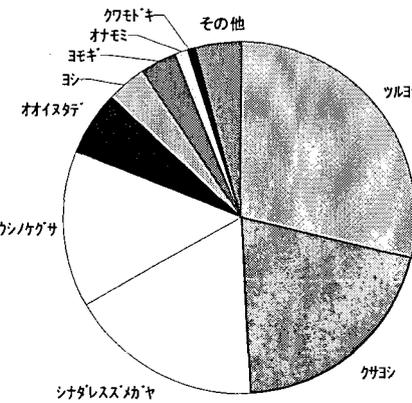
1999.8-2001.9（遷移期）

順位	種類	割合(%)
1	オオイヌタデ	21.2
2	ツルヨシ	12.1
3	オニウシノケグサ	7.8
4	クサヨシ	7.8
5	メヒシバ	6.9
6	ヒメムカシヨモキ	5.4
7	ヨモキ	3.4
8	シナダレスズメガヤ	2.7
9	カセクサ	2.2
10	シロバナシナカワハキ	1.7
11	トハキ	1.7
12	マツヨイグサ	1.6
13	ヌスビトハキ	1.4
14	カワラヨモギ	1.2
15	オキ	1.2
16	クワモトキ	1.0
17	シロサ	1.0
18	ヨシ	1.0
19	マルバハキ	1.0
20	カモカヤ	1.0
—	カワラナデシコ	0.4
—	カワラアカザ	0.1
—	その他	16.2

1997.8-1998.8（安定期）



1998.8-1999.8（洪水間期）



1999.8-2001.9（遷移期）

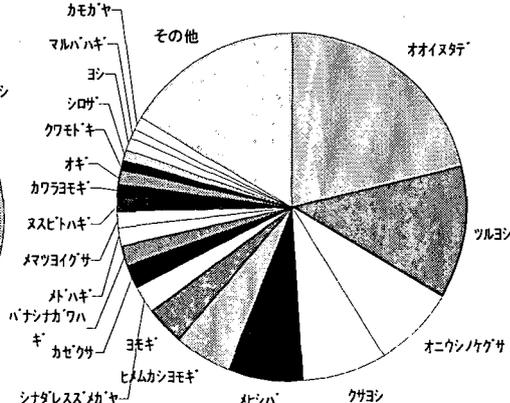


図4-2-3 河川別優占種グラフ（千曲川）

4. 3 植物群落タイプの分類方法

本節では、4. 1節で述べたように①洪水後における出現・遷移状況、②立地条件、③洪水に対する抵抗力、④堆砂能力の4つの項目ごとに植物群落の分類を行った。

4.3.1 洪水後における植生の出現・遷移状況

植生は、洪水によって裸地化された場所に先駆的に侵入して群落を形成するものや、他の植物群落が形成している場所に侵入して群落を拡大していくものなど様々な形態で群落を形成していく。

ここでは、植物群落が出現して消滅あるいは安定するまでの状況を、出現時期・出現時の形態・遷移状況の3つの視点から整理して植生の分類を行った。分類にあたっては、まず多摩川・千曲川ともに1999年8月洪水によって調査範囲の大半が裸地化していることから、1999年8月を出発点として、それ以降のベルト・トランセクトデータを時系列的に重ね合わせて、4. 2節で選定した遷移期の優占種の植生毎に遷移状況などを整理した。

両河川について、植生毎の出現時期・出現時の形態・遷移状況をバーチャート形式で整理したものを各々表4-3-1と4-3-2に示す。なお、表に示すバーは、多摩川・千曲川ともに、数カ所設けられている調査範囲ごとに各植生の遷移状況を数値化（例えば、オオイヌタデからツルヨシに変化した調査地点数/調査総地点数）して平均したものの中から割合の大きなものに着目して描いたものである。

また、ベルト・トランセクトのデータは洪水後2年間しかないため、安定期に繁茂しているか、又は洪水後2年目に残存しているかなどを判断して、洪水後2年以降も残る可能性がある植生は、表中において破線で示している。

(1)多摩川について

洪水後1年未満に植物群落を形成するものは、オオイヌタデなど8種である。これらの内、ヨシ・クズが洪水直後残存したツルヨシやススキに侵入して群落を形成する以外、他の植生は裸地から出現している。またヨモギを除く他の植生は、洪水後2年以内に、ツルヨシ・ネズミムギ・マルバヤハズソウなどの他の植生に遷移するか、又は裸地化して完全に消滅している。

洪水後1～2年の間に群落を形成するものは、オギ・チガヤなど7種である。これらの内、ススキから遷移してきたオギ・チガヤ・オニウシノケグサは洪水後2年以降も残存している（オニウシノケグサは一部の群落がネズミムギに遷移しているが群落の大部分は残存している）が、主に裸地から出現したネズミムギ・ヒメムカシヨモギ・マルバヤハズソウ・メヒシバの4種の植生は、洪水後2年以内に他の植生に遷移するか、又は裸地化して消滅している。

1999年8月洪水後も残存して群落を形成しているものは、イタドリ・ススキ・ツルヨシの3種である。これらのうちススキ以外の植生は洪水後2年以降も残存している。

※1…オオイヌタデ・エノコログサ・オオアレチノギクの出現については、これらの植生が2000年から新たに調査に加わったラインに多く観測されていることから、裸地から出現したのか、他の植生から遷移したものなのかが不明である。しかし、出現時期が洪水直後であるということと、後述する立地条件との関係から判断すると、これらの植生は裸地から出現したものである可能性が高いことから、2000年以前の植生データがない場合は裸地から出現するものとして取り扱っている。

※2…2001年9月の洪水によって、洪水後2年を経過する直前に大きな洪水の影響を受けているため、調査結果ではオオイヌタデ・

ツルヨシ・ネズミムギ・ヒメムカシヨモギ・マルバヤハズソウ・ヨモギが裸地化している。しかし、この調査結果が洪水による影響であると特定できるため、分類では、千曲川の調査結果を参考にツルヨシ・ヨモギが洪水後2年以降も残存するであろう植生として取り扱った。またこれらの植生は、1999.8以前の調査結果（1991年から約8年間大きな洪水の影響を受けていない期間）を見ても、優占植生として挙がっていることから残存する可能性が高い植生であると判断できる。

(2) 千曲川について

洪水後1年未満に植物群落を形成するものは、オオイヌタデなど14種である。これらの大半は裸地から出現しているが、ヨシ・カゼクサの2種については他の植生に侵入して群落を形成している。またヨモギ・カワラヨモギ・メドハギの3種を除く他の植生は、洪水後2年以内に他の植生へ遷移するか、又は裸地化して消滅している。

洪水後1～2年の間に群落を形成するものは、マルバハギ・シロバナシナガワハギ・シナダレスズメガヤの3種である。これらの内、シナダレスズメガヤは洪水後2年以降も残存しているが、それ以外の植生は最終的にツルヨシ・オニウシノケグサなどに遷移して消滅している。

1999年8月洪水後も残存して群落を形成しているものは、ツルヨシ・クサヨシ・オニウシノケグサの3種である。これらの植生は、洪水後1～2年の間にオオイヌタデなどの他の植生に侵入し群落を拡大させて、洪水後2年以降においても残存している。なお、オギ・メドハギについては、2000年から新たに加わったラインに出現したものであり、出現時期・出現時の形態を特定することはできなかった。

(3) まとめ

以上の両河川の各植生の遷移状況をまとめると、以下のとおりに分類できる。両河川の植生について、洪水後の出現・遷移状況の観点から分類して、まとめた結果を図4-3-1に示す。

1) 出現および拡大時期

植生が出現した時期および群落を拡大した時期を以下の2タイプに分類した。

- ①洪水後1年未満に先駆的に群落を形成するか、又は群落を拡大するもの。
- ②洪水後1～2年後に群落を形成、又は他の群落に侵入するなどして群落を拡大させるもの。

2) 出現時の形態

1)で分類した植生について、出現時の形態を以下の3タイプに分類した。

- ①洪水による地形変化によって、裸地化した場所に萌芽して群落を形成するもの
- ②他の植物群落から遷移して群落を形成するもの
- ③残存した植生によって群落を形成するもの

3) 遷移状況

1)で分類した植生について、他の植生に遷移し消滅した時期、又は安定植生域として洪水後2年以降も繁茂するかを分類した。

- ①洪水後1～2年未満で他の群落に遷移するか、又は群落を消滅・縮小するもの。
- ②洪水後2年以降も群落を形成するもの

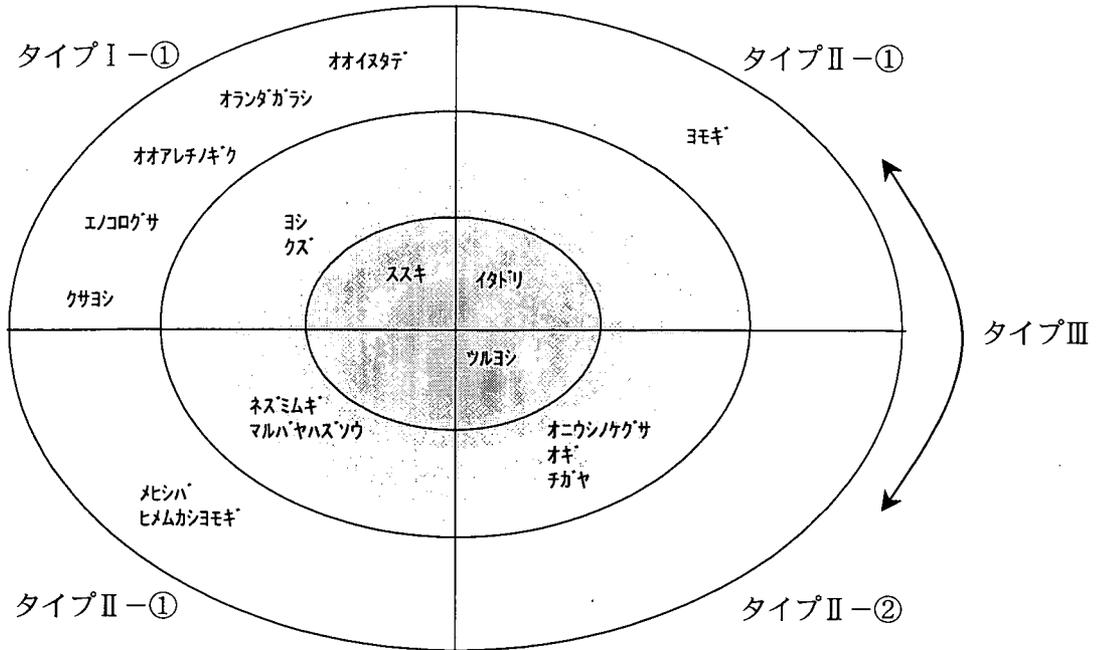
表 4-3-1 多摩川における植生別の出現・遷移状況

タイプ	植生種類	遷移状況		
		洪水後1年未満	洪水後1年～2年	洪水後2年以上以降
I	オオイヌダテ	※1 裸地に侵入	ワルヨシ・オオイヌダテ・オオハシクサに遷移	※2 裸地化
	エノコログサ	※1 裸地に侵入	ワルヨシに遷移	※2 裸地化
	オオアレチノギク	裸地に侵入	ワルヨシに侵入	※2 裸地化
	オランダガラシ	裸地に侵入	オオウツクサに遷移	ワルヨシに遷移
	クサヨシ	ワルヨシに侵入	ワルヨシに遷移	
	ヨシ	ワルヨシに侵入	ワルヨシに遷移	
	クサ	※1 裸地に侵入	オキ・オウツクサに遷移	オキ・オウツクサに遷移
	ススキ	残存	オキ・オウツクサに遷移	※2 裸地化
	オオミムキ	オウツクサ・裸地に侵入	オキ・オウツクサに遷移	※2 裸地化
	ヒメムカシヨモギ	裸地に侵入	裸地に侵入	※2 裸地化
②	マルバヤハスノコ	ワルヨシ・裸地に侵入	ワルヨシ・裸地に侵入	※2 裸地化
	ヒシバ	裸地に侵入	オオアレチノギクに遷移	
	ヨモギ	裸地に侵入	裸地に侵入	※2 裸地化 ※2 残存
	イタドリ	残存	裸地に侵入	残存
II	ツルヨシ	残存	裸地に侵入	※2 裸地化 ※2 残存
	オウツクサ	ススキに侵入	裸地に侵入	残存
	オキ	ススキに侵入	オウツクサに遷移	残存
III	オガヤ	オキに侵入	オキに侵入	残存
				群落を形成 ● 群落が消滅 ▲ 群落が拡大 ▼ 群落が縮小

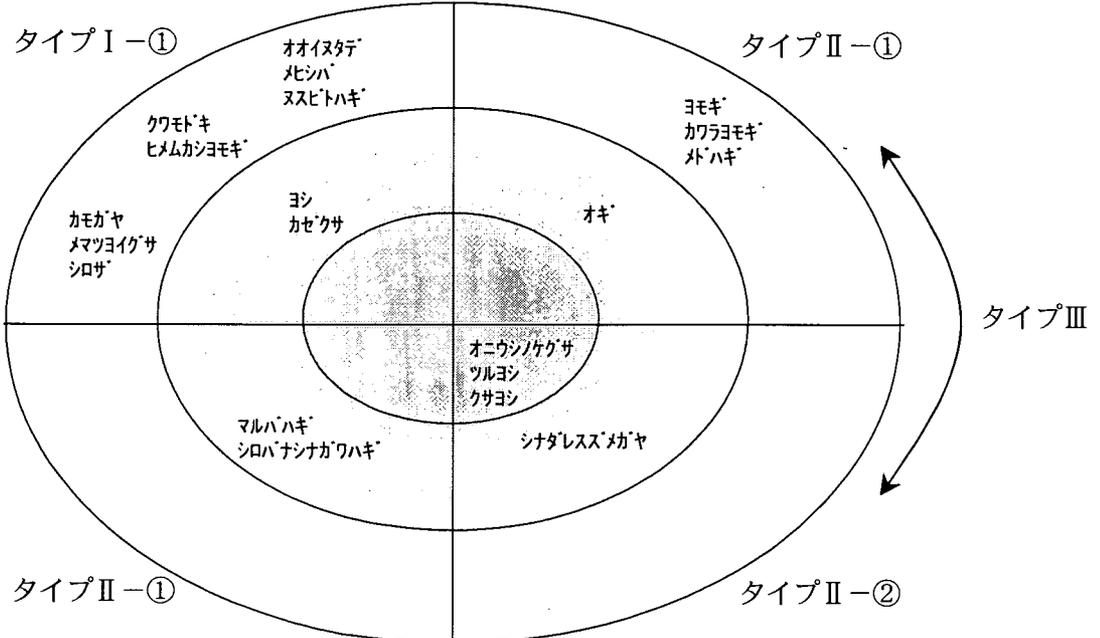
表 4-3-2 千曲川における植生別の出現・遷移状況

タイプ	植生種類	遷移状況		
		洪水後1年未満	洪水後1年～2年	洪水後2年以上以降
I	オオイヌダテ	裸地に侵入	ワルヨシ・オオイヌダテ・オオハシクサに遷移	裸地化
	ヒシバ	裸地に侵入	オオイヌダテに遷移・裸地化	裸地化
	ヒメムカシヨモギ	裸地・ワルヨシに侵入	オオイヌダテ・裸地に侵入	裸地化
	スズトハギ	裸地に侵入	マルバヤハス・オオイヌダテに遷移・裸地化	
	カモガヤ	裸地に侵入	オオイヌダテに遷移・裸地化	
	マツヨイグサ	裸地に侵入		裸地化
	シロサ	裸地に侵入	シロサ・オウツクサに遷移	
	クワモトキ	裸地に侵入	裸地化	
	ヨシ	ワルヨシに侵入	ワルヨシに遷移	
	カゼクサ	シナダレス・カヤに侵入	シナダレス・カヤ・オウツクサに遷移	
②	マルバヤハス	スズトハギに侵入	スズトハギに侵入	シロサ・オウツクサに遷移
	シロサ・オウツクサ	裸地に侵入	マルバヤハス・オオイヌダテに侵入	オウツクサに侵入
	ヨモギ	裸地に侵入	シロサ・オウツクサに侵入	残存
	カラヨモギ	裸地に侵入	裸地に侵入	残存
II	オハギ	不明	不明	残存
	ツルヨシ	残存	オオイヌダテ・ヨシに侵入	残存
	クサヨシ	残存	オオイヌダテに侵入	残存
III	オニウツクサ	残存	オニウツクサに侵入	残存
	シナダレス・カヤ		カヤに侵入	残存
	オキ	不明	不明	残存
				群落を形成 ● 群落が消滅 ▲ 群落が拡大 ▼ 群落が縮小

多摩川の分類



千曲川の分類



凡例 1 出現又は拡大時期

凡例 2 出現時の形態

凡例 3 遷移状況

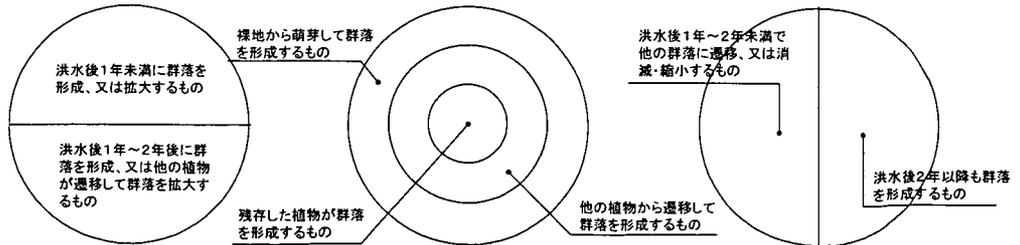


図 4-3-1 植生の出現および遷移状況による植生分類

4.3.2 植生繁茂の立地条件

2. 3節でも述べたとおり植生の分布は、立地条件（たとえば、(微)地形特性、地下水位からの比高、冠水頻度、水面からの比高、土壌、河床材料など）と密接な関係を持っていることは知られており、この中でも、特に地下水位からの比高と表層細粒土層厚の条件は、植物群落の種類と有意な関係を持っていることが李らによって明らかにされている。このことは、4. 1節で述べた植生の出現・遷移状況が、表層細粒土層厚や比高など立地条件の時間的変化の影響を強く受けていることを示唆しており、どのような立地条件で植生が出現・遷移したか、また植生が群落を形成した後に立地条件がどのように変化していくかを詳細に調べることが、4. 1節の植生分類をより強く支持する上で非常に重要な役割を果たすと考えられる。

そこで本研究では、1997年以降の全てのベルト・トランセクトのデータを用いて、4.2で示した洪水直後の優占種の種類毎に、表層細粒土層厚と地下水位からの比高（以下、比高と呼ぶ）の分布状況を調べた。ここに、安定期のデータを含めて整理したのは、洪水直後の立地条件の変化が安定期の立地条件に漸近していくかを比較するためである。

両河川について、植物群落の種類ごとに横軸に表層細粒土層厚、縦軸に比高をとった座標（以下、比高-堆積厚座標図と呼ぶ）にプロットした結果を図4-3-2および図4-3-3に示す。なお、比高-堆積厚座標図にプロットする際には、安定期における分布状況を青色○印で、洪水直後において裸地から萌芽するものを赤色で、他の植生から遷移するものを緑色で、同じ植生が存続している場合のものを黒色で分けてプロットした。（ただし、植物の遷移状況だけを調査して、地盤高調査を実施していない時期やラインがあるため、表4-3-1および表4-3-2に示すほど、植物の遷移状況を正確に表しているものではない。）

図4-3-2および図4-3-3を見ると、出現又は他の植生からの遷移時の分布から、類似した比高および表層堆積土層厚に整理すると、植生種類と立地条件の関係は、基本的には以下の3タイプ（千曲川はタイプ①を2つに分類して4タイプとしている。）に分類できる。

(1) 多摩川について（図4-3-2参照）

タイプ①・・・礫床の裸地に群落を形成するタイプ

このタイプに該当する植物は、オオイヌタデ・オランダガラシ・オオアレチノギク・エノコログサ・メヒシバ・ヒメムカシヨモギ・ネズミムギ・マルバヤハズソウ・ヨモギの9種である。

まず群落形成時に着目すると、表層細粒土層厚が概ね5cm以下に、比高が概ね0~1.5m程度に分布している。ついで群落形成後の立地条件の変化について見ると、ヨモギの分布の中で比高が2m付近まで、表層細粒土層厚が20cm程度まで厚くなっているものもあるが、それ以外の植生は、群落形成時の立地条件から大きく変化していない。また安定期の分布状況を見ても同様のことが言える。このことから、比高が比較的小さい場所に表層細粒土層厚がさほど厚くなくても群落し、群落形成後も立地条件を大きく変化させないタイプと言える。

ところで、このタイプの植生は、表4-3-1に示す裸地から出現するタイプの植生種（タイプI-①やI-②）と概ね一致しており、4.3.1項の分類と4.3.2項の分類がよく対応しているのがわかる。表4-3-1を見ると、ヨモギ以外のこのタイプの植生は、洪水後2年未満で他の植生に遷移しており、その大半は最終的に裸地化するか、植生II-②に遷移している。

つまり、このタイプの植生は、礫床の裸地に出現して、薄い表層細粒土層厚を形成した後に他の植生（タイプⅡ-②）に遷移し消滅することから、2. 1節で示した樹林化のプロセスにおいて、先駆的植生の役割を果たす植生であると考えられる。

タイプ②・・・礫床の裸地から厚い細粒土層まで広範囲の場所で群落を形成するタイプ

このタイプに該当する植物は、クサヨシ・ツルヨシ・ススキ・オニウシノケグサの4種類である。これらの植生の立地条件は、比高が0～2m程度、表層細粒土層厚が0～30cmであり、他のタイプの植生に比べると、比高・表層細粒土層厚ともに広範囲に分布している。分布状況を細かく見ると、クサヨシは分布数が十分でなく、ススキについては群落形成時の分布数が極端に少ない。このことから、今回のデータだけでは、クサヨシ・ススキの群落形成後の立地条件の変化についてコメントすることが困難である。その他のツルヨシ・オニウシノケグサについて見ると、両植生とも群落形成時の分布は、裸地から出現する分布数と、他の植生から遷移する分布数が概ね一致している。また群落形成後は、群落形成時の分布に比べて若干表層細粒土層厚がやや厚くなっている。

以上のことから、ススキ・クサヨシをツルヨシ・オニウシノケグサと同じタイプとして取り扱う点については若干問題が残るが、ツルヨシ・オニウシノケグサの分布状況から判断すると、このタイプは、礫床から比較的厚い表層細粒土層まで幅広い立地条件のもとで群落を形成することが可能であるのが特徴であると言える。また、表4-3-1の遷移状況と照らし合わせて見ると、このタイプは裸地に群落を形成するか、タイプⅠ-①の植生から遷移して群落を拡大させるものが多く、先駆的植生から安定域植生へ遷移するプロセスにおいて、綱渡しの役割をもつ可能性が高いタイプであると考えられる。

タイプ③・・・厚い細粒土層に根付いて群落を形成するタイプ

このタイプに該当する植物は、クズ・オギ・イタドリ・(ヨシ・チガヤ)^{※3}の5種である。

これらの植生は、他のタイプの植生に比べると表層細粒土層厚が厚い場所に分布し、比高0m付近に分布していないという特徴がある。

※3…ここに、クズ・オギ・イタドリと（ヨシ・チガヤ）を括弧書きによって区分しているのは、クズ・オギ・イタドリが表層細粒土層厚が0cmの場所には分布せず、（ヨシ・チガヤ）の表層細粒土層厚が0cmの場所には分布しているからである。また、クズ・ヨシを下線付き文字としているのは、表4-3-1に示す遷移状況から洪水後2年以降に残存していないためである。ただし、上記の植物は、いずれも立地条件がほぼ類似していることから、立地条件の分類からは同じグループであるものとして取り扱っている。

(2) 千曲川について (図4-3-3 参照)

タイプ①・・・礫床の裸地に群落を形成するタイプ

このタイプに該当する植物は、オオイヌタデ・カモガヤ・メヒシバ・メマツヨイグサ・ヒメムカシヨモギ・シロザ・ヌスビトハギ・クワモドキの8種である。まず、これらの植生の群落形成時の立地条件を見ると、表層細粒土層厚が10cm以下に、比高が概ね0～2m程度の位置に

分布しており、礫床の水際に近い場所に群落を形成するタイプであると言える。群落形成後の立地条件の変化状況は、オオイヌタデを除く植生が群落形成後の立地条件の変化が少ないのに対して、オオイヌタデは表層細粒土層厚（黒色のプロットが示す）が 90cm 程度まで厚くなっており、群落形成後に細粒土砂を堆積させて立地条件を大きく変化させている。

一方、このタイプに該当する植生は、表 4-3-2 と照らし合わせて見ると、タイプ I-①（洪水直後に出現して他の植生に遷移するタイプ）の植種と概ね一致しているのがわかる。

ところでタイプ I-①の植生は、オオイヌタデを除けば、オオイヌタデ・タイプ I-②・タイプ II-②に遷移するか、又は裸地化して消滅している。このことは、2. 1 節で示したエコシステム上の役割という視点からみると、オオイヌタデを除く植生は、礫床の裸地という限られた空間の中で、出現・遷移・消滅という生物学的プロセスを繰り返しているだけで、樹林化のプロセスの上で直接的には役割を果たしておらず（間接的にはタイプ I-②・タイプ II-②に遷移するという点では樹林化への役割を果たしている。）、オオイヌタデだけが樹林化に向けて、次のステップに進む鍵となる植生である可能性が高いと考えられる。

ただし、クワモドキについては、安定期のデータを見ると、優占種の上位に挙げられており、またその立地条件の分布が、オオイヌタデと同じように、表層細粒土層の厚い場所に分布していることから、オオイヌタデと同様に樹林化への鍵なる植物である可能性も否定できない。

タイプ①'・・・薄い表層細粒土層に群落を形成するタイプ

このタイプに該当する植物は、カゼクサ・マルバハギ・シロバナシナガワハギ・ヨモギ・カワラヨモギ・メドハギの 6 種である。

これらの植生は、群落を形成する際に他の植生から遷移するものが多く、タイプ①に比べるとやや表層細粒土層厚の厚い場所（20cm 以下を中心に、0～60cm まで分布）で、比高が 1～2 m 付近を中心に、0～3m まで幅広く分布している特徴がある。

群落形成後の立地条件の変化状況を見ると、マルバハギ・シロバナシナガワハギについては、群落形成後すぐに他の植生に遷移しているために分布の変化状況を明らかにするためのデータがない。その他の植生は、カゼクサ・ヨモギにおいて表層細粒土層厚が 40cm 程度までやや厚くなっているものもあるが、全体的にみると変動量は少ない。また、安定期における分布状況を見ても、表層細粒土層厚が洪水後のものと比べても明確な差はなく、このタイプの植生は、群落形成後の立地条件の変化が少ない植生タイプであるといえる。

タイプ②・・・礫床の裸地から厚い細粒土層まで広範囲の場所で群落を形成するタイプ

このタイプに該当する植物は、ヨシ・クサヨシ・ツルヨシ・シナダレスズメガヤ・オニウシノケグサの 5 種類である。

これらの植生は、群落形成時の表層細粒土層厚が 0～100cm 程度に、比高が 0～3.5m 程度に広範囲にまん遍なく分布している。群落形成後においてもその傾向は同じで、もともと分布状況が広範囲であることから、群落形成後の表層細粒土層厚の変動を見いだすことは困難である。

後述する植生別の堆砂能力（図 4-3-10 参照）から判断すると、このタイプの中では、ツルヨシ・クサヨシ・ヨシが、調査間の平均追加表層細粒土層厚が 10cm 前後で他の植生に比べて

堆砂能力が高く、群落形成後の立地条件の変化が大きい植生であると考えられる。

また図 4-3-10 では、シナダレスズメガヤ・オニウシノケグサの堆砂能力が低くなっているが、近年シナダレスズメガヤが土砂を堆積させ、河原の性状を変化させている報告^{19) 20)}などがあることを考えると、これらの植生も、ツルヨシなどと同様に立地条件を大きく変化させる可能性が高い。

以上のことからこのタイプは、礫床の裸地から比較的厚い表層細粒土層まで多様な立地条件で群落を形成し、群落形成後の堆砂能力も高いことから、河原の性状を変化させる植生であると考えられる。すなわちこのタイプは、タイプ①やタイプ①' からタイプ③へ遷移するプロセスにおいて、綱渡しの役割を果たす植生であると言える。

タイプ③…厚い細粒土層に根付いて群落を形成するタイプ

このタイプに該当する植物は、オギの1種である。このタイプは、比高が0m付近には分布せず、また表層細粒土層厚0cmの場所には分布しないのが特徴である。このことから、表層細粒土層の堆積が群落形成時の絶対条件であり、厚い土層に根付く植物であると言える。

(3)まとめ

両河川について、立地条件の観点から植生を分類した結果を表4-3-3に示す。

植生の分類の結果は、両河川ともタイプ別に見ても、ほぼ同様な植生が挙げられている。

表 4-3-3 立地条件による植生の分類

分 類	多摩川	千曲川
タイプ① 礫床の裸地に群落を形成するタイプ	オオイヌタデ・オランダガラシ・オオアレチノギク・エノコログサ・メヒシバ・ヒメムカシヨモギ・ヨモギ・ネズミムギ・マルバヤハズソウ	オオイヌタデ・カモガヤ・メヒシバ・メマツヨイグサ・ヒメムカシヨモギ・シロザ・ヌスビトハギ・クワモドキ
タイプ①' 薄い表層細粒土層に群落を形成するタイプ		カゼクサ・マルバハギ・シロバナシナガワハギ・ヨモギ・カワラヨモギ・メドハギ
タイプ② 礫床の裸地から厚い表層細粒土層まで広範囲の場所に群落を形成するタイプ	クサヨシ・ツルヨシ・ススキ・オニウシノケグサ	ヨシ・クサヨシ・ツルヨシ・シナダレスズメガヤ・オニウシノケグサ
タイプ③ 厚い表層細粒土層に根付いて群落を形成するタイプ	クズ・オギ・イタドリ・(ヨシ・チガヤ)	オギ

タイプ①

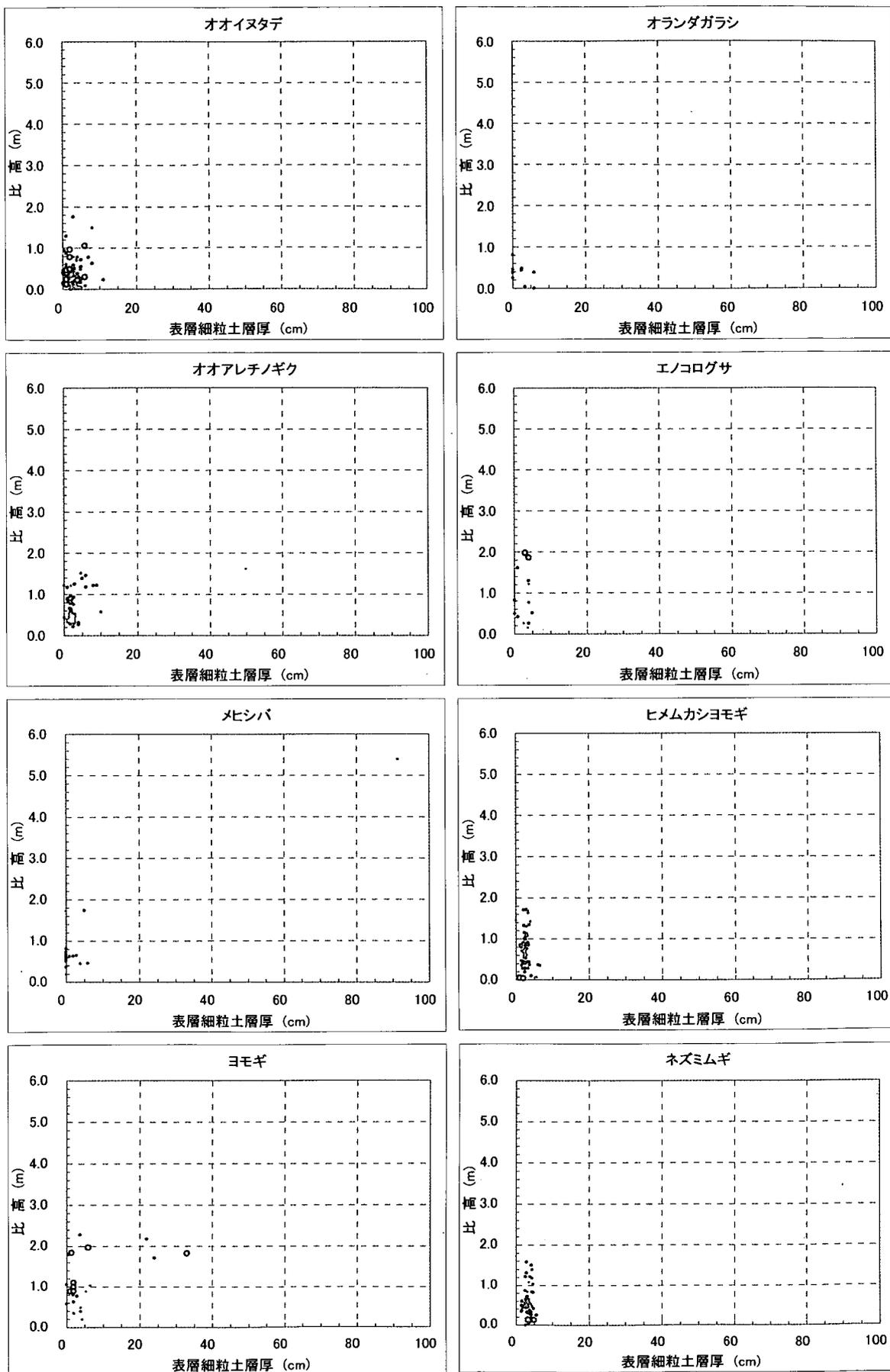


図 4-3-2(1) 植生別の比高-表層細粒土層厚 (多摩川その1)

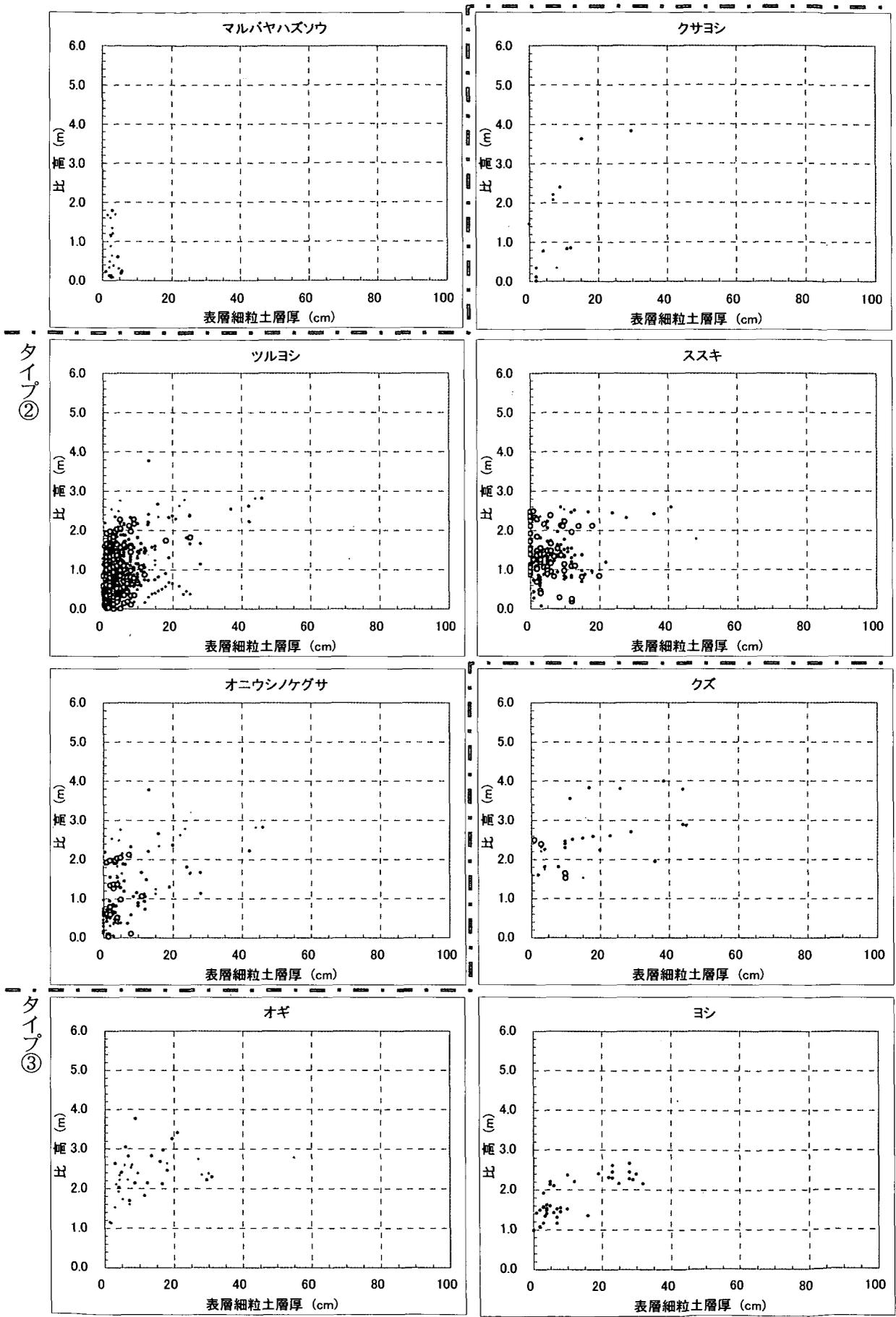


図 4-3-2(2) 植生別の比高—表層細粒土層厚 (多摩川その2)

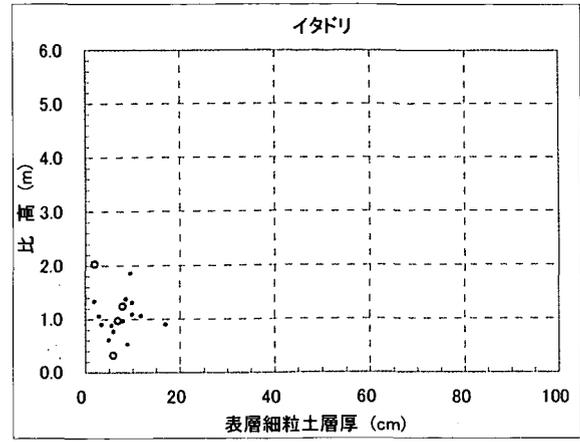
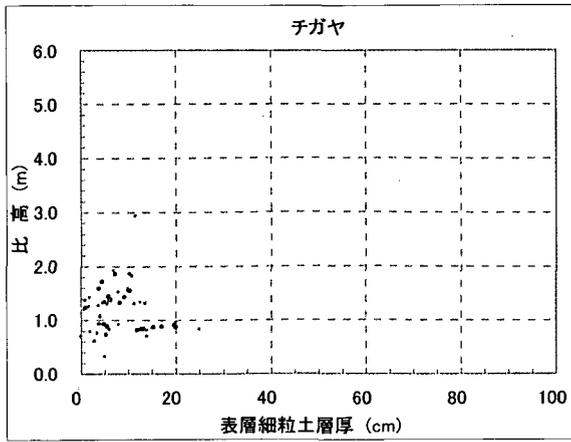


図 4-3-2(3) 植生別の比高—表層細粒土層厚 (多摩川その3)

タイプ①

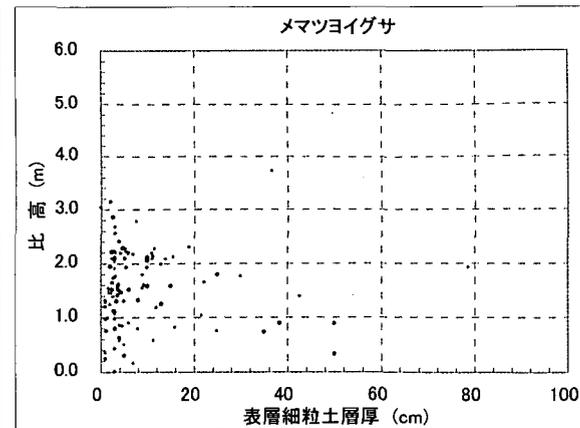
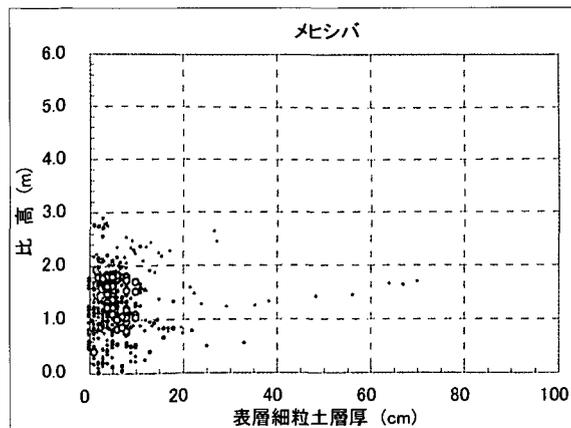
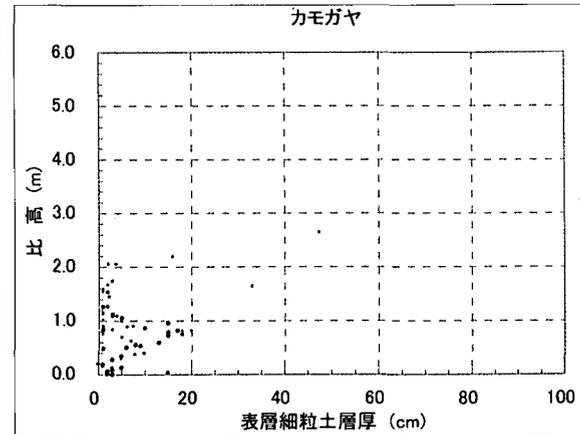
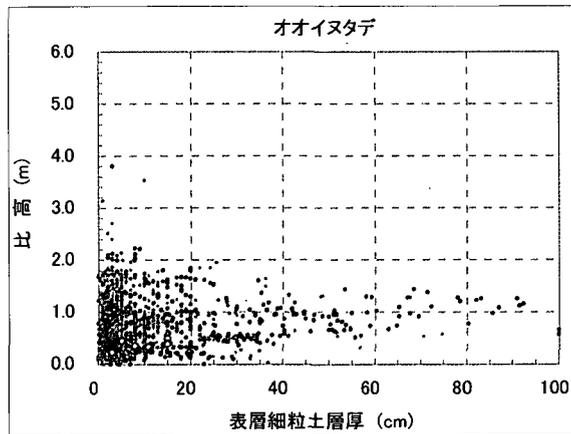
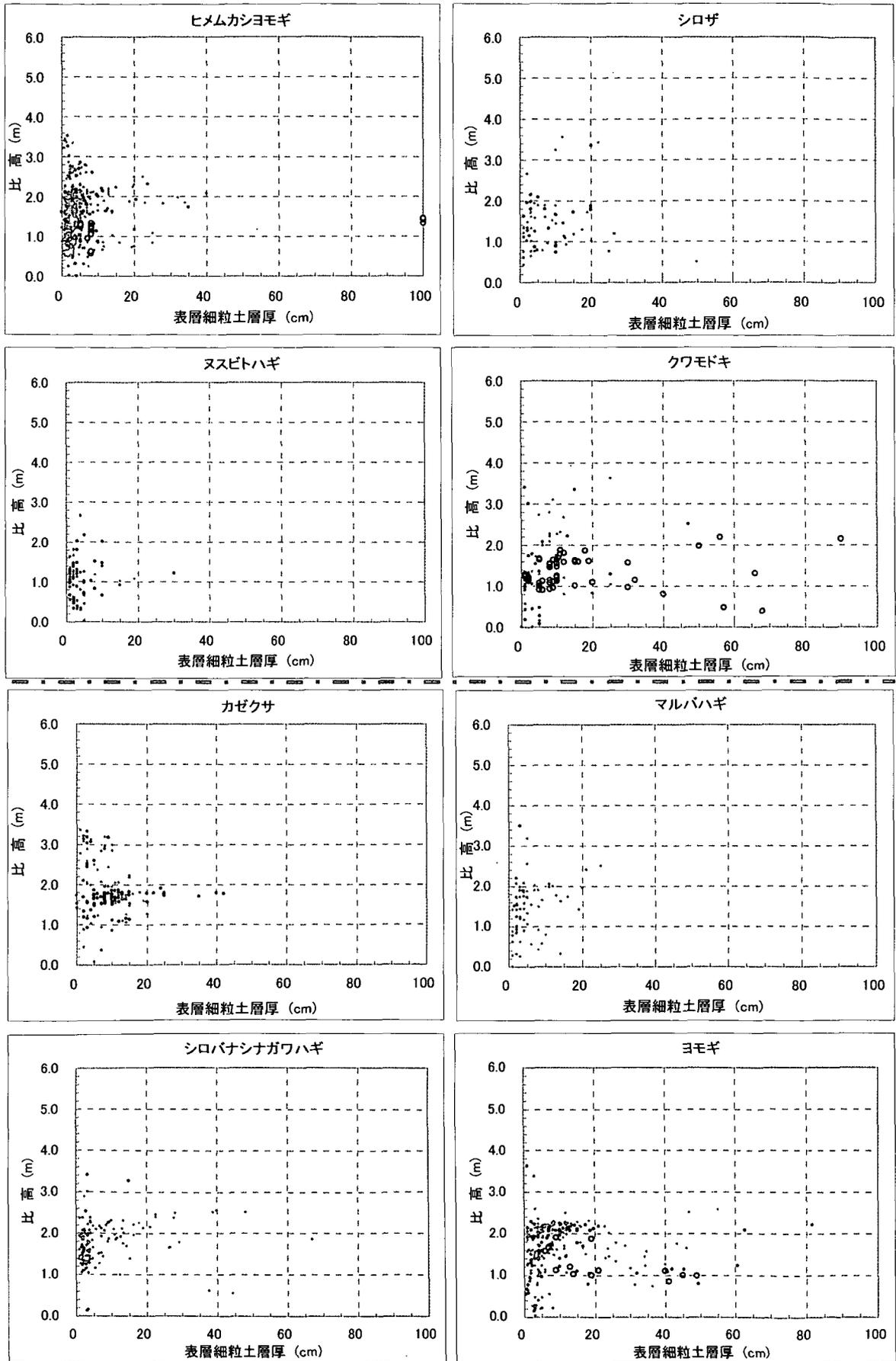


図 4-3-3(1) 植生別の比高—表層細粒土層厚 (千曲川その1)



タイプ①

図 4-3-3(2) 植生別の比高—表層細粒土層厚 (千曲川その2)

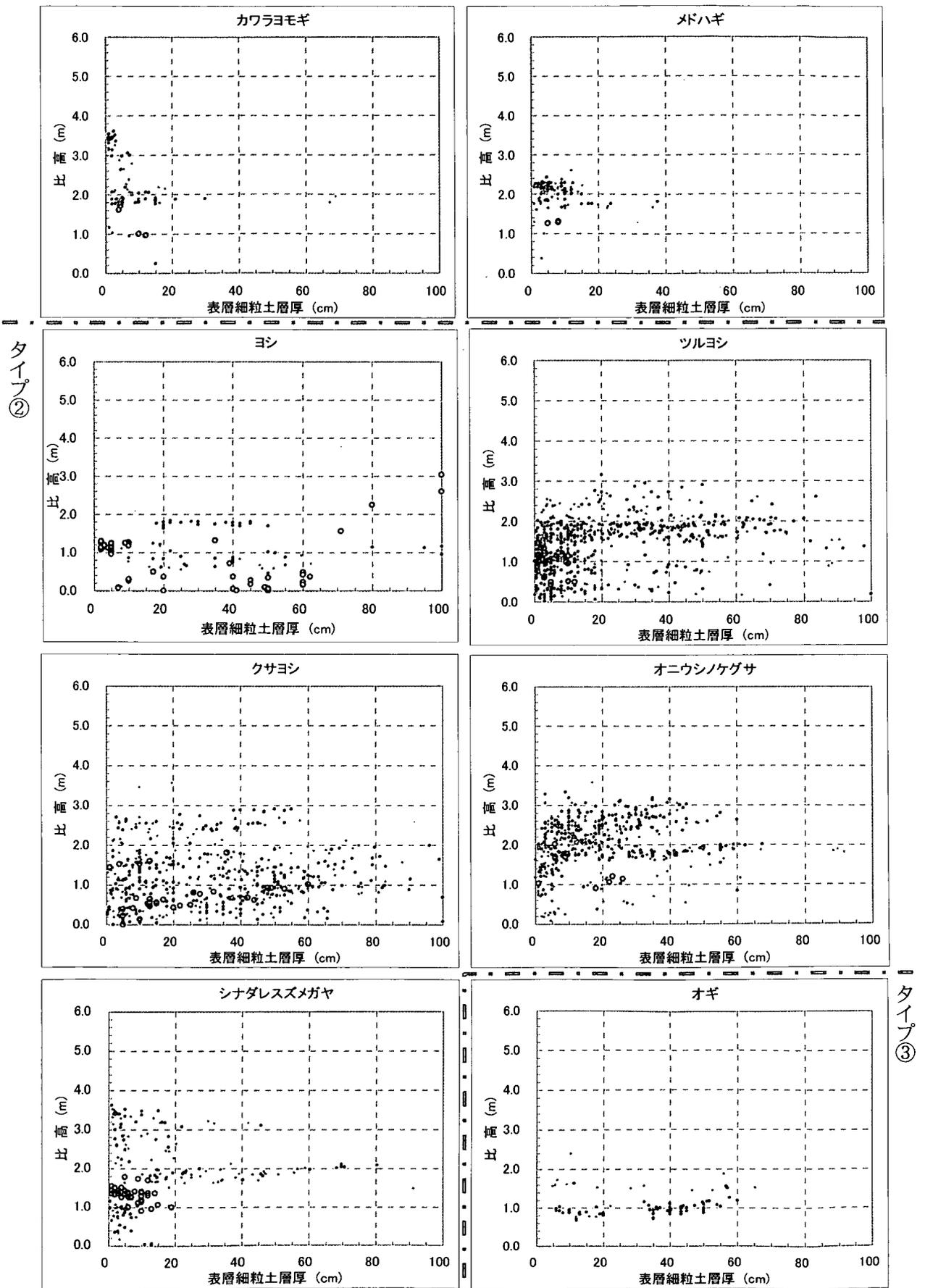


図 4-3-3 (3) 植生別の比高-表層細粒土層厚 (千曲川その 3)

4.3.3 植生の洪水に対する抵抗力

瀬崎ら²¹⁾によると、洪水による植物群落の破壊やその状況は、無次元掃流力によって判別できることが明らかにされている。この考えに基づき、4.2 節で示した洪水直後の優占種を対象にピーク時の無次元掃流力 τ_{*b} を(4.1)式により算定して、洪水前後で残存した植生と流失した植生を比較検討してみた。

なお検討は、調査期間中に発生した主要な洪水で、痕跡水位等の必要なデータが揃っている1999年8月と2001年9月の洪水(1999年8月洪水:多摩川および千曲川ともに河原に繁茂していた植物群落の大部分が流失された洪水、2001年9月洪水:多摩川では河原の大部分の植物群落が流失したほどの洪水で、千曲川では水際付近の植物群落が流失した程度の洪水)を対象とした。

$$\tau_{*b} = \frac{H_p \times I}{s \times d_{50}} \dots (4.1) \text{式}$$

ここで、 H_p :洪水痕跡水位より想定したピーク時の水深、 I :河床勾配、 $s(=1.65)$:河床材料の水中比重、 d_{50} :河床材料の50%粒径である。(Iおよび d_{50} については表3-4-2中に記載)

両河川について、植生ごとに残存した植生と流失した植生の無次元掃流力の分布範囲を描いたものを図4-3-4に、その分布をバーチャート形式で整理したものを図4-3-5に示す。

(1)多摩川について

多摩川について、優占種18種のうち検討できた植種は11種である。

これらの内、イタドリ・オオアレチノギク・オオイヌタデ・ヒメムカシヨモギ・ヨモギ・クズの6種については、残存した植生が無い、又は無次元掃流力の分布が連続的でない等の理由により、本データから残存と流失の無次元掃流力の境界を完全に特定するのが困難である。

ここに、瀬崎ら²¹⁾によると、多摩川の距離標52.1kmの砂州上で1998年9月洪水によって流失した植物群落を無次元掃流力によって整理した結果から、マルバヤハズソウ・カワラノギク群落やアキノエノコログサ・コセンダングサ群落が無次元掃流力0.06程度、アレチマツヨイグサ・ヨモギ群落が無次元掃流力0.09程度で流失していることが明らかになっている。

これらの植生は、根茎の浅い植生であり、流失する無次元掃流力の境界が不明であったオオアレチノギク・ヒメムカシヨモギ・ヨモギと根茎が浅いという点で類似する植生である。このことから、オオアレチノギク・ヒメムカシヨモギ・ヨモギの無次元掃流力は、図4-3-5中の値より小さい0.06~0.09程度であると推測できる。

残りのオオイヌタデ・クズ・イタドリについて見ると、オオイヌタデは、千曲川のデータから無次元掃流力が0.09~0.13程度であると判断できる。また、クズはデータのある範囲だけで考えると無次元掃流力が0.07~0.11程度であると判断できる。イタドリについては、根茎の浅い植生であるとは言い難く又千曲川にもデータがないため、今回のデータから分類することはできなかった。

残りの5種について見ると、チガヤが最も洪水に対する抵抗力が強い。オギ・オニウシノケグサ・ススキ・ツルヨシの4種は、残存するか流失するかの境界の無次元掃流力が概ね等しく0.08~0.14程度となっている。この結果は、瀬崎らによって示されたツルヨシの流失される限界の無次元掃流力が0.10~0.12程度であることとほぼ等しい結果となっている。

(2)千曲川について

千曲川については、優占種 20 種のうち掃流力分布データが検討できた植種は 8 種であった。

これらの内、オギ・カワラヨモギ・ヨモギの 3 種については、本データから残存と流失の無次元掃流力の境界を完全に特定するには至らなかった。ただし、多摩川の結果やデータのある範囲で考えれば、オギの無次元掃流力は 0.08~0.13 程度で、カワラヨモギ・ヨモギの無次元掃流力で 0.06~0.09 程度であると推測できる。

その他のオオイヌタデ・オニウシノケグサ・クサヨシ・シナダレスズメガヤ・ツルヨシの中では、ツルヨシ・クサヨシが洪水に対して抵抗力が強く、無次元掃流力が最大 0.16 程度になるまで洪水に耐えているものもある。オオイヌタデ・オニウシノケグサ・シナダレスズメガヤの 3 種は、残存するか流失するかの境界の無次元掃流力が概ね等しく 0.09~0.13 程度となっている。

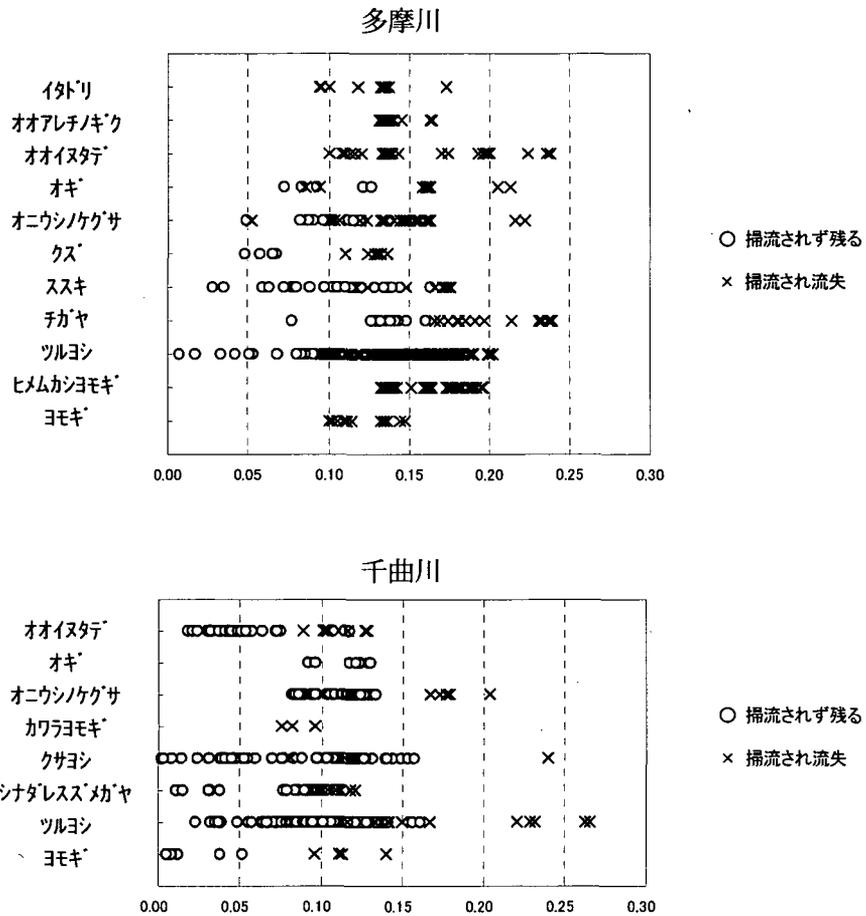


図 4-3-4 植生別の無次元掃流力の分布

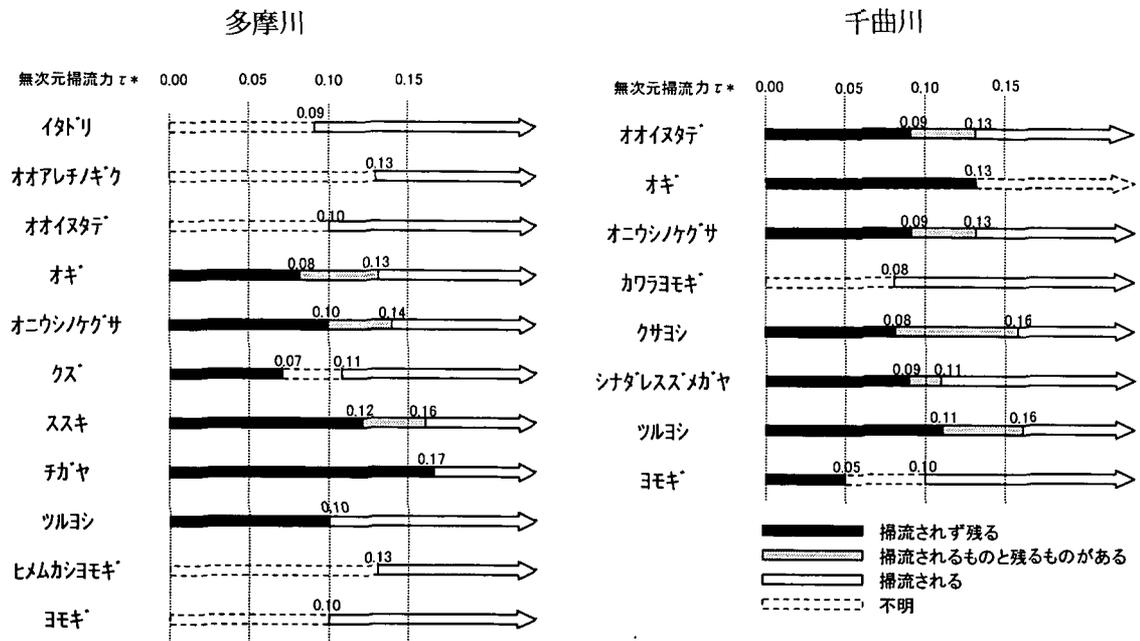


図 4-3-5 植生別の無次元掃流力による流失形態

(3)まとめ

以上の結果から、河川によって植生別の無次元掃流力（洪水に対する抵抗力）が若干異なる値を示している。これは、無次元掃流力の値が等流仮定のもとに算出された値であること、植生の繁茂状況や成長度合の影響を考慮していないことなど、算定方法に種々の課題が残っているためであると考えられる。よって、この結果を用いて植生ごとに事細かく検討できるほどの精度はないと考えられるが、植物を分類するという大きな枠の中で定性的に取り扱う程度では、大きな問題にならないと考えている。

以上より、両河川の植生を、無次元掃流力によって分類した結果を 4-3-4 に整理して示す。

表 4-3-4 洪水に対する抵抗力による植生の分類

分類	多摩川	千曲川
タイプ①・・・抵抗力が弱い。 目安として無次元掃流力が 0.06～0.09 程度で流失するもの。	オオアレチノギク・クズ・ヒメムカシヨモギ・ヨモギ	カワラヨモギ・ヨモギ
タイプ②・・・抵抗力が強い。 目安として無次元掃流力が 0.08～0.14 程度で流失するもの。	チガヤ・オギ・オニウシノケサ・ススキ・ツルヨシ・オオイヌタデ	オオイヌタデ・オニウシノケサ・クサヨシ・シナダレスズメガヤ・ツルヨシ・オギ

4.3.4 植生の堆砂能力

植生の堆砂能力（どの程度細粒土砂を堆積させるか）は、植生の種類、生育密度や生育場所、洪水規模などによって異なると考えられる。

ここでは、植生の影響により土砂が堆積したものについて、堆積した土砂厚を算出した。

算出にあたっては、洪水直後の期間のベルト・トランセクトの各地点の調査結果を経年的に並べ、優占種の中から同一の植生が連続する箇所において、表層細粒土層厚の変動量（以下、追加表層細粒土層厚と呼ぶ）を算出するとともに、比高との関係も整理した。

この時、礫層地盤高（ここでは、河床の表層地盤高から表層細粒土層厚を差し引いた標高を示す。）が調査前後で約10cm以上差がある場合には注意し、洪水の影響によって礫河床の変動が大きい場所や急勾配の河岸沿いなどの特異な場所にある植生のデータについては検討対象から除外した。また、抽出したデータ数が極端に少ない植生も検討対象から除外した。

この結果、追加表層細粒土層厚が検証できたのは、多摩川が優占種18種のうち5種、千曲川が優占種20種のうち13種であった。

両河川について、植生ごとに追加表層細粒土層厚と比高の関係を描いたものを各々図4-3-7、4-3-8に示す。また比高別に追加表層細粒土層厚を平均したものを各々図4-3-9、4-3-10に示す。なお図中の括弧書きにしている植生は、データの少ない植生を示している。

(1) データの精度について

表層細粒土層厚は、図3-4-2に示す方法で検土杖により測定している。このため、計測方法による誤差（例えば、礫の隙間に検土杖が刺さるなど）により、同様の場所を測定したつもりでも、調査時期が異なれば、異なる結果を示すことは容易にありうる。つまり、表層細粒土層厚の差を比較・検討する上で、この計測誤差がどの程度であるかを事前に見積もっておく必要がある。

ところで、安定期のデータは、洪水による影響を強くうけておらず、調査時期が異っても、同一地点の表層細粒土層厚を計測すれば、同じ値を示すはずである。

つまり、安定期における追加細粒土層厚をプロットすれば、そのばらつき自体が計測方法による誤差であると考えられる。安定期における追加細粒土層厚をプロットしたものを図4-3-6に示す。

図4-3-6より、追加表層細粒土層厚は、正の側・負の側にも一様に分布しており、大きな偏りのない母集団であることがわかる。その分布の標準偏差は5cm程度である。よって、以下に示す洪水直後の追加表層細粒厚の分布を検討する上で、 $\pm 5\text{cm}$ の範囲は、計測方法による誤差を含んでいることから、表層細粒土層厚が変動していないものと判断した。

(2) 多摩川について

図4-3-7および図4-3-9より、植生の種類の相違による比高—追加表層細粒土層厚の分布に大きな差は見られず、また比高に関係なく追加表層細粒土層厚は一様に分布している。また、何れの植生も追加表層細粒土層厚が概ね $\pm 5\text{cm}$ 以内に分布しており、上記で述べた計測方法による誤差の要因が強く、明確に植生が細粒土砂を貯めるといような結果は得られなかった。

(3) 千曲川について

図 4-3-10 より、植生別の平均追加表層細粒土層厚の分布を見ると、クサヨシ・オオイヌタデ・ツルヨシ・オギ・ヨシの 5 種が、平均追加表層細粒土層厚の値が 5cm 以上の値となっており細粒土砂をよく堆積させる結果となっている。

図 4-3-8 より、これら 5 種の植生の比高と追加表層細粒土層厚の分布を見ると、クサヨシ・オオイヌタデは、比高が 1m 以下の低比高の場所では追加表層細粒土層厚が厚くなっており、1 m 以上の高比高の場所では極端に薄い分布となっている。

これに対してツルヨシは、高比高でも低比高でも追加表層細粒土層厚が 10cm 程度で、比高に関わらず追加細粒土層厚は厚い。またオギ・ヨシは、十分なデータ数が得られているわけではないが、データのある範囲でみると、追加細粒土層厚がツルヨシと同様に厚いと考えられる。

これら 5 種以外の植生は、平均追加表層細粒土層厚の値は 5cm 以下となっており、分布状況を見ても、+側・-側ともに一様に分布しており、植生が細粒土砂を堆積させるというような結果は得られなかった。ただし、下線付き文字で示すシナダレスズメガヤ・オニウシノケグサは、植生を中心にパッチ状に土砂を堆積させるという性質をもっており、今回の測定方法での確にその堆積厚を測定できなかった可能性が高く、4.3.2 節で述べたとおり、ツルヨシなどと同様に土砂を堆積させる可能性が高い。

(3) まとめ

以上より、多摩川については、有用な追加表層細粒土層厚のデータが得られなかったため、土砂堆積能力によって植生を分類できなかった。千曲川の結果のみで植生を分類すると、表 4-3-5 に示すとおり 2 タイプに分類できる。なお、表 4-3-5 に示す括弧書きの植生は、分類するにあたって十分なデータ数が得られなかった植生を示す。

表 4-3-5 より、細粒土砂を堆積させる能力の高いタイプの植生は、表 4-3-4 に示す洪水に対して抵抗力の高い植生と概ね一致しているのがわかる。つまり、洪水時に流失されることなく残存する植生は、細粒土砂を堆積させて立地条件を変化させる植生であることがわかる。

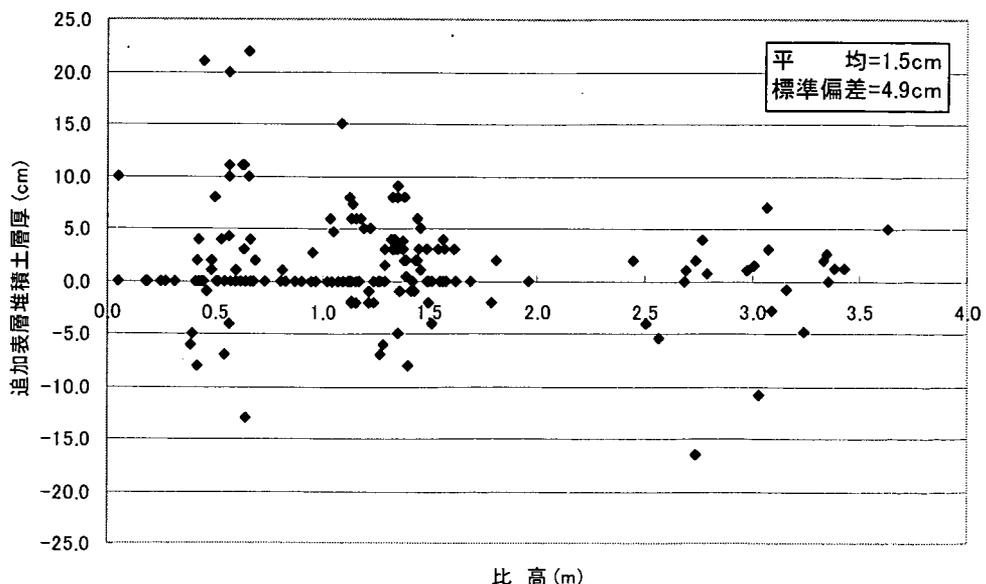


図 4-3-6 安定期における追加表層細粒土層厚の分布

表 4-3-5 堆砂能力による植生の分類

分類	多摩川	千曲川
タイプ①・・・土砂堆積能力が低い。 追加表層細粒土層厚が 5cm 以下	/	カワラヨモギ・カゼクサ・メドハギ・メヒシバ・ヒメムカシヨモギ・ヨモギ・ <u>シナダレスズメガヤ</u> ・オニウシノケグサ
タイプ②・・・土砂堆積能力が高い。 追加表層細粒土層厚が 5cm 以上		ツルヨシ・クサヨシ・オオイヌタデ・(オギ)・(ヨシ)

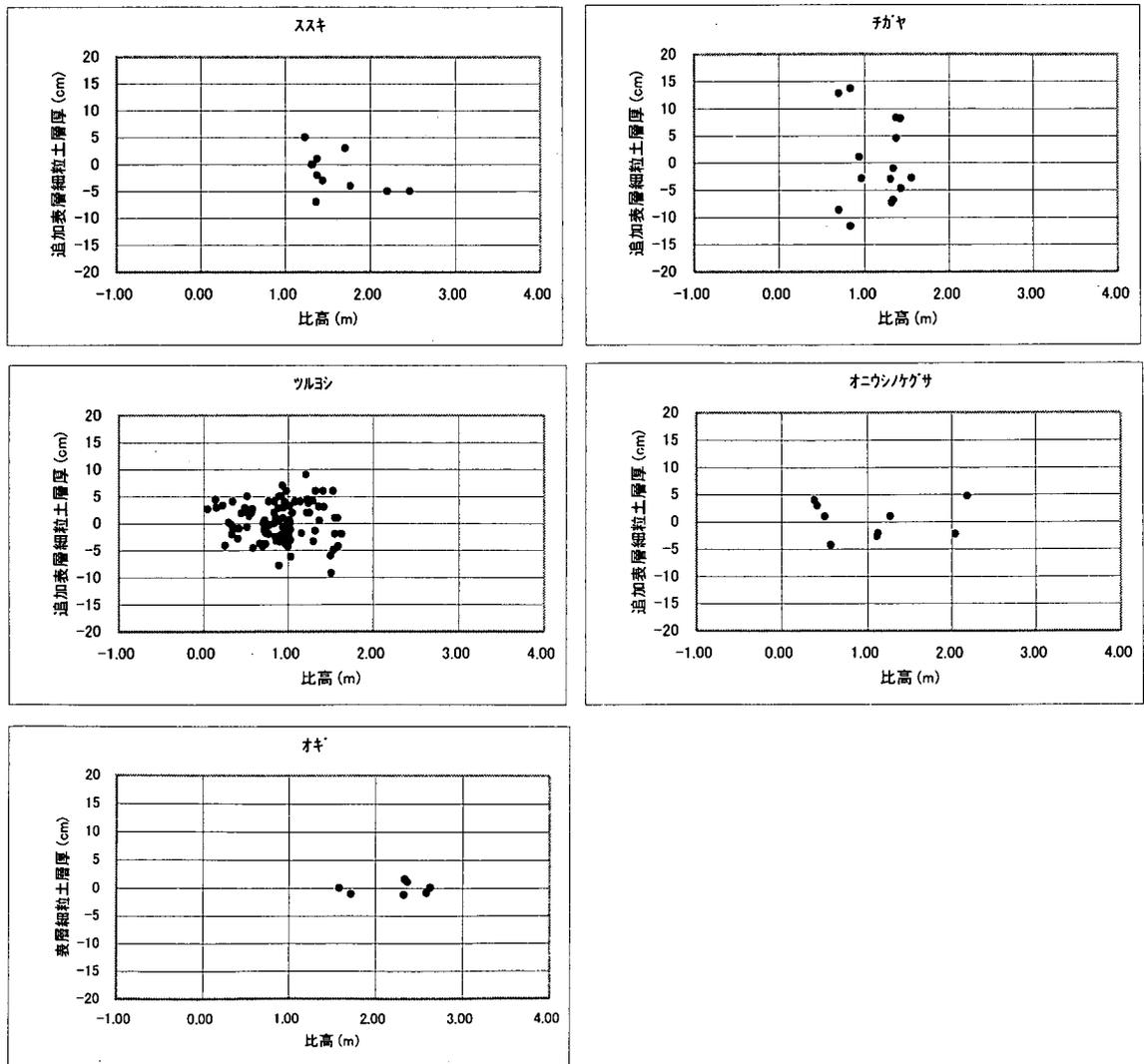


図 4-3-7 植生別の比高と追加表層細粒土層厚の関係 (多摩川)

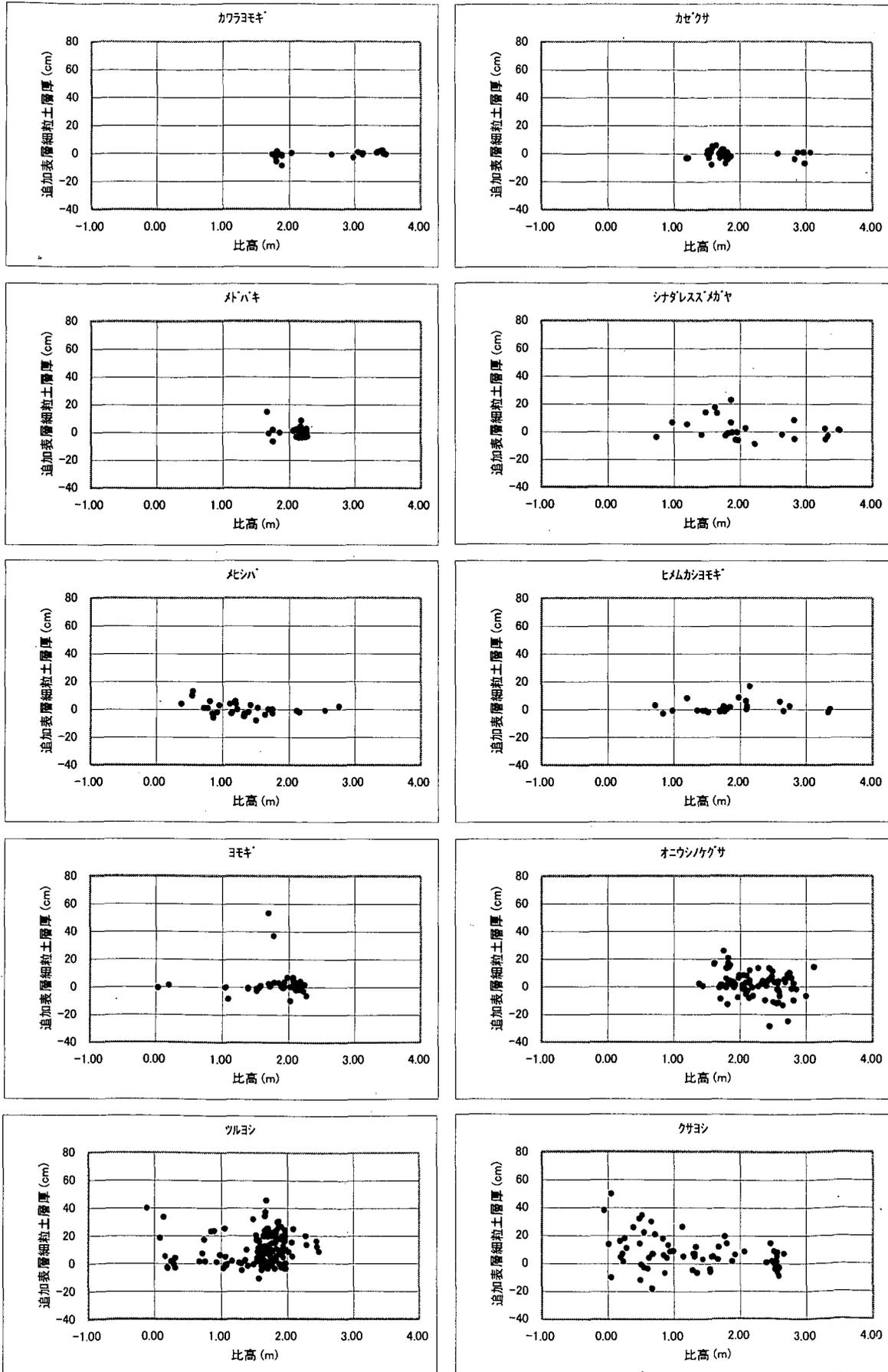


図 4-3-8(1) 植生別の比高と追加表層細粒土層厚の関係 (千曲川その1)

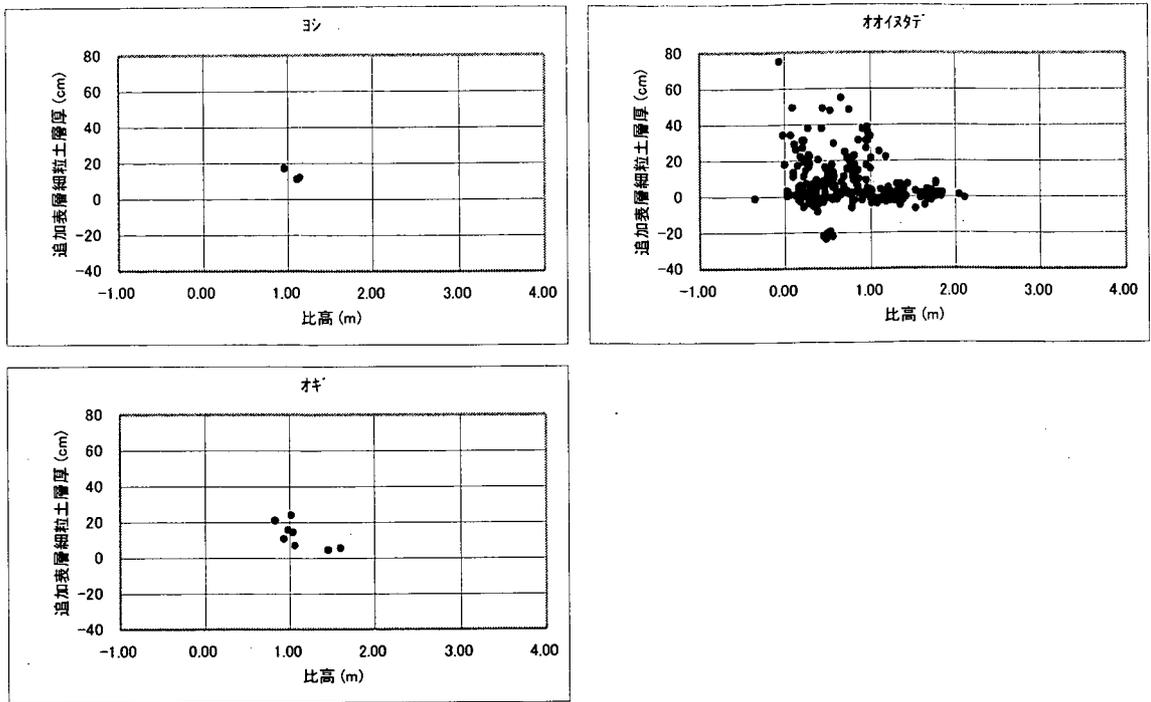


図 4-3-8 (2) 植生別の比高と追加表層細粒土層厚の関係 (千曲川その 2)

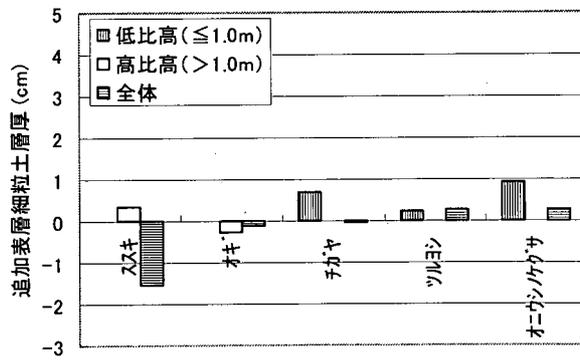


図 4-3-9 植生別の平均追加表層細粒土層厚 (多摩川)

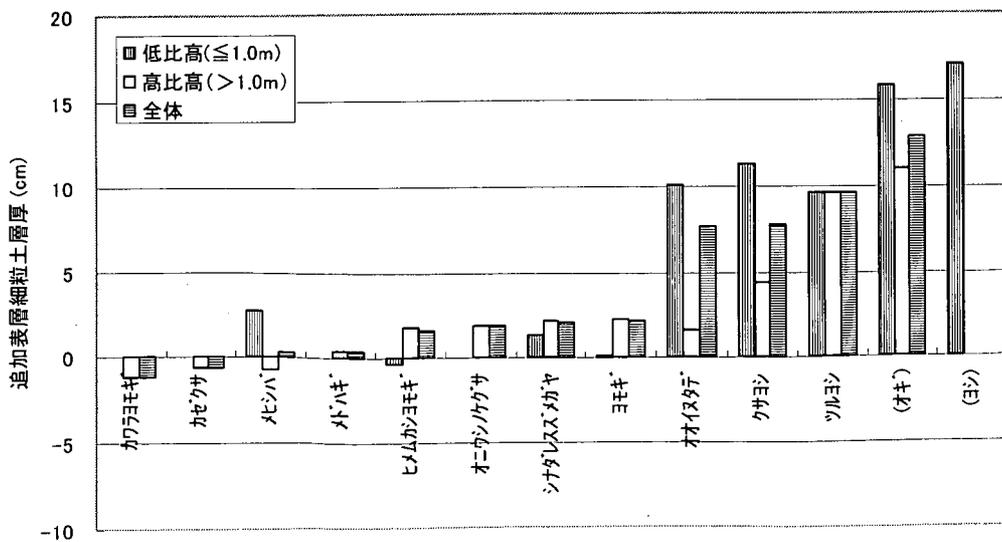


図 4-3-10 植生別の平均追加表層細粒土層厚 (千曲川)

4. 4 植物群落タイプ分類の結果と考察

4.4.1 植物群落タイプ分類の結果

以上の検討より、①洪水後における出現・遷移状況、②立地条件、③洪水に対する抵抗力、④堆砂能力の観点から見た植生の分類は、分類された植生種を並べてみると、完全に独立したものではなく、互いに何らかの関係をもっているようである。(例えば、洪水直後に先駆的に群落を形成したのち他の植生に遷移する植生は、比高の小さい場所や表層細粒土層の薄い場所にしか繁茂していないなど。)つまり、4.3.1～4.3.4の植生分類の結果を整理すれば、ある限られたタイプにまとめることが可能であると考えられる。

そこで、本節では4.3.1～4.3.4の植生分類の結果を総合的に整理した。植生分類の整理は基本的に以下の考えで行った。(表4-4-1参照)

安定域を形成せず遷移により消滅する植生をタイプⅠ、安定植生域を形成する植生をタイプⅡ・Ⅲとして分類した。安定植生域を形成する中で、比高が小さく表層細粒土層厚が薄い場所に繁茂する植生をタイプⅡ-①、繁茂場所が比高の大きさや表層細粒土層厚の厚さによらない植生をタイプⅡ-②とし、比高が大きい(1m程度以上)場所にだけ繁茂し、洪水による破壊を受けにくく細粒土砂を貯めやすい植生をタイプⅢとした。

ついで、タイプⅠとⅡにおいては、洪水直後に先駆的に侵入し拡大する植生を①に、洪水後1年経過してから、裸地や他の植物群落が形成している所へ侵入して拡大していく植生を②に細分した。

さらに、細分されたⅠ-①とⅡ-②においては、状況によって洪水に対して抵抗力が弱くて細粒土砂を貯めにくい植生をタイプA、逆に抵抗力が強くて土砂を貯める植生をタイプBと分類した。

ただし、末尾のA、Bの分類(洪水に対する抵抗力や堆砂能力による分類)は、分類するのに必要な十分なデータが得られていない植生が多い。この点については今後データを蓄積するなどして定量的な評価が必要であると考えられる。

表4-4-1 植物群落タイプ分類の内容

※括弧書きに示す植物群落タイプは存在しない可能性もある。

植物群落タイプ	出現時期や遷移状況		立地条件	洪水に対する抵抗力と堆砂能力
タイプⅠ-①-A	洪水後すぐに出現	1年～2年程度群落を形成して他の植物に遷移するか、裸地化して消滅する。	礫床の裸地の性質に近い場所に群落を形成するタイプ	洪水に対する抵抗力が弱く、土砂を堆積させない。
タイプⅠ-①-B	洪水後すぐに出現	1年～2年程度群落を形成して他の植物に遷移するか、裸地化して消滅する。	礫床の裸地の性質に近い場所に群落を形成するタイプ	洪水に対して抵抗力が強く、土砂を堆積させる。
タイプⅠ-②-A	洪水後1年後に出現	1年～2年程度群落を形成して他の植物に遷移するか、裸地化して消滅する。	タイプⅠ-①に比べると少し厚めの表層細粒土層に群落を形成するタイプ	洪水に対する抵抗力が弱く、土砂を堆積させない。
タイプⅡ-①-A	洪水後すぐに出現	安定植生群落を形成する。	タイプⅠ-①に比べると少し厚めの表層細粒土層に群落を形成するタイプ	洪水に対する抵抗力が弱く、土砂を堆積させない。
(タイプⅡ-②-A)	洪水後に残存する可能性が高い。	安定植生群落を形成する。洪水後1年～2年経過したのち植生Ⅰのタイプに侵入し群落を拡大させる。	礫床の裸地から厚い細粒土層まで広範囲の場所に群落を形成するタイプ	洪水に対する抵抗力が弱く、土砂を堆積させない。
タイプⅡ-②-B	洪水後に残存する可能性が高い。	安定植生群落を形成する。洪水後1年～2年経過したのち植生Ⅰのタイプに侵入し群落を拡大させる。	礫床の裸地から厚い細粒土層まで広範囲の場所に群落を形成するタイプ	洪水に対して抵抗力が強く、土砂を堆積させる。
タイプⅢ	洪水後に残存する可能性が高い。	安定植生群落を形成する。	比高の大きい場所で、表層細粒土層がないと群落を形成しないタイプ	洪水に対して抵抗力が強く、土砂を堆積させる。

しかし、今回の分類においては、植生タイプⅠ-①、Ⅰ-②、Ⅱ-①に分類される植生の中で、洪水に対する抵抗力や堆砂能力による分類においてタイプⅡに分類されていない植生は、図4-3-2および図4-3-3より群落形成後の立地条件の変化が少ないことなどを勘案してタイプⅠに分類している。

以上の考えに基づくと、多摩川および千曲川について植生は、各々表4-4-2および表4-4-3に示すように分類できる。ただし、多摩川においてタイプⅠ-①-Bに分類したクサヨシ・ススキは、立地条件の分布がタイプⅡ-②-Bに類似していること、ススキが安定期に繁茂していること、クサヨシが千曲川においてタイプⅡ-②-Bに分類されていることを考慮すると、タイプⅡ-②-Bに属する可能性がある。またクズ・ヨシについても、各々タイプⅠ-①-AとタイプⅠ-①-Bに分類したが、これらの植生は、比高が大きく表層細粒土層厚が厚い立地条件に比較的多く繁茂していることから、タイプⅢに属する可能性が高い。さらに千曲川においては、ヨシをⅠ-①-Bに、シナダレスズメガヤ・オニウシノケグサをタイプⅡ-②-Aに分類しているが、前者は立地条件などがⅡ-②-Bに類似しており、後者は土砂を堆積させる可能性が高いことから、両植生ともⅡ-②-Bに属する可能性が高い。このことより表4-4-1に示すⅡ-②-Aのタイプが存在しないこともあり得る。

4.4.2 植物群落タイプ分類に関する考察

本論において分類した植物群落タイプと、2.3節で述べた既往の研究成果⁶⁾⁷⁾において分類された植物群落タイプ(表2-3-1参照)を比較する。ここに、植物群落タイプを表す数字が混在するため、既往の研究成果のタイプの数字に“ダッシュ”を付けて表現している。

タイプⅡ'とタイプⅡ-②-BおよびタイプⅢ'とタイプⅢを比較すると、該当する植生は、オギ・ツルヨシが共通しているように概ね一致していると言える。タイプⅠ'とタイプⅠについては、直接比較すると同一の植種が見あたらない。しかし、立地条件のみで比較すると、表4-4-1に示すタイプⅠ-①-A～タイプⅡ-①-Aは、概ね同じ条件であると見ることができ、タイプⅠ'の立地条件の特徴と類似している。このことから、タイプⅠ-①-A～タイプⅡ-①-AとタイプⅠ'を比較すると、両者の植種は概ね共通していると言える。

ところで、既往の研究成果では、立地条件以外の知見が乏しかったことから、タイプⅠ'とタイプⅡ'の位置づけを明確に分類するまでには至っていなかった。ここで、表4-4-1に示す特徴を見ると、上記でも述べたように、タイプⅠ'の中には、安定植生域を形成するタイプⅡ-①-Aと他の植生に遷移して消滅するタイプⅠが存在することがわかる。このタイプの内、タイプⅠ-①-Bを除く植生は、洪水によって破壊されやすく、また堆砂能力に優れていないことから、水際の河原に近い場所で生息し続けるだけで、樹林地の拡大に直接的に寄与しない。これに対して、タイプⅠ-①-BとタイプⅡ-②-Bは、樹林地の拡大に大きな影響を与える、抵抗力の強い、堆砂能力に優れた植物群落であると言える。ただし、タイプⅠ-①-Bは、Ⅱ-②-Bに比べると、立地条件が裸地に近い場所に限られること(ただし、比高が1m以上の場所にも分布していることから、タイプⅢに直接遷移する可能性もある)や、洪水後に他の植生に遷移して消滅することから、その影響は小さいものと推測できる。

以上のことから、まずタイプⅠ-①-A～タイプⅡ-①-A(タイプⅠ'型)は、基本的に、裸地に先駆的に侵入し、立地条件を大きく変化させることなく、安定あるいは他の植生へ遷移する植物群落であることがわかった。ただし、タイプⅠ-①-Bのように、タイプⅢ'に直接的に遷移する可能

性を持つ植生もある。ついでタイプⅡ-②-B (タイプⅡ') は、多様な立地条件で群落を形成し、洪水に対する抵抗力や堆砂能力に優れていることから、裸地からタイプⅢに至るプロセスにおいて、網渡しの役割を果たす植物群落であることがわかった。これらの知見を整理すると、河原から樹林地への変化する仕組みと植物群落タイプの役割は図4-4-1に示すように描くことができる。図4-4-1は、図2-3-1に示されたタイプⅠ'からタイプⅢ'に移るプロセスとよく対応しており、裸地からタイプⅢに至るまでには土砂堆積が必要で、その役割を果たす植物群落がタイプⅡ-②-B (タイプⅡ') とⅠ-①-Bであることを示している。

河原

樹林地

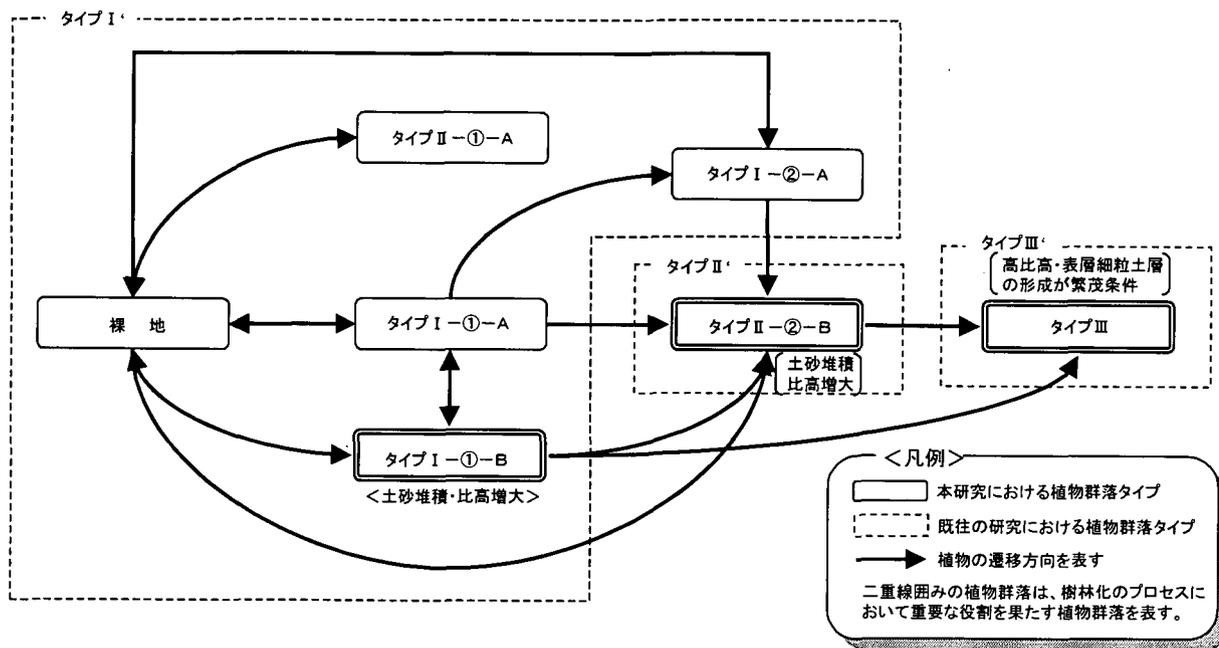


図4-4-1 河原から樹林地へ変化する仕組みと植物群落タイプの役割

表 4-4-2 植物群落のタイプ分類 (多摩川)

タイプ	植生種類	生活型	遷移状況				
			洪水後1年未満	洪水後1年～2年	洪水後2年以降		
I	A	エノコログサ	裸地に侵入	ツルヨシに遷移	マルバヤハスツウに遷移		
		オオアレチノギク	裸地に侵入	ツルヨシに遷移	裸地に侵入 → 裸地化		
		オランダガラシ	裸地に侵入	ネズミムキに遷移			
		(クス)	ススキに侵入	オキ・オニウシノケサに遷移			
		オオイスダテ	ススキ・裸地に侵入	ツルヨシ・ネズミムキ・ヒメカシヨモギに遷移	裸地化		
	B	(クサヨシ)	裸地に侵入	オニウシノケサに遷移	ツルヨシに遷移		
		(ススキ)	残存	オキ・チガヤに遷移			
		(ヨシ)	ツルヨシに侵入	ツルヨシに遷移			
		II	A	ネズミムキ	1～2年	オニウシノケサ・裸地に侵入	裸地化
				ヒメカシヨモギ	1～2年	裸地に侵入	裸地化
B	マルバヤハスツウ		多年草	ツルヨシ・裸地に侵入	裸地化		
	メシバ		1年草	裸地に侵入	オオアレチノギクに遷移		
III	A	ヨモギ	多年草	裸地に侵入	残存		
		イタドリ	多年草	残存	残存		
	B	ツルヨシ	多年草	残存	裸地に侵入 → 残存		
		オニウシノケサ	多年草	ススキに侵入	裸地に侵入 → ネズミムキに遷移 → 残存		
	III	オキ	多年草	ススキに侵入	オニウシノケサに遷移 → 残存		
		チガヤ	多年草	ススキに侵入	残存		

表 4-4-3 植物群落のタイプ分類 (千曲川)

タイプ	植生種類	生活型	遷移状況		
			洪水後1年未満	洪水後1年～2年	洪水後2年以降
I	A	メシバ	1年草	裸地に侵入	オオイスダテに遷移・裸地化
		ヒメカシヨモギ	1～2年草	裸地・ツルヨシに侵入	オオイスダテ・裸地に侵入 → 裸地化
		ヌスビトハギ	多年草	裸地に侵入	マルバハギ・オオイスダテに遷移・裸地化
		カモガヤ	多年草	裸地に侵入	オオイスダテに遷移・裸地化
		メマツヨイグサ	1年草	裸地に侵入	裸地に侵入 → 裸地化
	B	シロサ	1年草	裸地に侵入	シロバナナガワハギに遷移
		カセクサ	多年草	シナダレスマカヤに侵入	シナダレスマカヤ・オニウシノケサに遷移
		(クワモドキ)	1年草	裸地に侵入	裸地化
		オオイスダテ	1年草	裸地に侵入	クサヨシ・ヒメカシヨモギ・シロバナナガワハギに遷移 → 裸地化
		(ヨシ)	多年草	ツルヨシに侵入	ツルヨシに遷移
II	A	マルバハギ	多年草	ヌスビトハギに侵入	シロバナナガワハギに遷移
		シロバナナガワハギ	1年草	マルバハギ・オオイスダテに侵入	ヨモギ・ツルヨシ・オニウシノケサに遷移・裸地化
	A	ヨモギ	多年草	裸地に侵入	シロバナナガワハギに侵入 → 残存
		カワラヨモギ	多年草	裸地に侵入	残存
	B	メハギ	多年草	不明	残存
		(オニウシノケサ)	多年草	残存	オオイスダテに侵入 → 残存
III	(シナダレスマカヤ)	多年草	残存	カセクサに侵入 → 残存	
	ツルヨシ	多年草	残存	オオイスダテ・ヨシに侵入 → 残存	
III	クサヨシ	多年草	残存	オオイスダテに侵入 → 残存	
III	オキ	多年草	不明	残存	

※ 表中の波線は、洪水後2年以降も残る可能性がある植生を示している。

※ 括弧書きの植生は、矢印先の植生タイプに属する可能性があることを示している。

○ 群落を形成 ● 群落が消滅
▲ 群落が拡大 ▼ 群落が縮小

第5章 植物群落の変化速度

5. 1 本章の目的

第4章の検討において、洪水に対する植生の応答（システム）がある程度定量的に把握できるようになり、樹林化のプロセスにおいて重要な役割を果たす植種も明らかになった。しかし、図2-1-1に示したシステムに基づいて、植生動態を空間的・時系列的に予測できる実用的なモデルを作成するには、植生の遷移状況や地形変化に応じた群落範囲の時間変化を定量的に予測する手法の開発が課題として残っている。すなわち、植生の変化速度（本論では、植物群落の範囲が拡大または縮小する速度を変化速度と呼ぶ）が定量的に評価できれば、第4章で得られた結果と既往の流況や河床変動に関する研究成果（2次元河床変動計算など）と組み合わせることにより、図2-1-1に示したシステムを客観的に定量化して評価できる実用的モデルの開発に一步近づくものと考えられる。

植生の変化速度を調べた既往事例として、近畿・中国・四国地方の河川を対象に、航空写真から植生を判読し変化速度を分析した土木研究所の研究²²⁾が挙げられる。この研究では、写真判読の精度に問題があるものの、変化速度の概略値が示されている。しかし、ある群落の範囲の変化は、周囲の群落へ侵入して得た拡大面積とその逆に失った縮小面積の差として表れることを考慮すると、周囲にどのような群落があったかということに影響されると考えられる。そこで本研究では、その影響についても調べるために隣り合う群落種ごとに分けて群落面積の時間変化を測定して、その結果を植物群落の拡大・縮小速度としてとりまとめることとした。

なお本研究は、群落面積が変化していく速度の概略値を明らかにすることに重点を置いている。そのためこれらの速度について、地域的な気候、土質、降水量、栄養塩を始めとする物質収支、種子の供給量などの影響といった植物生態学的観点から分析を加えるに至っていない。速度という指標で植物群落の特徴を表す場合、上記の観点も踏まえて、各河川でこの指標がどの程度の値を取るか明らかにすることは重要な課題であり、システムをより深く理解するためにも今後検討を進める必要があると考えている。

5. 2 植物群落状況の概要

3. 4節に調査方法を述べた、多摩川および千曲川の植生マップ調査の結果を図5-2-1および図5-2-2に示す。植生マップ調査の調査期間は2000年～2001年の2カ年である。両河川とも1999年8月に大きな洪水が発生し、植物群落が破壊されていることから、植生図は洪水後の植物群落の新規形成および遷移状況を表している。ただし多摩川は、2001年9月に大きな洪水に見舞われ、植生の大半が流失していることから、2001年度2回目調査では、同一地点における調査ができなかった。

以下に、4. 2節で選定した優占種植生と調査対象地区を代表する木本植生（ヤナギ・ハリエンジュなど）を対象に、各調査地区における群落範囲の経年変化についての概要を述べる。

(1) 多摩川

① 永田橋地区

H12年1回目調査では、水際はほとんどが裸地である。水際から離れた場所には、洪水後も流失されずに残ったと推測されるツルヨシ・ススキ・オギ・ハリエンジュなどが群落を形成していた。

その後2回目調査では、水際の裸地にツルヨシ・オオイヌタデなどが侵入し群落を形成していた。また、水際から離れた場所では、ツルヨシが水際方向に向かって群落範囲を拡大し、ヒメムカシヨモギがオオアレチノギクに侵入して新規に群落を形成していた。翌年の1回目調査では、ヒメムカシヨモギ・ツルヨシ・オオイヌタデが残っていた裸地に侵入して群落範囲をさらに拡大していた。その後2回目調査では、河原の植生の大部分が洪水によって流失してしまった。

②羽村橋地区

H12年1回目調査では、水際は上流側の一部でオオイヌタデが群落を形成している以外、大半が裸地であった。水際から離れた場所では、ツルヨシ・ススキ・チガヤ・ハリエンジュなどが洪水による流失を免れて群落を形成していた。その後2回目調査では、水際の裸地に、ツルヨシ・オオイヌタデ・ヒメムカシヨモギ・ヤナギなどが侵入して混生しながら群落を形成していた。また、水際から離れた場所ではチガヤが群落範囲を拡大していた。翌年のH13年1回目調査では、水際で混生していた植生群落の中で、ツルヨシ・ヤナギが優占して群落を形成し始めた。その後、永田橋と同様に、河原に繁茂していた植生は洪水によって流失してしまった。

(2)千曲川

①屋島橋地区

H12年1回目調査では、水際にオオイヌタデが、水際から離れた場所にヤナギが小さな群落を形成しているが、それ以外の大部分の場所が裸地であった。その後2回目調査では、オオイヌタデが残っていた裸地に侵入して群落範囲を拡大していた。翌年の1回目調査では、ヒメムカシヨモギが水際のオオイヌタデに侵入して新規に群落を形成していた。その後2回目調査では、ヒメムカシヨモギ群落が裸地化されて、その場所の一部にオオイヌタデが再侵入して群落範囲を拡大していた。また水際より離れた場所では、ヤナギが水際方向に向かって群落範囲を拡大していた。

②冠着橋地区

H12年1回目調査では、水際にはオオイヌタデが、水際から離れた場所にはヤナギ・クワモドキ・ヒメムカシヨモギが群落を形成していた。その後2回目調査においても、クワモドキがオオイヌタデに遷移している以外に大きな変化がなかった。翌年のH13年1回目調査では、残っていた裸地にヒメムカシヨモギが侵入して新規に群落を形成していた。また水際より離れた場所では、シロバナシナガワハギ・ヤナギが群落範囲を拡大していた。その後2回目調査では、ヒメムカシヨモギ群落の大半が裸地化し、ツルヨシがシロバナシナガワハギに侵入して群落範囲を拡大していた。

③鼠橋下流地区

H12年1回目調査では、水際にオオイヌタデが、水際から離れた場所にヤナギが小さな群落を形成しているが、それ以外の大部分の場所が裸地であった。その後2回目調査では、水際に形成していたオオイヌタデ群落が裸地化され、水際から離れた場所にオオイヌタデが新規に群落を形成していた。翌年の1回目調査では、陸地側ではシロバナシナガワハギがオオイヌタデに侵入して群落を形成し、水際にはヒメムカシヨモギが裸地に侵入して群落を形成していた。その後2回目調査では、

水際が再び裸地化していた。水際より離れた場所では、オニウシノケグサがシロバナシナガワハギに侵入して群落範囲を拡大していた。また、この地区のヤナギ群落の範囲には大きな変化が見られなかった。

④鼠橋上流地区

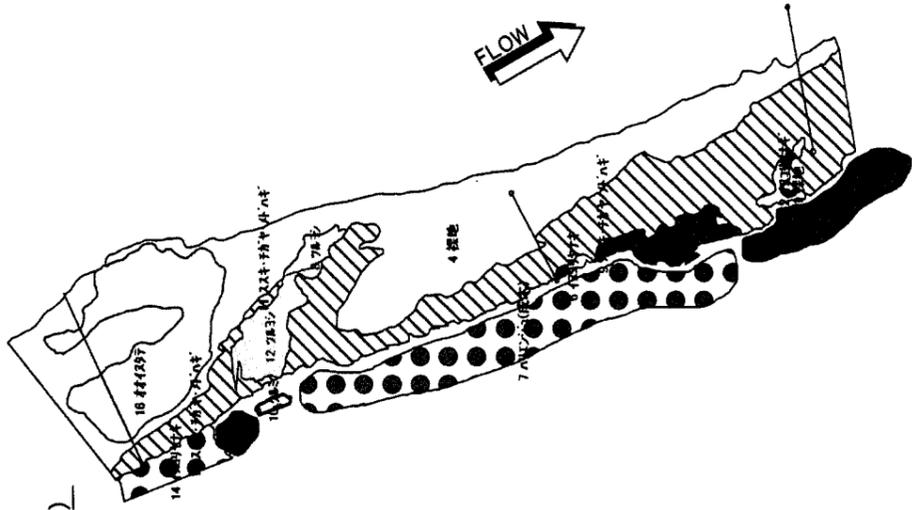
H12年1回目調査では、水際から離れた砂州の中央部でハリエンジュが群落を形成し、その周辺にツルヨシ・カワラヨモギ・カゼクサなどの草本類が小さな群落を形成していた。同年の2回目調査では、ハリエンジュが右岸側に向かって群落範囲を拡大していた。また草本類の中では、ツルヨシやクサヨシが群落範囲を拡大していた。翌年の1回目調査では、ハリエンジュ群落の範囲に大きな変化が見られなかったが、ツルヨシ群落が範囲を拡大していた。同年2回目調査では、砂州上流部に群落を形成していたオニウシノケグサやオギが、ヤナギ群落に遷移していた。また、砂州中央部に形成していたハリエンジュ群落は、ツルヨシやクサヨシとの間で競争していたが、群落範囲に大きな変化が見られなかった。

⑤上田橋地区

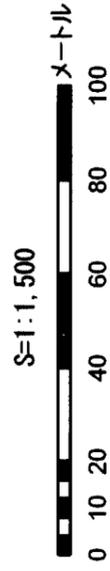
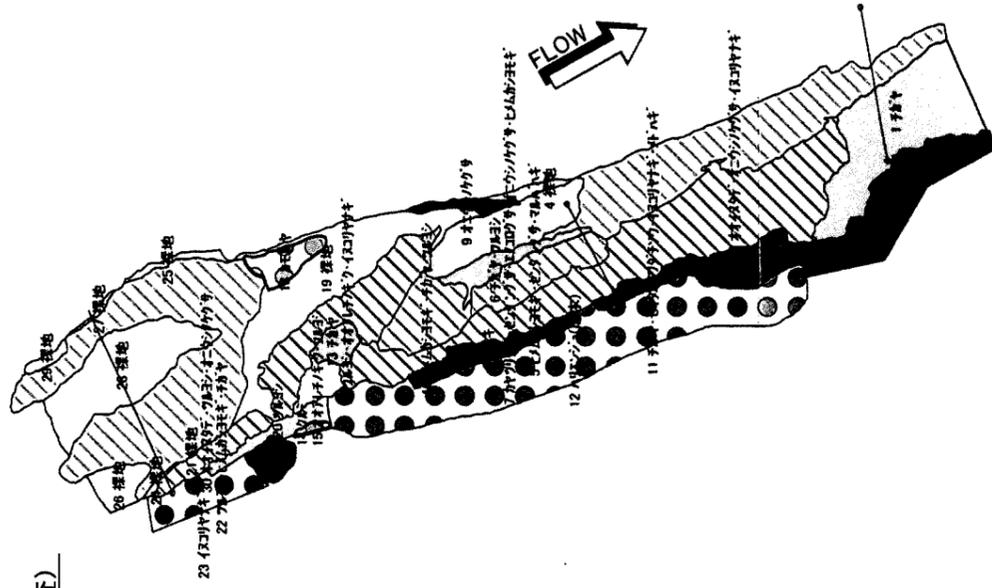
H12年1回目調査では、左右岸とも水際にオオイヌタデが群落を形成し、それより少し離れた場所には左岸側でヌスビトハギ、右岸側でオニウシノケグサ・カゼクサが群落を形成していた。さらに水際より離れた場所ではハリエンジュやヤナギが群落を形成していた。同年の2回目調査では、左岸側のオオイヌタデ群落が陸地側に向かって範囲を拡大させていた。右岸側は、カゼクサに替わりヒメムカシヨモギが、裸地にオオイヌタデ・ヒメムカシヨモギが混生しながら群落を形成していた。翌年1回目調査では、左岸側の水際より離れた場所でシロバナシナガワハギが群落範囲を拡大し、オオイヌタデに替わりヒメムカシヨモギ・オオアレチノギクが混生しながら群落を形成していた。右岸側では、シナダレスズメガヤがシロバナシナガワハギと混生しながら群落を形成していた。また、水際より離れた場所に形成していたハリエンジュ群落が水際方向に拡大していた。同年2回目調査では、混生群落の中から左岸側ではヒメムカシヨモギ、右岸側ではシナダレスズメガヤが優占種となって群落範囲を拡大していた。

以上の各調査地区の植生変化を整理すると、以下のことが言える。まず水際付近にはオオイヌタデ・ヒメムカシヨモギなどが群落を形成する。その群落の陸域側（比高大）には、裸地を挟んで少し離れた場所にツルヨシ・オニウシノケグサなどの密に繁茂する植生が群落を形成する。さらに陸域側にはハリエンジュなどの木本類が群落を形成することが多いようである。その後、水際の群落と密に繁茂する群落は、それらの間に挟まれた裸地に向かって形成範囲を拡大していく。そして両群落が出会うところで、密に繁茂する群落が水際の群落に侵入して形成範囲を拡大する。また、木本群落は密に繁茂する群落に侵入することで、形成範囲を拡大していく。以上は、図 2-1-1 に示した群落の変化プロセスを面的な変化として表現したものに相当する。

① 羽村大橋地区 (H12年-1回目調査)



② 羽村大橋地区 (H12年-2回目調査)



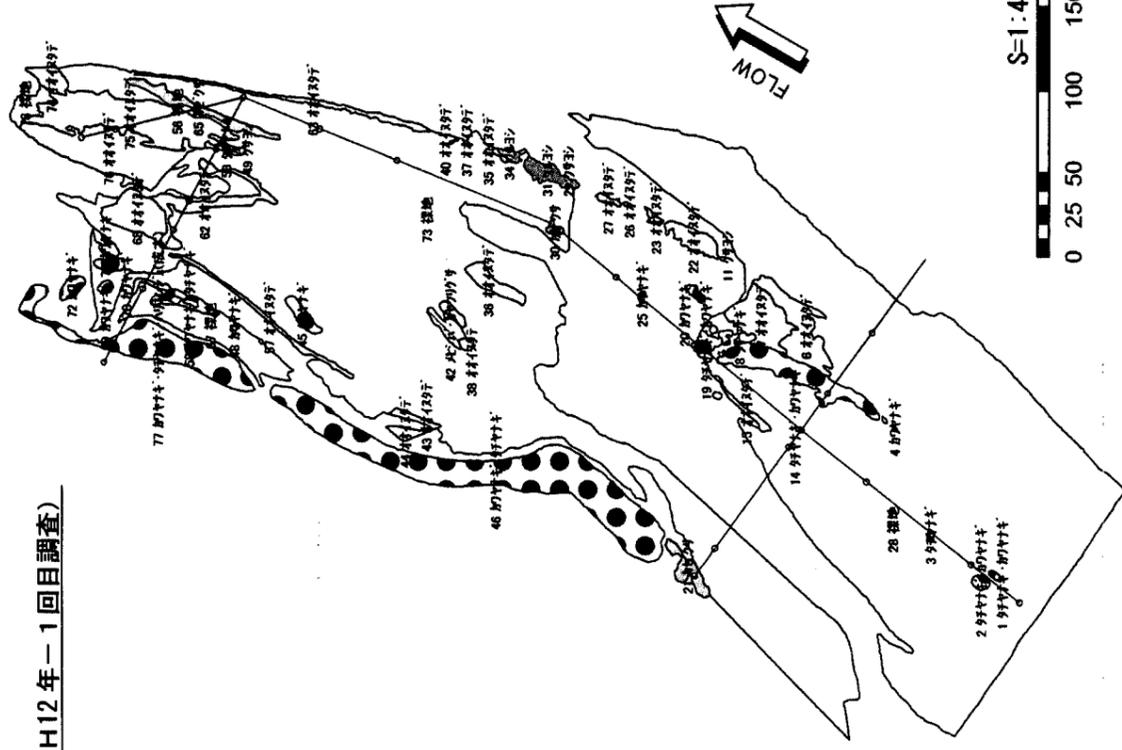
(植生凡例)

- 材イヌナギ群落
- 杉群落
- オニクシノクサ群落
- ▨ 外ノリ群落
- エノコナ群落
- 材ノミナガク群落
- 竹ヨシ群落
- オノノカガク群落
- クス群落
- ススキ群落
- カヤ群落
- アルヨシ群落
- ススキ群落
- ヒメジョオン群落
- ヌルハヤハスノ群落
- ナンバ群落
- シ群落
- ヨモ群落
- ヤナ群落
- ハリエン群落
- 雑地
- その他(植生)

※斜線は混成群落を表す。

図 5-2-1(3) 植生図 (多摩川その3)

① 屋島橋地区 (H12年-1回目調査)



(植生凡例)

○	オオイヌギサ群落
□	オキ群落
■	オニクシノクサ群落
▨	カモクサ群落
□	カモヤ群落
□	カワヨモギ群落
□	クサノコ群落
□	クモクサ群落
▨	シラシラスガヤ群落
■	シロヤ群落
■	シロハナシガワヤ群落
▨	シロヨシ群落
□	スベトハヤ群落
▨	ヒメカシヨモギ群落
■	フクハヤ群落
■	フクヤ群落
■	クモクサ群落
■	クモクサ群落
●	ヤチヤチ群落
●	ハクシヨシ群落
□	裸地
○	その他(植生)

※斜線は混成群落を表す。

② 屋島橋地区 (H12年-2回目調査)

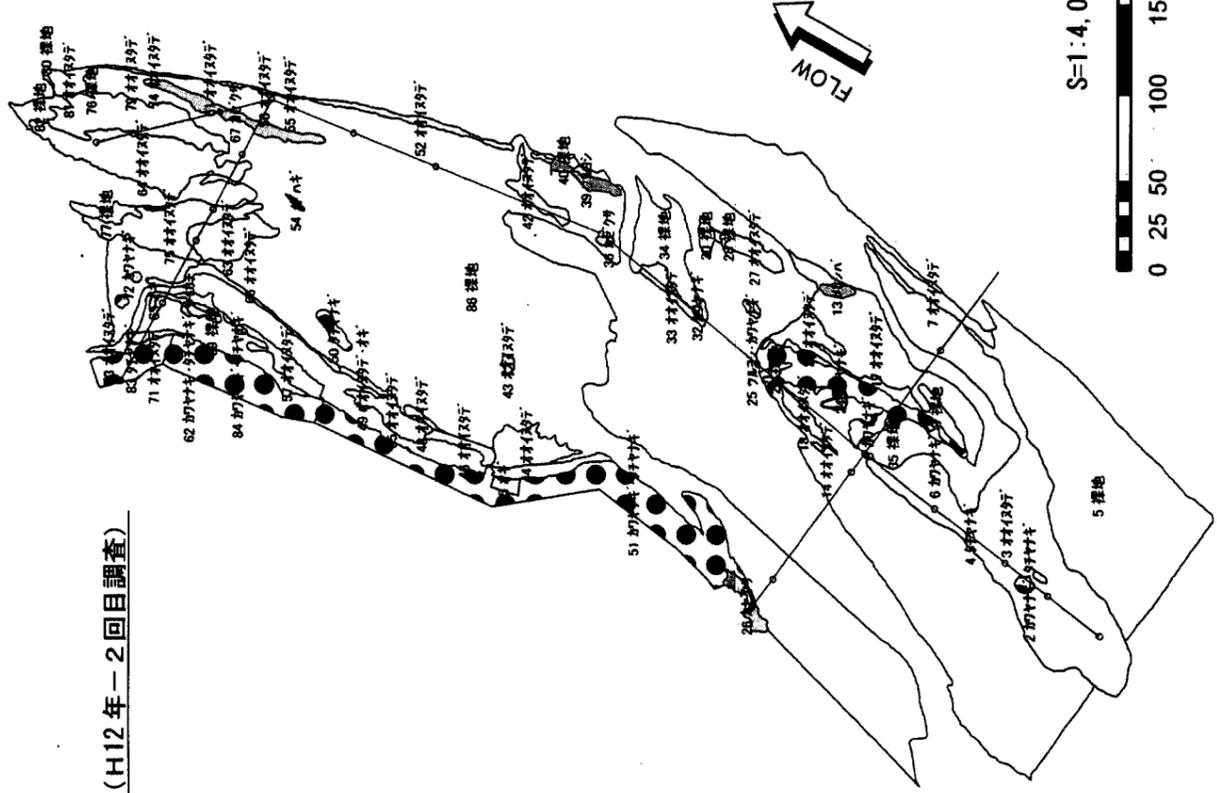
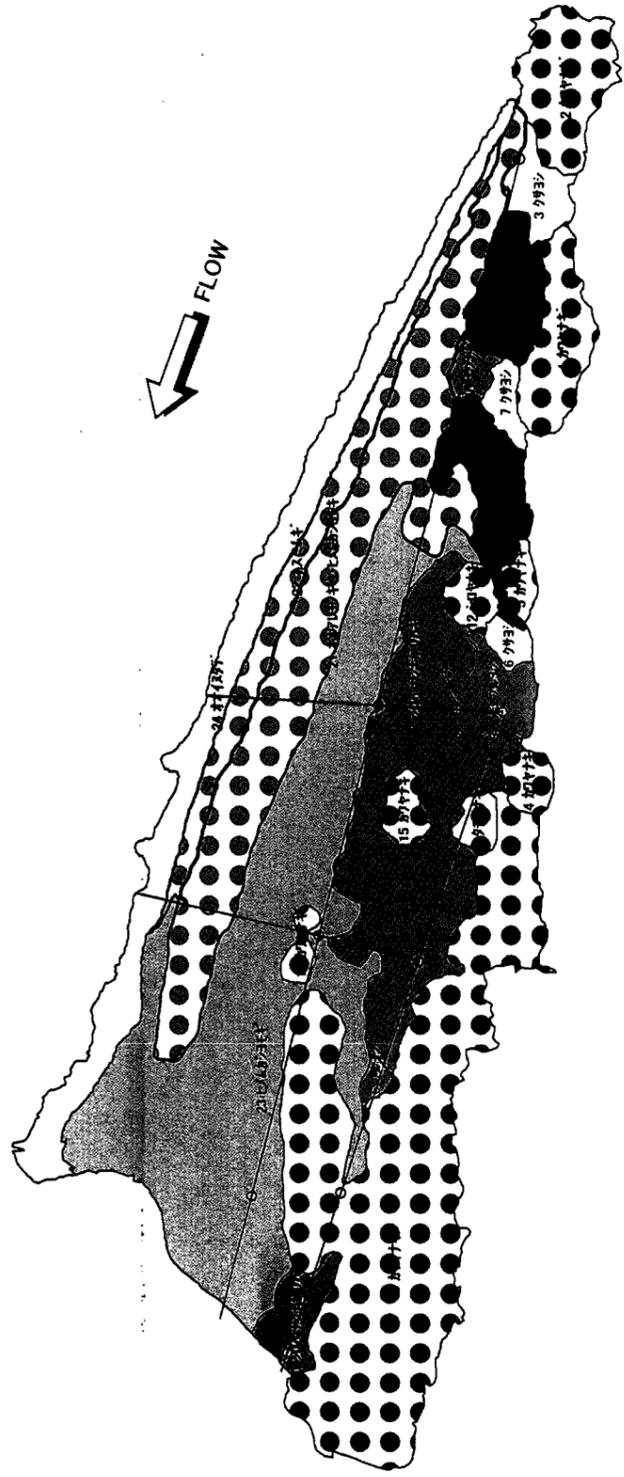


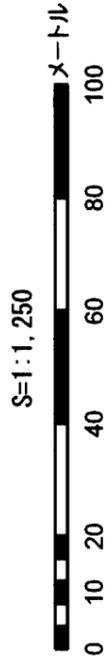
図 5-2-2(1) 植生図 (千曲川その1)

③ 冠着橋地区 (H13年-1回目調査)



(植生凡例)

- オイタリ群落
 - オキ群落
 - オニクシ/クサ群落
 - ▨ カヤ群落
 - カモヤ群落
 - カワヨモギ群落
 - クサヨシ群落
 - クサトキ群落
 - ▨ シナクレス/カヤ群落
 - ▨ シロ群落
 - ▨ シロハシ/カワハキ群落
 - ▨ フルヨシ群落
 - ▨ スズトハキ群落
 - ▨ ヒメカシ/ヨモギ群落
 - ▨ ヌルハハキ群落
 - ▨ アハキ群落
 - ▨ 犬シハ群落
 - ▨ マツヨイ/クサ群落
 - ▨ シ群落
 - ▨ 玉ギ群落
 - ▨ ヤナギ群落
 - ▨ ハリエン/クサ群落
 - 裸地
 - その他(雑生)
- ※斜線は混成群落を表す。



④ 冠着橋地区 (H13年-2回目調査)

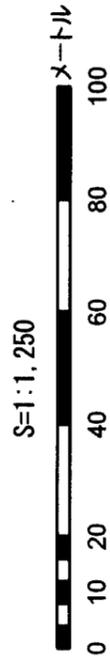
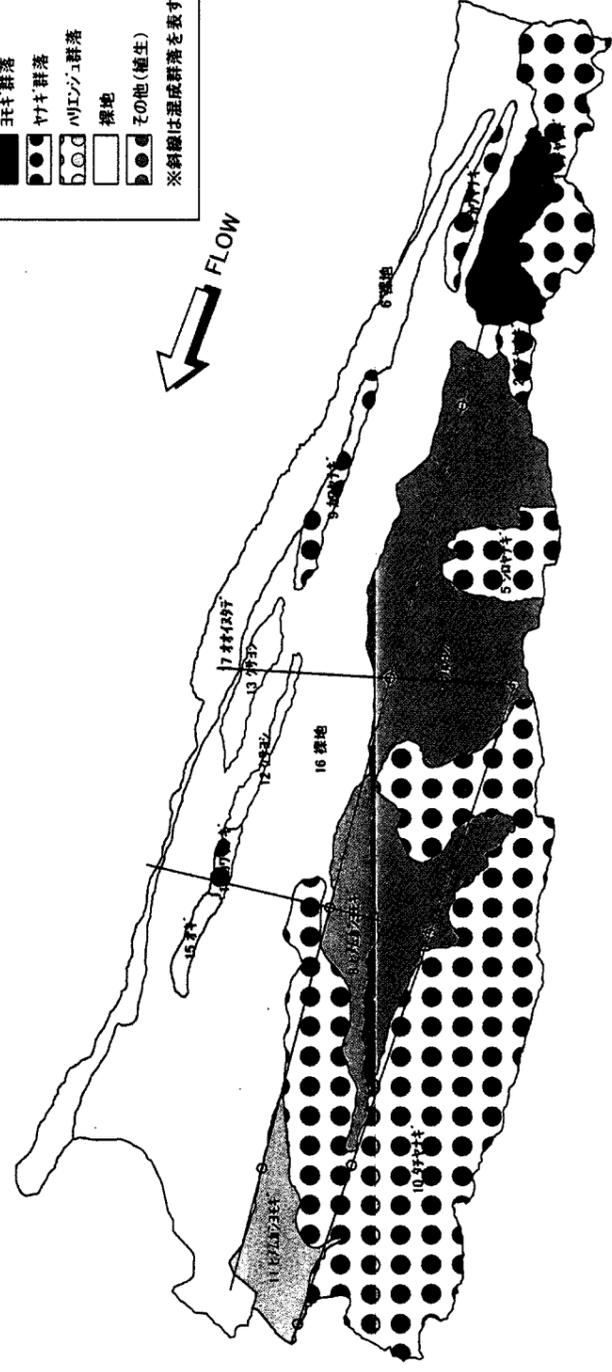
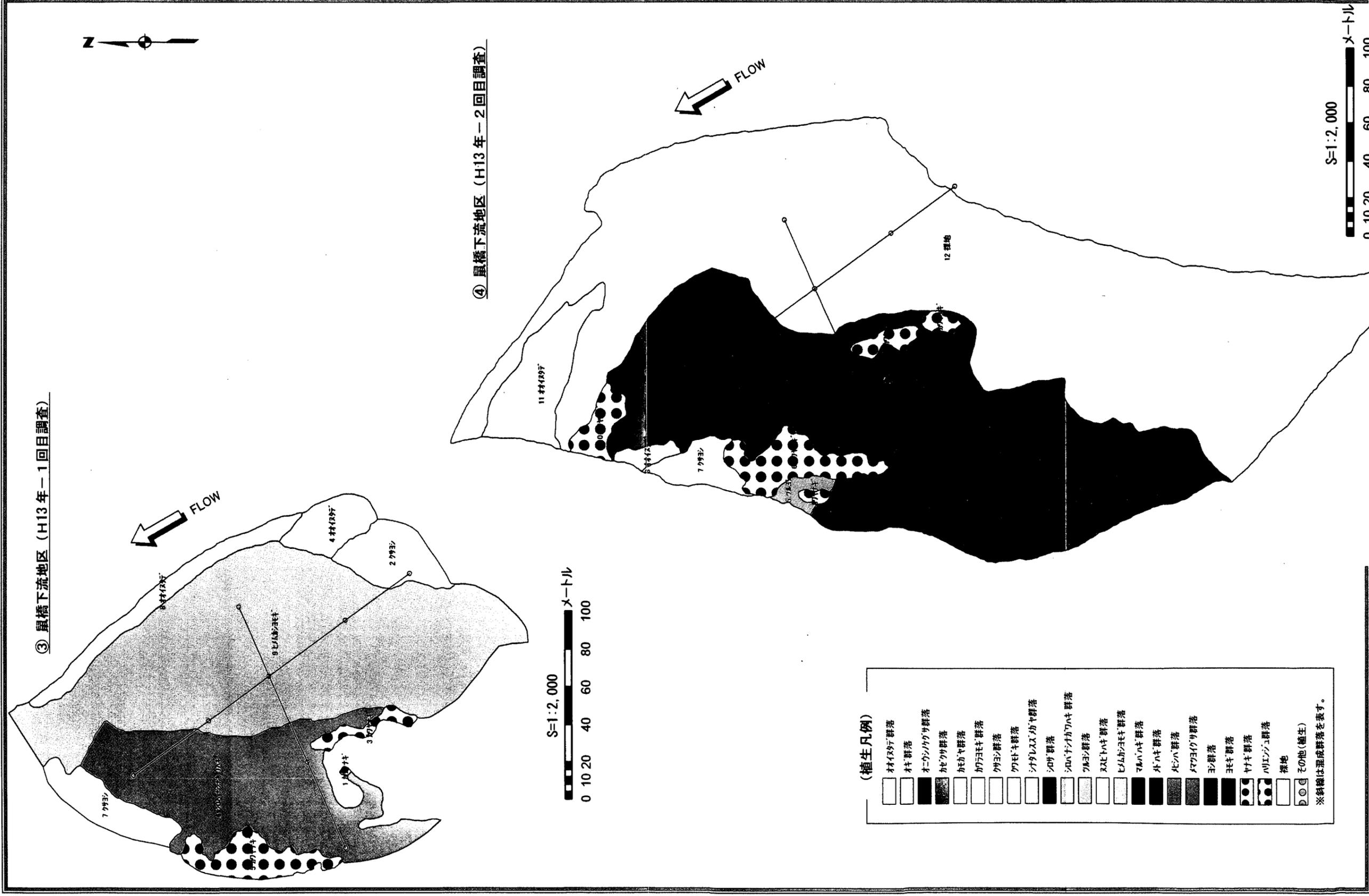


図 5-2-2(4) 植生図 (千曲川その4)



③ 鼠橋下流地区 (H13年-1回目調査)

④ 鼠橋下流地区 (H13年-2回目調査)

- (植生凡例)
- オオイヌギヤ群落
 - オキ群落
 - オニウシカク群落
 - ▨カベク群落
 - カカヤ群落
 - カドヨモギ群落
 - クサシ群落
 - クサキ群落
 - ▨シガラシガシ群落
 - シロヤ群落
 - シロハシカク群落
 - ▨ツバキ群落
 - スズナ群落
 - ヒメカヨモギ群落
 - アハキ群落
 - オハキ群落
 - ▨北シハ群落
 - ▨マツヨク群落
 - ヨシ群落
 - ヨモギ群落
 - ▨ヤナギ群落
 - ▨ハシヅメ群落
 - 裸地
 - その他(植生)
- ※斜線は遷成群落を表す。

図 5-2-2(6) 植生図 (千曲川その6)

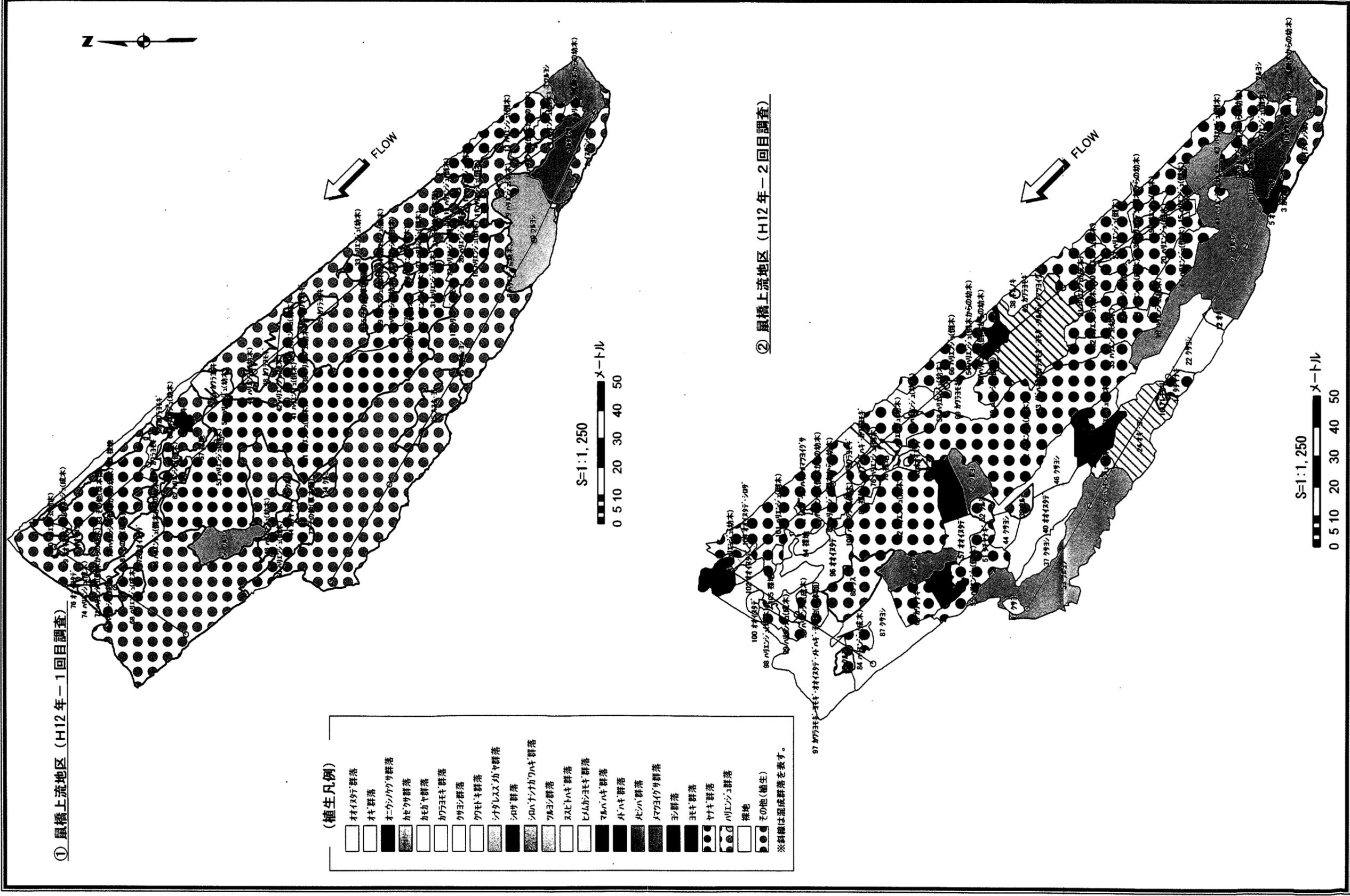
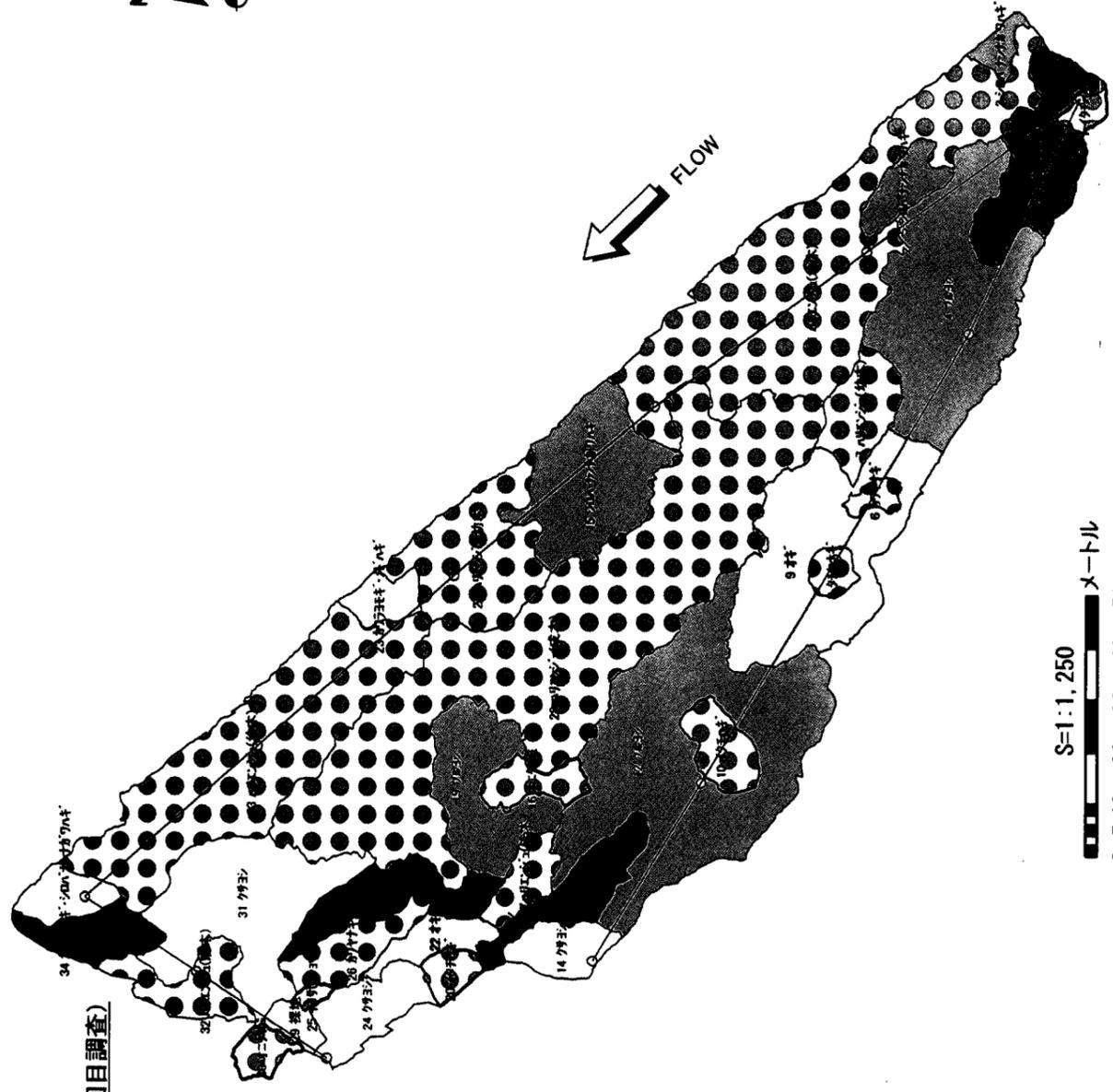


図 5-2-2(7) 植生図 (千曲川その7)

③ 鼠橋上流地区(H13年-1回目調査)

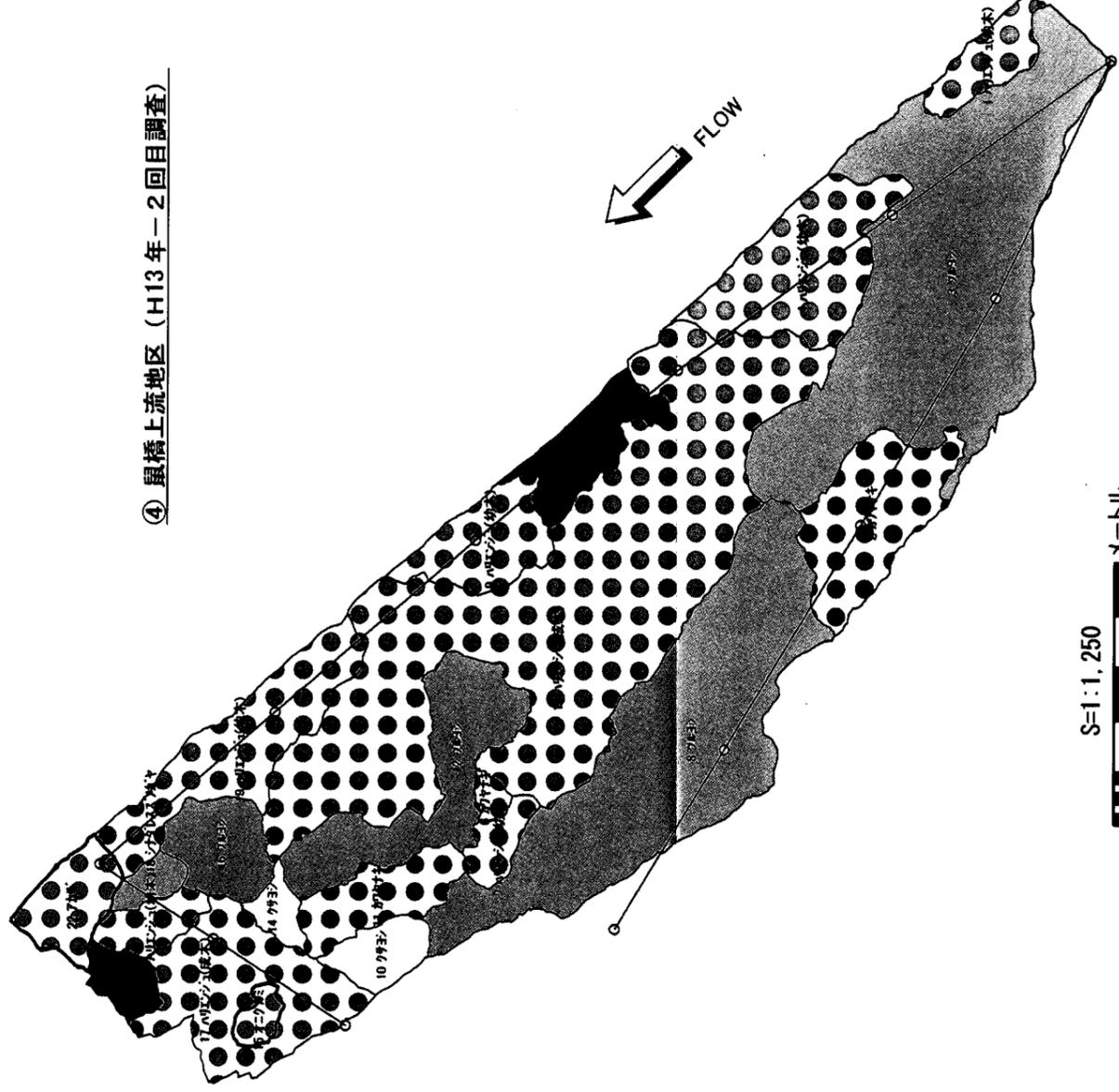


(植生凡例)

- オオバコ群落
 - オキ群落
 - オニカンカサ群落
 - カベ群落
 - カモヤ群落
 - カワモキ群落
 - クサ群落
 - クサ群落
 - シタラシスス群落
 - シロ群落
 - シロバナカワハキ群落
 - ツル群落
 - スズク群落
 - ヒメカサ群落
 - マルマル群落
 - 小ハキ群落
 - 北シハ群落
 - マツヨク群落
 - 草群落
 - 玉子群落
 - 竹群落
 - ハエシ群落
 - 裸地
 - その他(植生)
- ※斜線は混成群落を表す。

S=1:1,250
0 5 10 20 30 40 50
メートル

④ 鼠橋上流地区(H13年-2回目調査)



S=1:1,250
0 5 10 20 30 40 50
メートル

図 5-2-2(8) 植生図 (千曲川その8)

5. 3 植物群落の変化速度

5.3.1 データ整理の方法

本節では、植生図を時系列順に重ね合わせて調査期間ごとに①各群落の面積変化の速度、および②各群落の群落境界を隣り合う群落種ごとに細分して、各境界について拡大・縮小した速度を算定・整理する。データ整理の対象は、表4-4-2 および4-4-3 に示す植物とハリエンジュ、ヤナギなどの木本類、裸地とした。ただし、データ整理の労力と煩雑さを低減させるために、タイプ名の末尾にAを付した植物については、各タイプ一つのグループとして整理することとした。このタイプは、流失に対する耐力と土砂の堆積能力が小さい植物であり、図-2.1.1 に示したシステムの観点では樹林化に至るプロセスに直接的に関わる可能性が小さいと予想される。また、多摩川ではクサヨシとヨシを、千曲川ではクワモドキを、十分なデータが得られなかったために分析対象から除外している。

(1) 変化速度の考え方

ある複数の植物群落間で生じる群落範囲の変化を模式化して図5-3-1 に表す。植生Aが植生Bに侵入して群落を拡大させた場合、植生Aにとっては、増加面積分 ΔS_1 だけ拡大したことになる。しかし、植生Bにとっては、植生Aに縮小された ΔS_1 だけ面積が減少したことになる。またこのようなやりとりが、植生Aと植生Cの間であった場合、結果として植生Aの面積変化は、植生Bに拡大した増加分 ΔS_1 と植生Cに縮小された減少分 ΔS_2 の差となる。また、植生Cに隣り合っていない場合を想定すると、増加分 ΔS_1 が同一であるにもかかわらず減少分 ΔS_2 がなくなるので、植生Aの面積変化は上記より大きくなる。以上の例からわかるように、変化を扱うにあたっては、隣り合う群落種ごとに群落境界線を区分して、その個々について拡大・縮小について整理する必要がある。本論では区分ごとの変化を対象としており、拡大する場合の変化速度を拡大速度とよび、縮小される場合を縮小速度と呼ぶ。また、トータルで見た面積変化 $\Delta S_1 - \Delta S_2$ を対象とした場合には、変化速度と呼び、使い分けることとする。

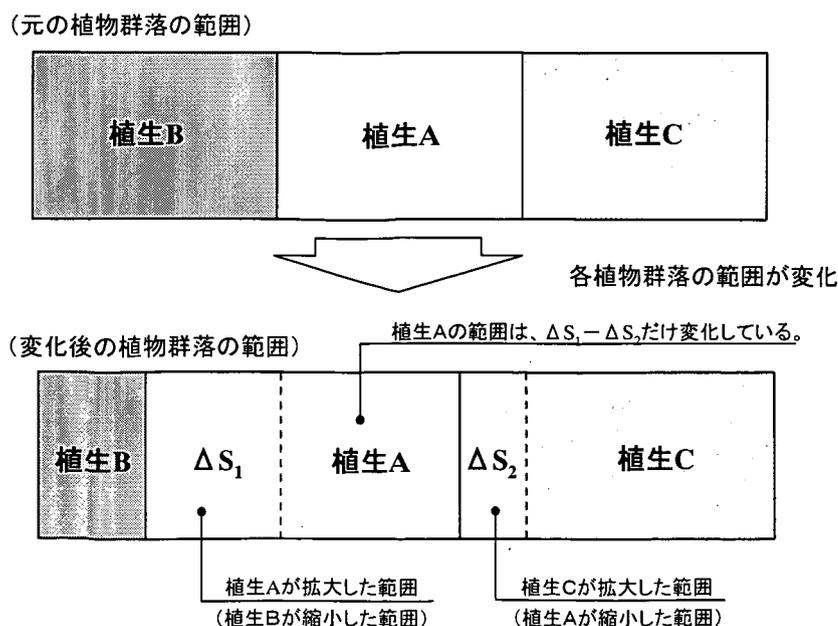
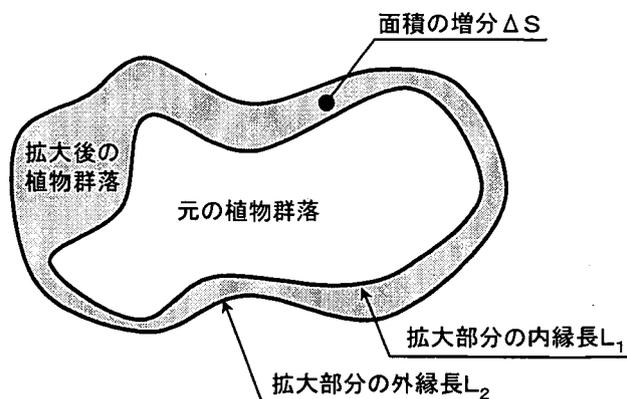


図5-3-1 植物群落範囲の変化の模式図

(2) 拡大速度・縮小速度の算出方法

植生別の拡大・縮小速度は(5.1)式により算定する。(図 5-3-2 参照)

$$\text{拡大・縮小速度 (m/month)} = \frac{\text{面積の増加・減少分 } \Delta S}{\text{経過時間 } T \times \left(\frac{\text{拡大・縮小部分の内縁長 } L_1 + \text{拡大・縮小部分の外縁長 } L_2}{2} \right)} \dots (5.1) \text{式}$$



※縮小速度を算出する場合は、拡大部分の面積・周長を縮小部分のものに置き換える。

(拡大速度を算出する場合の例)

図 5-3-2 拡大・縮小速度の算出方法の模式図

ここに、経過時間 T は各回の調査間に経過した時間を月単位に丸めた値とした。各調査間の経過時間は、1 回目調査から 2 回目調査までは概ね 3 ヶ月、2 回目調査から翌年の 1 回目調査までは概ね 9 ヶ月である。(表 3-4-2 参照) また、植生図中の混生群落の変化速度は、混生群落全体の変化速度に構成割合を乗じることにより算出した。

5.3.2 植物群落の変化速度の概要

まず、各植物群落の変化速度を (5.2 式) によって算定した結果を図 5-3-3 に示す。ただし、一部の期間でデータがない場合 (例えば、洪水後 1 年目の夏から秋にかけてのデータがない場合など) は、その期間の変化速度を 0(m/month) として算定している。

$$1 \text{ 年間の変化速度} = \frac{\sum (\text{各調査間における変化速度} \times \text{各調査間における経過時間の月数})}{\text{経過時間の総月数}} \times 12 \text{ カ月} \dots (5.2) \text{式}$$

植物群落の変化速度は、オニウシノケグサ (千曲川) の特異なデータを除けば、多摩川、千曲川共に概ね 3~4 (m/year) 程度であることがわかる。多摩川と千曲川において、共通する各植物群落の変化速度を比較すると、タイプ I-②-A とオオイヌタデが逆の傾向を示している。これは、洪水後 2 年目秋における多摩川の植生調査ができなかったため、タイプ I-②-A の洪水後 2 年未満に他の植生に遷移して消滅するという特性 (表 4-4-1 参照)、オオイヌタデの春から秋にかけて拡大するという特性のデータを得ることができなかったことによるものと推測できる。これら以外の植生について見ると、変化速度が異なるが、拡大・縮小の傾向は一致している。この傾向の中で特に注目したいことは、拡大傾向にある植生タイプが、多摩川・千曲川ともに、概ね表 4-4-2 および 4-4-3 に示すタイプ II や

Ⅲに属する安定植生域を形成する植生タイプであることである。両河川ともタイプⅡに属する植生の多くが2~4(m/year)程度の速度で、タイプⅢが0~2(m/year)程度の速度で拡大している(ただし、多摩川におけるオギのデータを除けば拡大速度は0~0.5(m/year)程度である)。より長期間(2~7年間)に生じた群落拡大を対象にして変化速度を算定した土木研究所の報告²²⁾では、ヤナギ類:1.2~2.8(m/year)、ヨシ:1.6~2.5(m/year)、オギ:1.3(m/year)程度という結果が示されている。これらはタイプⅡ、Ⅲに属する植生(可能性も含めて)であり、本研究での測定結果と概ね一致(千曲川のオギを除く)している。以上を総合すると、安定植生を形成するタイプⅡ、Ⅲの植物群落は、前者が2~4(m/year)程度で、後者が0~2(m/year)程度で拡大していることが推測される。

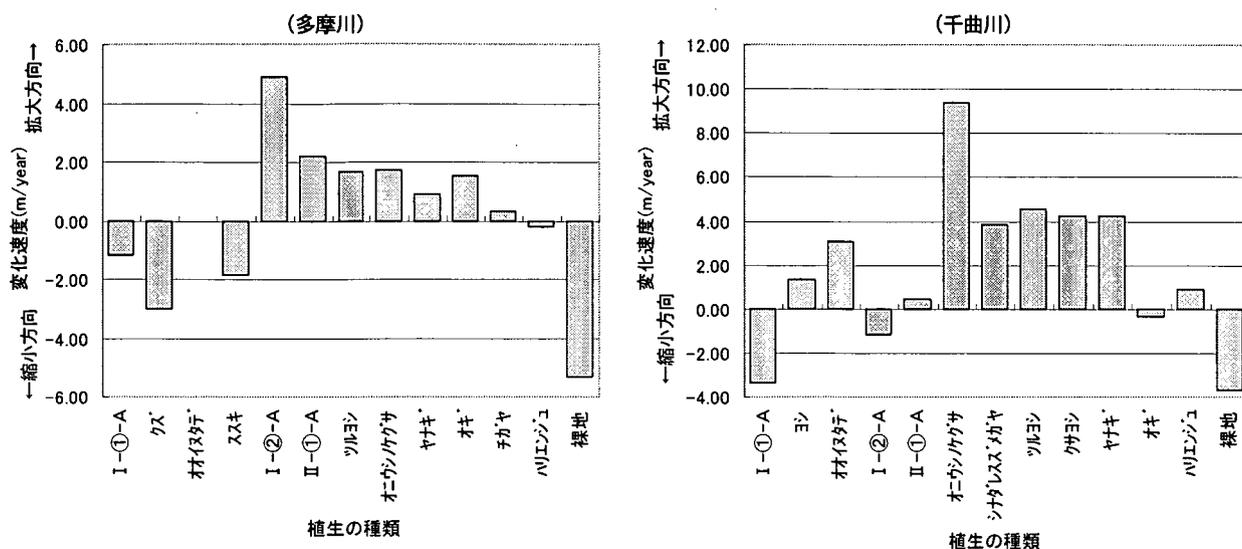


図 5-3-3 植物群落別の 1 年間あたりの変化速度

5.3.3 拡大速度に及ぼす拡大率の影響

各植物群落の拡大速度と拡大率(拡大して得た面積の増分 ΔS (図 5.3.2 参照)を拡大後の群落面積で除したものを拡大率と呼ぶ。)の関係をプロットしたものを図 5-3-4 に示す。拡大率は、100%であればこれまでまったく繁茂していなかった植生が新規に群落を形成したことを表し、0%に近いほど元の群落の面積に比較して増加した面積が小さいことを表す。このことをふまえて、図 5-3-4 に示すプロットの分布形状を見ると、まずほとんどの群落に共通して、拡大率 0~5%の拡大速度がそれ以上に比較して小さくなっていることに気づく。さらにプロット数も拡大率 0~5%の範囲に多くなっている。拡大率が 0%にごく近い値となると、図 5-3-2 に示した群落境界を表すライン L_1 と L_2 がごく近くなるため、GPS の測定精度(約 50cm)と観測者によるラインの判定誤差が相まって、 L_1 と L_2 が複雑に交差する測定結果となった。図 5-3-4 に示したデータ整理では、隣り合う交差点に挟まれた群落境界ごとに細分して拡大速度を算定したため、上記のようにプロット数が多くなっている。これらのプロットは測定誤差が大きいことが予想されるため、以下の検討においては、拡大率 5%未満のデータを除いて拡大速度について考察を加えることとする。

拡大率 5~100%の範囲で拡大速度と拡大率の関係に着目すると、拡大速度は 0.1~1(m/month)程度にやや集中しているものの、10(m/month)の範囲までおおきくばらついている。そのようなばらつきの中でも詳細に見ると、拡大率が大きくなるのにもなって拡大速度も大きくなる群落(例えば、タイプ I-①-A やタイプ I-②-A など)と、拡大率とは無関係にばらついている群落(例えばオオ

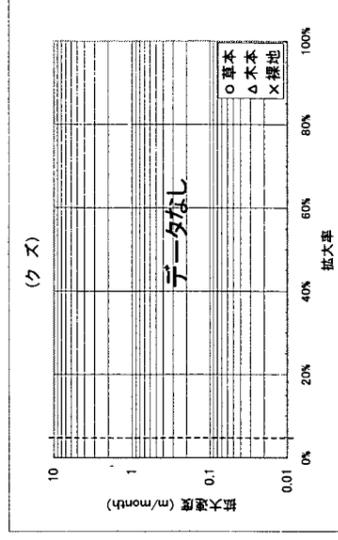
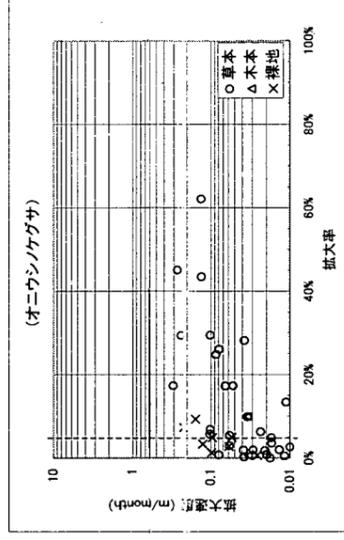
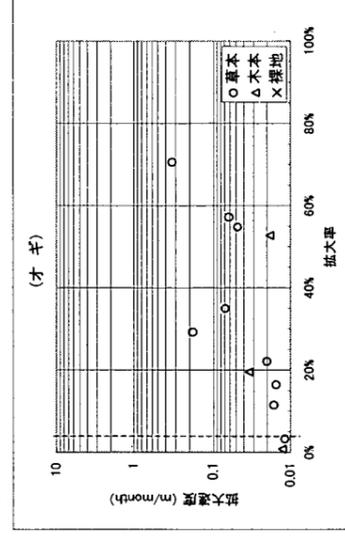
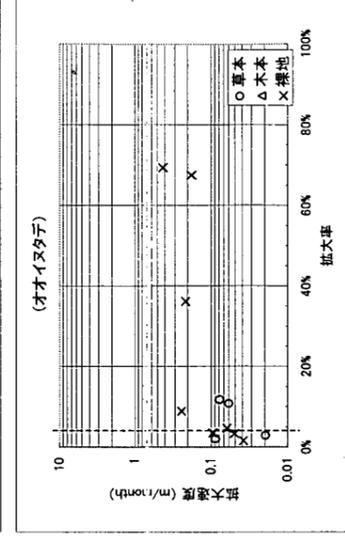
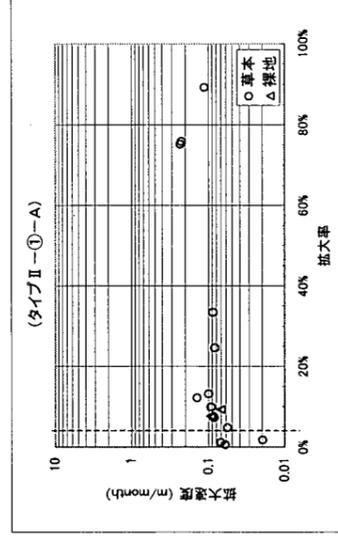
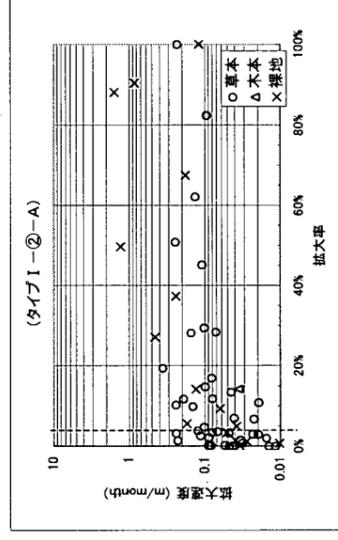
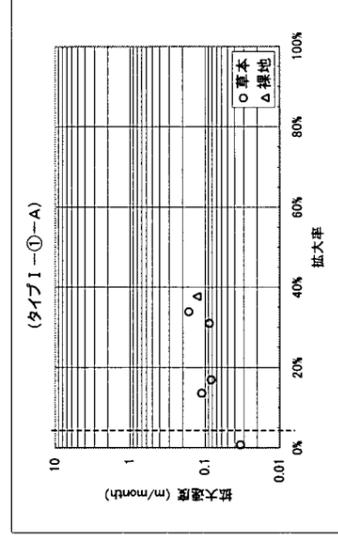
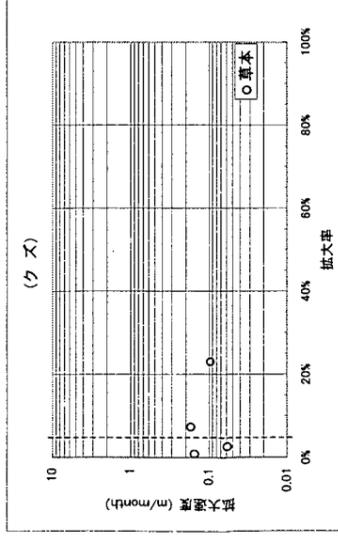
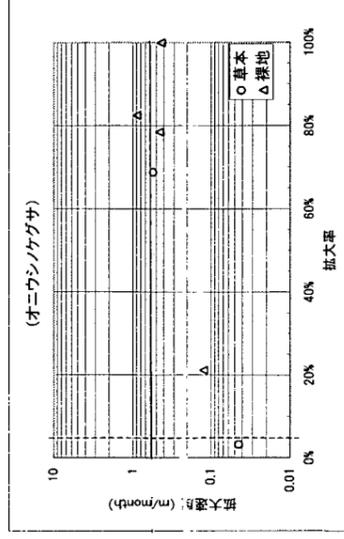
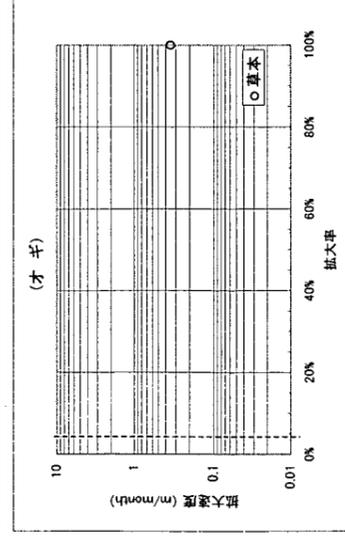
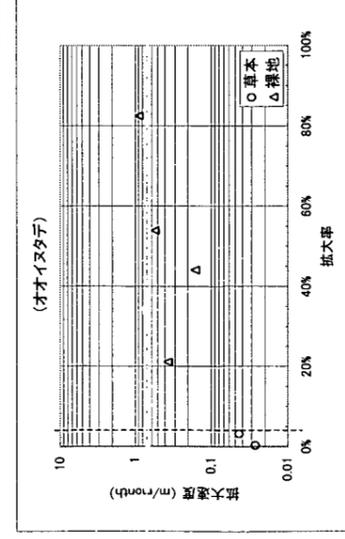
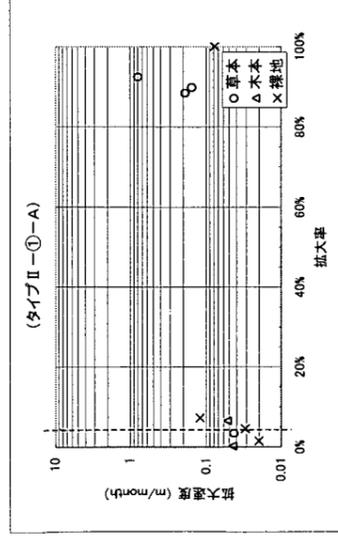
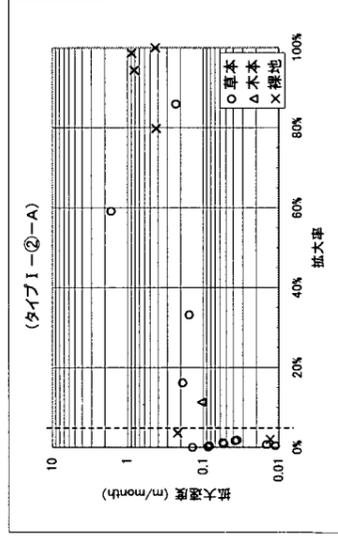
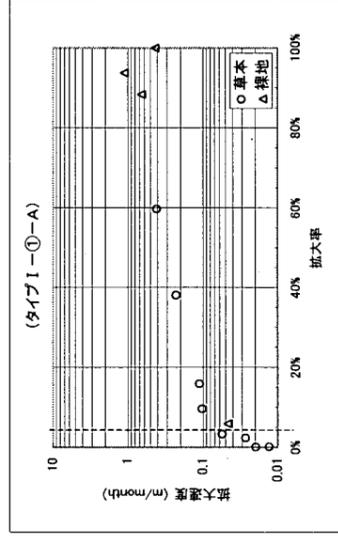


図5-3-4(1) 拡大速度と拡大率の関係(多摩川その1)

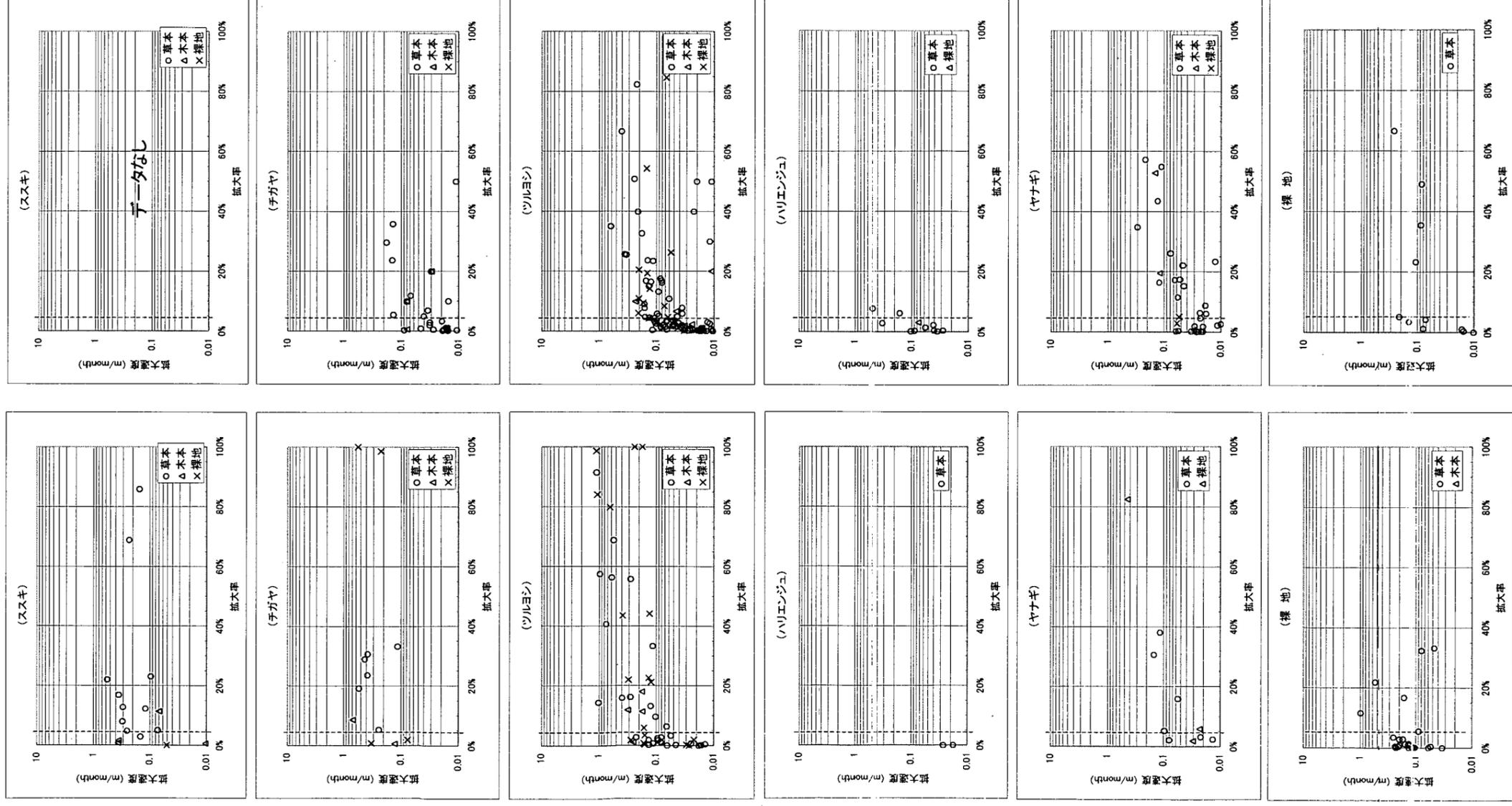


図5-3-4(2) 拡大速度と拡大率の関係(多摩川その2)

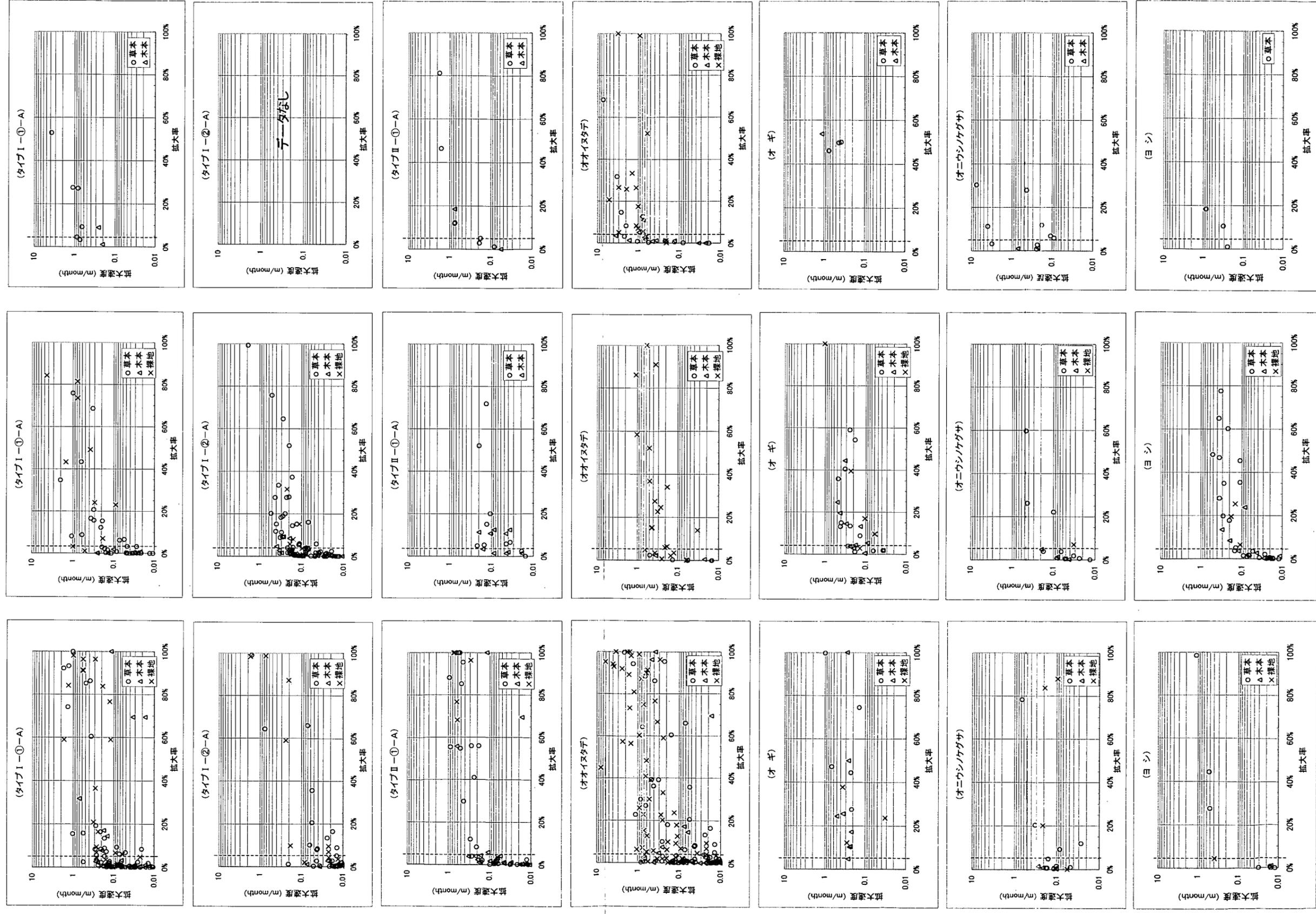


図5-3-4(3) 拡大速度と拡大率の関係(千曲川その1)

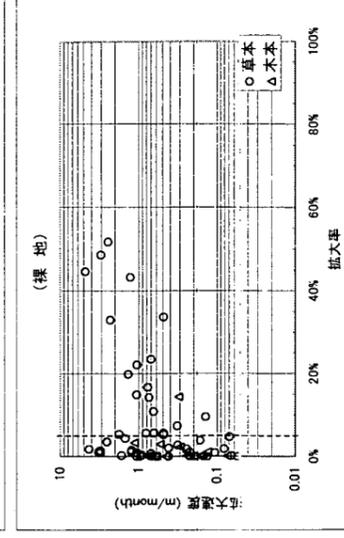
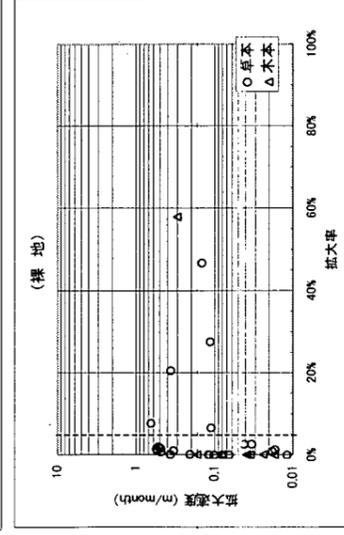
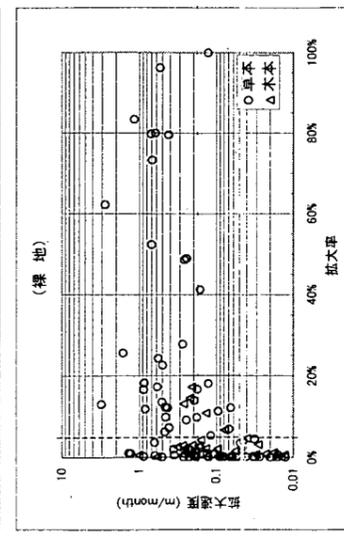
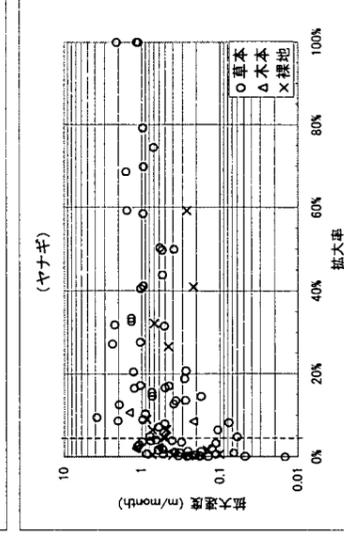
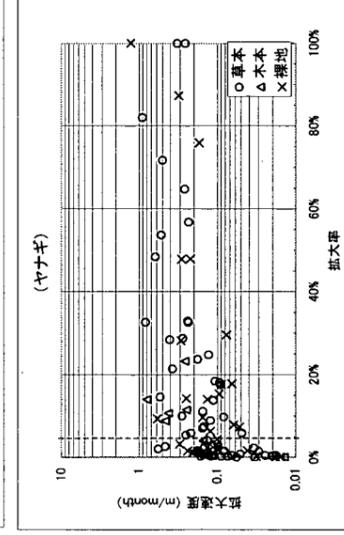
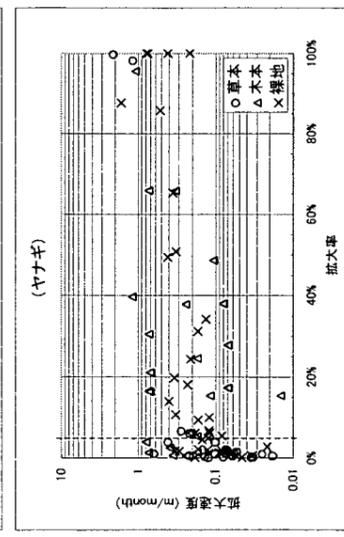
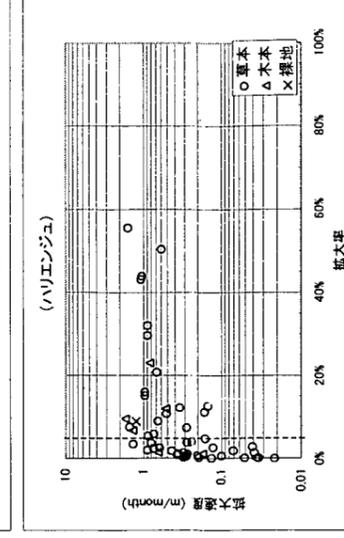
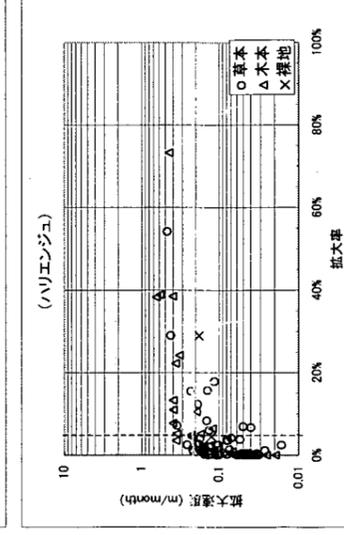
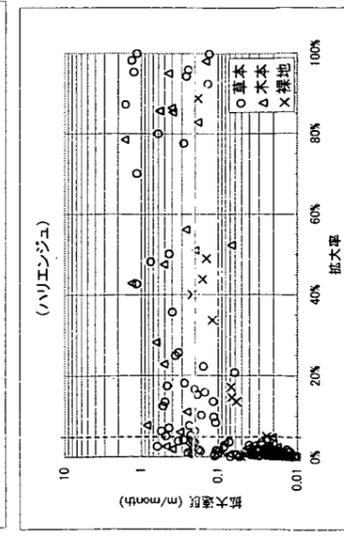
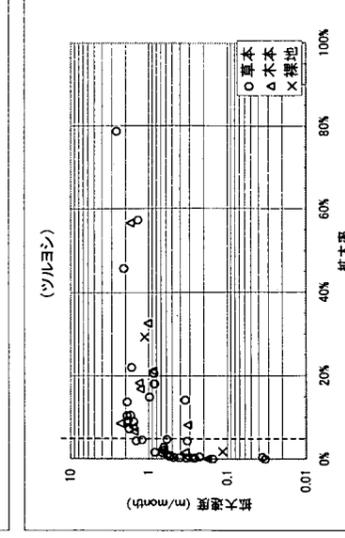
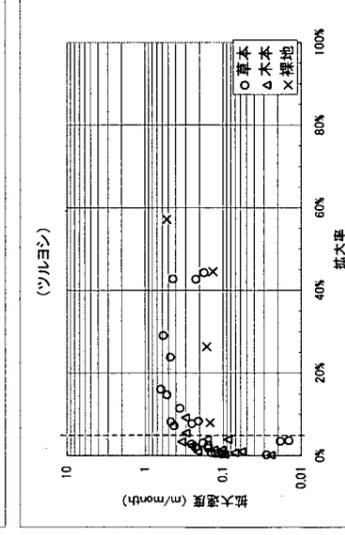
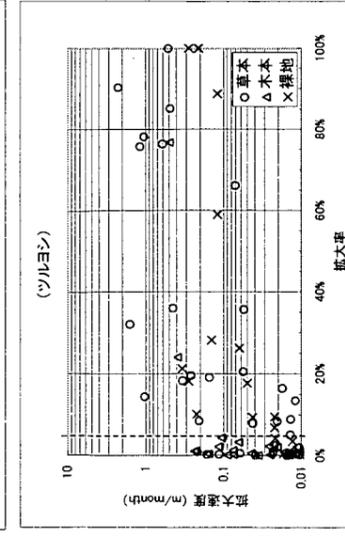
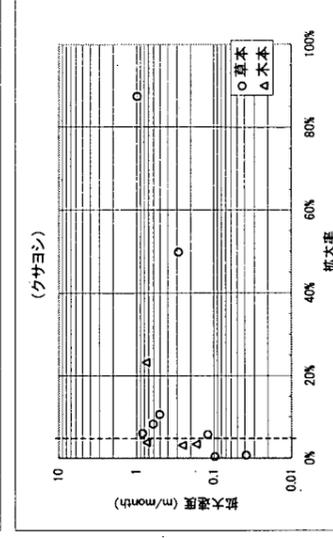
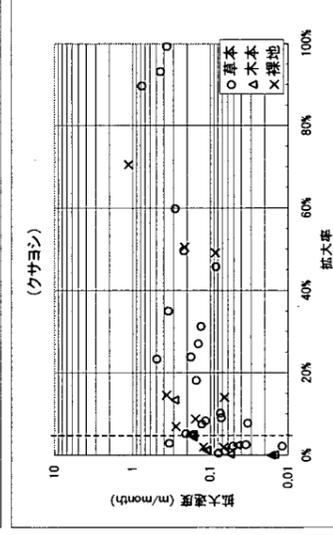
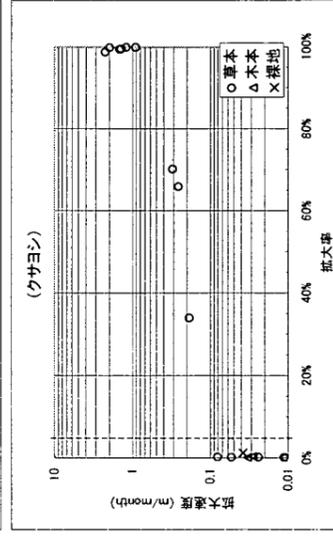
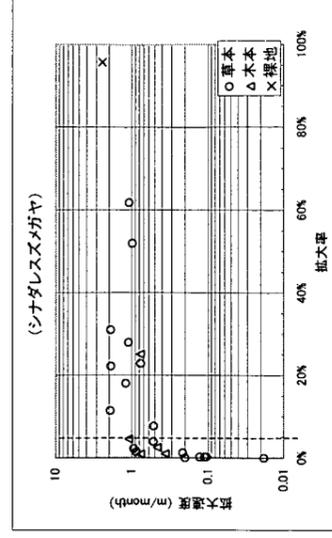
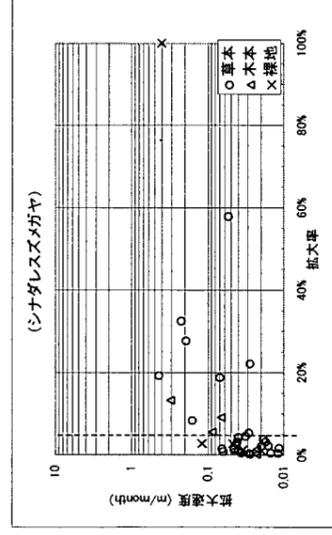
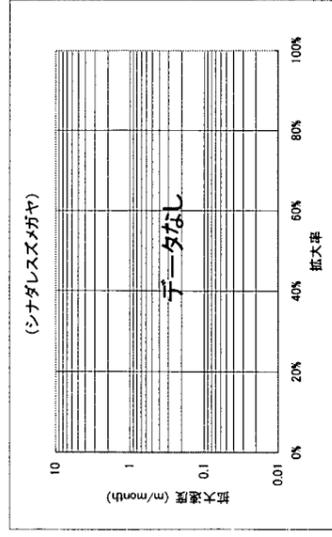


図5-3-4(4) 拡大速度と拡大率の関係(千曲川その2)

イヌタデ、ツルヨシなど) という2パターンに分かれる傾向が見られる。しかし、この傾向は各群落に固有のものではなく、調査時期によって異なっている。本研究で得たデータだけで判断すると、拡大率と拡大速度の間に強い相関があるとは判断しにくく、現段階では、植物群落の拡大速度に対する群落面積の影響を明らかにすることは困難である。このため以下においては、拡大率5~100%の範囲のデータについて求めた平均値を用いて拡大速度を表す。

5.3.4 植物群落の拡大・縮小速度の特性と安定植生域にいたる拡大速度の推定

多摩川および千曲川について、調査期間ごとに植物群落間での拡大・縮小速度を算定した結果を表5-3-1 および5-3-2 に示す。この表を縦方向に集計すると、ある群落の平均拡大速度が、横方向に集計すると平均縮小速度が得られる(図5.3.1参照)。また、図5-3-5 および図5-3-6 に、各植物群落について調査期間毎の平均的な拡大・縮小速度を棒グラフで示す。棒グラフ内の色は、変化する植種を表し、その範囲が大きければ拡大面積または縮小面積が大きいことを示している。変化する植種は、末尾にAが付くタイプAに属する植生(I-①-A、I-②-A、II-①-A、II-②-A)、タイプI-①-B、タイプII-②-B(ヤナギを含む)、タイプIII(ハリエンジュを含む)、裸地とした。また、図中に描いている折れ線グラフは変化速度を表している。変化速度は、拡大速度と縮小速度に周長の重みをつけた平均値として算定したものである。

(1) 多摩川

図5-3-5より、まず各植物群落の変化速度の特性を見る。植物群落の変化速度(折れ線)は、いずれの植生も $-0.3 \sim 0.8$ (m/month) 程度の範囲である。変化速度と拡大速度・縮小速度の関係をみると、群落範囲の変化は、①他の群落に侵入されることなく一方向的に群落範囲を拡大させるパターン、または逆に他の群落に侵入されるのみで一方向的に群落範囲を縮小するパターン、②侵入して拡大した面積と、逆に侵入されて消失した面積が等しくなく、そのため群落が拡大または縮小するパターン、③拡大した面積と消失した面積が等しく、結果的に群落面積に変化の見られない(群落を形成している位置は変化している)パターンに分類できる。

このうち、タイプI-②-A、II-①-A、オギ、クズはパターン①の形態で群落を変化している。このパターンに分類される植生のうち、クズだけが縮小傾向を示し、クズ以外の植生は全て群落を拡大している。特にタイプI-②-Aは、今回の植物群落の中で最も速い速度で群落範囲を拡大している。またパターン②の形態で群落範囲を変化させる植生を見ると、I-①-A、ススキ、ツルヨシ、オニウシノケグサ、裸地が挙げられる。このうち密に繁茂する植生であるツルヨシ・オニウシノケグサは、裸地や他の植生に侵入して群落範囲を拡大しているが、逆にI-①-A、ススキ、裸地は、拡大する面積に対して他の植生の侵入によって消失する面積が大きいため、群落範囲を縮小している。さらにパターン③に分類される植生を見ると、オオイヌタデ、チガヤ、ハリエンジュ、ヤナギが挙げられる。これらの植生は、若干の面積の増減があるが、他の植生群落に比べると面積の変化量が少ない。以上の各植物群落の変化速度の傾向を、各調査期間別に見ると、いずれの植生も夏から秋にかけての速度が秋から翌年の夏にかけてのものに比べて大きく、季節の影響を受けているのがわかる。

次に、表5-3-1に示す調査期間別の各植物群落間での変化速度を(5.2)式により1年間の変化速

度に換算したものを表中のセル上段に示すとともに、これらの値を図4-4-1の樹林化のプロセスに基づき整理したものを図5-3-7に示す。なお1年間の変化速度を算定するにあたっては、一部の期間でデータがない場合、その期間の変化速度を0(m/month)として算定している。このため、特に②の期間のデータがない場合は過小評価している可能性がある。真値を求めるためにはさらなるデータの蓄積が必要であり、現段階では上記の方法で算定した変化速度をもとに考察する。

図5-3-7より、各植物群落間での変化速度について見ていく。まず、群落面積が最も大きく拡大したタイプI-②-Aに着目する。このタイプの植生は、裸地やタイプI-①-Aの植生に侵入して形成範囲を拡大している。この時の拡大速度は、各々5.8(m/year)と8.9(m/year)で、他の植物群落間の変化速度に比べると非常に速い。これは、タイプI-②-Aの大半が一年草で、流水や風に運搬される種子によって群落を拡大することから、河原に広く残っている裸地の立地条件が生育条件に適応して群落を急速に拡大できたものと考えられる。このタイプと同様な立地条件に適する植生としてタイプI-①-AとI-①-Bが挙げられる。両植生は、3.0~4.0(m/year)程度の拡大速度で裸地に侵入して群落を拡大している。しかし、タイプII-②-BやタイプIIIによって1.0~4.5(m/year)程度の速度で群落を縮小されているため、タイプI-②-Aのように群落範囲を大きく拡大できていない。ついで、密に繁茂する植生であるタイプII-②-Bに着目する。このタイプの植生は、裸地や河原に繁茂するタイプI-①-AやタイプI-①-Bに侵入して群落を拡大させている。その拡大速度は、侵入する植種によって様々であり一様な傾向は見られないが、概ね1.0~4.5(m/year)の範囲である。またこのタイプの植生は、植生図を見ればわかるように、陸域側にタイプIIIが隣合わせで群落を形成していることが多い。このためタイプII-②-Bは、タイプIIIとの間で群落境界を競い合っている。この競争によってタイプII-②-Bは、タイプIIIに0.8~1.4(m/year)の速度で拡大しているが、逆にタイプIIIに2.2~2.7(m/year)の速度で縮小されているため、結果としてタイプIIIによって群落範囲を縮小されている。この変化はツルヨシとチガヤ、オギなどの草本群落同士の競争によるものである。木本類であるハリエンジュは、図5-3-3にも示したように他の植生に侵入して変化する面積が小さく主要な変化が生じていない。

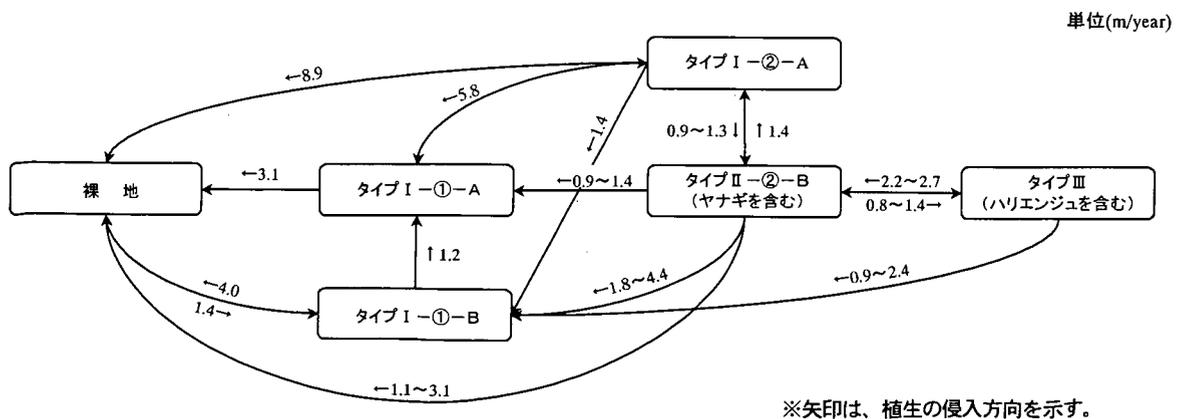


図5-3-7 植物群落間の変化速度 (多摩川)

(2) 千曲川

千曲川についても、多摩川と同様に各植物群落の変化速度の特性を見る（図 5-3-6 参照）。千曲川における植物群落の変化パターンは、タイプⅡ-①-Aおよびハリエンジュだけがパターン③（拡大・縮小速度が等しく群落面積が一定である）による形態を示しており、その他の植生はパターン②に分類できる。

その変化速度は、いずれの植生も洪水後1年目までは-0.5~1.0(m/month)の範囲である。しかし、洪水後2年目の夏から秋にかけては、-4.0~4.0(m/month)の変化速度で形成範囲を急激に変化している。この変化速度の変動を植種別に見ると、洪水後1年目までは裸地を除けば全ての植生が拡大傾向にある。しかし洪水後2年目にかけては、Ⅰ-①-A、ヨシ、Ⅰ-②-A、オギ、クサヨシが縮小傾向に転じ、ツルヨシ、オニウシノケグサ、シナダレスズメガヤ、ヤナギがより拡大傾向に変化しているのがわかる。また、オオイヌタデは、夏から秋にかけて約1.5(m/month)の速度で拡大しているが、秋から翌年の夏にかけては約0.5(m/month)で縮小しており、調査時期によって変化速度が大きく異なっている。

次に、（図 5-3-7 と同様の方法で作成した）図 5-3-8 より各植物群落間での変化速度について見ていく。まず、河原に繁茂する植物であるタイプⅠ-①-A、タイプⅠ-①-B、タイプⅠ-②-Aに着目する。これらの植生は、河原に繁茂する植生同士や裸地の間で急激に形成範囲を変化させている。その拡大・縮小速度の大半は10(m/year)以上の速さで、他の植物群落間の拡大・縮小速度に比べると非常に速い。このように拡大速度が大きいことから、このタイプの植生は洪水によって広範囲に裸地化された場所に新規に群落を形成する先駆的植物であると考えられる。また、縮小速度が大きいのは、水際などの立地条件が著しく変化する場所に生育することが影響して流失や枯死が生じやすいためと考えられる。ついで、密に繁茂する植生であるタイプⅡ-②-A、タイプⅡ-②-Bに着目する。タイプⅡ-②-Aは、主にタイプⅠ-①-A、タイプⅠ-②-Aの群落に侵入して、4.0~15.0(m/year)の速度で群落範囲を急激に拡大させている。またタイプⅡ-②-Bは、Ⅰ-②-A、Ⅰ-①-B、裸地に3.0~8.0(m/year)程度で侵入して群落を拡大している。このように、タイプⅡ-②-AやタイプⅡ-②-Bは、タイプⅢとの競争を除けば河原に繁茂する植生

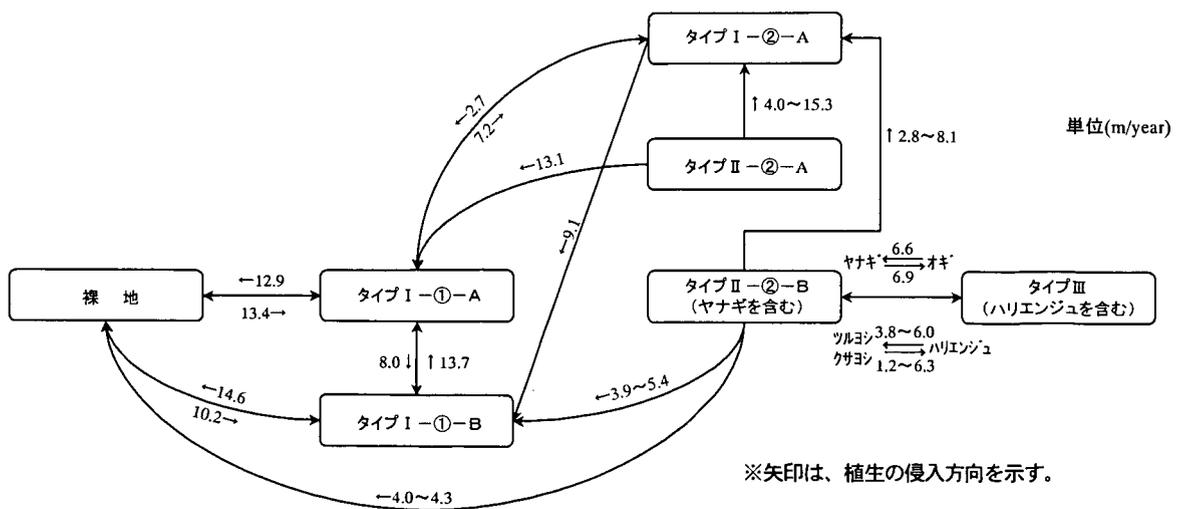
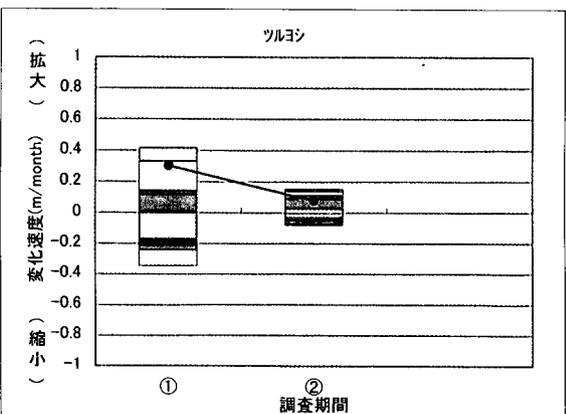
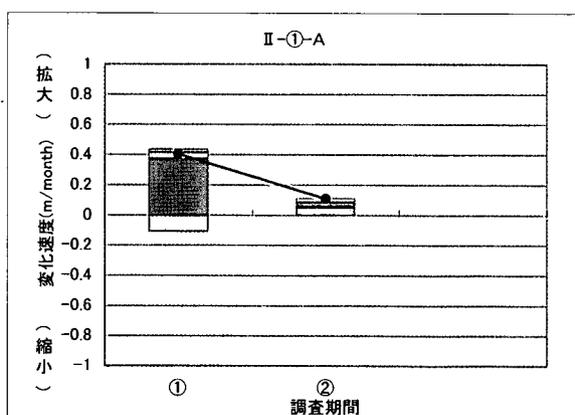
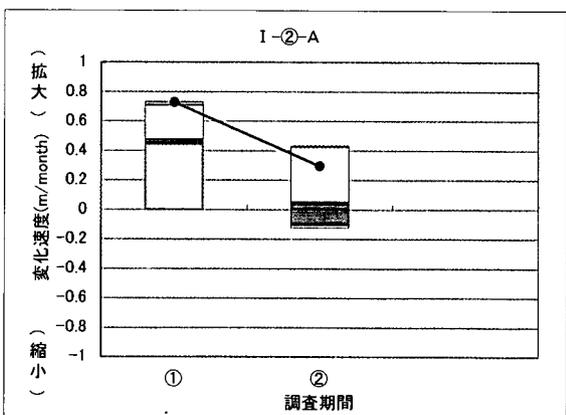
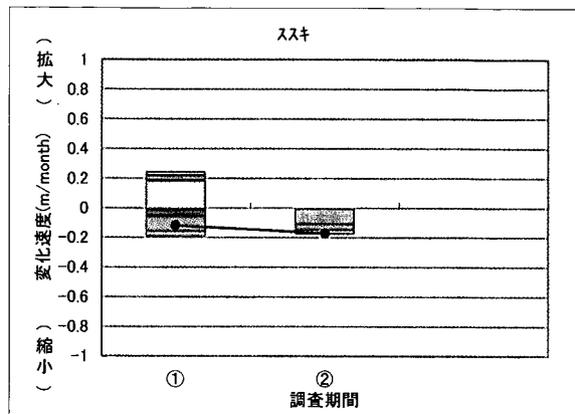
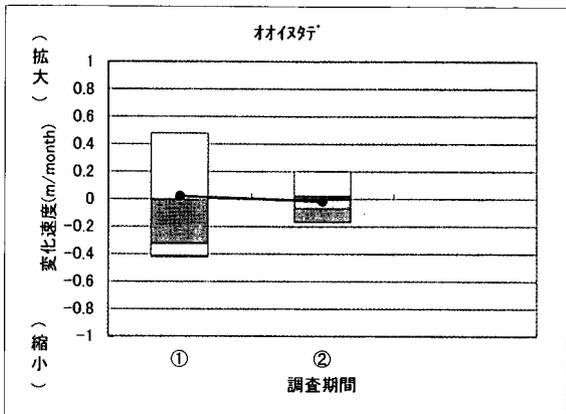
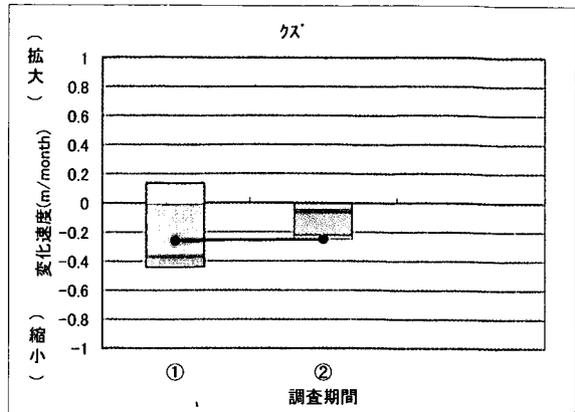
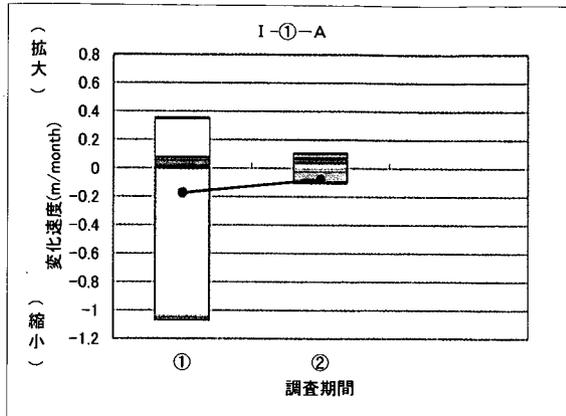


図 5-3-8 植物群落間の変化速度（千曲川）

や裸地に侵入して一方向的に群落範囲を拡大している。最後にタイプⅢに着目する。タイプⅢは、多摩川と同じようにタイプⅡ-②-Bと隣合わせることが多い。しかし、タイプⅢがタイプⅡ-②-Bに侵入して徐々に群落境界を広げていくのではなく、新たに形成したタイプⅢの群落にタイプⅡ-②-Bが再度侵入して群落を再形成するという競争が見られた。この競争によってタイプⅢは、タイプⅡ-②-Bとの間で、概ね 1.0~6.0(m/year)の速度で群落の拡大・縮小を繰り返している。この速度は、図 5-3-3 に示したタイプⅢの拡大速度に比べると非常に大きい。

これらの速度の算定対象となった群落は、屋島橋上流地区の植生図（図 5-2-2(1)および図 5-2-2(2)参照）において左岸側付近に見られるヤナギの幼木の群落とオギ群落、鼠橋上流地区の植生図（図 5-2-2(7)および図 5-2-2(8)参照）において砂州上下流端付近に見られるハリエンジュの幼木の群落とツルヨシ、クサヨシ群落である。両者とも木本群落と多年草の草本群落との競争によるものである。

木本群落の拡大は、草本群落に幼木が混生し、それが成長して樹高を大きくしていくという過程で進行していく。今回の調査では、季節に応じて多年草の茎が枯れて木本が目立っているような状況では木本群落、多年草の草丈が高くなり幼木が隠れてしまうような状況では草本群落と判断している。こうした判断がもたらした木本群落から草本群落への、あるいはその逆の見かけ上の急変が上記の拡大速度の算定結果に反映されている。そのため、木本群落の拡大形成初期に上記のような競争が生じているとしても、それを正確に測定できておらず、拡大・縮小速度が過大に評価されていると推察される。したがって今回の調査では、競争の結果として生じる可能性がある季節的なタイプⅢの群落の拡大・縮小は明らかにできなかった。ただし調査を行った 2 年間では、図 5-3-3 に示したように、オギ群落の形成範囲はほとんど変化していないが、ハリエンジュ群落は約 1.0(m/year)の速度で群落範囲を拡大している。この値が図 5-3-8 に示したタイプⅡ-②-BとタイプⅢの拡大速度の差と概ね等しい値であることも考慮すると、季節的には群落の拡大・縮小が生じているが、そのような面積の変動を年単位で均して見ると上記の速度程度で拡大しているものと考えられる。このタイプⅢの拡大速度は、河原に繁茂する植生や密に繁茂する植生の拡大速度に比べて小さくなっている（図 5-3-3 参照）。



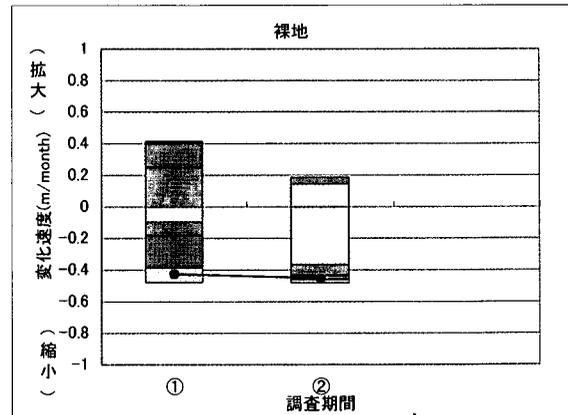
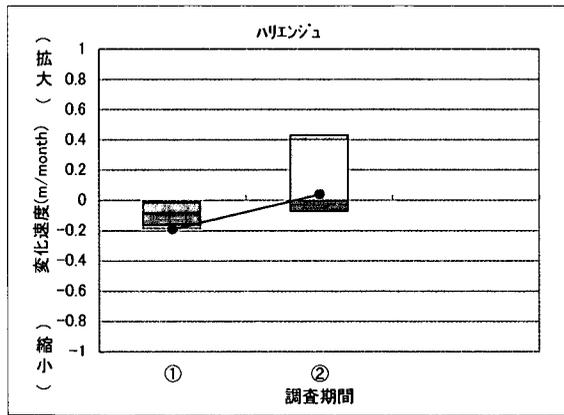
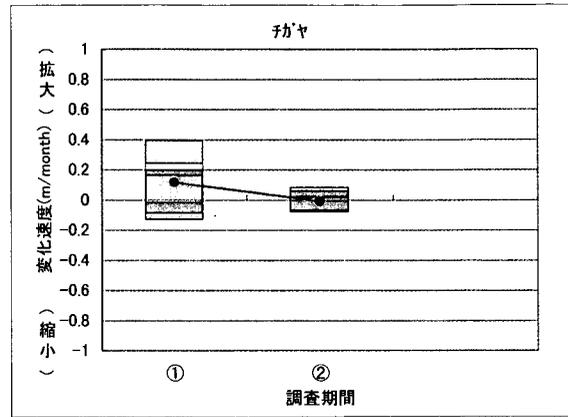
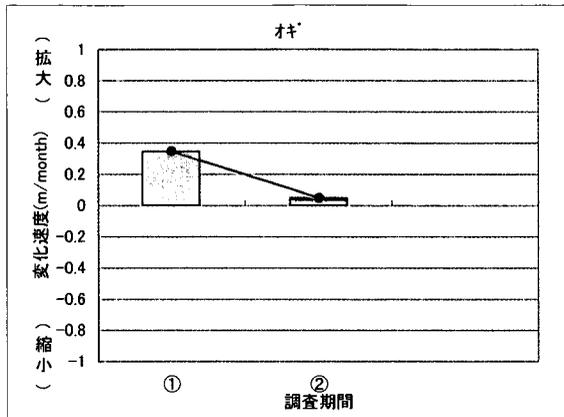
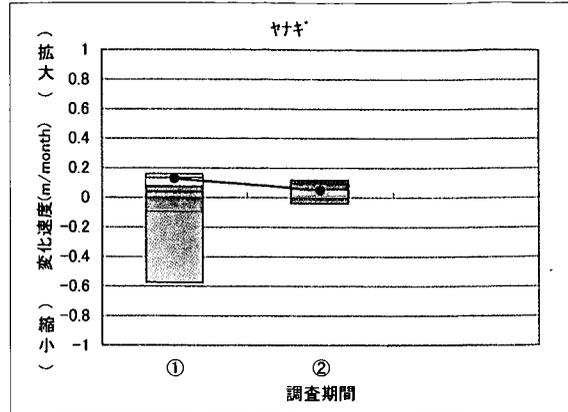
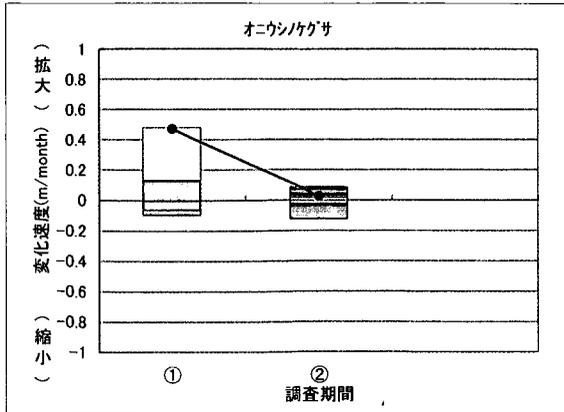
棒グラフの凡例
棒グラフは平均拡大速度と平均縮小速度を表し、色の範囲は変化の割合を表す。色は変化する植生種を表す。

- その他
- 裸地
- タイプⅢ
- タイプⅡ-②-B
- タイプⅠ-①-B
- タイプAに属する植生

折線グラフの凡例
— 変化速度

調査期間の凡例
①: 洪水後1年目の夏~秋の変化 (H12年1回目~H12年2回目調査)
②: 洪水後1年目秋~2年目夏の変化 (H12年2回目~H13年1回目調査)

図5-3-5(1) 調査期間毎の植物群落の変化速度 (多摩川その1)



棒グラフの凡例
 棒グラフは平均拡大速度と平均縮小速度を表し、色の範囲は変化の割合を表す。色は変化する植生種を表す。

- その他
- 裸地
- ▨ タイプⅢ
- ▩ タイプⅡ-②-B
- ▧ タイプⅠ-①-B
- ▦ タイプAに属する植生

折線グラフの凡例
 → 変化速度

調査期間の凡例

- ①: 洪水後1年目の夏～秋の変化 (H12年1回目～H12年2回目調査)
- ②: 洪水後1年目秋～2年目夏の変化 (H12年2回目～H13年1回目調査)

図5-3-5(2) 調査期間毎の植物群落の変化速度 (多摩川その2)

表 5-3-1 植物群落間の拡大・縮小速度の集計表 (多摩川)

		縮小速度																	
		I-①-A		I-①-B				I-②-A		II-②-B			III			裸地	その他の 植生	平均	
		I-①-A	クス	オオイタダ	クサヨシ	ススキ	ヨシ	I-②-A	II-①-A	ツルヨシ	オニクシ/クサ	ヤナキ	オキ	チカヤ	ハリエンジュ				
拡大 速度	I-①-A		0.4 ①0.14 ②			0.6 ①0.19 ②		5.8 ①1.85 ②0.09		0.9 ① ②0.1	1.4 ① ②0.15	0.6 ① ②0.07		1.3 ① ②0.14		0.4 ① ②0.04	4.2 ①1.08 ②0.11		
	クス					1.2 ①0.41 ②			2.1 ① ②0.23	3.1 ①0.74 ②0.1				4.4 ① ②0.49	1.0 ① ②0.11		3.6 ①0.44 ②0.25		
	オオイタダ	0.8 ① ②0.09						1.4 ① ②0.15	0.9 ① ②0.1	3.0 ①0.45 ②0.18	2.9 ①0.55 ②0.14	2.3 ① ②0.25				1.4 ①0.46 ②	0.2 ①0.07 ②	2.8 ①0.42 ②0.17	
	クサヨシ														1.4 ① ②0.16		1.4 ① ②0.16		
	ススキ	0.3 ①0.11 ②							0.5 ①0.15 ②		4.0 ①0.2 ②0.38	0.5 ① ②0.06	1.8 ①0.13 ②0.18	0.9 ① ②0.1	2.4 ①0.37 ②0.14	0.2 ①0.07 ②	1.6 ①0.1 ②0.14	2.1 ①0.19 ②0.17	
	ヨシ										4.4 ①1 ②0.16			1.1 ①0.35 ②				4.1 ①0.88 ②0.16	
	I-②-A	1.4 ① ②0.16							0.7 ① ②0.08	1.4 ① ②0.16	0.7 ① ②0.08	0.7 ① ②0.08		1.3 ① ②0.14		2.1 ① ②0.23		1.1 ① ②0.12	
	II-①-A																0.3 ①0.11 ②	0.3 ①0.11 ②	
	II-②-B																		
	ツルヨシ	1.7 ①0.28 ②0.09		0.6 ① ②0.07		0.5 ①0.15 ②		1.3 ①0.23 ②0.07	3.5 ①0.8 ②0.12		0.9 ① ②0.1	0.4 ①0.11 ②0.01		2.2 ①0.42 ②0.1		4.8 ①0.98 ②0.21	0.5 ① ②0.06	1.8 ①0.35 ②0.08	
	オニクシ/クサ			0.5 ① ②0.06	0.0 ①0.09 ②	0.0 ① ②		0.9 ① ②0.1		0.6 ① ②0.07			2.1 ① ②0.23				0.4 ①0.12 ②	1.5 ①0.1 ②0.13	
	ヤナキ							0.4 ① ②0.04		1.3 ①0.31 ②0.04	0.3 ① ②0.03			0.1 ① ②0.01	2.7 ①0.69 ②0.07		0.3 ① ②0.03	2.2 ①0.58 ②0.05	
	オキ				0.0 ① ②	0.0 ① ②													
	III																		
	チカヤ	0.3 ①0.11 ②			0.0 ① ②	0.0 ①0.12 ②		1.3 ①0.15 ②0.09		1.4 ①0.2 ②0.09	1.1 ① ②0.12	0.8 ①0.13 ②0.04	0.4 ① ②0.04				1.0 ①0.11 ②0.07	1.1 ①0.13 ②0.08	
ハリエンジュ				0.0 ①0.41 ②	0.2 ①0.07 ②		0.3 ①0.11 ②	0.2 ①0.05 ②	2.7 ①0.18 ②0.24		1.2 ① ②0.13	0.3 ① ②0.03				0.7 ①0.17 ②0.02	1.3 ①0.19 ②0.08		
裸地	3.1 ①0.64 ②0.13		4.0 ①0.48 ②0.28	1.9 ①0.09 ②0.18			8.9 ①0.59 ②0.79	1.0 ①0.11 ②0.07	2.6 ①0.43 ②0.15	3.1 ①0.46 ②0.19	1.1 ①0.34 ②0.01		1.2 ①0.41 ②		4.3 ①0.53 ②0.3	5.9 ①0.48 ②0.49			
その他の植生	1.1 ①0.11 ②0.09				0.4 ①0.12 ②		2.2 ①0.17 ②0.19	0.5 ①0.16 ②	2.8 ①0.46 ②0.18	0.5 ① ②0.05	0.8 ①0.13 ②0.05	0.1 ① ②0.01	1.8 ①0.39 ②0.07		0.2 ①0.07 ②	1.5 ①0.3 ②0.07			
平均	2.1 ①0.36 ②0.11	0.4 ①0.14 ②	3.2 ①0.48 ②0.2	2.3 ①0.24 ②0.18	0.7 ①0.24 ②		6.2 ①0.73 ②0.44	2.3 ①0.44 ②0.11	2.7 ①0.41 ②0.18	2.3 ①0.48 ②0.09	1.6 ①0.16 ②0.12	1.5 ①0.35 ②0.05	1.9 ①0.39 ②0.08	3.9 ① ②0.43	3.0 ①0.42 ②0.19	1.8 ①0.24 ②0.12			

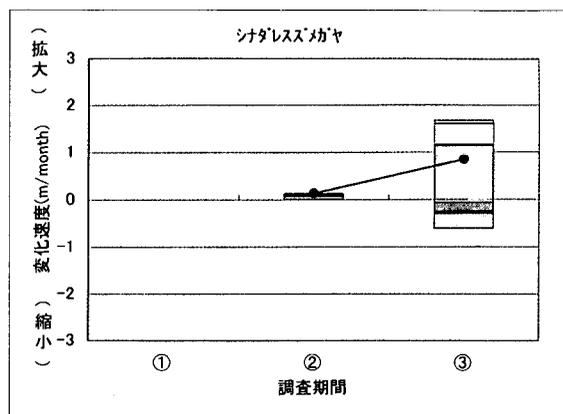
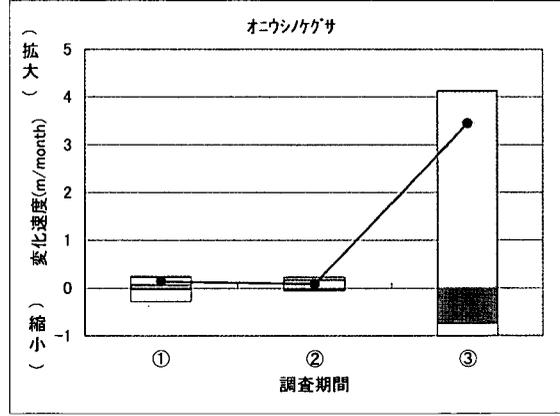
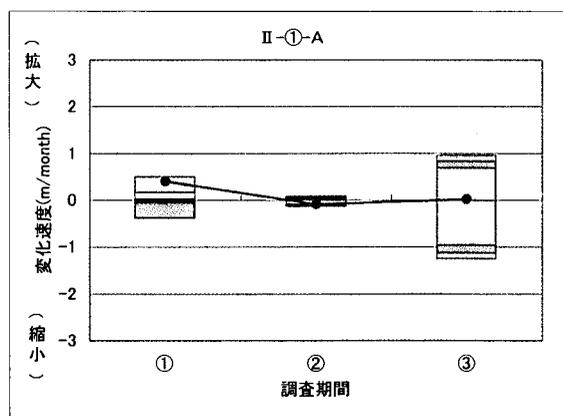
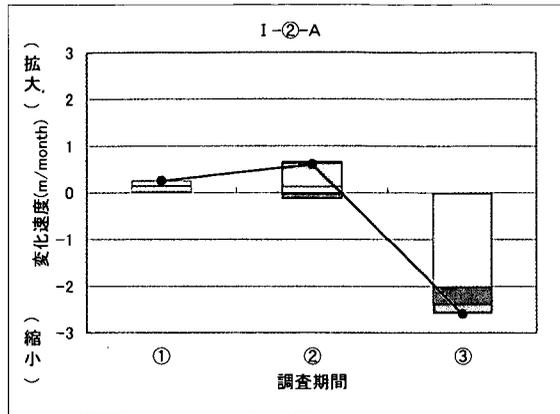
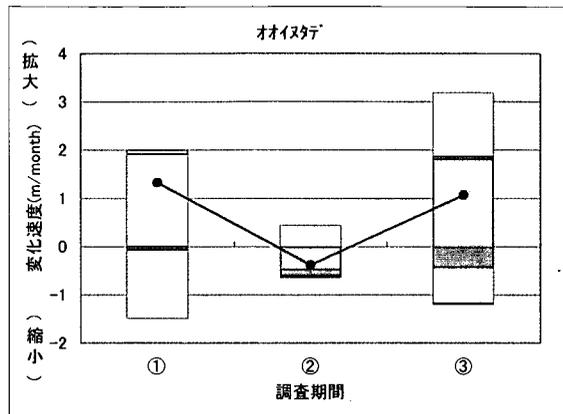
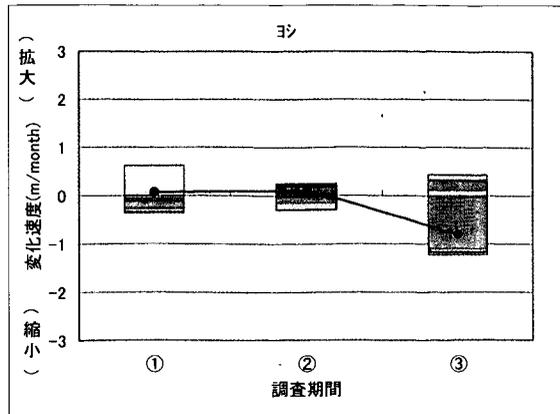
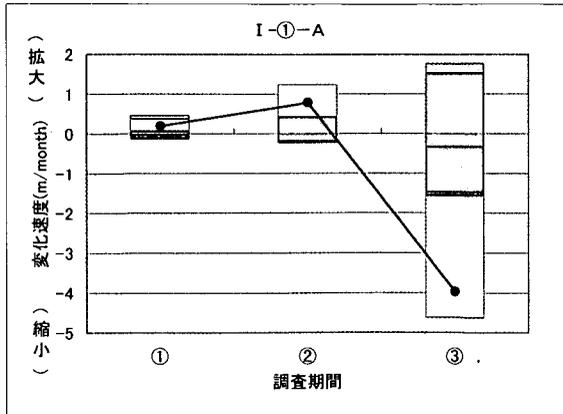
網掛け部分は、拡大面積または縮小面積が大きい変化を示す。

最上段：1年間の変化速度(m/year)

①：洪水後1年目の夏から秋にかけての変化速度(m/month)

②：洪水後1年目秋から2年目夏にかけての変化速度(m/month)

③：洪水後2年目の夏から秋にかけての変化速度(m/month)



棒グラフの凡例
棒グラフは平均拡大速度と平均縮小速度を表し、色の範囲は変化の割合を表す。色は変化する植生種を表す。

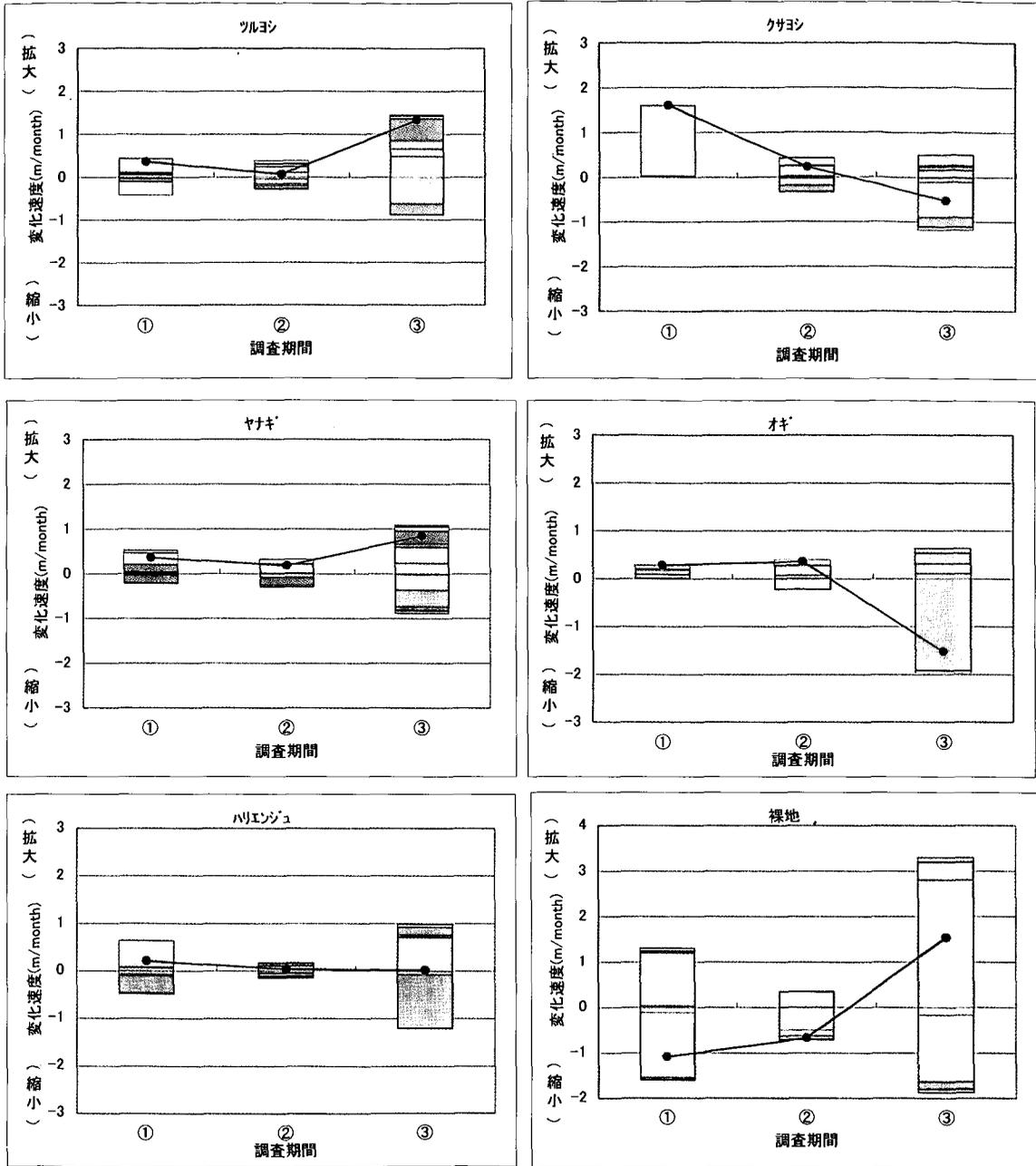
- その他
- 裸地
- タイプⅢ
- タイプⅡ-②-B
- タイプⅠ-①-B
- タイプAに属する植生

折線グラフの凡例
→ 変化速度

調査期間の凡例

- ①: 洪水後1年目の夏～秋の変化 (H12年1回目～H12年2回目調査)
- ②: 洪水後1年目秋～2年目夏の変化 (H12年2回目～H13年1回目調査)
- ③: 洪水後2年目の夏～秋の変化 (H13年1回目～H13年2回目)

図5-3-6(1) 調査期間毎の植物群落間の変化速度 (千曲川その1)



棒グラフの凡例
 棒グラフは平均拡大速度と平均縮小速度を表し、色の範囲は変化の割合を表す。色は変化する植生種を表す。

- その他
- 裸地
- タイプⅢ
- タイプⅡ-②-B
- タイプⅠ-①-B
- タイプAに属する植生

折線グラフの凡例
 -●- 変化速度

調査期間の凡例

- ①: 洪水後1年目の夏～秋の変化 (H12年1回目～H12年2回目調査)
- ②: 洪水後1年目秋～2年目夏の変化 (H12年2回目～H13年1回目調査)
- ③: 洪水後2年目の夏～秋の変化 (H13年1回目～H13年2回目)

図5-3-6(2) 調査期間毎の植物群落間の変化速度 (千曲川その2)

表 5-3-2 植物群落間の拡大・縮小速度の集計表 (千曲川)

		縮小速度														裸地	その他の 植生	平均
		I-①-A		I-①-B		I-②-A	II-①-A	II-②-A		II-②-B			III					
		I-①-A	クワヒキ	ヨシ	オオイタダ			オニウツク グサ	シナトリス トギヤ	フクヨシ	クサヨシ	ヤナギ	オキ	ハリエンジュ				
		①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②			
拡大 縮小 速度	I-①-A	I-①-A	0.6 ①0.27 ② ③	1.5 ① ②0.11 ③0.31	13.7 ①0.07 ② ③5.65	2.7 ①0.06 ②0.35 ③	0.5 ① ②0.07 ③	13.1 ①0.6 ②0.29 ③3.97	3.8 ① ②0.16 ③1.12	5.0 ①0.16 ②0.35 ③0.86	1.6 ① ②0.15 ③0.23	4.8 ①0.56 ②0.18 ③0.9	0.9 ① ② ③0.37	3.3 ①0.14 ②0.12 ③0.89	13.4 ①0.19 ② ③5.41	4.4 ①0.29 ②0.08 ③1.29	13.1 ①0.23 ②0.23 ③4.62	
		クワヒキ	0.5 ①0.19 ② ③		0.0 ①0.02 ② ③	0.0 ①0.02 ② ③				0.1 ①0.04 ② ③			0.5 ①0.19 ② ③	1.0 ① ②0.14 ③	0.2 ①0.07 ② ③	0.3 ①0.13 ② ③	1.2 ①0.07 ②0.14 ③	
	I-①-B	ヨシ	0.9 ①0.38 ② ③		0.9 ①0.38 ② ③					8.0 ①0.47 ②0.42 ③1.6	1.3 ①0.19 ②0.12 ③	4.7 ①0.54 ②0.14 ③1.01	3.2 ①0.21 ②0.37 ③	3.4 ①0.36 ② ③1.06	1.0 ①0.42 ② ③	2.7 ①0.34 ②0.11 ③0.45	6.0 ①0.37 ②0.3 ③1.23	
		オオイタダ	8.0 ①0.72 ②0.67 ③	2.2 ① ②0.3 ③		9.1 ① ②1.27 ③	2.1 ①0.55 ②0.11 ③		1.2 ① ②0.16 ③	6.3 ①0.33 ②0.48 ③0.84	3.9 ①0.27 ②0.45 ③	5.4 ① ②0.42 ③0.98	4.4 ①0.4 ②0.23 ③0.75	0.7 ①0.16 ②0.04 ③	10.2 ①1.68 ②0.38 ③1.42	4.1 ① ②0.19 ③1.13	11.1 ①1.49 ②0.64 ③1.21	
	I-②-A	I-②-A	7.2 ① ②0.06 ③2.83				3.6 ① ② ③1.49	15.3 ① ② ③6.36	4.0 ① ② ③1.65	6.1 ① ②0.47 ③1.98	2.2 ① ②0.03 ③0.84	2.8 ① ② ③1.15		2.7 ① ② ③1.11	0.8 ① ② ③0.33	1.8 ① ② ③0.62	7.1 ① ②0.13 ③2.58	
		II-①-A	0.5 ①0.21 ② ③			1.3 ① ②0.18 ③		4.9 ① ②0.03 ③1.94	0.5 ①0.21 ② ③				3.7 ①0.45 ②0.19 ③0.51		2.0 ① ②0.04 ③0.71	4.9 ①0.39 ②0.14 ③1.25		
	II-②-A	オニウツク グサ	0.1 ①0.05 ② ③	0.1 ①0.03 ② ③					0.4 ① ②0.05 ③	4.2 ① ② ③1.73		0.2 ①0.1 ② ③	1.3 ① ②0.18 ③		2.3 ①0.47 ② ③0.49	0.8 ①0.06 ②0.03 ③0.2	3.5 ①0.28 ②0.06 ③1	
		シナトリス トギヤ						0.3 ① ② ③0.14	0.8 ① ② ③0.34			2.3 ① ② ③0.94		0.4 ① ② ③0.15	0.3 ① ② ③0.14	4.9 ① ② ③2.05	1.5 ① ② ③0.62	
	II-②-B	フクヨシ		2.4 ① ②0.34 ③	0.5 ①0.22 ② ③	1.9 ①0.06 ②0.25 ③					1.9 ① ②0.27 ③	4.8 ①0.79 ②0.13 ③0.84	3.0 ① ②0.41 ③	6.0 ① ②0.47 ③1.09	1.1 ①0.46 ② ③	2.6 ① ②0.36 ③	5.3 ①0.42 ②0.3 ③0.9	
		クサヨシ		4.2 ① ②0.3 ③0.84	1.8 ① ② ③0.76			1.8 ① ② ③0.76	8.4 ① ②0.46 ③2.13		5.6 ① ②0.4 ③1.13	3.4 ① ②0.47 ③	3.8 ① ②0.22 ③0.93	2.3 ①0.11 ②0.14 ③	1.0 ①0.14 ② ③	5.4 ①0.23 ②0.35 ③1.18		
		ヤナギ	0.7 ①0.03 ② ③0.26	0.4 ①0.18 ② ③	1.4 ① ②0.2 ③	2.7 ①0.33 ② ③0.81	1.9 ① ②0.27 ③	0.0 ①0.02 ② ③	1.6 ① ②0.22 ③	7.2 ①0.5 ②0.31 ③1.56	3.9 ①0.29 ②0.76		6.8 ①0.33 ②0.43 ③1.14	1.2 ① ②0.16 ③	1.3 ①0.22 ② ③0.31	4.3 ①0.04 ②0.24 ③1.04	4.9 ①0.23 ②0.31 ③0.9	
	III	オキ							4.1 ① ② ③1.71	1.2 ① ② ③0.5	6.9 ① ②0.23 ③2.2			1.8 ① ② ③0.77		6.4 ① ②0.23 ③1.97		
		ハリエンジュ	0.5 ①0.22 ② ③	1.3 ① ②0.18 ③	0.7 ①0.3 ② ③	1.1 ① ②0.15 ③	3.5 ①0.35 ②0.11 ③0.76	2.5 ① ②0.09 ③0.78	6.3 ①0.39 ②0.3 ③1.33	1.2 ① ②0.17 ③	2.2 ①0.7 ② ③0.22	0.9 ① ②0.12 ③		2.7 ①0.22 ②0.3 ③	2.2 ①0.42 ②0.16 ③	5.3 ①0.5 ②0.16 ③1.22		
	裸地	裸地	12.9 ①0.5 ②1.62 ③	0.2 ①0.09 ② ③	1.0 ① ②0.14 ③	14.6 ①2.58 ②0.44 ③2.18	2.1 ①0.35 ②0.17 ③	1.4 ①0.57 ② ③	0.7 ①0.2 ②0.03 ③	6.9 ① ②0.13 ③1.12	4.9 ①0.26 ②0.26 ③	4.0 ① ②0.56 ③0.67	4.3 ①0.39 ②0.25 ③0.67	3.6 ①0.13 ②0.45 ③	4.6 ①0.15 ②0.18 ③1.24	7.7 ①0.86 ②0.13 ③1.95	13.6 ①1.61 ②0.72 ③1.88	
		その他の植生	3.7 ①0.88 ② ③0.66	0.1 ①0.04 ② ③	4.3 ①0.63 ②0.28 ③0.31	2.0 ①0.84 ② ③	2.4 ①1.01 ② ③	2.1 ①0.51 ② ③0.38	3.9 ①0.23 ②0.43 ③0.09	2.0 ① ② ③0.82	7.8 ①1.46 ②0.49 ③1.79	9.0 ①1.75 ②0.14 ③0.52	6.6 ①1.75 ②0.14 ③0.59	1.7 ①0.3 ② ③0.42	3.9 ①0.74 ②0.05 ③0.74	3.9 ①1.31 ②0.36 ③0.71	5.8 ①0.89 ②0.3 ③0.64	
	平均	14.3 ①0.46 ②1.24 ③1.77	0.3 ①0.11 ② ③	4.4 ①0.63 ②0.26 ③0.44	15.6 ①2.01 ②0.44 ③3.19	5.4 ①0.26 ②0.67 ③	4.2 ①0.52 ②0.09 ③0.96	12.3 ①0.26 ②0.24 ③4.14	5.0 ① ②0.14 ③1.68	7.3 ①0.44 ②0.38 ③1.47	8.2 ①1.61 ②0.32 ③0.5	6.2 ①0.52 ②0.32 ③1.09	5.1 ①0.29 ②0.4 ③0.64	5.2 ①0.65 ②0.17 ③	13.7 ①1.31 ②0.36 ③3.3	4.8 ①0.28 ②0.14 ③1.29		

網掛け部分は、拡大面積または縮小面積が大きい変化を示す。

最上段：1年間の変化速度(m/year)

①：洪水後1年目の夏から秋にかけての変化速度(m/month)

②：洪水後1年目秋から2年目夏にかけての変化速度(m/month)

③：洪水後2年目の夏から秋にかけての変化速度(m/month)

5.3.5 まとめ

以上の考察より、まず多摩川と千曲川における各植物群落の変化速度の特性は、次のように整理できる。河原に繁茂する植生（タイプⅠ-①-A、タイプⅠ-②-A、タイプⅠ-①-B）は、拡大速度や縮小速度が大きく、群落範囲や繁茂場所を大きく変化している。またそれらの速度は、夏から秋にかけての変動が大きく、秋から翌年の夏にかけての変動が小さくなっている。密に繁茂する植生（タイプⅡ-②-A、タイプⅡ-②-B）は、河原に繁茂する植物に比べると、拡大速度は小さいが、他の植生によって縮小される速度がより小さいため、その差による変化速度は拡大傾向にある。土層に繁茂する植生（タイプⅢ）は、他の植生によって群落を縮小されることが少なく、変化速度は拡大傾向にある。しかしその拡大速度は、他の草本類の速度に比べると小さい。

次に、隣り合う植物群落間の変化に着目して拡大速度・縮小速度を整理した結果、主に“裸地←河原に繁茂する植物←密に繁茂する植物←土層に繁茂する植物”の方向に植生が侵入して、群落形成範囲を変化していることがわかる。この変化は、図4-4-1に示す裸地から樹林地への変化プロセスにおける遷移状況と一致している。この主要な植生変化における拡大・縮小速度を詳細に見ると次のようなことが言える。河原に繁茂する植生は、他の植生や裸地との間で形成範囲を競争しており、多摩川では4.0~9.0(m/year)の速度で、千曲川では10(m/year)以上の速度で拡大している。しかしこのタイプの植生は、他の植生によって拡大速度以上の速度で侵入されているため形成範囲が縮小傾向にある。また、密に繁茂する植生は、多摩川と千曲川ともに河原に繁茂する植生や裸地に、概ね1.0~4.0(m/year)の速度で拡大している。さらに土層に繁茂する植生は、タイプⅡ-②-BとタイプⅠ-①-Bなどの堆砂能力の優れた植物のみに0~2.0(m/year)程度の速度で拡大している（ただし、多摩川におけるオギのデータを除けば拡大速度は0~1.0(m/year)程度である）。このように、河原に繁茂する植生は、個々の植生について見た場合には変化速度が大きいが、同様の植生同士で形成範囲を競争しているため、河原に繁茂する植生という大きなグループで見た場合には変化速度が小さい。これに対して密に繁茂する植生や土層に繁茂する植生は、河原に繁茂する植物に比べると、個々の植生同士の変化速度は小さいが、他の植生や裸地に侵入して着実に群落形成範囲を拡大している。ただし、土層に繁茂する植生の拡大速度は、密に繁茂するよりもさらに小さい。

以上の検討より、個々の植物群落の変化速度をある程度定量的に把握することができた。ただし、植物群落の範囲を正確に予測する上では、図5-3-4および5-3-5を見ればわかるように植物群落の変化速度のバラツキが大きいため、平均的な変化速度だけでは十分でない可能性がある。また、上記で述べたようにハリエンジュ群落などの拡大速度については、群落範囲が見かけ上草本群落の成長具合によって左右されてしまう可能性が高いためもう少し長期間のデータの蓄積が必要である。これらの点については、植生動態の予測モデルの開発と合わせて今後データを蓄積しさらに検討をしていく必要がある。

第6章 おわりに

エコシステムの保全・復元が求められている中で、本研究は、一級河川である多摩川（永田地区）と千曲川を対象に、洪水攪乱に対する植生の応答特性を定量的に分析して、これらの特性が類似する植物群落をタイプ別に分類した。また分類した植生タイプについて、洪水後の遷移期間における群落面積の変化速度の計測を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 河原における樹林化・再裸地化のプロセスを定性的に説明し、エコシステムを解明する上では、植生の洪水に対する抵抗力や洪水による流失を免れた植生の堆砂能力を見積もること、洪水のない期間における植物群落の立地条件に応じた拡大・遷移状況を把握することが重要であるとの考え方（見方）を示した。
- 2) 1)の観点から植物群落をタイプ別に分類したところ、分類した植生タイプの特性は完全に独立したものではなく、互いに密接な関係を持っていることがわかった。その結果、植物群落のタイプは、まず洪水後における立地条件に応じた遷移状況から、タイプⅠ-①、タイプⅠ-②、タイプⅡ-①、タイプⅡ-②、タイプⅢの5つに分類できた。さらにこれらの植物群落タイプは、洪水に対する抵抗力や堆砂能力からA、Bの2つに細分することができた。
- 3) 植物群落のタイプ分類の結果、タイプⅠ-①-A、タイプⅠ-②-A、タイプⅡ-①-Aは、裸地に先駆的に侵入し立地条件を大きく変化させることなく、安定あるいは他の植生へ遷移する植物群落であることがわかった。さらに、タイプⅠ-①-B、タイプⅡ-②-Bは、多様な立地条件で群落を形成し、洪水に対する抵抗力や堆砂能力に優れていることから、裸地から樹林地（タイプⅢ）に至る過程において、綱渡し的役割を果たす植物群落であることがわかった。
- 4) 河原に繁茂する植生（タイプⅠ-①-A、タイプⅠ-②-A、タイプⅠ-①-B）は、群落面積を拡大・縮小する場合の速度が共に大きく群落範囲や繁茂場所を大きく変化していること。密に繁茂する植生（タイプⅡ-②-A、タイプⅡ-②-B）や土層に繁茂する植生（タイプⅢ）は、河原に繁茂する植生ほど形成範囲を大きく変化させないが、着実に群落面積を拡大させていることがわかった。また、植生が主に“裸地←河原に繁茂する植物←密に繁茂する植物←土層に繁茂する植物”の方向に侵入して群落形成範囲を変化していることがわかった。さらに、この変化プロセスにおける定量的な変化速度を把握することができた。

筆者らは、以上の知見を用いて、植生動態を予測するモデルを提案して植生動態の予測モデルを二次元河床変動計算に組み込むことにより、エコシステムの予測モデルの開発に取り組む予定である。また、洪水による植生の堆砂機構や、植物群落間の変化速度のバラツキを再現する方法など基礎的な部分の解明も重要と考えており、これらの点についても今後データを蓄積するとともに水理実験などを行い、その詳細な機構を究明していく予定である。

あとがき

本資料と関連のある現地調査は、平成8年度から実施され、現在(平成15年度)も継続している。その間、担当者と調査内容が変わっている。その状況について以下にまとめて示す。

担当者名とその担当期間は下表に示すとおりである。H8～9年度の担当者は、本資料に示したベルト・トランセクト調査法を考案した。H9年度にその調査方法に従って現地調査を実施し、ハリエンジュ群落は礫面上に土砂が堆積した場所に形成されることや、礫間に砂や小礫が充填しておらず空隙となっている礫層面にはほとんど植物が繁茂しないことなどを明らかにした。それらの成果は参考文献2)～7)としてまとめられている。

平成10年度以降の担当者は、平成10,11年度に発生した出水によって河原の植物群落が破壊・流失したことを受けて、洪水による攪乱に関する調査を実施した。平成10,11年度は、ツルヨシやハリエンジュの洪水による破壊について主に検討した。それらの成果は、参考文献9),21)としてまとめられている。裸地化した河原での群落再形成について本格的な調査を始めたのは平成12年度からであり、ベルト・トランセクト調査に加えてGPSによる植生図の作成を始めた。H10年度以降の出水攪乱後の調査によって得たデータを主体として、H14年度以降の担当者がとりまとめたのが本資料である。

本資料の著者として挙げた担当者は、H10～13年度の調査および本資料作成に責務を負うものである。しかしながら、下表に示した担当者全ての貢献があって本資料をまとめるに至ったことをここに記して留めておく。また、国土交通省関東地方整備局ならびに京浜河川事務所、北陸地方整備局ならびに千曲川河川事務所には、資料提供および調査実施にあたって多大なる便宜をはかっていただいた。ここに記し、謝意を表す。

氏名	H8年度	H9年度	H10年度	H11年度	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度
望月達也	←→ 8月							
藤田光一	←→ 6月							
末次忠司					←→			
塚原隆夫	←→							
服部 敦			←→					
瀬崎智之			←→					
福島雅紀							←→	
渡辺 敏	←→							
近藤和仁		←→						
徳田 真			←→					
吉田昌樹				←→				
伊藤政彦						←→		
榎本真二							←→	
佐藤孝治							←→	
李 参熙	←→							

現時点で既に H14, 15 年度のデータが新たに得られている。これらを含めてデータ整理を行い、本資料で推算した遷移に要する時間、群落の拡大速度などの値を見直していく予定である。そして、最終的な成果として提案する河原復元手法の一部構成要素であり、復元手法の検討において一つの有力なツールになると期待できる、河原での植物群落と地形の動態モデルの開発に活用したい。

本研究は河川生態学術研究会多摩川研究グループおよび千曲川研究グループの調査研究の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 李参熙, 山本晃一, 島谷幸宏, 萱場祐一: 多摩川扇状地河道部の河道内植生分布の変化とその変化要因との関連性, 土木学会環境システム研究論文集, Vol. 24, pp26-33, 1996.
- 2) 李参熙, 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, 第 42 巻 pp433-438, 1998.
- 3) 藤田光一, 渡辺敏, 李参熙, 塚原隆夫: 礫床河川の植生繁茂に及ぼす土砂堆積作用の重要度, 第 4 回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp117-122, 土木学会水理委員会河川部会, 1998.
- 4) 李参熙, 山本晃一, 望月達也, 藤田光一, 塚原隆夫, 渡辺敏: 扇状地礫床河道における安定植生域の形成機構に関する研究, 土木研究所資料, 第 3266 号, 1999.
- 5) 李参熙, 藤田光一, 山本晃一: 礫床河道における安定植生域拡大のシナリオ, 水工学論文集, 第 43 巻, 1999.
- 6) 山本晃一, 藤田光一, 望月達也, 塚原隆夫, 李参熙, 渡辺敏: 多摩川の総合研究—永田地区を中心として—, 河川生態学術研究会多摩川研究グループ, pp640-666, 2000.
- 7) 服部敦, 藤田光一, 渡辺敏, 塚原隆夫, 瀬崎智之, 徳田真, 近藤和仁: 千曲川の総合研究—鼠橋を中心として—, 河川生態学術研究会千曲川研究グループ, pp524-558, 2001.
- 8) 藤田光一, 近藤和仁, 瀬崎智之, 徳田真, 服部敦, 吉田昌樹: 多摩川の総合研究—永田地区を中心として—, 河川生態学術研究会多摩川研究グループ, pp761-770, 2000.
- 9) 服部敦, 瀬崎智之, 徳田真, 近藤和仁, 吉田昌樹, 藤田光一: 千曲川の総合研究—鼠橋を中心として—, 河川生態学術研究会千曲川研究グループ, pp587-635, 2001.
- 10) 池田駿介, 太田賢一, 長谷川洋: 側岸部植生帯が流れ及び粒子態物質の輸送に及ぼす影響, 土木学会論文集, No. 447/II-19, pp. 25-34, 1992.
- 11) 清水義彦, 辻本哲郎, 中川博次: 直立性植生層を伴う流れ場の数値計算に関する研究, 土木学会論文集, No. 447/II-19, pp. 35-44, 1992.
- 12) 福岡捷二, 渡辺明英, 津森貴行: 樹木群を有する開水路における平面せん断流の構造とその解析, 土木学会論文集, No. 491/II-27, pp. 41-50, 1994.
- 13) 辻本哲郎, 北村忠紀, 中川博次: 側岸部植生群落周辺の掃流過程と分級, 土木学会論文集, No. 503/II-29, pp. 99-108, 1994.
- 14) 山本晃一, 藤田光一, 望月達也, 塚原隆夫, 李参熙, 渡辺敏: 多摩川の総合研究—永田地区を中心として—, 河川生態学術研究会多摩川研究グループ, pp133-173, 2000.
- 15) 末次忠司: 千曲川の総合研究—鼠橋を中心として—, 河川生態学術研究会千曲川研究グループ, pp711-714, 2001.
- 16) Johnson, W. C. : Woodland expansion in the Platte River, Nebraska : patterns and causes, Ecological Monographs, Vol. 64, No. 1, pp. 45-84, 1994.
- 17) 瀬崎智之, 末次忠司: 千曲川の総合研究—鼠橋を中心として—, 河川生態学術研究会千曲川研究グループ, pp5-20, 2001.
- 18) 瀬崎智之, 末次忠司: 千曲川の総合研究—鼠橋を中心として—, 河川生態学術研究会千曲川研究グループ, pp85-103, 2001.

- 19) 中坪孝之：河川氾濫原におけるイネ科帰化草本の定着とその影響, 保全生態学研究 2, pp179-187, 1997.
- 20) 清水義彦, 長田健吾, 金文姫：礫床河川における近年の洪水攪乱と植生破壊規模に関する考察, 河川技術に関するシンポジウム, 河川技術論文集, Vol. 9, pp377-382, 土木学会水理委員会河川部会, 2003.
- 21) 瀬崎智之, 服部敦, 近藤和仁, 徳田真, 藤田光一, 吉田昌樹：礫床上草本植生の流失機構に関する現地調査と考察, 水工学論文集, 第 44 卷, pp825-830, 2000.
- 22) 建設省河川局治水課, 土木研究所：河道特性に関する研究－その 2－, ～高水敷の機能に関する研究～, 第 44 回建設省技術研究会報告, pp783-810, 1990.

付録1. ベルト・トランセクト調査の結果

3. 4節に調査方法を述べた、多摩川および千曲川のベルト・トランセクト調査の結果を付図 1-1～1-25 に示す。図には同一ライン上で調査が2回以上行われたものについてのみ記載している。なお図は、以下に示すとおり上段から植生変化図、表層細粒土層厚の分布図、地表構成図、河床形状の変化図の順に並べてある。また凡例は次頁に示す。(植生の凡例については、判別しにくい箇所もあるため巻末に電子データを収録しているので参考にして頂きたい。)

[付図 1-1～1-25 の見方]

植生変化図

表層細粒土層厚の分布図

地表構成図

河床形状の変化図

ベルトランセクトの凡例

〔植生凡例〕

■ オイヌタデ	■ ツルヨシ
■ クサヨシ	■ シナダレスズメガヤ
■ オニウシノケグサ	□ ススキ
■ ヒシバ	■ チカヤ
■ ヨモギ	■ オギ
■ ヨシ	■ ヒメムカシヨモギ
■ イヌタデ	■ ヤナキタデ
■ マツヨイグサ	■ クズ
□ セイタカアワダチソウ	□ オランダガラシ
■ イタドリ	□ カゼクサ
□ シロザ	■ カモガヤ
□ モトハギ	□ クワモトキ
■ カワラヨモギ	■ アレチマツヨイグサ
■ スズヒトハギ	■ マルバハギ
■ アメリカセンダングサ	□ オオアレチノギク
□ その他	

〔表層堆積土層厚の凡例〕

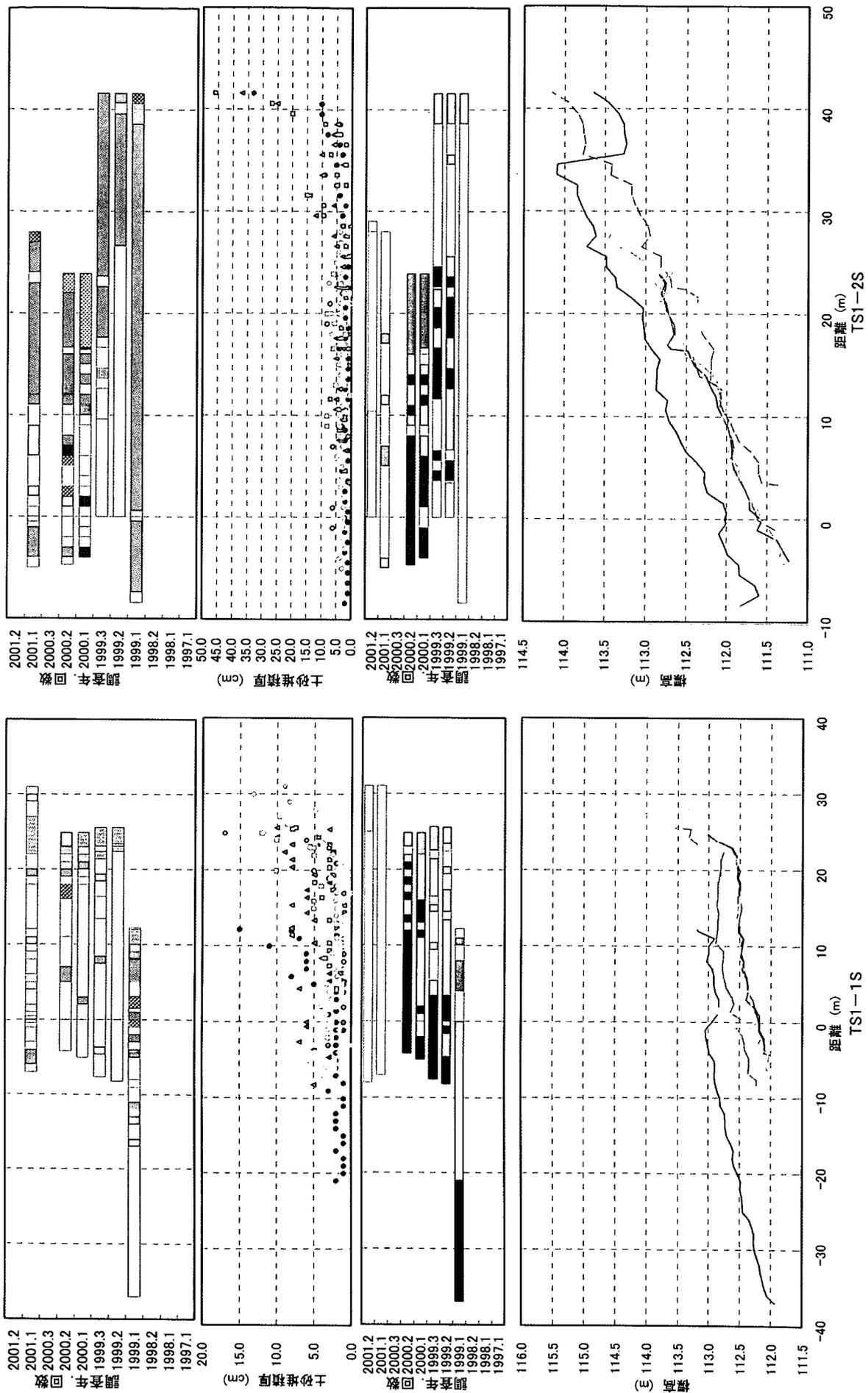
● 1997.1
● 1998.1
▲ 1998.2
● 1999.1
▲ 1999.2
□ 1999.3
● 2000.1
▲ 2000.2
□ 2000.3
○ 2001.1
△ 2001.2

〔地表構成の凡例〕

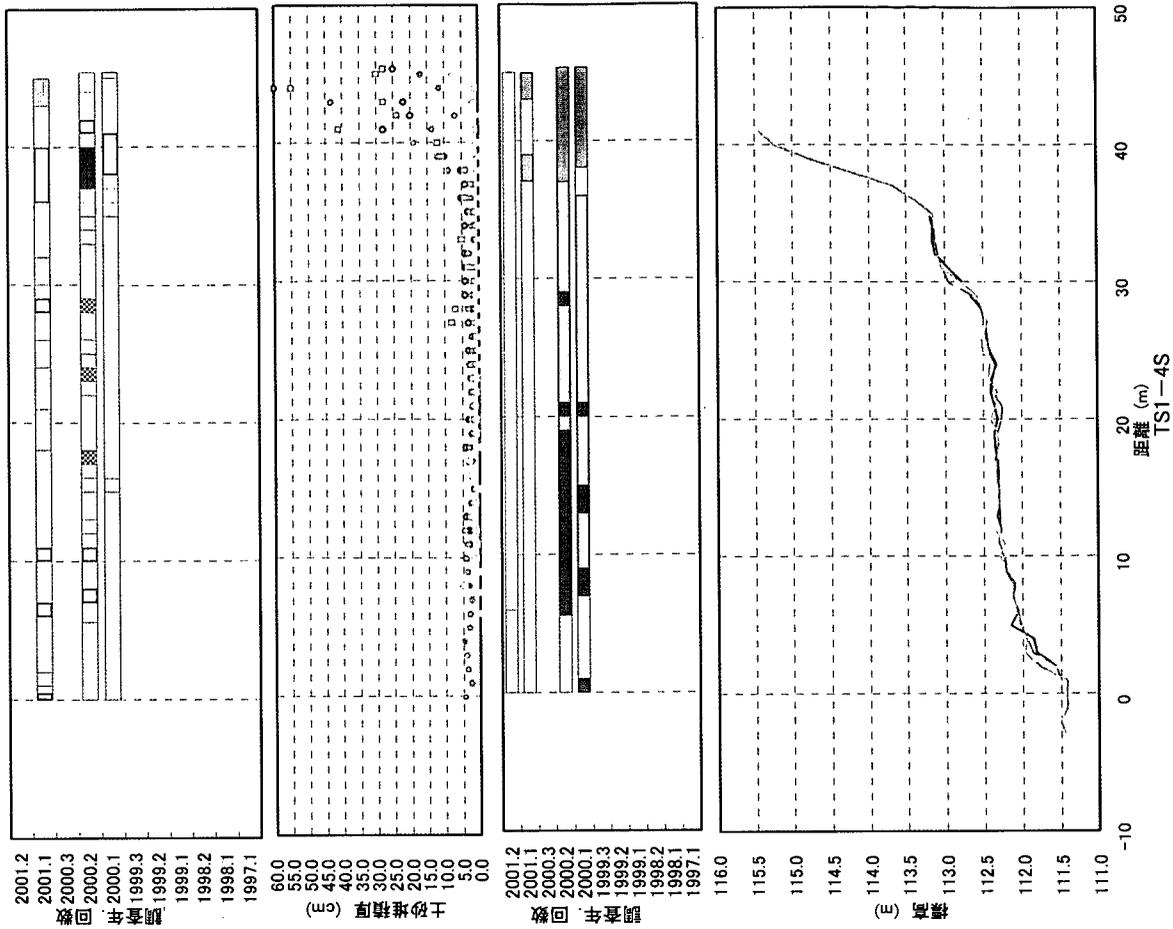
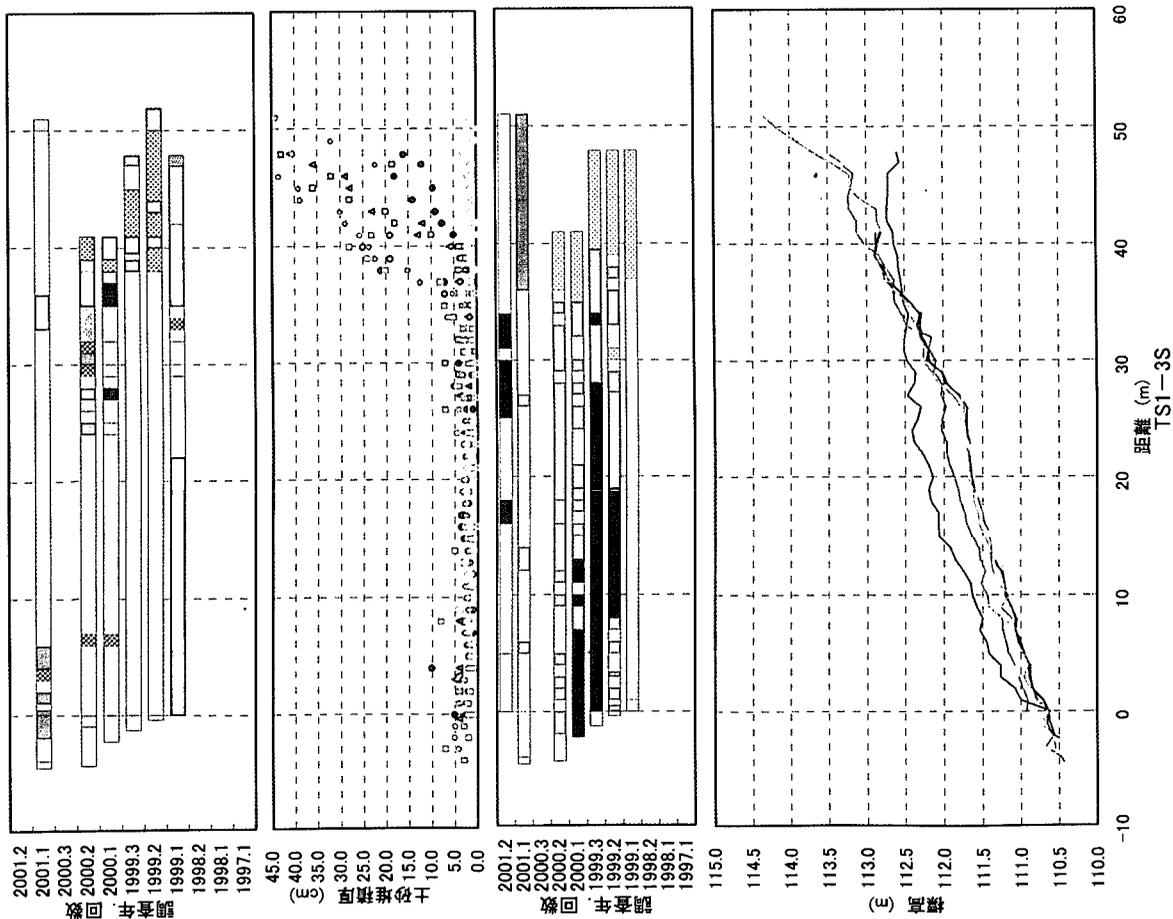
■ 表層土砂
□ マトリクス
□ マトリクス'
■ 透礫層
□ その他

〔河床形状の凡例〕

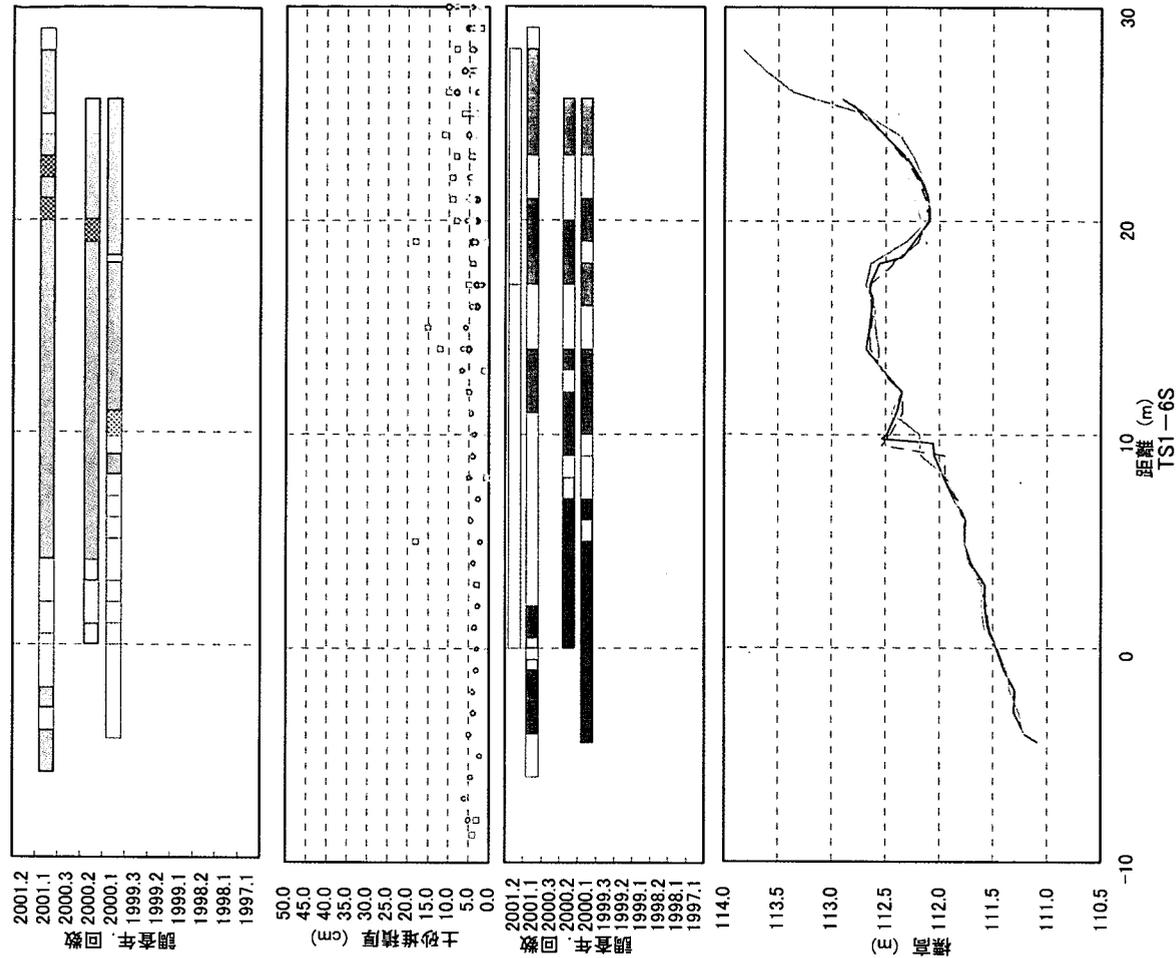
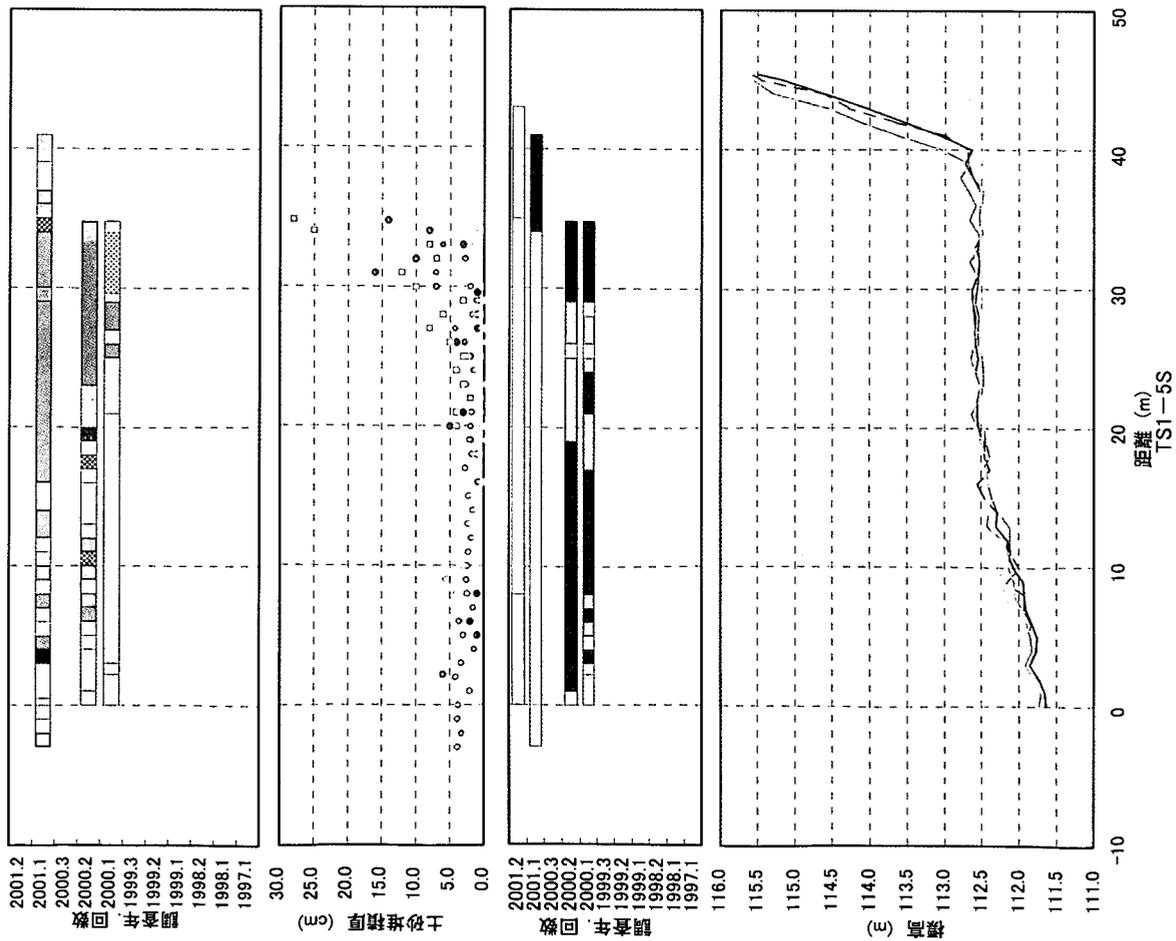
——	1997.1
——	1998.1
-- --	1998.2
——	1999.1
-- --	1999.2
- - - -	1999.3
——	2000.1
-- --	2000.2
- - - -	2000.3
——	2001.1
- - - -	2001.2



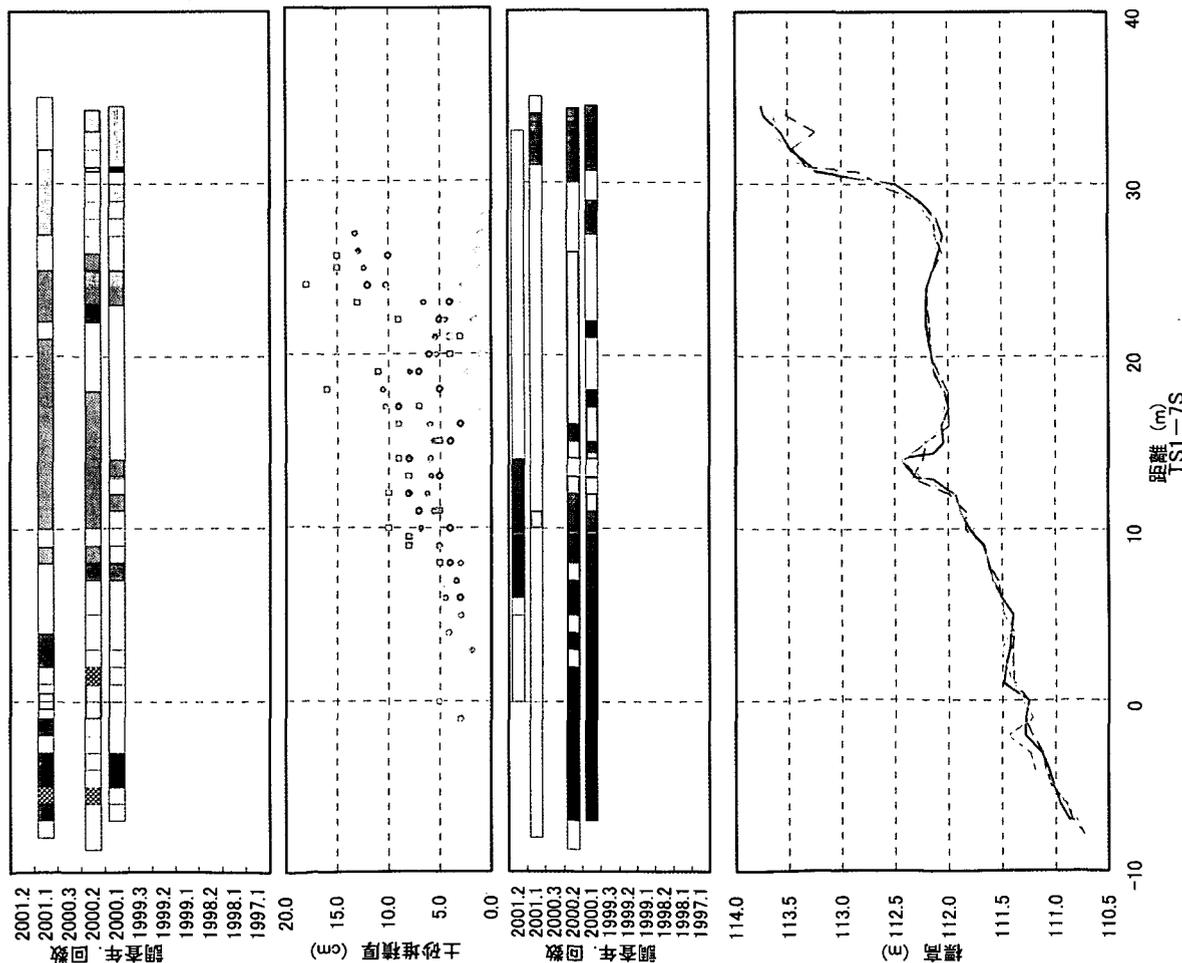
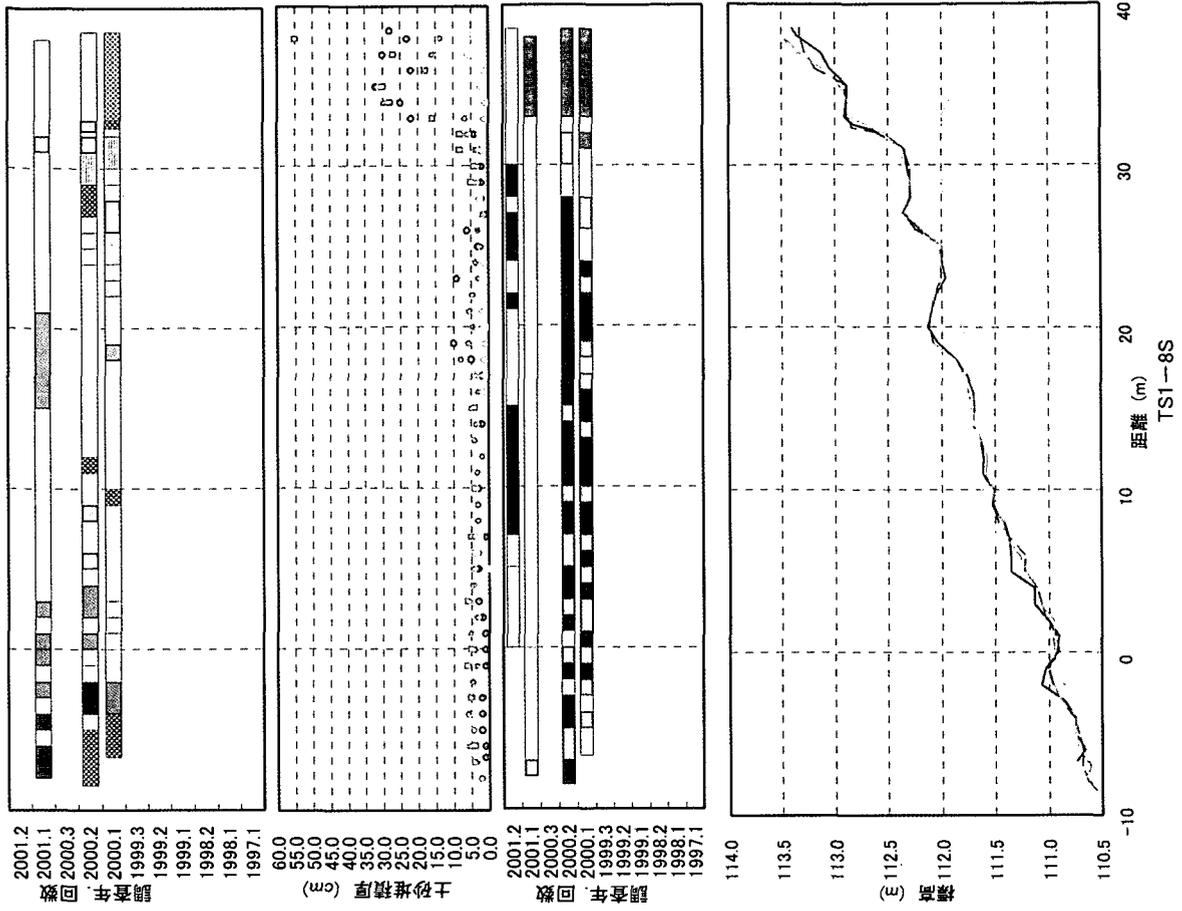
付図 1-1 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川：永田橋地区その 1)



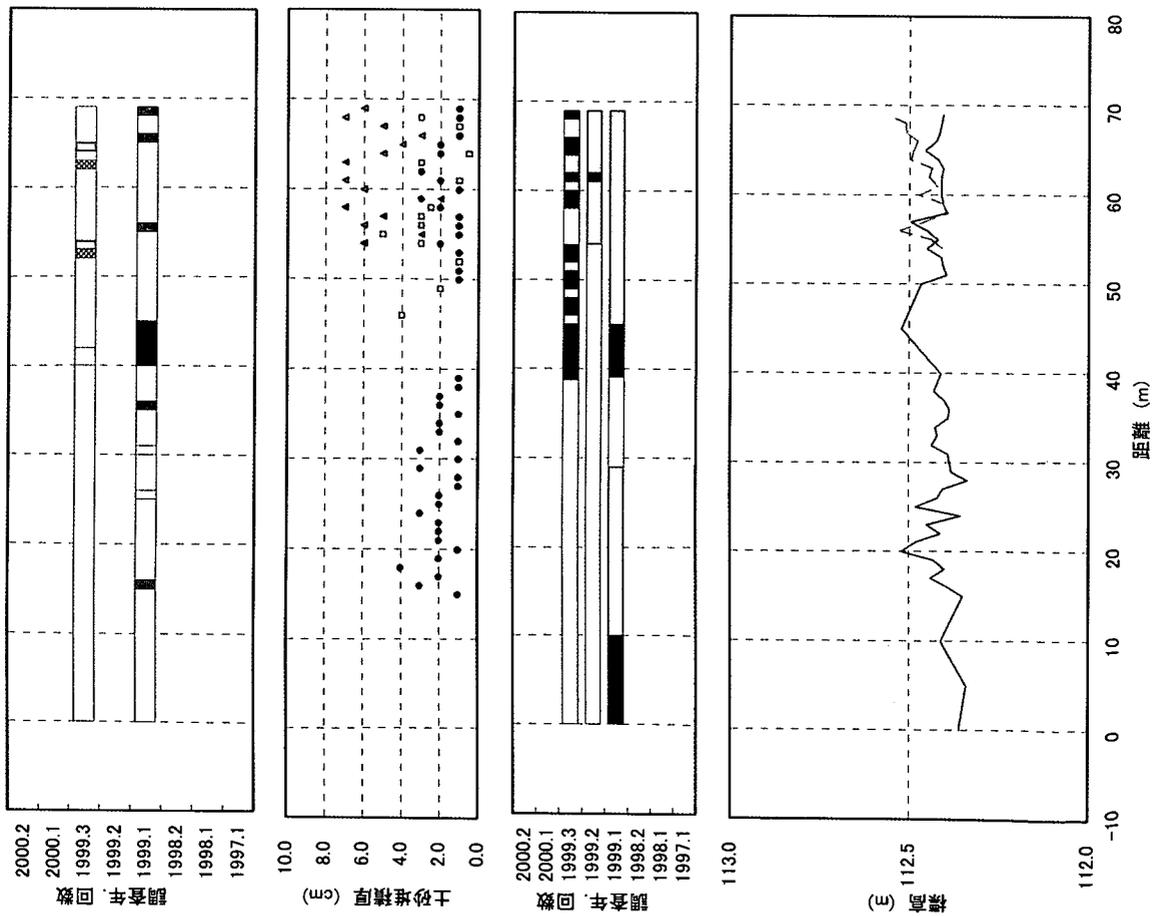
付図 1-2 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川：永田橋地区その2)



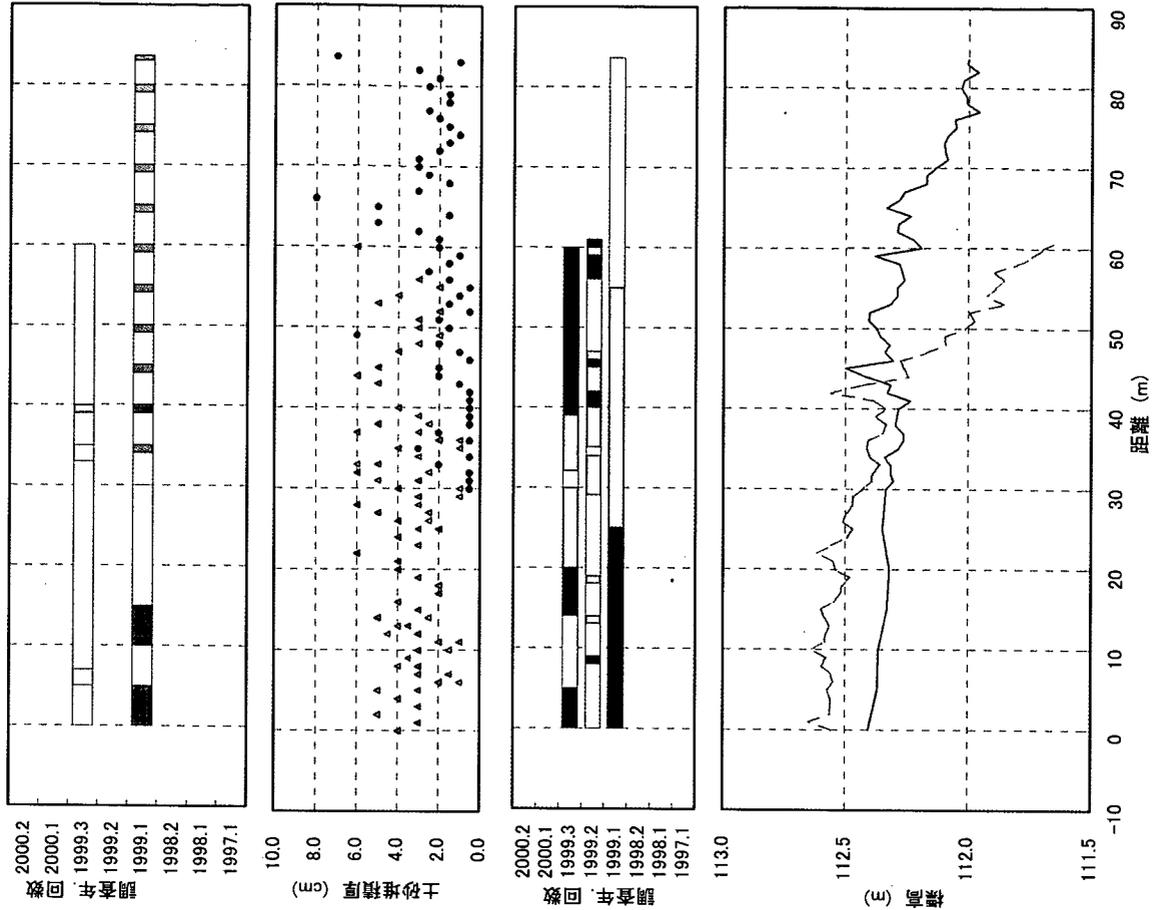
付図 1-3 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川: 永田橋地区その 3)



付図1-4 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川：永田橋地区その4)

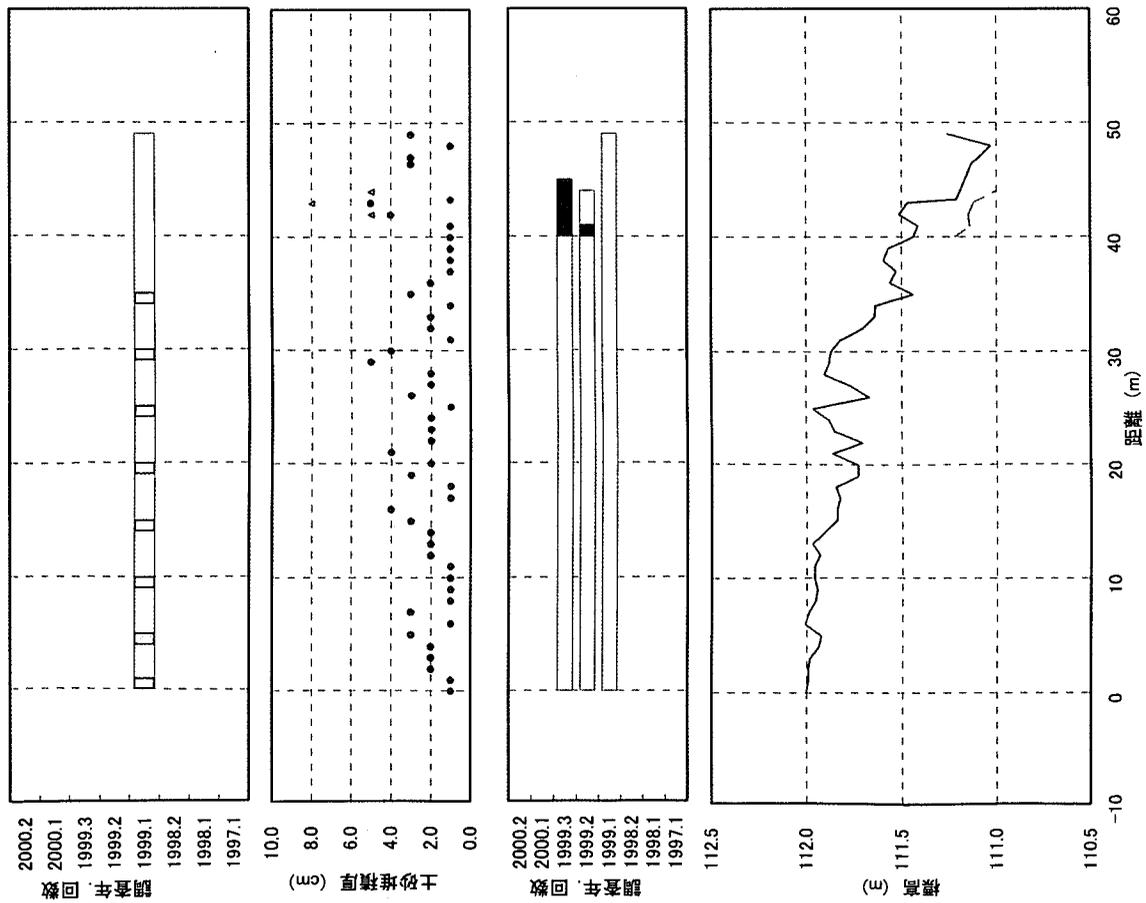


TS1-1V

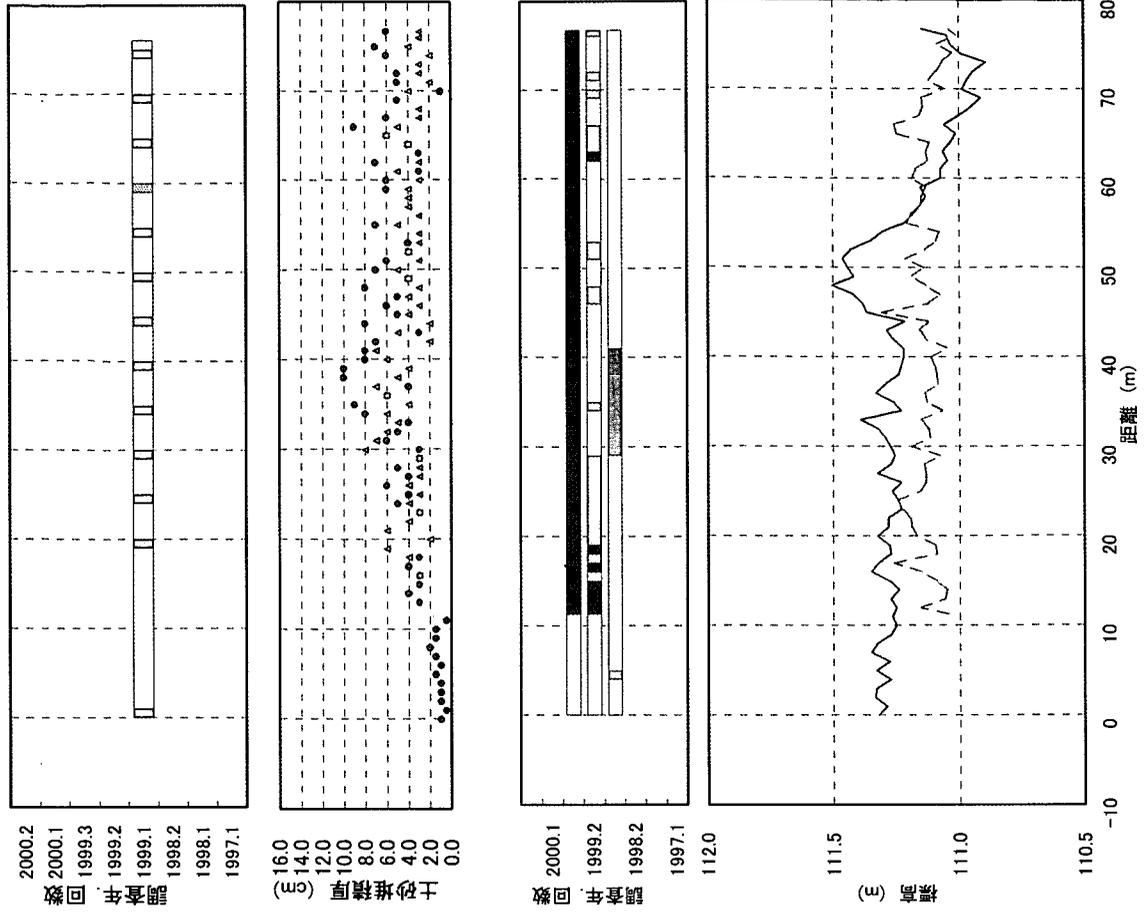


TS1-2V

付図1-5 ペルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川：永田橋地区その5)

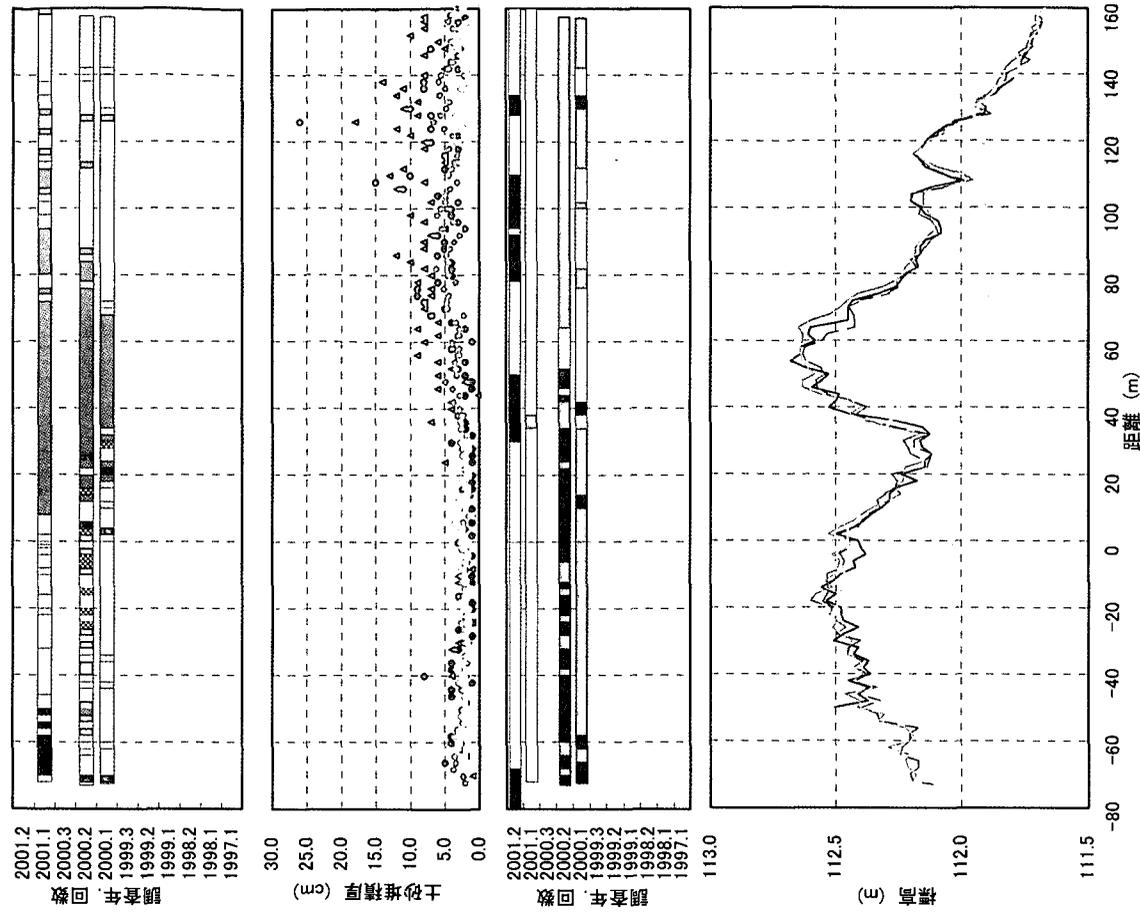
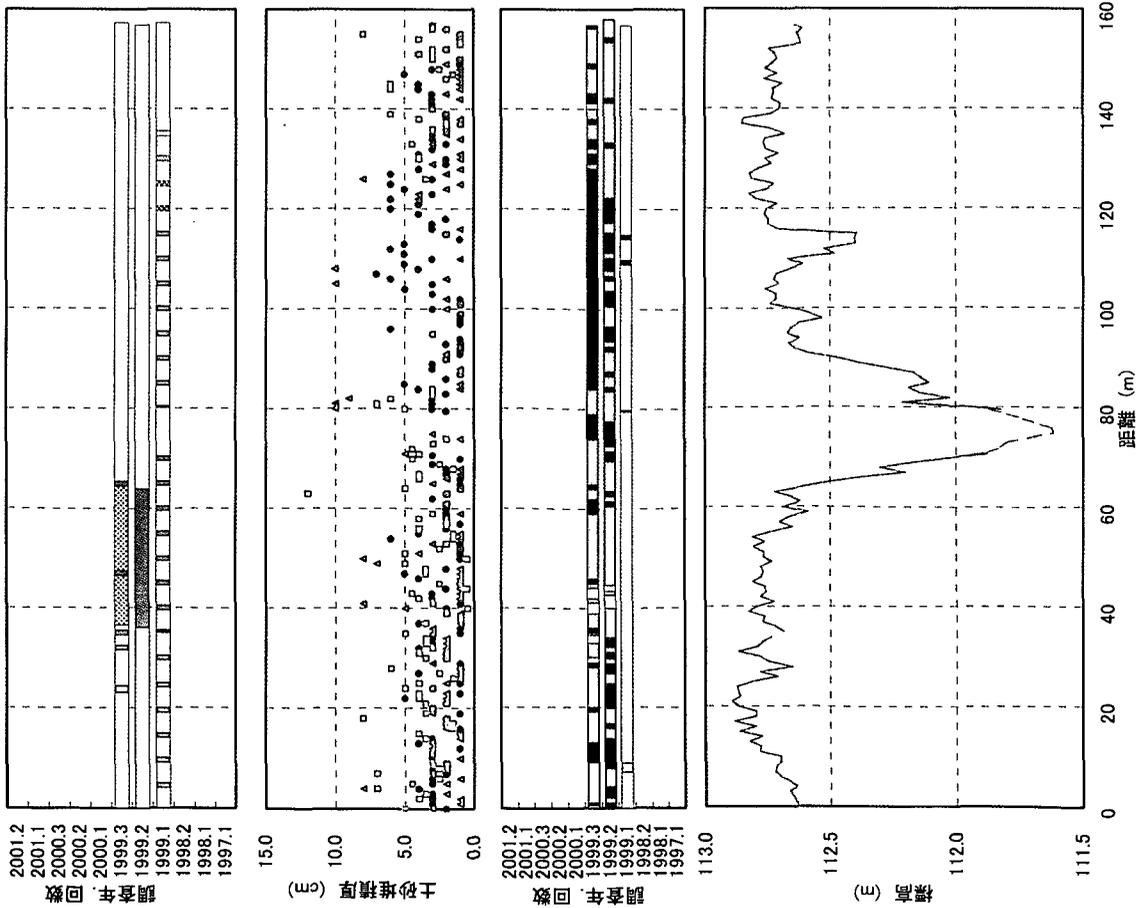


TS1-3V

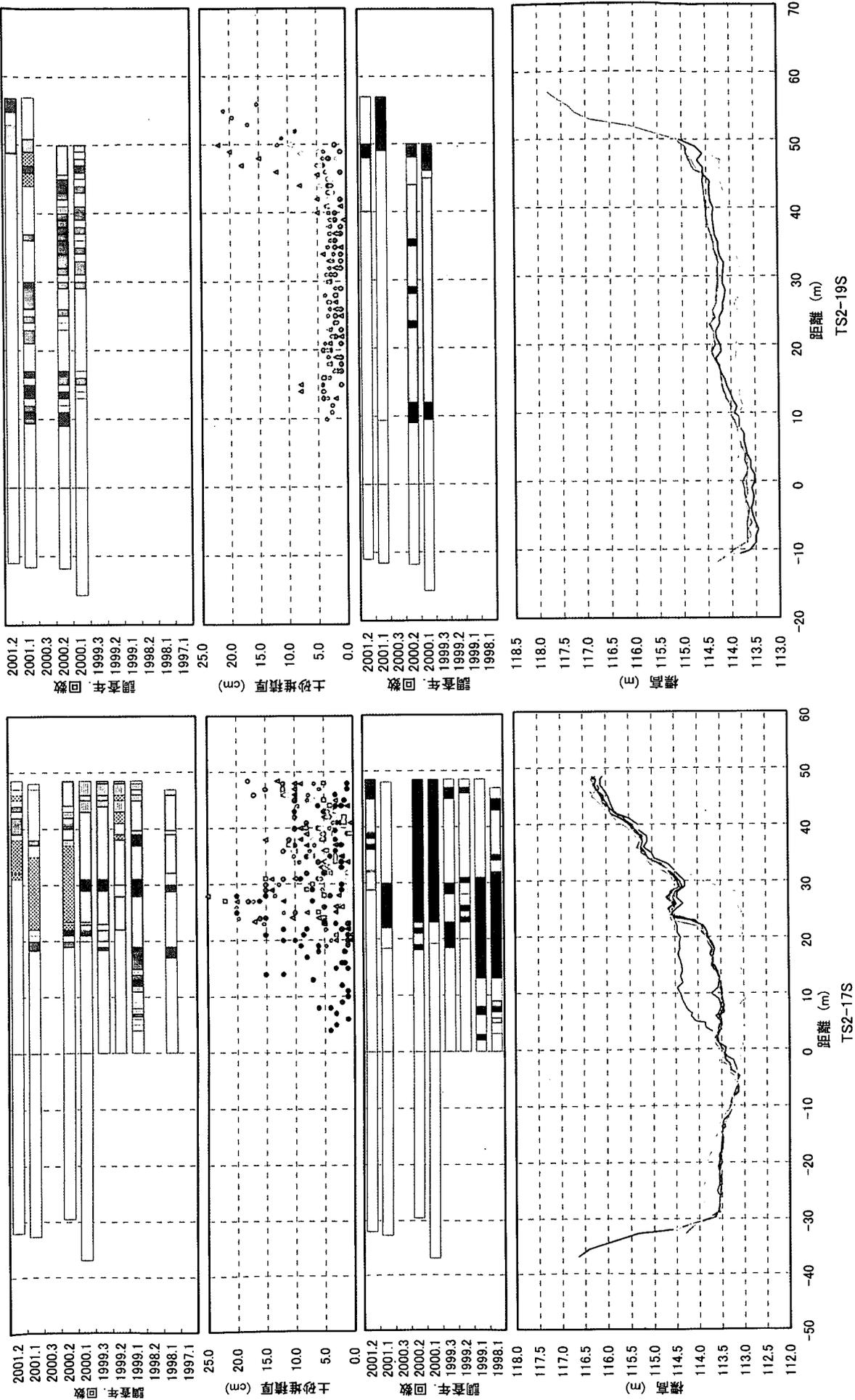


TS1-4V

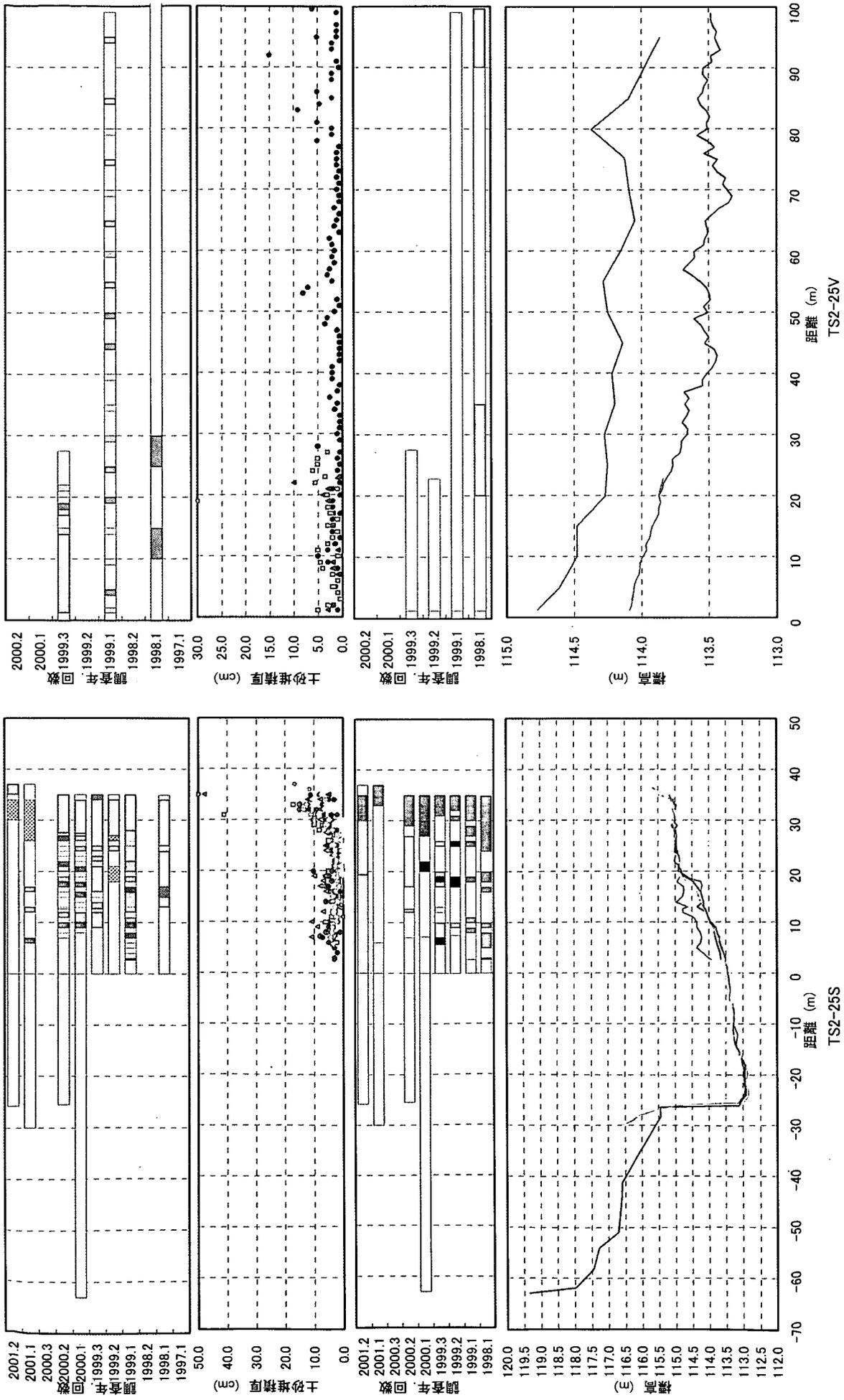
付図 1-6 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川：永田橋地区その6)



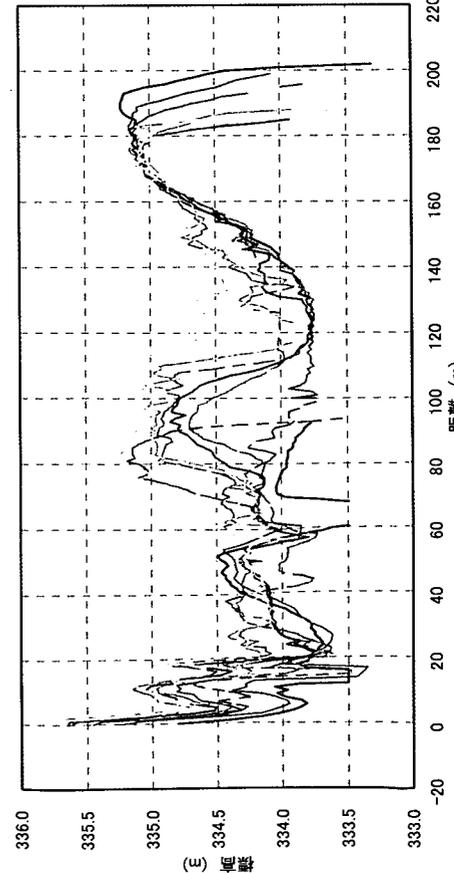
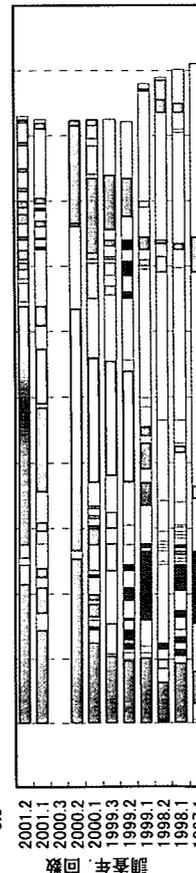
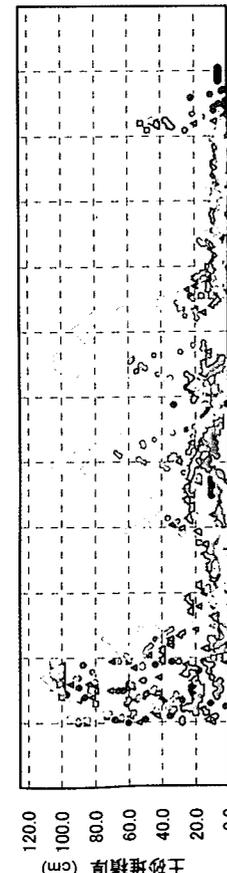
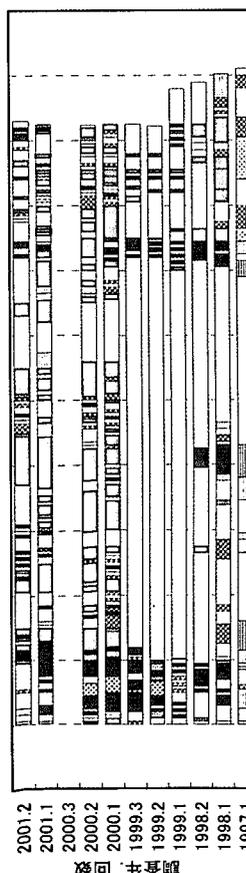
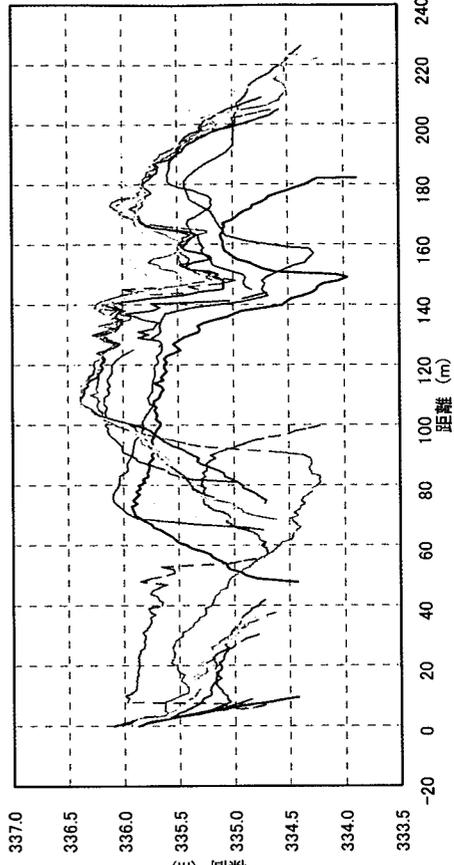
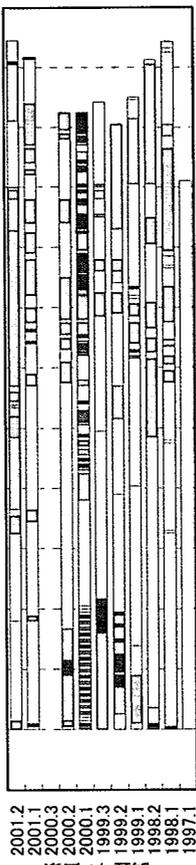
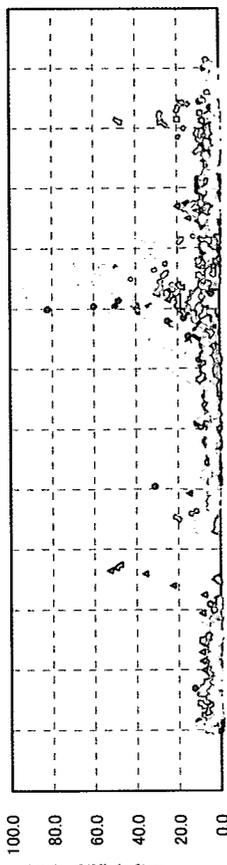
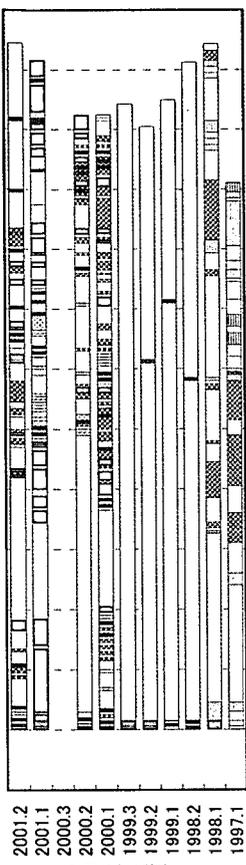
付図1-7 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川：永田橋地区その7)



付図1-8 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川：羽村大橋地区その1)



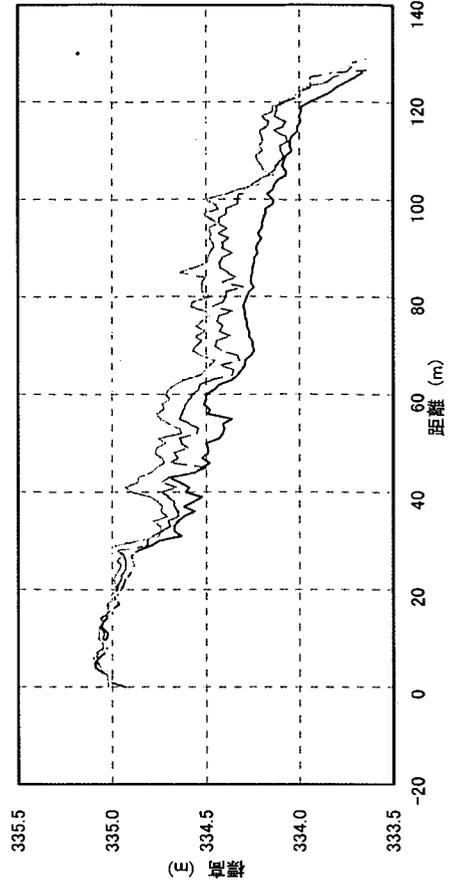
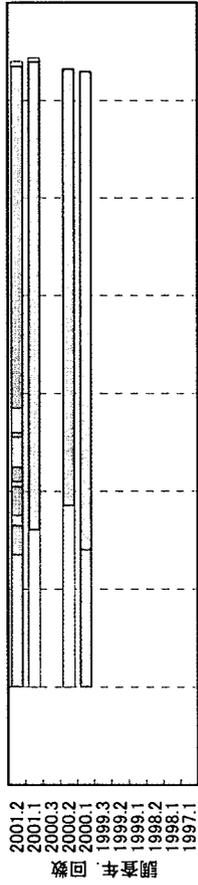
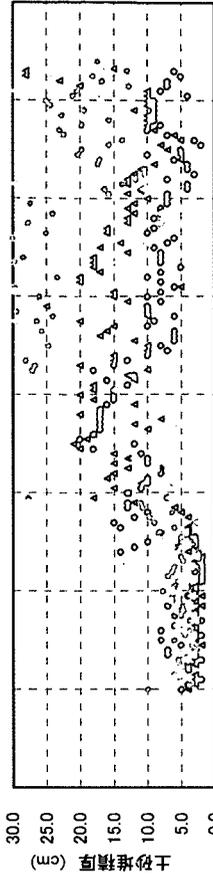
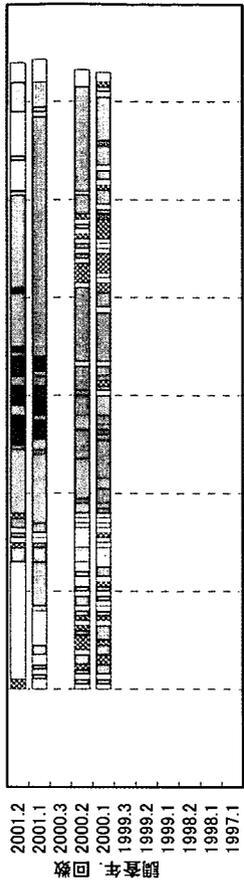
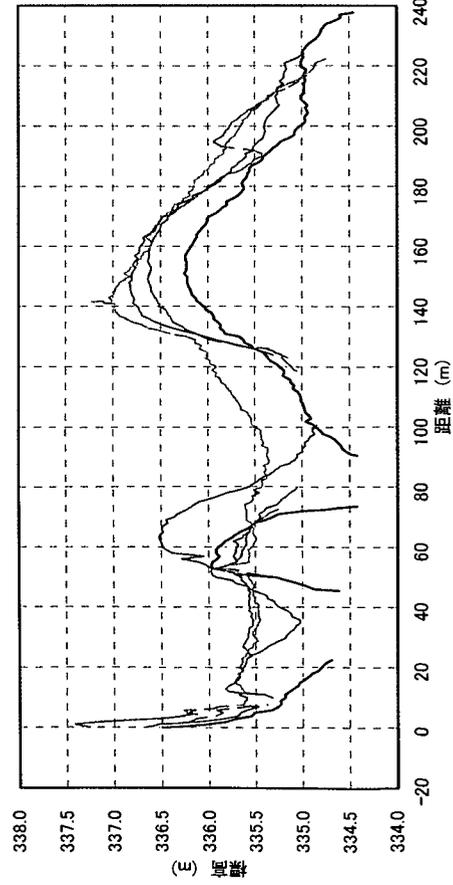
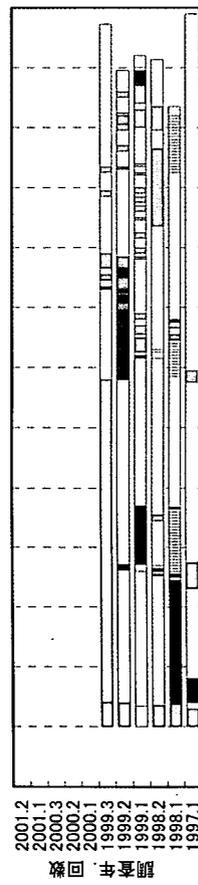
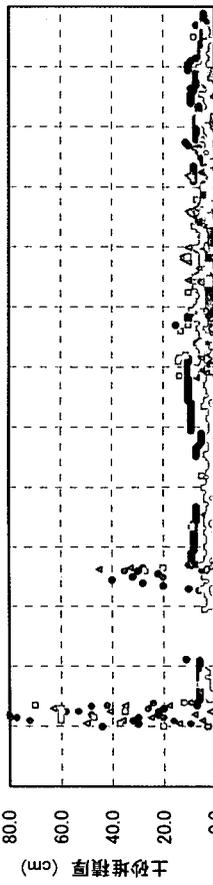
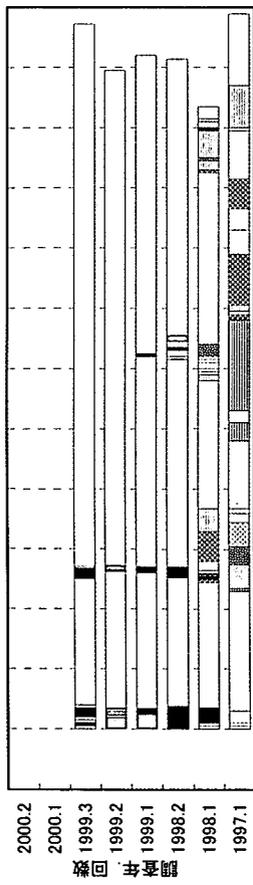
付図 1-9 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (多摩川：羽村大橋地区その2)



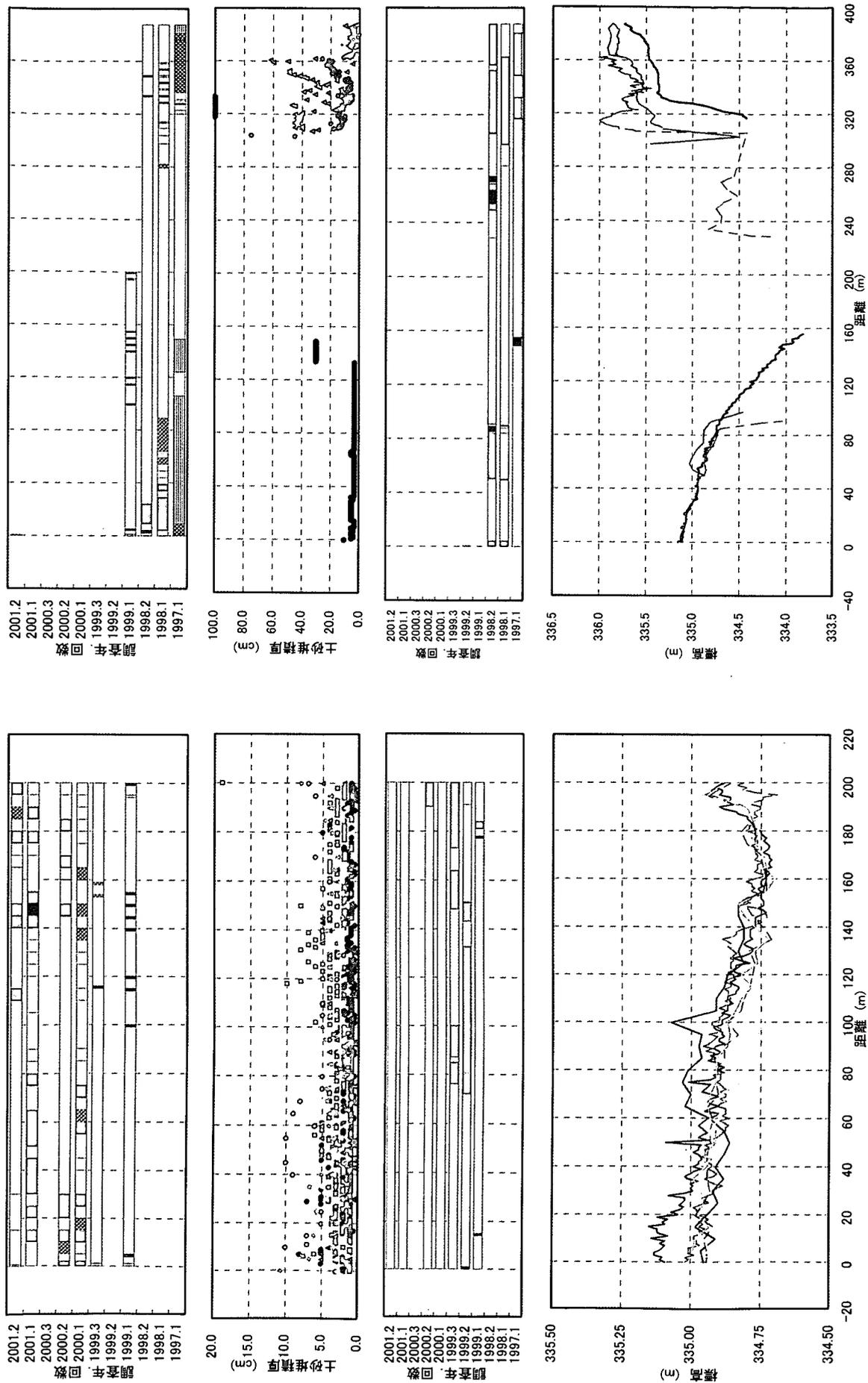
CS1-4S

CS1-2S

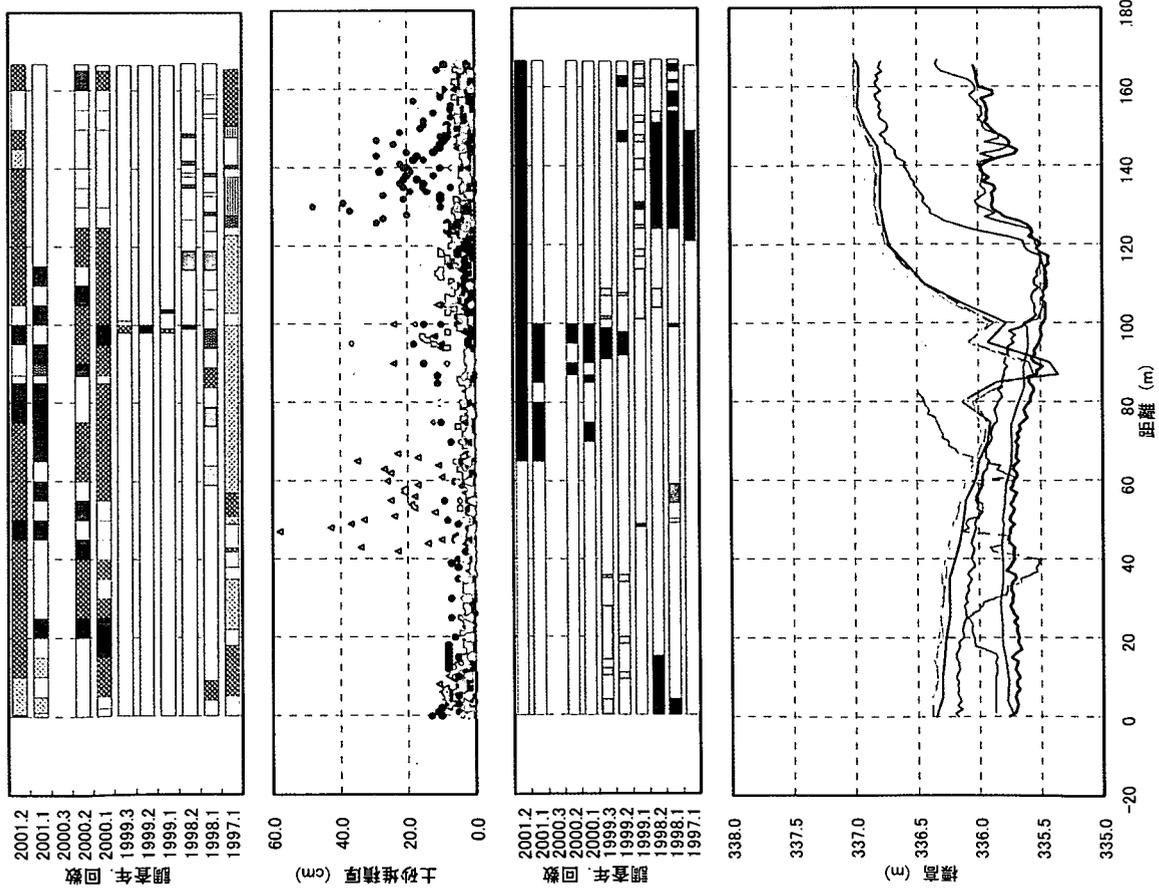
付図 1-10 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：屋島橋地区その1)



付図 1-11 CS1-6S ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：屋島橋地区その2) CS1-1V

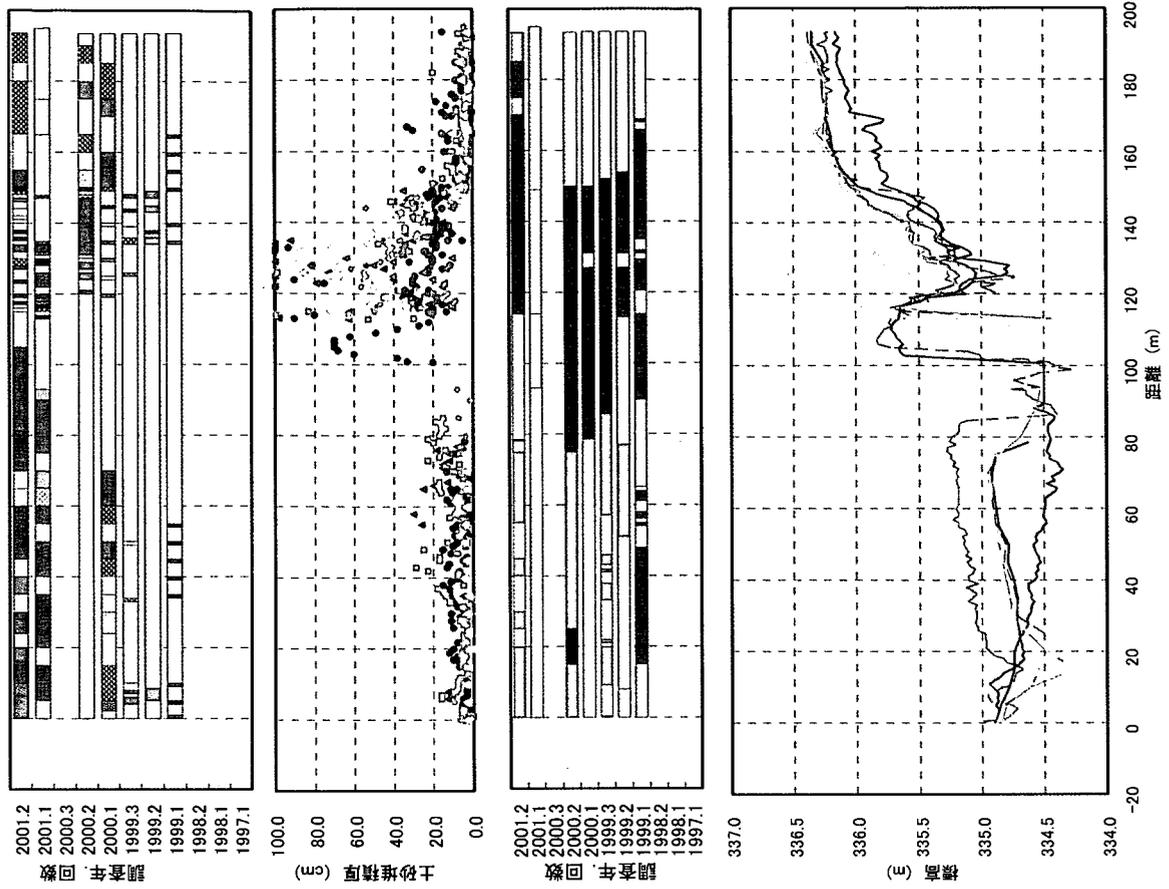


CS1-2V
 付図 1-12 ヘルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：屋島橋地区その3)

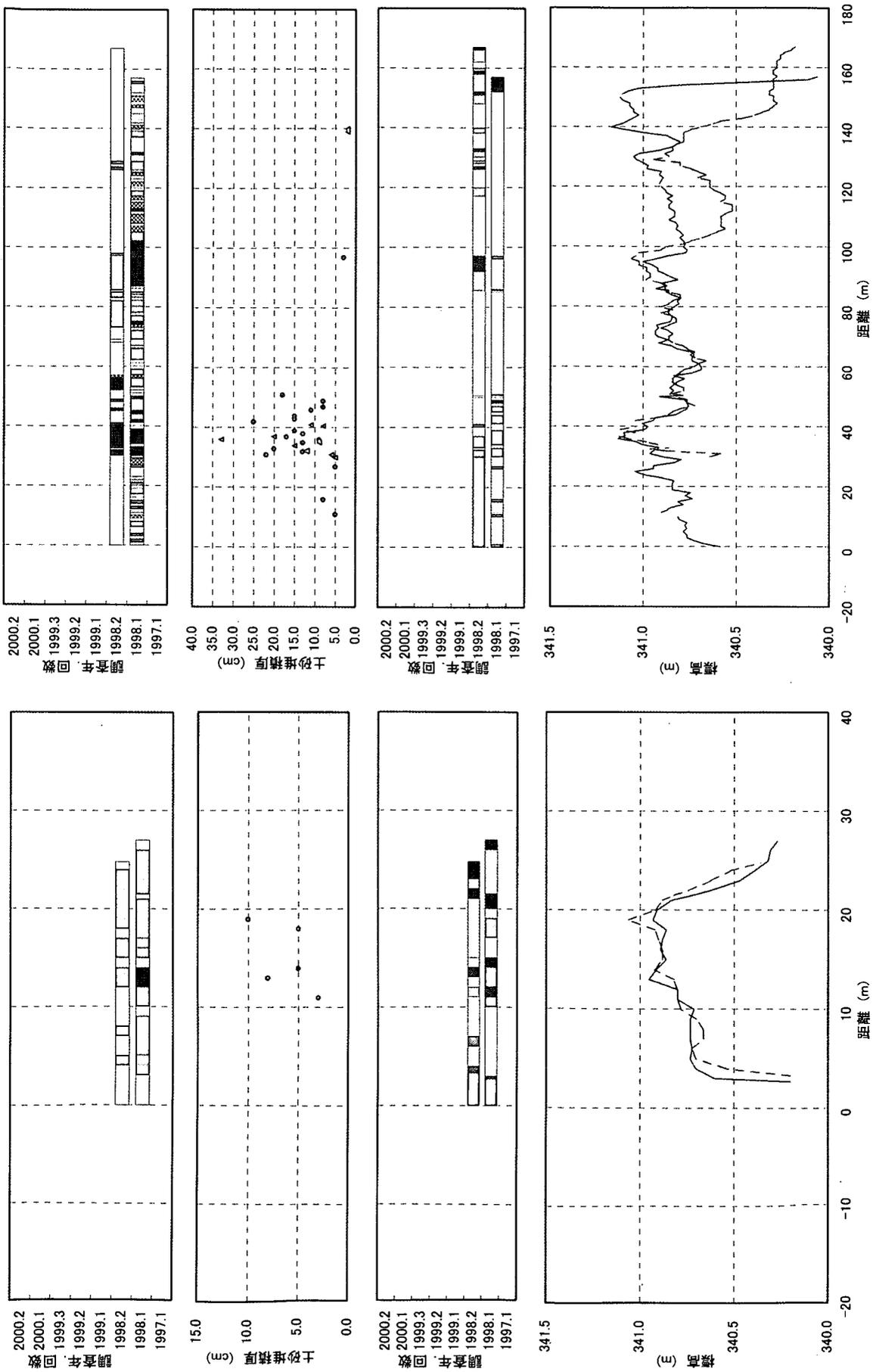


CS1-4V

付図 1-13 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：屋島橋地区その 4)



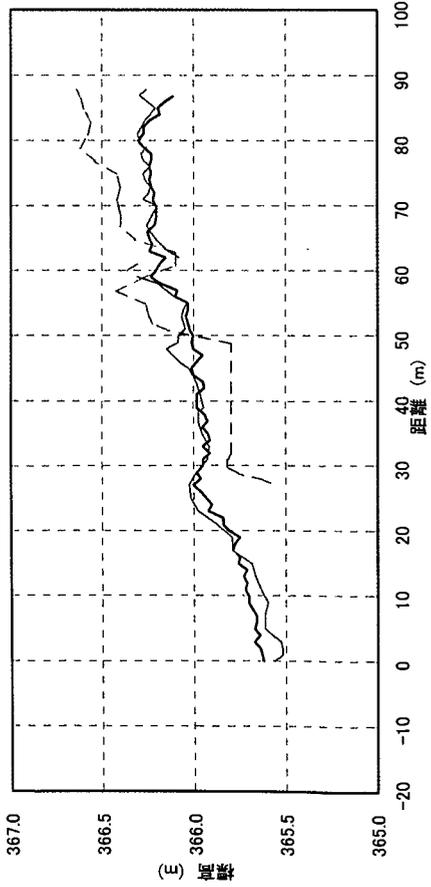
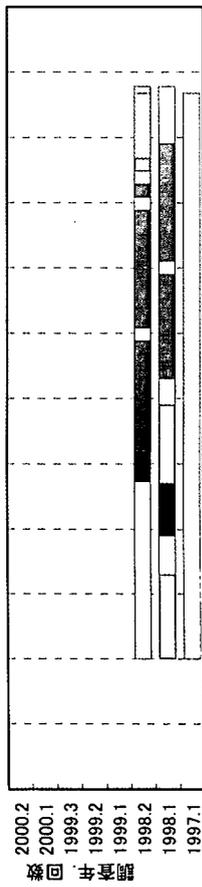
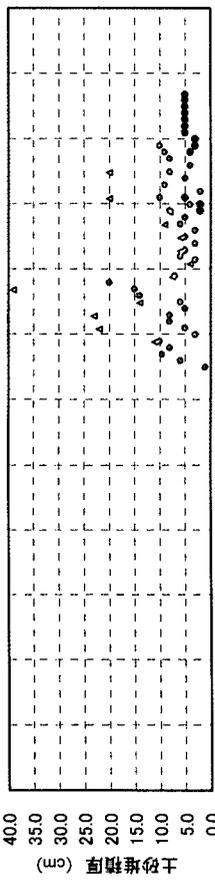
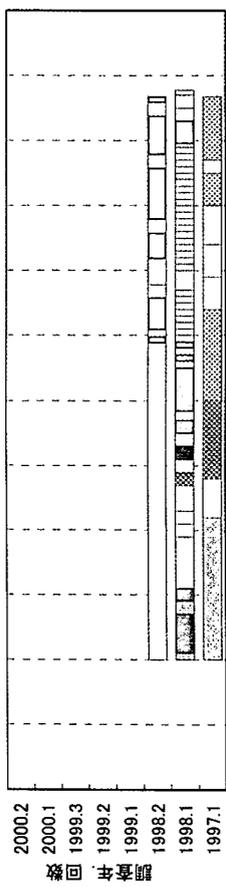
CS1-7V



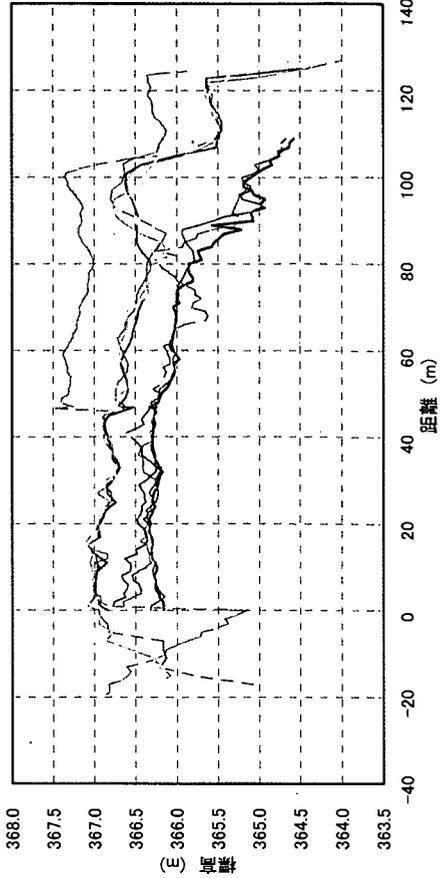
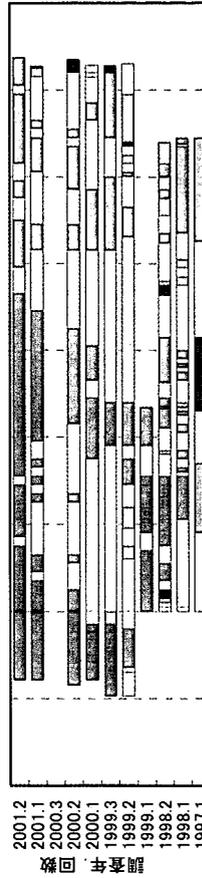
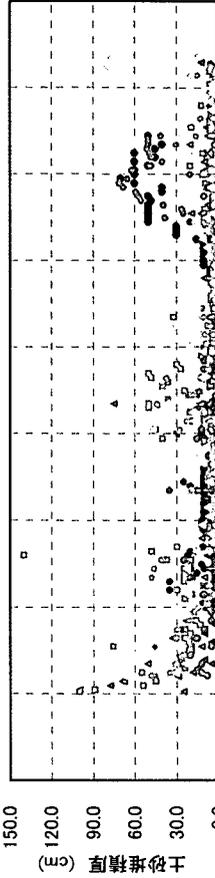
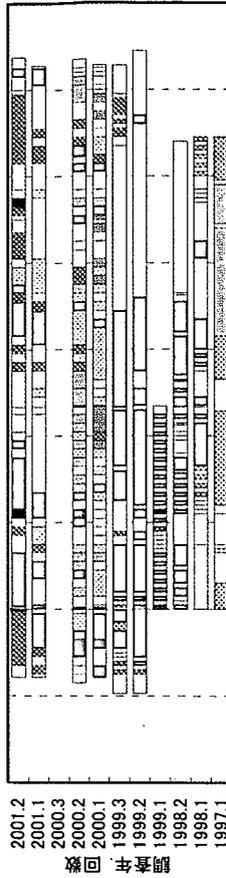
CS2-2V

CS2-2S

付図 1-14 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：関崎橋地区)

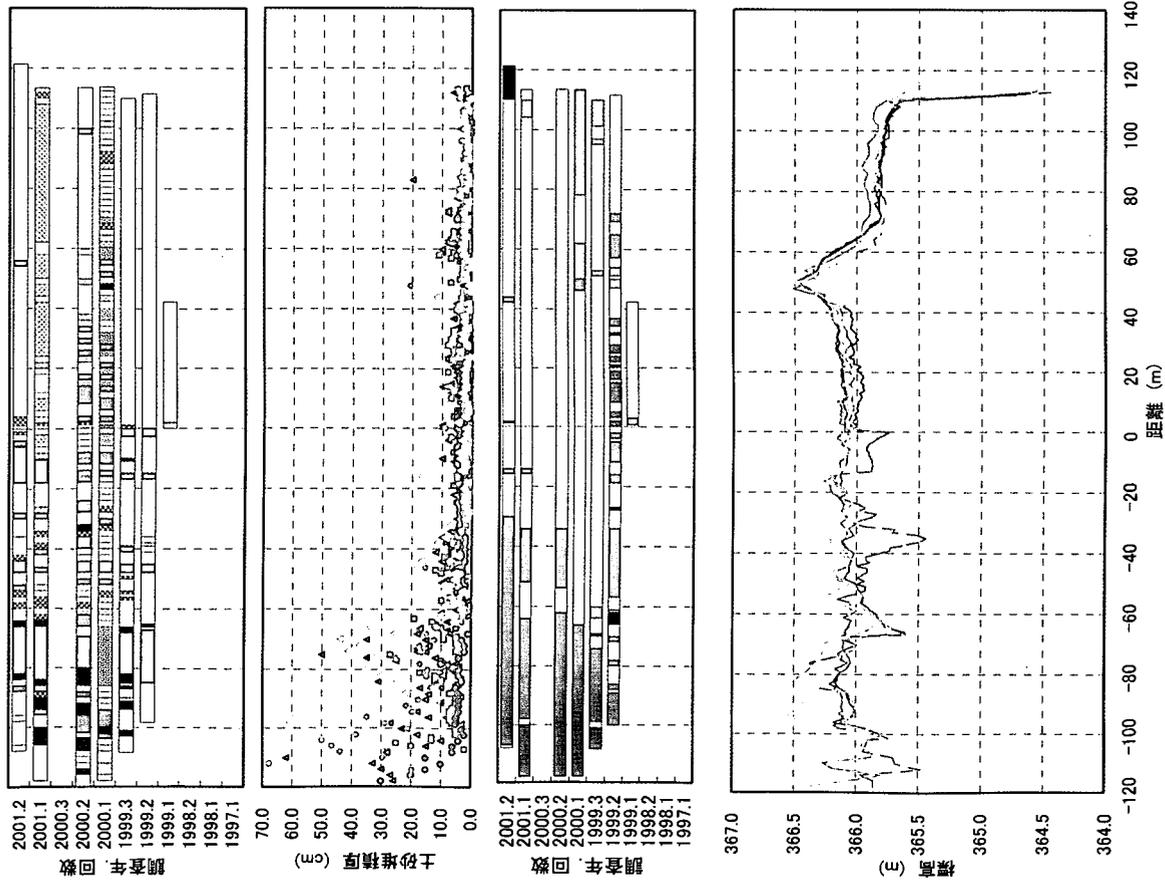


CS3-1V

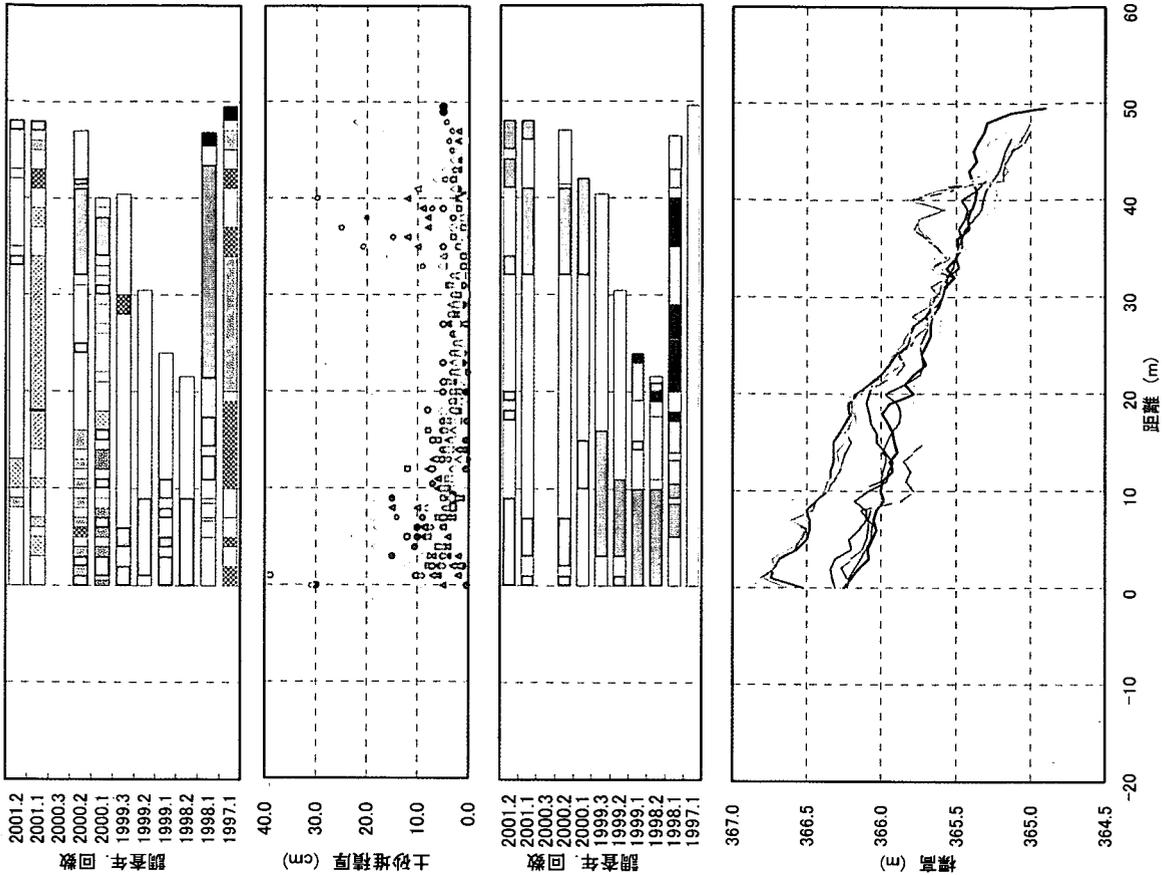


CS3-4V

付図 1-15 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：冠着橋地区その1)

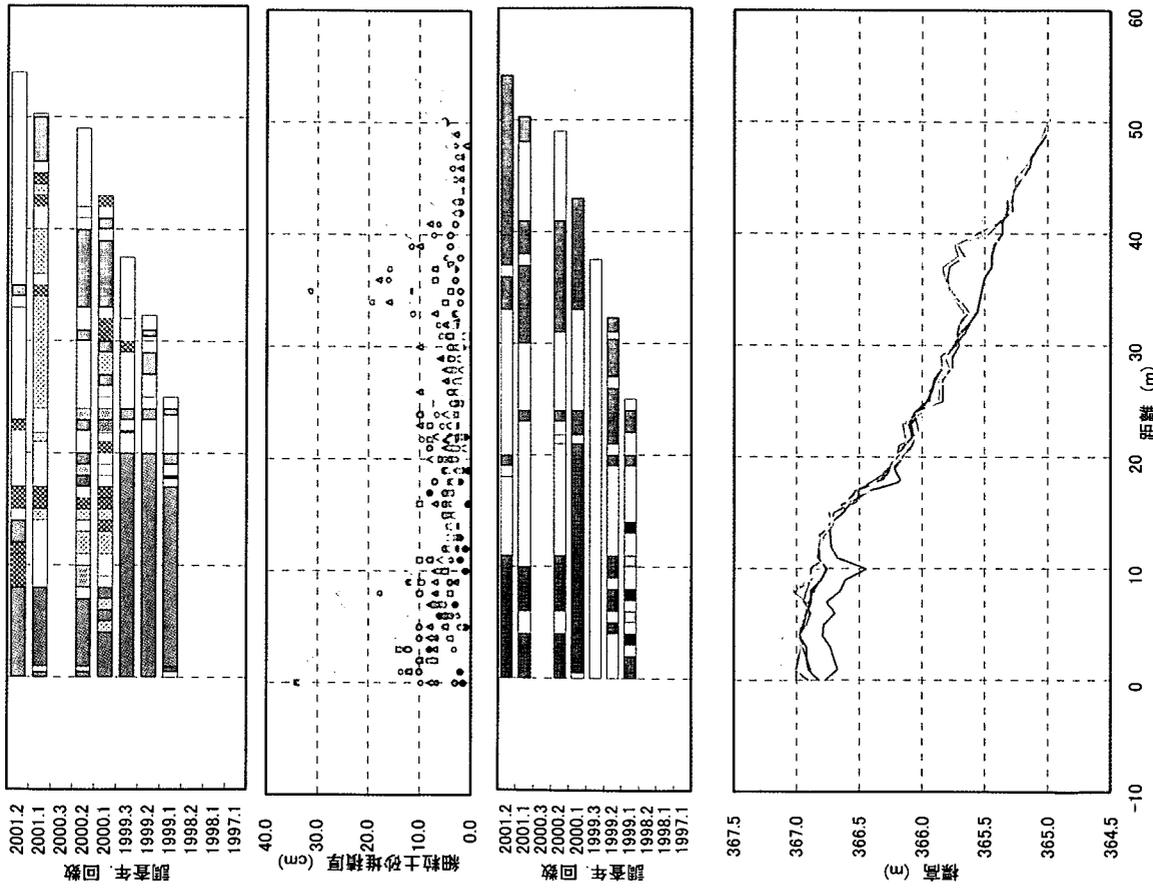


CS3-5V



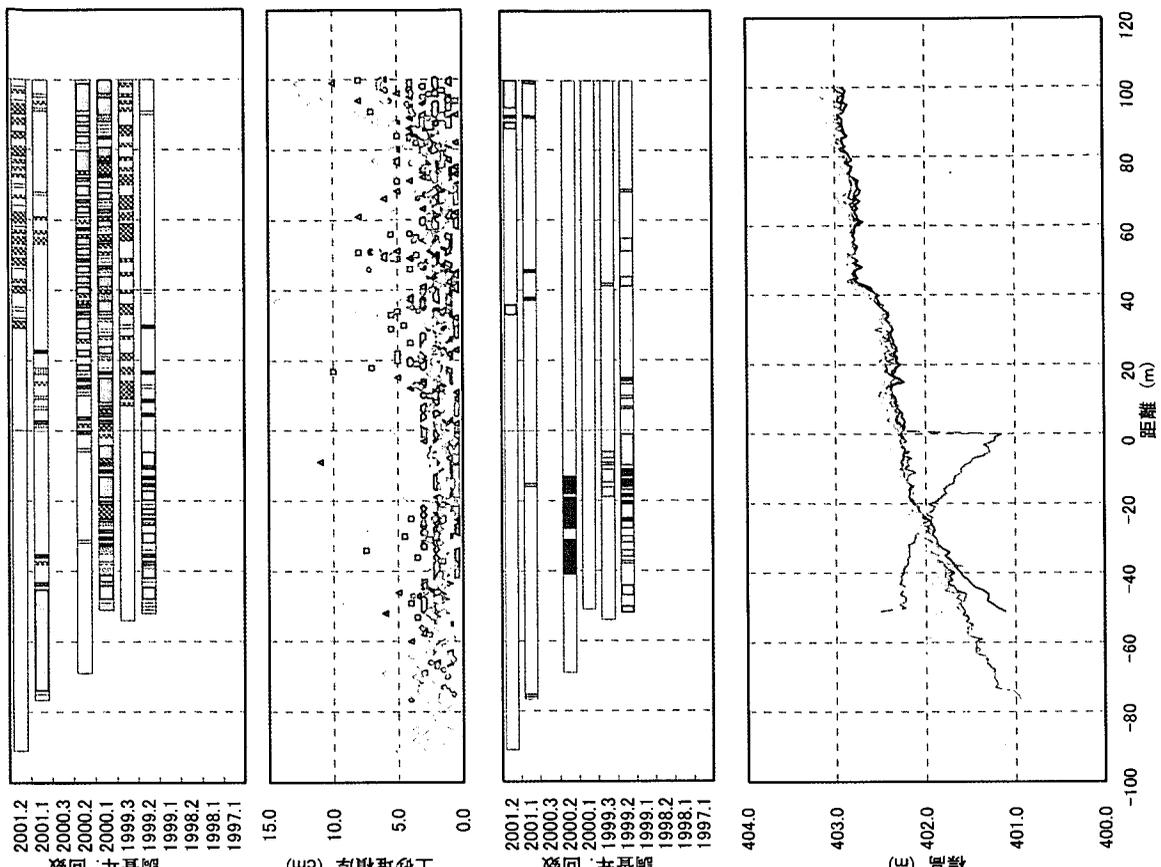
CS3-3S

付図 1-16 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川: 冠着橋地区その 2)

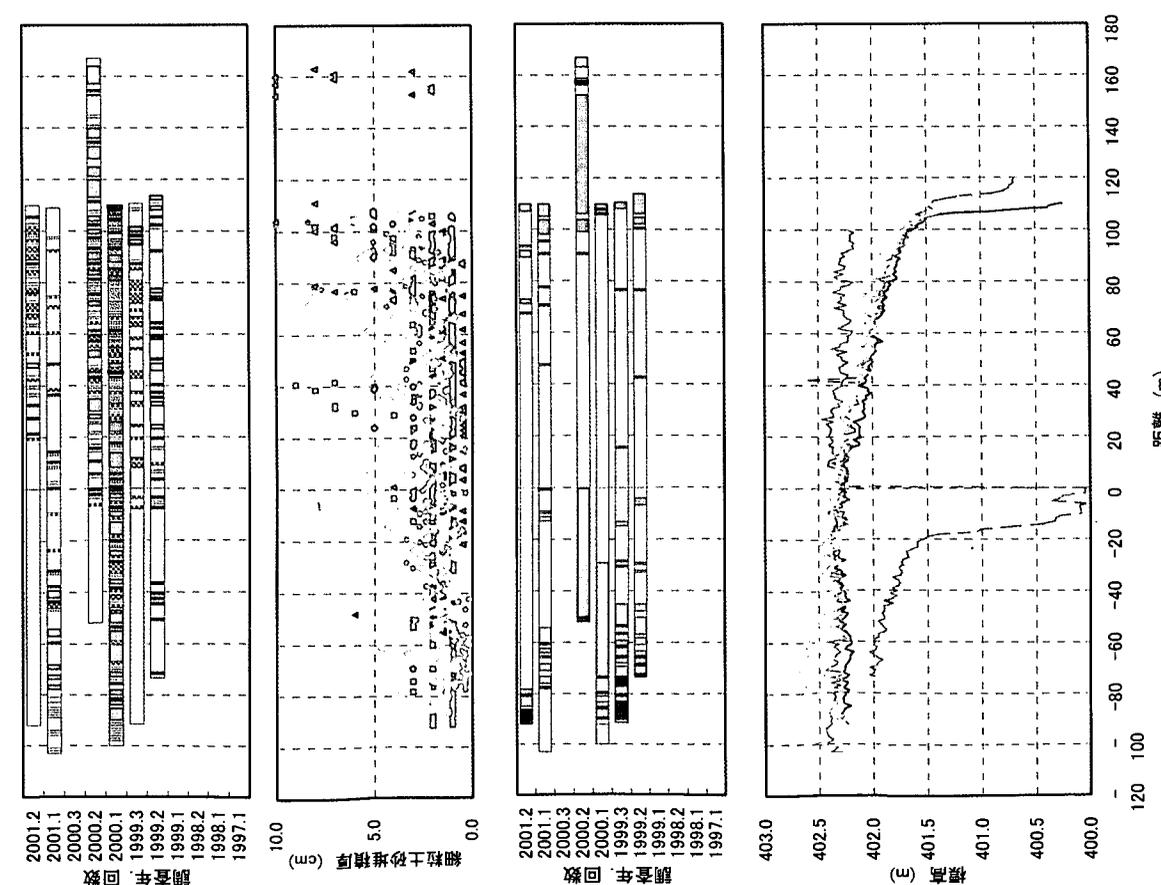


CS3-4S

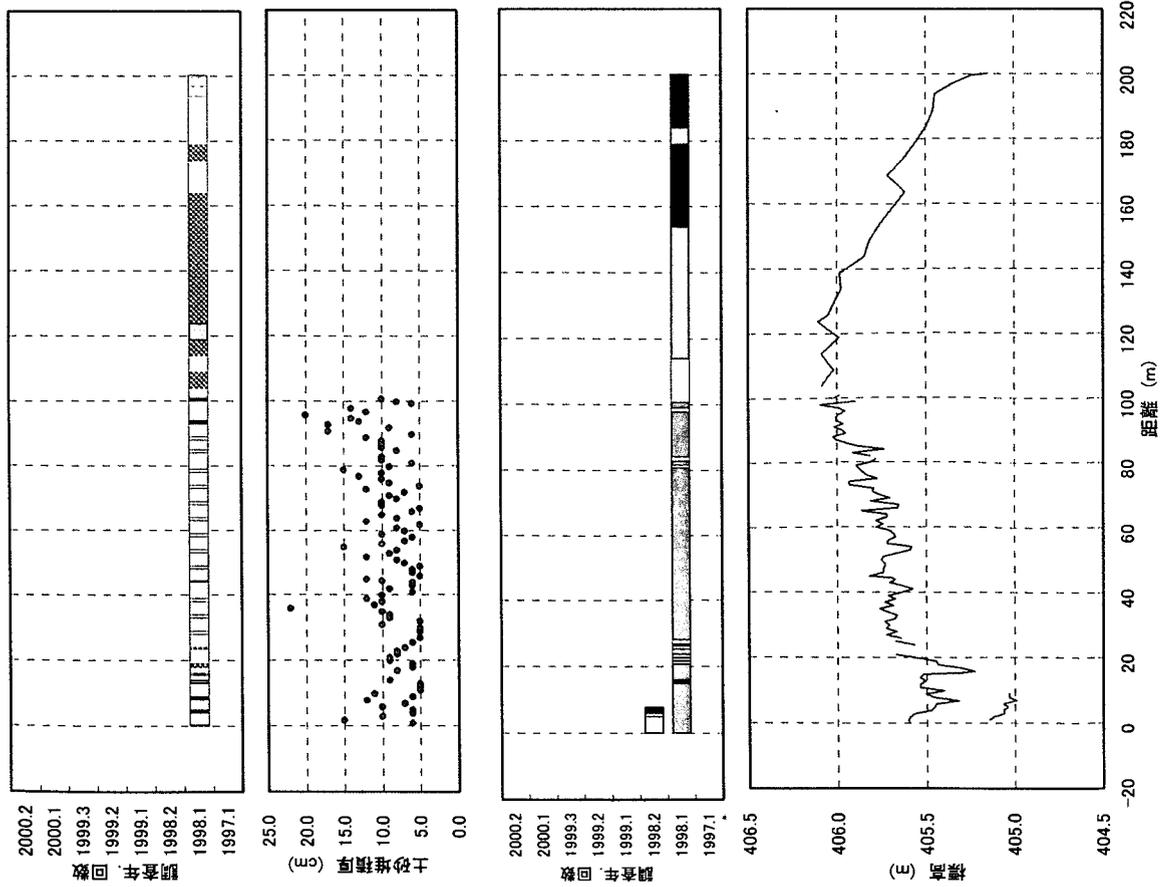
付図1-17 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化（千曲川：冠着橋地区その3）



CS4-3S
 付図 1-18 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：鼠橋下流地区)



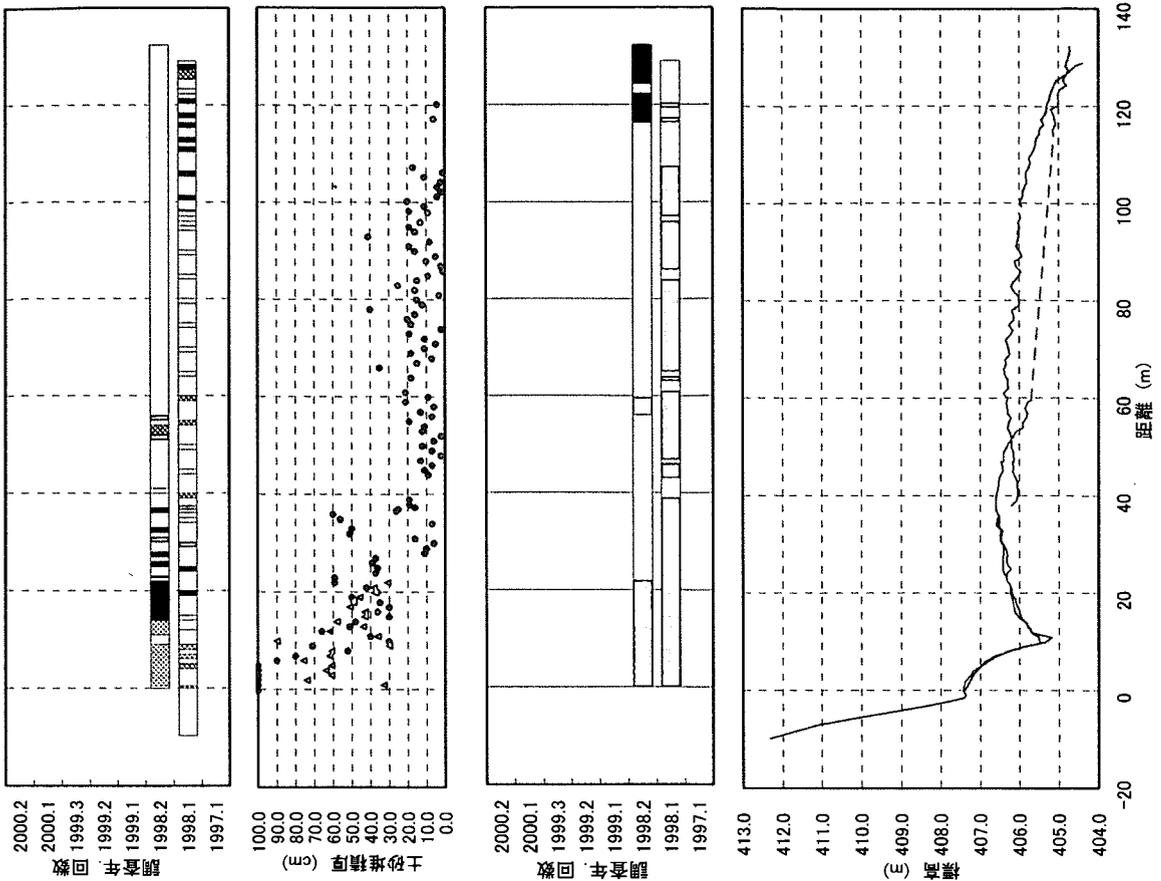
CS4-4V
 付図 1-18 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：鼠橋下流地区)

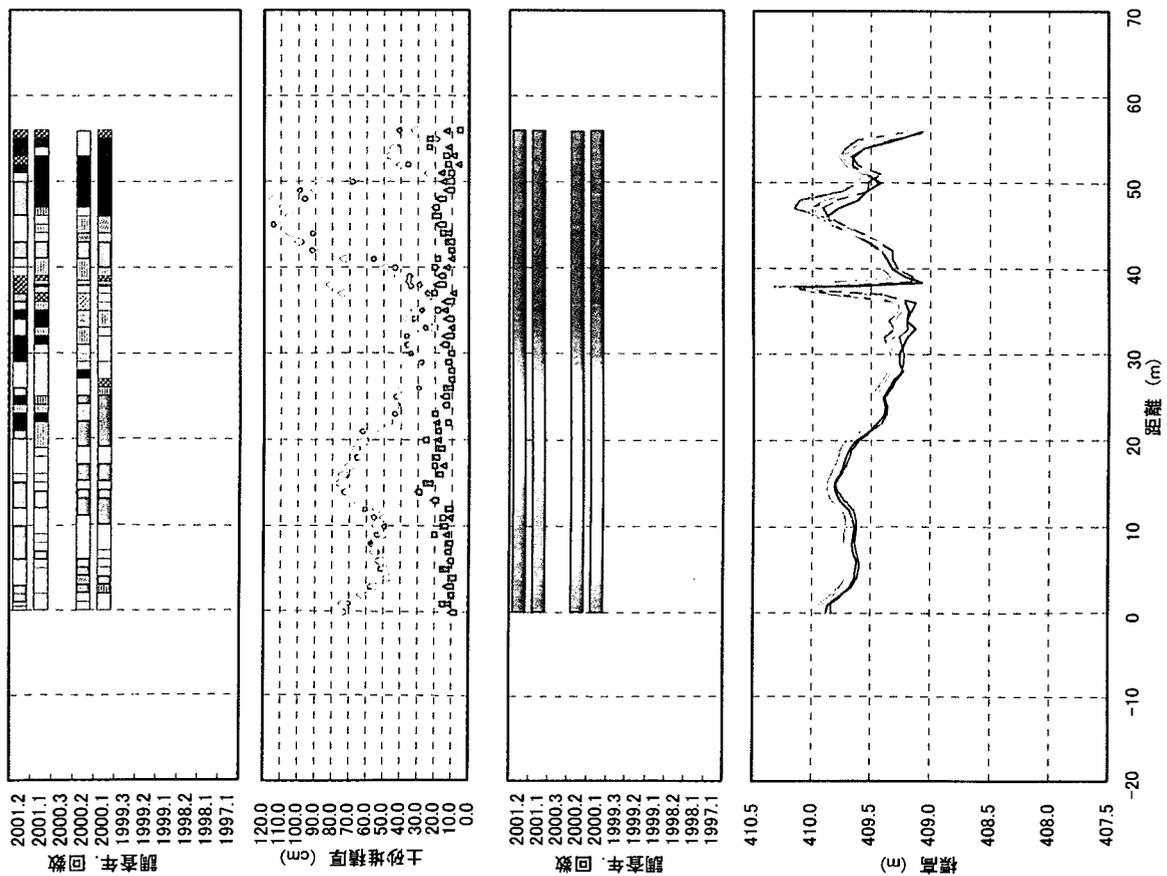


CS4-21V

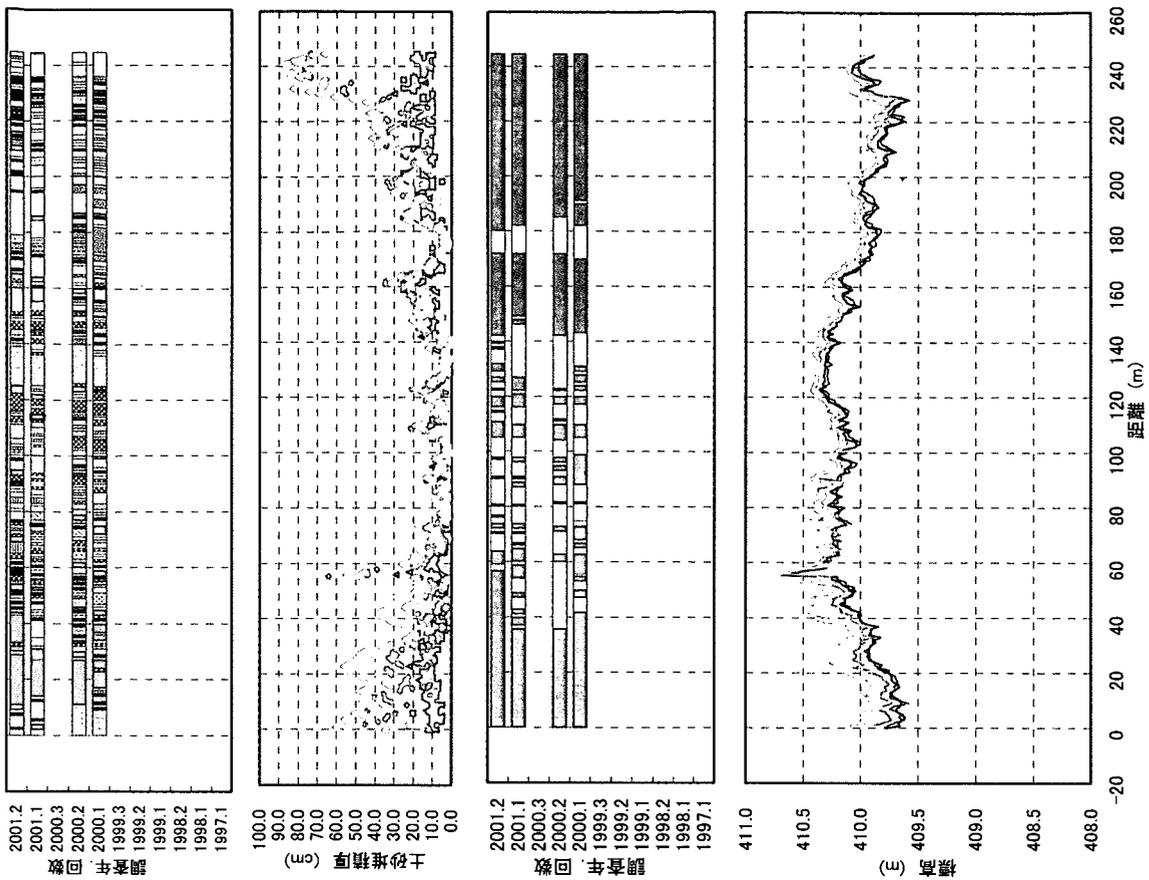
付図 1-19 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：鼠橋中流地区)

CS4-23S



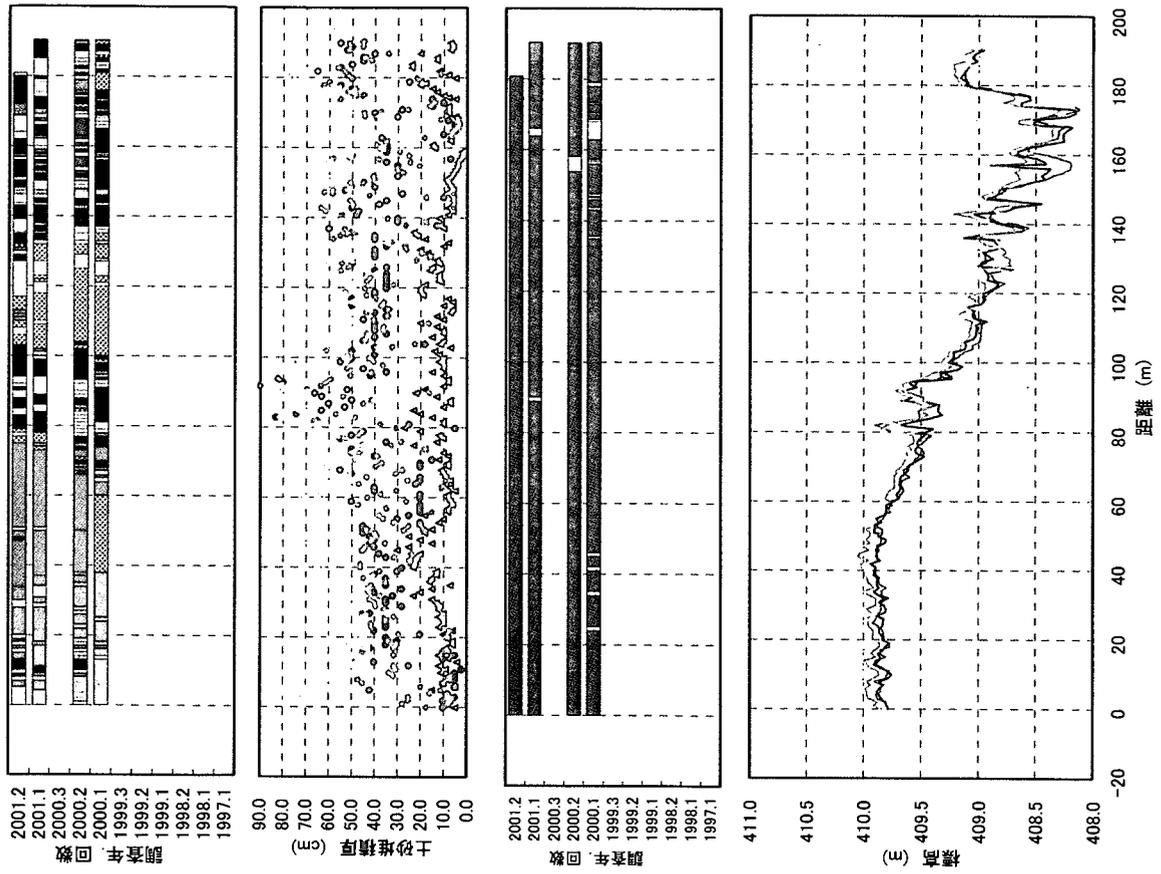


CS4-1S'



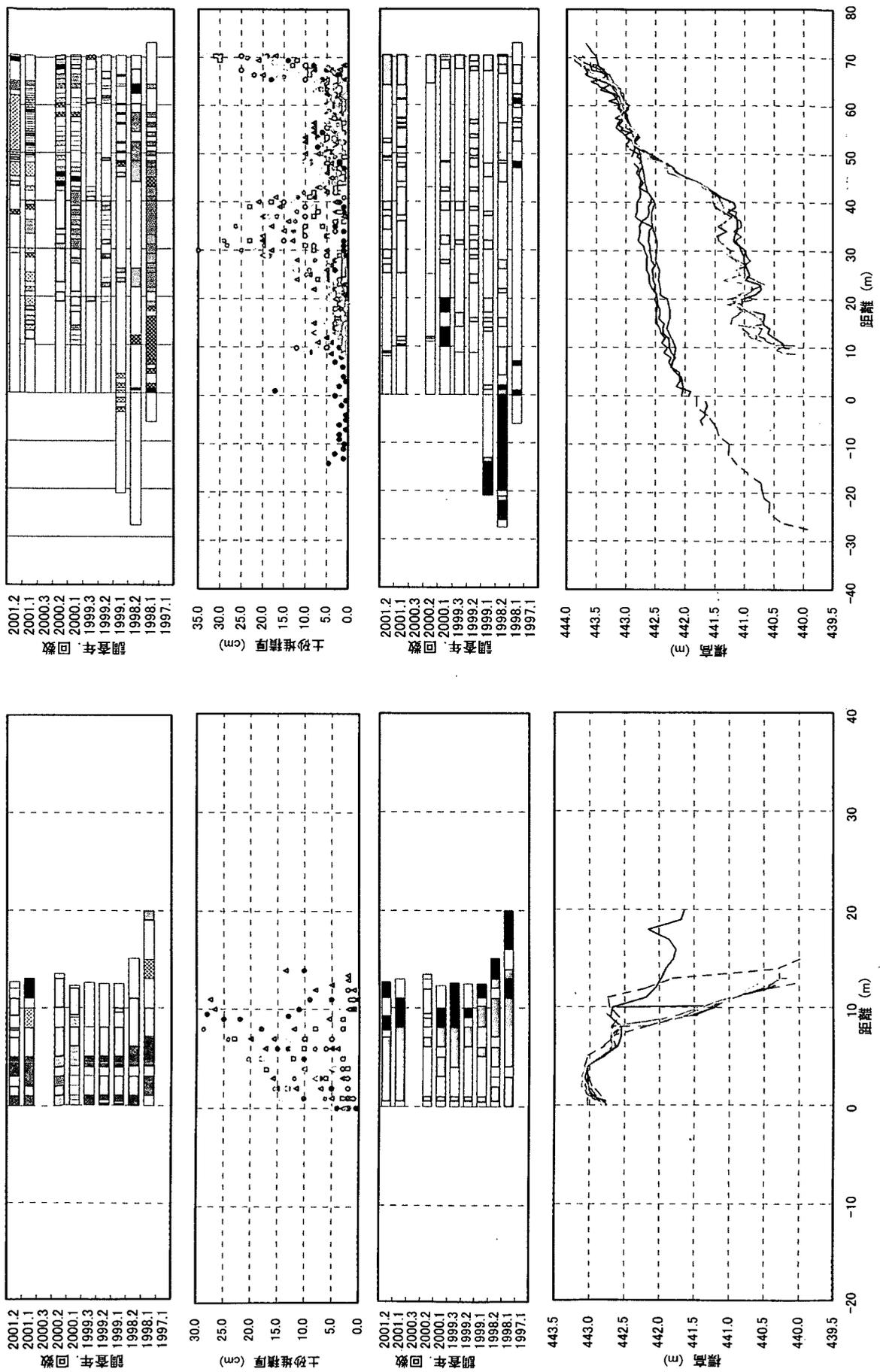
CS4-1V'

付図 1-20 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：鼠橋上流地区その1)

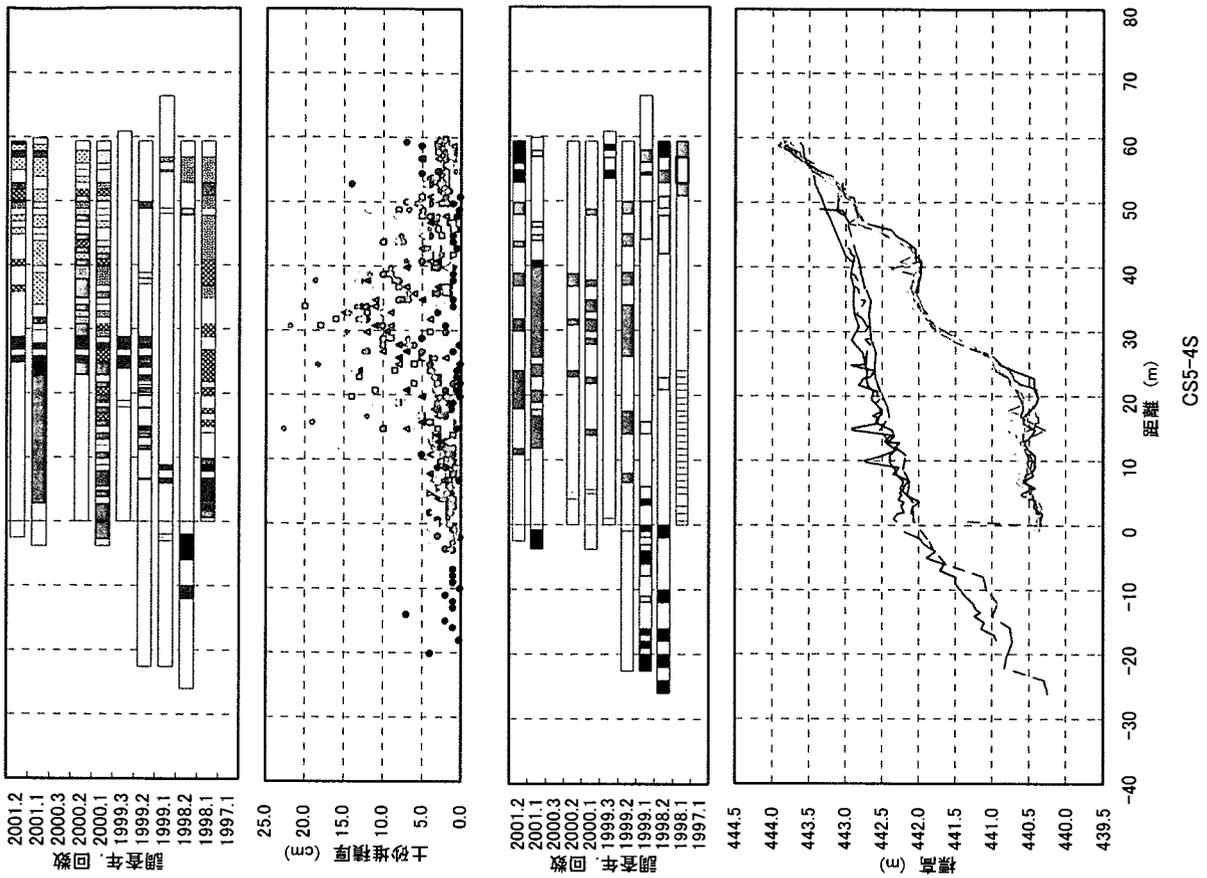
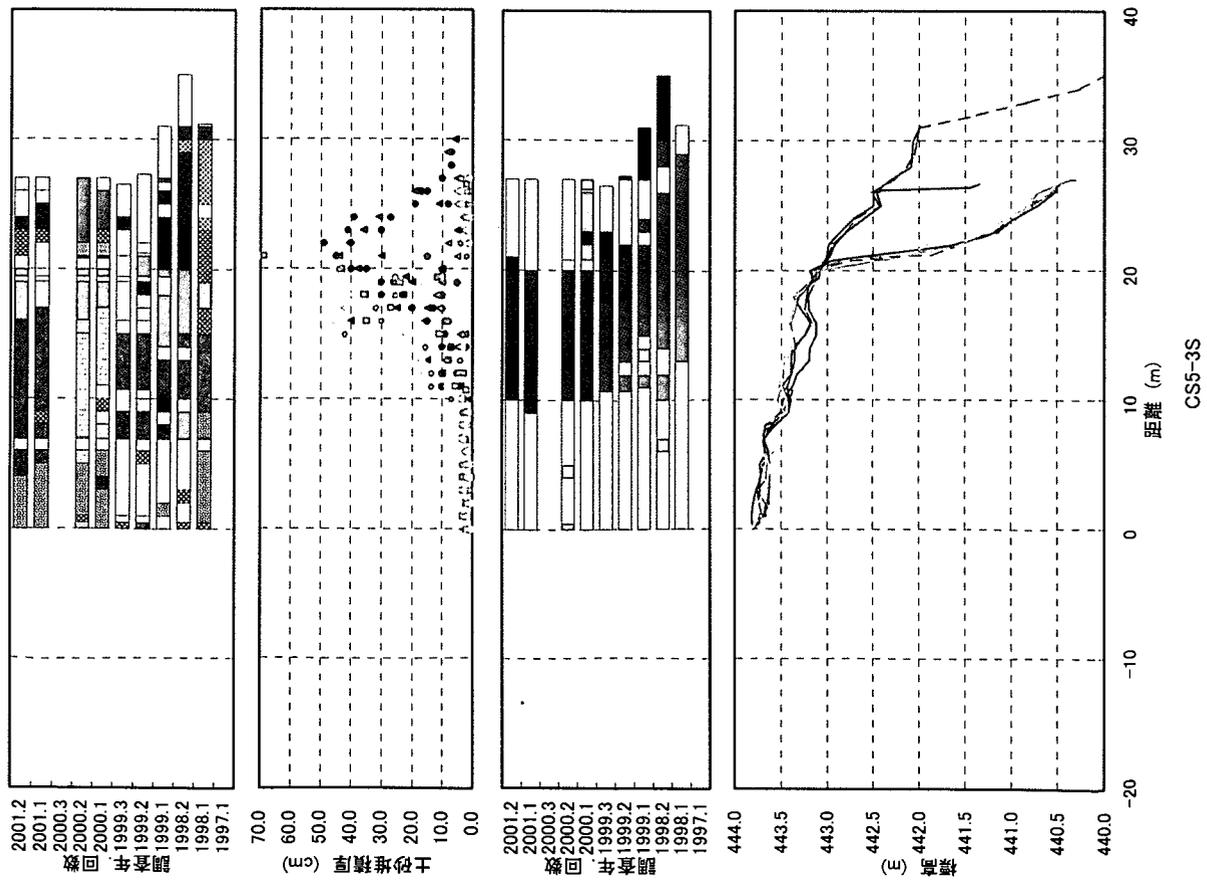


CS4-2V

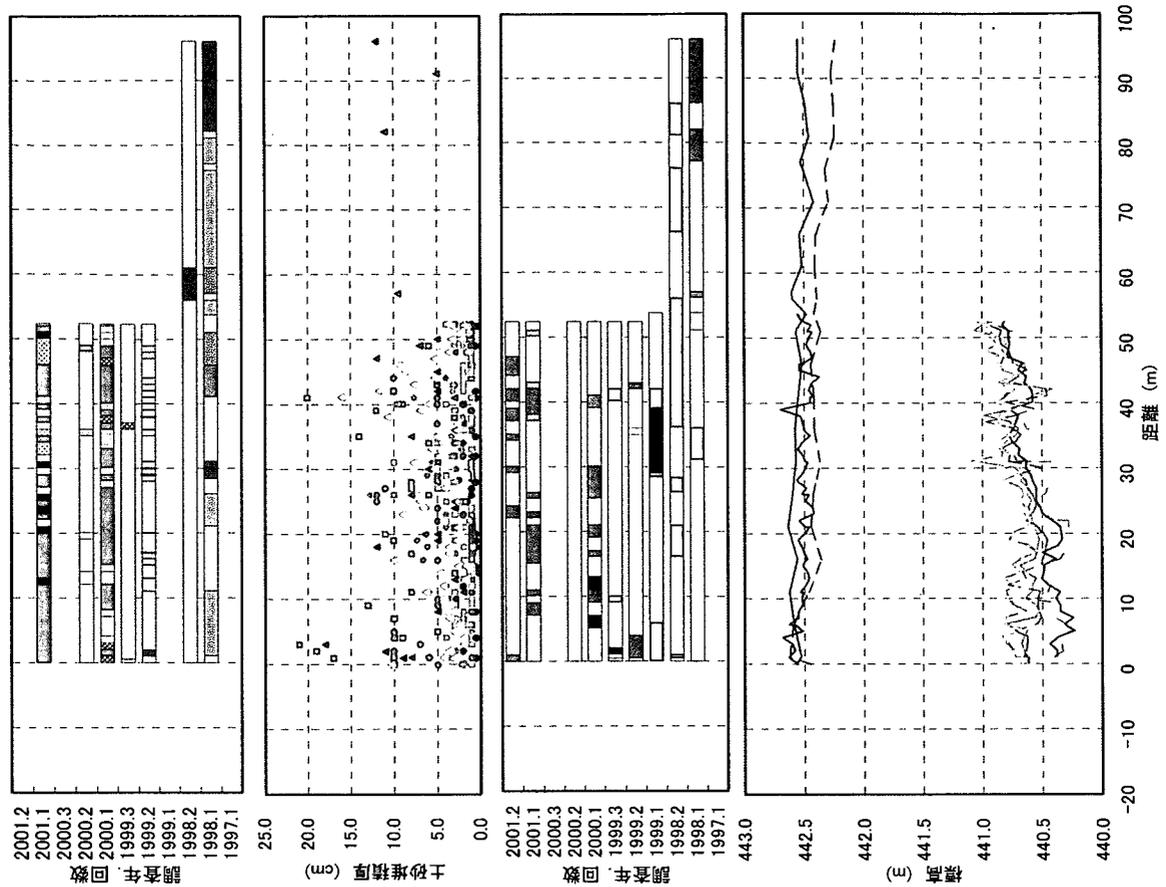
付図 1-21 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：鼠橋上流地区その 2)



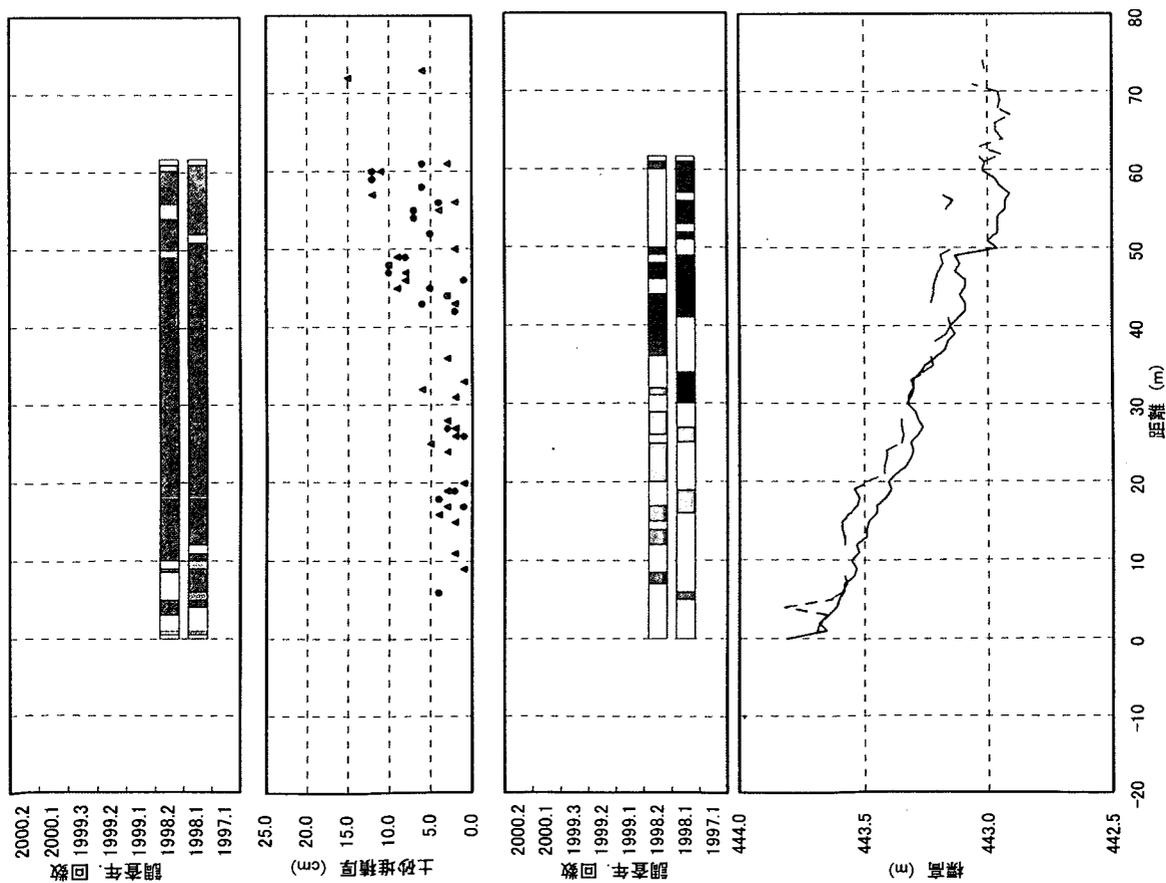
付図1-22 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化（千曲川：上田橋地区その1）
CS5-1S CS5-2S



付図 1-23 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：上田橋地区その2)

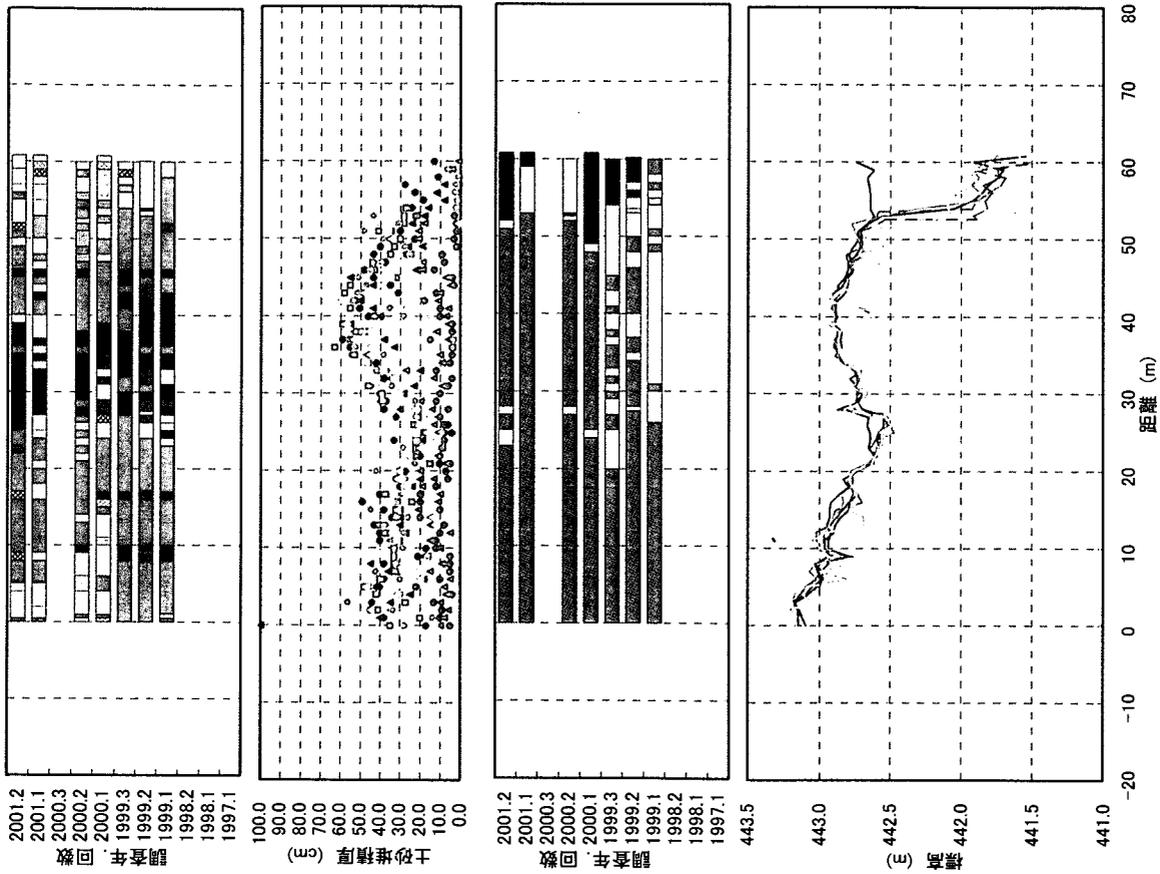


CS5-2V



CS5-1V

付図 1-24 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：上田橋地区その3)

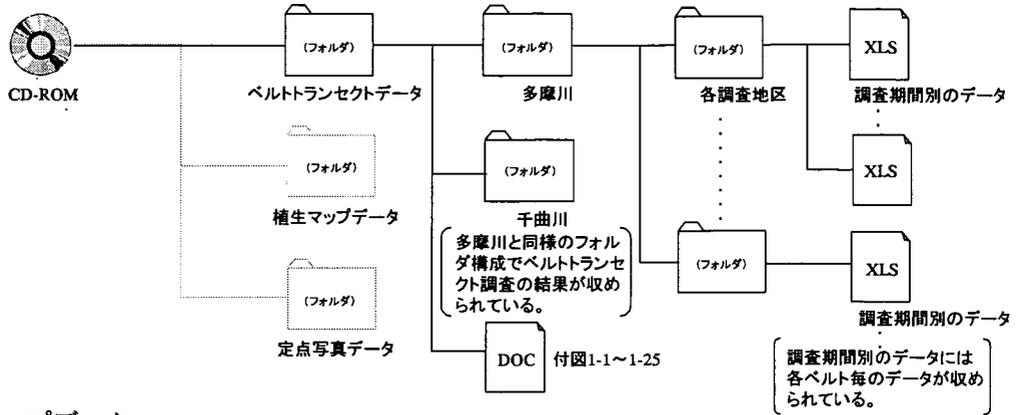


付図 1-25 ベルト調査のライン上における河道地形の変化と植生変化 (千曲川：上田橋地区その4)
CS5-3V

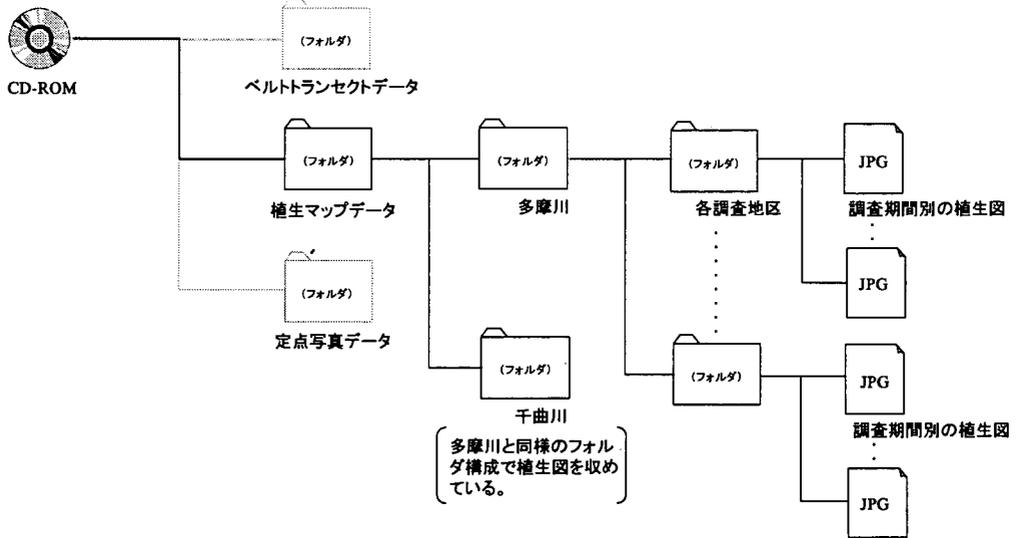
付録2. 電子データ

本研究の調査結果のデータを有効に利用して頂けるように、本資料の付録として電子媒体 (CD-ROM) にデータを収めている。収録されているデータの内容は以下の通りである。

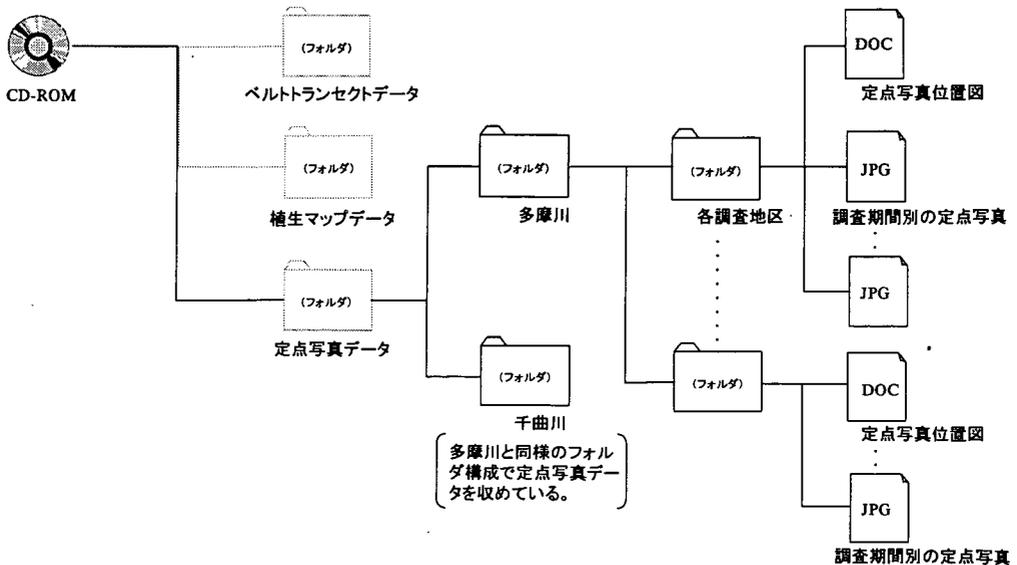
①ベルト・トランセクトデータ



②植生マップデータ



③定点写真データ



国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No.161

January 2004

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL029-864-2675