

河川の自然再生のための目標設定と
溪畔林・河畔林の再生に関する研究

2006 年 3 月

北海道工業大学大学院

杉山 裕

学位論文内容の要旨

北海道工業大学大学院工学研究科
建設工学専攻
博士課程
自然環境工学部門

杉山 裕

論文題目：

河川の自然再生のための目標設定と溪畔林・河畔林の再生に関する研究

論文内容の要旨：

河川の自然環境は、水域と陸域との境界を持っており、常に流水の影響を受けて形成されるもので、増水などによる水位変動にともない、横断的に水陸の移行帯を形成し、そこに生育・生息する生物にとって貴重な場を創出しており、また縦断的にも山と海とを繋ぐ重要な役割を担っている。その個々の要素には、物理的な要素と生物的な要素で構成され、単独作用や相互作用などの規制をうけることにより、地域ごとに多様な河川環境を創出し、生物多様性の維持に大きな役割を示してきたと考えられる。

このように生物にとっての貴重な環境の場であった河川では、高度経済成長期である昭和 30 年代に治水・利水の目的による河川事業によって、主に河川の中・下流部での河川微地形や生育していた河畔林などといった河川環境が急激に失われることとなった。このような状況の中、平成 9 年 6 月に河川法が改定されたことにより、従来の目的である治水・利水に新たに環境が加わり、河川整備計画の中で、治水・利水・環境のそれぞれにおいて整備目標を検討し、それに応じた整備計画を策定しようとしている。また、平成 15 年 1 月に自然再生推進法の施行を機に、日本各地で、公園、河川や港湾などでの自然再生事業が展開されてきた。しかしこの新たな試みは、まだ実施例が少ないこともあり、河川環境の再生に対する具体的な目標設定のための手法が確立しておらず、試行錯誤を繰り返しているのが現状である。

今後の河川環境整備において、まず流域規模で河川環境の保全・再生などのエリア分けを明確にすることが必要と考えられ、再生するのであれば、再生目標をどの時点のどのような状態に設定するのが重要であると考えられる。そのためには、河川の上・中・下流部それぞれでの現状を明確にし、再生目標となる河川環境の状態と対比させ、その差をいかに埋めていき、目標で掲げた状態に近づけるかが重要となっていくと思われる。また、河川本来の自然環境を、治水安全度を確保しながら河川が自発的に形成できるように再生させていくことが重要であると考えられる。

よって本研究では、河川の自然再生のための目標設定と溪畔林・河畔林の再生に関する研究として、主に溪畔林・河畔林に焦点を絞り、河川の自然再生に必要な再生目標の設定手法、河川の物理的環境要素の評価や河川の物理的な環境

要素の上に成立する溪畔林・河畔林に関する研究をおこなうことを目的とした。

本論文は全7章からなり、各章の概要は以下に示すとおりである。

第1章は、序論であり地球規模で生じている環境問題にふれ、自然再生がおこなわれるようになった経緯について概観し、河川における自然再生についての問題点を既往研究などから抽出し、本研究の目的などについて示した。

第2章では、河川の自然再生に必要な再生目標の設定に関する明確な手法が確立されていないため、再生の目標となる河川環境を、河川改修などの河川環境の改変以前の状態と位置づけ、河川改修に関係した方や改修以前から対象地域で生活していた方などへの空中写真を用いた聞き取り調査を実施した。また、ほぼ未改修な状態で残っている河川で微地形調査と植生調査を実施し、河川環境図の作成をおこなった。その結果、対象者への聞き取り調査および河川環境図の作成により、河川改修以前の河川環境が推測でき、かつ河川環境をより詳細に表現できる図が作成できるとの見解を得ることができた。

第3章は、河川の増水や洪水によって生じる攪乱の規模や頻度が異なる河川上流部（溪流）と河川下流部において、今後の自然再生の際に必要な現状の微地形とその上に成立している溪畔林や河畔林を明らかにし、それぞれの関係性を示した。ここでは、対象地において河川環境図の作成と、生育している溪畔林や河畔林の樹齢調査を実施した。その結果、河川上流部では、攪乱に伴う微地形形成が多様であり、そのためそこに生育する溪畔林も形成時期が多様であることが確認できた。また河川下流部では、河川改修によって影響を受けている微地形には、30年以下の若齢で先駆性が優占する河畔林が形成されており、一方その影響を受けていない微地形上には、40～70年の高齢の河畔林が形成していた。また、この下流部での微地形上では、かつての河畔林優占種であるハルニレなどよりヤナギ類などの現在河畔林を構成している種が定着しやすい状況になっているとの見解を得ることができた。

第4章は、河川上流部である渓流域において、溪畔林が生育するために必要となる要素の一つである溪床礫の流域全体の分布と、砂防・治山構造物が施工されている区間と構造物が施工されていない区間での分布を、手法が容易におこなえ、かつ上流から下流まで連続的に計測がおこなえる石礫指標を用いて、その分布動態を示した。その結果、構造物が施工されていない区間での礫の分布は、その地点での流水状況や地形状況などによって規定されているが、構造物が施工されている区間では、構造物設置によって礫の分布が規定されており、構造物設置による礫の流域全体での分布が損なわれてしまうとの見解を得ることができた。

第5章は、治山・砂防構造物が施工されている溪流において、構造物施工による溪畔林伐採が渓流水温に与える影響を、水温変動の大きい夏期における渓流水温に着眼点を置き、施工されている構造物と水温との関連をデータ解析により明らかにすることに関して示した。その結果、面的に施工される構造物が存在する区間では、溪畔林が伐採されることで、水面を覆う効果が低下し、水温変動に大きな影響を与えたとの見解を得ることができた。

第6章は、河畔林の再生手法として実践されている生態学的混播・混植法について、約10年間の実証過程で継続的に追跡調査を実施してきた箇所からのデータから、これまでの成果と目標とした自然に近い樹林が再生されつつあるかの評価に関して示した。その結果、多種多数の実生の同時的な定着が確認でき、先駆性樹種が早い成長と極相性樹種のゆっくりとした成長を確認することができた。

最後の第7章では、本研究の成果をまとめ、結論とした。

河川の自然再生のための目標設定と溪畔林・河畔林に関する研究

建設工学専攻 杉山 裕

中表紙

概要	II
目次	IV
第1章 序論	1
1-1. 環境問題と自然再生	2
1-2. 河川における自然再生の経緯	4
1-3. 自然再生事業の問題点	8
1-4. 研究の背景、目的、方法	10
1-5. 第1章の参考文献	12
第2章 過去の河川環境の推定と河川環境の表現手法の開発	13
2-1. 目的	14
2-2. 研究方法	15
2-3. 結果	19
2-4. 考察	25
2-5. 第2章の参考文献	26
第3章 河川環境における河川微地形と河畔林の関係	27
3-1. 目的	28
3-2. 研究対象地の概要	28
3-3. 研究方法	32
3-3-1. 河川上流部（渓流域）での調査	32
3-3-2. 河川下流部での調査	32
3-4. 結果	34
3-4-1. 薄別川での微地形調査	34
3-4-2. 薄別川での溪畔林樹齢調査	43
3-4-3. 薄別川での微地形構造別の樹齢分布	45
3-4-4. 武佐川での微地形と河畔林の関係	50
3-4-5. 発芽状況の再現試験と土壌断面調査	56
3-5. 考察	60
3-6. 第3章の参考文献	61
第4章 渓流環境の再生を目標とした溪床の大礫分布の把握	62
4-1. 目的	63
4-2. 対象渓流の概要	64
4-3. 研究方法	67
4-4. 結果	71
4-5. 考察	73
4-6. まとめ	73

4-7.	第4章の参考文献	74
第5章	溪流環境における水温と溪畔林の関係	75
5-1.	目的	76
5-2.	対象溪流の概要	76
5-3.	研究方法	78
5-4.	結果	79
5-5.	考察	87
5-6.	第5章の参考文献	88
第6章	河畔林の再生手法の成果と評価	89
6-1.	目的	90
6-2.	研究方法	91
6-3.	結果	96
6-4.	考察	101
6-5.	第6章の参考文献	102
第7章	結論	103
謝辞		107

第 1 章

序論

第 1 章 序論

1-1. 環境問題と自然再生

地球規模での環境問題は、地球温暖化・オゾン層破壊・酸性雨等の大気環境問題と、海洋汚染問題、有害廃棄物の越境移動問題、砂漠化・生物多様性の減少等の自然環境に関わる問題などが挙げられる。そのほとんどが人間の生活・生産活動によって生じてきた問題であり、現在も進行している問題である。これらの地球環境問題には、原因の特定および科学的な因果関係を明確に突き止めることが難しい点や、個々の問題が連動している点などの特徴があり、問題解決に向けて困難を極める要因となっている。

地球温暖化問題に関しては、京都で開催された気候変動枠組条約第 3 回条約国会議において、取りまとめられた京都議定書に基づき、温室効果ガスの削減を進めていくことが決定された。

また、生物多様性に関しても、国連地球環境会議において、生物多様性の保全・生物資源の持続的利用・遺伝資源の利用によって得られる公平で平等な分配を実現することも目的とした生物多様性条約が制定された。日本においても、生息する哺乳類、両生類、汽水・淡水魚類、維管束植物の 2 割強、爬虫類の 2 割弱、鳥類の 1 割強にあたる種が絶滅のおそれがあるとされている。それと共に、生物多様性も急速に失われつつある。これを受けて日本においても、平成 7 年に生物多様性国家戦略が策定され、平成 14 年に全面的な見直しがおこなわれた新・生物多様性国家戦略が策定された。

この新・生物多様性国家戦略では、日本の生物多様性の危機として、①開発や非持続的な利用、②伝統的な農業の衰退や里山・里地・森林への手入れの減少・撤退、③外来侵入種や人工化学物質による汚染など、3 つの項目が挙げられている。このような危機に対し、新・生物多様性国家戦略では、展開すべき政策の基本方向として、「保全の強化」、「持続可能な利用」、「自然再生」の 3 つの項目が定められた。このような背景の中、自然再生推進法は立法化され、施行された。

各省庁における自然再生の政策は、表 1.1 に示すように多くの省庁が自然再生に向けて政策を講じるようになってきている。

表－1.1 各省庁における自然再生の政策の概要¹⁾

省庁担当局・部・課	根拠法	対象エリア	自然再生事業に関する施策	自然再生事業の主な事例とテーマ
環境省 自然環境局・自然環境計画課	自然公園法	自然公園	新・生物多様性国家戦略、自然公園事業の内の自然再生事業	釧路湿原：湿原の復元 大台ヶ原：トウヒ林の再生 埼玉県くぬぎ山：産廃跡地の緑化と雑木林の再生
農林水産省 農林振興局・農林整備課	農地法・農業振興地域法	農地・農業振興地域	田園環境整備マスタープラン、田園棚田保全整備事業、田園自然環境保全・再生支援事業	サロベツ湿原：農業と湿原の共生 豊岡市：コウノトリの野生復帰
林野庁 森林整備部・計画課	森林法	森林	森林吸収源対策推進プラン策定事業、里山林の新たな保全・利用推進事業、国民参加の緑づくり活動推進事業、緑の回廊の設定	釧路湿原：緑の再生、緑の回廊の設定
水産庁 漁港漁場整備部・計画課	漁港漁場整備法	沿岸域	漁業圏域における地域マスタープラン、豊かな海の森づくり事業、環境創造型事業	三重県海山地域：藻場造成 愛知環瀬美地区：干潟造成
国土交通省 都市地域整備局・公園緑地課	都市計画法 都市緑地保全法	都市計画地域	緑化施設整備計画認定制度、公園緑地で進める自然づくり、緑の基本計画、都市回廊構想の推進	京都府伏見公園：水と緑のネットワーク形成、緑化施設整備計画認定制度
国土交通省 河川局・河川環境課	河川法	河川区域	河川環境整備事業のうちの自然再生事業、治水・利水と同じレベルでの河川の自然再生を考える	荒川：ビオトープの保全と生態系ネットワークの創造 松浦川：湿地環境の再生
国土交通省 河川局・砂防計画課	砂防法 地すべり等防止法	砂防指定地など	生物に配慮した砂防施設の推進、自然共生型砂防事業、流砂系の総合土砂管理による自然環境再生・創出	渡瀬川：防災と植生 六甲山山麓等都市山麓グリーンベルト整備事業
国土交通省 港湾局・環境計画室	港湾法・海岸法	港湾区域 および閉鎖性海域	港湾環境整備事業、シーブルー事業、海岸環境事業	沿岸域の干潟・藻場の保全・再生・創造

1-2. 河川における自然再生の経緯

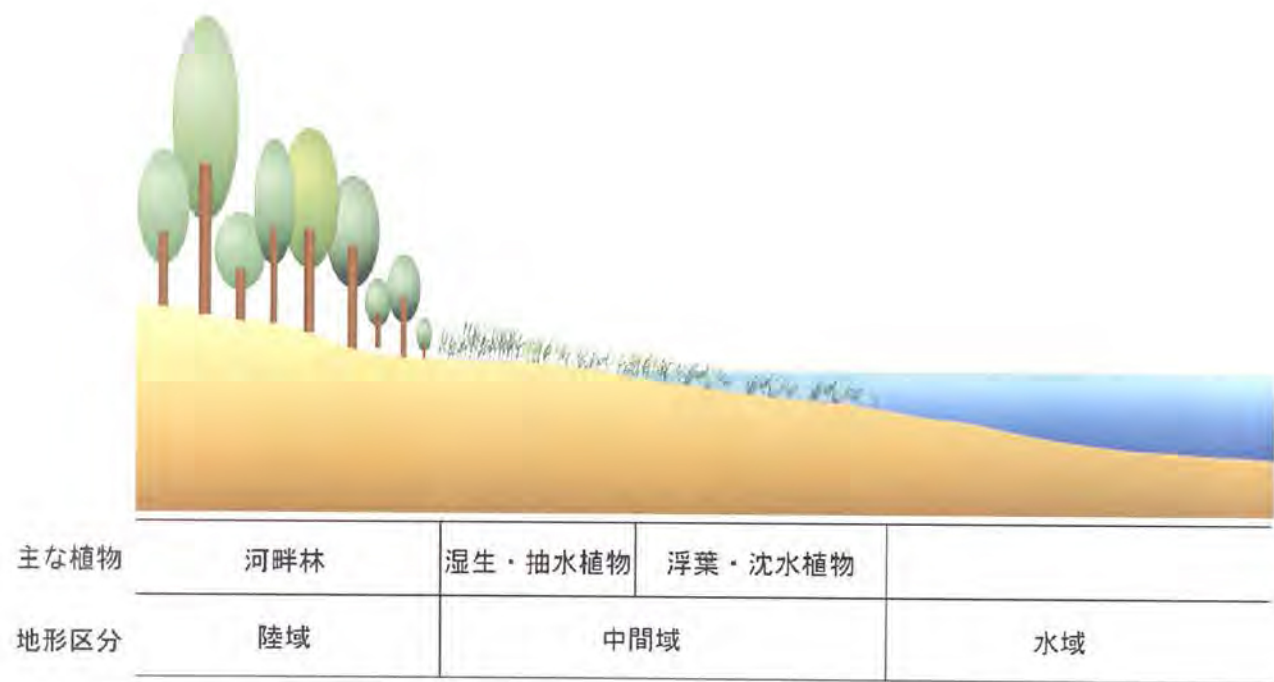
河川の自然環境は、上流から下流にかけて水域と陸域との長い境界を持っており、常に流水による影響を受けて、河川微地形が形成され、その上には溪畔林や河畔林をはじめとした生物が生育・生息してきた。その結果、河川の横断方向には、水域と陸域との移行帯（エコトーン）が形成され（図-1.1）、水域および陸域に生育・生息する生物およびそれぞれに跨り生育・生息する生物にとっての貴重な場を創出しており、また河川の縦断方向では、山から海までの生態系を繋ぐ回廊（コリドー）としても重要な役割を果たしている（図-1.2）。それぞれを構成している要素には、流水や土砂などによって構成される物理的な要素と、生物相によって構成される生物的な要素があり、それらが単独または相互的に作用することによる規制を受けることで、地域ごとに多様な河川の自然環境を創出し、生物多様性の維持に対して、大きな役割を示してきたと考えられる。このように生物にとっての貴重な環境の場であった河川では、高度経済成長期である昭和30年代に治水・利水の目的による河川事業によって、主に河川の中・下流部での河川微地形や生育していた河畔林などといった河川環境が急激に失われることとなった。

河川における自然再生は、まず河川管理に関わる法律が改定されたことが要因である。河川管理に関わる法律である河川法は、明治時代以降の治水を目的に始まり、戦後の高度成長期に急増した水需要に対応するため利水が目的に加わった。その後、水質などの環境悪化の深刻化、また地域の個性を生かした川づくりへの高まりなどを受け、平成9年に河川法が改定され、法律の目的として従来の治水・利水に加え、「河川環境の整備と保全」が位置づけられるとともに、河川整備基本方針と河川整備計画という新しい計画制度が導入され、その上河川整備計画の策定にあたっては地方公共団体の長や、地域住民等の意見を反映する手続きが導入された。また平成15年1月より、過去に損なわれた生態系その他の自然環境を取り戻すことを目的とした自然再生推進法が施行された。この法律は、我が国の生物多様性の保全にとって重要な役割を担うものであり、地域の多様な主体の参加により、河川、湿原、干潟、藻場、里山、里地、森林、サンゴ礁などの自然環境を保全、再生、創出、又は維持管理することを目的としている²⁾。

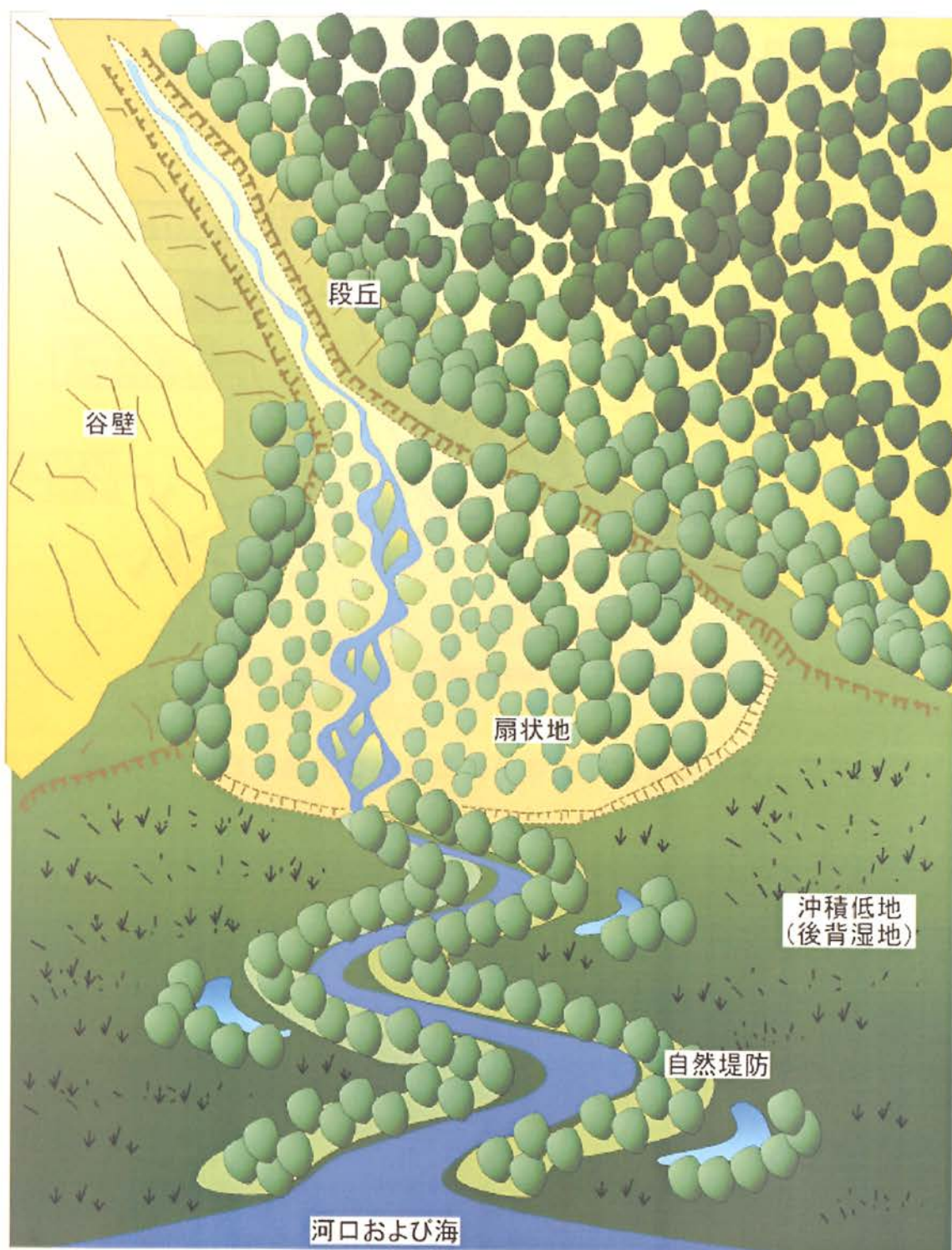
この自然再生推進法が施行されてから、日本各地において、都市公園・緑地事業、河川事業、港湾事業等の所管事業を通じて、湿地の再生、蛇行河川の復元、干潟・藻場の保全・再生、樹林地や里山の保全・再生など様々な自然再生に関する取り組みがおこなわれている。

各省庁の事業制度においても、環境省では、自然再生事業、ふるさと自然再生事業を平成14年度から開始している。国土交通省では、自然再生緑地整備事業及び自然再生事業を平成14年度から開始するとともに、平成15年度から海域環境創造・自然再生事業（平成14年度までは海域環境創造事業）を開始している。これらの事業制度を活用しながら、河川、湿原、干潟、藻場、里地、里山、森林

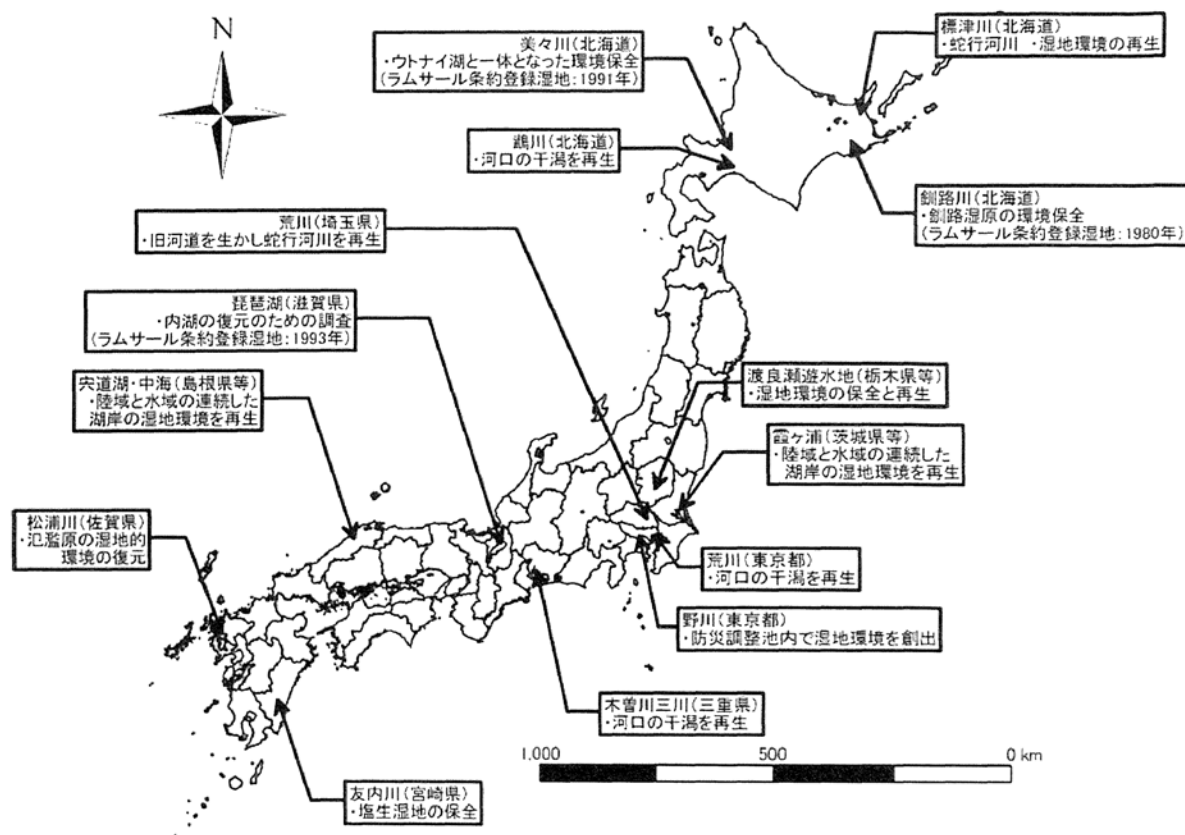
等 124 か所（平成 16 年 3 月現在）で自然再生のための調査や事業を実施している²⁾。河川では旧河道を活かし、蛇行河道を再生することや、河畔林の再生を試みている埼玉県荒川や北海道標津町の標津川などがある。また湿地の再生としては、流域の経済活動の拡大等に伴い、湿原の面積が著しく減少したことから、長期的な目標としてはラムサール条約登録当時（昭和 55 年）の環境への回復を目指している釧路湿原などがあり、全国的に広まりつつある（図－1.3）。



図－1.1 水陸移行帯（エコトーン）の模式図（ 1）に一部加筆）



図－1.2 河川の自然環境の模式図



図－1.3 日本国内での自然再生事業実施箇所（主に河川）

1-3. 自然再生事業の問題点

現在、全国各地でおこなわれている自然再生事業では、「自然再生に関わる施策を総合的に推進し、生物の多様性の確保を通じて自然と共生する社会の実現を図り、合わせて地球環境の保全に寄与すること」を目的としている。ここでいう「自然再生」とは、過去に損なわれた生態系その他の自然環境を取り戻すことを目的として、地域の多様な主体が参加し、自然環境を保全・再生・創出・維持管理することを指し、開発行為の代償処置ではないことが自然再生基本方針に明記されている。

自然再生事業は、上記で示しているような自然再生推進法の目的の中心として進められているが、前例がない事業であるだけに、試行錯誤の段階にある。以下の4つの項目が顕著な問題点として挙げられる³⁾。

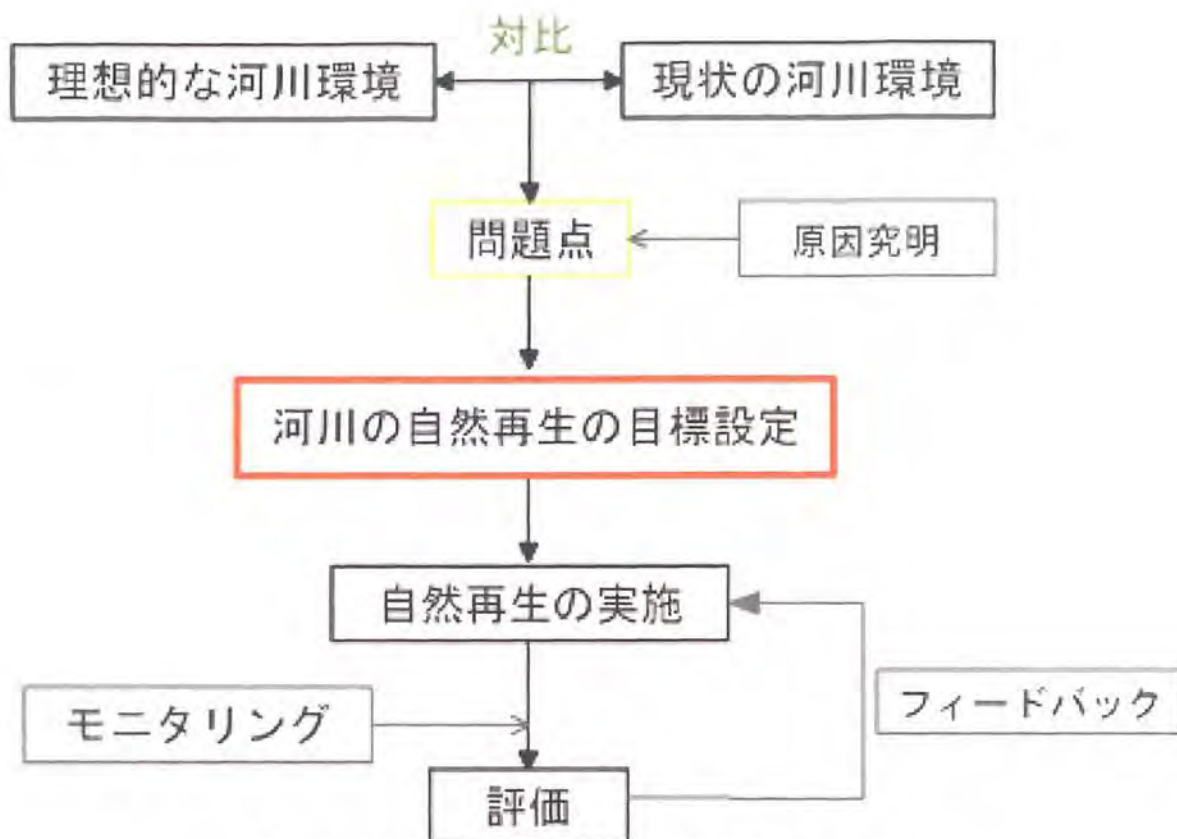
①自然再生事業の目的やその事業の必要性について、科学的な検討を経ないまま事業の実施が決定され、事業対象地の選定がおこなわれていることが多い。

②自然再生事業は、何らかの形で自然環境の悪化が見られるものの、今なお良好な自然が残されている場所で実施されている場合が少なくない。このような場所での事業の実施に際しては、事前の環境評価がおこなわれるべきであるが、「過去に損なわれた環境を復元する」という理念にとらわれて、現存する生物に対する現状把握がおろそかになっている傾向がある。

③自然再生事業の目標設定、影響評価、実施計画の立案にあたっては、生態学者をはじめとする多様な分野の専門家の参加が不可欠であるが、多くの場合、一部の分野の少数の専門家の参加にとどまっているのが現状である。

④自然再生推進法は、順応的管理を推奨しているのにもかかわらず、従来型の硬直的な事業にとどまり、順応的管理に必要な柔軟な体制が整っていない場合が存在する。

とくに河川における自然再生事業では、河川環境の現状評価をする際に、絶滅危惧種をはじめとする植物や動物などの生物相を中心に、その個体群の把握をすることのみで評価をしていることが多く、生育および立地している物理的な環境（水の流れの変動や土砂堆積などの地形など）の川そのものが持つ環境まで含めていないことが多いと思われる。本来、そのような生物相は、物理的な環境の下に成立するものなので、まずは物理的な環境を十分に把握してから、絶滅危惧種等を含む生物相全体の評価をするべきだと考えられる。そして、物理的な環境要素と生物相との相互関係を見出すことが、河川環境の現状評価および再生させるための目標を設定に繋がると考えられる（図-1.4）。



図－1.4 河川における自然再生のフロー

1-4. 研究の目的、方法

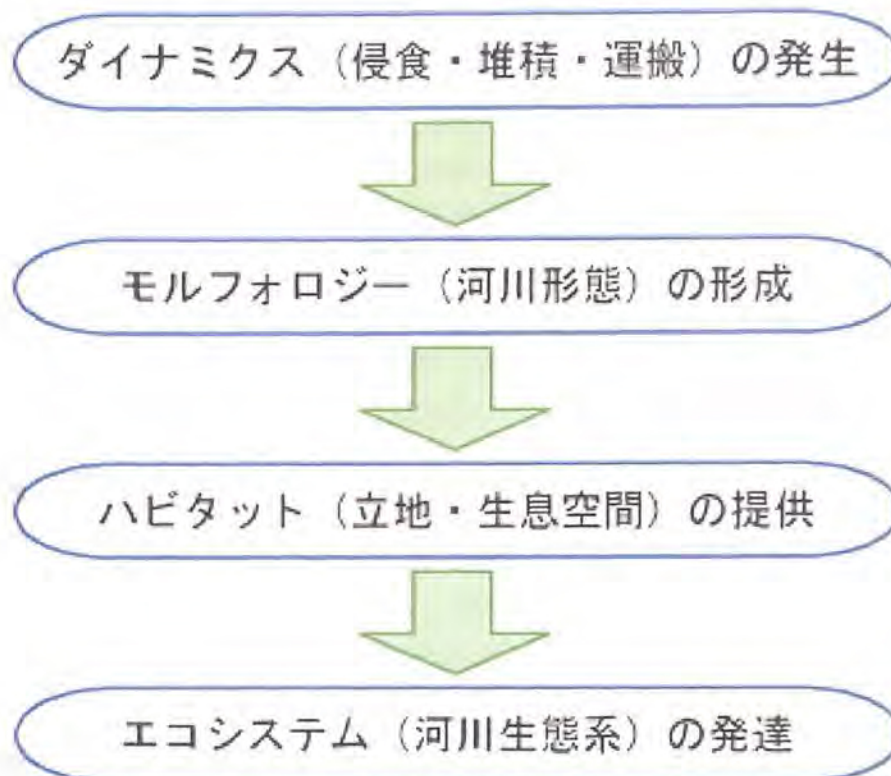
河川においても自然再生がおこなわれるようになってきたが、従来の河川改修によって生じる河川環境の問題点として、構造物による魚類をはじめとする水生生物の移動障害⁵⁾、河道内における瀬-淵構造の消失⁶⁾、河川微地形の単調化や河川改修に伴う水温変動⁷⁾、蛇行流路の直線化や宅地・用地確保のために、大部分の原生的な河畔林の消滅⁷⁾などが研究により明らかになっている。また河川環境の再生に関しては、平成4年より実施されている「河川水辺の国勢調査」データを活用し河川環境の再生に活用させる研究⁸⁾、⁹⁾や自然再生事業がおこなわれている地区での事例研究¹⁰⁾、¹¹⁾、¹²⁾などがおこなわれている。

今後の河川環境整備において、流域規模で河川環境の保全・再生・放置などのエリア分けを明確にすることが必要と考えられ、再生するのであれば、河川の上・中・下流部それぞれでの現状を明確にし、理想的な河川環境の状態と対比させ、その差をいかに埋めていくかを考えていくのが重要となっていくと思われる¹³⁾。そして、図-1.5に示すような河川本来の自然環境を、治水安全度を確保しながら一連のサイクルを河川が自発的におこなえるように再生させていくことが重要であると考えられる。また図-1.5で示した河川環境には、表-1.2で示すような、物理的および生物的環境要素があり、それらの単独作用や相互作用などの規定をうけることにより、地域ごとに多様な河川環境を創出してきたと考えられる。そのため、画一的な整備ではなく、細部にまで対象となる河川の特徴が生かされるような河川環境整備がおこなわれていく必要がある。

よって本研究では、河川の自然再生のための目標設定と溪畔林・河畔林の再生に関する研究として、河川の自然再生に必要な再生目標の設定手法に関すること、河川の物理的環境要素の評価や河川の物理的な環境要素の上に成立する生物的環境要素に関しての研究をおこなうことを目的とした。

しかし、河川環境といっても上記で示しているように、河川環境を構成する要素が多岐に渡り、時間的な制約条件もでてくるため、本研究の方法としては、まず河川の環境を、図-1.5に示すように水の流れや土砂移動および堆積などをはじめとする物理的環境要素と、生物相の種数や個体数などをはじめとする生物的環境要素から、河床材料・河川微地形・樹木（溪畔林・河畔林）の大きく分けて3つの項目に絞り、研究をおこなった。まず第2章では、河川の自然再生の目標像となる河川改修などの河川環境の改変以前の状態を推定する手法および現在の状態を表現する手法の開発に関して研究をおこなった。第3章では、土砂移動の規模や頻度が異なる溪流と河川における溪畔林および河畔林の成立の仕方の違いに関しての研究をおこなう。第4章では、渓流域などの河川上流部において、溪畔林の生育が生育する上で関係してくる土砂移動によって生じる大礫の分布の把握に関して研究をおこなった。第5章では、治山・砂防構造物が施工されている溪流において、水温変動の大きい夏期における渓流水温に着眼点を置き、施工されている治山・砂防構造物との関連をデータ解析により明らかにすることに

関して研究をおこなう。第6章では、消失した河畔林の再生手法である生態学的混播・混植法の成果と評価に関して研究をおこなう。



図－1.5 河川本来の自然環境

表－1.2 河川環境における様々な要素

河川環境	物理的な要素	生物的な要素
ダイナミクス（侵食・堆積・運搬）	気象条件, 土壌成分, 洪水規模, 洪水頻度, 河床勾配, 土砂粒径など	-
モルフォロジー（河川形態）	河道, 河川微地形, 河床材料, 流量, 地下浸透能など	-
ハビタット（立地・生息空間）	河川微地形, 倒流木, 河床材料など	植物・魚類・底生動物などの種数, 個体数など
エコシステム（河川生態系）	物理的環境要素と生物的環境要素の相互作用など	

1-5. 第1章の参考文献

- 1) NPO 法人自然環境復元協会編：環境再生医－環境の世紀の新しい人材育成を目ざして－，株式会社環境新聞社，p.65-127，2005.
- 2) 環境省：環境白書平成17年版，ぎょうせい，p.129-153，2005.
- 3) 松田裕之ほか：自然再生事業指針，保全生態学研究，10，p.63-75，2005.
- 4) 中村太士：河川・湿地における自然復元の考え方と調査・計画論－釧路湿原および標津川における湿地・氾濫原・蛇行流路の復元を事例として－，応用生態工学，Vol.5，No.2，p.217-232，2003.
- 5) 竹門康弘：溪流における水生昆虫の棲み場所保全，砂防学会誌，Vol.50，No.1，p.52-60，1997.
- 6) 太田猛彦・高橋剛一郎編：溪流生態砂防学，東京大学出版会，238p，1999.
- 7) 玉井信行・水野信彦・中村俊六編：河川生態環境工学－魚類生態と河川計画－，東京大学出版会，304p，1993.
- 8) 佐々木寧：「河川水辺の国勢調査」調査データを検証する，日本生態学会誌，54，p.183-187，2004.
- 9) 赤松弘治：河川の環境整備における活用事例－淀川水系猪名川における取り組み－，日本生態学会誌，54，p.189-195，2004.
- 10) 杉本亨・榎木敦・関岡裕明：淀川における河川高水敷の切下げに伴う河辺植生の再生，日本緑化工学会誌，31（1），p.190-193，2005.
- 11) 中村太士・中村隆俊・渡辺修・山田浩之・仲川泰則・金子正美・吉村暢彦・渡辺綱男：釧路湿原の現状と自然再生事業の概要，保全生態学研究，8，p.129-143，2003.
- 12) 中野大助・布川雅典・中村太士：再蛇行化に伴う底生動物群集の組成と分布の変化，応用生態工学，Vol.7 No.2，p.173-186，2005.
- 13) 山脇正俊：近自然学－自然と我々の豊かさとの共生・持続のために－，山海堂，p.35-48，2004.

第 2 章

過去の河川環境の推定と 河川環境の表現手法の開発

第2章 過去の河川環境の推定と河川環境の表現方法の開発

2-1. 目的

平成9年度の河川法の改正以後、河川整備の目的に従来の治水・利水の他に環境が位置づけられ、それぞれについての整備計画の検討が行われている。しかし、現在までおこなわれている整備計画の多くは、河川環境を現状より悪化させないことを目標としているところが多く、河川整備計画に伴う調査も、現状の河川環境や生物相、生態系把握にとどまっていることが多い。

標津川で計画されている蛇行復元を含めた自然再生事業は、現状の河川環境を維持・保全するだけでなく、直線化される以前の河川環境を再生することを目標としている。このためには、目標とする河川環境の状態を明確に設定し、現状との差を明らかにしてその差を埋めていく具体的な方法を構築する必要がある¹⁾。過去の河川環境の状態を推定する方法としては、古い地図（地形図や米軍が撮影した空中写真）からの判読や町史などの資料収集等から情報をまとめることが効果的であると考えられる。また標津川流域には、古くからこの地域に在住されている方々から昔の情報を聞き取りすることも有効であると考えた。

そこで、本研究では、河川環境の復元目標を直線化の直前の時期に置き、昭和20年代の古い空中写真を利用し、古くから地域に在住していた地元住民や当時の河川事業の関係者への聞き取り調査を実施した。また自然再生事業をおこなう際に、再生目標などの具体的な戦略を立てる上で合意形成が必要となる。それには、対象とする箇所を河川環境をより詳細に表現し、提示することが必要であると考えられる。そこで、河川環境を視覚的にわかりやすく表現する方法の提案もおこなった。そして、近郊に存在する河川改修があまりおこなわれていない当幌川において、微地形調査および植生調査をおこなった。以上の結果をまとめることにより、過去の河川環境の推定と河川環境の表現手法の開発を試みた。

2-2. 研究方法

地元住民や河川事業の関係者への聞き取り調査

過去の河川環境の状況を明らかにするため、現地において聞き取り調査を行った。聞き取り調査の対象は、標津川の直線化などの改修工事がおこなわれる以前から標津川流域に在住していた方々で、直線化以前に入植した農家、直線化工事に携わった河川工事の関係者、標津川で川漁を行っていた住民等である。対象者の分布は、図－2.1 に示した。

聞き取りは、直接対象者を訪問し、昭和 22・27 年に撮影された空中写真を見せながら当時の状況を聞き取り記録した(図－2.2)。聞き取りの項目は、表－2.1 に示した項目である。

河川環境の表現方法の提案

河川環境（主に微地形と植生状況）を視覚的に分かりやすく表現するために、現地にてクリノコンパスを用いた平板測量をおこない、地形状況や河道状況を詳細に記録し、河畔林の生長度合いをスケッチした平面図を作成した。また 5m×5m の帯状区を設定し、それに沿って水準測量をおこない、断面図を作成した。さらに帯状区内に生育している木本類を対象として、生育位置と樹高・樹幹・樹冠を計測し、作成した断面図上にスケッチした。作成した平面図と断面図をパソコンで処理を加え、河川環境平面図および河川環境断面図を作成した。

標津川 昭和22・27年



標津川 平成7年

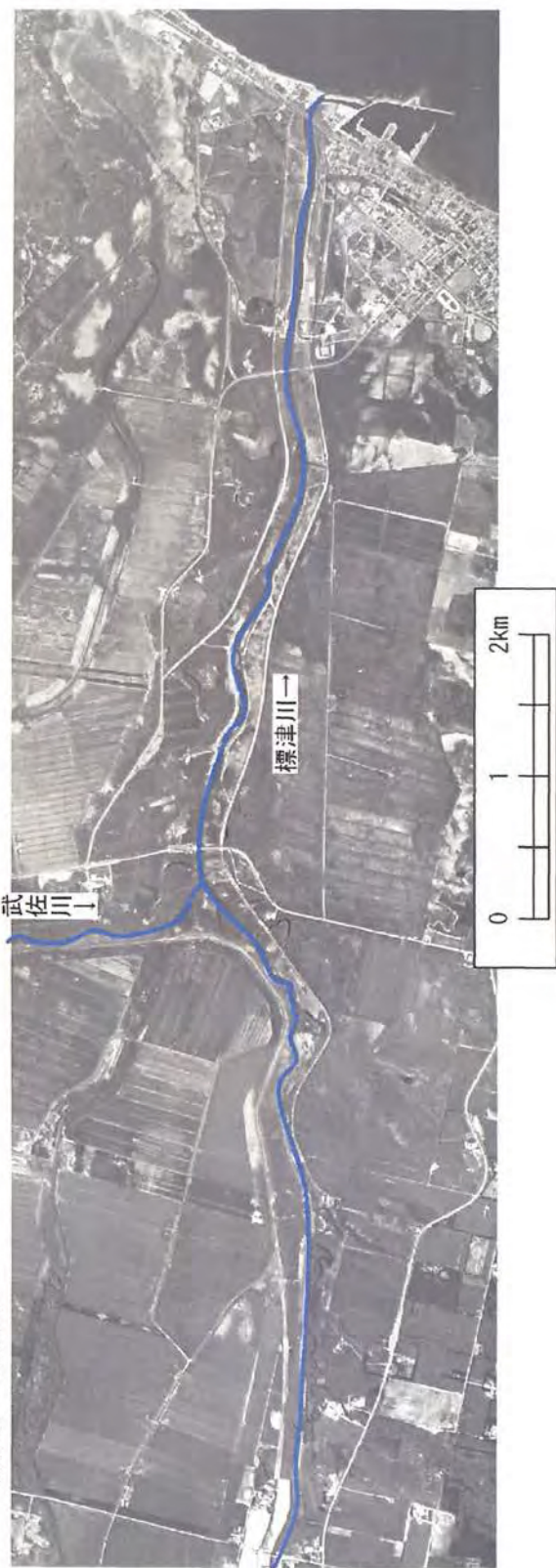


図-2.2 聞き取り調査に使用した空中写真（昭和20年代）と最近（平成7年）の空中写真

表-2.1 標津川および武佐川流域住民への聞き取り調査項目

○対象者

- ・名前、性別、年齢
- ・居住地区、河川名
- ・居住期間
- ・今まで経験した災害は、どのような災害だったか
- ・改修以前の河川の様子はどうか（写真やスケッチを借りることが出来たら借りたい）

○森（樹木）に関して

- ・改修以前での樹木の分布状況（数量、種類）
- ・改修以後での樹木の分布状況（数量、種類）
- ・今現在減少しているのであれば、考えられる原因

○川に関して

- ・改修以前での水量・水質（にごりなど）の状況
- ・改修以後での水量・水質（にごりなど）の状況
- ・今現在減少または悪化しているのであれば、考えられる原因

○魚に関して

- ・改修以前での魚の分布状況（数量、サイズ、種類）
- ・改修以前での魚の分布状況（数量、サイズ、種類）
- ・今現在減少しているのであれば、考えられる原因

○陸上生物に関して

- ・改修以前での陸上生物の分布状況（数量、種類）
- ・改修以後での陸上生物の分布状況（数量、種類）
- ・今現在減少しているのであれば、考えられる原因

○再蛇行化（河川環境復元）活動に関して

- ・今現在、標津川において再蛇行化（河川環境の復元）に向けての活動が行われてきているが、そのことを知っているかどうか
- ・知っているのであれば、その活動をどう考えているか
- ・再蛇行化後、どのように河川環境を回復していけばいいか、またどのように利用していきたいか（要望など）

2-3. 結果

聞き取り調査結果

聞き取り調査の結果、①河畔林、②魚類、③陸上動物、④後背湿地の植生について、以下のような証言が得られた。そのほかの聞き取り項目についても、表 2.2 にまとめた。

①河畔林

河畔林の生育場所となる河川微地形は、流水部脇に土砂の堆積によって形成される自然堤防、その背後に後背湿地といった形状が、この流域で形成されていた。現在、一部の旧川周辺に残されているハルニレやヤチダモの河畔林が、当時は、ほぼ自然堤防の全域を覆っていた。河岸部の樹木は、根元が洗掘されて水面に倒れ込み、カバーを形成しているものも多かった。主な樹種は、ハルニレ、ヤチダモ、ハシドイ、オニグルミなどであり、後背湿地との境目には、ヤナギ類、シラカンバ、ケヤマハンノキもみられたが、これらは樹高も低く、20 年程度で枯死した。後背湿地にはハンノキ、丘陵部にはミズナラが多かった。自然堤防の樹林は、大正時代から伐採を受けており、直線化以前に 3 回以上伐採を受け、木材は、船で中標津まで運ばれた。

②魚類

サケ科魚類であるサクラマス（ヤマベ）、サケ、イトウが特に多かった。サクラマスについては、幼魚であるヤマベを釣り、焼き乾しにして売る専門の漁師が複数存在した。サケについては、上流部にも水面を埋め尽くすほど遡上した。また、イトウは、蛇行部の淵に必ず生息し、普通 60～70cm 程度で、大きなものでは体長 1.5～2.0m のものがいた。直線化の時に旧川に取り残されたイトウがしばらく生息していた。

③陸上動物

直線化される以前の蛇行区間にヒグマが生息していた。河畔林の中のハルニレの大木にはシマフクロウが営巣していた。また、北海道では、現在、絶滅したと考えられているカワウソが当時生息していた。

④後背湿地の植生

湿原には、ヨシが少なく、ガンコウラン、ヒメシャクナゲ、イソツツジ、コケモモなどの低木が多かった。

表-2.2 聞き取り調査結果一覧

No.	居住区域	入植時期・居住開始時期	樹木		河川			魚類	陸上動物
			樹種	水害	水量	水害(溺亡など) 降雨時のみ溺る程度	魚種		
1	共成	大正	丘の上(ミズナラ)、川の近く(ハルニレ、ヤチダモ、ヤマハギ)。現在はヤナギ類が多い。	なかった(標準川での)	減った		イトウ、サケ、サクラマス	生活区域で見かけたことがある	ヒグマ
2	共成	大正3年	ハルニレ、ヤチダモ。本流(ヤチダモ、ハルニレ、ヤナギ類、ハンノキ、シラカンバ)	あった(融雪時期の水害が多かった)10年に一回まで	減った		サクラマス、カワガレイ、モクズガニ、イトウ、アメマス、ヤマメウナギ		ヒグマ、エゾシカ、キタキツネ、ユキウサギ、カワウサ、イタチ、オオワシ、シマフクロウ、エゾフクロウ、ミヤマカラス
3	川北	昭和34年	バコヤナギ、ハジドイ、ヤチダモ	あった(大雨時期の水害が多かった)	減った		サクラマス、イトウ		
4	義老牛	昭和22年	ミズナラ、シラカンバ	なかった	減った		サクラマス、イトウ、オシロコマ		ヒグマ、ユキウサギ、キタキツネ、エゾシカ
5	義老牛	昭和4年	ミズナラ、シラカンバ、ハルニレ、ハンノキ	あった(2回ほど融雪洪水があった)	減った	特になし	サクラマス、ニジマス、オシロコマ		ユキウサギ、キタキツネ、エゾシカ
6	俣落		ハンノキ、ハルニレ	あった	減った		サクラマス、サケ		
7	計根別		ニレ、ヤチダモ、ミズナラ、カシワ、ケヤマ、ハンノキ、ハンノキ、シラカンバ				イトウ、サクラマス、サケ		ユキウサギ
8	東武佐	昭和37年	ミズナラ、シラカンバ、マツ類、イヌエンジュ	あった	減った	一時期上流にでんぶん工場があって、そのために水質が悪化し、時期があった。	オシロコマ、サケ、アカイラ		ユキウサギ、キタキツネ、ノネズミ類
9	開陽	大正10年	ミズナラ		減った		サクラマス、イトウ、サケ、イトウ		ユキウサギ
10	川北		ハンノキ、ハルニレ、ヤチダモ、ヤマハギ	あった(融雪時と大雨時に水が流された)	減った		イトウ、サケ、サクラマス(專業の漁師がいた)		ヒグマ、シマフクロウ、エゾシカ、ユキウサギ
11			合流点上流(ヤチダモ、シラカンバ、オニグルミ、ハジドイ、ツリバナ、ケヤマハ)、ハンノキ、ハルニレ、ヤチダモ。合流点下流(ヤチダモ、ハルニレ、オニグルミ、ケヤマハ、ハンノキ)				イトウ(60から70cm、最大140cm)		ヒグマ(多かった)

河川環境図（平面図・断面図）の作成

河川改修がほとんどおこなわれていない当幌川において、河川環境図を作成した。その結果を図-2.3～2.5に示す。

当幌川での河道状況は、自然の蛇行が現在でも残存し、蛇行に伴う瀬と淵が見られた。また、流路の周辺には、土砂の堆積によって形成される自然堤防部が見られた。植生状況は、自然堤防上には河畔林が繁茂し、河畔林の上層にはこの地域のかつての河畔林構成種である樹高 25m 程度のハルニレが優占して生育しており、下層には樹高 3m 程度のハシドイが多く見られ、ホザキシモツケやミヤコザザが林床を覆っていた。また、河岸部には、エゾノウワミズザクラ、ケヤマハンノキやキハダなどが見られ、林内の凹地には、ヤチダモが見られ、河畔林および河川微地形とも人為的な影響を受けない状態で現在も残っている状態となっていた。

当幌川（寿橋上流） 河川環境平面図

樹種名	記号
エゾノワウミズザクラ	P _a
キハダ	P _a
ケヤマハンノキ	P _a
ツリハナ	E _o
ハシトイ	S _r
ハルニレ	U _d
ヤチダモ	F _m



図-2.3 作成した河川環境平面図

当幌川（寿橋上流）P-1 河川環境断面図

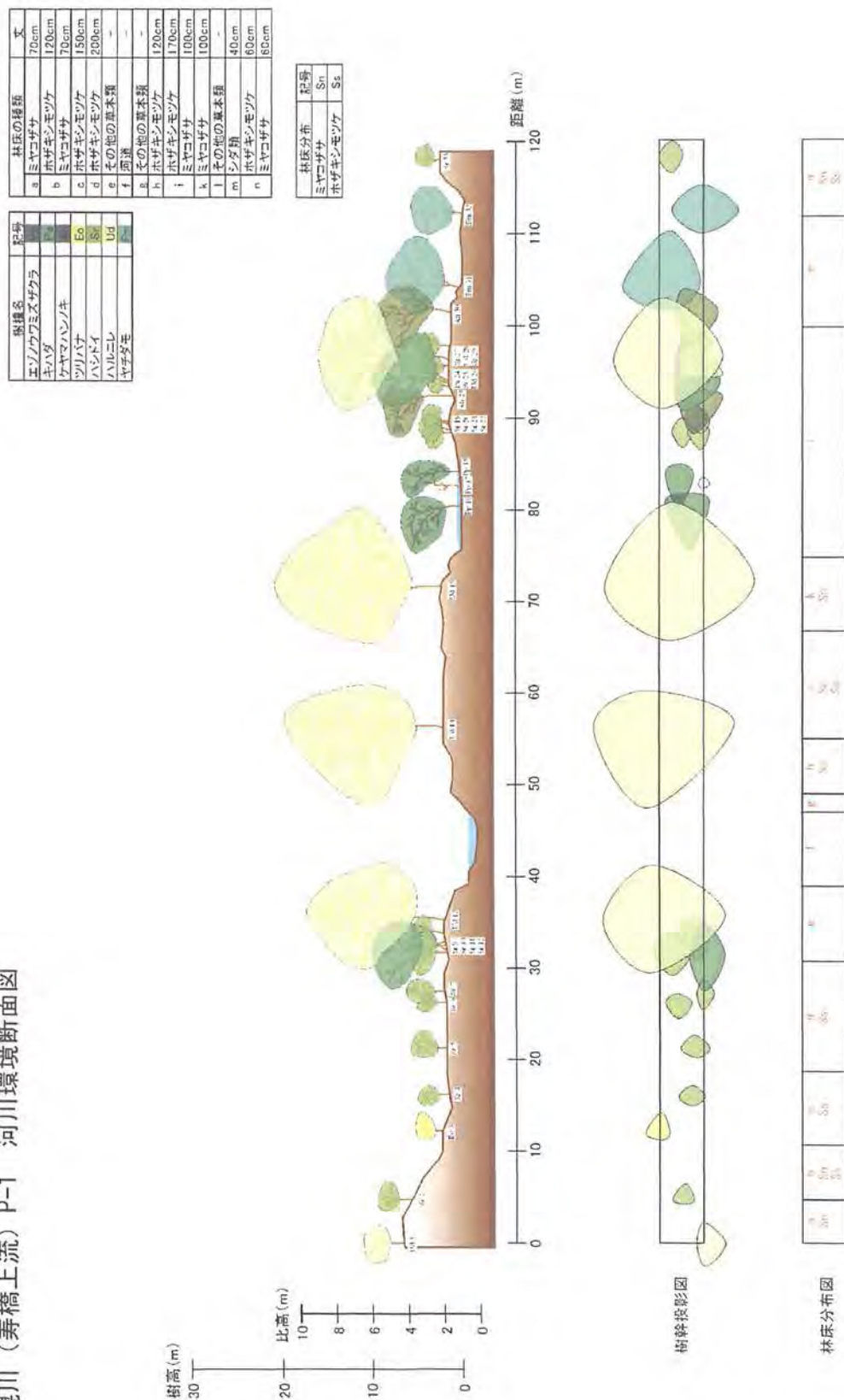


図-2.4 作成した河川環境断面図 (1)

当幌川（寿橋上流）P-2 河川環境断面図

樹種名	記号	林床の種類	寸
エゾマツミズザクラ	■	河床	—
ヤマハシノキ	■	ミヤコザサ	30cm
ハシドイ	■	ホザキシモツケ	120cm
ハルニレ	■	ミヤコザサ	30cm
	■	ホザキシモツケ	150cm
	■	ミヤコザサ	30cm
	■	その他の草本類	—
	■	ホザキシモツケ	160cm

林床分布	記号
ミヤコザサ	Sn
ホザキシモツケ	Ss

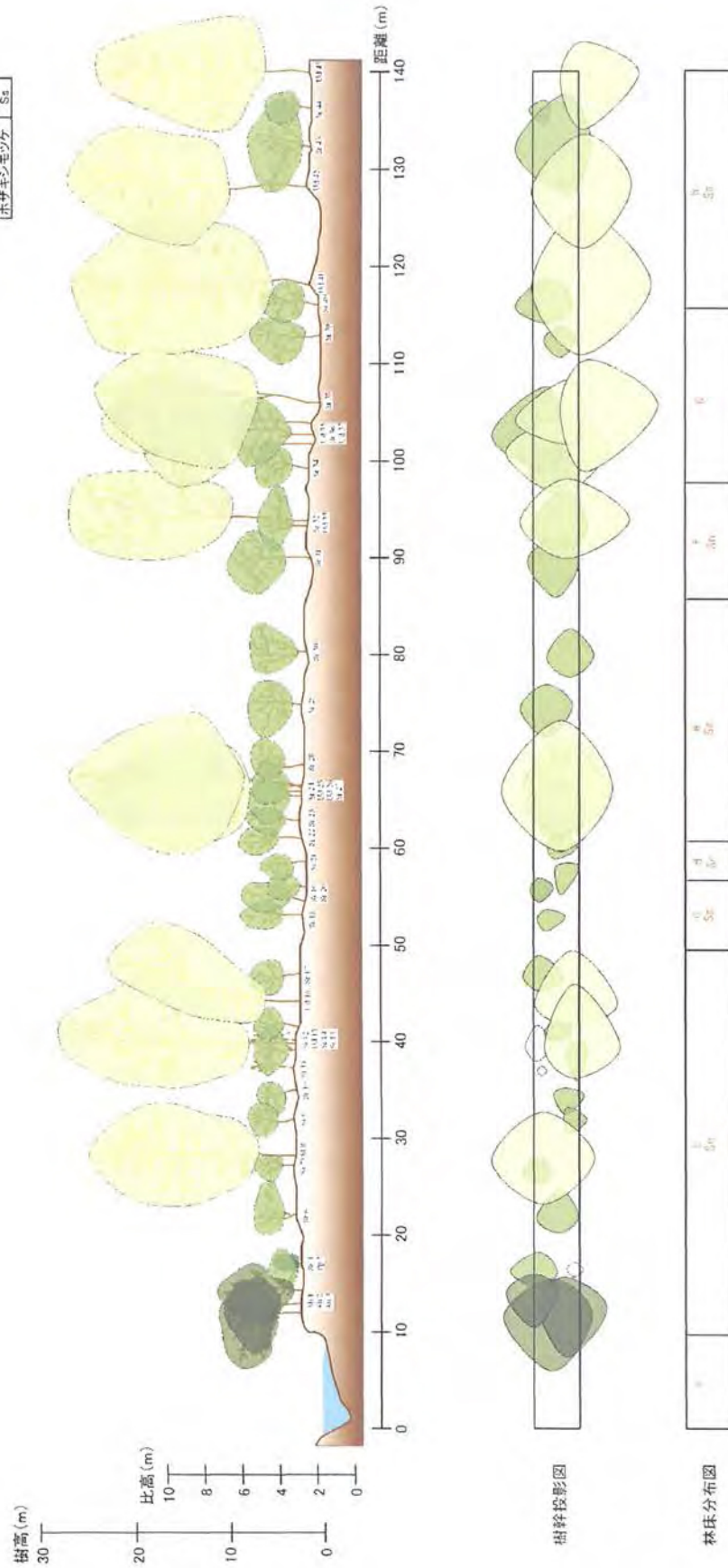


図-2.5 作成した河川環境断面図 (2)

2-4. 考察

今回おこなった聞き取り調査および河川環境図の作成で、以下のことが明らかになった。聞き取り調査に使用した直線化以前の昭和 20 年代の空中写真（米軍写真）から、河口の一部ではすでに直線化工事がおこなわれているが、それ以外の河道には蛇行流路が残っていた。また聞き取り調査により、当時の河川環境（とくに魚類、陸上動物や植生などの生物相）を直接知る人たちから具体的な情報を得ることができた。さらに河川改修がほとんどおこなわれていない当幌川の調査より、蛇行流路が存在することによって形成される河川微地形とその上に成立している河畔林等の河川形態が把握することができた。以上をまとめると、河川改修以前には、蛇行流路が形成されていて、その下に形成されていた微地形と河畔林の状況は、流域規模などが異なることがあるが、低平地帯を流れる河川においては、図-2.6 に示すような河川微地形と河畔林の状態であったと考えられる。すなわち、直線化以前（昭和 20 年代）の標津川は、人為的な影響を多少受けてはいたが、北海道の原始の姿を彷彿とさせる河川環境であったことが推察された。

聞き取り調査をおこなうことにより河川環境の再生に関する情報が得られるのは、北海道の場合、原始に近い状態に人為的な影響が加わった時代は比較的新しく、原始に近い状態を知る人々が今なお健在なためである。しかし、今回の調査でも、多くの情報を持ちながら最近他界された方も多く、原始に近い状態を知る人々の高齢化が進んでいることが明らかとなった。このことから、他の河川でも至急取りかかるべきだと考えられる。

河川環境の表現方法として、河川環境平面図と河川環境断面図の作成をおこなったが、河道や繁茂している河畔林の状況などを詳細に記録することで、視覚的にわかりやすい図を作成することができたと考えられる。また河川環境を図化する方法として、河川環境情報図²⁾を作成する試みや調査データ等を河川 GIS に構築^{3), 4)}することがおこなわれてきているが、これらでは、作成手段として航空写真を利用することから、かなり広範囲での作図が可能であるが、数十 m 程度の微地形を表現することは、その作成手順からすると困難であると考えられる。よって、今回作成した河川環境図も併用することによって、大小さまざまなスケールでの河川環境の表現が可能であると考えられる。

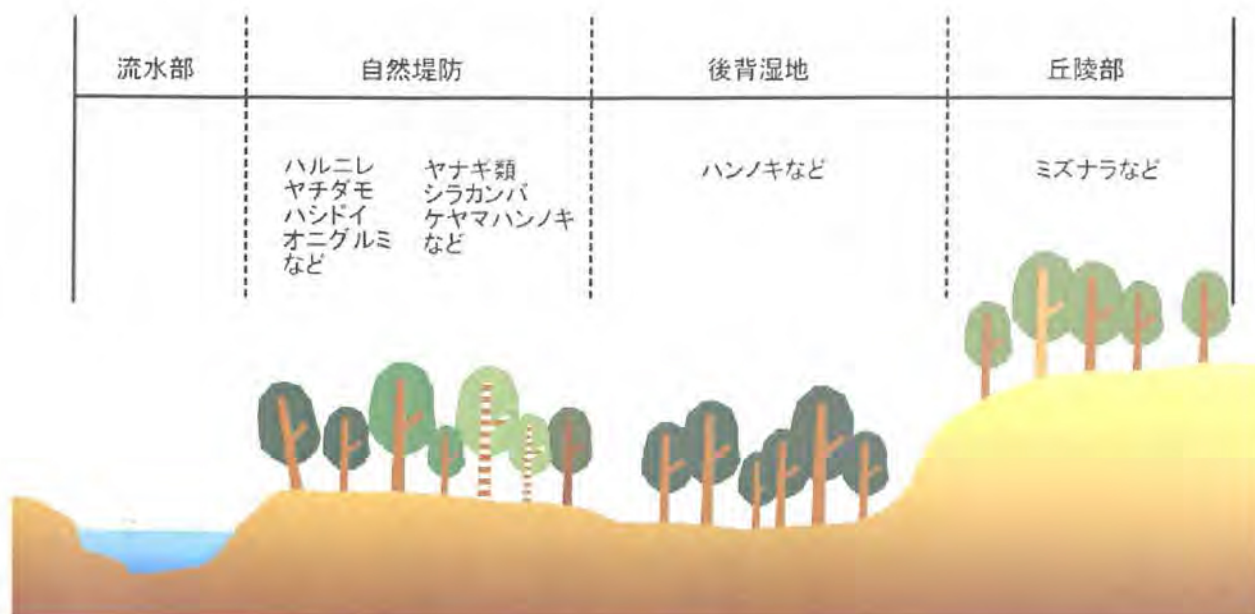


図-2.6 過去の河畔林の形成状況（推定）

2-5. 第2章の参考文献

- 1) 山脇正俊：近自然学－自然と我々の豊かさとの共生・持続のために－，山海堂，p.35-48，2004.
- 2) 宮武晃司：これまでの河川環境保全の取組み－多自然型川づくりのこれまでとこれから－，土木技術，Vol.57，No.8，p.30-35，2002.
- 3) 森吉尚：河川環境 GIS の開発および河川環境情報図の活用，土木技術，Vol.57，No.8，p.93-97，2002.
- 4) 佐藤寿延：河川環境 GIS の導入，土木技術，Vol.57，No.9，p.77-85，2002.

第 3 章

溪流環境の再生を目標とした 溪床の大礫分布の把握

第3章 河川環境における微地形と河畔林の関係

3-1. 目的

河川や溪流では、浸食や堆積による砂礫の移動や山腹斜面の崩壊による土砂の供給など、様々な頻度・サイズ・強度の攪乱現象が生じている¹⁾。そしてこれらの攪乱によって、生じた複雑な地形が河畔林や溪畔林を成立させ、その動態に大きな影響を与えている²⁾。これらの攪乱が大規模に発生すると、土砂災害に繋がるため、様々な形で対策工事がおこなわれてきた。そのことによって、攪乱による土砂災害は減少したが、それに伴い微地形構造の単純化を招き、複雑な微地形構造の上に生育していた溪畔林や河畔林の多様性が消失してきた。

治山・砂防事業がおこなわれる溪流や河川事業がおこなわれる河川において、微地形やその上に成立する河畔林の現状を把握することは、治山・砂防事業および河川事業によって失われる河畔林への被害の軽減や、溪畔林や河畔林の再生をしていく上でも、大変に重要であると考えられる。よって本研究では、攪乱現象の異なる河川上流部（溪流）と河川下流部において、微地形とその上に成立している溪畔林や河畔林の関係性を把握することを目的とした。

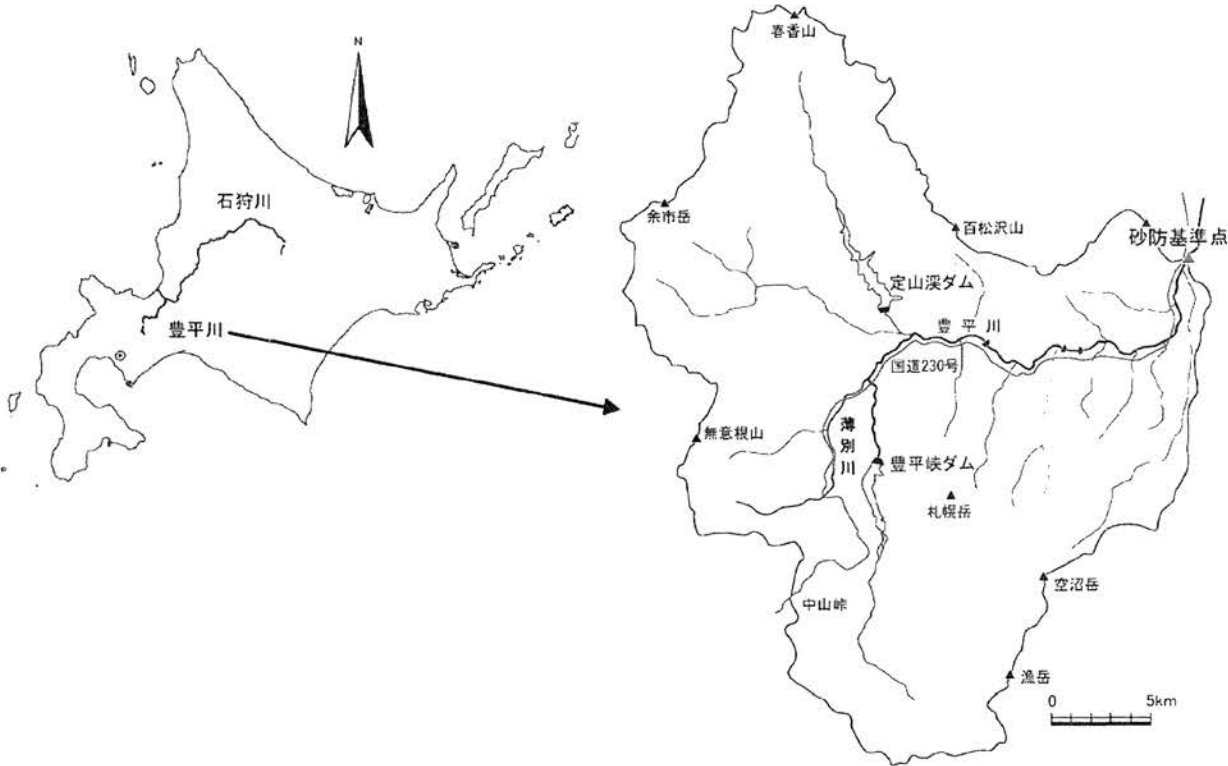
3-2. 研究対象地の概要

研究対象地は、河川上流部として、北海道札幌市南区を流れる石狩川水系豊平川支流の薄別川とした（図-3.1）。

薄別川は、喜茂別岳（標高 1176.9m）と中岳（標高 1387.8m）を繋ぐ尾根の東斜面に源を発し、北西に流下して札幌市定山溪の市街地付近で豊平川と合流する溪流である。源流の尾根付近には比較的起伏の少ない平坦面が存在し、この平坦面の縁を境に急峻な斜面となっている。この斜面には、多数の地すべり地形が発達している。尾根付近の平坦面に続く急崖は、地すべりの滑落崖となっており、ところが多い。平坦面を形成する地質は、鮮新世の倶知安層群の安山岩溶岩・火砕岩から構成されており、これらがキャップブロック構造をなし、この下位に新第三紀中新世の定山溪層群が分布している³⁾。流域のほぼ全域は国有林であり、また、支笏洞爺国立公園の普通地域に指定されている。一帯の森林は、針広混交林からなる比較的人手の入っていない自然林である。溪流は基本的に自然の状態が保たれているが、豊平川合流点から約 2.5km 付近には落差工が、また、無意根大橋の下流約 1km 付近には薄別川取水ダムが設けられている。調査地点は、豊平川合流点から上流に 7km までの区間に St.1~4 と 4 地点設けて、調査をおこなった（図-3.2）。

また河川下流部としては、中標津町と標津町を流下する標津川の支流である武佐川を対象とした（図-3.3）。武佐川は、過去の河川改修により、河道の直線化

がおこなわれており、改修工事により残された旧河道は、一部が三日月湖などの形で現在も残っている。



図－3.1 対象地の位置（河川上流部）

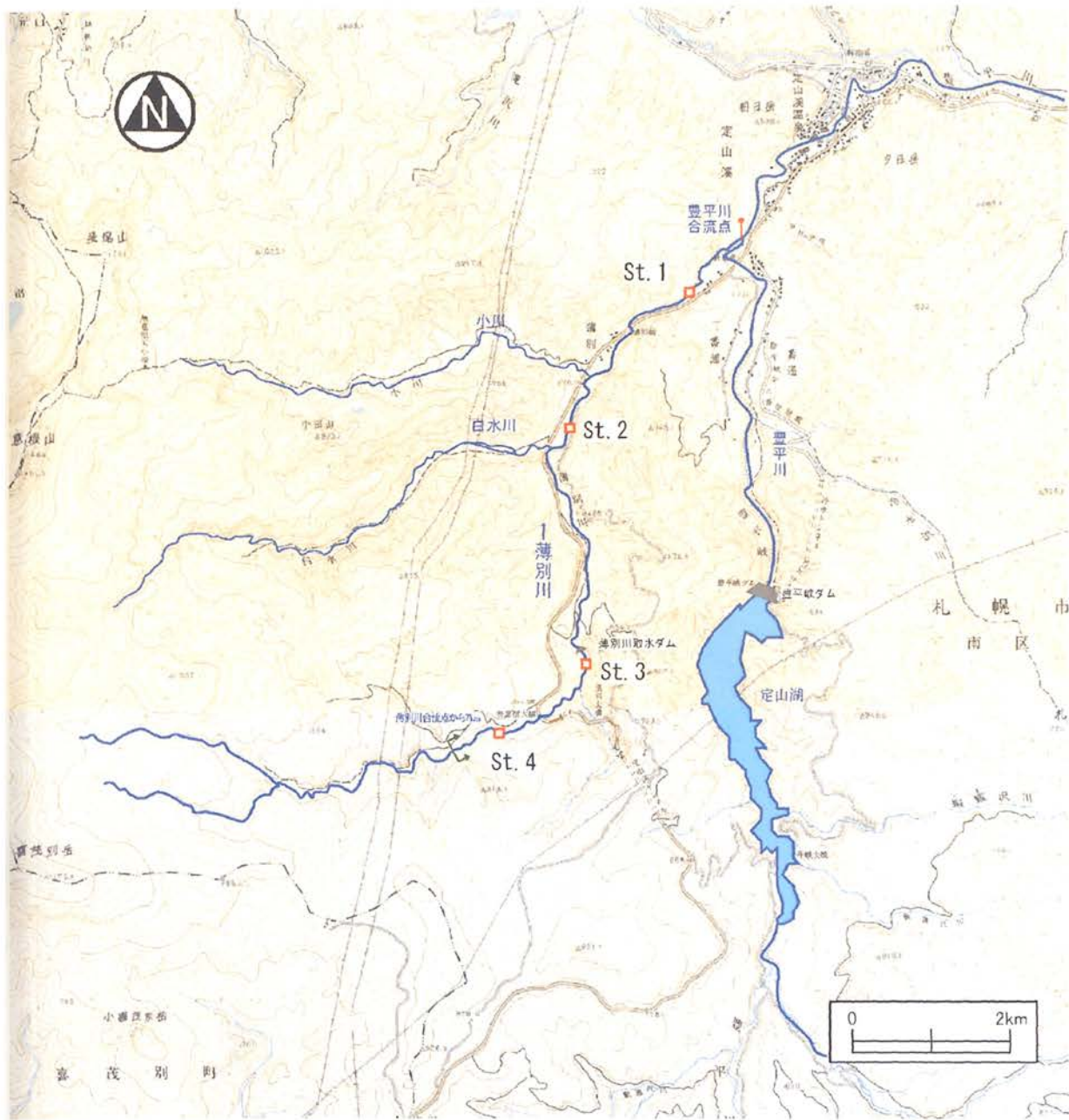
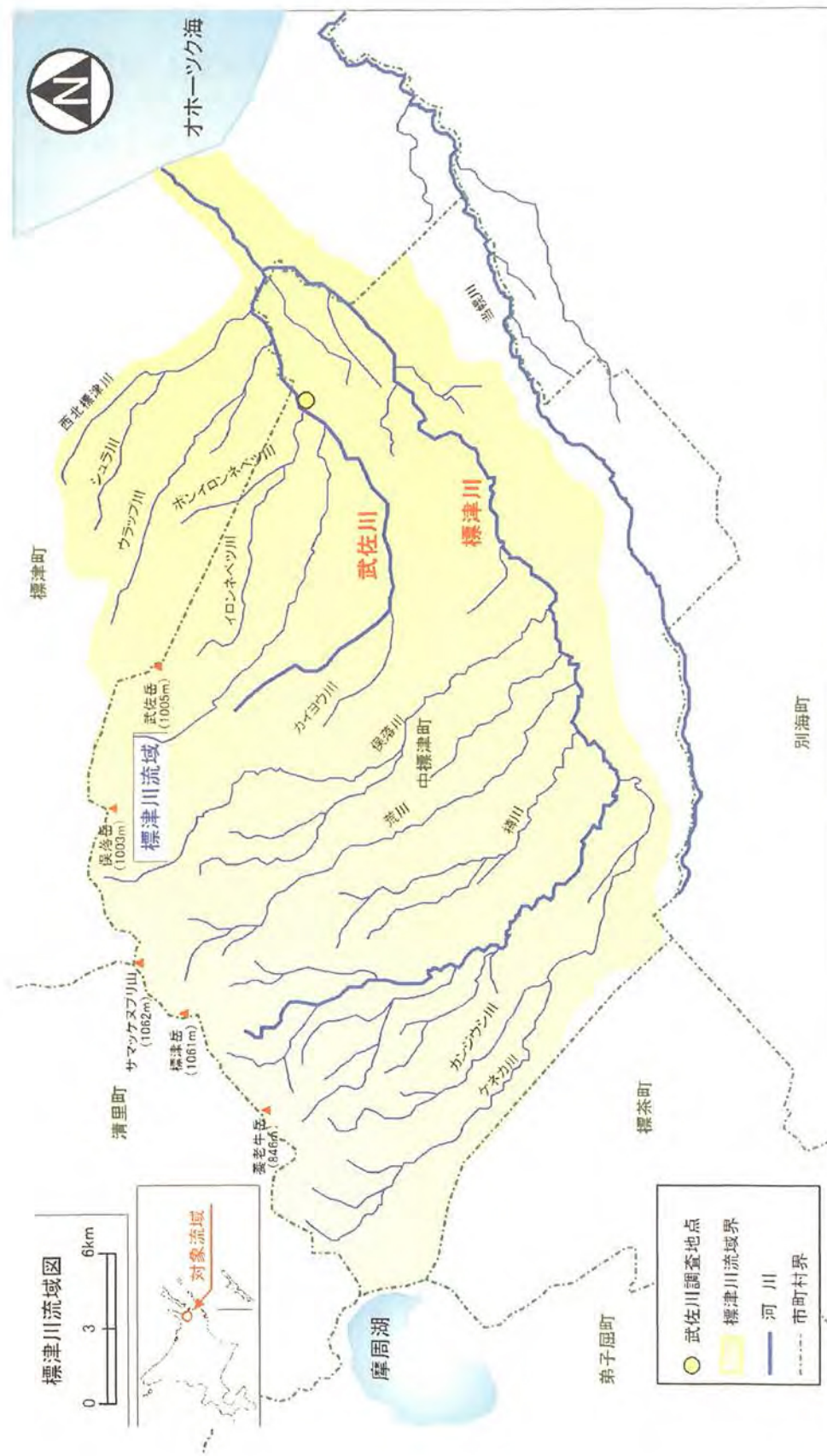


図-3.2 薄別川調査地点



図－3.3 武佐川調査地点（河川下流部）

3-3. 研究方法

3-3-1. 河川上流部（渓流域）での調査

微地形調査

各調査地点の地形状況、河道状況や植生状況を把握するため、水準測量及びコンパス測量等により河川環境図（平面図・断面図）を作成した（図-3.4）。

河畔林調査

各調査地点において、対象樹木の樹高、胸高直径（DBH）と樹齢を計測した。樹齢に関しては、地点内に生育する樹木を対象とし、生長錘による検体の採取及び樹齢判読を行った。河川上流部（渓流域）である薄別川では、微地形が複雑になっていることが予測されたので、調査地に生育していたほぼ全部の樹種を対象とし、検体の採取数は、1地点あたり120検体程度とした。採取した検体は室内に持ち帰り実体顕微鏡を用いて樹齢を判読した。

3-3-2. 河川下流部での調査

微地形調査

3-3-1で示したものと同様の形で、河川環境図（平面図・断面図）を作成した。

河畔林調査

河川下流部である武佐川では、河川環境断面図作成のために設置した帯状区内に生育していた樹木から樹高、胸高直径（DBH）と樹齢を計測した。こちらも同様に採取した検体を、実体顕微鏡を用いて樹齢を判読した。

自然侵入調査と土壌断面調査

武佐川で調査をおこなった地点では、河川改修工事が実施されている箇所であるが、改修がおこなわれた際に、護岸が施工されている。その護岸部に多数の自然侵入が確認されたので、樹種、樹高と樹齢を計測した。この地域の河川に形成される自然堤防上には、ハルニレやヤチダモをはじめとする樹種によって河畔林が構成されていたので、河畔林の更新過程を見出すため、かつて河畔林を構成していた樹種と現在河畔林を構成している樹種を使用し、発芽状況の再現試験と現地での自然堤防上での土壌断面調査をおこなった。

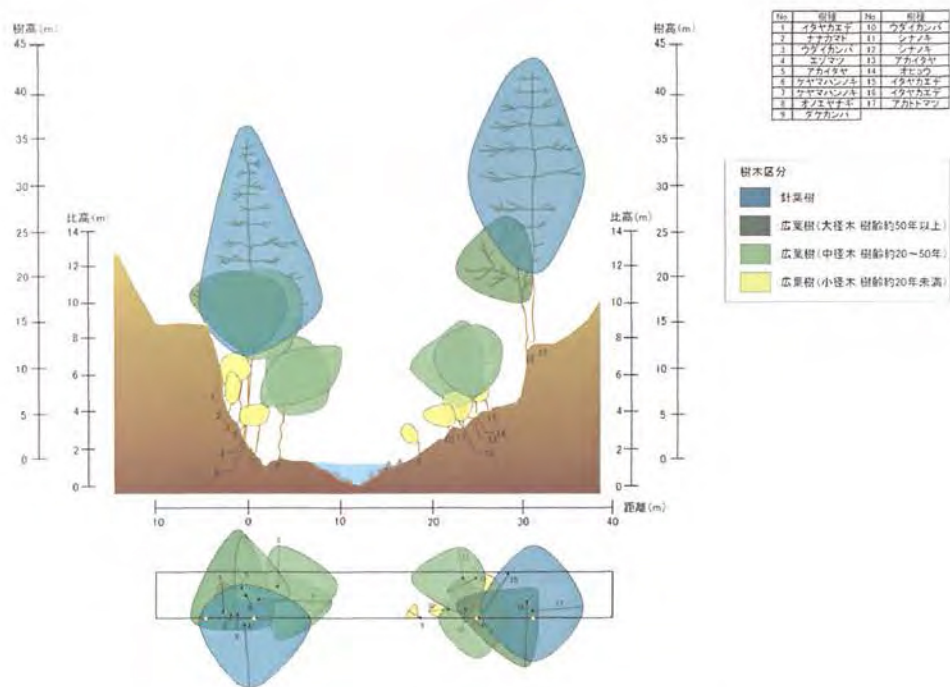
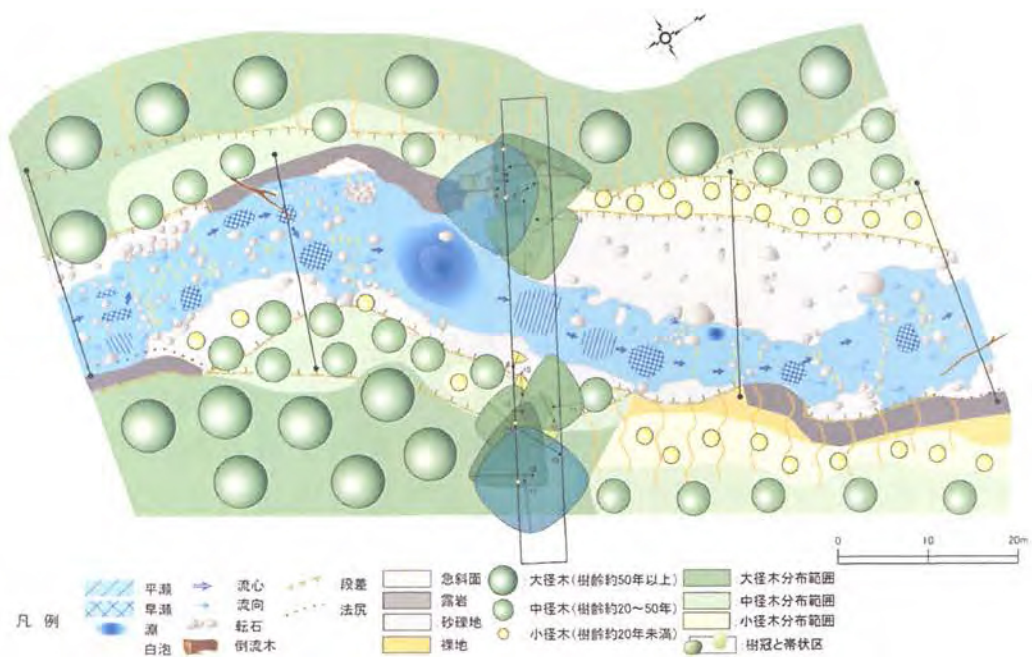


図-3.4 河川環境図 (上：平面図 下：断面図)

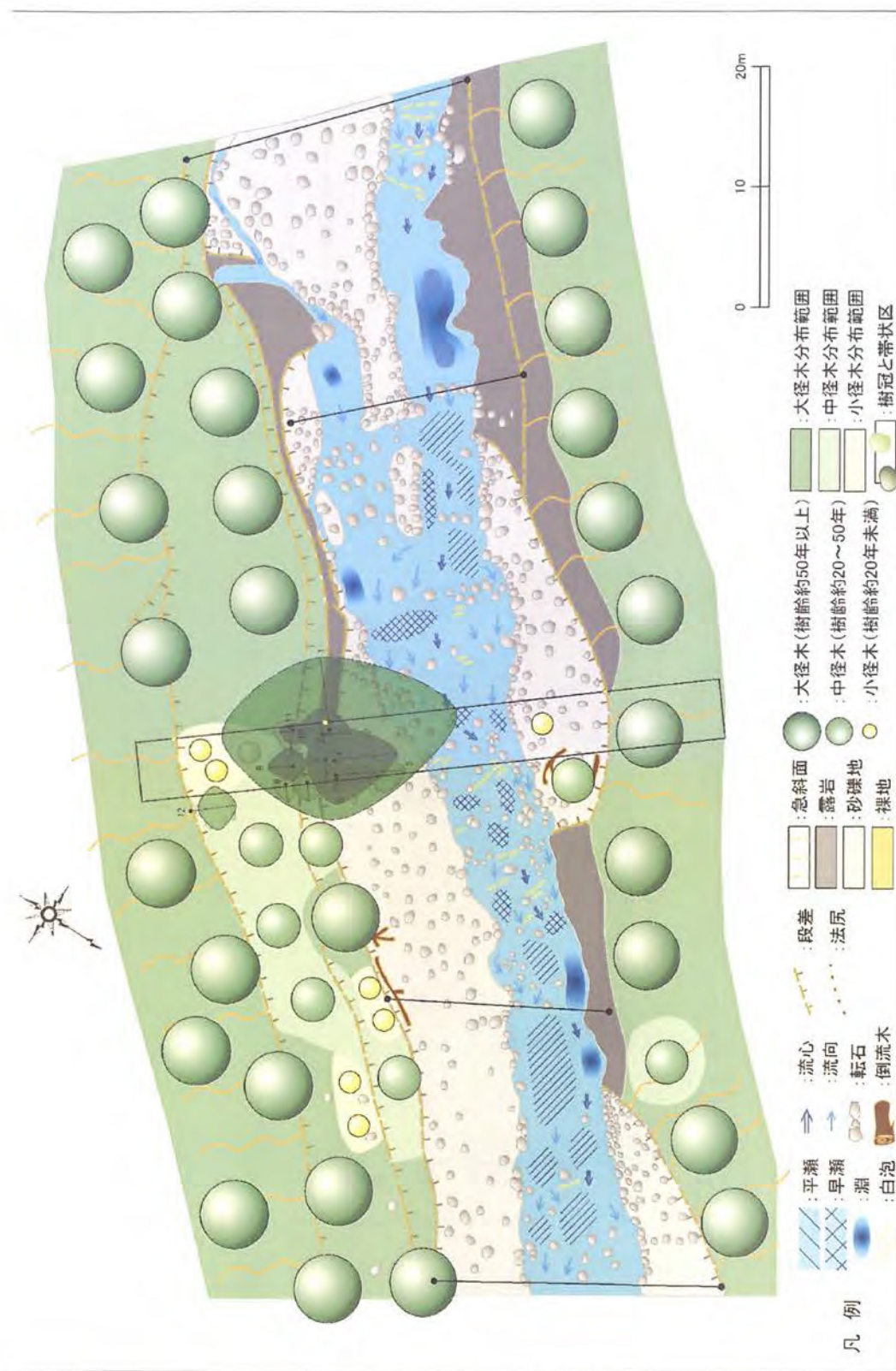
3-4. 結果

3-4-1. 薄別川での微地形調査

各調査地点において作成した砂防環境図から得られた結果を図-3.5～3.12に示す。

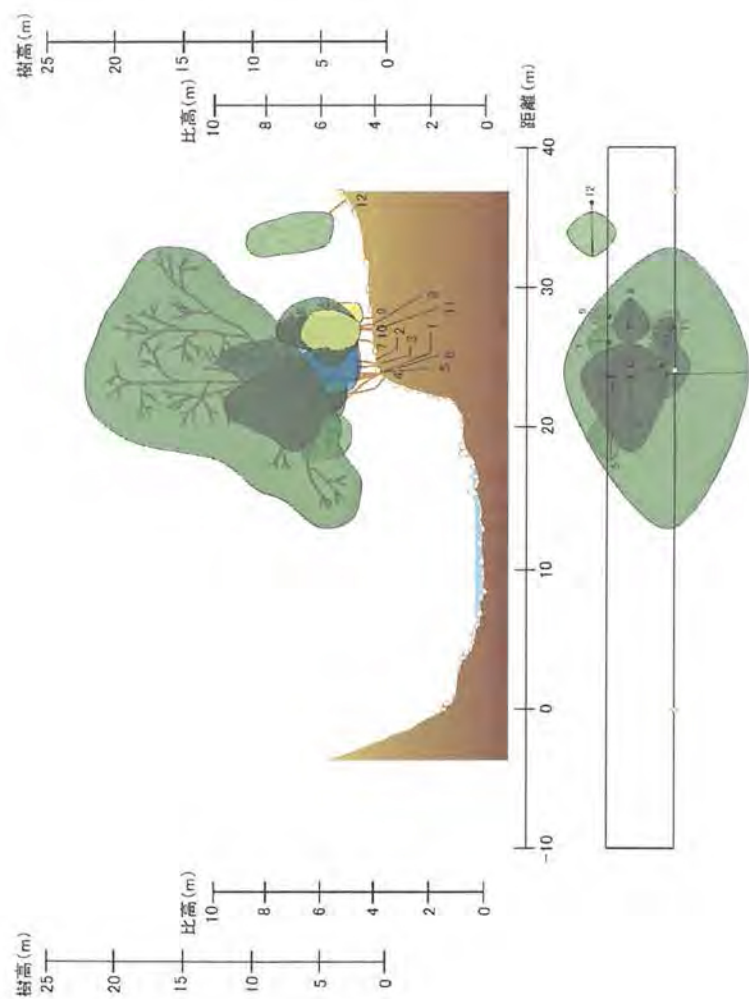
その結果、全地点とも地形状況は溪岸部に露岩がみられ、河道内には転石や砂礫が堆積しているといった状況になっており、植生状況に関しては、水面からの比高が低い箇所には小・中径木が生育し、水面からの比高が高くなるにつれて大径木が生育するといった状態になっていた。

各調査地点の微地形構造の特徴をみていくと、St.1では、右岸側に水面からの比高が約3m高い土石流段丘が形成されていた。St.2では、河道に中州が形成されていて、右岸側には大規模な段丘面が形成されていた。St.3では、地点中央部に大きい淵が形成されており、右岸側には斜面崩壊の痕跡がみられた。St.4では、河道内に径の大きい転石が点在しており、倒流木が多く、右岸側には崩壊斜面の痕跡がみられた。以上の結果をまとめたものを表-3.1に示す。



图—3.5 河川環境平面図 St. 1

No	樹種	No	樹種
1	ミズナラ	7	ハウチワカエデ
2	アカトマツ	8	ハウチワカエデ
3	アカトマツ	9	ハウチワカエデ
4	アカトマツ	10	アズキナラ
5	ミズナラ	11	イタヤカエデ
6	アズキナラ	12	サウジハ



図－3.6 河川環境断面図 St.1

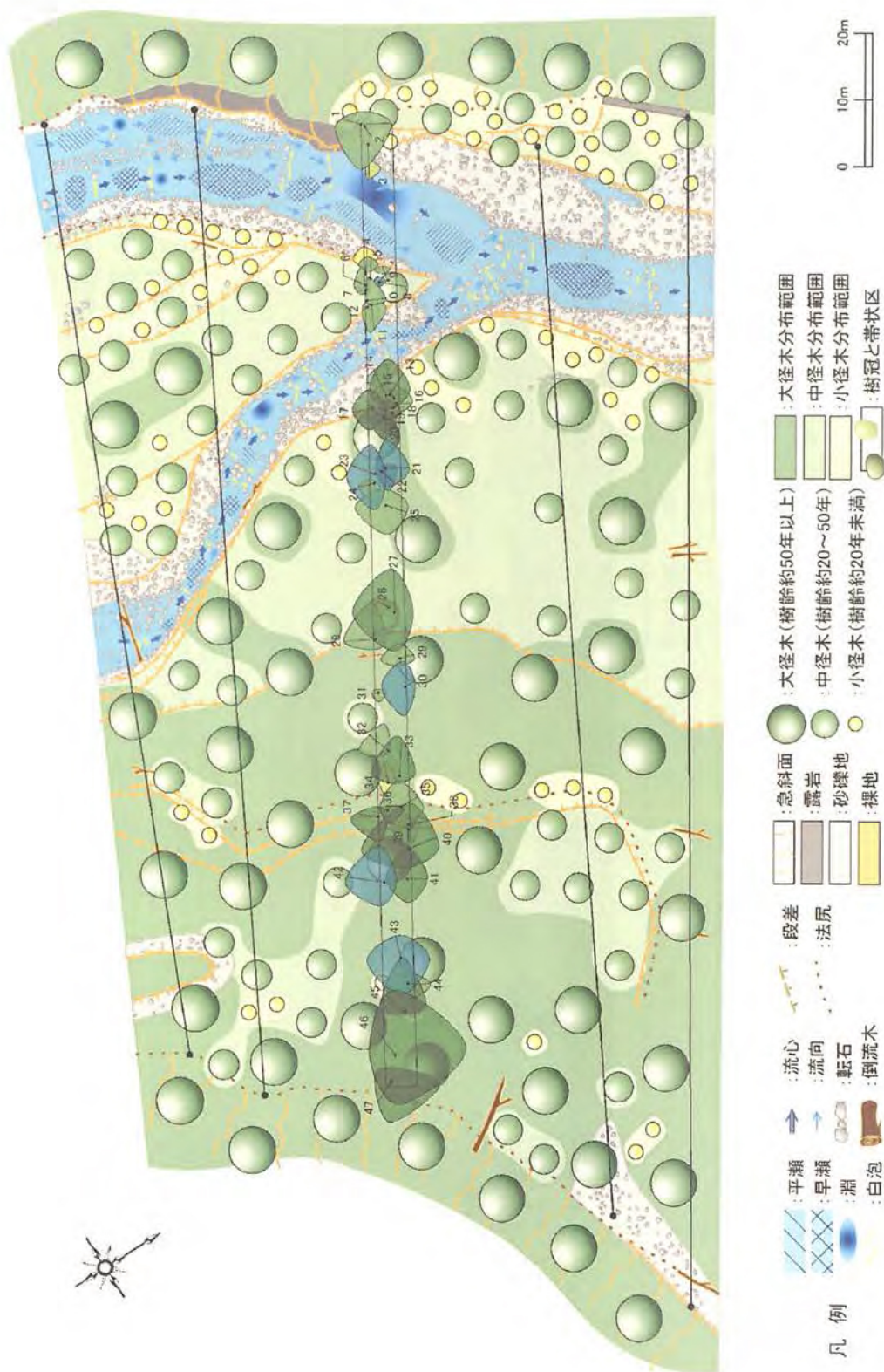
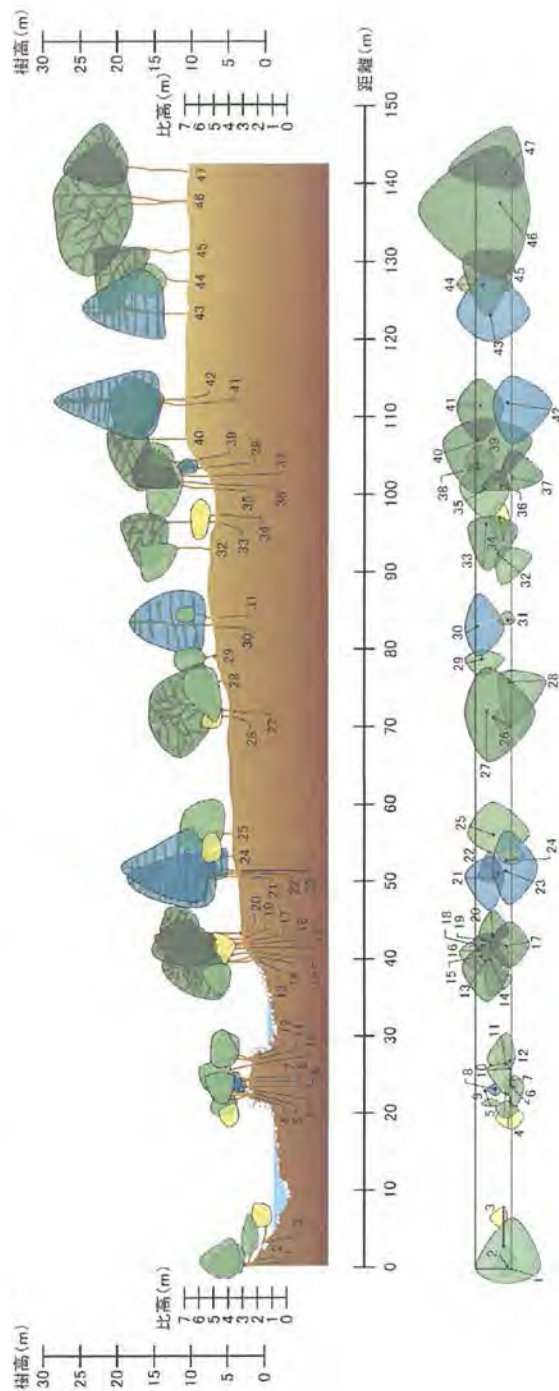


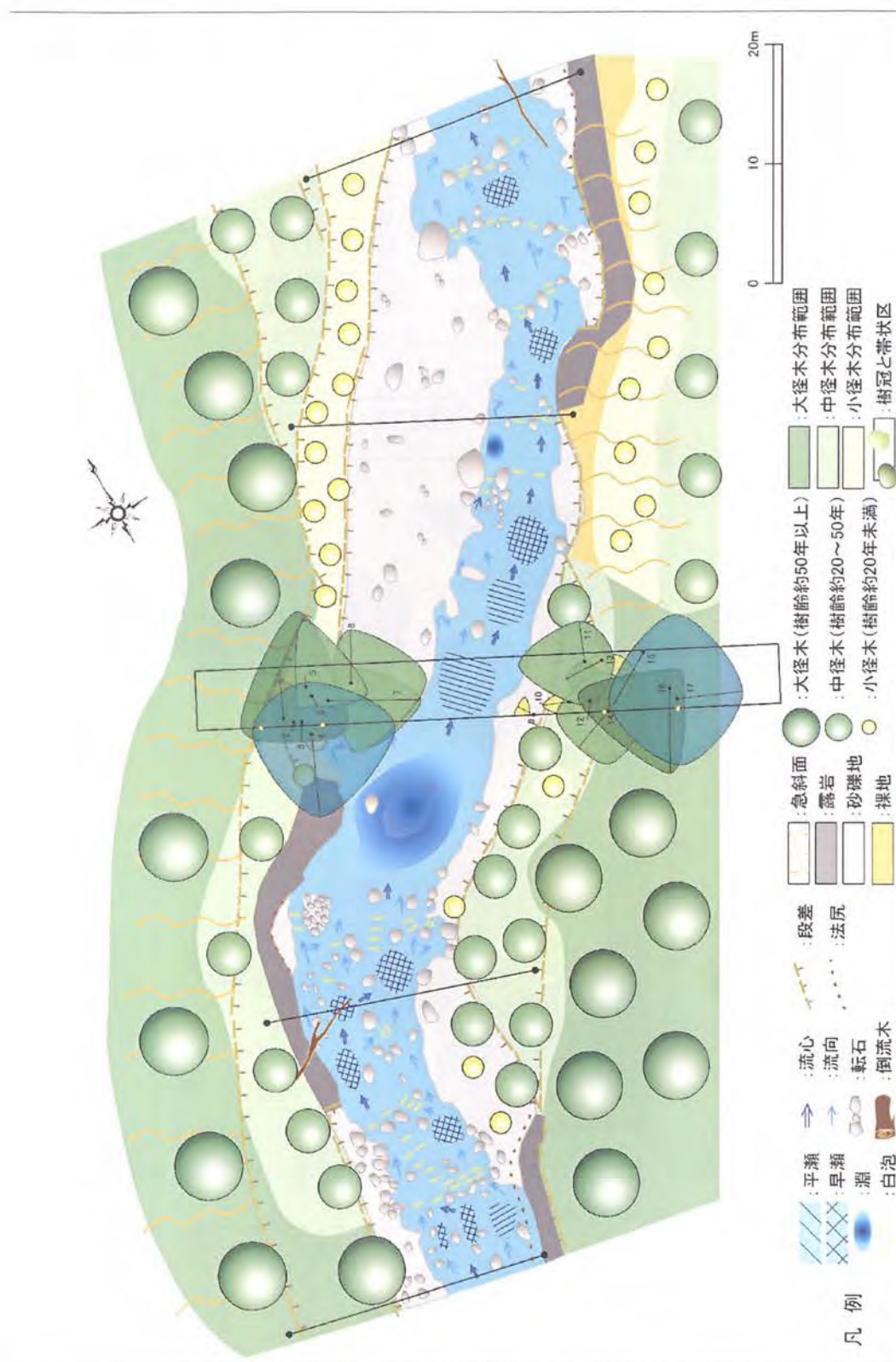
圖-3.7 河川環境平面圖 St. 2

樹木区分	
	針葉樹
	広葉樹(大径木 樹齢約50年以上)
	広葉樹(中径木 樹齢約20～50年)
	広葉樹(小径木 樹齢約20年未満)

No.	樹種	No.	樹種	No.	樹種	No.	樹種
1	ケヤマハンノキ	21	トドマツ	31	キハダ	41	オヒョウ
2	ハコヤナギ	22	トドマツ	32	キハダ	42	トドマツ
3	オノエヤナギ	23	トドマツ	33	キハダ	43	トドマツ
4	アカイタヤ	24	イタヤカエデ	34	オヒョウ	44	シタノキ
5	ハウチワカエデ	25	シタノキ	35	オヒョウ	45	ハルニレ
6	トドマツ	26	オヒョウ	36	キハダ	46	キハダ
7	ハウチワカエデ	27	ホウノキ	37	キハダ	47	キハダ
8	トドマツ	28	アズキナシ	38	トドマツ		
9	アカイタヤ	29	イタヤカエデ	39	オヒョウ		
10	アカイタヤ	30	エノマツ	40	ハルニレ		



図－3.8 河川環境断面図 St.2



图—3.9 河川環境平面図 St. 3

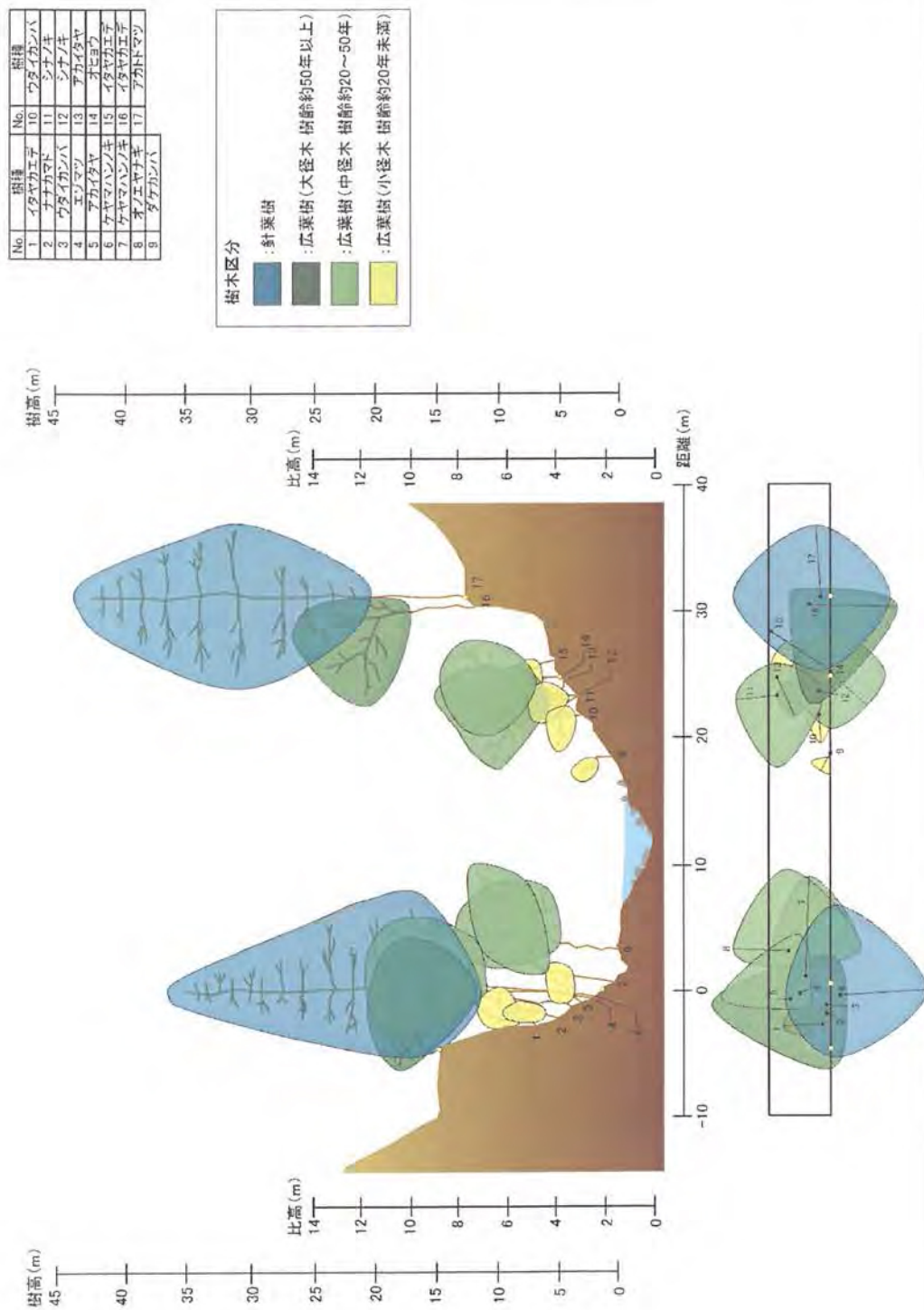


図-3.10 河川環境断面図 St.3



图—3.11 河川環境平面図 St. 4

No.	樹種	No.	樹種
1	ケヤマハンノキ	6	ダケカンバ
2	オノエヤナギ	7	オノエヤナギ
3	タケカンバ	8	アトマツ
4	ミズナラ	9	アトマツ
5	オオカメノキ	10	ケヤマハンノキ

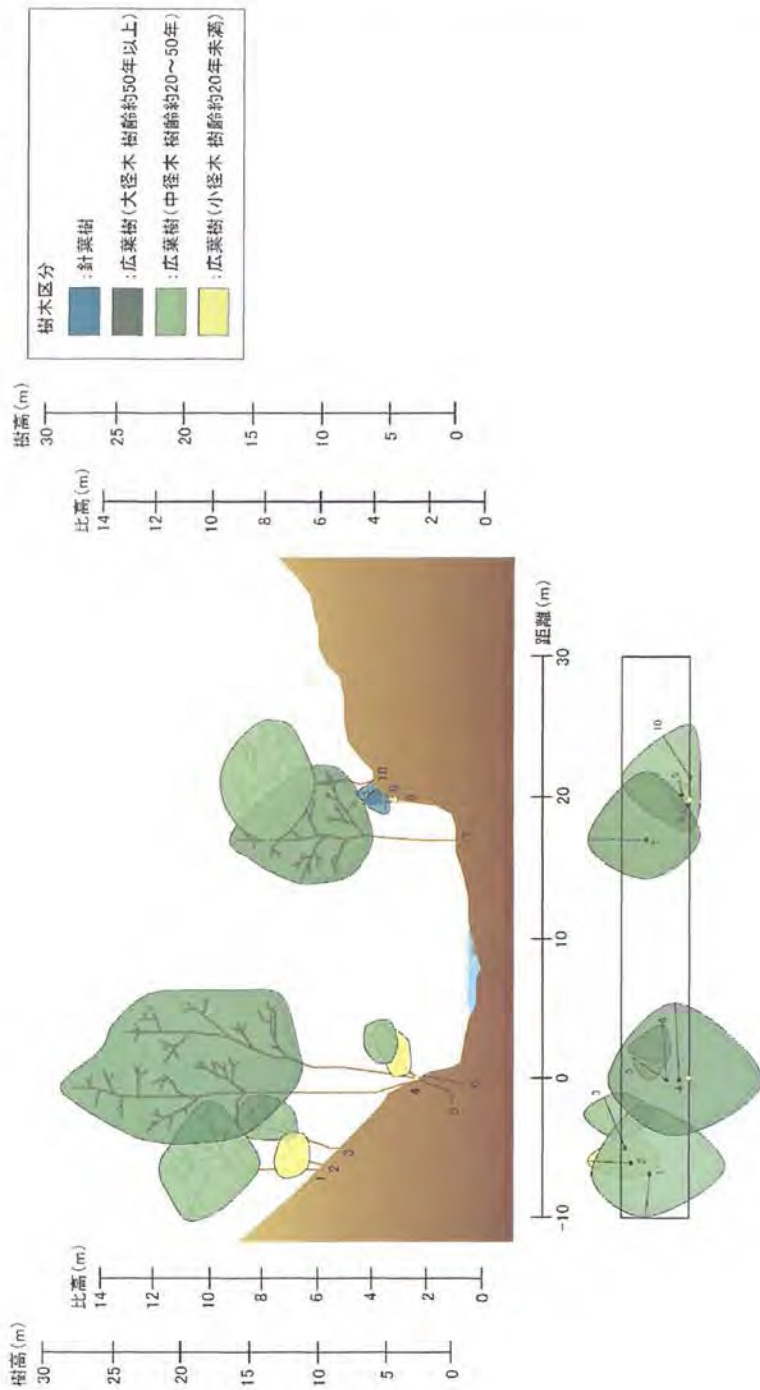


図-3.12 河川環境断面図 St. 4

表－3.1 薄別川における微地形状況

		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
左岸	上流	露岩, 砂礫地	露岩, 砂礫地	露岩, 急斜面	露岩, 砂礫地, 崩壊斜面
	下流	露岩, 砂礫地	砂礫地, 崩壊斜面	砂礫地	砂礫地, 崩壊斜面
	植生	急斜面上に大径木	比高 低:中・小径木 比高 高:大径木	比高 低:小径木 比高 高:大径木	ほぼ中径木
右岸	上流	土石流段丘	砂礫地	広範囲の段丘面	砂礫地
	下流		露岩	広範囲の段丘面	砂礫地, 崩壊斜面
	植生	ほぼ大径木	比高 低:中・小径木 比高 高:大径木	ほぼ中径木, 大径木	比高 低:中・小径木 比高 高:大径木
河道内		転石点在	転石点在	中州が形成, 転石点在	大径の転石・倒流木多い, 階段状の流れ

3-4-2. 薄別川での溪畔林樹齢調査

各調査地点において実施した樹齢調査の結果を図－3.13, 3.14 に示す。樹齢区分は5年間隔とした。

その結果、全調査地点にて検体を採取した溪畔林は、25 樹種 364 本で、樹齢範囲は9～208 年となっており、樹齢分布は36～40 年が最も多く、次いで31～35 年、26～30 年となっていた。

各調査地点の樹齢分布をみていくと、St.1 では左岸側に樹齢範囲16～45 年、右岸側に46～75 年のものが多く分布していた。St.2 では左岸側に26～35 年、右岸側に46～65 年、中州には36～40 年と66～70 年のものが多く分布していた。St.3 では左岸側に樹齢26～40 年と46～65 年、右岸側に樹齢11～40 年のものが多く分布していた。St.4 では左岸側に樹齢16～30 年、右岸側に16～40 年のものが多く分布していた。

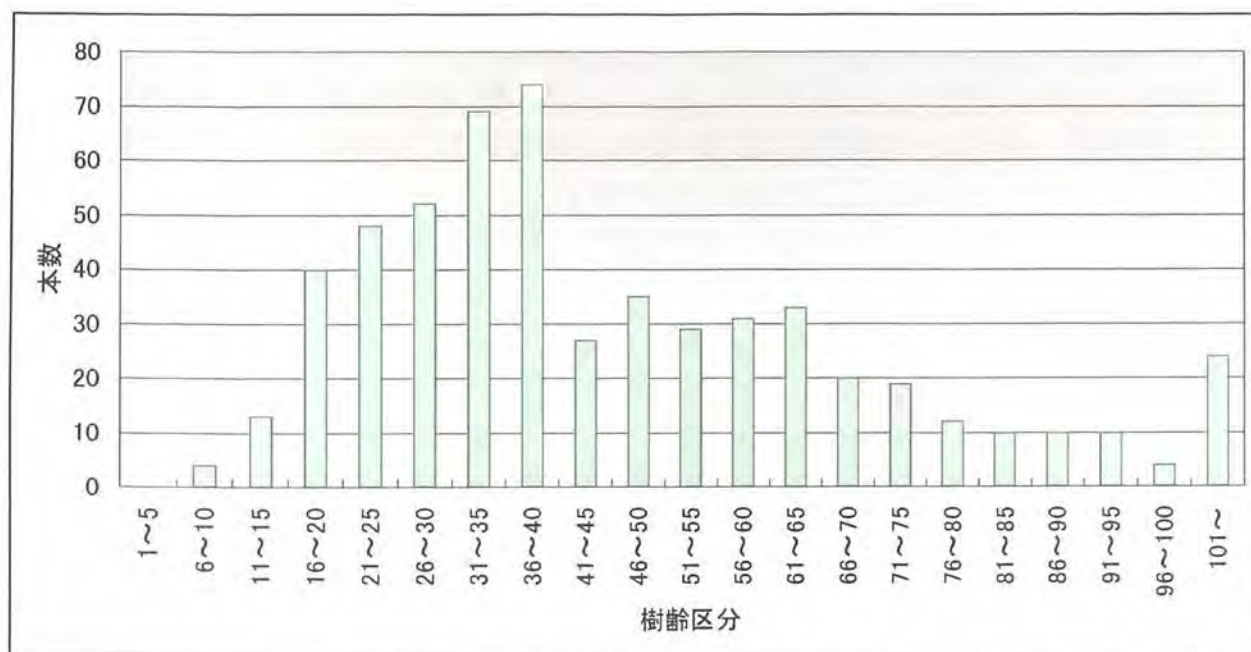


図-3.13 調査地点全体での樹齢分布

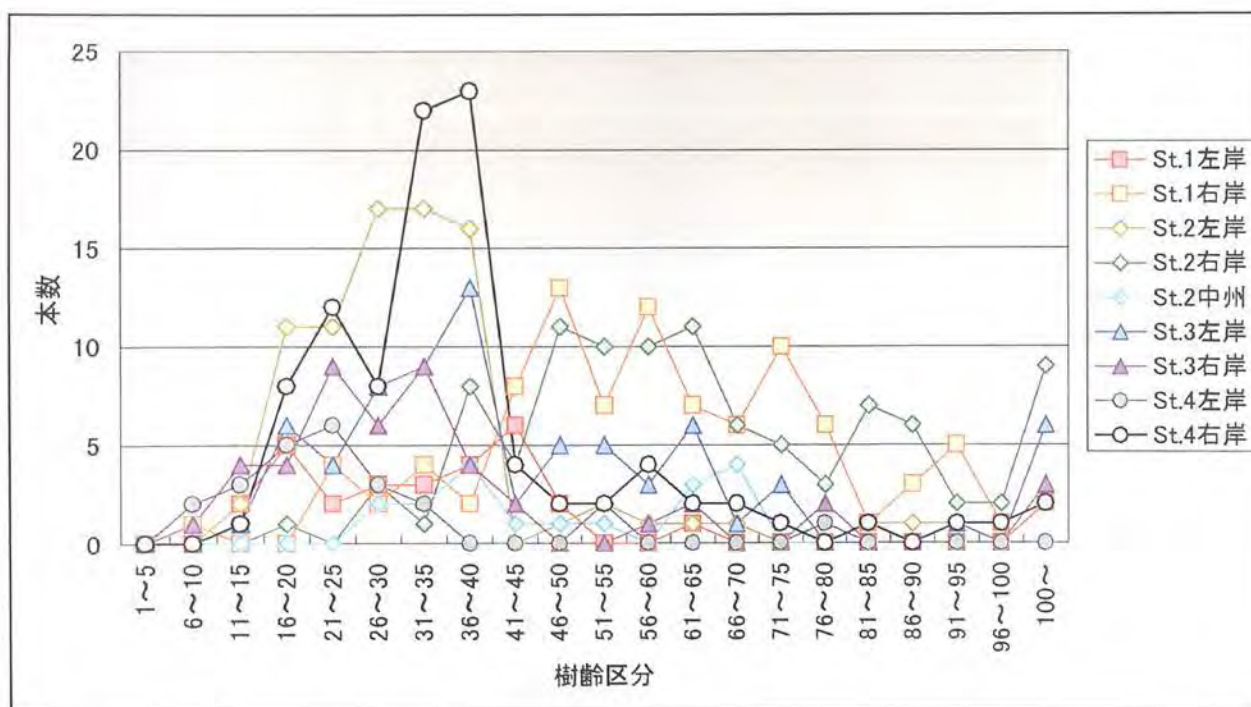
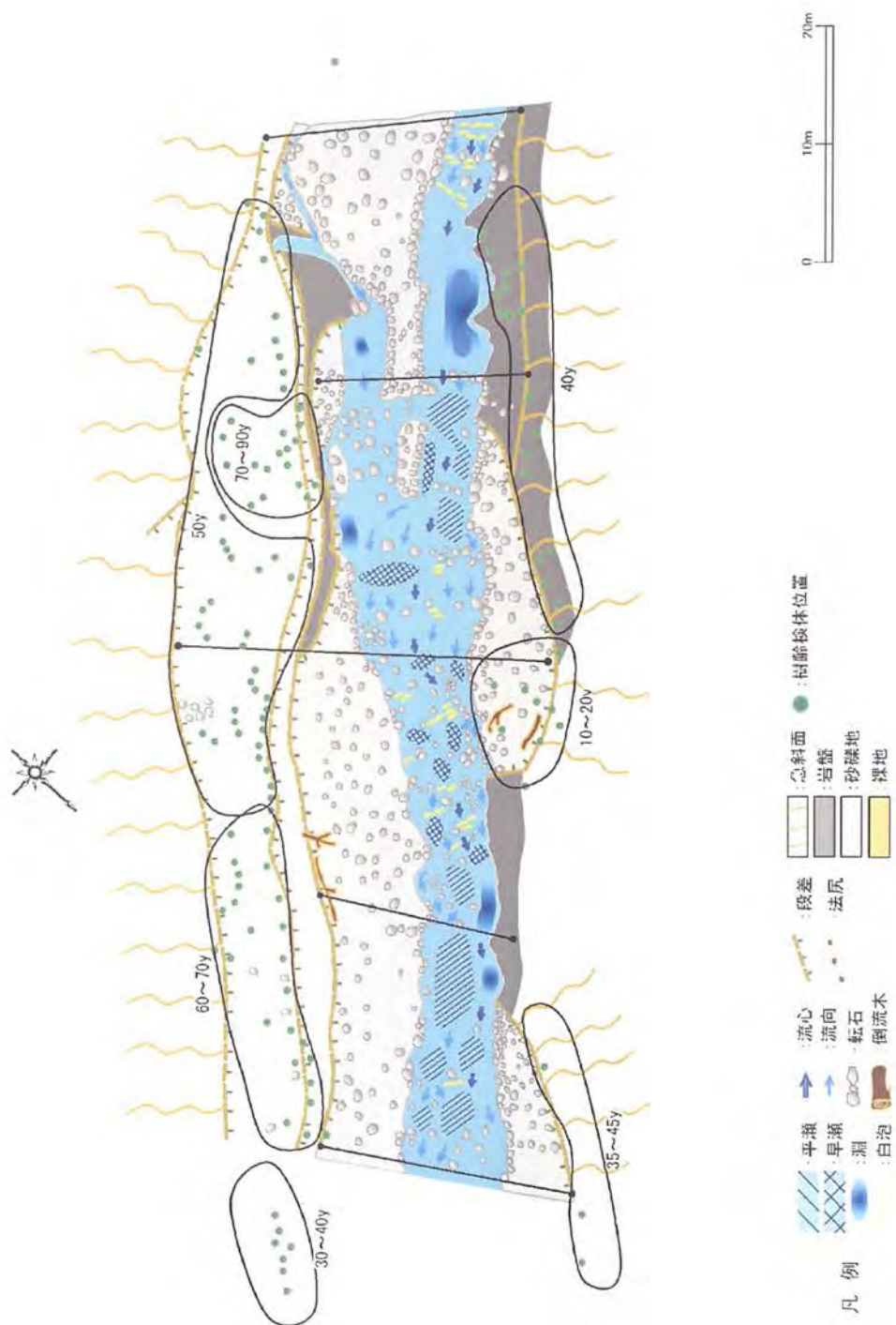


図-3.14 各調査地点での樹齢分布

3-4-3. 薄別川での微地形構造別の樹齢分布

各調査地点においての樹齢分布が把握できたので、作成した河川環境平面図上に樹齢検体を採取した樹木の位置をプロットし、微地形構造別の溪畔林の樹齢分布状況をみた（図-3.15～3.18）。

その結果、St.1 左岸側では河道付近の砂礫地に樹齢 10～20 年、急斜面上に 36～45 年のものが分布しており、右岸側の土石流段丘上には 46～75 年のものが広く分布していた。St.2 左岸側では、河道付近の砂礫地に樹齢 10～20 年、そこから比高が高くなるにつれて 30～40 年、50～60 年といった分布となっていた。右岸側では、樹齢 50～70 年のものが多く分布しており、一部に樹齢約 100 年のものが生育していた。中州の段丘面が形成されているところには、50～70 年のものが分布していた。St.3 左岸側では、上流に樹齢 30～40 年と 50～60 年、下流には比高が低い箇所に 15～30 年、比高が高い箇所には 41～70 年、急斜面上には樹齢 100 年を越えるものが分布しており、右岸側には急斜面には樹齢 50～60 年のものが存在するが、その他は樹齢 10～40 年のものが分布していた。St.4 左岸側では砂礫地に樹齢約 10 年、急斜面上に 20～30 年のものが分布しており、右岸側には上流に樹齢 30～40 年、下流の急斜面上に 20～40 年のものが分布していた。



図－3.15 微地形構造別の樹齢分布 (St. 1)

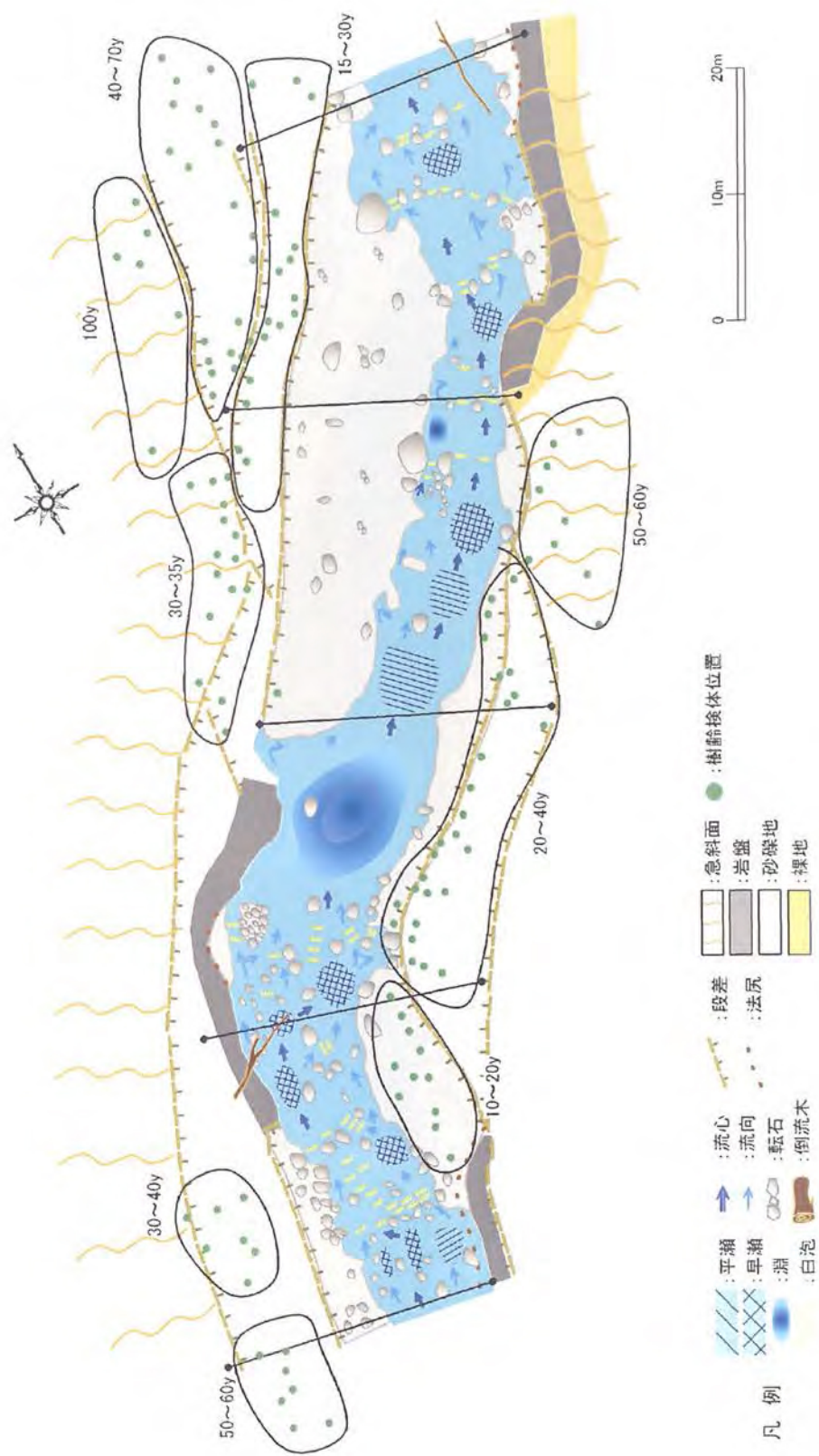


図-3.17 微地形構造別の樹齡分布 (St. 3)



図－3.18 微地形構造別の樹齢分布 (St. 4)

3-4-4. 武佐川での微地形と河畔林の関係

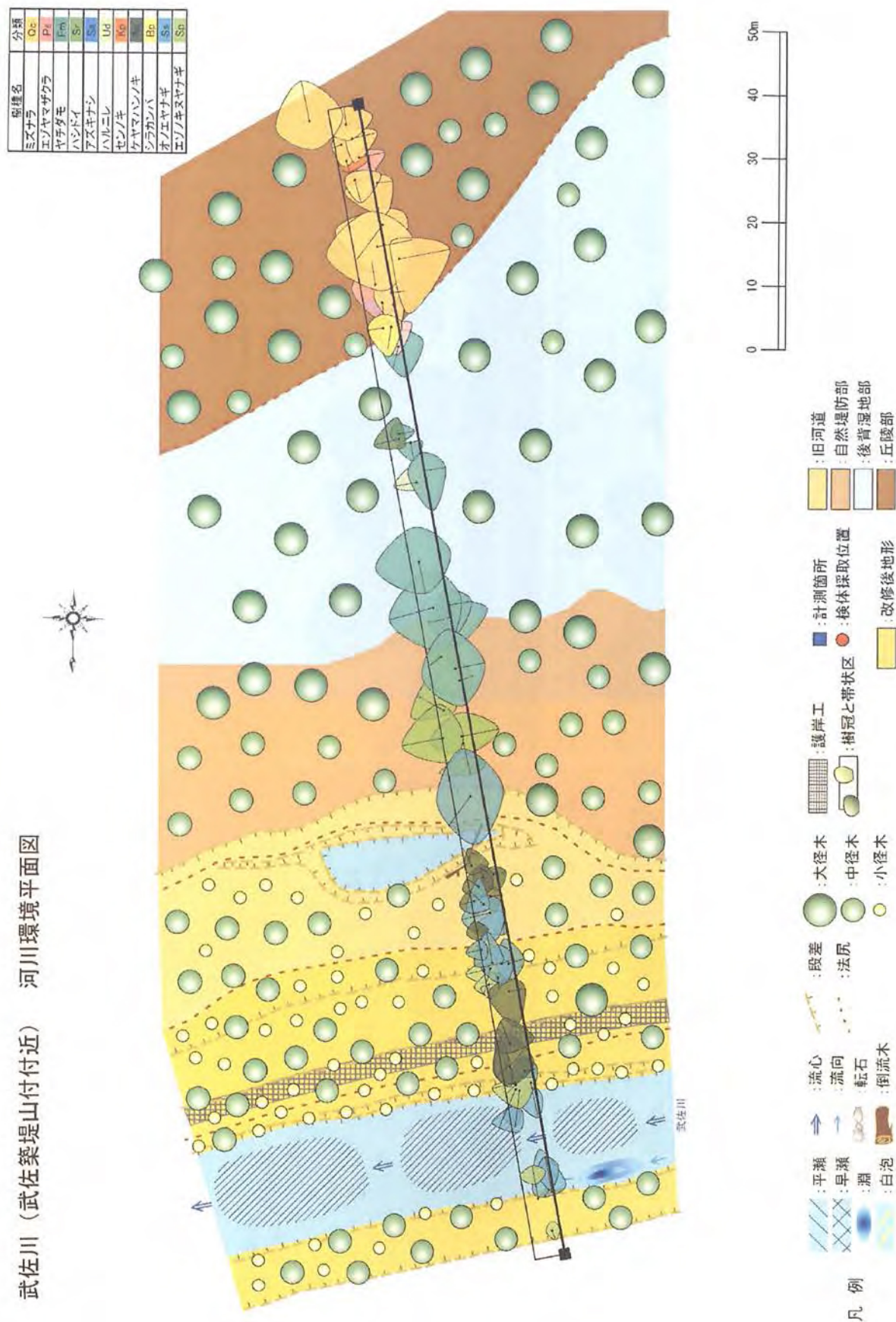
調査地点付近では、人為的な地形改変があまりなされていない右岸部一帯の自然地形と、河川の直線化に伴う地形改変を受けた本川周辺の改修後の地形が見られる（図－3.19, 3.20）。自然地形の部分では、本川の右岸側に旧河道が残されており、横断測線の上流には河道跡の止水域が存在している。比高 3m 程度の旧河岸の崖を上ると自然堤防が存在する。横断方向 20m 程度の自然堤防は、旧河岸付近が最も比高が大きく丘陵部に向かって緩やかに小さくなっている。この自然堤防と丘陵部の間には、横断方向に約 50m の後背湿地が広がっている。

本川では、幅約 15m の低水路が造られており、河道は直線的で、低水路の護岸にはコンクリートの連結ブロック（T型）が施工されている。低水路の左岸側は低水路の護岸に続く農地になっている。右岸側は工事用道路と考えられる横断面が台形の人工地形になり、幅 10m 程度の平坦な人工地形が旧河道に繋がっている。

旧河道を境に、右岸側の自然地形と左岸側の人工地形における植生は大きく異なっていた。自然堤防の部分では、上層をハルニレ、中層をハシドイ、下層にはミヤコザザが多く分布していた。後背湿地では、上層にヤチダモが点在し、中層は少なく、下層をスゲ類が占めていた。丘陵部では、上層にミズナラが優占し、中層にエゾヤマザクラなどが生育し、下層にはミヤコザザが密生していた。一方、人工地形の部分は、ヤナギ類とケヤマハンノキが上層を占め、中層は少なく、下層に大型草本が生育していた。

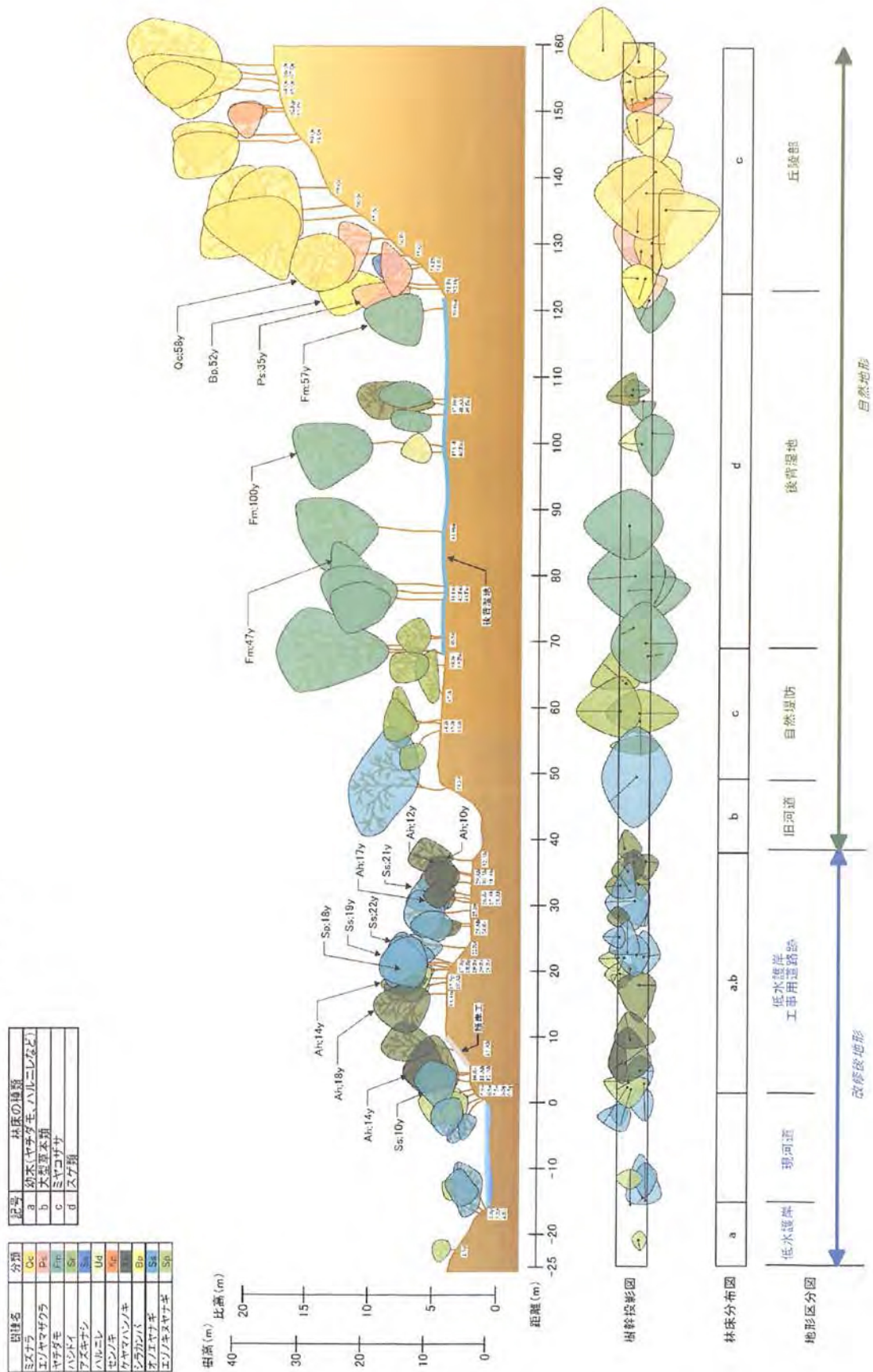
また河畔林の樹齢調査をおこなった結果（図－3.21）、ケヤマハンノキとヤナギ属は、30 年以下の樹齢であり、左岸側の人工地形に集中している。一方、ヤチダモやハルニレなどの河畔林を代表する長寿命種は、40 年以上の樹齢を示し、右岸側の自然地形のところに分布していた。

武佐川（武佐築堤山付近） 河川環境平面図

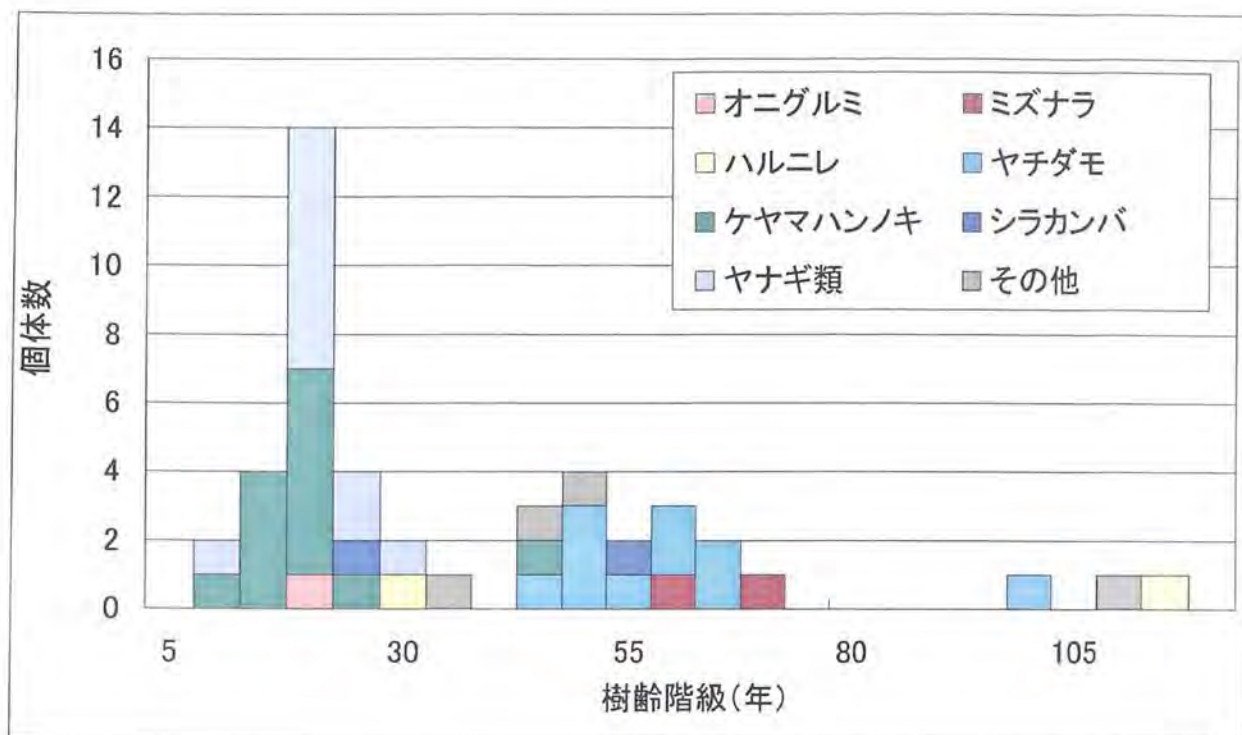


図－3.19 武佐川河川環境平面図

武佐川 (武佐築堤山付付近) 河川環境断面図



圖一3.20 武佐川河川環境断面図



図－3.21 带状区内に生育していた樹木の樹齢分布

また、施工されている低水路護岸には、コンクリートの連結ブロック（T型）が施工されており、連結ブロックの隙間にヤチダモが大量に侵入していたのが確認された。図－3.23 は、ブロックに侵入している樹木の樹種と位置を示したものである。図－3.24 は、ブロックと侵入数の関係を示したものである。これらの図から連結ブロック（T型）の裸出している部分ないし土砂の堆積が薄い部分に限ってヤチダモ等の稚幼樹が集中して侵入していることがわかった。

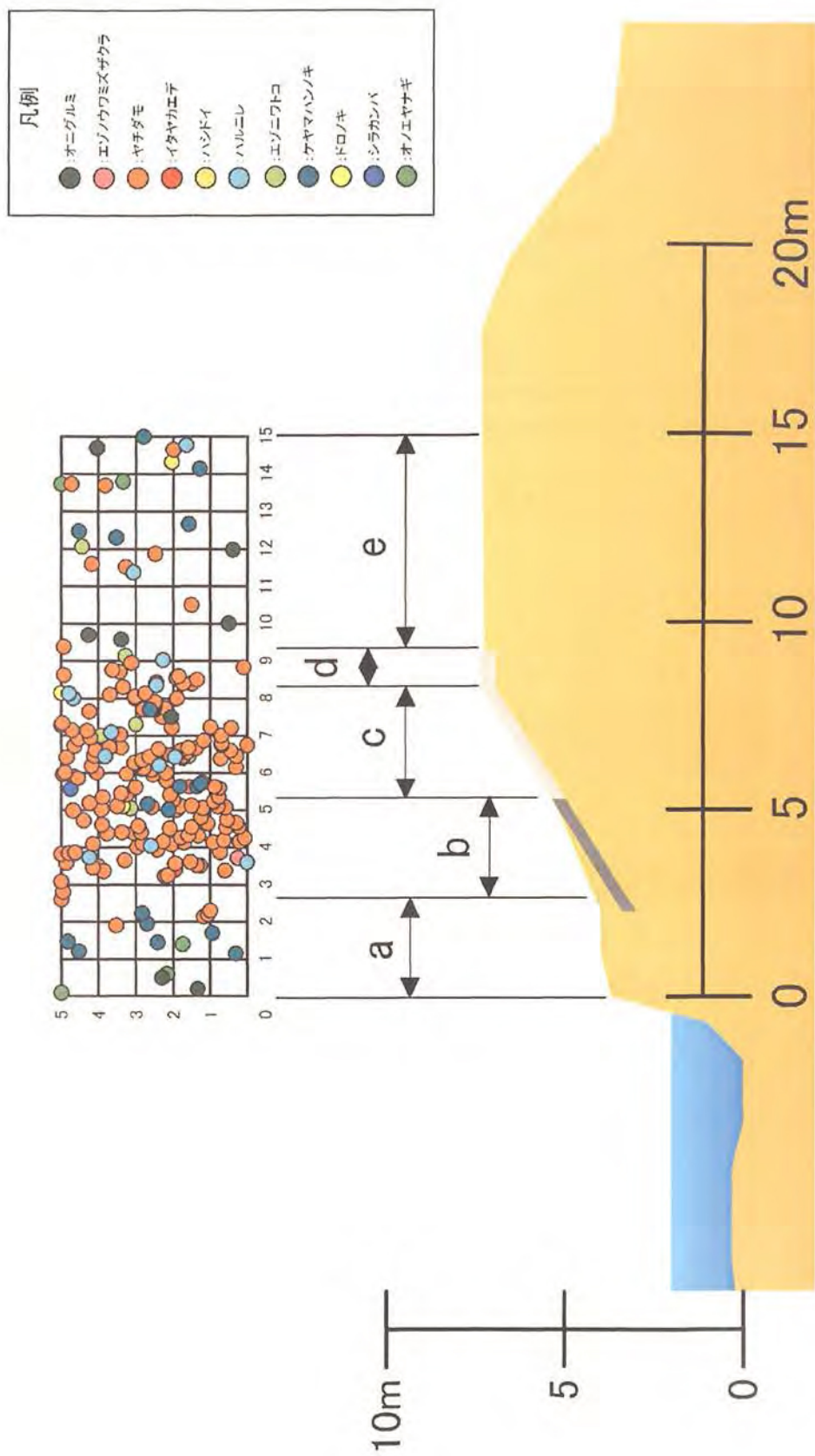
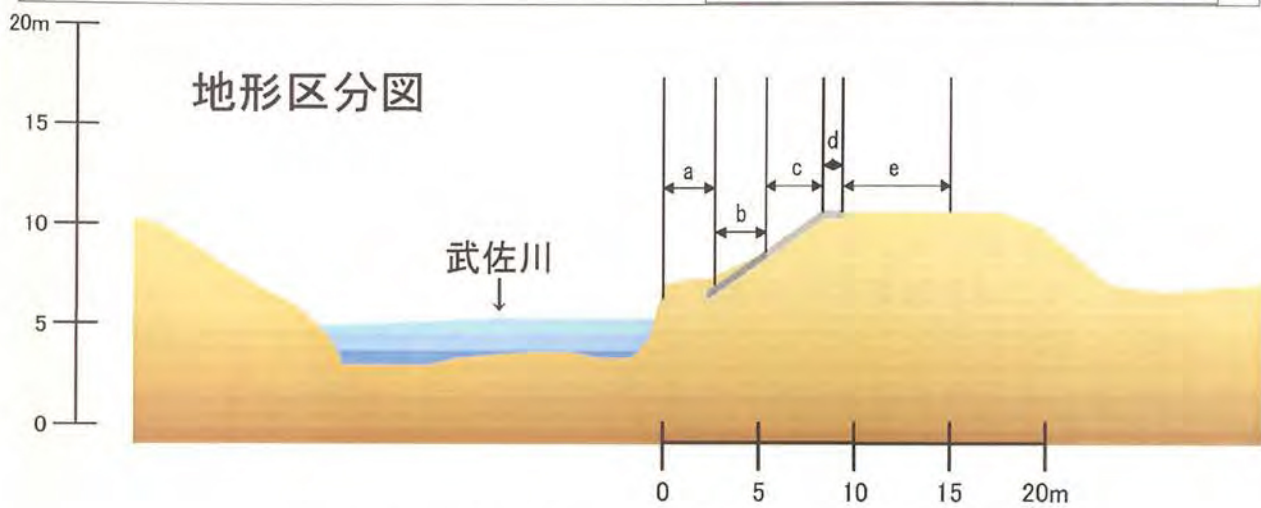
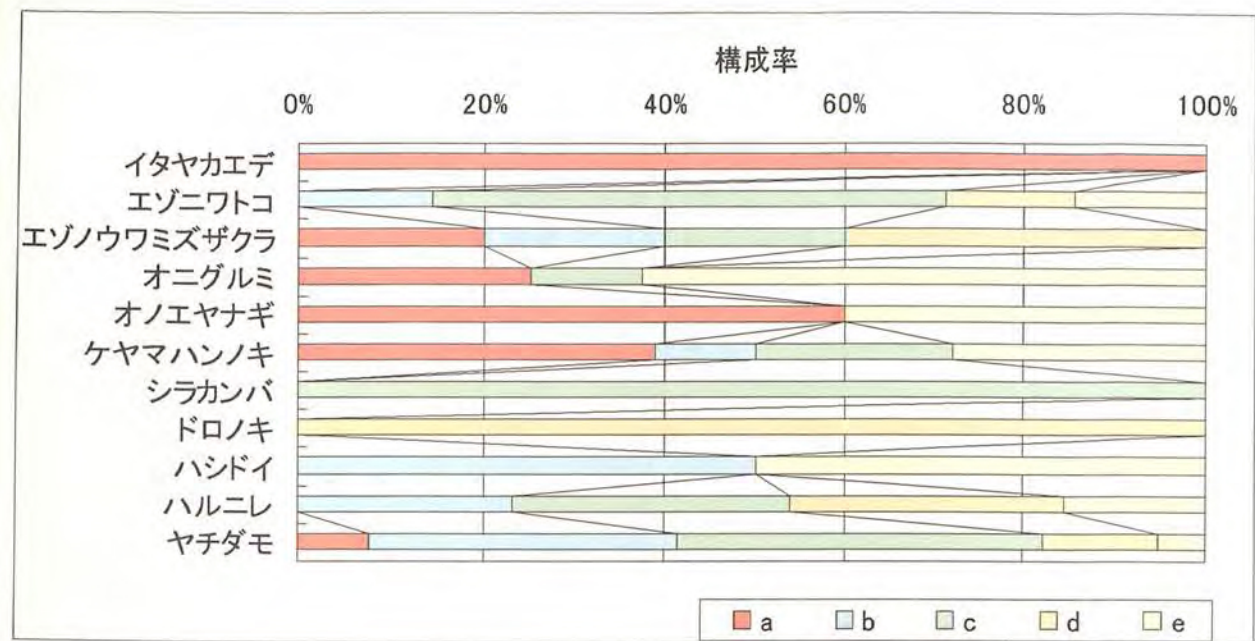


図-3.23 ブロックに侵入している樹木の樹種と位置



図－3.24 地形区分と侵入数の関係

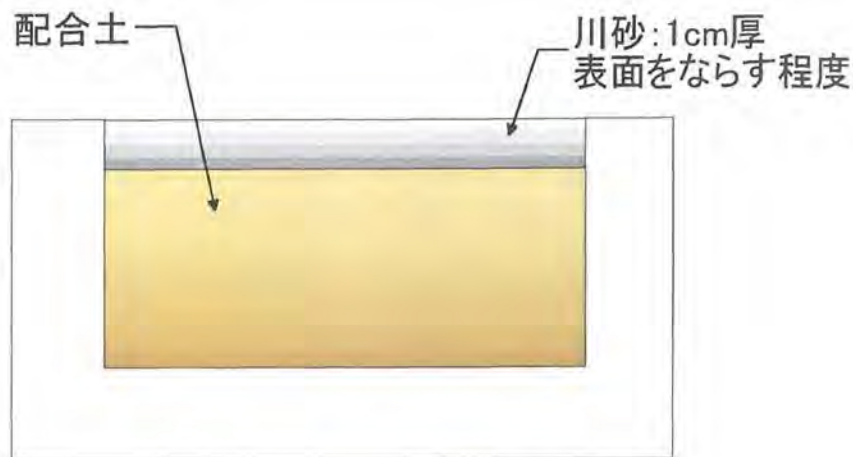
3-4-5. 発芽状況の再現試験と土壌断面調査

護岸に使用されている連結ブロックの隙間にヤチダモが確認できたことから、下流部での河畔林の更新には、地表部の土砂の粒径が関係していることが予測されたため、検証のために発芽状況の再現試験をおこなった。

使用した樹木は、かつて低平地帯の河畔林を構成していた代表種であるハルニレと、現在河畔林を構成している種であるヤナギ類とした。これらの樹木のタネを、使用する播種床（図-3.25）にタネをまきつける表層土壌の状態をいくつかのパターン（表-3.2）を作成した。作成したパターンに、ハルニレとヤナギ類のタネを播種し（ハルニレ 200 粒, ヤナギ類 2000 粒）、表層土壌の違いによって、発芽に影響が出てくるかを確認した。パターンごとに 4 反復させて試験をおこなった。

播種をおこなってから発芽が確認されてから 1 ヶ月後に発芽数を計測し、分散分析をおこなった結果、ハルニレでは表層に設置する礫、タネ播種後の土砂被覆の要因および交互作用で有意差が確認された（表-3.3）。これは、表層に設置した礫とタネ播種後に土砂で被覆したことによって、発芽数に差が出ることを示している（図-3.26）。とくに表層の礫が大で土砂の被覆があるパターンは、他のパターンより多くの発芽を確認することが出来たので、武佐川で確認できた連結ブロックの隙間からの発芽していた状況と同じようなことが確認できた。一方ヤナギ類では、同様に礫径と土砂被覆の要因で有意差が確認されたが、交互作用では有意差は確認できなかった。

武佐川で土砂の堆積によって形成される自然堤防上においても、約 4cm 径の礫が堆積しているかを確認するために、土壌断面の計測をおこなった。その結果、火山灰層が地表から 30~40cm に堆積しているのが確認できた（図-3.27）。この火山灰は、この地域に約 300 年前に降灰した火山灰だったため^{4), 5)}、この火山灰層より上部の土砂は、降灰後に堆積した土砂であると推測できた。よって、この武佐川での土砂の堆積する自然堤防には、1 年で 1mm 程度の速度で土砂が堆積していたが推測できた。また、火山灰より上部に堆積している土砂の粒径を確認したところ、2~0.075mm の砂分と 0.075mm 未満の粘土シルト分が大半を占めていた（図-3.28）。このことより、自然堤防上に発芽試験で使ったような約 4cm 径の礫の堆積が、少なくとも 300 年の間に発生しておらず、自然堤防上に堆積する土砂も 2mm 以下の細かい粒径のものしか堆積していなかったことがわかった。



図－3.25 使用する播種床

表－3.2 表層に設置する礫とタネ撒き後の処理のパターン

表層の礫	大:(B)	小:(S)	無:(N)
被覆土砂	有:(1)	無:(0)	

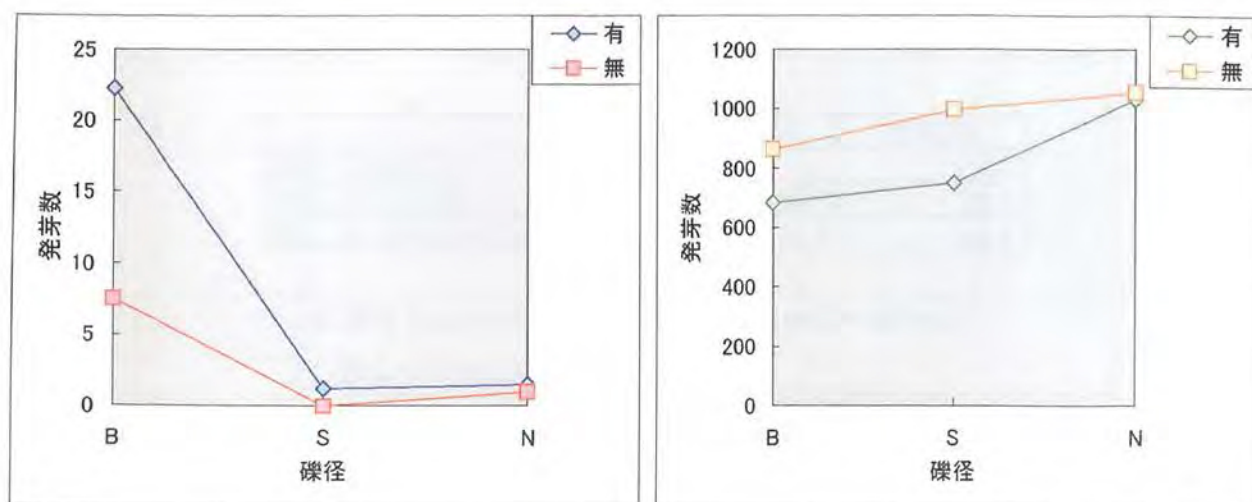
※表層の礫（大：約4cm径、小：5mm径）とした

※使用する樹種のタネの大きさを考慮して礫径を選択

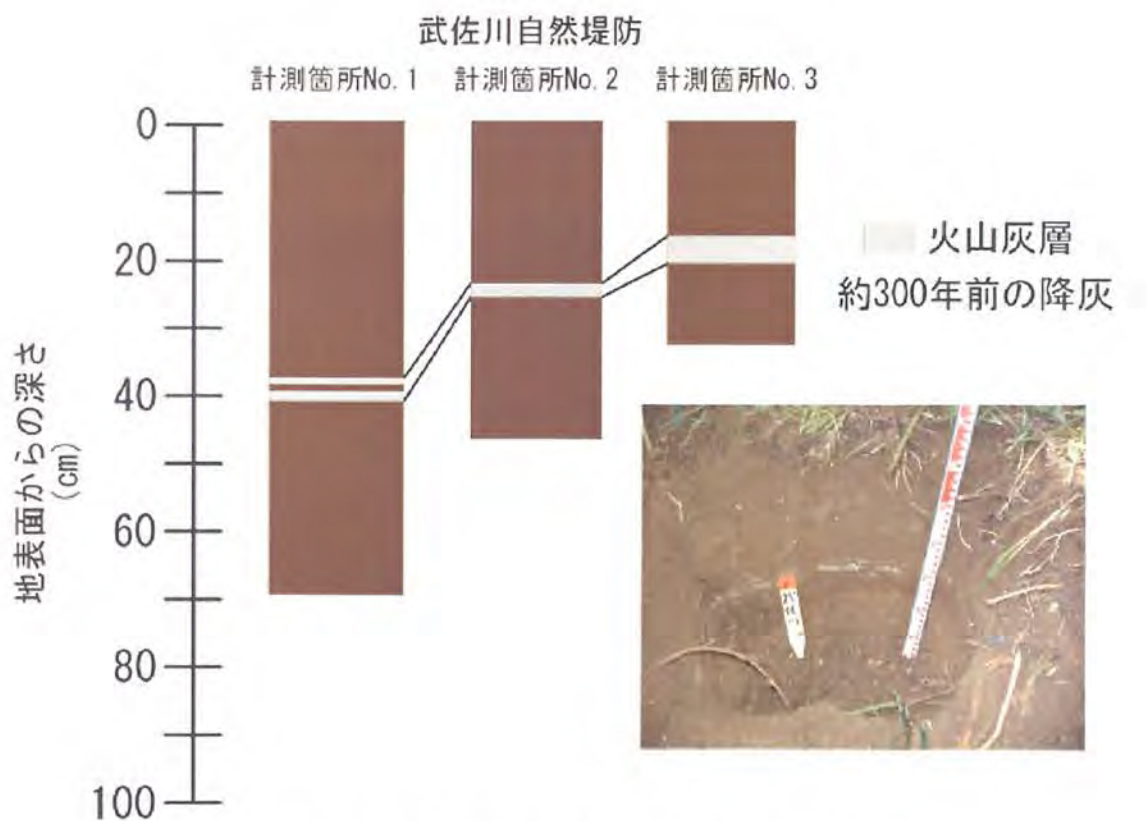
表－3.3 分散分析結果（上：ハルニレ，下：ヤナギ類）

要 因	偏差平方和	自 由 度	平均平方	F 値	P 値	判定
土砂被覆	181.5	1	181.5	20.48276	0.0003	**
礫径	1037.583	2	518.7917	58.54702	0.0000	**
交互作用	257.25	2	128.625	14.51567	0.0002	**
誤差	159.5	18	8.861111			
全体	1635.833	23				

要 因	偏差平方和	自 由 度	平均平方	F 値	P 値	判定
土砂被覆	135150	1	135150	7.979855	0.0112	*
礫径	296761.6	2	148380.8	8.761057	0.0022	**
交互作用	52485.08	2	26242.54	1.549476	0.2394	
誤差	304855.3	18	16936.4			
全体	789252	23				

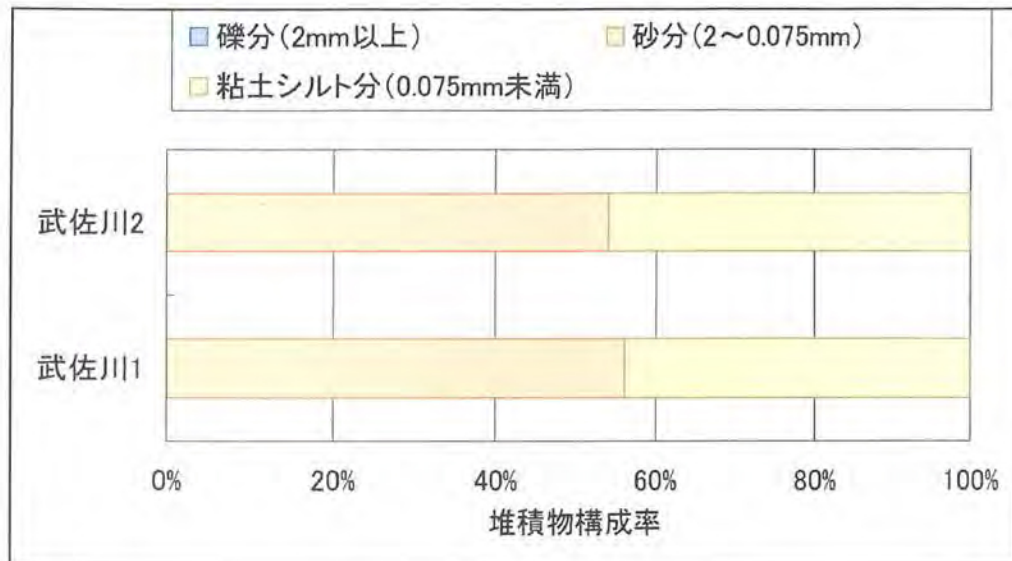


図－3. 26 各パターンによる発芽数の違い（左：ハルニレ，右：ヤナギ類）
図中の有無は、タネ播種後の土砂被覆についてのことである



図－3. 27 自然堤防部での土壌断面

	武佐川1	武佐川2
礫分(2mm以上)	0.0	0.0
砂分(2～0.075mm)	56.1	54.1
粘土シルト分(0.075mm未満)	43.9	45.9



図－3.28 自然堤防での堆積物の構成

3-5. 考察

以上の結果より、薄別川では溪畔林の樹齢分布が36～40年のものが最も多いことから、36～40年前に発生した洪水により（表－3.4）、溪畔林が局所的または広範囲にわたって破壊されたと考えられる。また全調査地点で確認された若齢（16～30年）の樹齢が分布していた箇所では、頻繁におこる増水や土石流または斜面崩壊による攪乱の影響を受けやすい微地形構造になっていたと考えられる。一方、St.1 右岸側で確認された比較的高齢（46～75年）のものが確認されたが、これは立地している土石流段丘が水面より比高が3mほど高く、頻繁におこる増水や土石流による攪乱の影響を受けにくい微地形構造になっていたと考えられる。また、樹齢範囲が9～208年と広範囲で確認できたことから、河川上流部である溪流部においては、樹木が生育する微地形が、攪乱の影響を受ける度合いで分布が異なり、その影響を受けて溪畔林も樹種および樹齢などが複雑になることが考えられる。

武佐川における河畔林の構造が形成される過程として、河川上流部で見られたような、広範囲での樹齢分布が確認できず、大きく分けると30年以下と40～70年となっていた。樹齢が30年以下のものは、主に河川改修後に形成された地形で多く、かつ先駆性樹種であるケヤマハンノキやヤナギ類が優占していたので、河川改修後すぐに形成された樹林であると考えられる。一方、樹齢が40～70年のものは、主に河川改修の影響を受けていない自然地形で多く、かつてこの地帯で形成されていた樹種であるハルニレやヤチダモが優占していたことから、かつての状態を維持しながら、現在まで残っていたと考えられる。しかし、後継樹となる若齢のハルニレやヤチダモは、自然地形上では確認できず、河川改修後に施工された連結ブロックの隙間に多数確認できた。これは、現在の自然地形には、河畔林が更新できる場所が出来ておらず、ブロックの隙間が発芽にとって良い条件になっていたと考えられる。これらのことから、かつてこの地域での河畔林は、増水などの攪乱の影響によって形成される微地形上を更新する場所として利用するより、風倒による根返り等で地表面に凹凸ができ、そこに河畔林を構成している種のタネが供給されたなどの要因で更新していたことが考えられる。

表－3.4 石狩川流域での洪水および増水被害記録^{6), 7)}

樹齢区分	年代区分	石狩川流域洪水記録
1～5	1999～2003年	
6～10	1994～1998年	
11～15	1989～1993年	
16～20	1984～1988年	
21～25	1979～1983年	1981年
26～30	1974～1978年	1975年
31～35	1969～1973年	1970年
36～40	1964～1968年	1965年, 1966年
41～45	1959～1963年	1961年, 1962年
46～50	1954～1958年	1955年, 1956年
51～55	1949～1953年	
56～60	1944～1948年	
61～65	1939～1943年	
66～70	1934～1938年	
71～75	1929～1933年	1932年
76～80	1924～1928年	
81～85	1919～1923年	1922年
86～90	1914～1918年	
91～95	1909～1913年	
96～100	1904～1908年	1904年
101～	1899～1903年	1898年

3-6. 第3章の参考文献

- 1) 伊藤哲・中村太士：地表変動に伴う森林群集の攪乱様式と更新機構，森林立地，36（2），p.31-40，1994.
- 2) Johnson W.C., Burgess R.L. & Keammerer W.R. : Forest overstory vegetation and environment on the Missouri River floodplain in North Dakota, Ecological Monographs, 46, p.59-84, 1976.
- 3) 山岸宏光編：北海道の地すべり地形－分布図とその解説－，北海道大学図書刊行会，p.57-59，1993.
- 4) 古川竜太・吉本充宏・山縣耕太郎・和田恵治・宇井忠英：北海道駒ヶ岳火山は1694年に噴火したか？－北海道における17～18世紀の噴火年代の再検討－，火山，42（4），p.269-279，1997.
- 5) 町田洋・新井房夫：新編火山灰アトラス－日本列島とその周辺－，東京大学出版会，p.159-176，2003.
- 6) 北海道開発局石狩川開発建設部：石狩川治水史，財団法人北海道開発協会，1015p.，1980.
- 7) 続石狩川治水史編集委員会：続石狩川治水史，北海道開発局石狩川開発建設部・旭川開発建設部，978p.，2001.

第 4 章

河川環境における河川微地形と 河畔林の関係

第4章 溪流環境の再生を目標とした溪床の大礫分布の把握

4-1. 目的

平成15年1月に自然再生推進法の施行を機に、日本各地で、公園、河川や港湾などでの自然再生事業が展開されてきた。河川での自然再生事業では、主に河川下流部における自然再生がおこなわれており¹⁾、渓流域などの河川上流部での事例は少ない。

今後、渓流域においても土砂災害の防止を図りつつ、渓流域での生物の良好な生息・生育環境を保全・再生するため、自然共生型の砂防事業を推進していく必要があると考えられる。そのためには、渓流域において生物以外にも水の流れや溪流微地形などの物理的環境要素を渓流域全体で把握する必要があると考えられる。

大礫が点在する渓流域での溪床礫の分布を長い区間で連続的に把握することは、浮遊砂・掃流砂を対象とした流砂系の研究²⁾と同様に、防災面から見ても、その後の台風や大雨によって誘発される土砂災害の対策ともなり、環境面から見ても、渓流域に生息する水生生物との係わり合い³⁾や、渓流域に生育する溪畔林との係わり⁴⁾など、生物的な環境要素と密接に関係しているため、必要であると考えられる。

礫径の計測方法としては、表面礫径計測である線格子法・面格子法⁵⁾・石礫指標⁶⁾や粒度分析⁷⁾などがあるが、線格子法・面格子法での溪床礫の計測は、線格子法では計測地点での最大礫径を目安に50cmまたは1m単位で格子点を設定することや、面格子法では1~2mの型枠を縦横10等分して格子を設けるため⁵⁾、粒径が小さい礫では、計測可能だが、今回対象とするような大礫が点在する渓流域では、計測する溪床礫が重複してしまうなどの不向きな面があると考えられる。また、粒度分析においても、各調査対象箇所での最大礫径で試料採取量が変わるため⁷⁾、長い区間連続的に同じ尺度で計測するのには不向きであり、数多くの地点で試料を採取し実施するのは困難であると考えられる。石礫指標に関しては、今まで数百mの区間での大礫分布を見るために行われていたが⁶⁾、手法が容易に行えるため、上流から下流までの長い区間で連続的に同じ尺度で計測可能であるから、本研究では、石礫指標を使用するのが適切であると考えた。

そこで本研究では、溪畔林などの生育に関連のある物理的環境要素である溪床の大礫分布を、長い区間連続的に石礫指標を用いて計測し、流域全体での分布と砂防・治山構造物が施工されている区間と構造物が施工されていない区間での分布動態を明らかにすることを目的とした。

4-2. 対象溪流の概要

本研究の対象地は、北海道札幌市南区を流れる一級河川である石狩川水系豊平川の支流である簾舞川と薄別川とした（図－4.1）。

簾舞川は、札幌市南区の空沼岳（標高 1251m）に源を発し、札幌市南区簾舞で石狩川水系豊平川と合流する溪流である。源流部付近は、大規模な地すべり地形が発達している。これらは、新第三紀の泥岩や変質した火山岩の上に柱状節理の発達した安山岩溶岩（平坦溶岩）の重なるキャップロック構造に起因しているものが多い。これらの地すべり地形の末端は、土石流堆になっており、溪床土砂の供給源になっている。また中流域にも新第三紀の泥岩や安山岩溶岩が分布し、右岸側に地すべり地形の発達が見られる。これらの地すべりの活動性は不明のものが多いが、林道にズレを生じている箇所も存在するなど、現在、活動中のものも存在する。下流部には、段丘や崖錐が見られる⁸⁾。流域の植生や土地利用等の状況は、最下流部の市街地および下流部の溪流沿いの農地を除くと、流域の大半は森林となっている。その内、中・上流部は国有林となっている。また中・下流部には谷底低地が見られ、ここには、大都市の市街地にもかかわらず、自然の河畔林が発達している。

薄別川は、基本的に自然の状態が保たれているが、豊平川合流点から約 2.5km 付近には落差工が、また、無意根大橋の下流約 1km 付近には薄別川取水ダムが設けられている。

両溪流ともに豊平川の上流側に位置し、昭和 40～50 年代に前線を伴った台風による集中豪雨等で、土砂災害が発生したほかに、溪流荒廃が著しく進んだため、昭和 58 年頃に豊平川砂防事業計画の基本方針により、砂防事業計画対象地域に指定されている地域にある⁹⁾。表－4.1 にも示すように、両溪流は、ほぼ同じ溪床勾配を有するが、流域面積は薄別川が 3 倍ほど大きい。研究対象区間は、両溪流とも豊平川合流地点を基準とし、上流側に簾舞川では約 7.3km、薄別川では約 8.0km の区間までとした。

簾舞川には、豊平川の段丘・山麓部に展開する市街地に対する土砂災害の防止を図るため、昭和 42 年頃から 61 年頃にかけて、大規模な砂防ダムを含む砂防・治山構造物が、ほぼ全域に設置されている。一方、薄別川では、豊平川合流点から約 6km 上流部において、平成 12 年 5 月中旬に大規模な地すべりが発生したため¹⁰⁾、同年から翌年にかけて復旧治山事業により治山構造物が施工されているが、砂防構造物はほとんど施工されていない（表－4.2）。この両溪流の位置づけとしては、同じ豊平川流域に属する溪流で、流域全体における砂防・治山構造物設置の有無による溪床礫の分布の違いが見出せると推察できたためである。なお、溪流内にて確認された礫の母材に関しては、調査をおこなっていない。

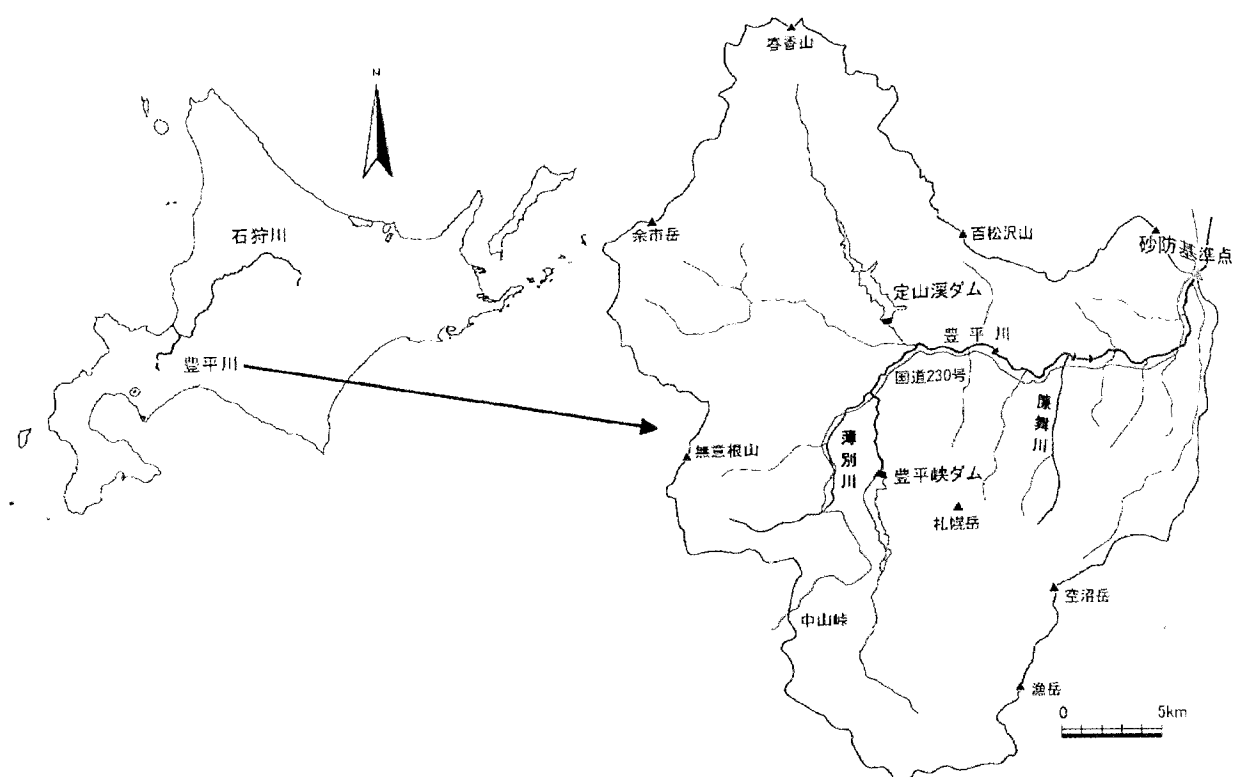


表-4.1 対象溪流の概要

*1:対象区間内での値

表-4.2 対象渓流内で確認された砂防・治山構造物

簾舞川で確認された構造物

合流点からの 距離(m)	名称	施工 年度	構造物 落差(m)
160.0	低落差床固	不明	1.0
300.0	低落差床固	不明	1.0
390.0	低落差床固	不明	1.0
470.0	低落差床固	不明	1.0
650.0	低落差床固	不明	1.3
840.0	低落差床固	不明	1.1
1270.0	取水堰	不明	2.6
1478.0	簾舞川簾舞砂防ダム	S42	8.0
3136.0	簾舞川御料砂防ダム	S46	11.5
4407.0	簾舞川東御料砂防ダム	S48	10.0
5501.0	簾舞川左股床固	S55	3.0
5546.0	簾舞川谷止	S59	4.1
5651.0	簾舞川床固	S60	3.4
5711.0	簾舞川床固	S60	2.4
5791.0	簾舞川床固	S61	3.2
5896.0	簾舞川床固	S61	3.9
7036.0	不明	不明	5.5

薄別川で確認された構造物

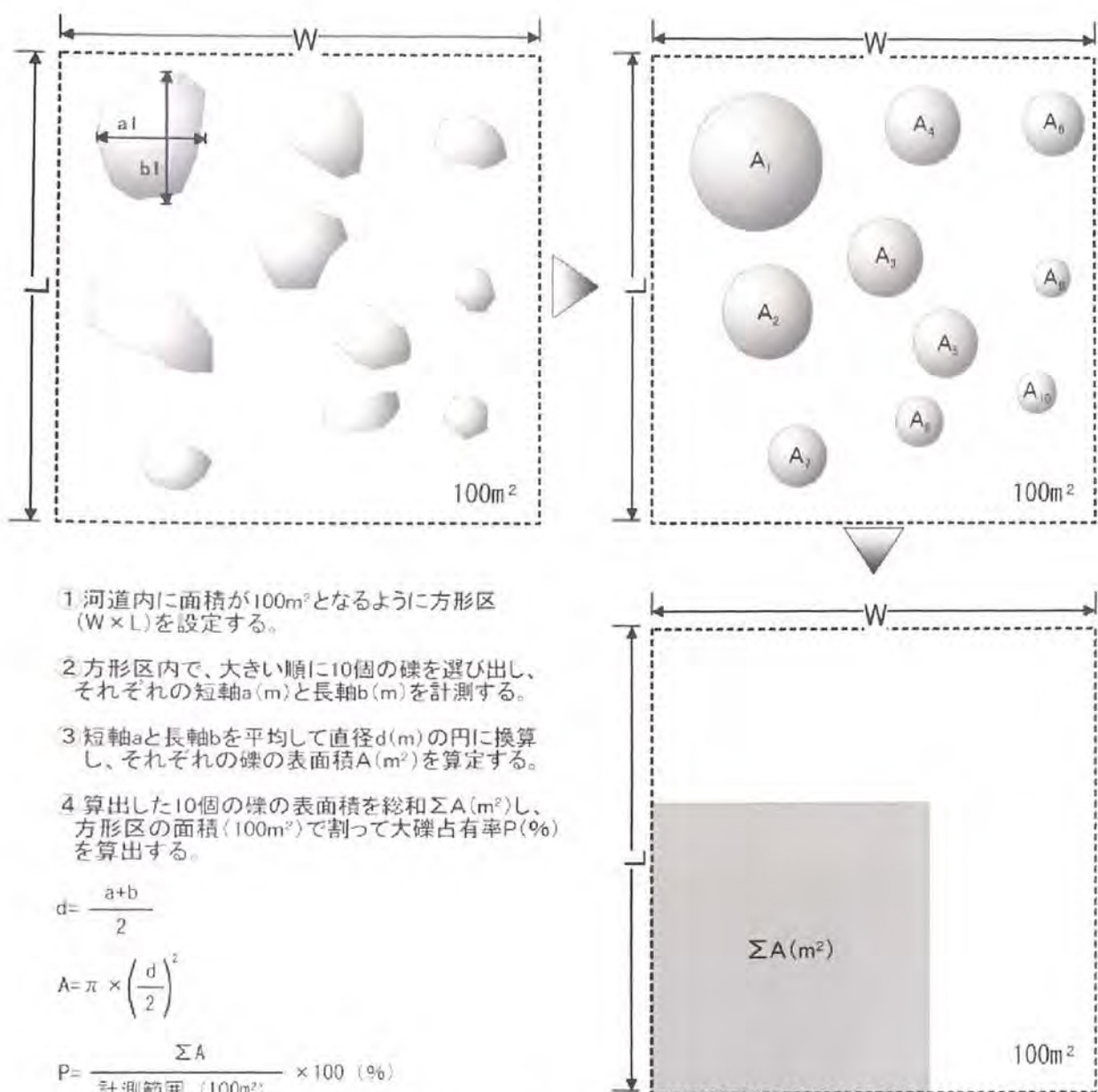
合流点からの 距離(m)	名称	施工 年度	構造物 落差(m)
75.0	落差工	不明	4.5
6412.0	薄別川取水ダム	不明	4.0
7685.0	護床工	H12	2.0
7818.0	薄別川谷止	H12	5.5
7902.0	薄別川1号床固	H12	2.4
7952.0	薄別川2号床固	H12	2.7
7993.0	薄別川3号床固	H12	2.1
8046.4	薄別川4号床固	H13	3.2

4-3. 研究方法

対象渓流域における大礫の分布動態を明らかにするために、石礫指標による上位 10 個のサンプリング法で礫径の計測をおこなった。

方法としては、各溪流ともに豊平川との合流点を基準として、その合流点から上流に向けて、約 200m 間隔で調査地点を設けた。調査地点付近に砂防・治山構造物が存在する場合は、構造物の直上部および直下部でも計測地点を設け、計測をおこなった。

調査地点の河道内において、調査方形区をそれぞれ 100m^2 になるように設け、調査方形区内の表層に存在する礫の中で、目視により大きいものから上位 10 個の礫を選抜して、長軸・短軸の二軸長を計測し、その結果から平均径を算出した。その平均径から円投影面積に換算して、それらすべてを合計したものと調査方形区面積との面積比を大礫占有率とした（図-4.2）。大礫占有率の値が大きいと、設定した調査方形区内には、径の大きい礫が優占して点在することとなり、大礫占有率の値が小さいと、設定した調査方形区内に、径の小さい礫が優占して点在するということ表している。上記の方法で、簾舞川では 60 箇所、薄別川では 54 箇所、計測をおこなった（図-4.3, 4.4）



図－4.2 大礫占有率算出方法

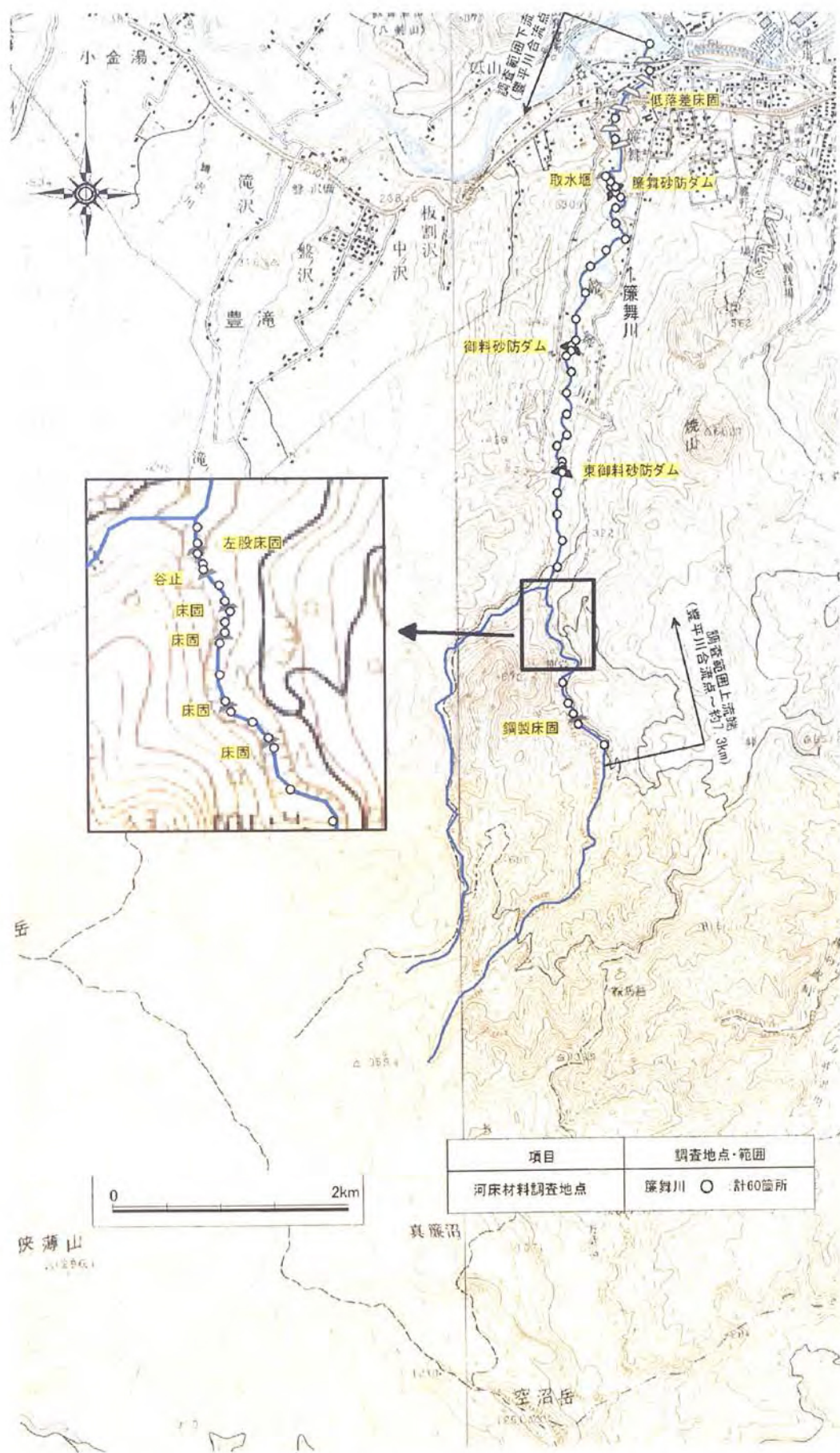


図-4.3 篠舞川調査地点（合計 60 地点）

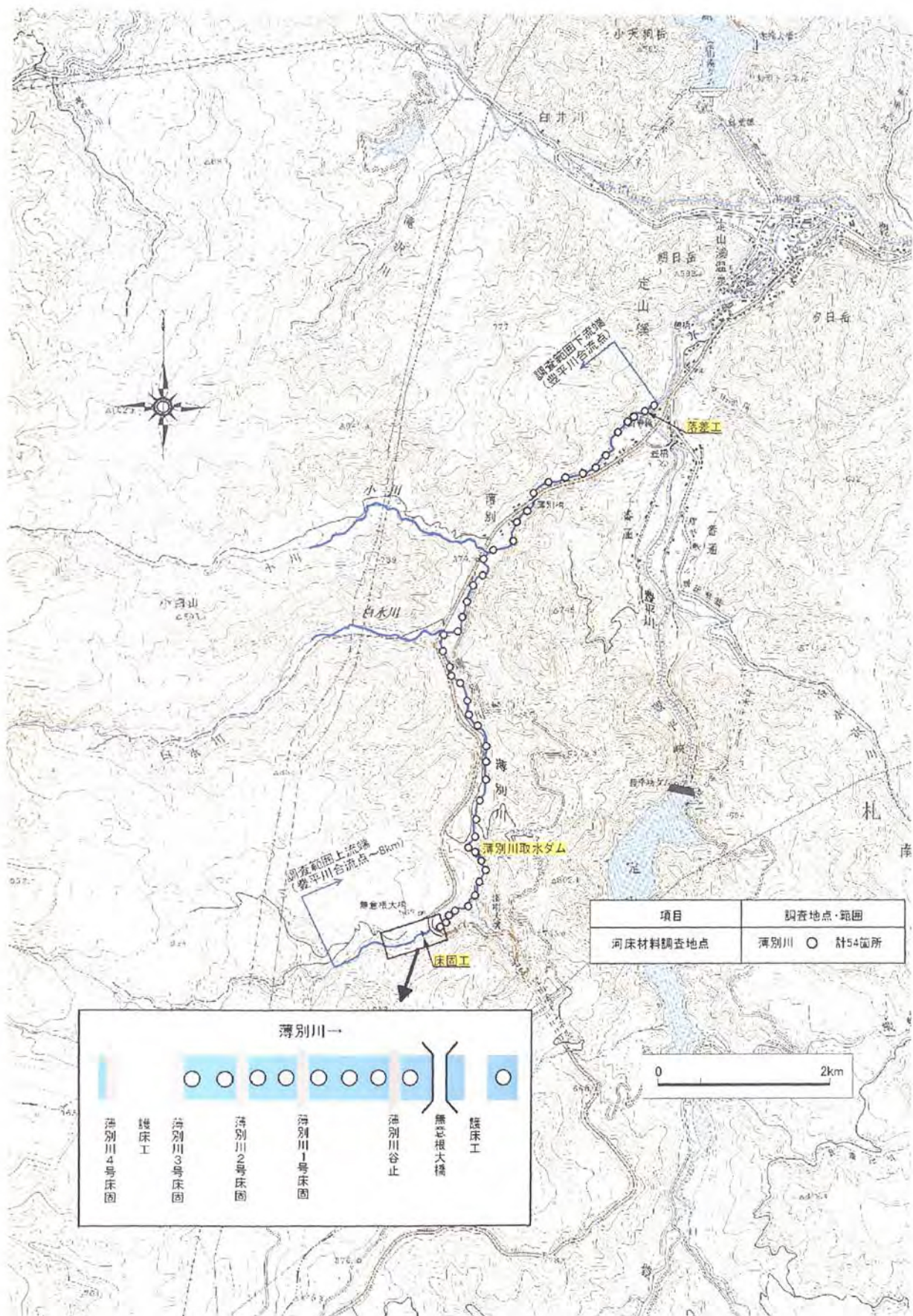


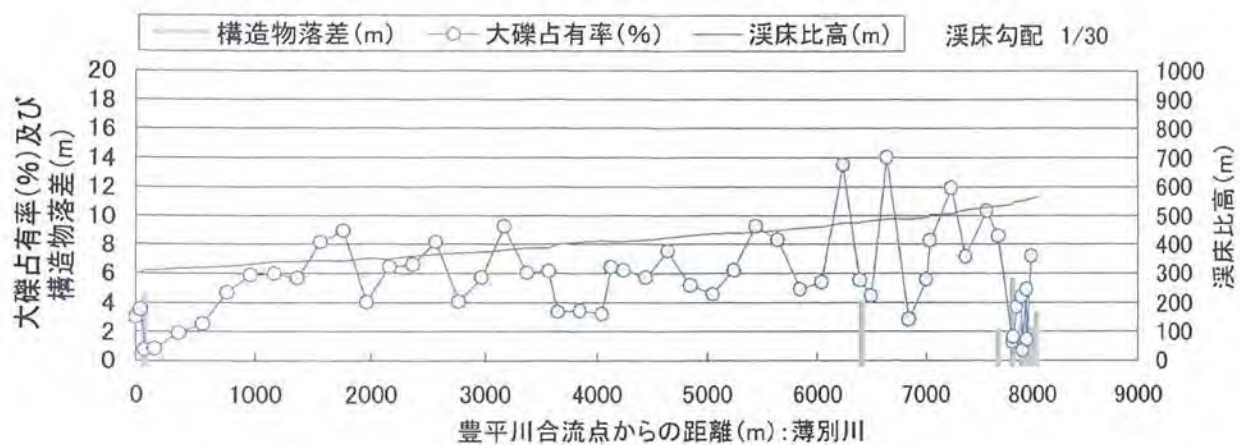
図-4.4 薄別川調査地点（合計 54 地点）

4-4. 結果

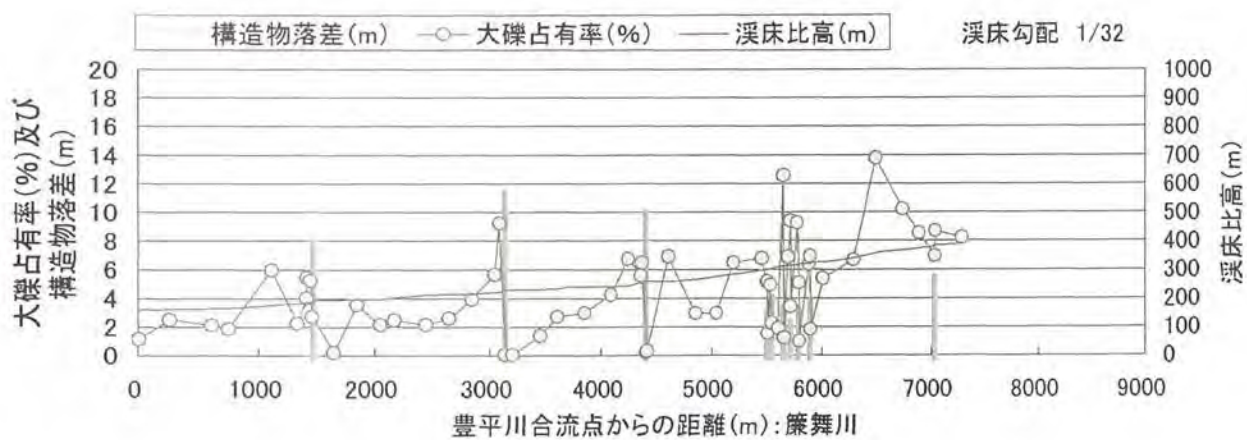
4-3 で述べた方法を用いて、薄別川および簾舞川の対象区間で計測をおこなった。礫径を計測後に算出した大礫占有率の結果のグラフ（図-4.5, 4.6）は、横軸に豊平川合流点からの距離を取り、左側縦軸に算出した大礫占有率と確認された構造物の落差を、右側縦軸には溪床比高を示している。

はじめに砂防・治山構造物がほとんど施工されていない薄別川の結果を上流側から下流側に向けて順に見ていくと（図-4.5）、治山構造物が施工されている8000m 地点付近では、全体的に大礫占有率の値が小さく、豊平川合流点付近と同じくらいの値となっていた。一方、1500～6000m 地点付近では、約 700～800m 周期で増減を繰り返し、合流点～1500m 地点付近では合流点に向けて、徐々に値が減少していくといった結果になっていた。

次にほぼ全域に砂防・治山構造物が施工されている簾舞川の結果も同様に上流側から下流側に向けて順に見ていくと（図-4.6）、治山構造物が施工されている5000～7000m 地点付近では、大礫占有率が短い区間で増減を繰り返していた。しかし、それより下流側にある砂防ダム間（上流側から順に東御料砂防ダム～御料砂防ダム間、御料砂防ダム～簾舞砂防ダム間および簾舞砂防ダム～豊平川合流点間）では、砂防ダム直上部で極端に大礫占有率の値が小さくなり、砂防ダム直下部で値が急増し、下流側の砂防ダムに向けてまた値が減少していくといった大礫占有率の分布となっていた。



図－4.5 大礫占有率（薄別川）



図－4.6 大礫占有率（簾舞川）

4-5. 考察

ほとんど砂防・治山構造物が施工されていない薄別川では、1500～6000m 地点付近において、構造物施工による溪床の人為的影響を受けていないため、本来の渓流域上流部における大礫の分布になっていたと考えられる。また、治山構造物が施工されている約 8000m 地点で、大礫占有率の値が豊平川合流点付近にほぼ同じ値となっていたが、これは治山構造物を施工したことにより、堆砂の影響で溪床の勾配が緩くなり、大きい径の礫移動が制限され、掃流的な細粒の土砂がその礫を覆うように溪床表層に堆積したためだと考えられる。

一方、大規模な砂防ダムを含む砂防・治山構造物が、ほぼ全域に設置されている簾舞川では、大規模な砂防ダムが 3 基施工されている合流点～5000m 地点付近で、ダム直上部で極端に大礫占有率の値が小さくなり、直下部で値が急増し、下流側の砂防ダムに向けてまた値が減少していくといった大礫占有率の分布が確認された。これは砂防ダム直上部では大礫が捕捉された後に、粒径の小さい礫や砂が堆積して、溪床表層が覆われ、砂防ダム直下部では、上流からの粒径の小さい礫や砂などの供給が無くなり、流水による洗掘によって、それまで堆積していた溪床表層の粒径の小さい礫や砂が、下流側に流されてしまうことにより、大礫のみが溪床表層に残ってしまうために、このような分布をしていたと考えられる。

本来であれば、溪床礫の分布は、大礫占有率の値を増減させつつ、上流部から下流部に向けて値を減少させるといった分布動態を示すと考えられる。しかし、大規模な砂防ダムを含む砂防・治山構造物が、ほぼ全域に設置されている渓流では、大規模な砂防ダム区間内で、構造物設置に伴う溪床礫の急激な分布の変化をしていたことから、渓流に生息するハナカジカをはじめとする底生型の魚類への影響¹¹⁾や礫間に生息する底生動物など、渓流域に生息・生育する生物などに、生育・生息場所の制限や分断などの悪影響を与えているものと考えられる。

4-6. まとめ

本研究では、渓流域を構成する物理的環境要素である大礫の渓流域全体での分布を、長い区間連続的に石礫指標で計測し、流域全体での分布と砂防・治山構造物が施工されている区間と構造物が施工されていない区間を明らかにすることを目的とした。

本研究の結果から、砂防・治山構造物が施工されていることにより、その構造物付近で本来あるべき大礫の分布が失われ、そこには構造物の特徴に応じた分布を示すことがわかった。このように、渓流域全体で、地点ごとでの大礫の分布を把握することや計測結果を積み重ねていくことにより、今後、渓流域における生物の良好な生息・生育環境を保全・再生するための自然共生型の砂防事業を推進していくための基礎的な情報となると考えられる。

4-7. 第4章の参考文献

- 1) 中村太士：河川・湿地における自然復元の考え方と調査・計画論－釧路湿原および標津川における湿地・氾濫原・蛇行流路の復元を事例として－，応用生態工学，Vol5，No.2，p.217-232，2003.
- 2) 金 勲・丸谷知己・宮崎敏孝：山地流域における浮遊砂と掃流砂の流出量変化，砂防学会誌，Vol.55，No.6，p.21-32，2003.
- 3) 竹門康弘：溪流における水生昆虫の棲み場所保全，砂防学会誌，Vol.50，No.1，p.52-60，1997.
- 4) 崎尾 均・鈴木和次郎：水辺の森林植生（溪畔林・河畔林）の現状・構造・機能および砂防工事による影響，砂防学会誌，Vol.49，No.6，p.40-48，1997.
- 5) 河村三郎・小沢功一：山地河川における河床材料のサンプリング方法と粒度分布，土木学会誌 55-12，p.53-58，1970.
- 6) 東 三郎：石れき指標に関する砂防学的研究，北海道大学農学部演習林研究報告，第40巻，第1号，p.197-226，1983.
- 7) 新谷 融・黒木幹男：流域動態の認識とその方法，北海道大学図書刊行会，p.83-94，2001.
- 8) 山岸宏光編：北海道の地すべり地形－分布図とその解説－，北海道大学図書刊行会，p.57-59，1993.
- 9) 続石狩川治水史編集委員会：続石狩川治水史，北海道開発局石狩川開発建設部・旭川開発建設部，p.608-683，2001.
- 10) 薄別川無意根大橋付近の地すべり対策に関する検討会事務局：薄別川無意根大橋付近の地すべり対策に関する検討会資料，薄別川無意根大橋付近の地すべり対策に関する検討会事務局，p.1-56，2002.
- 11) 渡辺恵三・中村太士・加村邦茂・山田浩之・渡邊康玄・土屋進：河川改修が底生魚類の分布と生息環境におよぼす影響，応用生態工学，Vol.4，No.2，p.133-146，2001.

第 5 章

溪流環境における溪畔林と 水温の関係

第 5 章 溪流環境における水温と溪畔林の関係

5-1. 目的

河川における水温は、季節的または人工的な条件を受けて変動するものであり、特に夏期における水温変動は河畔林による河道の被覆によって水温上昇を抑制する効果があることが報告されている^{1), 2)}。これは水温変動を起こす要因である日射^{1), 2)}を河畔林が水面に到達させない効果があるためである。特に河川中下流部より流路が狭い河川上流部（溪流）においては、この効果が顕著であると考えられる。また、森林を有する流域での森林伐採前後の研究では、森林伐採後の水温が伐採以前の水温を上回り変動が大きくなることが報告されている³⁾。

溪流では、さまざまな治山・砂防事業がおこなわれており、それに伴いさまざまな規模の治山・砂防構造物が施工されてきた。その構造物の施工には、少なからず生育している溪畔林の伐採が必要となる。施工作業が一時的にせよ、溪畔林の伐採は、水温の人為的改変を及ぼし、魚類をはじめとする水生生物に悪影響を与えられとされる。それを把握するために砂防事業がおこなわれている溪流において、流域全体での計測を行った事例は少ない。そこで本研究では、水温変動の大きい夏期における溪流水温に着眼点を置き、施工されている治山・砂防構造物との関連をデータ解析により明らかにすることを目的とした。

5-2. 対象溪流の概要

研究対象地は、札幌市南区を流れる石狩川水系豊平川の小支流である穴の川とした（図-5.1）。流域面積は約 9.4km²、流路延長は約 8.9km である。本溪流は上流部に森林が多く残っているが、中流部になると農地が、そして下流部には住宅地が広がっている。この穴の川には上流部に落差 7m の砂防ダムが 1 基、落差 4.5m の床固工が 2 基、中流部に流路工や遊砂地、下流部には豊平川合流点まで流路工が施工されている。なお、調査区間は豊平川合流点から上流へ約 6km までとした。

5-3. 研究方法

水温調査

溪流の縦断的な水温の変動を把握するため、溪床に鉄杭を打ち込み固定し、流水部に自記記録式水温計（StowAway TidbiT Temp Logger, Onset Computer）を掃流土砂に埋もれないように溪床から少し離れた状態で設置した。計測する時間間隔は 10 分とした。同時に、水温計を設置した箇所において、溪流水面が溪畔林もしくは河岸に繁茂する草本類等で覆われているか（水面カバー）を確認した。

回収した水温データから、水温の変動がもっとも大きいと予測される夏期の無降水期における日周変化および縦断変化を取りまとめた。なお、水温計は流程全体に 18 個の自記記録式水温計を設置し、データ解析には 2001 年 7 月 1 日から 8 月 31 日までのデータを用いた。

水温データ解析

取りまとめをおこなった水温データを、水温計測地点ごとの特徴を見出すため、計測地点ごとに日平均水温と日最大水温差に着目し、データ解析をおこなった。

河川環境平面図作製

自記記録式水温計を設置した地点の状況を把握するため、調査範囲内の地形状況、河道状況や溪畔林の状況をコンパス測量等により河川環境平面図を作製した。

5-4. 結果

水温調査地点の状況

水温調査を実施した全 18 地点の状況をまとめたものが表－5.1 である。

これによると、水温計を設置した地点は、全体では平均で水深が 16cm、水面幅が 2m ほどであった。また、上流部（No.13～18）では水面を覆うほど溪畔林が繁茂しているが、流路工が施工されている中・下流部（No.1～12）になると水面を覆う溪畔林はほとんどなく、草本類が繁茂していた。水面を覆うカバーの役割は、上流側では繁茂している木本類と草本類が担い、中・下流部では、主に草本類となっていた。また流路工が施工されている地点の一部では、水面カバー率が 0%となっていた箇所もあった。

表－5.1 水温計設置地点の概要

地点No.	水深 (cm)	水面幅 (m)	水面 カバー率(%)	カバーの構成	設置地点詳細
1	12.0	2.4	0	なし	流路工部分
2	33.0	1.4	20	草本類	流路工部分、河岸に草本類繁茂
3	13.0	2.7	35	草本類	流路工部分、河岸に草本類繁茂
4	16.0	1.4	10	草本類	流路工部分、河岸に草本類繁茂
5	12.0	1.3	20	草本類	流路工部分、河岸に草本類繁茂
6	14.0	1.6	10	草本類	流路工と遊砂池の境界、河岸に草本類繁茂
7	10.0	1.4	10	草本類	流路工部分、河岸に草本類繁茂
8	11.0	1.4	10	草本類	流路工部分、河岸に草本類繁茂
9	13.0	2.0	80	木本類, 草本類	周辺には溪畔林が繁茂
10	13.0	1.7	0	なし	流路工部分
11	14.0	2.3	45	木本類, 草本類	流路工部分、河岸に溪畔林繁茂
12	31.0	2.2	0	なし	流路工部分
13	13.0	2.5	95	木本類	周辺には溪畔林
14	14.0	2.2	40	草本類	周辺には大型の草本類が繁茂
15	23.0	1.5	10	木本類, 草本類	砂防ダムから上流に3m付近、周辺には溪畔林
16	17.0	2.2	80	木本類, 草本類	No.1床固工から下流、周辺には溪畔林
17	20.0	21.5	40	木本類, 草本類	No.1床固工から上流、満砂状態、周辺には溪畔林
18	17.0	2.9	80	木本類, 草本類	No.2床固工から下流、周辺には溪畔林

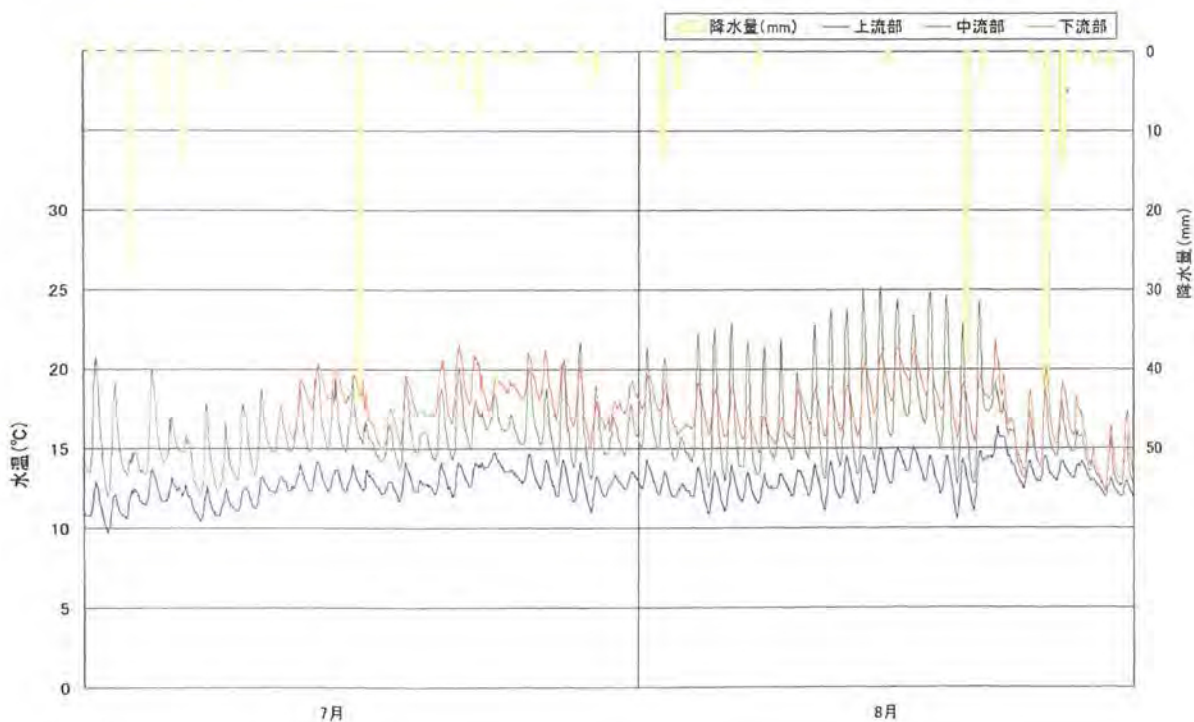
水温の日周変化および縦断変化

全 18 地点の中から上中下流部より 1 地点ずつ、計 3 地点を抜粋した日周変化を示したものを図－5.2 に示す。また、無降水日における 3 時間後との水温の縦断変化を示したものを図－5.3 に示す。無降水日が続き、日平均水温が最も高い日の 3 時、6 時、14 時、15 時の水温を縦断流程で示したものを図－5.4 に示す。

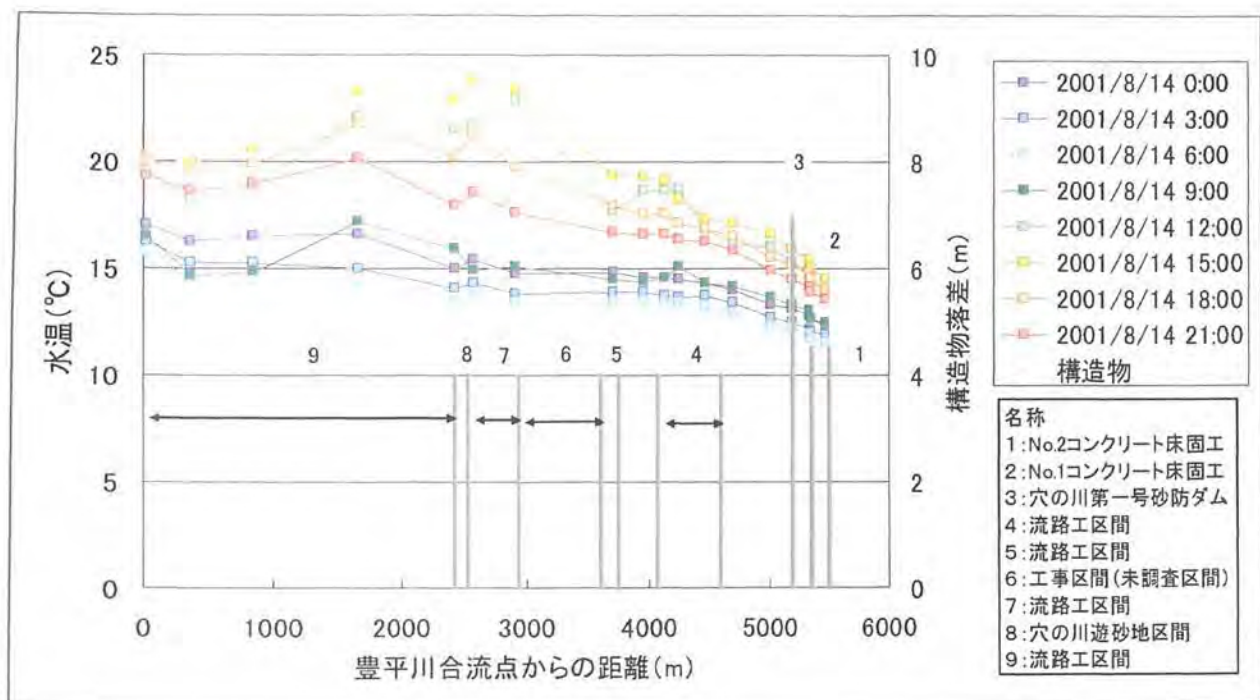
図－5.2 より本溪流では上流部では、ほぼ 11℃付近で水温が保たれ、中流部と下流部では、平均水温が約 17℃と同じくらいであるが、8 月の無降水日が続いた期間では、中流部での最高水温と最低水温との差が、顕著に現れ、約 10℃ほど水温差が示される日もあった。降雨時での水温の変動が小さく、無降水日が数日間続くと変動が大きくなることがわかった。

図－5.3 より無降水日における 3 時間後との縦断方向での水温変化を示したが、その結果、0 時～9 時頃までは上流から下流に向けての水温上昇が約 3℃とごくわずかだが、正午～15 時頃になると、遊砂地付近で水温が約 25℃まで上昇していることがわかった。日中上昇した水温は、18 時～21 時頃には、徐々に水温を低下させていたが、遊砂地より下流側では約 20℃で水温が保たれていた。

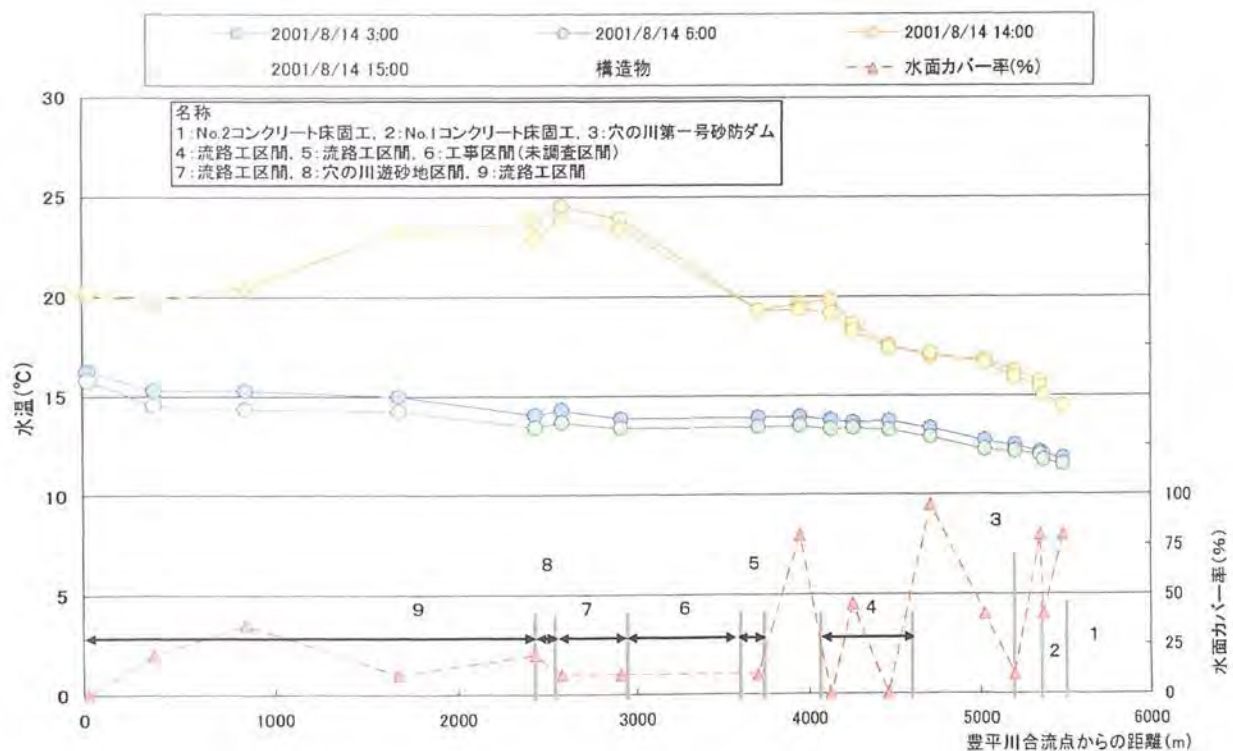
つぎに、図－5.4 より上流部での日中と早朝での水温差は約 4℃だが、中流部になると約 10℃になり、下流部に入ると再び約 4℃になった。また、日中の水温は上流部で約 15℃だったものが、中流部になると約 25℃まで上昇し、下流に向かうにつれ約 19℃まで低下した。また、水面カバー率をみると、流路工が施工されている中・下流部では平均 30%程度で、上流部では値が変動するが 60%程度となっていた。



図－5.2 3 地点での水温変動



図－5.3 3時間ごとの縦断方向の水温変化

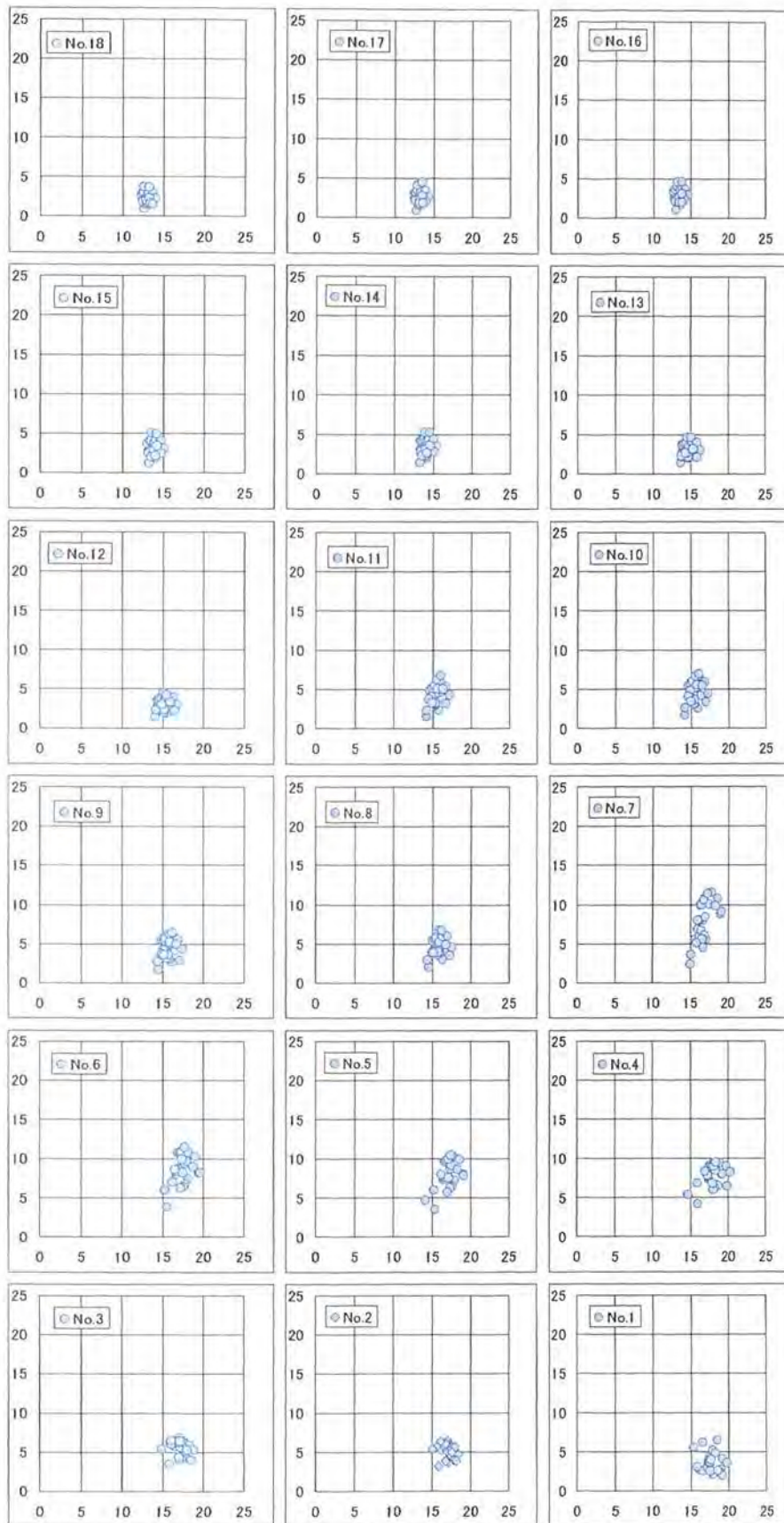


図－5.4 無降水日が続いた日(2001/7/14)の水温の縦断変化

水温データ解析

取りまとめをおこなった水温データを日平均水温と日最大水温差に関して計測地点ごとにまとめた(図-5.5)。無降水日における全地点での日平均水温と日最大水温差を示した。縦軸には日最大水温差、横軸には日平均水温を示している。

図に示したように、計測地点 No.12~18 ではプロットした点が一点に集中していたが(日平均水温で約 2.2℃, 日最大水温差で約 3.5℃)、計測地点 No.4~11 になると日最大水温差の軸に対して、プロットした点が広く分散し(日平均水温で約 3.9℃, 日最大水温差で約 6.2℃)、計測地点 No.1~3 になると、No.12~18 のようにプロットした点が一点に集中するが、わずかに分散する形となっていた(日平均水温で約 3.9℃, 日最大水温差で約 3.7℃)。



縦軸：日最大水温差，横軸：日平均水温

図－5.5 夏季の無降水期における日平均水温と日最大水温差（7月・8月）

各計測地点の状況

図-5.5より、プロットした点が一点に集中するものと、プロットした点が分散するものがあることがわかったが、それぞれを代表する地点の状況を河川環境平面図より判定した。

その結果、プロットした点が一点に集中した水温計測地点 No.18 (図-5.6) には、溪畔林が流水部付近まで繁茂し、直射日光を遮る水面カバーをなしていたのに対し、プロットした点が分散した水温計測地点 No.7 (図-5.7) では砂防構造物(流路工)が施工されており、水面を覆う溪畔林が存在していないため、常に水面が直射日光にさらされる状況になっていた。

穴の川 河川環境平面図 No. 18

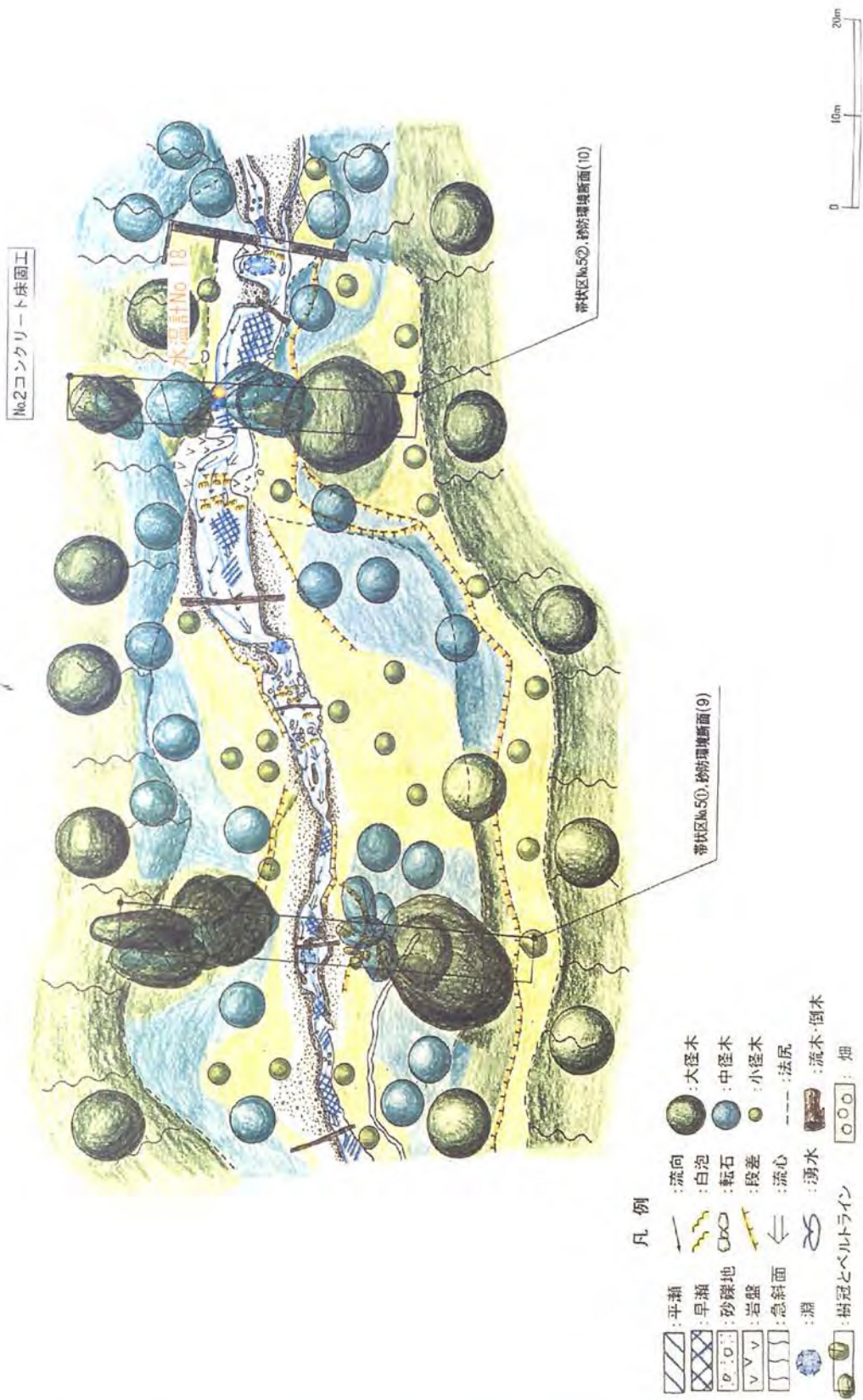


図-5.6 計測地点 No. 18 の状況

穴の川 河川環境平面図 No. 3

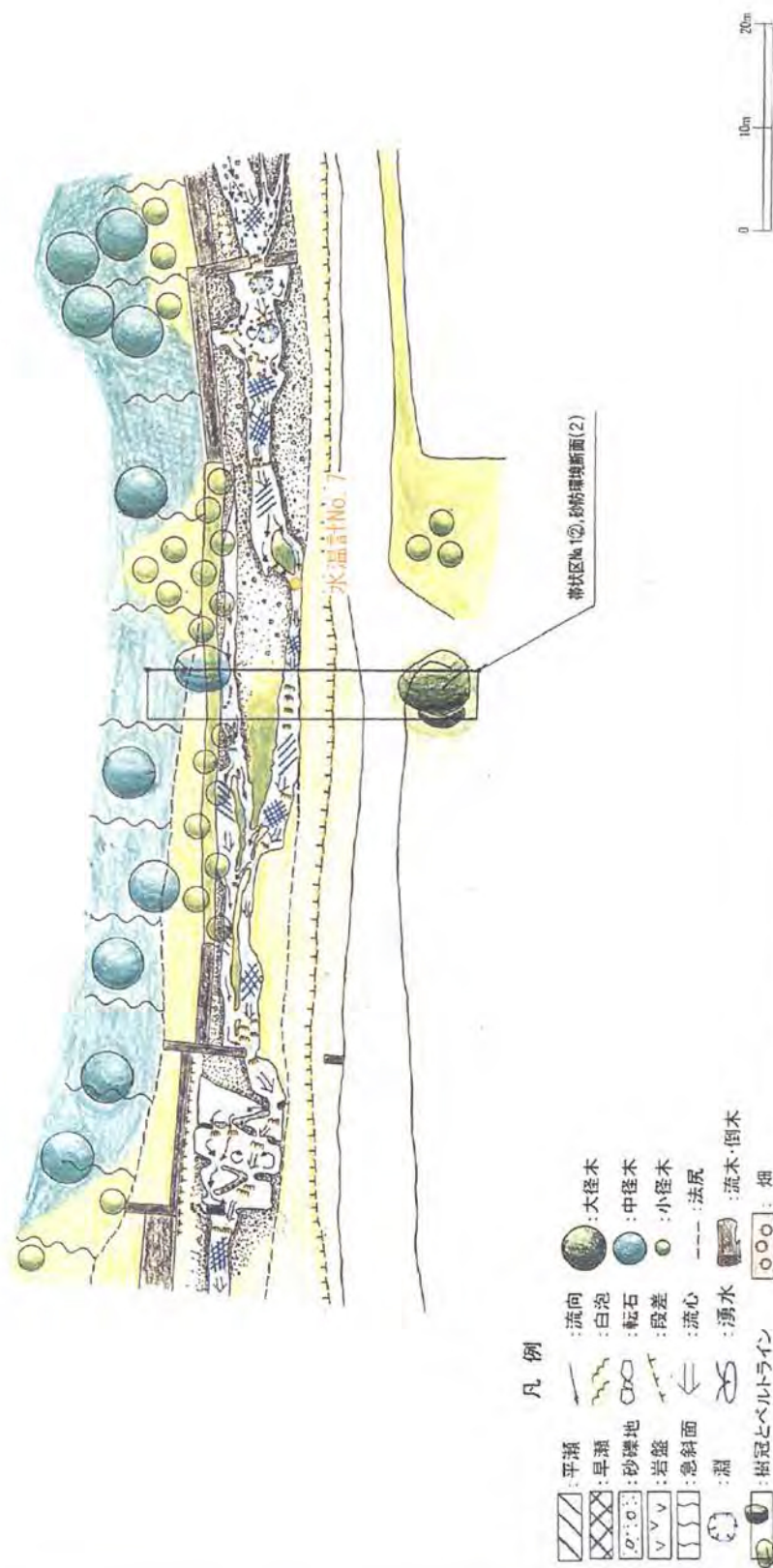


図-5.7 計測地点 No. 7 の状況

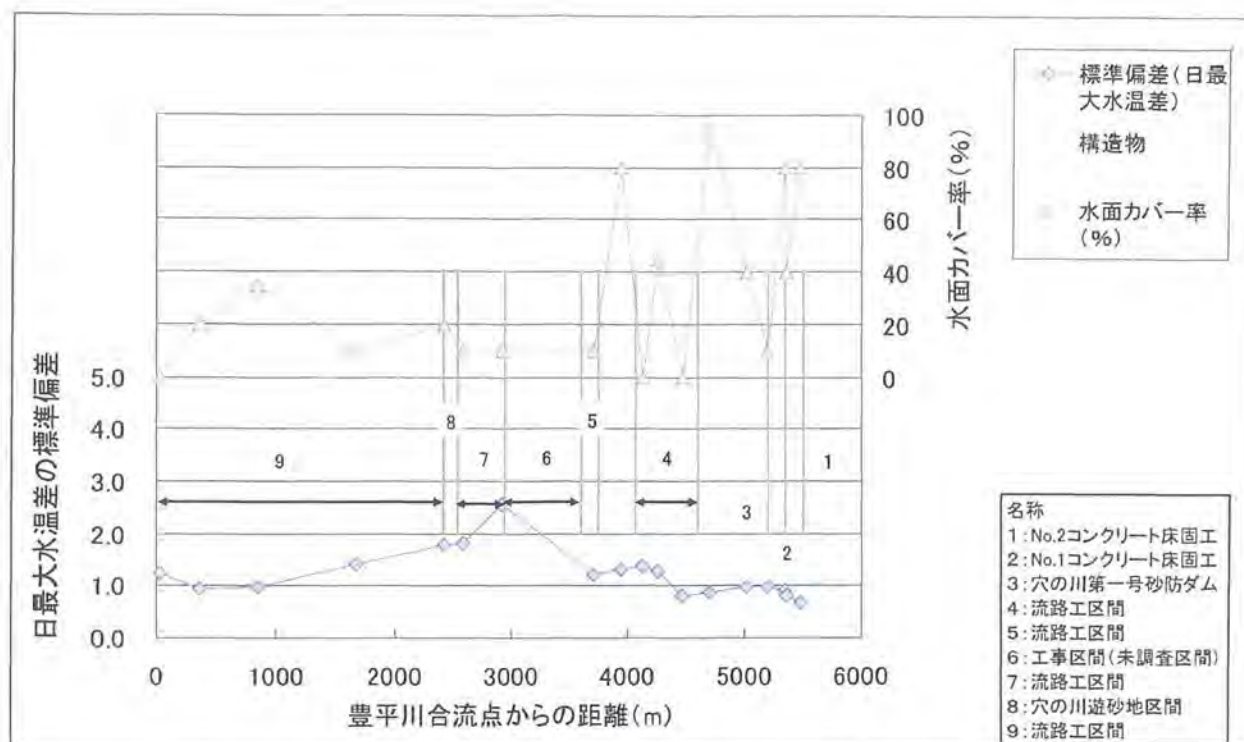
5-5. 考察

以上の結果より、本研究対象地である穴の川では、上流部に流水部を覆う溪畔林が数多く存在している事で、水面が直射日光を浴びることを防ぐカバーをなしていて、日平均水温や日最大水温差の極端な上昇を抑制したものと考えられる。一方、中流部にはほぼ全域に遊砂地や流路工が施工されていることで、流水部を覆う溪畔林が存在しておらず、水面を草本類がわずかに覆う程度のため、水面が直射日光にさらされることにより、日平均水温や日最大水温差を極端に上昇させる要因となったと考えられる。

しかし、下流部になると、縦断流程変化でも示したように、水温がピーク時より下がる傾向がみられたが、これは、本研究対象地の下流部は扇状地的な地形を示しており、小支流が存在していることが確認されていることより、河床への熱伝導などによる冷却⁴⁾や、流入してくる小支流や伏流水などの影響により一度上昇した水温を低下させる事例⁵⁾があるため、これらの影響ではないかと考えられる。

また図-5.8に示す通り、日最大水温差についての標準偏差をみたが、上流から三つほどピークを迎える地点(5000m 地点、4100m 地点、3000m 地点)が存在したがその地点には、上流から順に砂防ダム、流路工、遊砂地が存在した。また、遊砂地が施工されている約 3000m 地点での標準偏差が最も大きかった。またこの地点は、図にも示してあるように、調査実施当時、河川工事がおこなわれていた箇所の下流側にあたる。このことからみても、河川工事に伴う溪畔林の伐採の影響も出ていたと考えられるが、遊砂地のように、面的に施工される砂防構造物を施工することにより、水面が直射日光にさらされる区間が増大すると水温の変動に大きな影響を与えているのではないかと考えられる。

以上のようなことから、治水面において支障をきたさない程度に、溪畔林整備をおこなうと極端な水温上昇を抑制することができ、魚類をはじめとする水生生物に対して生息を脅かす状況を防ぐことが可能であると考えられる。



図－5.8 日最大水温差についての標準偏差と水面カバー率

5-6. 第5章の参考文献

- 1) 中村太士・百海琢司：河畔林の河川水温への影響に関する熱収支的考察，日本林学会誌，71 (10)，p.387-394，1989.
- 2) Sugimoto,S., Nakamura,F., and Ito,A. : Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, northern Japan, J.For.Res. 2, p.103-107, 1997.
- 3) Brown,G.W. and Krygier,J.T. : Effects of clean-cutting on stream temperature, Water Resour.Res. 6, p.1133-1139, 1970.
- 4) Burton,T.M. and Likens,J.M. : The effect of strip-cutting on stream temperatures in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire, Bioscience.23, p.433-435, 1973.
- 5) Brown,G.W. : Predicting the effect of clearcutting on stream temperature, J.Soil Water Conserv. 25, p.11-13, 1970.

第 6 章

河畔林の再生手法の成果と評価

第 6 章 河畔林の再生手法の成果と評価

6-1. 目的

日本の国土は、気候・地質条件から、地すべりや崩壊、土石流、火山泥流などの地表変動¹⁾が多発する。このような地表変動が原生的な自然林の分布域で発生すると、自然林が破壊されて一時的に裸地が形成されるが、破壊を免れた周辺の自然林から種子が自然散布され、破壊の当年または 1～2 年後には、それらが発芽・定着して、10 年程度で先駆性樹種の優占した自然林が出現^{2), 3), 4), 5)}する。

また、10 年程度で出現する先駆樹種の樹林の林床には、極相性樹種も含めた周辺に生育している多くの樹種が同時的に侵入しており、その樹齢は上層を形成している先駆性樹種とほぼ同じ場合が多い⁴⁾。つまり、周辺の自然林から散布された種子が裸地の出現を契機に、同時に発芽成長し、初期成長の違いにより、先駆性樹種の優占する樹林が出現し、先駆性樹種の衰退に伴って極相性の樹林へと遷移が進んでいく^{2), 5)}。

「生態学的混播・混植法」⁶⁾は、上記の原生的な自然林分布域での地表変動に伴う自然林の成立過程を参考に、建設工事などの人為的影響で自然林が消失した地域を対象に、自然に近い⁷⁾樹林の再生を目指したものである。ここで述べる自然に近い樹林の再生とは、対象地にかつての原生的な自然林が存在しており、そこが、地表変動で裸地化したと仮定し、人為的干渉を抑えながら自然林が成立する過程を再現することを意味している。つまり、現状では多くの対象地で周辺の原生的な自然林が消失しており、種子の自然散布が期待できないことから、自然の裸地に近い状態を造り出し、そこへ、人為的に種子や小苗を多種・多数導入して同時的な実生の発生・定着を促し、後は極力放置することにより、出現する樹林の構造および成立の過程の両面で、かつての自然の状態での樹林の成立過程に近づけることを目標としている。

ここで想定した地表変動は、台風などに伴う風倒^{8), 9)}による根返りである。東北・北海道などの多雪地帯で、林床に大型のササ類(チシマザサ等)が密生しているところでは、散布された樹木の種子は発芽・定着が困難である¹⁰⁾が、風倒による根返り跡の裸地では、上記のような更新が行われることが多い^{11), 12)}。

本方法は、1991 年から北海道開発局開発土木研究所との共同研究として開発に着手し、1995 年頃、現在に近い方法を確立¹³⁾した。方法がほぼ確立した以降、現在までの約 10 年間、実証過程に入り、直接導入に関わった施工地は約 100 箇所、樹種は 73 種、ポット数は約 10 万個(種子の直播箇所も含む)に上っている。この他にも北海道内および道外各地でもおこなわれ始めている。

本研究では、「生態学的混播・混植法」に関するこの約 10 年間の実証過程で、直接導入に関わった施工地の内、継続的な追跡調査を直接実施している施工地 65 箇所、樹種 73 種、ポット数(直播も含む)31,877 個を対象に、目標とした自然

に近い樹林が再生されつつあるかについての評価をおこなった。

6-2. 研究方法

生態学的混播・混植法の導入法と追跡調査

1) 種子の採取と精選および 1000 粒重

自然林の分布域では、風倒による根返りが発生すると、その跡の裸地は、周辺に生育している樹木から多種・多数の種子が自然散布され自然林が再生する。そこで、遺伝的な地域性も考慮^{14), 15)}して、樹林の再生を計画している対象地に出来るだけ近い自然林から多種・多数の種子を採取する。採取した種子は、後述する実生群ポット苗の養成および直播に備えて精選を行う。苗の養成法や導入成績の検討に当たり、種子の重さが重要な役割を果たしていると考えられる¹⁶⁾ことから、在来種の種子 1000 粒重を以下の 3 つに区分した。

- ・重量級: 1000 粒重が 1kg 以上 ミズナラなど
- ・中量級: 1000 粒重が 1g 以上 1kg 未満 ハルニレなど
- ・軽量級: 1000 粒重が 1g 未満 シラカンバなど

2) 実生群ポット苗の養成

当初本方法は、種子の直播を中心とするものであったが、軽量級および中量級の一部の種子は、直播での導入が困難¹³⁾であったため、これらは、苗床で発芽させた 1 年生の実生を直径 9cm のビニールポットに複数(3~5 本)入れたポット苗(実生群ポット苗)に養成して植栽することにした。

3) 基盤整備

根返り跡の裸地を想定し、地表部の草本を直径 3m の円の範囲で根茎ごと剥離し、表面に碎石・砂利・木片等で厚さ 5~10cm のマルチングを行う。円の直径 3m は、根返りの範囲を想定しており、円(1 ユニットと呼ぶ)の個数は、周辺の自然林の上層を構成する樹木の本数に近いものとする。

自然状態では、多数の種子が自然散布され、多種・多数の実生が同時的に発生するが、人為的な種子の散布では、十分な実生数を確保することは、実用上困難¹⁷⁾であった。そこで、実生群ポット苗による導入に加えてマルチングを行うことにより、初期の実生の定着率を高めて、多種・多数の実生の同時的な出現を実現しようとしている。なお、次に述べる混播・混植後は、自然に任せる意味と人為的な被害を避けるため除草や施肥等の維持管理は極力避ける。

4) 混播・混植

かつて対象地一帯に自生したと考えられる在来樹種を対象に、出来るだけ多くの種類の実生群ポット苗および種子を用意する。平均的には、1 施工地で 40 種程度用意し、その中からユニット毎に 10 種選択して混播・混植する。直播の場合は、1 種について 3~5 粒を同一の植え穴に入れる。この結果、1 ユニット(約

7m²)に 10 種(ユニット毎に樹種の組み合わせは異なる)・10 ポット(30~50 個体)が導入される。

5) 導入時の記録と追跡調査の方法

導入時には、図-6.1 に示した野帳を用意し、ユニット内の導入樹種の配置、樹種名、樹高を記録する。実生群ポット苗には、一つのポットに 3~5 本の小苗が入っている(直播でも同様)ことから、その中で最大の樹高を計測する。また、施工地全体における各ユニットの配置も記録して置く。

導入時の野帳を基に、図-6.2 に示した追跡調査用の野帳を用意し、樹高成長の停止した秋期に追跡調査を毎年行う。調査項目は、導入した各個体の生死と樹高である。

本方法では、ポット苗および直播の場合も、1 つのポットおよび植穴に 3~5 本の同種個体が導入されている。調査では、1 つのポットおよび植穴の 3~5 本の同種個体を 1 個体とみなし、その中の 1 本でも生存していればその個体は生存とし、樹高は、それらの最大の樹高を計測する。

施工地と導入状況

図-6.3 は、北海道内における施工地の分布を示したものである。施工地は、石狩川の流域が比較的多くなっているが、道南地域を除くとほぼ北海道の全域に分布している。施工箇所は、近年の開発で樹林が姿を消した平地部を中心に、河畔や堤防、ダム湖の湖岸、道路法面、公園などに位置しており、最近の約 10 年間に、約 100 箇所で行われ、73 種、約 10 万本の実生群ポット苗(一部は種子)が導入された。

表-6.1 は、上記の施工地の中で、本研究で評価の対象とした施工地数、導入ユニット数、導入ポット数および樹種数を示したものである。

評価の考え方

前述のように、本研究の目標である「自然に近い樹林の再生」とは、対象地にかつての原生的な自然林が存在しており(開発等により現在は姿を消している)、そこが、地表変動で裸地化したと仮定し、裸地から自然林が成立する過程を、人為的干渉を抑えながら再現することを意味している。この裸地から自然林が成立する過程とは、裸地の出現を契機に、①同時的な多種・多数の実生の定着、②先駆樹種の優占する樹林の出現、③先駆樹種の衰退に伴う極相性の樹林への遷移、の 3 つの段階を経て、自然林が再生されることを意味している。この 3 つの段階の中で、③の段階に至るまでは、かなりの時間経過とデータの蓄積が必要となるため、1995 年から 2003 年の 9 年間に渡って 65 箇所の施工地で行った「生態学的混播・混植法」の追跡調査の結果から、想定した上記の段階のうち、①と②の段階を通して再生が進んでいるかの検討をおこなった。

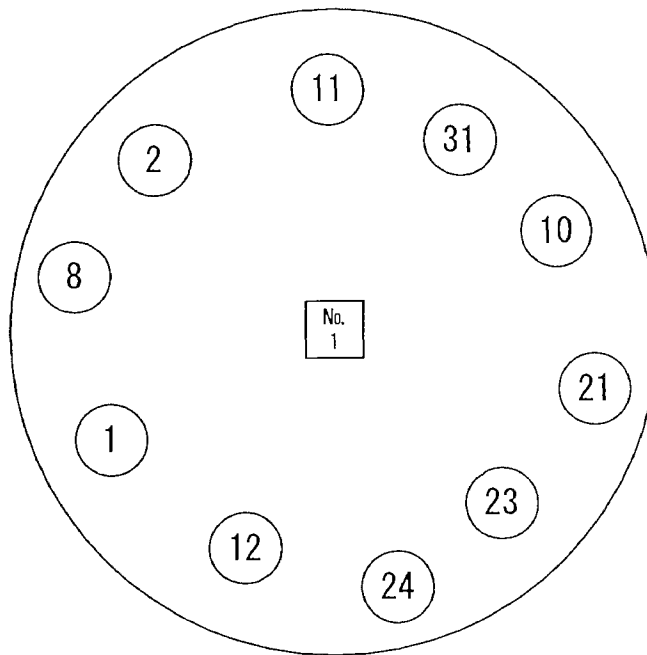
植栽箇所名 幌平

導入日 平成12年11月12日

植栽者 岡村俊邦

豊平川

番 号	樹 種 名	樹高 (cm)
1	アオダモ	3
2	アカイタヤ	2
8	エゾエノキ	4
10	エゾヤマザクラ	3
11	オオバボダイジュ	3
12	オニグルミ	5
21	ケヤマハンノキ	3
23	シナノキ	2
24	シラカンバ	4
31	ハシドイ	2



杭No. 1

番号	樹種名	番号	樹種名	番号	樹種名	番号	樹種名
1	アオダモ	11	オオバボダイジュ	21	ケヤマハンノキ	31	ハシドイ
2	アカイタヤ	12	オニグルミ	22	シウリザクラ	32	ハスカップ
3	アカエゾマツ	13	オヒョウ	23	シナノキ	33	ハルニレ
4	アズキナシ	14	カンゾウ	24	シラカンバ	34	ハンノキ
5	イタヤカエデ	15	カツラ	25	トドマツ	35	ヒメヤシャブシ
6	イチイ	16	ガマズミ	26	ドロノキ	36	ホオノキ
7	ウダイカンバ	17	キタコブシ	27	オナカマド	37	ミズナラ
8	エゾエノキ	18	キハダ	28	ヌルデ	38	ミヤマハンノキ
9	エゾマツ	19	キミノズミ	29	ハウチワカエデ	39	ヤチダモ
10	エゾヤマザクラ	20	クサギ	30	ハクウンボク	40	ヤマグリ

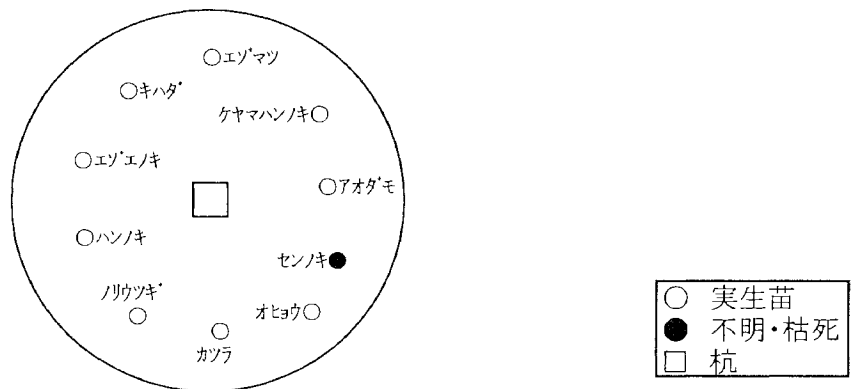
図－6.1 導入時に使用する記録用野帳

定山溪ダム湖畔野帳2000

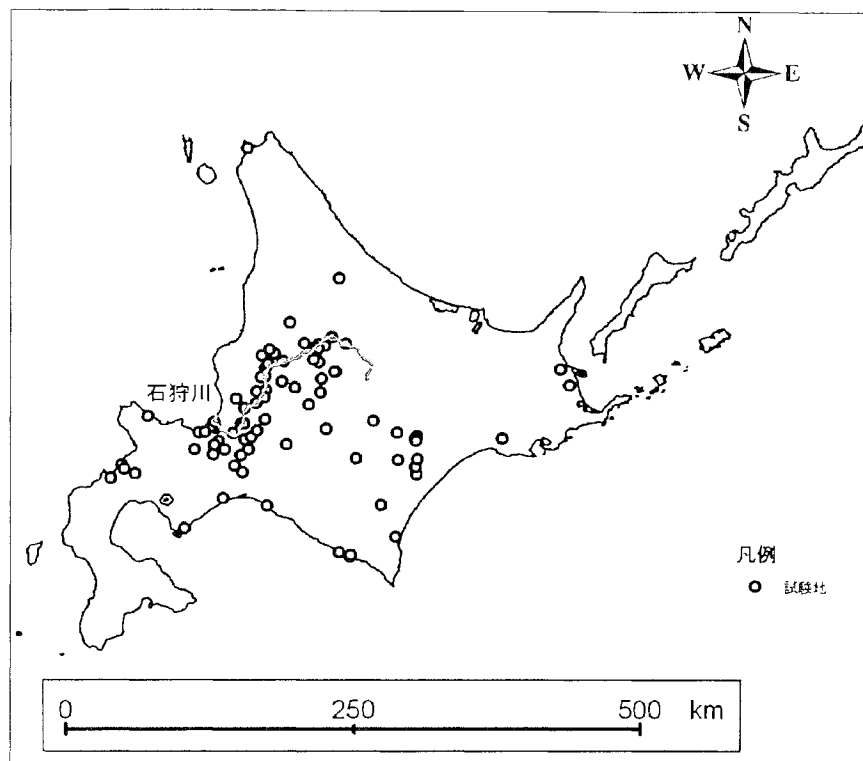
No.3

日付 樹種名	導入日 2000/6/14	調査日 2000/10/22	調査日 2001/10/24	調査日 2002/10/24	調査日	備考
エゾエノキ	8	21	18	14		
アオダモ	6	6	9	12		
キハダ	5	2	13	14		
オヒョウ	2.5	5	6	12		
センノキ	1					不明
エゾマツ	2	4	5	5		
ケヤマハンノキ	6	18	100	254		
ハンノキ	9	42	70	114		
カツラ	3	12	24	37		
ノリウツギ	1	6	16	19		

道道1号線



図－6.2 追跡調査用の野帳



図－6.3 北海道内での生態学的混播・混植法の施工地の分布

表－6.1 評価の対象とした施工地数

年度	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	合計
施工地数	1	3	9	7	7	11	7	14	6	65
導入ユニット数	48	114	320	580	516	489	240	640	244	3191
導入ポット数	482	1144	3199	5768	5165	4884	2397	6396	2442	31877
樹種数	17	21	45	47	57	56	57	56	52	73

6-3. 結果

施工地別の定着率と成長量の推移例

図-6.4 は、施工地別の評価を行うため、定着率と成長量の推移を1枚の図に表したものの例であり、1998年に施工された札幌市の中心部を流れる石狩川水系豊平川の堤防上の施工地の結果が示している。定着率のとりまとめは、導入時における樹種毎の実生群ポット苗および直播の個体数と、追跡調査時点で生存している個体数の割合であり、図では、最新の追跡調査時点の数値が示してある。成長量は、各時点での生存している個体の樹種ごとの平均樹高を算出し、経年的に積み上げている。なお、一番下のものは、導入時の実生群ポット苗の平均樹高であり、最上部が最新の追跡調査時点の樹高を表している。

この施工地は、1998年9月に100ユニット、41種、1000ポットを導入した。この内、図には、10ポット以上導入した27種が示してある。導入5年後の定着率は、針葉樹の3種(イチイ、アカエゾマツ、エゾマツ)およびトキハダを除くと、70%程度ないしそれ以上である。つまり、導入した大半の樹種が定着している。

生長量については、樹種により5年間で大きな差が現れている。図の右側に示されている軽量級の種子を持つ樹種の多くは、速やかな成長を示し、特にドロノキでは、10cm程度のものが5年間で4m程度に成長している。これらは、カツラを除くと代表的な先駆性樹種である。一方、エゾマツから左に示した中・重量級の種子から発芽した実生は、5年間で大きなものでも樹高1.5m程度である。

全施工地での樹種別の定着率と生長量の関係

1) 5年経過時点での樹種別の定着率と成長量の関係

図-6.5 および表-6.2 に全施工地での5年経過時点における樹種別の定着率と成長量の平均値の関係を示した。表-6.1 に示したように、施工地の経過年数は、長いものでは10年であるが、それらは、樹種および個体数とも少ない。そこで、経過年数を5年、また、1施工地での1樹種当たりのポット数が20個以上という条件を付けた結果、ここに示した35種が対象となった。

この図から、5年経過時点で35種の導入種は、次の3つのグループに分けることができた。

- ・グループ(A): 樹高成長が300cm、定着率が80%付近に集中しており、樹高成長、定着率とも最も大きな値を示すグループで、ドロノキ等の4種が属している。これらは、いずれも軽量級の種子を持つ先駆性樹種で、その特性を発揮して上層を形成しつつある。

- ・グループ(B): 定着率は(A)と同等だが、樹高成長が(A)に比べて低いグループである。これらには、イヌエンジュ等の中量級の種子を持つもののほか、重量級に関して図では4つの点が記入されている。これらは、ミズナラとオニグルミであり、種子と苗の両方が入っているためである。また、軽量級もヒメヤシャブシとカツラの2種が含まれている。ヒメヤシャブシは先駆性であるが、樹冠が横

に広がる傾向があり、この傾向は、軽量級であっても(A)に属さず、(A)と(B)の中間的な位置を占めているハンノキも同様である。なお、カツラについては、他の先駆樹種とは異なる特性を持つことが考えられる。

・グループ(C): 定着率および樹高成長とも最も小さい値を持つグループで、いずれも針葉樹である。

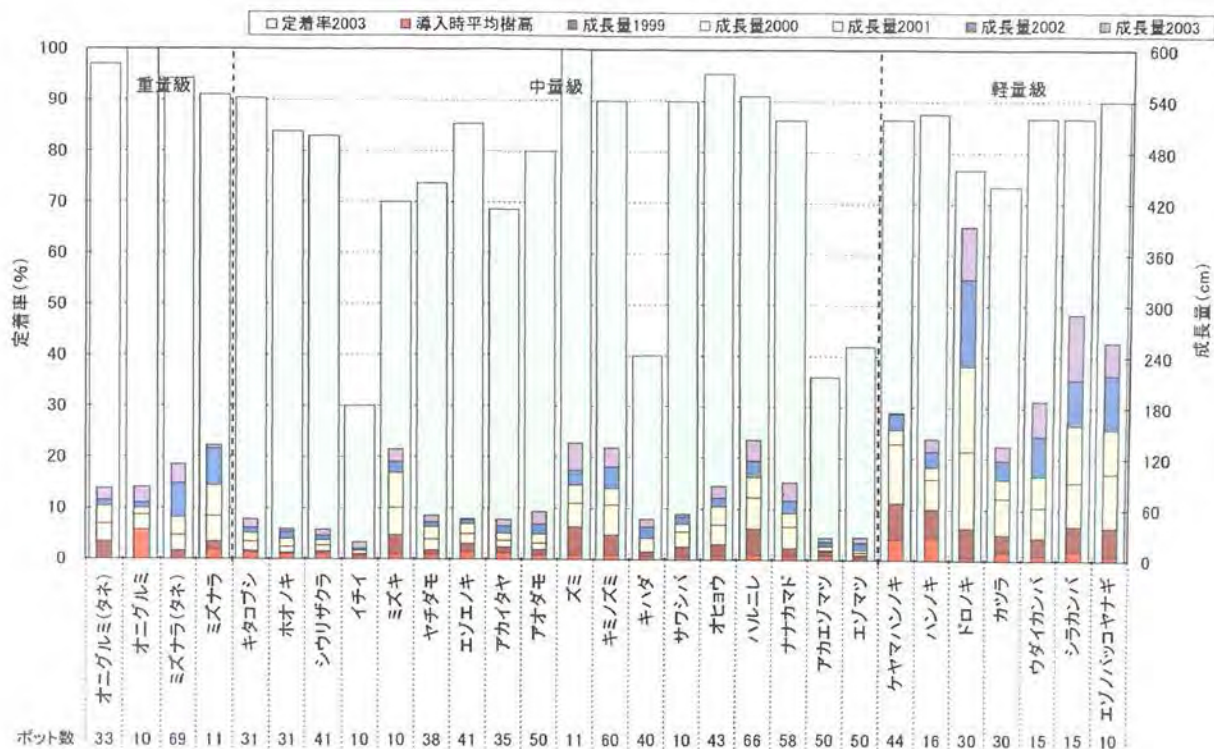
なお、上記の 3 グループの内、(A)と他の(B)・(C)には明確な差が認められるが、(B)と(C)の間の差は、前者ほど明確ではなく、今後の推移を検討する必要があると考えられる。

2)定着率と樹高の推移

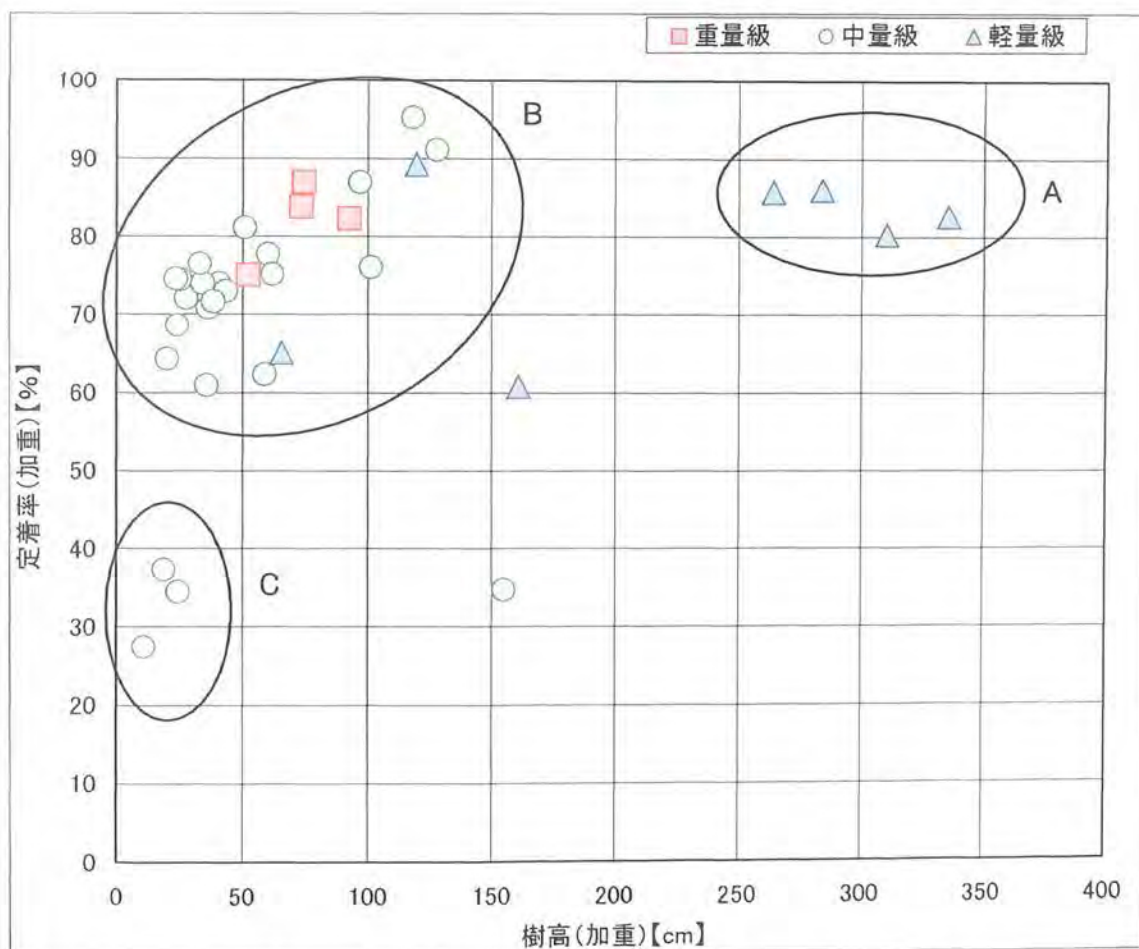
図-6.6 は、上記の 3 つのグループの中で、北海道に広くかつ多く分布し、導入数の多いものからそれぞれ 1 種を選択し、施工地全体での定着率と樹高の推移を示したものである。また、各平均値の加重平均が折れ線で結ばれている。なお、各樹種とも施工地毎に導入数が異なることから、全体の平均値は、施工地毎の算術平均ではなく、導入数による重みを付けた加重平均とした。また、ここでの経過年数が 6~7 年までしか示されていないのは、8 および 9 年の個体数が少ないためである。

これらの図から、全施工地の加重平均を見ると、定着率に関しては、グループ(A)のケヤマハンノキとグループ(B)のミズナラに大きな差は無く、それぞれ、緩やかな減少により 7 年間経過時点で 80%程度の値となっている。一方、グループ(C)のエゾマツは、5 年目を除いて毎年大きな減少を続けている。生長に関しては、先駆性樹種であるグループ(A)のケヤマハンノキは、5 年目を除くと大きな生長を続けている。グループ(B)のミズナラの生長は、(A)のケヤマハンノキに比べると少ないが、5 年目を除くと緩やかな成長を続けている。なお、7 年目のミズナラの樹高が低下しているのは、施工地が 1 箇所だけになっているためと考えられる。また、グループ(C)のエゾマツも、僅かであるが、成長を続けている。

一方、図の経過年数毎に点で示されている施工地毎の平均値の分布に注目すると、定着率に関しては、1 年後からに広い範囲に広がっている。また、生長に関しては、経過年数が増えるほど、分布範囲が広がっていることがわかる。



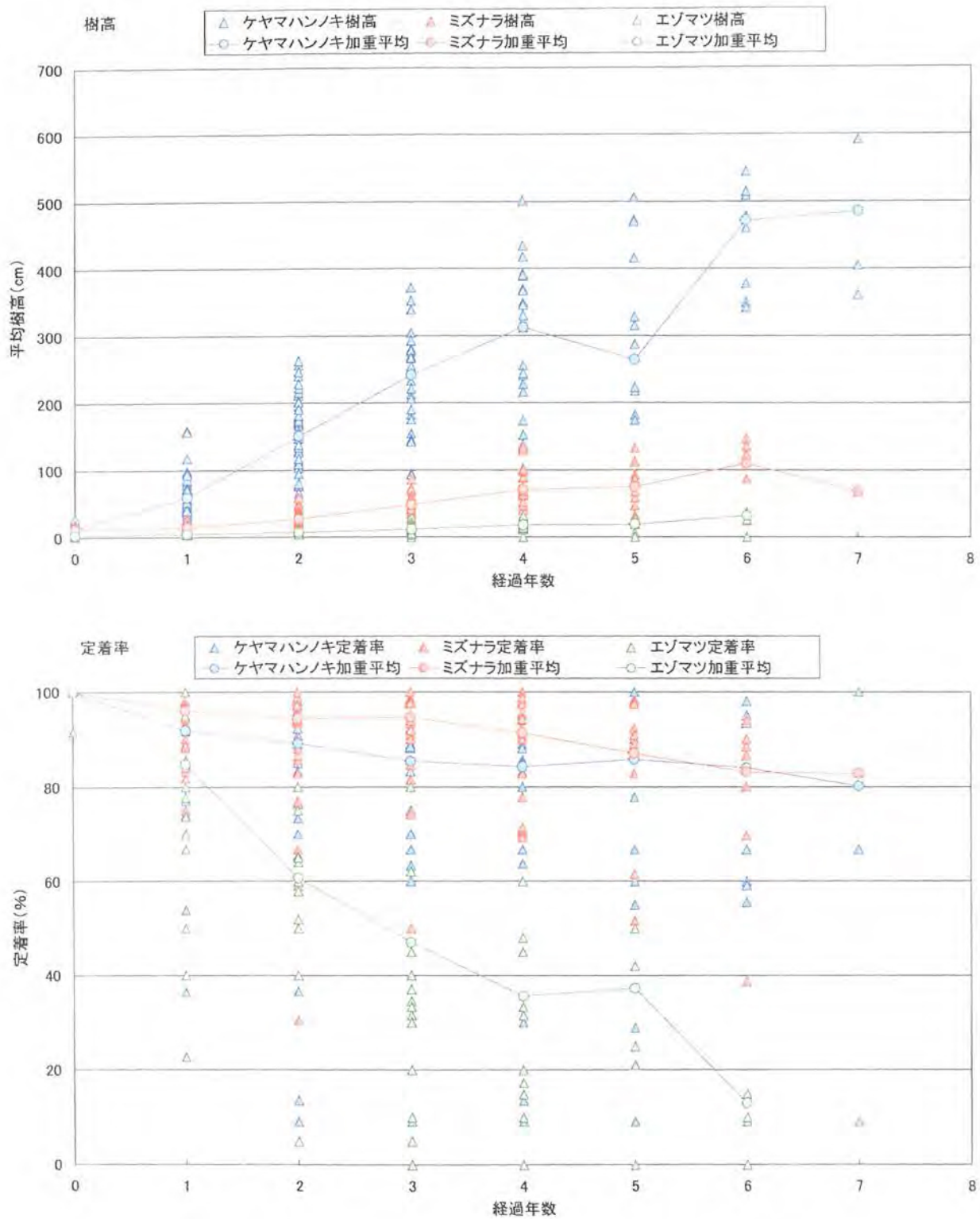
図－6.4 定着率と樹高の推移例(豊平川堤防脇 1998年導入)



図－6.5 5年経過時点での定着率と樹高の相関

表－6.2 5年経過時点での全施工地における樹種別の定着率と樹高

重量区分	樹種名	樹高 (加重)	定着率 (加重)	グループ 区分	導入試験 地数	導入ポツ ト数
重量級	オニグルミ	52.4	75.1	B	9	346
	オニグルミタネ	73.6	83.8	B	6	138
	ミズナラ	74.5	87.0	B	9	492
	ミズナラタネ	92.6	82.3	B	6	303
中量級	キタコブシ	27.6	72.1	B	11	204
	エゾヤマザクラ	40.9	74.0	B	13	368
	ホオノキ	25.3	74.5	B	8	122
	シウリザクラ	24.3	68.6	B	6	169
	イチイ	10.9	27.5	C	6	39
	アオダモ	23.6	74.5	B	9	525
	ミズキ	101.2	76.1	B	7	42
	イヌエンジュ	127.8	91.1	B	10	221
	ヤチダモ	34.2	74.0	B	13	418
	イタヤカエデ	20.2	64.3	B	9	199
	ズミ	118.1	95.3	B	4	36
	ハシドイ	33.0	76.5	B	6	40
	アカイタヤ	43.5	73.0	B	4	80
	アズキナシ	36.4	70.7	B	9	217
	キハダ	38.5	71.6	B	5	240
	サワシバ	58.9	62.3	B	6	78
	オヒョウ	60.2	77.8	B	7	183
	ハルニレ	96.9	87.0	B	13	729
	ナナカマド	50.9	81.1	B	11	524
	センノキ	35.9	60.9	B	6	60
	アカエゾマツ	24.7	34.5	C	9	222
	エゾマツ	18.9	37.3	C	6	163
	ヤマグワ	61.9	75.2	B	8	136
	エゾニワトコ	154.8	34.8	－	3	61
軽量級	ケヤマハンノキ	264.1	85.8	A	13	338
	ハンノキ	160.6	60.8	－	8	196
	ドロノキ	335.6	82.7	A	6	107
	ヒメヤシャブシ	119.6	89.3	B	3	35
	カツラ	65.6	65.1	B	13	441
	ウダイカンバ	284.1	86.1	A	8	118
	シラカンバ	310.5	80.4	A	9	165



図－6.6 全施工地での樹種別定着率と樹高の推移例

6-4. 考察

ここでは、研究方法で述べた評価の考え方にに基づき、下記の2点を検討した。

①同時的な多種・多数の実生の定着

これは、対象地一帯に原生的な自然林が存在した時代において、地表変動による裸地への同時的な侵入が期待できたと考えられる多くの種を、対象地のユニットに発芽・定着させること、およびそれらが地域的な遺伝子を有することを意味している。

この点に関して、表-1に示したように、1997年以降、毎年10箇所程度の施工地で50種程度の樹種を導入している。また、図-6.1に示した例のように、1箇所の施工地では、40種程度を導入している。北海道全域では、約90種の高木・亜高木が分布しており、道南部とそれ以北では、分布に大きな差があり、また、局所的な分布をするものも含まれている。このため、原生的な樹林分布域の一定範囲では、先駆性のものも含めて50種程度の高木・亜高木が樹林を構成していると考えられる。これらのことから、それぞれの施工地で、同時的な侵入が期待できる高木・亜高木(一部低木も含む)の種の大半を導入できたと考えられる。また、施工直後の不安定な時期(施工後1~2年)を過ぎた5年経過時点でも、施工地全体としてみると、導入した大半のものが定着しており、自然侵入に見られる在来種の同時的な定着を実現できた。

なお、導入後1年目に80%以上を示していたエゾマツ等の針葉樹類の定着率が直線的に減少している。これは、生態学的混播・混植法の施工地が河川沿いの低地部に多く、基本的にエゾマツ等の針葉樹類の生育適地ではなく、生育適地の種からなる樹林へと推移していく過程と考えられる。

一方、導入する種子や苗を、その地域の遺伝子を持つものに限定することに関しては、種子の採取を施工地が属する流域内に限定し、それらの種子から苗を養成したことにより達成できた。

②先駆樹種の優占する樹林の出現

これに関しては、導入当初5~10cmと樹高の差が僅かであった多種の小苗が、5年経過時点では、ケヤマハンノキ等の先駆性樹種の早い生長と、その下で、ミズナラなどの長寿命の極相性樹種がゆっくりと生長する状況を作り出すことができた(図-6.5)。そして、上層を初期成長の早い先駆性樹種に優占されても、下層にある極相性樹種の衰退はあまり発生していない。これは、ユニットの密度が成熟した原生的な自然林に近い状態にしていることから、ユニットの上方からの光は遮断されても側面からの光を利用できるためと考えられる。

6-5. 第6章の参考文献

- 1) 東 三郎：地表変動論，北海道大学図書刊行会，280pp.，1979.
- 2) Egler, F. E. : Vegetation science concepts I , Initial floristic composition, a factor in old field vegetation development. Vegetatio, 4, p.412-417, 1954.
- 3) 東 三郎：地すべり地の木本侵入，第79回日林大会講演集, p.357-365, 1968.
- 4) 新谷 融：土石移動による裸地形成と天然性同齡林分，日林北支講，18, p.192-196, 1969.
- 5) 岡村俊邦・柳井清治：噴火荒廃地における森林の成立過程に関する砂防学的研究，新砂防，40(1), p.5-13, 1987.
- 6) 岡村俊邦：生態学的混播・混植法の理論・実践・評価 -住民参加による自然に近い樹林の再生法-, 石狩川振興財団，72pp.，2004.
- 7) 山脇正俊：近自然学 -自然と我々の豊かさとの共存・持続のために-, 山海堂，340pp.，2004.
- 8) 林野庁：北海道の森林風害記録，北方林業会，550pp.，1959.
- 9) 吉井厚志・黒木幹夫：2004 年台風第18号による道央道南地域の流域荒廃状況(速報)，北海道地区自然災害資料センター報告，19, p.3-9, 2005.
- 10) 岡村俊邦・中村太士：自然河川の流路変動と河川環境に関する砂防学的研究，水利科学，32(6), p.32-53, 1989.
- 11) 石狩川源流原生林総合調査団編：石狩川源流原生林総合調査報告，旭川営林局，393 pp.，1955.
- 12) 北海道営林局：北海道における天然林施業(ササ地における天然林施業)，特定地域森林施業基本調査，214pp.，1984.
- 13) 岡村俊邦・吉井厚志・福岡博史：生態学的混播法による自然林再生法の開発，土木学会論文集，546/VI-32, p.87-99, 1998.
- 14) 日本緑化工学会：生物多様性保全のための緑化植物の取り扱いに関する提言，日本緑化工学会誌，27(3), p.481-491, 2002.
- 15) 斜面緑化研究部会：のり面における自然回復緑化の基本的な考え方のとりまとめ，日本緑化工学会誌，29(4), p.509-520, 2005.
- 16) 東 三郎：環境林をつくる，北方林業叢書，55，北方林業会，205pp.，1975.
- 17) 伊藤重右エ門：山腹植生工法としての木本導入技術の検討，治山，17(6), p.164-167, 1972.

第 7 章

結論

第 7 章 結論

本研究では、河川の自然再生のための目標設定と溪畔林・河畔林の再生に関する研究として、河川環境の再生に必要な目標設定に必要な再生目標の設定手法に関すること、河川の物理的環境要素の評価や河川の物理的な環境要素の上に成立する樹木（溪畔林・河畔林）に関しての研究をおこなうことを目的とした。

本研究を行った結果、新たなに得られた見解として、以下の 5 つのことが挙げられる。

①過去の河川環境の推定手法には、河川改修以前の空中写真を見せつつ、当時の河川環境を直接知る方々から聞き取り調査をおこなうことで、具体的な過去の河川環境の情報を得ることができた。また、ほとんど改修がおこなわれていない河川で河川環境図を作成することにより、蛇行流路の存在によって形成される河川形態が把握できた。すなわち、聞き取り調査や自然が残っている箇所での調査をおこなうことによって、ある程度過去の河川環境の状態を把握することが可能である。河川環境の状態を表現するには、現地にて作成した平面図および断面図に詳細な地形状況や植生状況等を組み合わせることによって作成できる河川環境図を作成することによって、現在の河川環境を明確に表現できることがわかった。しかし作業効率上、一度に広範囲の図を作成できないので、航空写真から作成する河川環境情報図や河川 GIS 等との組み合わせをすることにより、より詳細に現在の河川環境を表現できる可能性があることが明らかになった。

②河川上流部（溪流）および河川下流部において、現在の微地形とその上に成立している溪畔林および河畔林の関係性を考察したが、河川上流部では広範囲の樹齢分布を有している溪畔林が存在し、頻繁におこる増水や土石流による攪乱の影響を受けにくい微地形には若齢の溪畔林が成立し、比較的攪乱の影響が少ない微地形には高樹齢の溪畔林が形成していることがわかった。また河川下流部では、河川改修によって形成された地形上に若齢の先駆性樹種が優占する河畔林が成立し、残されている自然地形上には河川改修以前に広範囲にわたり形成していた樹種が優占する河畔林が成立していた。河川下流部においてのかつての河畔林を構成していた樹種は、地表面に凹凸があるなどのタネが捕捉される状況がないと発芽・定着できない可能性があることがわかった。また播種試験および土壌断面計測結果より、そのような状況が、増水や土石流などによる攪乱の影響ではなく、台風などの風倒によって、地表面の凹凸が創出されることで形成されていた可能性があることが明らかになった。

③物理的環境要素である溪流域での大礫分布を、長い区間連続的に石礫指標を用いて計測することで、治山・砂防構造物が施工されていない区間では、約 700～800m 周期で大礫占有率の増減を繰り返すことがわかり、一方、大規模な砂防ダムが連続して短い区間に存在する場合では、砂防ダム直上部で急激に溪床礫の粒径が小さくなり、砂防ダム直下部で急激に溪床礫の粒径が大きくなるなど、構

造物の特徴に応じた分布になってしまうことが明らかになった。

④河畔林と砂防構造物が溪流水温にどのような影響をあたえているかを考察したが、流水部を覆う河畔林が数多く存在している上流部では、砂防ダムや床固工が施工されているのにも関わらず、水面が直射日光を浴びることを防ぐ役割を河畔林がしていたため日平均水温や日最大水温差の極端な上昇を抑制されていた。一方、面的な構造を示す遊砂地や流路工がほぼ全域に施工されている中流部では、構造物施工により流水部を覆う河畔林が存在しておらず、水面が直射日光にさらされることにより、日平均水温や日最大水温差を極端に上昇させる要因となっていることが明らかになった。

⑤河畔林の再生手法としての「生態学的混播・混植法」に関する約 10 年間の実証過程において、目標とした自然に近い樹林が再生されつつあるかについての評価をおこなったが、同時的な多種・多数の実生の定着、先駆樹種の優占する樹林の出現の 2 点について、現在まで所定の経過を示しており、今後時間の経過とともに、より自然に近い樹林が再生される傾向が確認できた。

本研究で明らかになった成果から、河川の自然再生に対して以下のことが活用できる。河川における自然再生のための目標を設定する際は、河川の上・中・下流部での理想的な河川環境である河川改修以前の状況を、地元住民からの聞き取り調査や未改修箇所で作成した河川環境図などから明確にすることで、現状における河川環境を詳細に把握したものとの対比が容易にでき、その結果から再生目標を掲げることができる。

また樹林（河畔林・河川林）の再生に関しては、以下のことが挙げられる。河川上流部（溪流）では、比較的多種多数の河畔林が残っており、それは攪乱の影響を受けることで成立しているため、土砂の移動を制限してしまう治山・砂防構造物（特に不透過型）が存在することで、河畔林の分布も隔たったものになってしまう可能性がある。そのため、災害に繋がらない程度の攪乱が許容できるように透過型の治山・砂防構造物を上手く活用することによって、攪乱に伴う河畔林が更新できる環境を整備するなどの河畔林の立地環境を整備することが効果的である。一方の河川中・下流部では、これまでの河川改修において、多様な河川微地形と河畔林が数多く消失してきた。山から海までを繋ぐ回廊としての役割を再生させる上でも、河畔林の再生は必要不可欠である。この地域でのかつての河畔林の更新は、主に台風などによる風倒によって河川微地形に裸地を形成し、そこに多種多数の樹木のタネが侵入することで多様な河畔林を形成していたことから、河畔林を再生できる領域を形成した上で、風倒による自然林成立過程を考慮した生態学的混播・混植法を用いた河畔林再生法にて樹木を植栽することが効果的である。

本研究では、自然再生に必要な再生目標の設定手法や、河川環境を構成する要素を、河床材料・河川微地形・河畔林の 3 つに絞り、それらの単独作用および相互作用によって形成される河川環境について研究をおこない、目標とすべき

過去の河川環境や、河川の物理的な環境が把握でき、かつ、そのもとに成立している樹林（溪畔林・河畔林）の評価が出来た。しかし本研究で明らかになったのは、河川微地形とその上に成り立つ河畔林といった河川の自然再生のごく一部である。河川の自然再生とは、河川の増水や洪水によって生じるダイナミクス（侵食・堆積・運搬）に始まり、そのダイナミクスの発生により形成されるモルフォロジー（河川形態）、そのモルフォロジーが生物にとってのハビタット（立地・生息空間）を提供し、その上でエコシステム（河川生態系）が成り立つまでの過程を、河川の治水安全性を保ちつつ再生することにある。これらに関連した蛇行流路や湿原といった河川形態や植生（草本類）や魚類などの生物相といった河川生態系に関して明確にすべき点が数多くある。これらの項目についても、どのような状態が理想的な状態なのかを明確にし、その状態と現状との対比から再生目標を設定できるように研究データを積み重ねること、自然再生をおこなう際に生じる現存の河川生態系へ与えるインパクトの低減や、より積極的な住民参加による自然再生の推進などをふまえ、今後の河川の自然再生に結び付けていくことが必要であると共に今後の課題でもある。

謝辭

謝辞

本論文をまとめるにあたり、北海道工業大学環境デザイン学科 岡村俊邦教授には、学部および大学院の計6年間もの長い間、御指導を賜りました。そのおかげで今回このような形で論文を作成するに至りました。ここに記して謝意を表します。

また、北海道工業大学環境デザイン学科 大垣直明教授、柳井清治教授、社会基盤工学科 神谷光彦教授には、本論文の御審査を賜り、貴重な御意見や論文作成に関わるアドバイスを頂きました。ここに記して謝意を表します。

本論文内での調査に関して、専修大学北海道短期大学園芸緑地科 石川幸男教授には、河畔林の樹齢判読に関わる方法について御指導を賜りました。御指導いただけたことにより、工業大学在学中には学ぶことが出来ない分野にまで触れることが出来ました。ここに記して謝意を表します。

溪流でおこなった調査に関しては、岡村ゼミ OBでもある株式会社建設維持管理センター 小坂英輝氏および鈴木竜次氏には、学部時代より各種調査等で御指導賜りました。普段決して行くことの出来ないような市内各地の溪流へ行くことが出来、数多くの現場へ行くことが出来ました。ここに記して謝意を表します。

生態学的混播・混植法の追跡調査に関しては、株式会社森林環境リアライズ 朝野英昭氏および堀東恭弘氏には、学部時代より御指導賜りました。この経験を来年度以降に生かしていきたいと思っております。ここに記して謝意を表します。

本論文は、今まで岡村ゼミに在籍した OB および OG の方々が積み重ねてきた成果でもあります。このような形で論文としてまとめることが出来たのも、OB および OG の方々のおかげだと思っております。ここに記して謝意を表します。

最後に、大学入学および大学院入学と暖かく見守り支援をしてくれた両親に、心から御礼を申し上げます。

平成 18 年 3 月
杉山 裕