

森林施業の実態に基づいた森林基盤整備に関する研究

Study of a forest road network based on current forestry operations

中澤昌彦

Masahiko NAKAZAWA

目次

第1章 序論	87	4-2. 林内道路網の配置と優先順位の決定方法	100
1-1. 我が国の森林を取り巻く諸情勢	87	4-3. 結果と考察	101
1-2. 森林基盤	87	4-3-1. 候補路線の計画	101
1-3. 基盤整備と森林整備に関する研究例	87	4-3-2. 候補路線の配置結果	103
1-4. 本研究の目的と構成	88	4-3-3. 候補路線の開設効果	104
第2章 地利・地形条件に基づいた森林施業の実態解析	89	4-3-4. 候補路線配置によるカテゴリ区分の変化	105
2-1. はじめに	89	4-4. まとめ	105
2-2. 資料と方法	89	第5章 流域単位における基盤整備に基づいた森林整備システムの構築	106
2-3. 結果と考察	91	5-1. はじめに	106
2-3-1. 森林施業の実施状況	91	5-2. 対象流域の森林現況	106
2-3-2. 施業地の地利条件	92	5-3. 豊川流域における森林施業の実態	107
2-3-3. 地利と地形の関係	93	5-3-1. 森林施業の実施状況	107
2-3-4. 作業実施時における道路網の利用状況	94	5-3-2. 施業地の地利・地形条件	108
2-3-5. 森林施業の実態から見た基盤整備の必要量	95	5-3-3. 作業実施時の道路網の利用状況	109
2-4. まとめ	95	5-3-4. 森林施業の実態から見た基盤整備の必要量	110
第3章 森林整備と基盤整備及び森林の現状に関する解析	96	5-4. 豊川流域における森林整備と基盤整備及び森林の現状	110
3-1. はじめに	96	5-4-1. 各市町における小班の整備状況の類型化	110
3-2. 評価方法	96	5-4-2. 流域全域における小班の整備状況の類型化	112
3-2-1. 森林資源の構成	97	5-5. 豊川流域における森林基盤の配置計画と優先順位	116
3-2-2. 森林の整備状況	97	5-5-1. 候補路線の計画	116
3-2-3. 基盤の整備状況	97	5-5-2. 候補路線の配置結果	117
3-2-4. 3つの評価因子を用いた小班の総合的評価	98	5-5-3. 候補路線の開設効果	117
3-3. 結果と考察	98	5-6. 結論 — 豊川流域の森林管理への提言 —	119
3-3-1. 小班毎の整備状況による類型化	98	おわりに	120
3-3-2. 小班毎の整備状況の時系列的把握	99	謝辞	121
3-4. まとめ	100	引用文献	121
第4章 森林基盤の配置計画と優先順位の決定	100	摘要	122
4-1. はじめに	100	Summary	124

中澤昌彦：名古屋大学大学院生命農学研究科 森林資源利用学研究室（現：東京農工大学大学院生物システム応用科学教育部）

Masahiko NAKAZAWA: Laboratory of Forest Resources Utilization, Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan.

(Present address: Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology)

(受理：2005年11月1日)

第1章 序論

1-1. 我が国の森林を取り巻く諸情勢

我が国の森林面積は、2002年度現在、約2,500万haで国土の7割を覆っており、このうち人工林は約1,000万haと4割を占めている。また、約40億m³の森林蓄積うち、人工林は約23億m³と6割を占めており、人工林を中心に毎年およそ8,000万m³ずつ増加している。

我が国の森林は、国内林業の不振により、戦後造林された人工林の多くが未だ保育作業を必要としているにもかかわらず、適切な森林施業が不足傾向にある(林野庁2003)。そのため、山村地域では手入れ遅れの森林が顕在化し、人工林の多くは優良材の生産のみならず、森林の公益的機能の十分な発揮が危惧されている。効率的かつ安定的な林業経営を確立するとともに、森林の多面的な公益的機能の持続的な発揮を図る上で、今後の森林の取り扱いには、期待される機能に応じて適切な森林整備を効率良く進めていくことが必要(林野庁2003)であり、その方策の一つとして、林地への到達性を改善する道路開設等による森林基盤整備が挙げられる。

林業不振や国民の森林に期待する機能の変化や多様化を受けて、1991年度の森林法の改正によって流域を単位とした森林管理が推進され、また2001年度の林業基本法の改正によって新たに森林・林業基本法が施行され、木材等生産機能から公益的機能重視へと森林・林業政策の転換が行われた。森林基盤の整備は、森林作業の低コスト化をもたらすものとして、現状を打開する方策の一つではあるが、以上のような我が国の森林・林業を取り巻く諸状況の変化を考えると、木材生産基盤としてだけでなく、流域内の造林・育林作業といった森林管理活動における林内道路網の基盤施設としての機能についても、再評価が必要であると考えられる。この点について、近年では、林道開設による森林整備の効果について科学的に具体的に示すことの難しさを指摘し、林道の施業機能に対する費用対効果を考察した研究(小林・櫻井2003)が見られるが、伐期における集材と歩行費用の削減効果を指標とするものであって、森林管理活動における施業機能の評価までは至っていない。

1-2. 森林基盤

森林基盤とは、林道と一般道路、さらに土場施設等を含んだ概念(小林1997)であり、本研究においては公道、林道、作業道を含む森林内の道路網とする。すなわち、森林基盤整備(以下、基盤整備と略す場合がある)とは、道路網整備を指し、林地への到達性、つまり地利条件を改善することである。地利とは、搬出費の多少によって示される経済的位置の良否を示す概念(井上1974)であり、本研究においては搬出費に影響する道路からの到達距離(搬出距離)とする。

公道とは、道路法によって定められる道路のことであり、高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道の4つに分類される(内田1984)。道路構造令第3条において、公道の規格は立地や計画交通量によって4種5級に区分される。但し、高速自動車国道は森林・林業を対象にする際、道路沿線に対する

面の効果が全く期待できない(松本2000)ため、本研究の対象から除外する。

林道とは、森林法及び森林開発公団法による道路であり、林道規定によって、設計車両と設計速度に応じて幅員、曲線、勾配、線形といった幾何的構造が定められ、自動車道1～3級に区分される。さらに、開設事業の種類によって様々な名称が付されている(松本2000)。

作業道とは、林道規定に準拠しない林道以外の低規格構造の林業用道路である。作業道は元来、森林作業における伐出過程の一範疇としての一時的なものと考えられてきたが、現在では重要な森林基盤の一部(小林1997)、または林業経営を合理的に継続していくための基礎的生産基盤であり、森林基盤整備の主役(酒井2004)として捉えられてきている。しかしながら、自力で開設される作業道とは別に、補助、融資を前提とする作業道に適用される基準も各都道府県で異なり(酒井2004)、規格構造、利用方法、使用頻度などの実態が多様化し、一般林道とはあらゆる面において明確に区分し難いものが多い(小林1997)。

林道と作業道の関係は、理論、実態、行政の扱いが交錯する中で、各人のイメージを基に論ぜられることが多く(澤口1996a)、県や事業体によって林道、作業道の階層区分は異なり(岩川1993)、それぞれの研究・使用目的に応じ法令や機能、構造等によって分類されている(酒井1987;澤口1996a,b;小林1997;松本2000)。本研究においては、機能や構造等による細区分は実態を把握するのが困難であるため、各種道路において地域内の道路を管理する行政の扱い上の区分に従うこととした。

1-3. 基盤整備と森林整備に関する研究例

これまでの基盤整備に関する研究例は、松本(2000)が指摘しているように、林道網は林業生産活動を最大限に効率化するものとして位置付けられ、密度、配置、集材・到達距離に関する研究例が多く、それらのほとんどは木材生産に主眼を置いた理論的・技術的見地に立ったものである。特に、林道密度に関する研究は、開設費と集材費の合計費を最小とする林道間隔を最適とするマチュース理論(Matthews 1942)に基づいて、我が国の急峻な山岳林への適用(Kamiizaka 1963, 1966; Kato 1967)が試みられ、限界林道密度の提唱(南方1965, 1968; Minamikata 1967)から歩行費用を含めた林道密度理論(南方1977)、低規格林道を組み込んだ複合路網密度理論(南方ら1985)に至った。その他には、林道の木材の輸送機能に着目した飽和密度(酒井1987)、近年では高性能林業機械の利用を念頭に置き、作業機械出力をパラメータとした路網密度の決定手法(田坂ら2002)も見られるが、1980年代までに理論的には一応の完成をみたと言える(松本2000;酒井1987)。森林施業における実態的見地からの研究は、労働科学的視点から、通勤歩行経費に基づく路網密度の考察(Yamada 1989)、作業者の労働負担限界に基づく路網密度の考察(今富1994)等が挙げられる程度である。その他に、路網配置の良否を判断する指標としての集材距離に関する研究(堀ら1971;堀・北川1987;酒井・楊1990;石川ら

1995) や路網密度修正係数に関する研究 (堀 1988; Sawaguchi *et al.* 1994) 等も理論的に検討されてきた。

以上のように、我が国では急峻な地形の制約を受け、理論・技術論先行で検討されてきた林内道路網に対して、実際の森林施業にどのように利用されているのか、施業の実態の見地からの基盤整備に関する研究は、90年代に入って始まったばかりである。未だ研究例は少数ではあるが、施業と林内道路網との関連性について定量的な検討がなされ、施業における基盤整備の重要性が指摘されている (白石 1994; 野田 1999; Matsumoto and Kitagawa 1999a)。しかしながら、これらの報告例では解析期間がいずれも3年間と短く、時系列的な解析という点では検討が不十分であること、対象とされた市町村が1つないし2つであり事例的な報告にとどまっていること、林内道路網の要素として重要な作業道 (岩川・柘植 1986; 岩川 1987; 酒井 2004) を考慮していないことが問題点として指摘できる。作業道に関しては、前述したように作業道の定義が明確でなかったこともあり、定性的な言及 (近藤 1999) にとどまっている。また、山林労働者の労働負担 (山田 1986; 山田ら 1994; 今富 1994; 山田ら 1997; 井上 2000) を考えると、道路からの距離だけでなく、地形条件も非常に重要な条件となる。造林放棄地においては、道路からの距離や地形、地位等との関連性について定量的な検討がなされている (堺 2003; Noda and Hayashi 2004)。

森林施業の実態の見地からの研究によって、森林整備と基盤整備との関連性が認められ、また森林整備計画を立案する上で施業の実施箇所と既設の道路網を地理情報システム (GIS) 上に明示することの重要性とその効果が示されている (近藤 1999, 2003; 近藤ら 2000)。しかしながら、そのように森林管理計画において森林整備と基盤整備は密接に関係し、両方を考慮しなければならないとの認識はされているものの、それらの現状を林分毎に総合的に把握する手法の開発には至っていない。さらに、現状把握が不十分なため、現状を考慮した森林基盤の配置計画に関する手法も十分に検討されているとは言えない状況にある。

一方、1991年度から森林・林業・木材産業に関する様々な関係者の合意形成を図りながら、民有林、国有林を通じて適切な森林整備と森林施業に伴う木材生産等の事業量のまとまりの確保、担い手の育成等の条件整備等の取り組みを、地域の特質に応じ、流域 (全国を158流域、158森林計画区に区分) を基本的な単位として自主的に行う「森林の流域管理システム」が進められている (林野庁 2003)。その中で市町村の役割が重視され (神沼 1998)、さらに1998年度の森林法の改正により、森林施業に係る市町村の役割が強化された (鈴木 2001)。市町村の森林管理主体としての可能性については様々な議論がされており (成田 1997; 泉 1998; 柿澤 2004)、市町村による森林整備が推進されている (林野庁 2003)。その近年提唱された流域管理システムの観点から、市町村はもとより、流域全体で森林整備と基盤整備を考える必要があると言える。しかしながら、これまでに挙げた研究例の多くは閉鎖系林地を対象とした林分単位の研究が多く、森林整備や基盤整備等の森林管理の計画・実施主体となる市町村 (鈴木 2001; 柿澤 2004) 単位の研究例 (北

川・森岡 1983) は少ない。90年代に入って道路網の配置形態の評価に関しては市町村単位の研究例 (小野ら 1991; 吉村・酒井 1998) が幾つかみられるものの、複数の市町村を含む流域を対象とした研究例は、山村地域の道路網のネットワーク分析 (松本・北川 2000) や保育管理の必要性からみた林道開設の優先度 (中澤ら 2001a) が挙げられる程度であり、流域といったより広域的な視野からの検討が不十分である。

1-4. 本研究の目的と構成

本研究の目的は、我が国の林業が停滞し森林管理がままならず、木材等生産機能から公益的機能重視へと森林・林業政策が転換された今日、理論・技術論先行で検討されてきた森林基盤について、実際の森林管理活動にどのように利用されているか、森林施業における実態の見地から再評価を行うことである。また、近年提唱された森林の流域管理システムに基づいて、川上から川下まで一体となった森林管理の推進が幾つか試みられている (黒瀧 1998; 遠藤ら 1999; 林野庁 2003; 柿澤 2004) 中で、市町村連携の必要性が指摘されている (黒瀧 1998; 柿澤 2004) が、森林整備と基盤整備の計画・実施主体である市町村の枠組みに制約されている流域に対し、適切な森林の流域管理を提言することを試みた。流域単位における基盤整備に基づいた森林整備システムの構築に向けて、以下に3つの手法を挙げる。

第1の手法として、過去の森林施業の実態を定量的に把握することを試みる。そのために、施業の実施状況と作業道を含めた林内道路網の整備状況との時系列的・空間的な関連性について定量的に解析し、基盤整備の量的な目標値を算定する。過去の施業の実態や、公道・林道だけでなく、近年恒久的施設と認知されてきている作業道 (小林 1997; 酒井 2004) の開設効果を評価することの意義は大きいと考えられる。さらに、公共事業の縮小に伴う林道開設事業費の削減傾向や、林業労働者の高齢化と作業経験のない新規就業者の増加傾向等を加味すれば、安価な作業道の開設効果や労働環境を示す地形条件を定量的に明らかにすることは、さらに重要な意味を持つ。

第2の手法として、市町村単位で森林整備と基盤整備の実施状況を林分毎に総合的に把握することを試みる。そのために、資源構成や森林整備、基盤整備の現状を定量的に評価する。道路網を計画する際に以下の問題点が挙げられている (伊藤 1976)。(i) 人家・部落を結ぶものである。(ii) 個人的意向に左右されている。(iii) 全体的視野に欠け、断片的な開発となっている。(iv) 市町村の施策、ビジョンに沿っていない。特に (iii) を是正することで他の事項も解決に向かうと現場担当者から指摘されており、これらの道路網計画の問題点が現在の森林管理問題を生じさせた一因と考えられる。森林管理計画には森林の整備状況と基盤の整備状況の両方を考慮する必要性が認識されており (近藤 1999, 2003; 近藤ら 2000)、森林整備や基盤整備に関する情報を統合し、林分毎の整備状況を総合的に把握することは、断片的な開発を避け、全体的な視野を持つ上で重要となる。

第3の手法として、市町村単位における森林基盤の配置計画

の最適化を試みる。そのために、森林整備に効果的な林内道路網の配置計画とその効率的な推進のために、路線開設の優先順位を決定する。我が国における人工林の年齢構成のピークは8年齢にあり、今後10年間に積極的に森林整備を進めていかなければ手遅れになる可能性を秘めている。第1、第2の手法によって明らかにされた施業の実態や林分毎の森林・基盤の整備状況に即した森林基盤の整備計画の策定は、森林整備を効率良く進めていく上で重要な課題の一つである。

本研究では民有林を対象とし、国有林については言及しない。まず、対象とした林業地域の代表的な1町を取り上げて、第1～3の手法論を述べて詳細に解析した。次に、その地域内にある流域において、上・中・下流域から各1つずつ選択した計3市町村に各手法を適用して比較検討を行い、今後の森林整備と基盤整備に基づいた適切な流域単位の森林管理を考察した。第2章以下の本論文の構成は以下のとおりである。

第2章では、森林施業の実施状況と林内道路網の整備状況との空間的・時系列的な関連性について定量的に解析し、施業の実施に対する地利や地形の影響を明らかにした。併せて、実際の施業にどのように道路網が利用されたか、施業の実態の見地から林道や作業道の開設効果を時系列に定量的に評価し、施業の実態に即した基盤整備の量的な目標値を算出した。

第3章では、林分毎に過去の森林整備と基盤整備の実施状況を定量的に評価した。その結果を総合的に評価するために林分毎の整備状況を類型化し、さらにそれらの過去の整備過程を時系列的に把握した。

第4章では、市町村森林整備計画を想定して、過去の森林施業の実績を評価し、今後10年間の基盤整備計画を立案するために、施業の実態に即した林内道路網の最適配置計画とその路線開設の優先順位を決定した。

第5章では、第2章から第4章で検討した各手法を流域の上・中・下流域の各市町村に適用し、流域単位における基盤整備に基づいた森林整備システムの構築を試みた。

第2章 地利・地形条件に基づいた森林施業の実態解析

2-1. はじめに

森林施業の実施状況と林内道路網の整備状況との関連性についての定量的な検討例 (Matsumoto and Kitagawa 1999a) によれば、施業が道路の近隣に集中する傾向にあることや、林内道路の整備が施業の活性化に重要な役割を担っていること、林道の新規開設が施業の実施に影響を及ぼすこと、林道以外にも公道が林業活動に多く利用されていること等が明らかにされている。施業の実態に関するその他の定量的な検討例においても、施業における基盤整備の重要性が同様に指摘されている (白石 1994; 野田 1999)。しかしながら、これらの報告例では、解析期間がいずれも3年間と10年間の市町村森林整備計画に比べ短く時系列的な解析が不十分であること、対象とされた市町村が1つないし2つであり事例的な報告にとどまっていること、林内道路網の要素として重要な作業道 (岩川・柘植 1986; 岩川 1987) を考慮していないことが指摘できる。作業道に関して

は、間伐は林道や作業道の周辺で多く実施されており、間伐を含む伐採施業に林道・作業道の開設が関わっている (近藤 1999) といった定性的な言及にとどまっている。また、山林労働者の労働負担 (山田 1986; 山田ら 1994; 今富 1994; 山田ら 1997) を考えると、道路からの距離だけでなく地形条件も非常に重要な条件となる。造林放棄地においては傾斜、標高、林道からの距離、地位級、不在村状態を示す変数のいずれの変数も有意な影響を与えているが、中でも傾斜が最も影響を与えていること (Noda and Hayashi 2004) や伐採地は人工林の分布に比べ、道路近隣や緩傾斜地に多く分布する傾向にあり、造林放棄地は再造林地に比べ、道路からの距離300mを越えたところから放棄率が高くなること (堺 2003) が明らかにされている。

本章では、山村地域の森林管理活動における林内道路網の効果を評価するために、施業の実施状況と林内道路網の整備状況との関連性について空間的に明らかにするとともに、まとまった期間の施業を対象とすることにより時系列的に解析し、施業の実施に対する地利や地形の影響を定量的に明らかにする。併せて、実際の施業にどのように利用されたか施業の実態の見地から林道や作業道の開設効果を時系列的に定量的に評価し、施業の実態に即した基盤整備の必要量の算出を試みる。本章の施業の実態に関する解析データは、本論文における基礎的データとなる。

なお、本章の解析方法は3年間の施業の実施状況と林内道路網の整備状況との関連性を詳細に解析した方法 (Matsumoto and Kitagawa 1999a) に基づいている。本研究では、林内道路網に作業道を含め、標高、傾斜といった地形に関する2指標を加え、解析期間を10年として評価することで、施業が実施された箇所の地利・地形条件や作業道の開設効果を時系列に定量的に明らかにする。

2-2. 資料と方法

対象地域として、奥三河林業地域の中心地の一つである愛知県北設楽郡東栄町を取り上げた (図2-1)。木曾山系の最南端に位置し、同町最高峰である標高1,016mの明神山を始め、700～1,000m級の山々が連立している。天竜川の支流である大千瀬川を中心とした流域圏の上流域に位置する。2000年度現在、森林面積は約11,000haであり、森林率は91%、民有林率はほぼ100%である。人工林率は83%であり、その内訳はスギ (*Cryptomeria japonica*) が50%、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) が33%である。さらに、60%の人工林が造林・育林関連の補助事業の対象となる9年齢 (41～45歳) 以下の森林であるが、全国平均に比べると東栄町の森林は成熟している (図2-2)。森林蓄積は、10年間で約50万 m^3 増加し、約307万 m^3 と奥三河林業地域の中でも上位に位置し、特に単位面積あたりの蓄積は275 m^3/ha と地域内で最も高い値を示している。また、素材生産量は、10年間に30%減少したが、年間約8,000 m^3 を維持しており、奥三河林業地域の中で2番目に多い。

東栄町における森林資源の構成を考慮すると、施業は造林・育林作業に集中していると考えられる。1991～2000年の10年間に、同町森林組合が造林・育林関連の補助事業として受託実

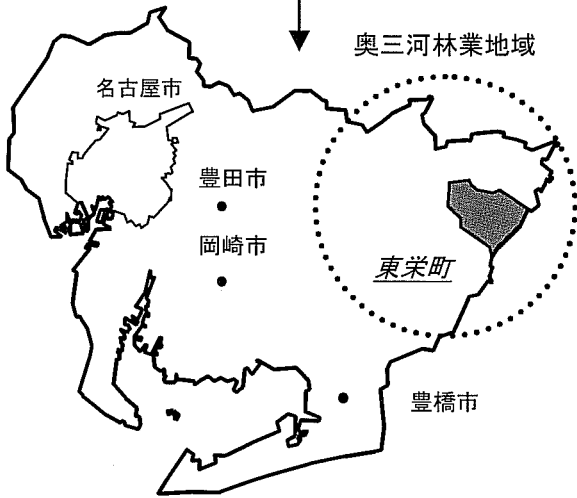
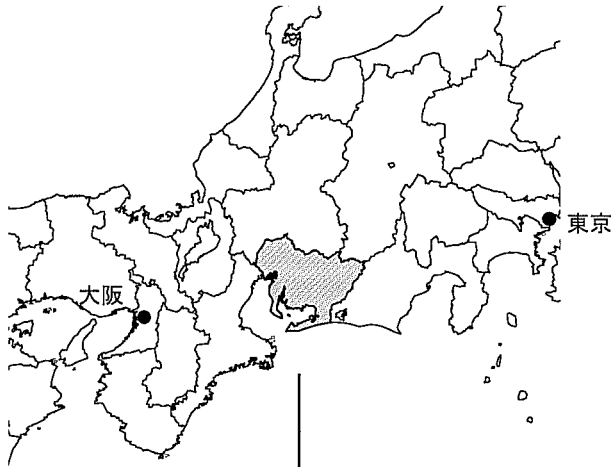


図 2-1. 対象地域

施した植栽, 下刈, 枝打, 除伐, 間伐の 5 作業を対象とした。その他の施業の実施に関しては, 補助事業外での組合への委託実施や治山関連の本数調整伐事業による実施, 自家労働による実施等があるが, 同町森林組合への聞き取り調査から, これらの施業は実施状況の特定が困難であることと, 施業実績がそれ程多くないことが確認されたため, 造林・育林関連の補助事業による実施分のみを本研究の対象とした。施業履歴には, 事業種, 所有者名, 事業地番, 事業面積, 及び備考(樹種, 林齢等)等が記載されている。なお, 本研究の対象とした補助事業は, 過去 10 年間で呼称の変更や事業が終了したものもあるが, 一般造林事業, 小規模造林事業, 森林総合整備事業, 広域森林総合整備事業, 流域森林総合整備事業, 水源林対策事業, 間伐総合対策事業, 流域総合間伐対策事業, 間伐支援対策事業, 水士保全森林緊急間伐対策事業である。

道路網に関しては, 行政上の扱い区分に従って, 公道, 林道, 作業道を対象とした。また, 中山間地域では農道と林道が密接な関連をもって使用される場合が多い(総務庁 1995) が, 農道

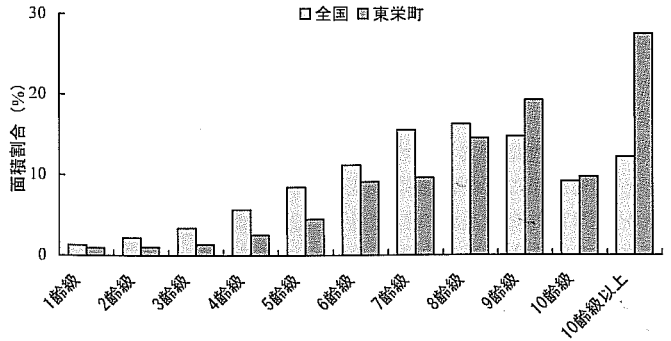


図 2-2. 全国と東栄町の民有人工林の齢級構成

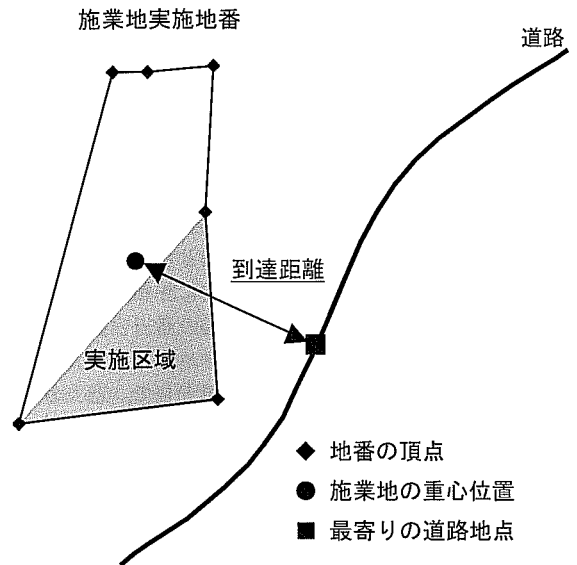


図 2-3. 施業地から最寄りの道路までの到達距離

は基本的には農用地に作設されるものであるため, 本研究では林道や作業道と連絡するもののみを一般公道に準ずるものとして, 便宜上, 公道に含めて取り扱った。道路網の情報を得るために, 国土地理院発行の地形図(1/25,000, 1994, 1998~2000年)と東栄町役場から資料提供された林道・作業道台帳と同町公道台帳(1/25,000, 1983年), 及び確認のために空中写真(1999年)を用いた。なお, 道路台帳には一部の路線に関して, 資料の欠損があった。

まず, 施業履歴をデータベース化し, 同町森林計画図(1/5,000, 1982年)を用いて, 施業が実施された地番(以下, 施業地)を特定した。次に, デジタイザを使って施業地と道路網の点列データを入力した。同時に, 施業地に対しては施業種, 実施年度, 実施面積を, 道路網に対しては道路種, 開設年度の属性情報を与え, 施業地と道路網の関連性について時系列的な解析を可能にした。各施業地の重心位置を代表値として, 施業地毎に地利条件としての施業地から最短距離にある道路までの水平距離(以下, 到達距離)を求めた(図 2-3)。また, 施業地

表 2-1. 東栄町森林組合が造林・育林関連の補助事業として受託実施した森林施業の実績

年度	植栽		枝打		下刈		間伐**		総計		相対値	
	件数	面積 (ha)	件数	面積 (ha)	件数	面積 (ha)	件数	面積 (ha)	件数	面積 (ha)	件数	面積
1991	50	14.49	-*	-*	179	141.76	172	170*	401	326.25	100	100
1992	-*	-*	9	4.08	152	139.08	122	176.98	283	320.14	70.6	98.1
1993	27	10.55	11	10.01	117	89.71	90	160	245	270.27	61.1	82.8
1994	39	13.23	-*	-*	111	100.47	78	100	228	213.7	56.9	65.5
1995	39	13.5	21	25.77	100	70.25	98	160	258	269.52	64.3	82.6
1996	23	7.87	11	9.02	98	79.64	99	140	231	236.53	57.6	72.5
1997	25	11.1	-*	-*	84	56.43	80	120	189	187.53	47.1	57.5
1998	15	11.62	9	5.17	61	42.52	100	175	185	234.31	46.1	71.8
1999	16	7.84	9	8.72	51	37.63	102	135	178	189.19	44.4	58.0
2000	8	4.5	6	2.72	35	21.98	86	148	135	177.2	33.7	54.3
総計	242	94.7	76	65.49	988	779.47	1027	1453.28	2333	2424.64		

*: データ欠損のため解析から除外, 愛知県林業統計書から間伐面積のみ補足
 **: 除伐を含む

毎に地形条件としての標高, 及び重心位置を含む格子面の傾斜を国土地理院刊行の数値地図 50 m メッシュ (標高) を用いて算出した。比較のために, 点格子法 (堀・北川 1987) により, 東栄町の森林地帯全域 (以下, 森林全域) の道路からの到達距離, 標高, 傾斜を数値地図 50 m メッシュ (標高) を用いて算出した。

本研究で取得した道路網の点列データから算出された道路密度は, 水平距離にして 26.6 m/ha であり, その内訳は公道 16.0 m/ha (森林内を通過 13.6 m/ha), 林道 7.5 m/ha, 作業道 3.1 m/ha であった。愛知県林業統計書 (愛知県 2000) によれば, 1999 年度末現在, 公道 8.7 m/ha, 林道 8.0 m/ha, 作業道 3.4 m/ha であった。林道及び作業道の密度が統計値に比べ低くなったのは, 資料が欠損していることと, 統計値が斜距離に基づいているのに対し, 本研究では水平距離に基づいているためと考えられる。公道の密度が統計値に比べ高くなったのは, 統計書では住宅密集地を除く林縁から 200 m 以内の公道を林内公道と定義しており, 本研究では農道を含めた影響と私道を含んだ可能性が原因として挙げられる。

2-3. 結果と考察

2-3-1. 森林施業の実施状況

表 2-1 に 1991 ~ 2000 年度に東栄町森林組合が造林・育林関連の補助事業として受託実施した森林施業の実績を示す。表中の空欄は森林組合からの資料に欠損があることを表し, 間伐面積のみ愛知県林業統計書 (愛知県 1992) から補足した。除伐は, 実績がほとんどなかったため間伐に含めて取り扱った。施業実績は, 過去 10 年間で大幅に減少し, 施業面積では 2000 年度の総施業面積は 1991 年度の約 1/2 であり, 施業件数では 2000 年度の総施業件数は 1991 年度の約 1/3 とより顕著に減少した。施業面積の減少量より施業件数の減少量が大きかったのは, 1 事業当たりの平均施業面積が 1991 年度の約 0.7 ha から 2000 年度の約 1.3 ha へと倍増したことから, 採算性の向上のため施業の団地化 (近藤ら 2000; 林野庁 2003) が図られていると考えられる。施業実績の内訳は, 植栽や枝打が非常に少なく, 下刈及び間伐は総施業面積の 80% 以上を占め, 東栄町における 10 年間の施業の中心は下刈と間伐であった。さらに, 近年は下刈

表 2-2. 各種施業の達成率

	前期 (1993~1997年度)			後期 (1998~2002年度)		
	枝打	下刈	間伐*	枝打	下刈	間伐*
必要量 (ha)	18	144	342	16	188	282
実施量 (ha)	14.9	79.3	136	5.5	34	152.7
達成率 (%)	82.8	55.1	43.3	34.4	18.1	61.1

*: 除伐を含む

が減少傾向にあるが, 間伐は 10 年間ほぼ同じ水準を維持していたため, 2000 年度には総施業面積に対して面積割合で下刈は 12%, 間伐は 84% を占めるに至るなど, 最近では育林作業のほとんどが間伐となっている。

1993 ~ 2002 年度を計画期間とする東栄町森林整備計画書には, 5 年毎 (前期: 1993 ~ 1997 年度, 後期: 1998 ~ 2002 年度) の植栽を除く各種施業の必要量が記載されている。表 2-2 に計画期間に該当する年間の各種施業の必要量と実施量及びその達成率を示す。造林・育林関連の補助事業以外の組合への委託や本数調整伐事業, 自家労働による施業の実施分を考慮したとしても, 前期 5 年間の枝打を除いて, 同町森林組合による施業の実施量だけでは必要量の 2/3 にも満たず, 同町の施業は不足傾向にあった。間伐は過去 10 年間の優占作業であったが, その達成率は 40% から 60% に増加したに過ぎなかった。さらに, 同町では半分以上の森林が間伐期を迎えていることや, 同町森林整備計画では間伐の必要量は道路から 260 m 以内の森林を対象としており, その面積は森林全域の 7 割 (2000 年度) にも満たないことに留意する必要がある。

森林施業の実施状況の解析結果について, 同町森林組合に聞き取り調査をした結果, 以下のことが明らかになった。植栽量が過去 10 年間低調であり, 1998 ~ 2000 年度の近年 3 年間でさらに減少したのは, 採算性の悪化により主伐量が減少したことによって植栽を行う森林が減少し, または主伐より択伐を選択することによってコストの高い植栽を行わずにすむようにしているためである。枝打量が少ないのは, 無節の柱材の需要が少なく, それに対し枝打はコストが大きくなるためである。下刈量が減少したのは, 植栽量が減少したことによって, 下刈を必要とする森林が少なくなっているためである。間伐量が 10 年間一貫して多いのは, 間伐が遅れている森林が顕在化し,

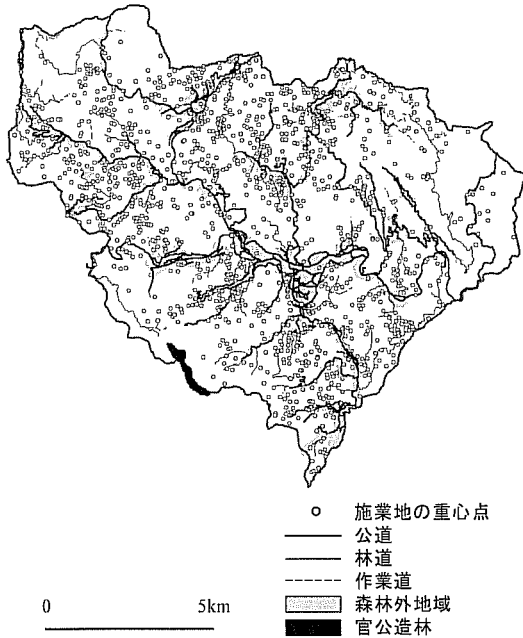


図 2-4. 東栄町における過去 10 年間の施業地の重心位置

表 2-3. 施業地と森林全域の平均到達距離の推移

年度	単位 : m						
	植栽	枝打	下刈	間伐**	全施業 (A)	森林全域 (B)	(A) - (B)
1991	172.8	-*	173.6	-*	173.4	224.2	-50.7
1992	-*	87.3	174.2	170.1	170.2	221.6	-51.4
1993	176.2	184.6	155.4	159.9	160.5	219.5	-59.0
1994	150.9	-*	172.0	163.7	165.8	217.3	-51.4
1995	148.4	134.6	158.0	203.1	171.0	215.2	-44.2
1996	190.5	113.4	152.3	187.2	169.0	214.3	-45.3
1997	195.6	-*	164.9	172.3	172.3	213.1	-40.8
1998	206.7	163.0	163.6	166.1	168.8	212.9	-44.1
1999	155.0	90.2	151.3	149.3	147.3	212.4	-65.0
2000	157.2	256.0	140.8	122.4	133.3	212.0	-78.8
総計	170.2	140.7	163.8	164.7	164.1	216.3	-52.2

* : データ欠損のため解析除外
 ** : 除伐を含む

政策的により間伐を推進する方向にあり、対象年齢を拡大させ間伐事業が安定的に確保されているためである。

2-3-2. 施業地の地利条件

図 2-4 に過去 10 年間の施業地の重心位置を示す。施業の多くが道路近隣に集中し、道路遠方には少ない傾向が見受けられる。また、施業が一部の森林に集中し、町の西北部や東部等では、道路近隣でも施業が実施されていない森林も存在することが分かる。

表 2-3 に施業地と森林全域の道路からの平均到達距離の推移を示す。年平均値の変動は最も大きかったが、過去 10 年間で平均到達距離が最も短かったのは枝打であり、その次に下刈、間伐、植栽の順であった。また、東栄町の施業の中心である下刈と間伐の間にはほとんど差が無く、植栽とも大差はなかった。森林全域の平均到達距離は、道路網の開設効果により、10 年間で 224 m から 212 m に減少した。過去 10 年間の平均で施業

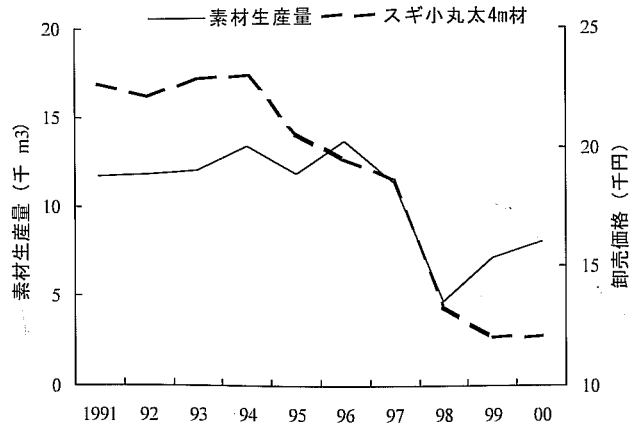


図 2-5. 東栄町の素材生産量と愛知県下におけるスギ小丸太 4m 材の卸売価格の推移

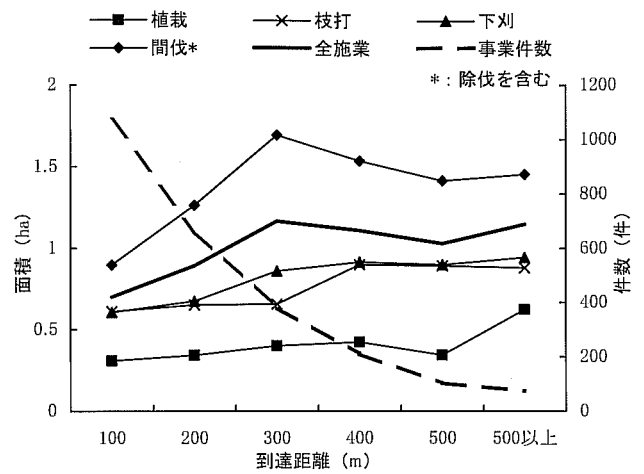


図 2-6. 到達距離階毎の平均施業面積と施業件数

地と森林全域の到達距離の差は 52 m であった。施業地の平均到達距離は、1991～1998 年度の間は大体 170 m 前後で推移していたが、1998～2000 年度の近年 3 年間に 170 m から 133 m に激減する。その結果、施業地と森林全域の平均到達距離の差は 41 m から 79 m に拡大した。同町森林組合への聞き取り調査の結果、過去 10 年間で間伐や主伐における伐出経費が材価の 6 割以上を占めるようになり、搬出や歩行等の費用面から道路近隣でしか施業を実施しない傾向にあることが明らかになった。また、近年 3 年間の施業地と森林全域の平均到達距離の差が拡大したのは、国産材価格の急落 (図 2-5) によってコストを削減するための施業地までの到達距離の減少が、毎年開設される道路の開設効果以上に現れた結果である。従って、施業が道路遠方で不足する傾向にあり、近年の国産材価格の低迷や伐出経費等の高騰によって、基盤整備が進んでいるにもかかわらず、施業の実施状況から見ると基盤整備が不十分な傾向はむしろ拡大している。なお、同町の公道及び林道を対象とした施業の実態

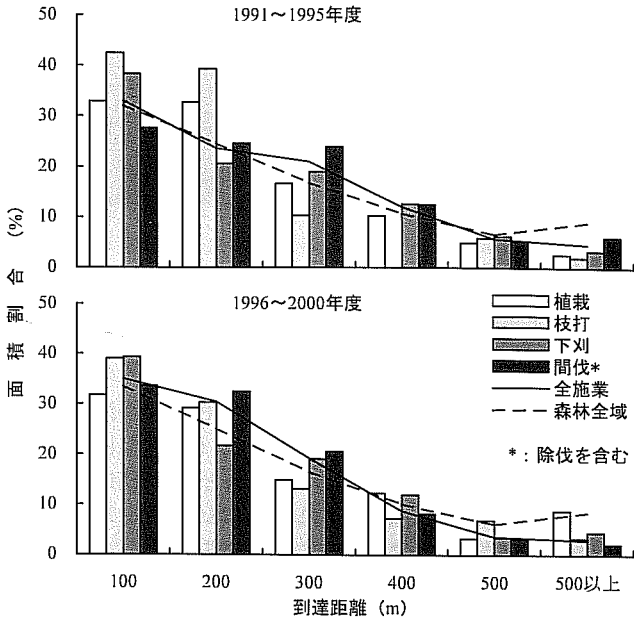


図 2-7. 到達距離階毎の施業地と森林全体の面積割合

解析 (Matsumoto and Kitagawa 1999a) に比べ、施業地や森林全体の平均到達距離は 50 m 程度短い値となり、作業道の開設効果と言える。

図 2-6 に道路からの到達距離階毎の平均施業面積と施業件数を示す。施業件数は、道路から距離が遠くなるにつれて明らかに減少した。平均施業面積が最も大きかったのは間伐で 1.2 ha であり、その次に下刈と枝打が 0.7 ha 前後で、植栽が最も小さく 0.4 ha にも満たなかった。全施業において、平均施業面積は道路からの距離が 0～100 m で最も小さく 0.7 ha であり、道路から離れるにつれて徐々に大きくなって道路から 200～300 m で最も大きく 1.2 ha となり、その後はほぼ一定となる。この傾向は、東栄町の主要な作業である間伐で最も顕著である。その他の作業の傾向も、道路からの距離が遠くなるにつれて明確に施業面積は増加する。同町森林組合への聞き取り調査の結果、道路から遠くなるにつれて所有規模が大きくなる傾向にあること、また道路から離れた森林ではコスト面から団地化を図って施業面積を大きくせざるを得ないことが明らかとなり、これらのことにより道路から距離が遠くなるにつれて施業面積が大きくなる結果となった。

図 2-7 に前半 1991～1995 年度と後半 1996～2000 年度の各 5 年間における到達距離階毎の施業地と森林全体の面積割合を示す。前半 5 年間は施業地の面積割合は、道路から到達距離 400 m まで森林全体の面積割合を上回る。後半 5 年間は徐々に道路近隣に施業が集中する傾向にあり、施業地の面積割合は道路から 300 m まで上回る。森林面積に対する施業面積の割合は、前半では道路から 400 m 以内、後半では 300 m 以内で有意 ($\alpha = 5\%$) に高かった。さらに、1998～2000 年度の近年 3

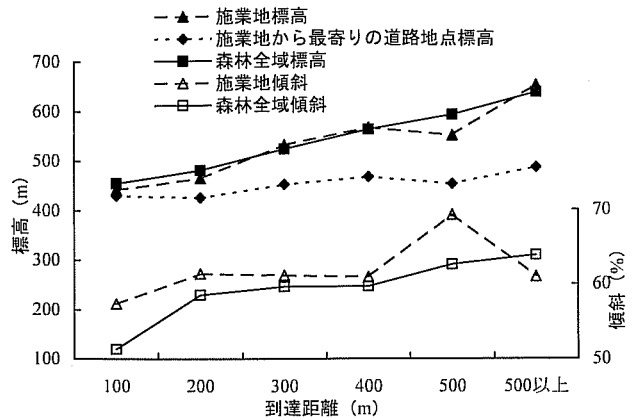


図 2-8. 到達距離階毎の施業地と施業地から最寄りの道路地点及び森林全体の平均標高と平均傾斜

表 2-4. 森林全体の標高と傾斜の平均値及び施業地の標高と傾斜の 10 年間の平均値と年平均値の最小と最大

	森林全域			施業地		
	平均	最小	最大	平均	最小	最大
標高 (m)	506	482	466	492		
傾斜 (%)	57.1	60.0	57.1	61.9		

年間では、道路から 300 m 以内の施業地の面積割合は 80% からほぼ 100% になった。

2-3-3. 地利と地形の関係

図 2-8 に道路からの到達距離階毎の施業地と施業地から最寄りの道路地点、及び森林全体の平均標高と平均傾斜を示す。道路からの距離が遠くなるにつれて、施業地と森林全体の標高はともに増加する傾向にあった。道路から施業地までの直線経路は 80% が上りで、20% が下りであり、その平均垂直距離は上りで 66 m、下りで 28 m であった。傾斜においても、道路からの距離が遠くなるにつれて、施業地と森林全域はともに急になる傾向にあった。東栄町では道路網が水系沿いに発達しており、道路から施業地までの歩行経路の多くが上りであることから、道路が谷筋から山地奥深くまで到達しておらず、斜面中腹から尾根部にかけて道路が少ないことが示唆される。従って、地利条件が悪い森林は、施業が十分に実施されておらず、かつ地形条件が厳しい傾向にあると考えられる。

施業地の地形条件について、前項の地利条件と同様に解析した。表 2-4 に森林全体の標高と傾斜の平均値、及び施業地の標高と傾斜の 10 年間の平均値と年平均値の最小と最大を示す。森林全体の平均標高が 506 m であるのに対して、施業地の平均標高は 482 m であり、10 年間では 10 m 前後の変動しかなかった。森林全体の平均傾斜が 57% であるのに対して、施業地の平均傾斜は 60% であり、10 年間では数% の変動しかなかった。森林全域と施業地の地形条件にはあまり差が見られず、施業地の地利条件のように 10 年間で大きく変動しなかったことから、森林施業の実施状況は、地形条件よりも地利条件に影響される

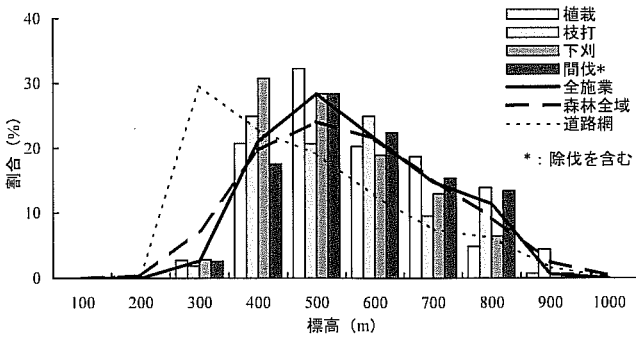


図 2-9. 1996～2000 年度の施業地と森林全域の標高分布及び 2000 年度における道路網の点列の標高分布

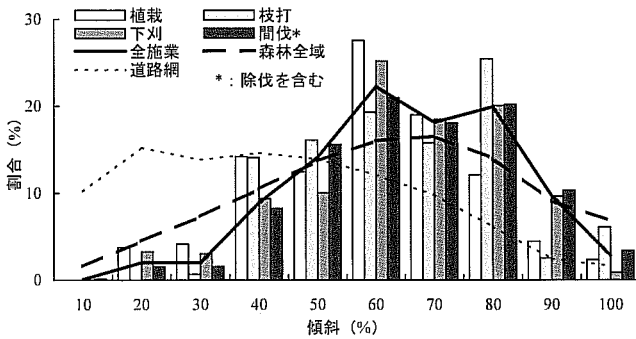


図 2-10. 1996～2000 年度の施業地と森林全域の傾斜分布及び 2000 年度における道路網の点列の傾斜分布

と考えられる。

図 2-9 に 1996～2000 年度の後半 5 年間の施業地と森林全域の標高分布、及び 2000 年度における道路網の点列の標高分布を、図 2-10 に後半 5 年間の施業地と森林全域の傾斜分布、及び 2000 年度における道路網の点列の傾斜分布を示す。東栄町は、標高 200～1000 m に森林が分布し、半分近い森林が傾斜 60% 以上の急傾斜地である。道路網は高標高地や急傾斜地で少ない傾向にあり、標高 800 m 以上の森林や傾斜 90% 以上の森林で施業が不足傾向にあることが分かった。2000 年度の森林全域における標高 800 m 以上の到達距離の平均は 366 m、傾斜 90% 以上の到達距離の平均は 267 m であり、全体の平均 212 m よりはるかに遠く地利条件は悪い傾向にあった。さらに、標高 300 m 以下、傾斜 40% 未満でも施業の不足傾向が見られた。標高 300 m 以下の到達距離の平均は 75 m、傾斜 40% 未満の到達距離の平均は 170 m であり、到達性が比較的良好な市街地近郊の森林である。同町森林組合への聞き取り調査の結果、市街地近郊では零細所有者が多く、また民家が近く伐出が困難であり、施業を実施しない傾向にあることが明らかになった。

2-3-4. 作業実施時における道路網の利用状況

図 2-11 公道、林道、作業道の構成率と利用率 (Matsumoto and

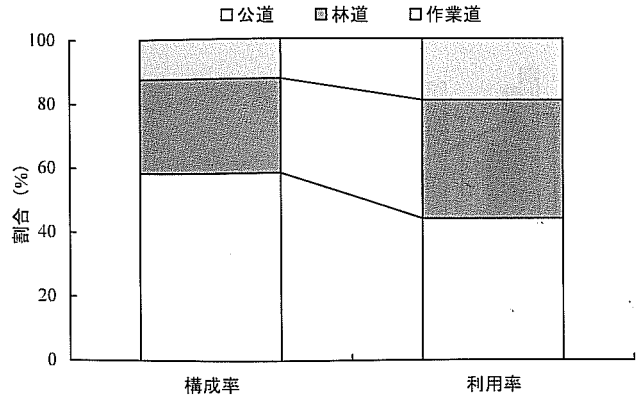


図 2-11. 各種道路の構成率と利用率

表 2-5. 新規開設区間の延長割合とその利用率

年度	林道			作業道		
	新設区間の延長割合*	利用率		新設区間の延長割合*	利用率	
		単年**	累積***		単年**	累積***
1991	8.9	0	0	7.5	10.4	10.4
1992	11.5	9.2	5.4	15.0	17.6	14.1
1993	13.5	10.3	7.0	24.7	36.4	22.1
1994	16.5	10.4	7.8	28.3	31.1	24.1
1995	19.2	23.2	10.9	33.4	31.3	25.9
1996	20.7	12.1	11.1	35.7	26.7	26.0
1997	22.4	6.8	10.7	38.3	35.6	27.2
1998	23.4	12.3	10.8	38.3	24.4	26.9
1999	26.0	14.6	11.2	38.3	48.9	29.3
2000	27.8	13.5	11.4	38.3	35.3	29.7

*1990年度以降の新規開設区間延長/1990年度道路延長

**施業年度に新規開設区間を利用した施業回数/施業年度の施業回数

***施業年度までに新規開設区間を利用した延べ施業回数/延べ施業回数

Kitagawa 1999a) を示す。構成率とは各種道路の延長距離を林内道路網の総延長で除したものであり、利用率とは作業実施時に施業地から最寄りの道路を使ったとして各種道路を利用した施業回数を総施業回数で除したものである。公道の利用率は構成率より低く、一方林道や作業道の利用率は構成率よりも高く、林道・作業道の森林経営・管理基盤としての機能が評価された。しかしながら、過去 10 年間で公道の利用率が最も高く、施業における公道の林道的機能 (松本 2000) が確認された。

表 2-5 に新規開設区間の延長割合とその利用率 (Matsumoto and Kitagawa 1999a) を示す。新規開設区間の延長割合は、1990 年度から施業年度の前年度までに開設された各種道路の区間延長を 1990 年度の各種道路延長で除したものであり、1990 年度以降の延長増加率である。新規開設区間の利用率とは、1990 年度から施業年度の前年度までに開設された各種道路区間を利用した施業回数を各種道路の施業回数で除したものであり、単年値と累積値を示してある。過去 10 年間に開設された林道は、延長の増加に比べ利用頻度はそれ程増加せず、施業にはあまり効果がなかったと言える。一方、作業道は、延長の増加とほぼ同程度に利用頻度が増加し、相応の効果が確認された。東栄町では、道路網は主に水系沿いに樹枝状に発達しているが、過去 10 年間に開設されたいくつかの林道は水系沿いではなく、その

多くが公道から集落を連絡するように開設され、施業の実施以外にも地域内の交通性の改善に対しても期待されていたと考えられる。同町における道路網のネットワーク解析(松本・北川 2000)によると、公道網に林道が連結することで、循環路網の数を表す μ 指数が15から22に増加し、循環性を示す α 、 β 、 γ 指数も僅かに増加するが、一方で μ 指数の増加以上に突っ込み路線の端点が増加するため、 μ 指数の増加ほど α 、 β 、 γ 指数は増加しないことが明らかになっている。東栄町では林道が47路線存在し、13の新規開設路線のうち5路線が集落を連絡していた。その結果、集落連絡林道の延長割合は18%から32%に増加したが、それら集落連絡林道の作業実施時の利用率は10年間で16%に過ぎず、新規に開設された集落を連絡する林道は、林道網のかなりの部分を占めるにもかかわらず、実際の施業での利用は少ないという結果となった。

2-3-5. 森林施業の実態から見た基盤整備の必要量

過去10年間の東栄町における施業地への到達性や地形条件を考慮すると、未だ林道や作業道が不足していることは明らかである。施業の実施状況は、道路からの到達距離で大部分を説明できるので、森林全域を管理するためには、実際の施業の到達距離を指針にすることが望ましい。簡易的な方法として、道路網の整備量を表す指標としての道路網密度(D)と平均到達距離(S_m)との間に成立する次の関係式(Sawaguchi *et al.* 1994; 小林 1997; Matsumoto and Kitagawa 1999a)から、施業の実態に即した基盤整備の必要量を算出した。

$$S_m = V_{corr} \times 2,500 / D \quad (2-1)$$

V_{corr} : 路網密度修正係数

2000年度の森林全域の平均到達距離 $S_m = 212$ mと林内道路網密度 $D = 24.3$ m/haから、森林全域の平均到達距離の目標値を過去10年間の施業地の平均到達距離 $S_m = 164$ mとして計算すると、修正係数 $V_{corr} = 2.06$ 、目標道路網密度 $D = 31.4$ m/haを得た。東栄町の森林の多くは保育を必要とする若齢人工林であり、本研究では造林・育林関連の施業を対象としているため、本章で算出した目標道路網密度は、森林全域を適切に管理する密度と言える。矩形モデルにおいて、平均到達距離は最大到達距離の1/2となるが、現状では開発されていない施業地の最大到達距離328 m(平均到達距離 $\times 2$)以遠の森林は20%近く存在している。山村地域において、近年の公道延長の増加分は林道からの移管であり、公道の新規開設は期待されない(松本 2000)ため、既設量を差し引くと林道及び作業道の必要量は7.1 m/ha、延長に換算すると79.2 kmとなった。東栄町では、1996～2000年度の5年間の開設量は年間0.12 m/haであり、近年の林道事業は縮小傾向にあるが、このままの水準で道路が開設されるとしても目標密度を達成するには半世紀以上かかる計算となる。

東栄町では、作業道の幅員は3 mで統一され、規格は3級林道に準じている。一般に、作業道は道路網の末端に位置し、林

道を補完するように建設される(岩川・柘植 1986)。また、本章では作業道、特に新規開設された作業道の開設効果が高いことを定量的に明らかにしており、施業の実施に対する即効性と直接的効果が期待できる。このため、今後の基盤整備における作業道の重要性は非常に高く、林業経営を合理的に継続していくための森林基盤整備の主役(酒井 2004)と言える。東栄町では、過去10年間の作業道の平均建設単価は約9,000円/mで、林道の平均建設単価77,000円/mの1/8以下であり、林道に比べ作業道の開設単価は非常に低く、この傾向はその他の地域の報告例(岩川・柘植 1986; 澤口 1996a,b; Matsumoto and Kitagawa 1999b)と同様であった。道路網の必要量を全て作業道で満たしたとすると、総建設費は7.2億円と試算された。また、現状の林道と作業道の割合を維持したとすると、総建設費は45億円となった。東栄町において、施業が不足傾向にある道路から離れた開発されていない森林は、標高が高く傾斜も急な森林であることにも留意しなければならない。傾斜は、開設単価(澤口 1996a,b)や潰れ地面積(澤口 1996a,b; 板谷・山崎 1999)と関係があり、合意形成を困難にする重要な要因(Matsumoto and Kitagawa 1999b)である受益者負担金や用地・立木の保障だけでなく、環境面にも大きく影響する。さらに、施業地の平均到達距離が133 mであった2000年度の水準で今後施業が実施されるとすると、目標道路網密度は38.6 m/ha、必要量は14.3 m/ha、延長に換算すると160.2 kmとなり、総建設費は作業道のみで14億円、林道と作業道で91億円と倍増した。

2-4. まとめ

本章では、愛知県北設楽郡東栄町を対象に、施業実績、地利、地形の観点から、1991～2000年度の10年間における森林施業の実態を解析する手法を検討した。その結果、施業の実施状況と林内道路網の整備状況との空間的・時系列的な関連性が定量的に明らかになった。同町森林組合が受託実施した施業面積は、過去10年間で1/2近くまで減少し、同町森林整備計画書における必要量に対して2/3にも満たない程度であり、山村地域の民有林において施業が不足傾向にあることが確認された。それら施業は、道路近隣に集中する傾向にあり、道路から到達距離300 m以上や標高800 m以上、傾斜90%以上の森林で不足する傾向にあった。作業実施時の道路網の利用状況を推定した結果、林道や作業道では構成率に比べ利用率は高かったが、最も過去10年間で利用されていたのは公道であり、本来地域内の交通性の改善を目的とする公道の林道的機能(松本 2000)が確認された。一方、過去10年間に多く開設された集落を連絡するような林道は施業にはあまり利用されておらず、これらの林道は生活道路としての公益的機能も負っている(松本 2000)と考えられ、施業の実施と地域内の交通性に関して公道と林道は相互に補完しあっていると見える。ところが、一般に公道は交通の安全を図るために高規格であり、擁壁等の構造物や高い法面が林地への到達や作業の実施を困難にさせ、また道路敷きで作業を行う場合は行政の占用許可を受けなくてはならず、ある一定の制約を受けるため、施業機能は低い(小林 1997)。しかしながら、施業機能の高い林業活動用の道路(澤口 1996a;

小林 1997) の不足から、公道を使わざるを得ないという実態が明らかとなり、林地への到達や作業を容易にさせる森林基盤の末端部の整備が不足していることが示唆される。一般に、作業道は道路網の末端に位置し(岩川・柘植 1986)、本章の結果から作業道は施業に多く利用される傾向にあり、特に新規開設された作業道は施業の実施に対して相当の効果が認められ、林道に比べ非常に安価ではあるが、施業の実施を促進させる上での即効性が期待できる。今後の基盤整備における作業道の重要性は非常に高く、林業経営を合理的に継続していくための基礎的生産基盤であり、森林基盤整備の主演(酒井 2004)として期待される。

以上のように、過去 10 年間の東栄町における施業地への到達性や地形条件を考慮すると、未だ林道や作業道が不足していることは明らかである。施業の実態に即した基盤整備の必要量を算出した結果、森林全域を適切に管理するためには、密度にして 7.1 m/ha、事業費にして 7.2 億円から 45 億円の道路の新規開設が必要であると試算された。現行の森林計画制度における平成 46 年度末の目標林道密度に対する林道網整備の必要量が 10.1 m/ha(愛知県 2001)、及び現在の開設量の水準が年間 0.12 m/haであることを勘案すると、今後 30 年以内の達成は難しく、目標密度を達成するには半世紀以上の莫大な歳月を必要とする。よって、森林資源の現状と施業の実態を考えると、手入れ不足の森林の増加により、森林の荒廃が進行してしまうことが危惧されるため、今後の道路網整備にあたっては量的整備目標を単純に消化するのではなく、その目標に向けて質的に最大限の効果をあげるために、個々の路線を最大限効率よく配置することが急務となる。また、施業がどのような水準で実施されるかによって必要とされる道路網密度は大きく変動し、施業地の平均到達距離が 133 m であった 2000 年度の水準で今後施業が実施された場合、必要量は 14.3 m/ha、延長に換算すると 160.2 km となり、総建設費は 14 億円から 91 億円と倍増する。新たな施策として地域活動支援交付金制度(五十石・大浦 2005)が平成 12 年度から開始されたが、そのような森林所有者の管理意識向上等、ソフト面へのサポートも急務である。

第 3 章 森林整備と基盤整備及び森林の現状に関する解析

3-1. はじめに

第 2 章では、施業実績、地利、地形の観点から、施業の実施状況と林内道路網の整備状況との空間的・時系列的な関連性を定量的に明らかにし、基盤整備の量的な目標値を求めた。林地への到達性の改善は森林整備促進のために重要であること、森林管理の効率性と生産性を促進するために新規道路の開設が必要であることが確認された。しかしながら、施業の実態から見れば、森林全域を適切に管理するためには、莫大な延長が必要であり、現在の開設水準では半世紀以上かかる計算となった。今後の道路網整備にあたっては、量的整備目標を単純に消化するのではなく、その目標に向けて質的に最大限の効果をあげるために、個々の路線を最大限効率よく配置することが急務である。そのためには、森林整備を必要とする森林や道路、及び施

業が実施された箇所を明示することの重要性が指摘されており(近藤 1999)、森林の現状を的確に把握する必要がある。

森林の現状を評価する手法には、森林機能による類型区分(鄭・南雲 1994)と Forest Activity Classification System(Abe *et al.* 1995)が挙げられる。前者は、林分密度、樹高、胸高直径といった広域的には入手困難な森林機能に関する多くの因子を必要とし、さらに、森林の管理状況を表す因子には十分、不十分、無しといったように曖昧な尺度を用いている。後者は、前者の因子が多すぎることを指摘して、傾斜や道路からの距離といった施業に直接的に関係するとした地形や地理的な因子を用いているが、前者と同様に尺度に明確な基準がないことが指摘できる。また、両者ともに森林の持ちうる機能について評価するものであり、森林整備や基盤整備の必要性を評価するものではない。

これまでの基盤整備に関する研究は、第 1 章で述べたように、木材生産に主眼を置いて理論的・技術的に検討されたものであり、第 2 章で明らかにされたような施業の実態を考慮するまでには至っていない。また、現在では森林の流域管理システムの中で市町村の役割が重視され、森林施業に係る市町村の役割が強化されており(神沼 1998; 鈴木 2001)、市町村による森林整備が推進されている(林野庁 2003)が、森林整備を促進する上での広域的な林内道路網の配置手法に関する研究例(北川・森岡 1983; 中澤ら 2001a)は少なく、施業の実態を踏まえた検討が不十分である。森林整備とそのため基盤整備が一体となった森林管理計画を策定する上で、まず森林整備や基盤整備等の森林管理の計画・実施主体である市町村(鈴木 2001; 柿澤 2004)単位で、森林整備と基盤整備の現状を総合的に把握する手法が望まれる。

森林管理計画には、施業の実施状況を考慮する必要性が認識されているものの(近藤 1999, 2003; 近藤ら 2000)、実質的には施業の実態や森林の現状評価、基盤整備に関する研究は個々に行われてきている。本章では、第 2 章の過去 10 年間における施業の定量的な実態解析に基づいて、森林の整備状況と基盤の整備状況を林分毎に定量的に評価する。また、その結果を総合的に評価するために林分の類型化を行い、それらの 10 年間の整備過程を時系列的に把握することを試みる。

3-2. 評価方法

対象地域は、第 2 章と同様に愛知県北設楽郡東栄町であり、評価方法の基礎となる森林施業の実態に関するデータは第 2 章の解析結果を用いた。第 2 章では、東栄町の施業や基盤整備はともに不十分であり、今後も更なる施業の実施と林地への到達道路の開設を効率よく進める必要があることが指摘された。施業の実施や林道の開設といったこれらの活動は、刻々と変化する流動的な林業の現状に依存しているため、本章では過去 10 年間の資源構成、森林施業、道路網の変化を林分毎に総合的に把握する。

我が国において林道を開設する際、各種事業において補助対象にする採択基準の 1 つに利用区域面積があり、概ね 30 ha 以上の利用区域面積が必要とされる(松本 2000)。東栄町の小班の

平均面積は 25.9±20.7 ha であり、1つの小班で利用区域面積が 5 ha 以上の間伐等森林整備促進緊急条件整備事業による作業道や 10～100 ha の小規模林道等の開設が可能であり、小班によっては利用区域面積が 30 ha 以上の普通林道や間伐林道等の開設も可能である。従って、林道開設の利用区域面積の観点から、東栄町における評価単位を一般的に施業実行上の最小単位である小班（井上 1974）とした。

本章の森林と基盤の整備状況に関する評価手法には、(i) 森林資源の構成、(ii) 森林の整備状況、(iii) 基盤の整備状況の 3つを評価因子に採り上げた。

3-2-1. 森林資源の構成

森林資源の構成から保育管理の必要性を示すことができる。東栄町森林整備計画（計画期間 1993～2002 年度）によると、保育に関する補助事業の対象となる森林は、スギにおいては 7 齢級（31～35 齢）以下、ヒノキにおいては 8 齢級（36～40 齢）以下としている。本研究は過去 10 年間の施業を対象としており、解析期間の始めに 7 齢級である林分は解析期間の終わりには 10 齢級になり得るため、本手法では齢級幅を大きくとって、保育対象林分を 10 齢級（46～50 齢）以下のスギ・ヒノキ人工林とした。そこで、2000 年度末における森林全域に対する保育対象林分の面積割合を資源構成指標 (R_i) とし、(3-1) 式で算出した。

$$R_i = A_{10} / A_e \quad (3-1)$$

R_i : 資源構成指標

A_{10} : 10 齢級以下のスギ・ヒノキ人工林面積 (ha)

A_e : 森林面積 (ha)

3-2-2. 森林の整備状況

森林整備指標 (R_f) は、過去 10 年間にどこでどのように森林整備が実施されたかを示す。森林整備指標として、過去 10 年間の各種施業の必要労働量に対する労働投入量の割合を (3-2) 式で算出した。東栄町では、過去 10 年間の森林施業の中心は下刈及び間伐（除伐を含む）であり、面積割合で 9 割以上を占めていたため、下刈及び間伐のみを対象とした。表 3-1 に同町森林整備計画書と森林組合への聞き取り調査に基づいて作成した各種施業の標準作業工程表を示す。 N_c は各種施業の労働必要量の合計値で、10 年間に各種施業を必要とする林齢に達した森林面積に標準作業工程を掛けた値を用いた（北川・森岡 1983）。 N_e は各種施業の労働投入量の合計値で、実施された各種施業面積に同様に標準作業工程を掛けた値を用いた。

$$R_f = N_c / N_e \quad (3-2)$$

R_f : 森林整備指標

N_c : 労働投入量 (人・日)

N_e : 労働必要量 (人・日)

表 3-1. 東栄町における各種施業の標準作業

林齢	下刈		除伐		間伐	
	人・日/ha	林齢	人・日/ha	林齢	人・日/ha	
1～8	10	9,12	8	スギ ヒノキ	16,24,32 18,25,35	9

3-2-3. 基盤の整備状況

基盤整備指標は、過去 10 年間にどこでどのように基盤整備が実施されたかを示す。東栄町において、第 2 章で地番単位では施業地の重心位置から最寄りの道路までの到達距離と施業の実施状況との間に明確な関係あることを確認した。一方で、対象地域の小班は面積が大きく形状が多様であるため、小班単位では中心位置における道路からの到達距離や傾斜、標高と施業の実施状況との間には明確な関係がないことが明らかになっている（中澤ら 2001b）。従って、本手法では基盤整備指標 (E) として、道路網を面的に評価する Backmund の開発率（小林 1997）を (3-3) 式で算出した。

開発距離には、一般に (2-1) 式の類似式である (3-4) 式に示した道路網密度 (D) と迂回率 (η) から求めた理論的な最大集材距離を用いる（小林 1997）。東栄町の森林全域の平均傾斜は 57.1% であるので、森林利用学的地形区分における地形指数 (I) を推定する（小林 1997）と $I = 70.6$ となり、同町の森林は平均的に急峻地形に区分される。急峻地形における林道の迂回率 $\eta = 0.6$ （小林 1997）と 2000 年度における林内道路網密度 $D = 24.3$ m/ha を用いると、 $S_{max} = 329.7$ m と算出された。本手法では、第 2 章の施業の実態を考慮して、開発距離に過去 10 年間の施業地の最大到達距離（平均到達距離 × 2） $S_{max} = 328.2$ m を用いた。この値は理論的な最大集材距離とほとんど変わらないが、開発距離に実際の施業地の最大到達距離を用いることで、Backmund の開発率に施業が適切に実施される地帯の面積比率という実用的な意味を持たせる（堀 1988）。また、第 2 章で算出した施業の実態から見た基盤整備の必要量は、森林全域の目標到達距離を実際の施業地の到達距離に基づいて設定するため、この開発率は目標道路網密度に対する小班毎の達成度の目安ともなる。従って、本手法の開発率を用いることによって、施業の実態を反映した道路網の評価が可能となる。

$$E = A_m / A_w \quad (3-3)$$

E : 基盤整備指標（開発率）

A_m : 開発距離内の森林面積 (ha)

A_w : 森林面積 (ha)

$$S_{max} = 5000 (1 + \eta) / D \quad (3-4)$$

S_{max} : 最大集材距離 (m)

D : 路網密度 (m/ha)

η : 迂回率

表 3-2. 栄町の森林全域と小班における 3 指標の平均値

	資源構成	森林整備	基盤整備
森林全域	0.56	0.30	0.79
小班	0.55	0.25	0.83

表 3-4. 東栄町におけるカテゴリ区分の判別関数式

	第1ベクトル 判別係数	第2ベクトル 判別係数
(i) 資源構成 (R_r)	0.232	0.821
(ii) 森林整備 (R_f)	6.796	-2.855
(iii) 基盤整備 (E)	2.813	5.309
定数項	-6.472	0.610
パーレットの χ^2 値	981.50	407.11
自由度	6	2
P 値	0	0
固有値	2.926	1.636

表 3-3. 東栄町におけるカテゴリ毎の 3 指標の平均値

	カテゴリ 1: 管理・到達性 良好	カテゴリ 2: 管理不良・ 到達性良好	カテゴリ 3: 管理・到達性 不良	カテゴリ 4: 成熟林 (保育不要)	総計
(i) 資源構成 (R_r)	0.58	0.55	0.54	0.32	0.55
(ii) 森林整備 (R_f)	0.61	0.10	0.13	-	0.31
下刈実施率	0.51	0.19	0.22	-	0.24
間伐実施率	0.60	0.09	0.12	-	0.25
(iii) 基盤整備 (E)	0.90	0.94	0.33	0.92	0.83
小班数	116	239	69	6	430
施業未実施	-	100	30	-	130
面積 (ha)	3,330	5,336	2,423	77	11,165
施業未実施	-	1,364	676	-	2,040
面積割合 (%)	29.8	47.8	21.7	0.7	100
施業未実施	-	12.2	6.1	-	18.3

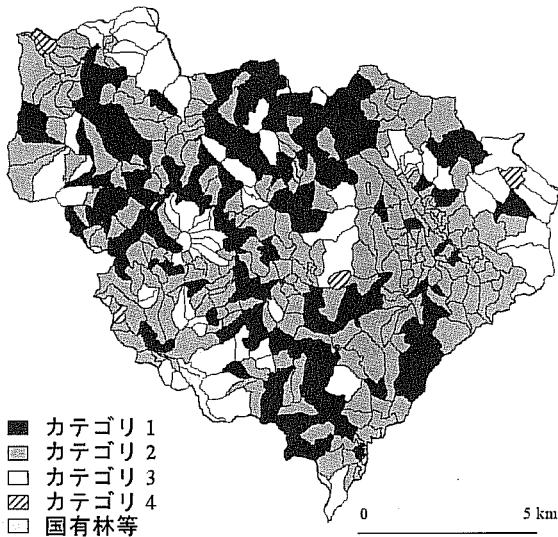


図 3-1. 東栄町における各カテゴリの分布



図 3-2. 東栄町の 2000 年度における道路網配置とカテゴリ 3 の分布

3-2-4. 3つの評価因子を用いた小班の総合的評価

まず、小班毎に (i) 森林資源の構成, (ii) 森林の整備状況, (iii) 基盤の整備状況の各指標を算出し、3つの評価因子を定量化する。次に、それらを総合的に評価するために、森林機能による類型区分 (鄭・南雲 1994; Abe *et al.* 1995) と同様に、3つの指標を変数とするクラスター分析を用いて、小班の類型化を行う。なお、本研究では数百以上の小班を対象としているため、非階層的 k-means 法クラスター分析 (宮本 1999) を用いる。さらに、その区分されたカテゴリを目的変数、3つの指標を説明変数とする判別分析を用いて、各変数の関連性と小班毎の森林と基盤の整備過程を時系列的に把握する。

3-3. 結果と考察

3-3-1. 小班毎の整備状況による類型化

過去 10 年間の森林全域及び小班毎に、3つの評価因子に関する 3 指標の値を算出した。表 3-2 にその 3 指標の平均値を示す。3 因子間には相関はなかった。東栄町における森林全域の資源構成は、50%以上が保育対象である 10 齢級以下のスギ・ヒノ

キ人工林であった。基盤整備は約 8 割の森林を適切に管理し得る状況にあるが、実際には森林整備は必要量の約 3 割しか実施されていなかった。第 2 章で示した東栄町森林整備計画書における必要量に対して、本手法で対象とした下刈及び間伐 (除伐を含む) の達成率は約 4 割であった。留意点として挙げたが、同町森林整備計画における間伐の必要量は、道路から 260 m 以内の森林を基に算出しており、その計算の対象は森林全域の 7 割にも満たない。間伐履歴に 1 年分の欠損があるものの、過去 10 年間における森林整備の達成率は実質的には 3 割程度しかなく、森林面積に対する施業面積の割合が道路から 300 m 以内で有意に高かったことを踏まえると、道路遠方の森林の手入れ不足がさらに懸念される結果となった。

クラスター分析を用いて、3つの評価因子による小班の類型化を行った。小班は、1) 管理・到達性良好、2) 管理不良・到達性良好、3) 管理・到達性不良、4) 保育管理不要の成熟林の 4つのカテゴリに区分できた。表 3-3 にカテゴリ毎の各指標の平均値を示す。東栄町では、半分の小班がカテゴリ 2 であり、3 割の小班がカテゴリ 1、2 割の小班がカテゴリ 3 で、カテゴリ

表 3-5. 1996 年度時点のカテゴリ区分の判別結果

	カテゴリ 1: 管理・到達性 良好	カテゴリ 2: 管理不良・ 到達性良好	カテゴリ 3: 管理・到達性 不良	カテゴリ 4: 成熟林 (保育不要)	総計
小班数	76	303	45	6	430
個数割合 (%)	17.7	70.5	10.5	1.4	100
面積 (ha)	2,592	7,282	1,214	77	11,165
面積割合 (%)	23.2	65.2	10.9	0.7	100

表 3-6. 1996 ~ 2000 年度にカテゴリが変化した小班

カテゴリの変化	小班数	面積 (ha)
3 → 1: 森林整備及び基盤整備	7	168.95
2 → 1: 森林整備のみ	65	1948.35
3 → 2: 基盤整備のみ	0	0
総計	72	2117.3

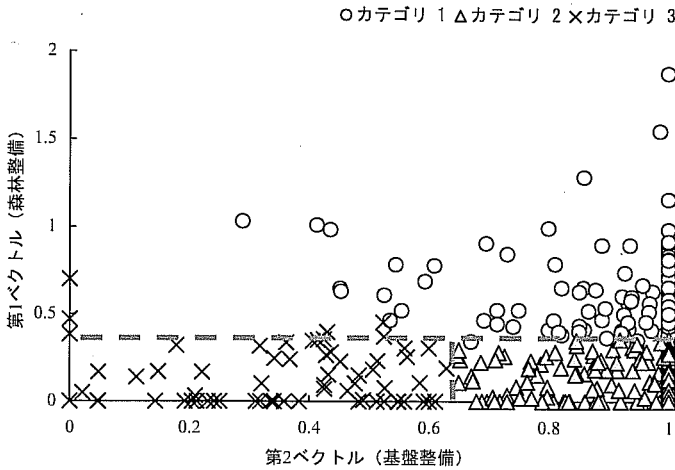


図 3-3. 東栄町における各カテゴリの散布図

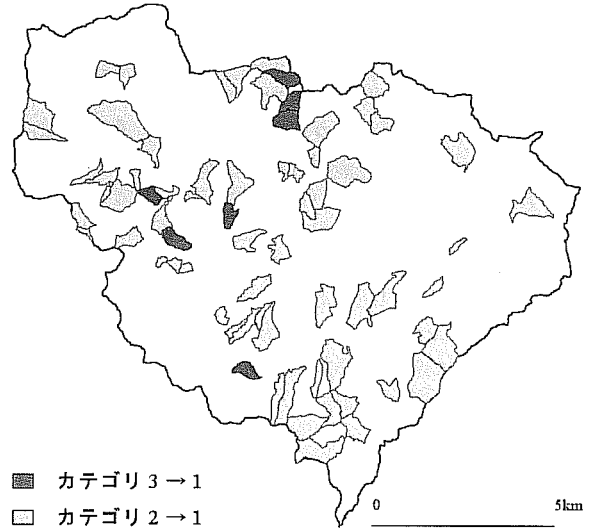


図 3-4. 1996 ~ 2000 年度にカテゴリが変化した小班の分布

4 の小班は僅かであった。カテゴリ 4 を除く 3 つのカテゴリ間で、資源構成指標の値は 0.54 ~ 0.58 とほとんど変わらなかった。その他の指標はカテゴリ間で異なり、森林整備指標においては 0.1 ~ 0.61、基盤整備指標においては 0.33 ~ 0.94 と変動した。カテゴリ区分は、森林整備と基盤整備に主に影響され、資源構成にはほとんど影響されなかった。東栄町では全体の 18% の 2,040 ha に相当する 130 の小班において、過去 10 年間に森林整備が実施されていなかった。図 3-1 に東栄町における 4 つのカテゴリの分布を示す。カテゴリ 2 の小班は町全域に広く分散し、カテゴリ 3 の小班は町の境界付近や町の中心部にある市街地近隣に分布する傾向にあり、カテゴリ 1 の小班は山地中腹に分布する傾向にあった。

図 3-2 に 2000 年度の道路網とカテゴリ 3 の小班の分布を示す。公道は基盤整備が不十分なカテゴリ 3 の小班の近くまでは到達しているが、林道や作業道が小班の内部にまで到達していないことが分かる。森林整備を促進するためには、既設の道路網から延長または分岐する道路網の末端部の拡充が必要である。カテゴリ 3 の小班は、いくつかまとまって存在する傾向にあるが、合わせても 100 ha にも満たない程度であった。東栄町では、森林の大部分が急傾斜地域に属するため、コスト面から林道を開設するには数百 ha の利用区域面積が必要(澤口 1996a, b)であり、第 2 章の結果より施業への効率性、即効性を考慮すると作業道による基盤整備が適していると考えられる。

3-3-2. 小班毎の整備状況の時系列的把握

カテゴリ 4 を除く 3 つのカテゴリを目的変数、3 つの指標を説明変数として、判別分析を行った。ボックスの M 検定によって、優位水準 $\alpha = 1\%$ でカテゴリ間の等分散性が確認され、判別関数式が得られた(表 3-4)。クラスター分析による区分結果を裏付けるように、第 1 ベクトルは森林整備、第 2 ベクトルは基盤整備に主に影響されており、判別率は 98.8% であった。図 3-3 に 3 つのカテゴリの散布図を示す。第 1 ベクトルのカテゴリ 1 と 2 の境界は 0.4 であり、第 2 ベクトルのカテゴリ 2 と 3 の境界は 0.6 であった。1991 ~ 1995 年度の前半 5 年間の森林整備と基盤整備の 2 指標を算出し、判別関数式から 1996 年度時点におけるカテゴリを判別した。表 3-5 に 1996 年度時点におけるカテゴリ区分の判別結果を示す。2 割の小班がカテゴリ 1、7 割の小班がカテゴリ 2、残りの 1 割の小班がカテゴリ 3 であり、1996 年度時点では多くの小班がカテゴリ 2 であった。東栄町では、1996 ~ 2000 年度の後半 5 年間に、全体の 22% の 2,117 ha に相当する 72 の小班において、カテゴリの変化が見られた。そのうち既設道路を使って森林整備が実施されたカテゴリ 2 から 1 への変化が 9 割以上と大部分を占めており、基盤のみが整備されてカテゴリ 3 から 2 へと変化する小班は存在しなかった(表 3-6)。図 3-4 に後半 5 年間にカテゴリが変化した小班の分布を示す。森林整備が進みカテゴリが変化した小班は、東栄町全域に分散する傾向にあった。

3-4. まとめ

愛知県北設楽郡東栄町における1991～2000年度の10年間の森林施業を実績、地利、地形の観点から実態解析した第2章の結果から、本章では、森林整備と基盤整備を効率よく進めるために、森林と基盤の整備状況を林分毎に総合的に把握する手法を検討した。過去10年間に森林整備と基盤整備がどこでどのように実施されたか、資源構成、森林整備、基盤整備に関する3つの指標を用いて林分毎に定量的に評価し、それらの整備過程を時系列的に把握した。クラスター分析によって、小班は、1) 管理・到達性良好、2) 管理不良・到達性良好、3) 管理・到達性不良、4) 保育管理不要の成熟林の4つのカテゴリに類型化された。それぞれのカテゴリの小班は、森林全域に分散する傾向にあった。森林管理には、林分毎の取り扱いと地域・流域に林分をどう配置していくのか両方の技術が含まれ、それらを同時に考えていくことが重要である(藤森2003)と指摘されている。現状の施業の実施量では、短期間に森林全域を適切に整備することは不可能であるため、今後の同町の森林管理計画において、各カテゴリの小班の配置には検討の余地がある。また、判別分析の結果、森林の整備状況の良否を分けるカテゴリ1と2の境界は森林整備指標が0.4であり、森林の整備状況が良好であると区分されたカテゴリ1でも、その整備率は平均で6割程度であった。また、得られたカテゴリ区分の判別関数式を用いて、1996～2000年度のカテゴリの変化を調べた結果、基盤のみが整備された小班は存在せず、基盤整備は森林整備の促進にある程度有効であったと言える。しかしながら、近年5年間に基盤整備を伴って森林整備が進んだ小班は、森林整備が進んだ小班のうち1割にも満たず、この間の森林整備の大部分は、既設道路を利用したものであった。路線の資料の欠損分を考慮したとしても、近年5年間の基盤整備は森林整備に対しあまり寄与していなかったことが明らかとなり、森林整備と基盤整備は必ずしも一体となって実施されていないことが示唆された。従って、東栄町全域で森林整備が不足する傾向にあり、森林整備の促進に向けて基盤整備の積極的な推進が望まれる。

森林組合における森林情報を整備した研究例(近藤1999, 2003; 近藤ら2000)によると、施業履歴を取り込んだデータベースを利用することで、森林施業計画の策定のみならず、林道・作業道の開設計画、それに伴う作業班の作業計画にも影響を及ぼすと指摘している。本章における施業の実態を反映した森林の現状を把握する手法は、森林整備や基盤整備を計画する際の重要な資料を提供し、さらに森林の整備状況に関するカテゴリ区分の判別関数式を用いることで、将来の資源構成から森林や基盤の整備計画を策定した後の森林の状況を予測することも可能である。従って本手法は、民有林の効率的な管理のために実効性のある森林整備計画を立案する上で、市町村役場や森林組合にとって有効なツールとなることが期待される。

第4章 森林基盤の配置計画と優先順位の決定

4-1. はじめに

第2章では、施業実績、地利、地形の観点から、過去10年

間の森林施業の実態を定量的に解析し、施業は不足傾向にあることが確認され、その施業の実施状況は地形条件よりも地利条件に影響されることを明らかにした。施業の実態に即した基盤整備の必要量を算出した結果、莫大な延長が必要であり達成するためには非常に多くの費用と時間がかかるため、今後は効率よく基盤整備を進める必要があることが指摘された。また、第3章では過去10年間の森林と基盤整備の整備状況を小班毎に総合的に把握し、基盤が十分に整備されていても森林整備が不十分な小班が多数存在することを明らかにした。従って、森林整備が遅れがちでその打開策として基盤整備は進められてはいるものの、森林整備と基盤整備は必ずしも一体となって実施されているとは言えない状況にあることが指摘された。

このような状況を考えると、基盤整備を効率良く進め、森林整備を促進させるために、道路網の配置計画を最適化し、その路線開設の優先順位を決定する必要がある。これまでに高規格な林道網(酒井1982, 1983; 小林1983)から、低規格林道を含む複合路網(小林・仁多見1991; 酒井1987; 澤口1996a,b)、及びさらに低規格なトラクタ集材路網(井上1989)の配置計画に至るまで様々な研究が行われてきた。また、道路の計画配置や通過する点を既知として、ある評価値が最大または最小となるような区間ごとの開設の優先順位を決定する研究も幾つか行われている(南雲1974; 木平1982; 南雲・北岡1983; 小林1983; 酒井1986a,b; 大川畑ら1990; 大川畑ら1992)。

これら道路網の配置計画や優先順位の決定に関する研究は、第1章で論じた密度理論の展開と同様に、理論的・技術的見地に基づいて、主伐や間伐等の伐採作業を対象とし、木材生産に主眼を置いて検討されてきた。さらに、それらの研究の多くは、対象地域が100～1,000ha程度で広域的な視野が欠けていることが指摘でき、森林整備や基盤整備等の森林管理の計画・実施主体である市町村(鈴木2001; 柿澤2004)が管轄する数千ha以上の民有林の整備には適用が困難である。今日、森林所有者の不在村化・高齢化等に起因する森林経営意欲の低下等から、市町村や森林組合による森林整備や経営の集約化が推進されている(近藤1999, 2003; 近藤ら2000; 林野庁2003)が、市町村単位で道路開設の優先順位付けを行った研究(北川・森岡1983; 中澤ら2001a)は僅かであり、森林整備と一体となった広域的な森林基盤の整備計画を策定する手法が望まれる。

我が国における人工林の齢級構成は8齢級にピークがあり(図2-2)、今後10年間に積極的に森林整備を進めていかなければ手遅れになる可能性を秘めている。本章では、5年毎に立てられる10年間の市町村森林整備計画を想定し、施業の実態に即した今後10年間の基盤整備計画の立案を試みる。そのために、過去10年間の施業実績に基づいて、林内道路網の配置計画を最適化し、その路線開設の優先順位を決定する。

4-2. 林内道路網の配置と優先順位の決定方法

対象地域、及び資料とその基礎データの処理方法は、第2章、第3章と同様である。愛知県北設楽郡東栄町において、1991～2000年度に同町森林組合が造林・育林関連の補助事業として受託実施した植栽、下刈、枝打、除伐、間伐の5作業と、公道、

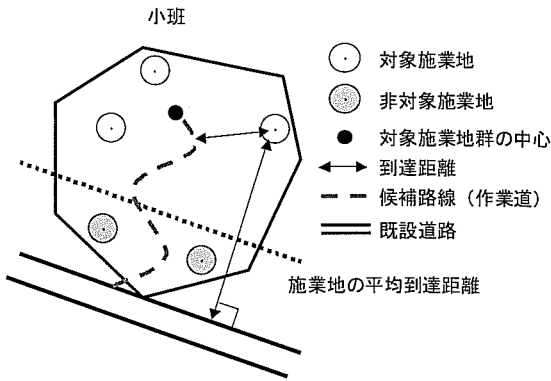


図 4-1. 本手法による計画路線配置の概念図

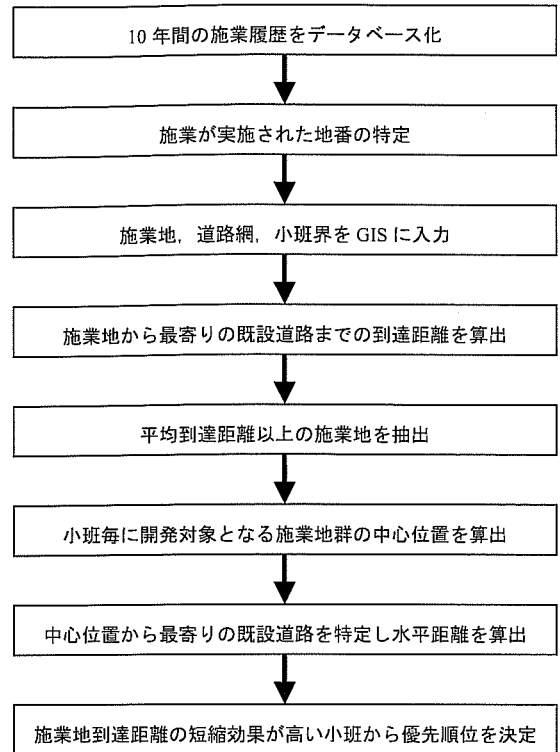


図 4-2. 本手法における林内道路網の配置計画の手順

林道、作業道を対象とした。また、施業が実施された地番の重心位置にその施業地を代表させている。

第3章では、施業は一部の森林に集中する傾向にあり、基盤の整備状況が良く、保育を必要とする森林が存在するにもかかわらず、施業が実施されない小班があることを確認した。一方、施業の団地化の有効性は実証され（近藤ら 2000）、政策的に団地化を促進する方向にあり（林野庁 2003）、第2章においても伐出や歩行費用の観点から、道路遠方の急峻な森林では施業面積を大きくせざるを得ない実態を明らかにした。従って、過去10年間の施業地の平均到達距離（東栄町では164 m）より道路から離れた施業地を開発対象とし、森林管理の効率化を図った。そのような森林では、森林所有者の管理意識が高く、施業を継続して実施する傾向にあり、林道開設に対する合意形成も図りやすいと考えられる。我が国では林道を開設するときに、その利用区域内の森林所有者全員の合意を得る必要があり、合意形成はしばしば林道開設の障害となっている（Matsumoto and Kitagawa 1999b）。また第2章では、集落を連絡し循環路を形成する林道は施業にはあまり効果がなく、一方作業道、特に新規に開設された作業道は施業の実施に効果的であることを明らかにした。さらに第3章では、基幹的な道路は十分であるが、そこから延長または分岐する道路が必要であることを指摘している。道路網密度が低い段階では、高規格林道に対応した大規模集材システム、道路網密度が高くなるにしたがって、低規格林道を中心とする小規模集材システムに移行していくことが合理的である（南方ら 1985）。第3章の結果から、同町の基盤整備の段階が小規模伐出システムの段階にあると想定でき、作業道による基盤整備を対象とした。施業における作業道の開設効果は、その他の事例においても実証されており（岩川 1987；酒井 1984）、また第2章で述べたように、作業道は簡易な構造をしているため（澤口 1996a,b；小林 1997；酒井 2004）、過去10年間の東栄町における作業道の平均建設単価は、林道の平均建設単価より非常に安く1/8程度であった。さらに、作業道は幅員が狭いため、合意形成の阻害要因（Matsumoto and Kitagawa 1999b）である用地面積も小さい（澤口 1996a,b；板谷・山崎 1999）利点があり、その上、簡易な構造ではあるが災害に対して一概に弱いとは言えない（岩川 1987）。東栄町の小班の平均面積は

26 haであり、1つの小班で利用区域面積が5 ha以上の間伐等森林整備促進緊急条件整備事業による作業道等の開設が可能であるので、第3章と同様に、林道開設事業の採択基準の1つである利用区域面積の観点から同町における評価単位を小班とし、1小班に1路線を計画した。既往の研究結果（松本 2000）から、同町の1小班当りには10数人の森林所有者が存在しているものと推定される。林道を開設するためには、コスト面から数百haの利用区域面積が必要であり（澤口 1996a,b）、さらに多くの森林所有者が対象となることから、合意形成を図ることがさらに困難になることが予想される。

以上より、本手法では過去10年間の施業地の平均到達距離より道路から離れた施業地を開発対象とし、小班毎に開発対象の施業地群の中心位置から最寄りの既設道路までを開設する（図4-1）として、水平距離及び水平距離10 m毎の標高を計算した。また、開設順位を決定する指標には、過去10年間と同じ施業地で同程度の施業が実施されるものとして、過去10年間の施業地の到達距離に対する計画路線配置による到達距離の総短縮距離を用いた。図4-2に本手法における林内道路網の配置計画の手順を示す。本手法によって、過去10年間の施業の実施状況を反映した、林内道路網の配置計画とその路線開設の優先順位の設定が可能となる。

4-3. 結果と考察

4-3-1. 候補路線の計画

表4-1に計画された候補路線の概要を示す。本手法によっ

表 4-1. 本手法で計画された候補路線

	路線数	平均直線距離 (m)	平均延長 (m)	総延長 (m)	総建設費 (円)
全候補路線	189	274.0	564.4	106,674	960,062,567
上位30km	41	355.2	731.8	30,004	270,038,808

表 4-2. 候補路線配置後の道路網密度

	既設			計画		総計
	公道	林道	作業道	作業道		
全候補路線	13.6	7.5	3.2	9.6	33.8	
上位30km	13.6	7.5	3.2	2.7	26.9	

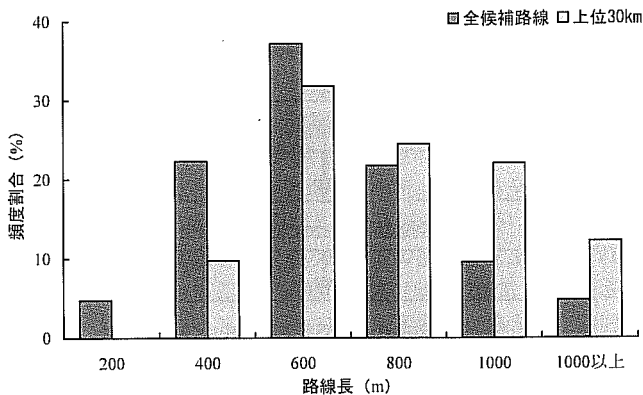


図 4-3. 候補路線の延長毎の頻度分布

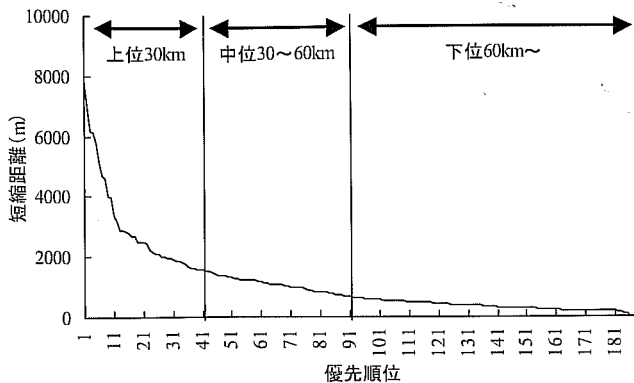


図 4-4. 各候補路線による施業地までの到達距離の短縮効果

て、東栄町 430 小班のうち 44%に当たる 189 の小班が対象となり、189 の候補路線が計画された。開発対象とした施業地群の中心位置から最寄りの既設道路までの平均水平距離は 274 m であった。候補路線の線形が既設の道路と同様であるとして、第 2 章の(2-1)式で算出された修正係数 $V_{corr} = 2.06$ を用いると、候補路線の平均延長は 564 m、総延長は約 107 km と算出された。過去 10 年間に開設された林道及び作業道の合計延長は約 30 km であったので、施業地に対して到達距離の短縮効果が高い優先順位上位から累積 30 km までを開設したとすると、41 路線が該当し、平均水平距離は 355 m、平均延長は 732 m であった。

図 4-3 に計画された候補路線の延長毎の頻度分布を示す。候補路線の延長は 15 ~ 1894 m の範囲内にあり、400 ~ 600 m にピークがあった。優先順位上位 30 km、41 路線までを対象とすると、延長は 303 ~ 1894 m の範囲内にあり、ピークは全候補路線と変わらないが、400 m 未満の路線が少なく、施業地までの到達距離の短縮効果が高い上位 30 km の路線の方が長くなる傾向にあった。同町の作業道台帳によると、既設の作業道の平均延長は約 700 m であり、上位 30 km の候補路線とほぼ同じ長さであった。なお、本手法では到達距離が平均（東栄町では 164 m）以上の施業地を開発対象にしているにもかかわらず、候補路線の延長の最小値は 15 m で、その他 100 m 未満の路線が 3 路線計画されたが、それは小班内に開発対象となる施業地が分散しているためであり、1 小班に 1 路線では施業地に効果的に路線を配置することはできないが、1 小班に数路線を計画するのは現実的ではなく、優先順位は低くなる。

図 4-4 に計画された各候補路線による施業地までの到達距離の短縮効果を示す。優先順位が最も高い路線では、道路から施業地までの到達距離を過去 10 年間より、合計 8000 m 近く短縮させる効果があった。短縮効果は、上位 10 路線まで急激に減

少し、それ以降は鈍化する傾向にあった。優先順位上位から累積 30 km にあたる 41 位の路線では約 1500 m の短縮効果があり、累積 60 km にあたる 91 位の路線では短縮効果はその半分の約 700 m であった。表 4-2 に計画された候補路線の配置後の各種道路網密度を示す。全候補路線配置後には、道路網密度は 33.8 m/ha となり、上位 30 km のみの路線配置後には、道路網密度は 26.9 m/ha となる。本手法で計画された候補路線の総延長は、第 2 章で算出された基盤整備の必要量 79.2 km より約 35% 多く、既設の林道及び作業道の合計延長 120 km に匹敵する量であった。作業道の開設単価を 9,000 円/m として、総建設費は 9 億 6,000 万円と試算された。東栄町の平成 12 年度の林道開設事業費は約 1 億 4,000 万円（愛知県 2001）であったので、この総建設費は 7 年分に相当し、計画された候補路線をすべて開設することは資金的には可能であると考えられる。計画された全 189 の候補路線のうち上位 30 km、41 路線のみを開設したとすると、建設費は 2 億 7,000 万円と試算され、実際の林道開設事業費の 2 年分にも満たない。近年、東栄町の林道は、国庫補助の民有林林道開設事業と県の単独事業の小規模林道事業、及びふるさと林道整備事業によって、そのほとんどが開設されている。また、作業道は、豊川流域の東三河 18 市町村と国・県が資金を負担する豊川水源基金によって約 57%、間伐対策事業で約 26% と 2 つの事業で 8 割以上が開設されている。実際には林道の開設区分と作業道の開設区分（松本 2000）は異なり、作業道は造林事業や間伐対策事業、林業構造改善事業、水源基金等の各々の事業によってきわめていろいろな取り扱いとなっているため（小林 1997）、現状の枠組みでは林道の開設事業費をそのまま作業道に当てることは困難である。民有林の基盤整備関連の事業が、道路規格や資金面等で融通の利く枠組みに再編されるのが望まれる。

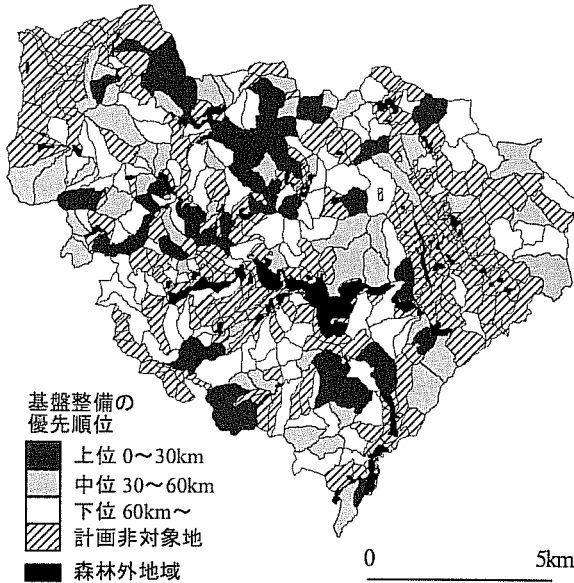


図4-5. 東栄町における基盤整備の優先順位

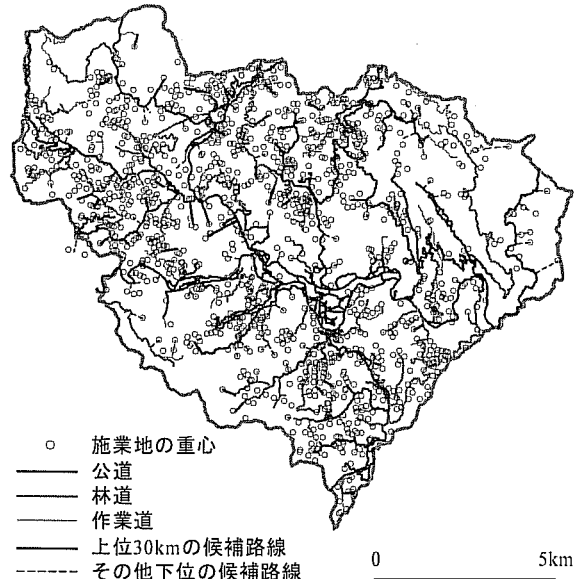


図4-6. 東栄町における計画された候補路線の配置結果

表4-3. 候補路線の接続道路種

	単位：%		
	公道	林道	作業道
全候補路線	48.7	30.2	21.2
上位30km	39.0	36.6	24.4
既設道路の構成率	59.4	28.9	11.7
既設道路の利用率	44.0	36.8	19.2

表4-4. 候補路線の接続形態

	分岐	
	延長	分岐
全候補路線	44路線 (23%)	145路線 (77%)
上位30km	12路線 (29%)	29路線 (71%)

表4-5. 候補路線配置後の各種道路の構成率と利用率の期待値

		単位：%			
		公道	林道	作業道	候補路線
構成率	全候補路線を配置した場合	40.3	22.1	9.3	28.2
	上位30kmを配置した場合	50.6	27.7	11.7	9.9
利用率 (期待値)	全候補路線を配置した場合	22.3	23.8	11.7	42.2
	上位30kmを配置した場合	32.6	30.1	15.2	22.1

表4-6. 候補路線の開設効果

	過去10年間の平均				
	1991年度	2000年度	全候補路線	上位30km	
森林全域 (m)	216.3	224.2	212.0	153.9	188.0
施業地 (m)	164.1	174.8	160.2	80.3	112.6
Q (人・日/m)	4,799,067	5,051,151	4,656,458	2,269,326	3,231,168

Q：歩行負担指標

4-3-2. 候補路線の配置結果

図4-5に基盤整備の優先順位の分布を、図4-6に候補路線の配置結果を示す。優先順位上位30kmまでの路線は、東栄町の中央にある市街地から離れた地域に分布する傾向にあり、一方下位の候補路線は市街地近隣に分布する傾向にあった。市街地近隣で基盤整備の優先順位が低くなったのは、第2章や第3章で明らかにされたように、市街地近隣では林地への到達性は比較的良いが施業が実施されない傾向にあるためであり、そのような森林では、まず零細所有者に施業の実施と団地化を促す普及活動が重要となる。

表4-3に計画された候補路線の接続道路種を示す。第2章で述べたように、構成率とは各種道路の延長距離を林内道路網の総延長で除したもの、利用率とは施業地から最寄りの道路を作業実施時に使うとして各種道路を利用した施業回数を総施業回数で除したものである。計画された候補路線は、公道と接続する頻度が最も多く、既設作業道との接続は最も少ないが、上位30kmまでの路線では既設作業道との接続割合が大きくなっている。候補路線が接続する道路種の頻度割合は、既設道路の構成率よりも作業実施時における過去の既設道路の利用状況に影

響されている。将来的には、候補路線と接続する既設の作業道は、収穫期における森林面積、木材流通量、交通量(酒井1987; 澤口1996a, b)によって、適宜規格を上げる必要性が生じる可能性がある。

表4-4に候補路線の接続形態を示す。全候補路線及び上位30kmまでの路線においても、接続形態は分岐が多く7割以上を占め、延長は少なく3割にも満たなかった。本手法で計画された候補路線は、森林整備への即効性を期待しているため、その多くが既設道路から分岐し、突っ込み線形となる。しかしながら、採算性を考慮するとより多くの利用区域面積が必要となる(澤口1996a, b)ものの、施業団地内の移動を容易にすること等循環路の形成効果(酒井ら1988; 田中1999)を考慮すると、将来的には地域のニーズ等によって、他の路線と連結して循環路を形成する可能性もある。

表4-5に候補路線配置後の各道路種の構成率と利用率の期待値を示す。既往の研究結果(Matsumoto and Kitagawa 1999b)から、道路の種類に関わらず最寄りの道路を使って施業地に侵入する傾向にあることが明らかになっており、東栄町森林組合への聞き取り調査からもその傾向が確認された。作業実施時に

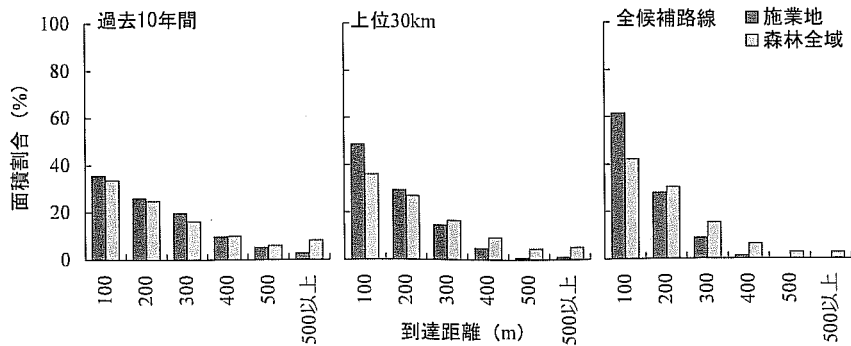


図4-7. 候補路線配置による施業地と森林全域の距離分布の変化

最寄りの道路を使うとすると、候補路線は構成率に比べかなりの利用が期待できる。全候補路線配置後には、施業の半分近くが候補路線を利用することとなり、上位30kmまで路線を配置したとしても、施業の2割以上が候補路線を利用することになる。さらに、過去10年間の道路網の利用状況(表4-3)と比較すると、公道の利用率が半分に減少する。第2章で述べたように、本来、地域内の交通を役割とする公道は、安全性を確保するために高規格で擁壁等の構造物が多く、作業時に利用するのが困難であり、また利用するには管理する行政の占用許可が必要である(小林1997)。本手法で計画された候補路線は高い利用率が期待でき、施業機能の低い公道の利用を半減できたことから、森林経営・管理基盤として評価できる。

4-3-3. 候補路線の開設効果

表4-6に過去10年間に開設された道路と計画された候補路線の開設効果の比較を示す。過去10年間の施業地と同じ場所で同程度の施業が実施されたとして、1991年度と2000年度の道路網配置、及び全候補路線と上位30km、41路線を追加した道路網配置に対する森林全域と施業地の平均到達距離を記す。また、第2章で算出した過去10年間の森林全域と施業地の到達距離の平均値を併記する。過去10年間の路線開設により、森林全域の平均到達距離は1991年度の224mから2000年度の212mと12m減少し、一方施業地の平均到達距離は175mから160mと森林全域と同程度の15mの減少であった。第2章で明らかにしたように、過去10年間に開設された林道は、集落を連絡するような路線が多く、地域内の交通性の改善を重視していたと考えられ、この間の施業の実施に対してあまり効果がなく、森林整備を促進させる上で、施業地に対して効果的に配置されたとは言えない。それに対して、今後10年間に本手法で計画された候補路線をすべて開設すると、森林全域の平均到達距離を2000年度の212mから154mへと58m短縮させ、かつ施業地の平均到達距離を2000年度の160mから80mへと80m短縮させる効果がある。また、過去10年間の開設延長と同量の上位30kmのみを開設したとしても、平均到達距離は2000年度から森林全域に対しては212mから188mへと24m短縮させ、施業地に対しては160mから113mへと47m短縮させる効果がある。ここで、過去10年間と同じ施業地で同程度の作

業量が今後10年間に投入されると仮定し、労働投入量 N (人・日)と到達距離 d (m)の積を労働者の歩行負担を表す指標 Q と定義する。歩行負担指標 Q の値は、(4-2)式と(4-3)式より、候補路線配置後には、過去10年間の480万人・日・mから227万人・日・mへと半減すると試算された(表4-6)。候補路線による施業地までの歩行距離・時間の短縮効果は、労働者の歩行による経済的・生理的な負担の軽減(山田1986)を大いに期待させるものであった。過去10年間に開設された道路は、指標 Q に対して505万人・日・mから466万人・日・mへと10%程度の削減効果しかなかったが、本手法で計画された上位30kmのみを開設したとしても480万人・日・mから323万人・日・mへと30%以上の削減効果が期待できる。

$$Q = d \times N \quad (4-2)$$

$$N = A \times L \quad (4-3)$$

A : 施業実施面積 (ha)

L : 標準作業工期 * (人・日/ha)

* 第3章より東栄町森林組合への聞き取り調査の結果
植栽50, 枝打15, 下刈10, 除伐8, 間伐9 (人・日/ha)

図4-7に候補路線配置前の過去10年間と上位30kmまでの路線及び全候補路線配置後における到達距離階毎の施業地と森林全域の面積割合の分布を示す。施業地及び森林全域において、配置前は道路から100m以内の面積割合は36%と34%であったことに対し、上位30kmまでの路線配置後には49%と36%、全候補路線配置後には62%と42%となり、本手法を用いた林内道路網の配置計画では、半分以上の施業地を道路から100m以内にする事ができる。さらに、道路から200m以内の施業地の面積割合は、過去10年間の平均で約60%であったのに対し、上位30kmまでの路線配置後には80%、候補路線配置後には90%近くにまでなる。従って、優先順位上位41路線30kmまでを開設したとしても、本手法による基盤整備計画によって、集約的な森林管理が可能になると考えられる。

4-3-4. 候補路線配置によるカテゴリ区分の変化

本手法で計画された候補路線が配置されることによって、第3章の小班毎の森林・基盤の整備状況を表すカテゴリ区分がどのように変化するか調べた。候補路線の開設効果を見るために、資源構成指標 (R_1) と森林整備指標 (R_2) の値を固定して、候補路線配置後の基盤整備指標 (E) の値を算出し、小班の森林・基盤の整備状況に関するカテゴリ区分の判別関数式 (表3-4) を用いて、候補路線配置後の各小班のカテゴリを判別した。図4-8に候補路線配置によるカテゴリ区分の散布図の変化を示す。候補路線の配置によって、基盤の整備状況が改善され、多くの小班のカテゴリが変化することがわかる。表4-7に候補路線配置によってカテゴリが変化した小班数とその森林面積を示す。東栄町の430小班のうち、全候補路線配置後には、約10%の小班のカテゴリが変化し、上位30kmのみの路線配置後には、約5%の小班のカテゴリが変化することが予測された。第3章の小班の森林・基盤の整備状況に関するカテゴリ区分の判別関数式を用いることで、本手法によって計画された候補路線の開設効果が確認され、森林管理計画を立案する上で、両手法による基盤整備計画の有効性を示した。

4-4. まとめ

本章では、森林施業の実態を考慮して、森林整備の促進のために、今後10年間の作業道による林内道路網の最適配置計画とその路線開設の優先順位を決定する手法を検討した。本手法は、施業の実態とペスタル理論 (小林 1997) に基づいた道路から施業地までの歩行距離を最小化する配置手法と言える。実際に路線を計画する際は、同時に算出した縦断および横断勾配を考慮する必要があり、傾斜が急で作業道の開設が困難な場合はモノレールの代用 (山田ら 1996a; 山田ら 1996b) も考えられる。本手法により、189の候補路線が計画され、総建設費は9億6,000万円と試算された。その開設効果は過去10年間に比べ、施業地までの到達距離及び労働者の歩行負担を半減させることができる。過去10年間に開設された道路は、施業地に対しあまり効果がなかったが、過去10年間の開設延長と同量の優先順位上位から累積30km41路線までを開設したとしても、施業地までの到達距離及び労働者の歩行負担の削減効果は30%以上期待され、総事業費は2億7,000万円と試算された。また、候補路線配置後は、多くの施業地、及び森林が道路から100mの範囲内となり、集約的な森林管理が期待できる。東栄町では、高性能林業機械の利用実績はほとんどないが、同町の作業道は幅員3mで統一されているので高性能林業機械の進入は可能であり、例えば伐出システムに林内作業車だけでなく、小・中型のタワーヤードやスウィングヤードといった架線系林業機械を導入すればかなりの生産性が期待できる (全国林業改良普及協会 2001)。

市町村単位で道路網の配置計画や林道開設の優先順位付けをした研究は、これまで僅かであった。1つには、1町全域を対象に小班単位で道路からある一定距離内の面積比率と各種施業の必要労働量に基づいて (北川・森岡 1983)、もう1つには、18市町村を含む流域を対象に林班単位で道路からある一定距離内

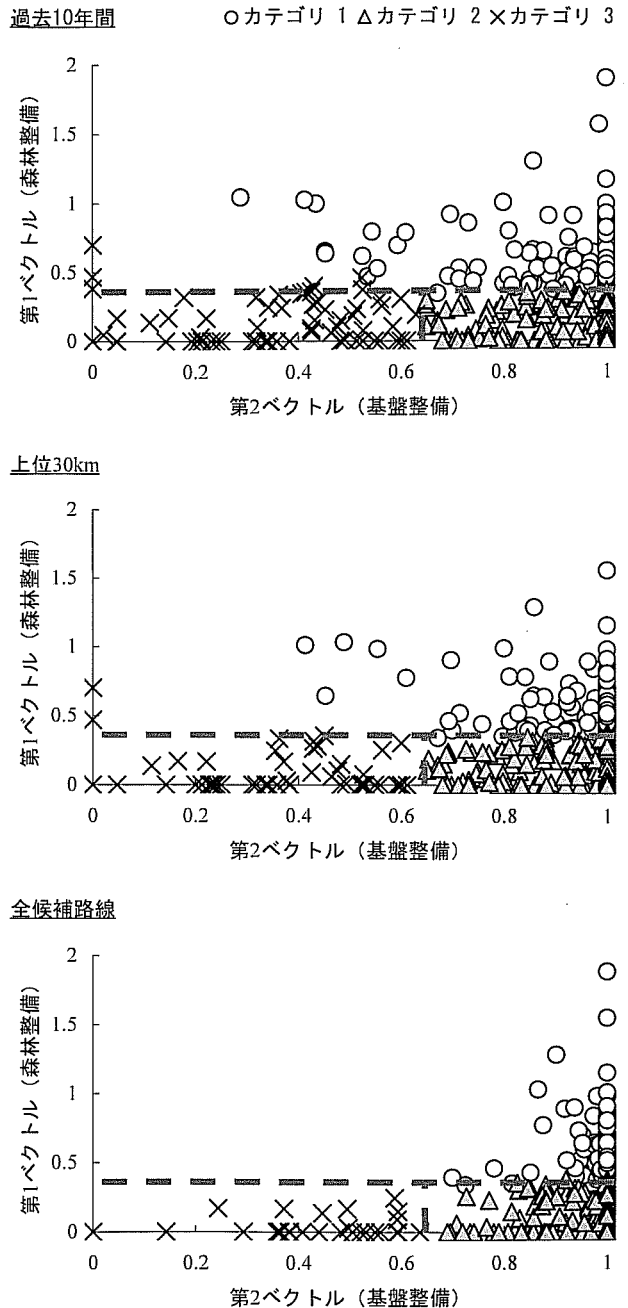


図4-8. 候補路線配置による森林・基盤の整備状況に関するカテゴリ区分の変化

表4-7. 候補路線配置によってカテゴリが変化した小班

	カテゴリの変化	小班数	面積 (ha)
全候補路線を配置した場合	カテゴリ3→1	6	276.5
	カテゴリ2→1	2	41.3
	カテゴリ3→2	35	972.6
	総計	43	1290.4
上位30kmを配置した場合	カテゴリ3→1	4	242.0
	カテゴリ2→1	2	41.3
	カテゴリ3→2	16	449.4
	総計	22	732.8

の間伐を必要とする森林の面積比率に基づいて(中澤ら 2001)、林道開設の優先度を決定したものがあつた。しかしながら、これらの研究例は、森林資源の構成に基づいた将来の道路の必要性を評価したものであり、路線の配置計画にまでは至っておらず、また近年施業を実施しない森林所有者が多数存在し、その傾向は過去 20 年前と比べてより顕著になってきているが(林野庁 2003)、施業の実施可能性や開設効果についての検討が不十分であつた。

さらに、本研究ではこれまで施業と林内道路網との間には密接な関係が存在することを明らかにしてきたが、第 1 章でも触れたように、その道路網を計画する際に以下の問題点が挙げられている(伊藤 1976)。(i) 人家・部落を結ぶものである。(ii) 個人的意向に左右されている。(iii) 全体的視野に欠け、断片的な開発となっている。(iv) 市町村の施策、ビジョンに沿っていない。また、(iii) の問題を解決することで他の 3 つの問題点も解決に向かうであろうと指摘されている。これらの道路網計画の問題点が、森林の管理不足を生じさせた一因と考えられるが、本手法は小班毎の施業実績に基づいて、市町村単位の基盤整備計画を策定するものであり、(i) 道路から遠い施業地を結ぶために、(ii) 小班内の複数の施業地所有者を含めて、(iii) 町全域を対象として小班毎に相対的な優先順位を付けることで、(iv) 森林整備の推進を図る市町村の施策に対し、上述された問題点を解決に導くことが期待される。さらに、第 3 章の小班の森林・基盤の整備状況に関する評価手法と併用することで、市町村単位の森林管理に有効なツールとなると考えられる。

第 5 章 流域単位における基盤整備に基づいた森林整備システムの構築

5-1. はじめに

我が国では、1991 年度から森林・林業・木材産業に関する様々な関係者の合意形成を図りながら、民有林、国有林を通じて適切な森林整備と森林施業に伴う木材生産等の事業量のまとまりの確保、担い手の育成等の条件整備等の取り組みを、地域の特質に応じ、流域(全国を 158 流域、158 森林計画区に区分)を基本的な単位として自主的に行う「森林の流域管理システム」が進められている(林野庁 2003)。その下で、市町村の役割が重視され(神沼 1998)、さらに 1998 年度の森林法の改正により、森林施業に係る市町村の役割を強化し(鈴木、2001)、市町村による森林整備が推進されている(林野庁 2003)。これまでに川上から川下まで一体となった森林管理が幾つか試みられ(黒瀧 1998; 遠藤ら 1999; 林野庁 2003; 柿澤 2004)、森林の流域管理システムにおける市町村連携の必要性が指摘されている(黒瀧 1998; 柿澤 2004)。したがって、森林管理の計画・実施主体である市町村(鈴木 2001; 柿澤 2004)はもとより、流域全体で森林整備と基盤整備に基づいた森林管理を考える必要があると言える。しかしながら、複数の市町村を含む流域を対象とした研究例は少なく、山村地域の路網配置特性には地理的連続性に対応した類似性が存在している(松本・北川 2000)ことが報告されているが、森林の流域管理システムにおける森林整

備や基盤整備に関する知見は少ない。

第 2～4 章では、愛知県北設楽郡東栄町を対象に、市町村単位の森林施業の実態解析や林分毎の森林・基盤の整備状況の総合的把握、森林基盤の配置計画の最適化を行う 3 つの手法を開発した。その結果、過去 10 年間の施業の実施状況と林内道路網の整備状況との関連性から基盤整備の量的な目標値が定まり、その効率的な推進のために、小班毎に森林・基盤の整備状況が定量的に評価され、森林整備の促進に向けて、今後 10 年間の森林基盤整備計画が立案された。本章では、市町村単位の森林整備と基盤整備に関するこれら 3 つの手法を複数の市町村を含む流域に適用し、流域単位における基盤整備に基づいた森林整備システムの構築を試みた。

5-2. 対象流域の森林現況

対象流域は、愛知県東三河森林計画区の豊川流域とし、上流域から北設楽郡設楽町、中流域から南設楽郡鳳来町、及び下流域から新城市を選択した(図 5-1)。隣接する東栄町とともに奥三河林業地域を形成し、新城市に同地域の原木市場と製材・プレカット工場、防虫防腐工場を併設する三河材流通加工センター(HOLZ 三河)が設立され、愛知県産材としての三河材のブランド化が進められている。また、独立行政法人水資源機構の管轄下にある豊川用水があり、愛知県東南部の平野及び渥美半島全域、並びに静岡県湖西市の地域に農業用水、水道用水、工業用水を供給している。豊川用水は濁水が多く、1991～2000 年の 10 年間に 8 回の取水制限が実施されており、森林整備は木材生産のみならず水資源の保全にとっても重要課題である。

表 5-1 に対象地域の概要を示す。森林率は、上・中流域の設楽町と鳳来町で 9 割を越え、下流域の新城市においても 6 割以上あり、これら豊川流域 3 市町の総森林面積は、愛知県下の地域森林整備計画対象森林面積の約 2 割を占めている。東栄町と同様にいずれの市町においても、民有林率、人工林率ともに高く、また人工林の多くはスギとヒノキである。そのうち半分以上の森林が保育を必要とする 9 齢級(41～45 齢)以下の森林であり、森林整備の推進は急務の課題となっている。東栄町よりは傾斜は緩いが、豊川流域においては、中流域の鳳来町が最も急傾斜である。上流域の設楽町や下流域の新城市では、傾斜は相対的に緩く、道路網密度も比較的高く、また下流域の新城市で最も人口が多く、人口密度も高い。さらに、新城市に隣接し、豊川の最下流域に位置する豊橋市は、愛知県第 2 の都市で人口約 36 万人を有する。また、豊川流域では森林面積で 3 割前後の不在村所有者が存在しており、不在村林家の所有森林に対して施業の放棄が危惧され(林野庁 2002)、市町村林政における不在村所有者対策の難しさが指摘されているが(佐藤・岡森 2000)、その多くが最寄りの都市の新城市や豊橋市に居住する傾向にある(松本 2001)ことから、流域全体で森林管理を考えることの重要性が指摘できる。

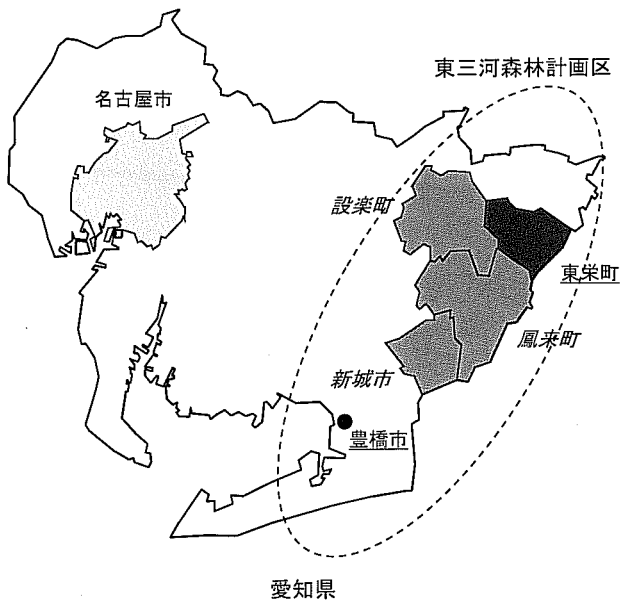


図 5-1. 対象流域—豊川流域 3 市町の位置図

表 5-1. 東栄町と豊川流域 3 市町の概要

	(2000年度末現在)			
	大千瀬川		豊川	
	上流 東栄町	上流 設楽町	中流 鳳来町	下流 新城市
森林面積 (ha)	11,210	20,193	24,270	7,146
民有林蓄積 (万m ³)	307	379	527	133
森林率 (%)	91	91	92	61
民有林率 (%)	100	73	97	99
人工林率 (%)	83	78	69	76
スギ・ヒノキ (%)	82	77	66	59
保育対象* (%)	60	54	51	60
平均標高 (m)	506	622	305	222
平均傾斜 (%)	57.1	42.2	48.1	38.1
林内路網密度** (m/ha)	24.3	26.4	20.4	30.0
人口(人)	4,717	5,305	14,355	36,022
人口密度 (人/km ²)	38	24	54	305

*9 齢級 (41~45 齢) 以下のスギ・ヒノキ林

** 公道、林道、作業道

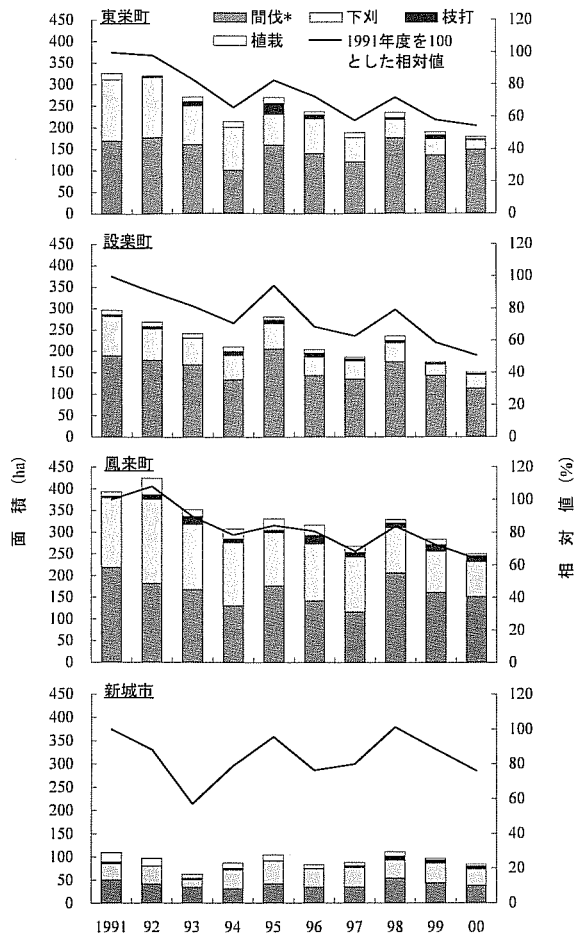


図 5-2. 東栄町と豊川流域 3 市町における施業実施量の推移

表 5-2. 東栄町と豊川流域 3 市町における各種施業の達成率

	大千瀬川			豊川								
	上流 東栄町			上流 設楽町								
	間伐*	下刈	枝打	間伐*	下刈	枝打						
必要量 (ha/年)	290.0	160.5	12.8	359.8	239.5	32.5	375.8	301.0	20.5	93.0	110.5	22.0
実施量 (ha/年)	142.3	62.3	7.7	152.3	45.3	6.1	156.6	119.4	12.7	38.8	37.9	4.7
達成率 (%)	49.1	38.8	60.2	42.3	18.9	18.8	41.7	39.7	61.9	41.8	34.3	21.4

*: 除伐を含む

5-3. 豊川流域における森林施業の実態

5-3-1. 森林施業の実施状況

図 5-2 に東栄町と豊川流域 3 市町における 1991~2000 年度の森林施業の実施量を示す。なお、間伐履歴には東栄町で 1 年分、設楽町で 3 年分の欠損があり、愛知県林業統計書 (愛知県 1992, 1993, 1994) から間伐実施量の値を補った。東栄町と同様に、上流域の設楽町では 10 年間に施業の実施量が約半減したが、中流域の鳳来町では 1991 年度の実施量の 6 割、下流域の新城市では 8 割を維持している。また、東栄町と同様に豊川流域 3 市町においても、10 年間の施業の中心は下刈及び間伐であり、面積割合の 9 割前後を占めていた。東栄町も含め上流域では、この 10 年間は植栽量が比較的少なく、下刈量が減少する傾向にある。一方、いずれの市町においても、間伐量は 10 年間通して安定しており、近年では他の施業の減少傾向に伴い、相

対的に間伐の割合が高まる傾向にある。

対象地域の森林整備計画書 (東栄町・設楽町: 計画期間 1993~2002 年度, 鳳来町・新城市: 1994~2002 年度) には、植栽を除く各種作業の 5 年毎の必要量が記載されている。表 5-2 に東栄町と豊川流域 3 市町の計画期間に該当する年間の各種施業の必要量と実施量及び達成率を示す。東栄町と鳳来町の枝打を除けば、各種施業の達成率は 50% 以下であり、東栄町と同様に豊川流域 3 市町においても、森林組合の施業の受託実施分では不十分であることが確認された。その不足傾向は、最も上流域の設楽町で強く、特に下刈と枝打において顕著であった。さらに、同流域の施業の大部分を占め、森林政策で積極的に推進されている間伐でさえも、達成率は 4 割を僅かに超える程度であった。

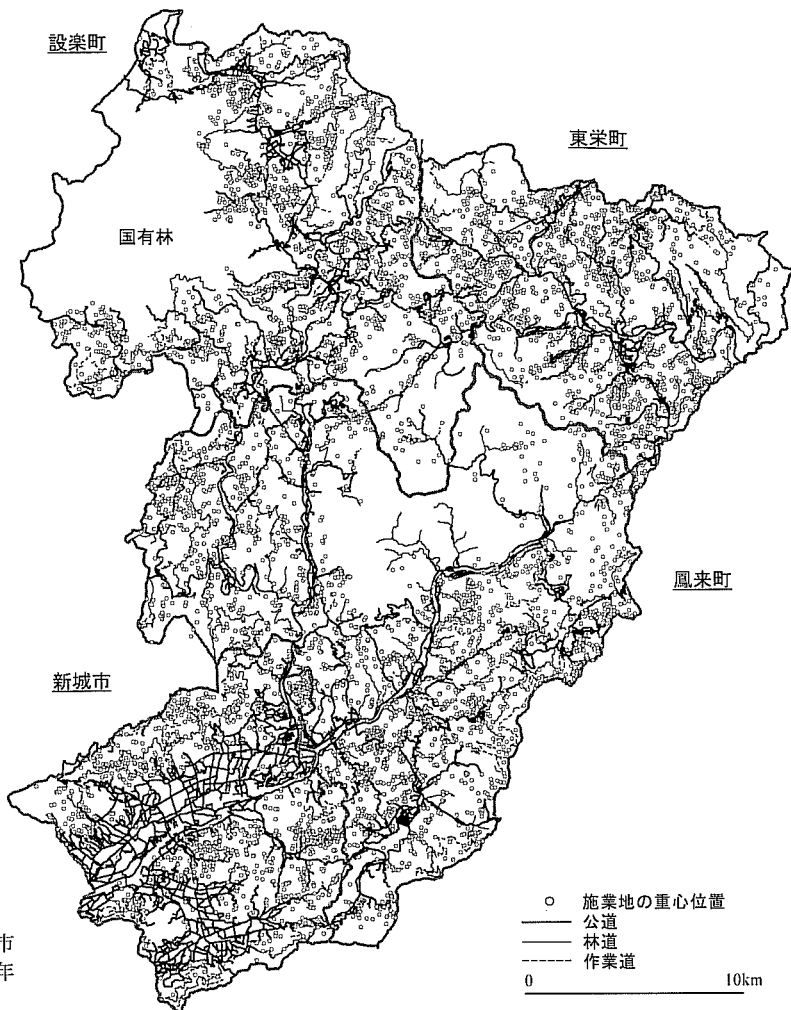


図 5-3. 東栄町と豊川流域 3 市町における過去 10 年間の施業地の分布

5-3-2. 施業地の地利・地形条件

図 5-3 に東栄町と豊川流域 3 市町における過去 10 年間の施業地の分布を示す。東栄町と同様に豊川流域 3 市町においても、施業地の分布は道路近隣で密、道路遠方では疎な分布傾向にあるが、施業が一部の森林に集中する傾向や道路近隣でも施業が実施されていない森林も見受けられる。

図 5-4 に東栄町と豊川流域 3 市町における過去 10 年間の施業地と森林全域の平均到達距離の推移を示す。東栄町と同様に豊川流域 3 市町においても、森林全域の平均到達距離は、道路網の開設に伴って減少し、10 年間で 15 m 前後の路線開設による到達距離の短縮効果が確認された。施業地の平均到達距離は、東栄町を含む 4 市町とも 1991 年度は 170 m 前後であり、いずれの市町においても、道路から平均で 170 m 程度が景気等の影響を除いた施業実施の最遠距離と考えられる。その後、下流域の新城市を除く 3 町では、170 m 前後でそのまま推移していたが、1998～2000 年度の近年 3 年間は国産材価格の急落（図 2-6）に伴って、東栄町と同様に、上流域の設楽町では急激に減少し、施業地と森林全域との平均到達距離の差が 60 m 以上に

拡大した。中流域の鳳来町では、森林面積が最も大きく人工林以外の森林を多く含むため（表 5-1）、平均で最も施業地と森林全域との差があるが、10 年間通して施業地の平均到達距離は 170 m 程度を維持しており、道路網の開設効果によりその差は減少する傾向にあった。また、下流域の新城市では、施業地の平均到達距離は解析初年度から減少傾向にあったが、1997 年度以降はほぼ一定となり、森林全域との差は最も小さかった。東栄町と同様に豊川流域 3 市町においても、施業の実施状況に比べ道路網が不足しており、森林全域と施業地の到達距離の間には未だ平均で 45～80 m 程度の差があるため、道路遠方での森林荒廃の進行が危惧される。

図 5-5 に東栄町と豊川流域 3 市町における過去 10 年間の施業地と森林全域の平均傾斜の推移を示す。東栄町では施業地は森林全域に比べ急傾斜であったが、豊川流域 3 市町ではそれぞれ施業地は森林全域に比べ緩傾斜であり、その傾向は下流域の新城市で最も強かった。しかしながら、いずれの市町においても、傾斜は森林全域と施業地の間に数%程度の差しかなく、10 年間で施業地の年平均傾斜が目立って増減する変化は見られな

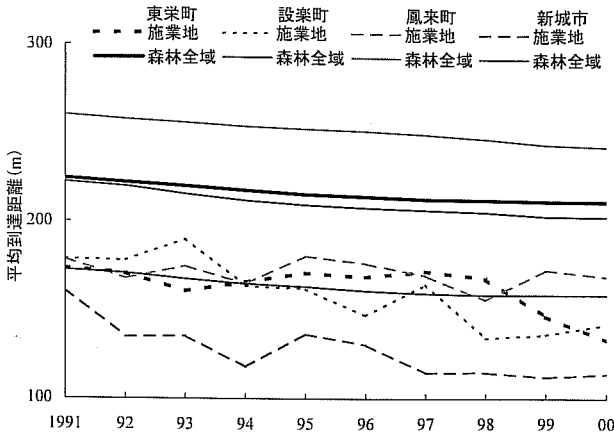


図 5-4. 東栄町と豊川流域3市町における施業地と森林全域の平均到達距離の推移

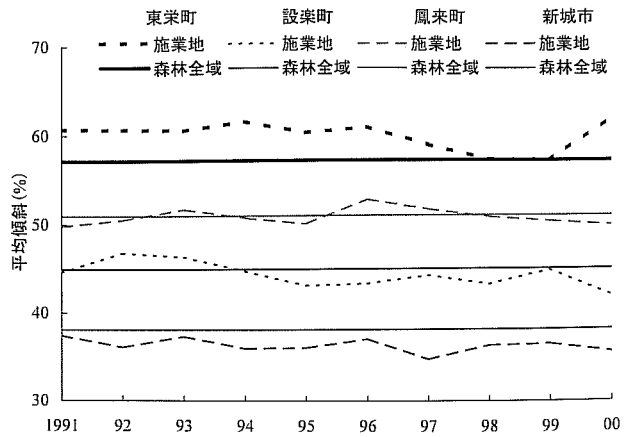


図 5-5. 東栄町と豊川流域3市町における施業地と森林全域の平均傾斜の推移

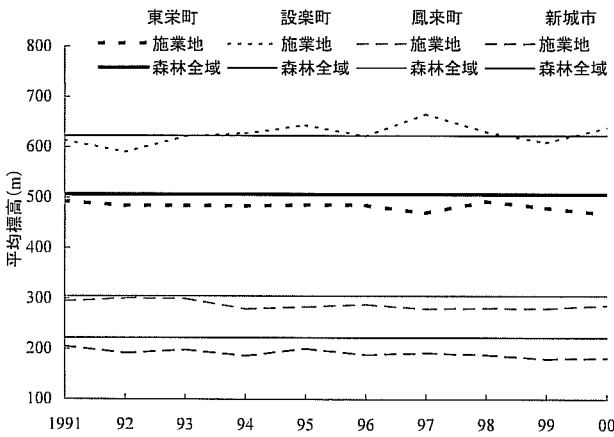


図 5-6. 東栄町と豊川流域3市町における施業地と森林全域の平均標高の推移

かった。

図 5-6 に東栄町と豊川流域3市町の過去10年間の施業地と森林全域の平均標高の推移を示す。上流域の設楽町では、施業地は森林全域に比べ僅かではあるが標高が高い傾向にあり、東栄町及びその他の豊川流域2市町では、施業地は森林全域に比べ標高が低かった。10年間の施業地の標高は、設楽町で少しばらつくものの、いずれの市町においても傾斜と同様に目立って増減する変化は見られなかった。

図 5-7 に東栄町と豊川流域3市町における施業地と森林全域の到達距離階毎の平均標高と平均傾斜を示す。森林全域に関しては、東栄町と同様に豊川流域3市町においても、道路から離れるにつれて、標高は高くなり傾斜も急になる傾向にある。施業地に関しては、鳳来町では傾斜は到達距離に関わらず一定な傾向にあるが、その他の市町では森林全域とほぼ同様の傾向にある。以上より、地利条件が悪い森林は、地形条件が悪くなる傾向にあると言える。豊川流域3市町においても、施業地と森林全域との間に地形条件の差がみられるものの、施業地の地形

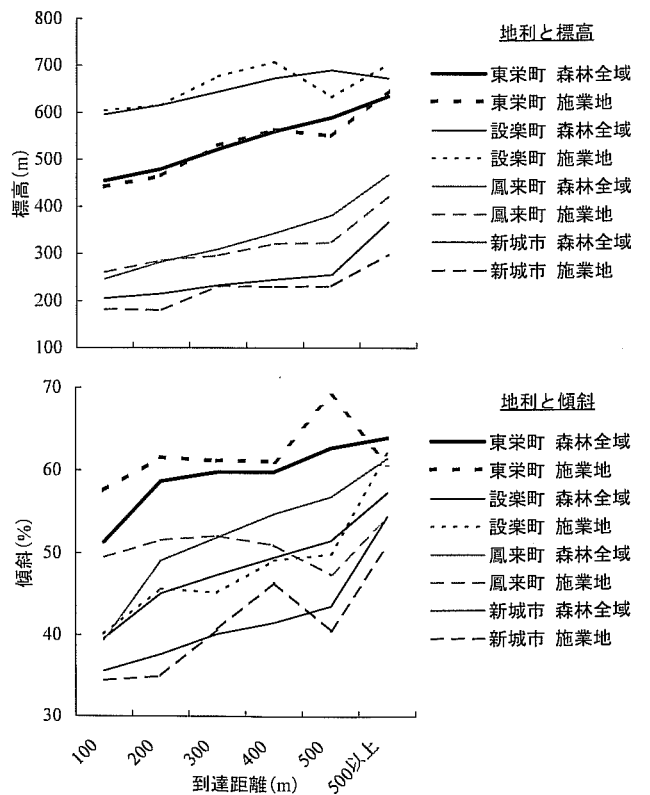


図 5-7. 東栄町と豊川流域3市町における地利と地形の関係

条件の年平均値に目立った変動はなく、施業の実施状況は地形条件よりも地利条件で大部分を説明できることが確認された。

5-3-3. 作業実施時の道路網の利用状況

図 5-8 に東栄町と豊川流域3市町における過去10年間の各種道路の構成率と利用率を示す。東栄町と同様に豊川流域3市町においても、公道の利用率は構成率より低く、一方林道や作業

道の利用率は構成率よりも高く、林道・作業道の森林経営・管理基盤としての機能が評価された。また、作業道密度の高い新城市を除けば、その傾向は林道よりも作業道の方が高い傾向にあった。しかしながら、過去10年間で最も利用されたのは公道であり、豊川流域3市町においても、公道の林道の機能(松本2000)が確認された。

図5-9に東栄町と豊川流域3市町における過去10年間の新規開設区間の延長割合とその累積利用率を示す。なお、東栄町以外の豊川流域3市町において、10年間に林道から公道への移管、及び作業道から林道への移管がいくつか行われているが、ここでの解析においては移管を無視した。下流域の新城市では、現状で最も道路網密度が高く、基幹道路が十分に整備されているため、作業道を中心とした基盤整備が行われており、一方東栄町を含めて上流域の設楽町や中流域の鳳来町では、基幹となる林道網が継続して整備されている。東栄町ほど明確ではないが、豊川流域3市町においても、道路の延長増加量に比べ新規に開設された林道よりも作業道の方が利用される傾向にあり、作業道は施業への即効性が期待でき、森林経営の基礎的基盤としての重要性(酒井2004)が確認された。

5-3-4. 森林施業の実態から見た基盤整備の必要量

東栄町と同様に豊川流域3市町においても、過去10年間の森林施業の実態から見れば、基盤整備の不足は明らかである。施業の実施状況は、道路からの到達距離で大部分が説明できるので、森林全域を適切に管理するためには、実際の施業の到達距離を指針にすることが望ましい。東栄町と同様に第2章の(2-1)式を用いて、豊川流域3市町の基盤整備の必要量を算出した。表5-3に東栄町と豊川流域3市町における施業の実態に即した基盤整備の目標量と必要量を示す。基盤整備の目標量は、上流域の東栄町と設楽町では30 m/ha強で高く、特に豊川の上流域の設楽町では、森林全域の到達距離の目標値となる過去10年間の施業地の平均到達距離が短く、かつ V_{corr} が最も大きいため、34.5 m/haと非常に高くなった。中流域の鳳来町では、施業地の平均到達距離が最も長く、 V_{corr} は上流の2町より小さいため、基盤整備の目標量は最も小さく29.2 m/haとなった。一方、下流域の新城市では、現状の森林全域の平均到達距離はもうすでに短く、 V_{corr} は最も小さいが、施業地の平均到達距離が非常に短いため、基盤整備の目標量は最も高く37.4 m/haとなった。なお、 V_{corr} に関しては路網密度や地形傾斜の影響は小さく、路網の迂回や β 指数、起伏量との関係はあるものの、いずれの因子も決定的な影響を与えない(Sawaguchi *et al.* 1994)ことが明らかにされている。基盤整備の必要量は、人工林以外の森林を多く含む森林面積の大きい鳳来町で必要量が少し多くなったが、いずれの市町においても施業の実態から見れば、8 m/ha前後の道路網の新規開設が必要とされる。建設費は、必要量をすべて安価で施業に効果的な作業道で満たした場合と現状の林道と作業道の割合を維持した場合を、それぞれ過去10年間の平均単価(表5-4)を用いて算出した。安価な作業道のみによる基盤整備でも3~30億円程度かかり、林道での基盤整備を含めると、最大で170億円と莫大な建設費が必要となる。

現行の森林計画制度における平成46年度末の目標林道密度(愛知県2001)に対する林内道路網整備の必要量は、豊川上流域の設楽町では5.9 m/ha、中流域の鳳来町では9.6 m/ha、下流域の新城市では6.8 m/haであり、近年5年間の開設量の水準が設楽町では0.2 m/ha/年、鳳来町では0.25 m/ha/年、新城市では0.19 m/ha/年であったことを勘案すると、今後30年以内の達成は難しく、目標密度を達成するには半世紀近くの莫大な歳月を必要とする。したがって、東栄町と同様に豊川流域3市町においても、森林資源の現状と施業の実態を考えると、手入れ不足の森林の増加により、森林の荒廃が進行してしまうことが危惧されるため、今後の道路網整備にあたっては、量的整備目標を単純に消化するのではなく、その目標に向けて質的に最大限の効果をあげるために、個々の路線を最大限効率よく配置することが急務である。そのためには、近年、林道事業は縮小傾向にあることから、施業への即効性が期待できる安価な作業道による基盤整備が現実的である。

5-4. 豊川流域における森林整備と基盤整備及び森林の現状

5-4-1. 各市町における小班の整備状況の類型化

小班の平均面積及び標準偏差は、東栄町では 25.9 ± 20.7 haであったが、豊川流域3市町において、設楽町では 15.3 ± 12.1 ha、鳳来町では 24.1 ± 24.0 ha、新城市では 13.8 ± 15.1 haであった。設楽町や新城市では、東栄町や鳳来町の小班面積の半分に近いが、林道開設事業の採択基準の1つである利用区域面積の観点から、いずれの市町においても、1つの小班で作業道や小規模林道による整備が可能であるので、本研究の解析には十分であると判断した。東栄町と同様に豊川流域3市町において、森林・基盤の整備状況の評価に関する(i)森林資源の構成、(ii)森林の整備状況、(iii)基盤の整備状況の3指標を小班毎に算出した。森林整備指標の算出には、各森林組合への聞き取り調査から作成した標準作業表(表5-5)を用いた。なお、設楽町では国有林内部に位置する小班を解析から除いた。

豊川流域3市町において、それぞれクラスター分析を用いて、小班の整備状況に関する類型化を行った。その結果、東栄町と同様に豊川流域3市町においても、1)管理・到達性良好、2)管理不良・到達性良好、3)管理・到達性不良、4)保育管理不要の成熟林の4つのカテゴリに区分できた。表5-6に東栄町と豊川流域3市町におけるカテゴリ毎の3指標の平均値を示す。3因子間には相関はなかった。豊川流域では、下流から上流に向かうほど保育対象の若齢人工林が多くなる傾向にあった。森林の整備状況に関して、下刈においては鳳来町で実施率が突出して高く、間伐においては豊川流域3市町ともに約2割程度とほとんど変わらなかった。設楽町では間伐履歴が3年分欠損していたことや、鳳来町では間伐の実施量は多いものの、民有人工林面積が非常に大きい(表5-1)ことが影響し、間伐の実施率を低下させたと考えられる。東栄町と同様に豊川流域3市町においても、カテゴリ4を除く3つのカテゴリは資源構成の影響が小さく、森林整備と基盤整備に主に影響されていたが、鳳来町では森林整備指標の値が高いほど資源構成指標の値が高い傾向があった。鳳来町では、民有人工林面積が非常に大

表 5-3. 東栄町と豊川流域 3 市町における施業の実態に即した基盤整備の必要量

	現状 (2000)			目標量			必要量	
	S_m (m)	D (m/ha)	V_{-corr}	S_m (m)	D (m/ha)	D (m/ha)	延長 (km)	建設費 (億円)
上流 東栄町	212	24.3	2.06	164	31.4	7.1	79.2	7.1~45
上流 設楽町	204	26.4	2.15	156	34.5	8.1	119.5	33.5~100.2
中流 鳳来町	243	20.4	1.98	171	29.2	8.9	210.3	16.8~172.5
下流 新城市	159	30.0	1.91	128	37.4	7.3	51.7	3.1~10.4

S_m : 平均到達距離
 D : 道路網密度
 V_{-corr} : 路網密度修正係数

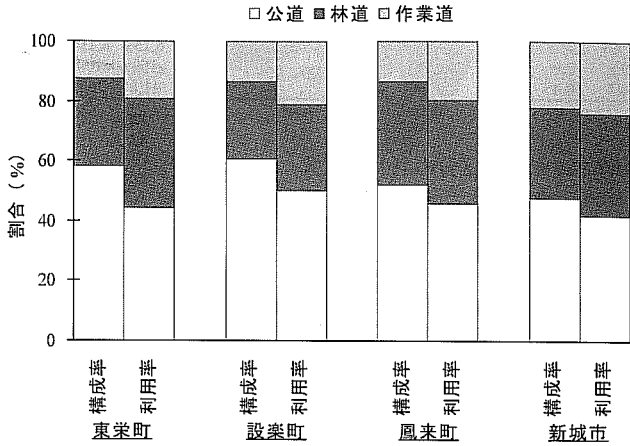


図 5-8. 東栄町と豊川流域 3 市町における各種道路の構成率と利用率

表 5-4. 東栄町と豊川流域 3 市町における各種道路の幅員と建設単価の平均値

	林道		作業道	
	幅員 (m)	単価 (円/m)	幅員 (m)	単価 (円/m)
東栄町	4	77,000	3	9,000
設楽町	4	113,000	3.2	28,000
鳳来町	3.8	110,000	2.9	8,000
新城市	4	32,000	3	6,000

表 5-5. 東栄町と豊川流域 3 市町における標準作業

	下刈		除伐		間伐	
	林齢	人・日/ha	林齢	人・日/ha	林齢	人・日/ha
東栄町	1~8	10	9,12	8	スギ 16,24,32 ヒノキ 18,25,35	9
設楽町	1~8	7	9,12	9	スギ 16,24,32 ヒノキ 18,25,35	8
鳳来町	1~7	9.5	9,12	10	スギ 18,23,28 ヒノキ 18,23,28	10
新城市	1~7	10	9,12	8.5	スギ 15,23,32 ヒノキ 17,24,34	9

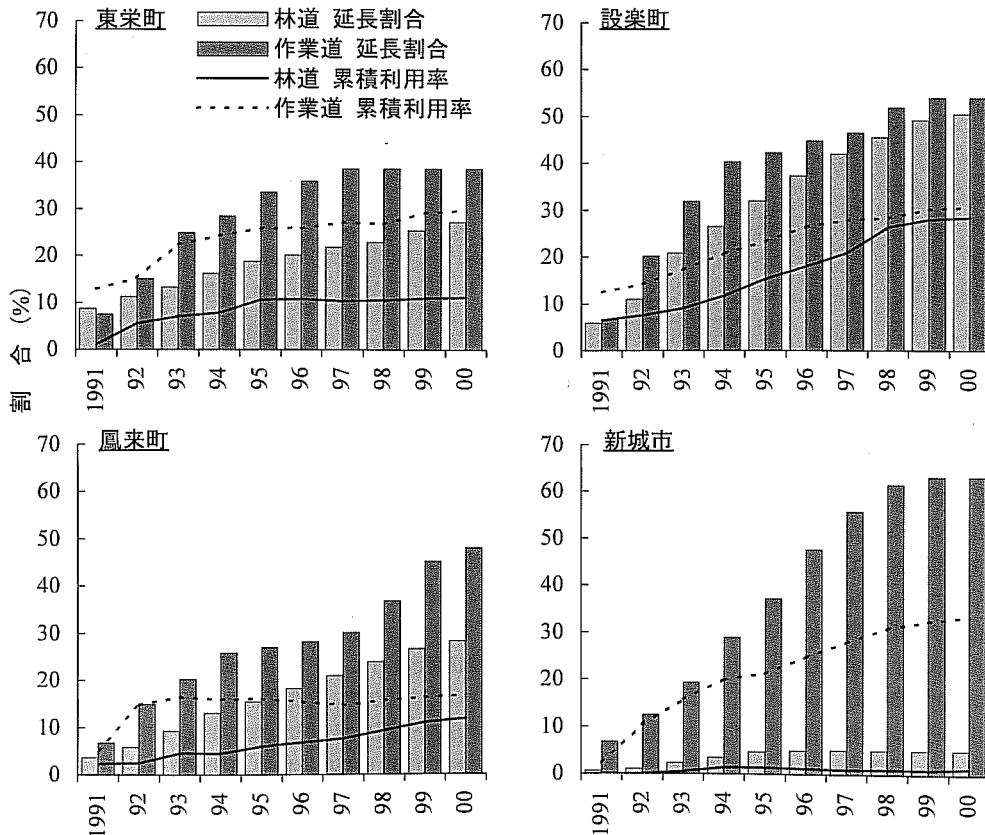


図 5-9. 東栄町と豊川流域 3 市町における新規開設区間の延長割合とその累積利用率

表 5-6. 豊川流域 3 市町毎における各カテゴリの 3 指標の平均値

	カテゴリ 1: 管理・到達性良好				カテゴリ 2: 管理不良・到達性良好				カテゴリ 3: 管理・到達性不良				カテゴリ 4: 成熟林 (保育不要)				総計			
	大千瀬川		豊川		大千瀬川		豊川		大千瀬川		豊川		大千瀬川		豊川		大千瀬川		豊川	
	上流 東栄町	中流 設楽町	下流 鳳来町	下流 新城市	上流 東栄町	中流 設楽町	下流 鳳来町	下流 新城市	上流 東栄町	中流 設楽町	下流 鳳来町	下流 新城市	上流 東栄町	中流 設楽町	下流 鳳来町	下流 新城市	上流 東栄町	中流 設楽町	下流 鳳来町	下流 新城市
(i) 資源構成	0.58	0.45	0.45	0.34	0.55	0.48	0.40	0.36	0.54	0.48	0.30	0.42	0.32	0.10	0.13	0.01	0.55	0.47	0.38	0.34
(ii) 森林整備	0.61	0.82	0.95	1.02	0.10	0.08	0.10	0.06	0.13	0.10	0.09	0.11	-	-	-	-	0.31	0.18	0.24	0.19
下刈実施率	0.51	0.47	1.54	1.20	0.19	0.09	0.32	0.08	0.22	0.11	0.28	0.12	-	-	-	-	0.24	0.14	0.57	0.23
間伐実施率	0.60	0.88	0.78	1.13	0.09	0.07	0.07	0.06	0.12	0.09	0.07	0.09	-	-	-	-	0.25	0.19	0.19	0.20
(iii) 基盤整備	0.90	0.92	0.91	0.93	0.94	0.98	0.95	0.97	0.33	0.46	0.35	0.42	0.92	0.75	0.62	0.99	0.83	0.85	0.84	0.90
小班数	116	126	153	61	239	602	626	361	69	223	123	59	6	15	71	30	430	966	973	511
施業未実施	-	-	-	-	100	340	305	190	30	127	75	21	-	-	-	-	130	467	380	211
森林面積 (ha)	3,330	1,824	4,031	869	5,336	8,378	13,842	4,616	2,423	4,364	4,675	1,453	77	172	946	97	11,165	14,738	23,494	7,035
施業未実施	-	-	-	-	1,364	3,994	3,695	1,472	676	2,165	2,455	241	-	-	-	-	2,040	6,159	6,150	1,713
面積割合 (%)	29.8	12.4	17.2	12.4	47.8	56.8	58.9	65.6	21.7	29.6	19.9	20.6	0.7	1.2	4.0	1.4	100	100	100	100
施業未実施	-	-	-	-	12.2	27.1	15.7	20.9	6.1	14.7	10.4	3.42	-	-	-	-	18.3	41.8	26.2	24.3

表 5-7. 東栄町と豊川流域 3 市町毎におけるカテゴリ区分の判別関数式

	大千瀬川		豊川					
	上流 東栄町		上流 設楽町		中流 鳳来町		下流 新城市	
	第1ベクトル トル	第2ベクトル トル	第1ベクトル トル	第2ベクトル トル	第1ベクトル トル	第2ベクトル トル	第1ベクトル トル	第2ベクトル トル
(i) 資源構成	0.23	0.82	-0.36	-0.60	0.49	1.27	0.81	-0.24
(ii) 森林整備	6.80	-2.86	6.90	-0.69	7.57	-0.73	9.58	-0.38
(iii) 基盤整備	2.81	5.31	0.50	3.49	0.19	1.99	0.38	2.09
定数項	-6.47	0.61	-5.79	0.24	-6.77	-0.36	-8.98	0.04
バートレットのχ ² 値	981.50	407.11	1663.35	543.17	1453.06	328.16	835.32	176.47
自由度	6	2	6	2	6	2	6	2
P 値	0	0	0	0	0	0	0	0
固有値	2.93	1.64	2.26	0.77	2.50	0.44	2.98	0.45
判別的中率 (%)	98.8		93.0		93.3		92.3	

きいため、森林全域を適切に管理するのは困難であり、保育対象林分がまとまって存在する小班から森林整備を実施していると考えられる。

東栄町では、保育対象林分が存在するにもかかわらず、2,000 ha に相当する 130 小班で森林整備が実施されていなかったが、豊川流域 3 市町においても、設楽町では 6,000 ha に相当する 467 小班で、鳳来町では 6,000 ha に相当する 380 小班で、新城市では 1,700 ha に相当する 211 小班で森林整備が実施されていなかった。それらの面積は森林全域の面積に対して、東栄町では 1/5、設楽町では 2/5、鳳来町及び新城市では 1/4 相当し、大規模な森林荒廃の進行が懸念される。

図 5-10 に東栄町と豊川流域 3 市町における 4 つのカテゴリの分布を示す。管理・到達性が良好なカテゴリ 1 の小班は、東栄町では町の境界と市街地の間の山地中腹に分布する傾向にあったが、豊川流域 3 市町においては、鳳来町では中央部に少し集中する傾向があるものの、各市町全域に分散する傾向にあった。東栄町と同様に、管理・到達性不良のカテゴリ 3 の小班は各市町の境界付近に分布する傾向にあり、管理不良・到達性良好のカテゴリ 2 の小班は各市町全域に分布していた。

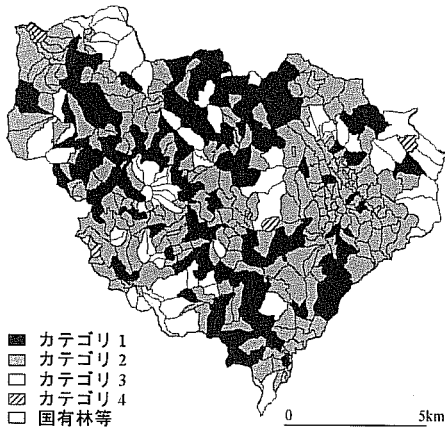
東栄町と同様に豊川流域 3 市町においても、ボックスの M 検定によって、優位水準 $\alpha = 1\%$ でカテゴリ間の母分散が等しいことが確かめられ、カテゴリ 4 を除く 3 つのカテゴリを目的変数、3 指標を説明変数とした判別分析から、カテゴリ区分の判別関数式を得た (表 5-7)。判別的中率は、東栄町に比べ豊川流

域 3 市町では少し低いものの、90% 以上判別することができた。東栄町と同様に、クラスター分析の結果を裏付けるように、第 1 ベクトルは森林整備、第 2 ベクトルは基盤整備に主に影響されていたが、鳳来町では資源構成の影響が他の市町に比べ、比較的強かった。図 5-11 に東栄町と豊川流域 3 市町における 3 つのカテゴリの散布図を示す。第 1 ベクトルのカテゴリ 1 と 2 の境界は、東栄町と同様に豊川流域 3 市町においても 0.4 前後であった。一方、第 2 ベクトルのカテゴリ 2 と 3 の境界は、道路網密度の低い鳳来町では東栄町と同様に 0.6、道路網密度の高い設楽町と新城市では 0.8 程度であった。

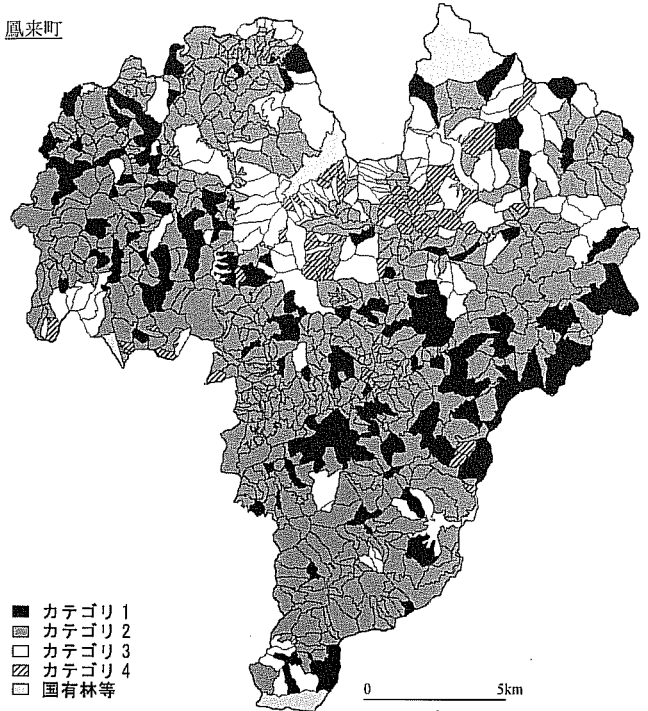
5-4-2. 流域全域における小班的整備状況の類型化

前項では市町毎に小班を類型化し、対象市町内における小班毎の整備状況の位置付けを把握した。本項では、豊川流域 3 市町の全小班を対象に類型化し、流域内における小班毎の整備状況の位置付けを把握する。クラスター分析の結果、市町毎に類型化した場合と同様に、1) 管理・到達性良好、2) 管理不良・到達性良好、3) 管理・到達性不良、4) 保育管理不要の成熟林の 4 つのカテゴリに区分できた。表 5-8 に豊川流域 3 市町の全小班を対象にしたカテゴリ毎の各指標の平均値を、図 5-12 に 4 つのカテゴリの分布を示す。市町毎の類型化と同様に、3 因子間には相関はなかった。管理・到達性良好のカテゴリ 1 の小班は中流域の鳳来町で最も多く、その次に上流域の設楽町、下流域の新城市の順であった。管理・到達性不良のカテゴリ 3 の

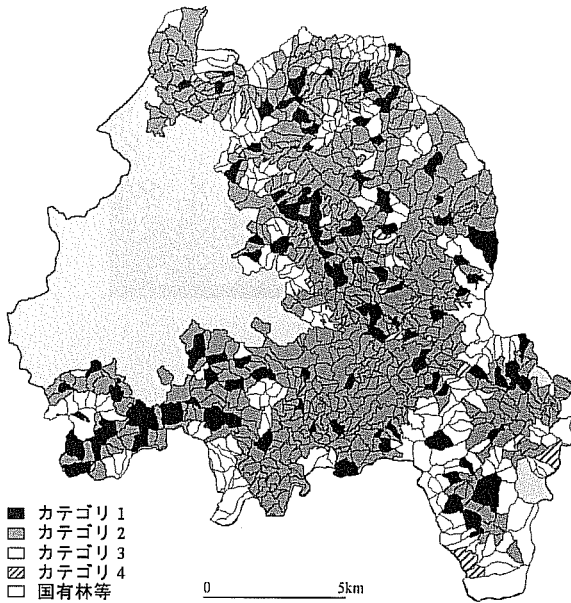
東栄町



鳳来町



設楽町



新城市

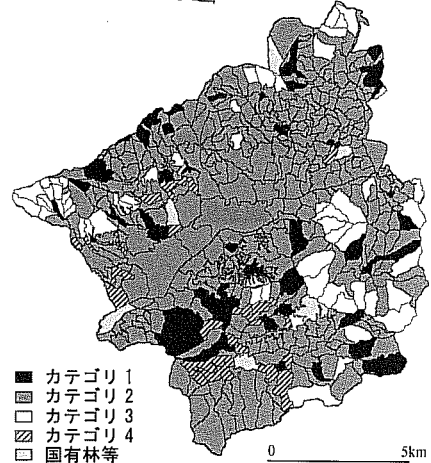


図 5-10-1. 東栄町と豊川流域における各カテゴリの分布 (東栄町, 設楽町)

図 5-10-2. 東栄町と豊川流域における各カテゴリの分布 (鳳来町, 新城市)

小班は、新城市で最も少なく、残りの2町では倍以上の面積があった。最も多数を占めたのは、管理不良・到達性良好のカテゴリ2の小班であり、各市町の森林面積の6割以上を占め、特に新城市では3/4を占めていた。カテゴリ毎の各指標の平均値は、市町村毎の類型結果(表5-6)に比べて、カテゴリ1においては森林整備指標の値が、カテゴリ3においては基盤整備指標の値が大きくなった。流域全域の類型結果は、市町村毎の類型結果に比べ、各カテゴリを特徴付ける指標が強調される区分となり、カテゴリ1の小班は減少、カテゴリ2の小班は増加、カテゴリ3の小班は設楽町では減少、鳳来町では微増、新城市では増加、カテゴリ4は増減無しとなった。

表5-9に豊川流域全域におけるカテゴリ区分の判別関数式を、図5-13に3つのカテゴリの散布図を示す。市町村毎の判別関数式(表5-7)と同様に、第1ベクトルは森林整備に、第2ベクトルは基盤整備に主に影響されていた。判別率の中率は96.5%と市町村毎の判別関数式より精度は高くなった。第1ベクトルのカテゴリ1と2の境界は0.5であり、第2ベクトルのカテゴリ2と3の境界は0.6であった。森林整備の必要量に対して半分程度の実施率でも管理・到達性良好のカテゴリ1に区分され、また森林の大部分が管理不良のカテゴリに区分されたことから、豊川流域全域において森林整備は不足傾向にあることが確認された。

表 5-8. 豊川流域3市町全域を対象としたカテゴリ毎の3指標の平均値

	カテゴリ 1:			カテゴリ 2:			カテゴリ 3:			カテゴリ 4:			カテ ゴリ 1	カテ ゴリ 2	カテ ゴリ 3	カテ ゴリ 4	総計
	管理・到達性良好			管理不良・到達性			管理・到達性不良			成熟林(保育不)							
	上流	中流	下流	上流	中流	下流	上流	中流	下流	上流	中流	下流					
(i) 資源構成	0.45	0.45	0.36	0.48	0.40	0.36	0.45	0.31	0.42	0.10	0.13	0.01	0.44	0.43	0.39	0.09	0.41
(ii) 森林整備	0.93	1.04	1.45	0.09	0.11	0.09	0.10	0.10	0.08	-	-	-	1.06	0.10	0.10	-	0.21
(iii) 基盤整備	0.90	0.91	0.91	0.95	0.95	0.96	0.32	0.35	0.36	0.75	0.62	0.99	0.91	0.95	0.34	0.73	0.86
小班数	97	130	37	709	647	396	145	125	48	15	71	30	264	1,752	318	116	2,450
面積 (ha)	1,441	3,270	435	10,124	14,511	5,320	3,000	4,768	1,183	172	946	97	5,146	29,954	8,951	1,215	45,266
各市町に占める 面積割合 (%)	9.8	13.9	6.2	68.7	61.8	75.6	20.4	20.3	16.8	1.2	4.0	1.4	-	-	-	-	-
流域全域に占める 面積割合 (%)	3.2	7.2	1.0	22.4	32.1	11.8	6.6	10.5	2.6	0.4	2.1	0.2	11.4	66.2	19.8	2.7	100

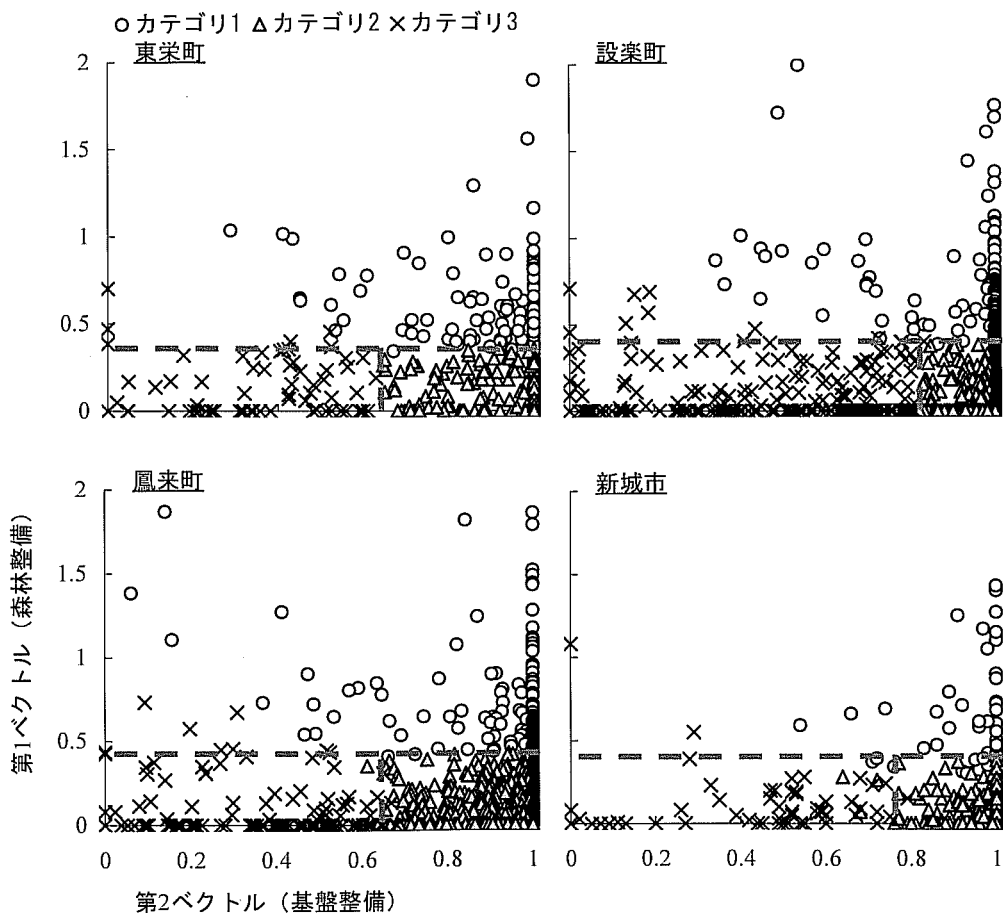


図 5-11. 東栄町と豊川流域3市町における各カテゴリの散布図

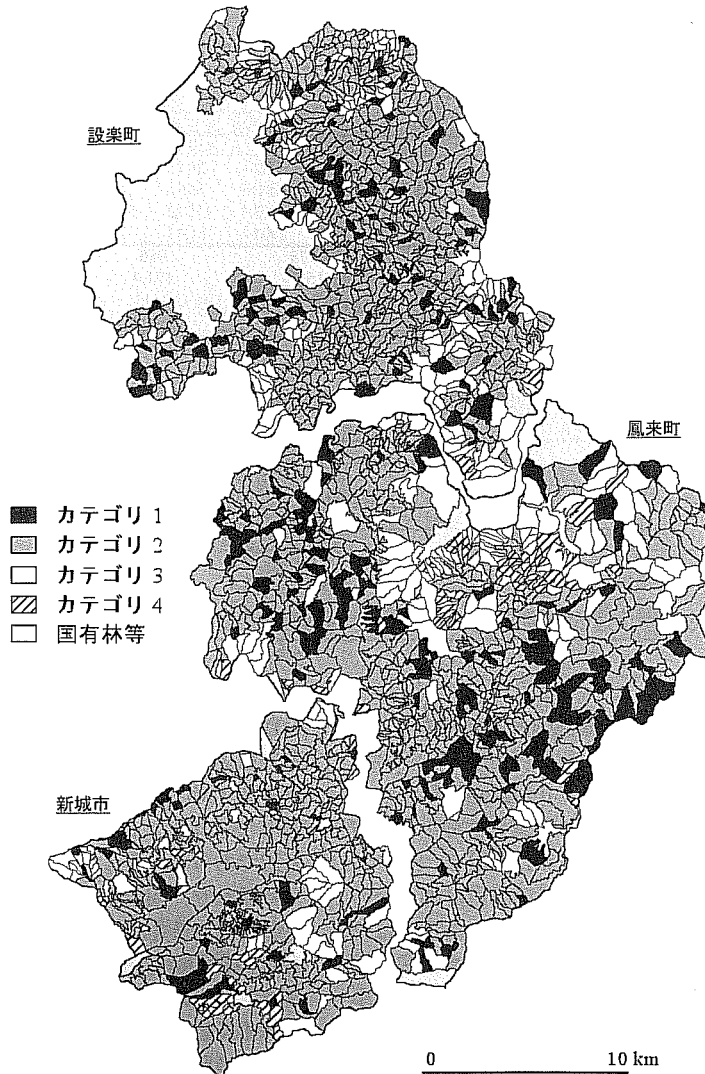


図5-12. 豊川流域3市町全域を対象とした4つのカテゴリの分布

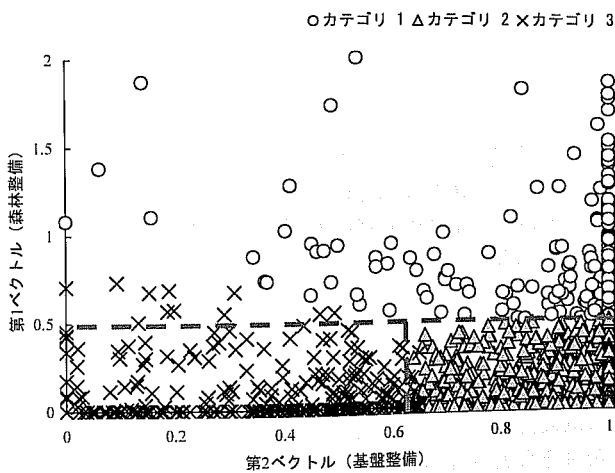


図5-13. 豊川流域3市町全域におけるカテゴリの散布図

表5-9. 豊川流域3市町全域を対象としたカテゴリ区分の判別関数式

	豊川流域全域	
	第1ベクトル 判別係数	第2ベクトル 判別係数
(i) 資源構成	0.36	0.24
(ii) 森林整備	7.96	-0.40
(iii) 基盤整備	0.22	2.43
定数項	-7.08	-0.26
パーロットの χ^2 値	4140.45	1017.68
自由度	6	2
P 値	0	0
固有値	2.82	0.55
判別的中率 (%)	96.5	

表 5-10. 東栄町と豊川流域3市町で計画された候補路線

	大千瀬川		豊川					
	上流		上流		中流		下流	
	東栄町		設楽町		鳳来町		新城市	
	全候補	上位30km	全候補	上位50km	全候補	上位60km	全候補	上位25km
路線数	189	41	263	73	319	82	167	51
平均直線距離 (m)	274	355	264	318	291	381	207	250
平均延長 (m)	564	732	568	684	556	728	397	479
総延長 (km)	106.7	30.0	149.3	49.9	177.2	59.7	66.2	24.4
総建設費 (億円)	9.6	2.7	41.8	14.0	14.2	4.8	4.0	1.5
小班数	430		973		966		511	
施業地到達距離 (m)	164.1		155.9		171.4		127.9	
修正係数 V_{corr}	2.06		2.15		1.98		1.91	
作業道単価 (円/m)	9,000		28,000		8,000		6,000	

表 5-11. 豊川流域3市町村における候補路線配置後の道路網密度

	大千瀬川		豊川					
	上流		上流		中流		下流	
	東栄町		設楽町		鳳来町		新城市	
	全候補	上位30km	全候補	上位50km	全候補	上位60km	全候補	上位25km
公道	13.6	13.6	16.0	16.0	9.9	9.9	13.5	13.5
林道	7.5	7.5	6.9	6.9	7.6	7.6	9.0	9.0
作業道	3.2	3.2	3.6	3.6	2.9	2.9	7.5	7.5
候補路線	9.6	2.7	10.1	3.4	7.5	2.5	9.4	3.5
総計	33.8	26.9	36.5	29.8	27.9	22.9	39.4	33.5

単位: m/ha

5-5. 豊川流域における森林基盤の配置計画と優先順位

5-5-1. 候補路線の計画

過去10年間の施業地の平均到達距離より道路から離れた施業地を開発対象とし、小班毎に開発対象の施業地群の中心位置から最寄りの既設道路までを開設する(図4-1, 図4-2)として、今後10年間の作業道による林内道路網の最適配置計画とその路線開設の優先順位を決定する手法を、豊川流域の3市町にそれぞれ適用した。表5-10に豊川流域3市町における本手法で計画された候補路線の概要を示す。上流域の設楽町では、973小班のうち27%に相当する263小班が、中流域の鳳来町では、966小班のうち33%に相当する319小班が、下流域の新城市では、511小班のうち33%に相当する167小班が対象となり、それぞれ作業道の候補路線が計画された。開発対象になった施業地群の中心位置から最寄りの既設道路までの平均水平距離は、200~300mの範囲内にあり、鳳来町では最も長く291m、次いで設楽町では264m、新城市では207mであった。候補路線の線形が既設の道路と同様であるとして、各市町の2000年度における修正係数 V_{corr} の値を用いると、平均延長は設楽町と鳳来町では560m前後となり、東栄町とほぼ同程度であったが、新城市では最も短く約400mとなった。計画路線の総延長は、設楽町では149km、鳳来町では177km、新城市では66kmとなり、各市町における作業道の過去10年間の平均建設単価を用いると、総建設費は設楽町では41.8億円、鳳来町では14.2億円、新城市では4億円とそれぞれ試算された。設楽町では、幅員4mの高規格な基幹的作業道を含むため作業道の建設単価が高く、総建設費が東栄町の約4倍、鳳来町の3倍、新城市の10倍と非常に高くなった。仮に、隣接する東栄町と同規格の低規格作業道を開設したとすると総建設費は13.4億円となり、総事業費は1/3以下に削減されるため、現状では愛知県内で様々

な作業道規格の基準が存在しており(酒井2004)、開設する作業道の規格の検討も必要であると考えられる。

平成12年度における林道開設事業費(愛知県2001)は、設楽町では年間2億円、鳳来町では2.7億円、新城市では7,500万円であった。第4章で述べたように、林道と作業道の開設区分は異なり、現状の基盤整備関連事業の枠組みでは、林道の開設事業費をそのまま作業道に当てることは困難ではあるが、設楽町の作業道の規格を検討しさえすれば、今後10年間に計画された候補路線すべてを開設することは、資金的には十分可能である。しかしながら、豊川流域3市町ともに莫大な延長と建設費が必要であり、近年林道事業が縮小傾向にあることや年間の開設量に限界があることも考慮しなければならない。過去10年間に開設された林道及び作業道の合計延長は、設楽町では約50km、鳳来町では60km、新城市では25kmであった。施業地までの到達距離の短縮効果が高い優先順位上位からそれぞれ累積50km, 60km, 25kmまでを開設したとすると、設楽町では73路線が該当し、平均水平距離は318m、平均延長は684m、総建設費は14億円(低規格作業道の場合4.5億円)、鳳来町では82路線、平均水平距離381m、平均延長728m、総建設費4.8億円、新城市では51路線、平均水平距離250m、平均延長479m、総建設費1.5億円となり、各市町の1割弱の小班が開発対象となった。東栄町と同様に、到達距離の短縮効果が高い優先上位の路線ほど、延長距離が長くなる傾向にあり、総建設費もかなり少なく抑えることができる。

表5-11に計画された候補路線の配置後の各種道路網密度を示す。道路網密度は、設楽町では全候補路線配置後には36.5m/ha、優先順位上位の路線配置後には29.8m/ha、鳳来町ではそれぞれ27.9m/ha, 22.9m/ha、新城市ではそれぞれ39.4m/ha, 33.5m/haとなる。各市町の全候補路線の密度は7~10m/haで

表 5-12. 東栄町と豊川流域 3 市町村における候補路線配置後の各種道路の構成率と利用率の期待値

単位：%

	大千瀬川				豊川											
	上流 東栄町		上流 設楽町		中流 鳳来町				下流 新城市							
	構成率	利用率(期待値)	構成率	利用率(期待値)	構成率	利用率(期待値)	構成率	利用率(期待値)	構成率	利用率(期待値)	構成率	利用率(期待値)				
	全候補上位30km	全候補上位30km	全候補上位50km	全候補上位50km	全候補上位60km	全候補上位60km	全候補上位25km	全候補上位25km	全候補上位25km	全候補上位25km						
公道	40.3	50.6	22.3	32.6	43.7	53.5	24.5	33.4	35.5	43.3	24.5	32.1	34.3	40.4	20.2	28.6
林道	22.1	27.7	23.8	30.1	18.9	23.1	16.7	20.3	27.2	33.1	19.5	25.6	22.8	26.8	19.6	23.1
作業道	9.3	11.7	11.7	15.2	9.8	12.1	14.5	17.8	10.3	12.5	12.3	14.5	19.1	22.5	20.5	23.6
候補路線	28.2	9.9	42.2	22.1	27.6	11.3	44.4	28.5	27.0	11.1	43.7	27.8	23.8	10.3	39.7	24.7

表 5-13. 東栄町と豊川流域 3 市町村における候補路線の開設効果

	大千瀬川			豊川								
	上流 東栄町		歩行負担Q (千人・日/m)	上流 設楽町		歩行負担Q (千人・日/m)	中流 鳳来町		下流 新城市			
	森林全域 (m)	施業地 (m)		森林全域 (m)	施業地 (m)		森林全域 (m)	施業地 (m)	森林全域 (m)	施業地 (m)		
過去10年平均	216	164	4,799	211	156	2,489	251	171	8,907	164	128	1,754
1991年度	224	175	5,051	222	178	2,731	260	179	9,343	172	139	1,865
2000年度	212	160	4,656	204	150	2,358	243	165	8,433	159	120	1,680
全候補路線	154	80	2,269	148	54	749	184	75	3,312	121	55	705
優先上位路線	188	113	3,231	171	82	1,332	208	102	4,710	137	74	896

あり、優先順位上位の路線の密度はいずれの市町においても 3 m/ha 前後であった。現状において、新城市を除く他の町では作業道密度は低く、それぞれ候補路線をすべて開設すると林道密度を上回り、優先順位上位の路線のみを開設すると林道密度に匹敵する量となる。計画された候補路線をすべて開設すると、鳳来町では少し足りないものの、施業の実態に即した道路網密度(表 5-3)を達成することができる。

表 5-14. 東栄町と豊川流域 3 市町村における標準作業

	単位：人・日/ha			
	大千瀬川		豊川	
	上流 東栄町	上流 設楽町	中流 鳳来町	下流 新城市
植栽	50	40	48	59
下刈	10	7	9.5	10
枝打	15	15	23.5	20
除伐	8	9	10	8.5
間伐	9	8	10	9

5-5-2. 候補路線の配置結果

図 5-14 に豊川流域 3 市町村における基盤整備の優先順位の分布を、図 5-15 に候補路線の配置結果を示す。基盤整備の優先順位の高い小班は、鳳来町では中央から東部に、新城市では東部に分布する傾向にあったが、設楽町では中心部の市街地近隣を除く町全域に分散する傾向にあった。

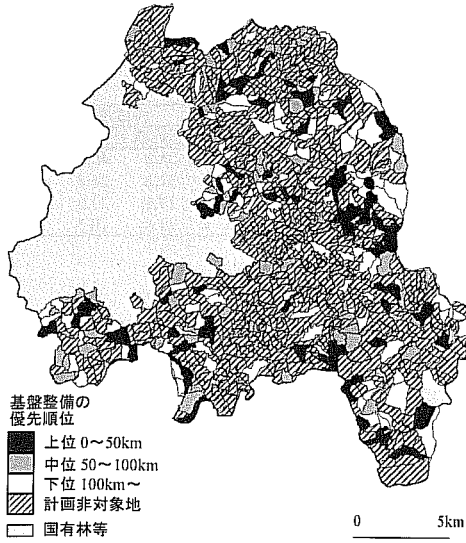
表 5-12 に豊川流域 3 市町村における候補路線配置後の各種道路の構成率と利用率の期待値を示す。東栄町と同様に、豊川流域 3 市町ともに構成率に比べ、全候補路線及び優先上位路線のどちらにおいても高い利用率が期待でき、特に設楽町や鳳来町ではより顕著である。

5-5-3. 候補路線の開設効果

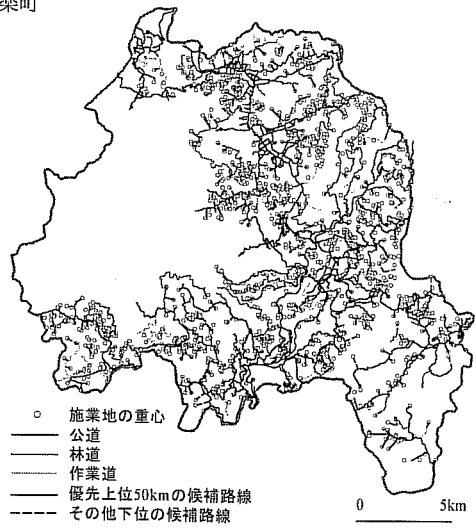
表 5-13 に豊川流域 3 市町村において過去 10 年間に開設された路線と計画された候補路線の開設効果を示す。過去 10 年間の路線開設によって、設楽町では森林全域の平均到達距離は 222 m から 204 m へと 18 m の減少、施業地の平均到達距離は 178 m から 150 m へと 28 m の減少、鳳来町では森林全域は 260 m から 243 m へと 17 m の減少、施業地は 179 m から 165 m へと 14 m の減少、新城市では森林全域は 172 m から 159 m へと 13 m の減少、施業地は 139 m から 120 m へと 19 m の減少が確認された。過去 10 年間に於ける森林全域の到達距離の減少量に対し、施業地の到達距離の減少量はそれほど大きくはなく、鳳来町では森林全域の到達距離の減少量より下回ってい

た。東栄町と同様に、豊川流域 3 市町村においても、過去 10 年間に開設された道路は施業地に対してあまり効果がなかったことから、地域内の交通性の改善に重点が置かれたと考えられ、森林整備を促進させるために路線が配置されたとは言えない状況にあった。それに対して、本手法で計画された候補路線を今後 10 年間にすべて開設したとすると、設楽町では森林全域の平均到達距離を 2000 年度から 204 ~ 148 m へと 56 m 短縮させ、かつ施業地の平均到達距離を 150 m から 54 m へと 96 m 短縮させる。その他の 2 市町村においても同様に、鳳来町では森林全域は 243 m から 184 m へと 59 m の短縮、施業地は 165 m から 75 m へと 90 m の短縮、新城市では森林全域は 159 m から 121 m へと 38 m の短縮、施業地は 120 m から 55 m へと 65 m の短縮と、それぞれ施業地に対してかなりの開設効果が期待できる。また、過去 10 年間の開設延長と同量の優先順位上位の路線(設楽町; 50 km, 鳳来町; 60 km, 新城市; 25 km)のみを開設したとしても、設楽町では平均到達距離は 2000 年度から森林全域に対して 33 m, 施業地に対して 68 m, 鳳来町ではそれぞれ 35 m と 63 m, 新城市ではそれぞれ 22 m と 46 m を短縮させる効果が期待できる。さらに、過去 10 年間と同じ施業地で同程度の作業量を投入されると仮定し、各市町の標準作業工程表(表 5-14)を用いて算出した労働者の歩行負担指標 Q の値は、過去 10 年間ではいずれの市町においても 10% 程度しか減少しないが、本手法で計画された全候補路線配置によって、設楽町

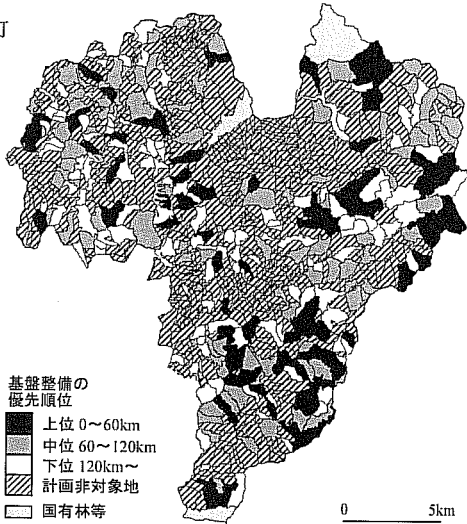
設楽町



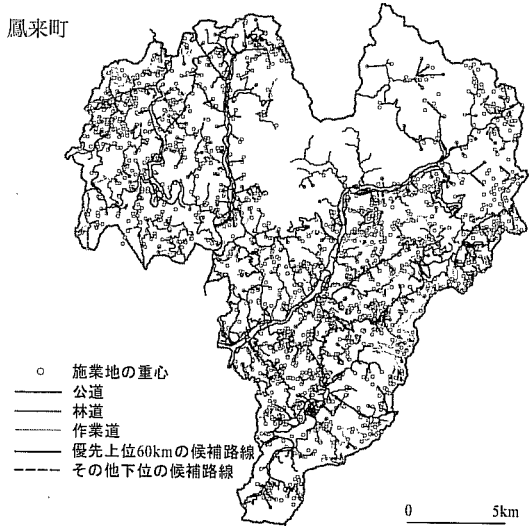
設楽町



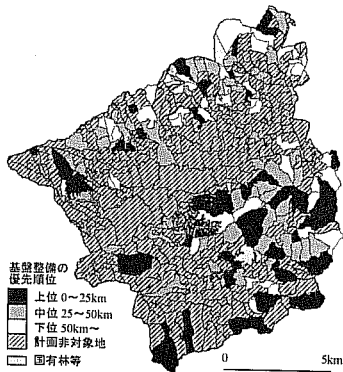
鳳来町



鳳来町



新城市



新城市

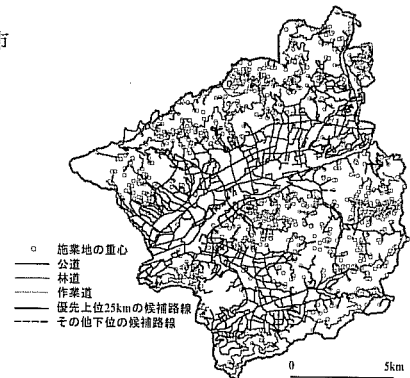
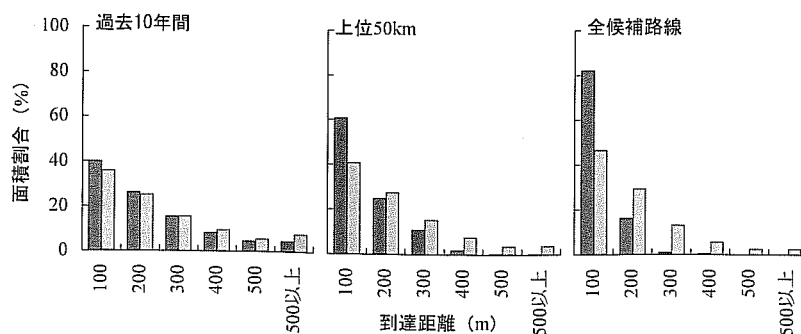


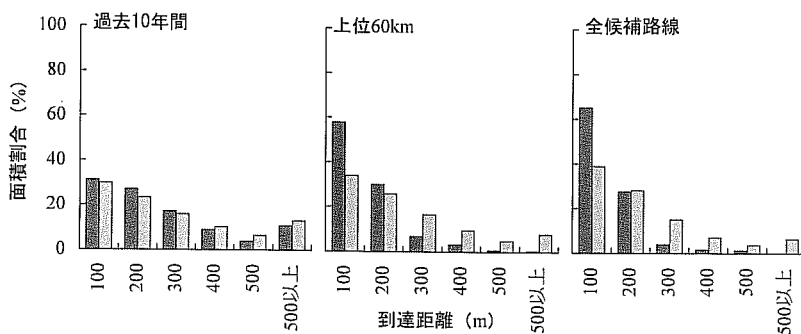
図 5-14. 豊川流域 3 市町における基盤整備の優先順位の分布

図 5-15. 豊川流域 3 市町における候補路線の配置結果

設楽町



鳳来町



新城市

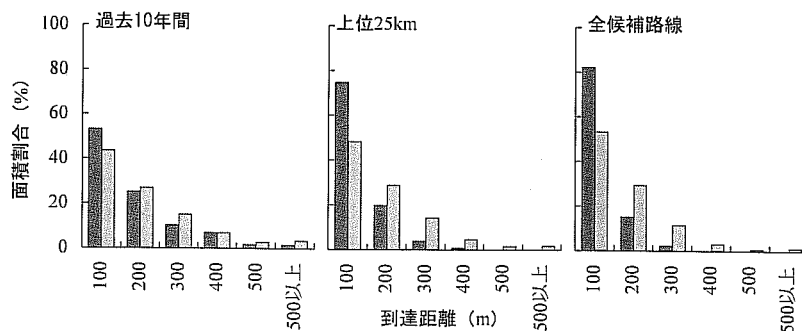


図 5-16. 豊川流域 3 市町における施業地と森林全域の距離分布の変化

では 70%，鳳来町と新城市では 60%前後，上位路線配置によって，3 市町とも 50%近く削減できる。各市町で開設量は異なるものの，豊川流域 3 市町では東栄町における開設効果の試算結果よりも大きな開設効果が期待できる。

図 5-16 に東栄町と豊川流域 3 市町における過去 10 年間と，上位路線及び全候補路線配置後の到達距離階毎の施業地と森林全域の面積割合を示す。候補路線すべてを開設すると，森林面積が広大な鳳来町では施業地の 65%が道路から 100 m 以内となり，東栄町と同程度の結果となったが，設楽町や新城市では 80%以上の施業地が道路から 100 m 以内となり，さらにほぼすべての施業地が道路から 200 m 以内となる。各市町の上位路線のみを開設したとしても，60～75%の施業地が道路から 100 m

以内となり，90%近い施業地が道路から 200 m 以内となる。豊川流域 3 市町において，基盤の整備量はそれぞれ異なるものの，いずれの市町においても，本研究の林内道路網の最適配置手法を用いることによって，森林全域に比べかなりの施業地が道路近隣になり，今後集約的な森林管理が期待できる。

5-6. 結論 — 豊川流域の森林管理への提言 —

本章では，豊川流域 3 市町における過去 10 年間の森林施業の実態を定量的に明らかにし基盤整備の量的な目標値を定め，その効率的な推進のために，小班毎に森林と基盤の整備状況を総合的に把握し，森林整備の促進に向けて今後 10 年間の森林基盤の整備計画を立案した。施業の実態に関しては，過去 10 年

間に施業の実施量は大幅に減少し、その減少傾向は下流から上流に向かうほど強く、下流域の新城市では2割減であったが、中流域の鳳来町では4割減、上流域の設楽町では隣接する大千瀬川上流域の東栄町と同様に5割減であった。施業の実施状況に大きく影響する施業地の到達距離は、中流域の鳳来町では最も長く、次いで上流域の設楽町、下流域の新城市の順であった。1998～2000年度の近年3年間では木材価格の急落に伴って、施業地の平均到達距離は、東栄町と同様に上流域の設楽町では大幅に減少し、森林全域の平均到達距離との差は拡大傾向にある。中流域の鳳来町では施業地の到達距離が高い水準で維持され、道路の新規開設によって森林全域との差は縮小傾向にあり、下流域の新城市では10年間で施業地の平均到達距離は減少傾向にあったものの、近年3年間は施業地の到達距離は維持されており、森林全域との差は最も小さかった。それら施業の実態に即した基盤整備の目標密度は、中流域の鳳来町では最も小さく、次いで上流域の設楽町、下流域の新城市の順であった。小班毎に森林と基盤の整備状況を定量的に評価した結果においても、過去10年間では中流域の鳳来町で最も森林整備が進んでおり、次いで上流域の設楽町、下流域の新城市であったことが確認された。下流域の新城市には、同地域の原木市場と製材・プレカット工場、防虫防腐工場を併設する三河材流通加工センター（HOLZ三河）があるが、上流域の設楽町よりも中流域の鳳来町において施業の実施量や施業地の到達距離が維持されたのは、新城市との役場間の距離は設楽町からは約30kmと遠く、鳳来町からは約10kmであり、市場への運材距離、つまり運材コストが影響していると考えられる。東栄町森林組合の聞き取り調査の結果から、安い間伐材は運材コストが高つくため、利用せずに残材として林地に残される傾向にあることが明らかとなっており、今後の課題として伐木・集材から運材までのコスト分析が残されている。設楽町や鳳来町では、施業の実態から見れば今後も道路網を効果的に配置し、森林管理の効率化を図る必要があるが、一方最も原木市場に近い新城市では、道路網密度はすでに30m/haを越えてはいるものの、施業地の平均到達距離が最も短いため目標道路網密度は最も高くなった。しかしながら、豊川流域の中で森林全域の平均到達距離は最も短く、もうすでに上流域の市町村の目標値に達していることから、基盤整備よりも森林整備への普及活動が重要になると考えられる。

以上のことから、豊川流域では、森林整備や基盤整備に基づく森林管理は不十分な傾向にあり、林業の衰退による山村の崩壊や手入れ不足林分の増加、湧水等森林管理に関連する様々な問題が危惧される状況にある。東栄町も含めて上流域では、施業の実態や小班毎の森林・基盤の整備状況を把握した結果、施業の実施状況には道路からの距離といった地利条件だけでなく下流域にある原木市場までの距離が影響しており、間伐材の利用促進（林野庁2003）が図られてはいるものの、安価な間伐材を上流域の市町村から下流域の市場まで運材するのは不利である。しかしながら、上流域の山間地域において林業は不可欠な産業であることから、地利条件の良い森林では優良・大径材生産を目指した長伐期化、地利条件の悪い森林では複層林化や針

広混交林化といった公益的機能重視の森林管理（藤森2003）が望まれ、間伐材の利用等は地域内で消費されるような資源循環型の社会システムの構築（林野庁2003）が早急に望まれる。例えば、さらに奥地の豊根村では、木サイクル事業といった間伐材の加工やペレット化によるバイオマスエネルギーとしての利用が取り込まれ、需要の創出等課題が残っているものの、林家からは高い評価を受けている（島田・小嶋2004）。一方、運材コストが比較的安く施業の実施状況の良い中流域の鳳来町や基盤整備が十分な下流域の新城市では、近年の経済不況の影響をあまり受けなかったことから、市場と密接に結びついた木材生産重視の森林管理が望まれる。現状の森林区分では、豊川流域の多くの森林が水土保全林に区分されてはいるがその有効性には乏しく（北原・大浦2005）、それぞれの機能に応じた林分の配置が重要であり（藤森2003）、本研究では森林施業の実態から流域の位置で重視される森林機能はこれらのものと異なると結論付け、概して上流域では公益的機能を、中・下流域では木材生産機能を重視する流域管理計画を豊川流域に提言する。

おわりに

本研究では、施業履歴を取り込んだデータベースから森林施業の実態にせまり、森林整備の促進に向けて基盤整備の重要性を位置付けた。現行の森林計画制度において、森林所有者の不在村化・高齢化等に起因する森林経営意欲の低下等から、森林組合を中心とした林業事業体に森林の施業や経営の集約化が推進されようとしており、今後の森林組合のあり方（泉2003）については議論の余地はあるが、今後森林管理と森林組合とは、これまで以上に密接な関係になると考えられる（近藤2003）。しかしながら、現状の森林組合の施業実施分だけでは森林の手入れは不足しがちであり、今後の森林整備には道路の新規開設だけでなく、資源循環型社会に向けて地域に対応した作業システムや木材の流通システムの構築や、隣接する流域で実践されて高い評価を受けている「矢作川方式」（依光2001）といった市民参加による森づくりの積極的な推進体制も重要である。新たな施策として、本研究対象地域においても、2002年度に森林整備地域活動支援交付金制度（五十石・大浦2005）が創設され、森林整備の実施主体である森林組合等に使途に関する裁量が認められ、森林組合からある一定の評価を受けている。しかしながら、対象年齢の制限や不明瞭な使途の基準、制度の継続性が問題点として指摘されており、矢作川流域の豊田市で実施されているような水源税等目的税の導入による森林整備（泉2003）等、森林所有者の管理意識向上等に向けて、さらなるソフト面へのサポートも急務である。そのためには、地域内における市町村行政と森林組合、及び森林所有者との情報の共有はもとより、流域内における市町村間や上・下流の住民間との情報の共有が重要であり、GIS（地理情報システム）等による情報基盤の整備と運用体制の構築が不可欠である。その上で本研究では、適切な森林の流域管理に向けて関係者間の合意形成を図り、森林整備とそのための基盤整備を推進することが必要であることを提示した。

謝 辞

本研究を取りまとめるにあたり、御指導と御校閲を賜った名古屋大学大学院生命農学研究科 山田容三助教授に対し、心から厚く御礼申し上げます。また、同研究科 服部重昭教授、農学国際教育協力研究センター 北川勝弘教授、岩手大学農学部付属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター 澤口勇雄教授には、本論文に対し数々の貴重な御意見、御批評を賜った。さらに、森林資源利用学研究分野 近藤 稔教員、大浦由美教員、及び学生、卒業生の皆様には、大変示唆に富む討論の場を与えて頂いた。とりわけ、岐阜県立森林文化アカデミー 松本 武講師には、本論文の執筆に当り直接的な御指導を頂いた。最後に、調査への御協力と数々の貴重な資料を御提供頂いた、愛知県農林水産部森林整備課、林務課、及び各出先機関、並びに東栄町、設楽町、鳳来町、新城市の各役場、各森林組合の関係者の皆様に感謝の意を表する。

引用文献

- Abe N., Kamioka H. and Bentani R. (1995) Forest Activity Classification System of Small Watershed Area using GIS (I) - Classification system in case of sub-compartment -. *J. For. Plann.* 1: 7-14.
- 愛知県 (1992 - 2001) 平成3 ~ 12年度愛知県林業統計書. 愛知県農地林務部林務課, 愛知.
- 遠藤日雄・石崎涼子・土屋俊幸 (1999) 流域林業システム化と原木市場の役割 - 岩手気仙川流域の大型産工場への原木供給の事例を通して -. *林業経済研究* 45: 75-80.
- 藤森隆郎 (2003) 新たな森林管理 - 持続可能な社会に向けて -. 428pp. 全国林業改良普及協会, 東京.
- 堀 高夫・北川勝弘・長谷川好正 (1971) 林内到達距離の分布に関する研究. *日林誌* 53: 355-358.
- 堀 高夫・北川勝弘 (1987) 点格子法による平均到達距離推定値の誤差. *日林誌* 69: 146-151.
- 堀 高夫 (1988) バックムントの開発率を利用した路網定数の推定方法. *日林誌* 70: 75-79.
- 今富祐樹 (1994) 労働科学的視点からみたトラクタ集材路間隔. *日林誌* 76: 402-411.
- 井上公基 (2000) 森林作業と労働負担. 211pp. 東洋書林, 東京.
- 井上源基 (1989) トラクタ集材路網の配置に関する研究 (II) - トラクタ集材のための集材路網計画 -. *林試験報* 353: 1-126.
- 井上由挟 (1974) 森林経営学. 298pp. 地球社, 東京.
- 石川知明・芝 正己・神崎康一 (1995) 地理的最適手法を応用した林内路網配置の評価法. *日林誌* 77: 117-123.
- 五十石友洋・大浦由美 (2005) 新基本法下における森林整備地域活動支援交付金制度の展開と課題 - 愛知県を事例として -. *中森研* 53: 171-174.
- 板谷明美・山崎忠久 (1999) 林道開設に伴うつぶれ地の規模とその要因. *森林学誌* 14: 187-192.
- 伊藤正弘 (1976) メッシュ法による計画. *林道研究発表論文集* 11: 7-12.
- 岩川 治・柘植 寛 (1986) 作業道の林業的評価に関する研究 (I) - 天竜地域作業道の林道との関連からの考察 -. *静大演報* 10: 57-62.
- 岩川 治 (1987) 作業道の林業的評価に関する研究 (II) - 山岳地域作業道の利活用の特徴と維持管理に関する考察 -. *静大演報* 11: 51-58.
- 岩川 治 (1993) 民有林作業道 - 今日的課題とその選択 -. 115pp. 静岡県山林協会, 静岡.
- 泉 英二 (1998) 市町村林政の可能性. *林業経済研究* 44: 11-18.
- 泉 英二 (2003) 今般の「林政改革」と森林組合. *林業経済研究* 49: 23-34.
- 柿澤宏昭 (2004) 地域における森林政策の主体をどう考えるか - 市町村レベルを中心にして -. *林業経済研究* 50: 3-14.

- Kamiizaka M. (1963) Studies on optimum density of forest roads (I) - Concerning standard models -. *J. Jpn. For. Soc.* 45: 289-292.
- Kamiizaka M. (1966) Studies on optimum density of forest roads (II) - On development road density -. *J. Jpn. For. Soc.* 48: 48-54.
- 神沼公三郎 (1998) 林業・森林政策の新たな展開と山村問題の焦点. *林業経済研究* 44: 3-10.
- Kato S. (1967) Studies on forest road system - Preliminary report on the road density -. *Bull. Tokyo Univ. For.* 63: 215-233.
- 北川勝弘・森岡 昇 (1983) 森林作業の面からみた林道開設必要度の評価. *日林誌* 94: 699-702.
- 北原菜由香・大浦由美 (2005) 森林・林業基本計画に基づく森林区分の民有林管理における有効性 - 愛知県を事例として -. *中森研* 53: 161-164.
- 黒瀧秀人 (1998) 流域管理システムにおける市町村連携の課題 - 北海道網走地域の事例を踏まえて -. *林業経済研究* 44: 19-30.
- 小林洋司 (1983) 山岳林における林道網計画法に関する研究. *宇大 学術報告特集* 38: 1-101.
- 小林洋司 (1997) 森林基盤整備計画論. 205pp. 日本林道協会, 東京.
- 小林洋司・仁多見俊夫 (1991) 小規模林業地域における林内路網計画について. *東大演報* 85: 1-10.
- 小林洋司・櫻井 倫 (2003) 林道の費用対効果の一考察. *森林学誌* 18: 183-188.
- 近藤洋史 (1999) 森林施業計画編成のための森林情報の整備. *森林計画誌* 32: 1-6.
- 近藤洋史・今田盛生・吉田茂二郎 (2000) 間伐施業集団化に伴う集材機器の相違による収益性の解析. *森林計画誌* 34: 75-84.
- 近藤洋史 (2003) 森林組合における森林情報整備と間伐計画への応用. *森林総研報* 386: 1-29.
- 木平勇吉 (1982) 収穫予定のための0-1線型計画法の解法 (III) - 林道計画を入れた収穫予定法と適用事例 -. *日林誌* 64: 27-31.
- Matsumoto T. and Kitagawa K. (1999a) Relationship between Current Forest Operations and Provision of Roads in Private Forests. *J. For. Plann.* 49: 53-65.
- Matsumoto T. and Kitagawa K. (1999b) Current problems of consensus building between forest owners in forest road planning. *J. Jpn. For. Eng. Soc.* 14: 85-94.
- 松本 武・北川勝弘 (2000) 山間地域における道路網の配置構造解析と評価指標の検討. *日林誌* 82: 154-162.
- 松本 武 (2000) 山村地域における林業生産活動および社会生活基盤としての林道網評価. *名大森研* 19: 55-100.
- 松本 武 (2001) 愛知県下の民有林における不在村森林所有の現状. 未発表.
- Matthews D.M. (1942) Cost control in the logging industry. 374pp. McGraw-hill, New York.
- 南方 康 (1965) 素材生産地域における適正林道密度ならびに限界林道密度について. *東大演報* 61: 1-36.
- Mimamikata Y. (1967) Studies on the planning of forest road network. *J. Jpn. For. Soc.* 49: 53-65.
- 南方 康 (1968) 林道網計画に関する研究. *東大演報* 64: 1-58.
- 南方 康 (1977) 林内における基礎路網密度. *日林誌* 59: 298-300.
- 南方 康・酒井秀夫・伊藤幸也 (1985) 複合路網の整備目標. *東大演報* 74: 81-96.
- 宮本定明 (1999) クラスター分析入門 - ファジークラスタリングの理論と応用 -. 164pp. 森北出版, 東京.
- 南雲秀次郎 (1974) 線形モデルによる収穫予定法の研究 (I) - 0-1計画法の適用 -. *日林誌* 56: 128-135.
- 南雲秀次郎・北岡 篤 (1983) 線形モデルによる収穫予定法の研究 (II) - 東京大学千葉演習林における林道開設順序の決定 -. *日林誌* 65: 172-178.
- 中澤昌彦・近藤 稔・松本 武 (2001a) 森林情報を用いた保育管理必要度の評価 - 保育管理のための林道開設優先度 -. *中森研* 49: 129-132.
- 中澤昌彦・近藤 稔・松本 武 (2001b) 愛知県奥三河地域における森林施業の空間的分布. *日林学術誌* 112: 227-227.

- 成田雅美 (1997) 地方自治体と森林管理. 林業経済研究 43: 11-18.
- 野田 巖 (1999) 民有林の地域森林計画における収獲予測に関する研究 (第1報) - 減収率による収獲予測上の問題点と改善策 - . 森林総研研報 376: 53-99.
- Noda I. and Hayashi M. (2004) Characteristic difference of non-reforested lands compared with reforested lands in Kumamoto, Kyusyu. *Bull. For. For. Prod. Res. Inst.* 390: 29-21.
- 林野庁 (2002) 平成13年度森林・林業白書. 336pp. 日本林業協会, 東京.
- 林野庁 (2003) 平成14年度森林・林業白書. 284pp. 日本林業協会, 東京.
- 大川畑 修・市原恒一・梅田修史・澤口勇雄・田中利美 (1990) 林道の開設順序の決定法. 日林論 101: 689-690.
- 大川畑 修・澤口勇雄・市原恒一・梅田修史・田中利美・遠藤利明 (1992) 国有林道の新設にかかる優先順位の判定基準 (I) - 各種の森林施業に適用しうる判定基準 - . 日林関東支論 43: 135-138.
- 小野耕平・田坂聡明・上飯坂 實 (1991) ホートンの法則による林道分岐過程の解析. 日林誌 73: 89-97.
- 酒井秀夫 (1987) 合理的集運材方式に基づく長期林内路網計画に関する研究. 東大演報 76: 1-85.
- 酒井秀夫 (2004) 作業道 - 理論と環境保全機能 -. 281pp. 全国林業改良普及協会, 東京.
- 酒井秀夫・穴澤 力・渡邊定元 (1988) 循環路網の木材通行量. 日林誌 70: 407-410.
- 堺 正紘 (2003) 森林資源管理の社会化. 358pp. 九州大学出版会, 福岡.
- 酒井徹朗 (1982) 林道の配置計画について (I) - 端点除去法 -. 京大演報 54: 172-177.
- 酒井徹朗 (1983) 林道の配置計画について (II) - 集材距離・開設延長による最適配置 -. 京大演報 55: 222-229.
- 酒井徹朗 (1984) 林道の配置計画について (III) - 林地到達距離による造林作業道の事例分析 -. 京大演報 56: 166-177.
- 酒井徹朗 (1986a) 林道の配置計画について (IV) - 林道の開設順について -. 京大演報 57: 207-216.
- 酒井徹朗 (1986b) 林道開設順の決定について. 日林誌 68: 71-74.
- 酒井徹朗・楊 筱琴 (1990) 格子面法による平均到達距離の推定. 日林誌 72: 11-16.
- 佐藤宣子・岡森昭則 (2000) 「分権化」時代における自治体林政の展開 - 熊本県の間伐対策事業の分析 -. 林業経済研究 46: 31-36.
- 澤口勇雄 (1996a) 山岳林における林道路線評価と林道規格に関する研究 (第1報) - 林道路線評価パラメータの特性 -. 森林総研研報 372: 1-110.
- 澤口勇雄 (1996b) 山岳林における林道路線評価と林道規格に関する研究 (第2報) - 林道路線評価による林道規格の決定 -. 森林総研研報 372: 111-160.
- Sawaguchi I., Ohkawabata O. and Ichihara K. (1994) Characteristics of forest-road correction factors in mountainous forests in Japan (1) Forest-road network adjustment. *J. Jpn. For. Soc.* 76: 118-125.
- 島田倫之・小嶋陸雄 (2004) 上下流域をつなぐ木材流通に関する研究 - 愛知県豊根村木サイクル事業を事例として -. 日林学術講 115: 100-100.
- 白石則彦 (1994) 林道からの距離別に見た森林施業の実態解析. 日林誌 76: 218-223.
- 鈴木 喬 (2001) 山村問題と森林管理の今日的諸相. 林業経済研究 47: 11-18.
- 総務庁 (1995) ふるさと中山間地域の活性化をめざして. 154pp. 大蔵省印刷局, 東京.
- 田中万里子 (1996) 循環路網の形成効果. 森林学誌 11: 113-118.
- 田坂聡明・熊倉由典・峰松浩彦 (2002) 作業機械出力をパラメータとした路網密度の決定手法. 森林学誌 17: 115-122.
- 内田一郎 (1984) 道路工学第5版. 312pp. 森北出版, 東京.
- 山田容三 (1986) 心拍数からみた山林労働者の歩行負担. 京大演報 57: 217-229.
- Yamada Y. (1989) The optimum forest-road density determined in relation to the cost of walking. *J. Jpn. For. Soc.* 71: 257-264.
- 山田容三・豊川勝生・今富裕樹 (1994) 林業労働者の腰部負担 (I) - 植栽作業について -. 森林研誌 9: 31-39.
- 山田容三・青井俊樹・湊 克之・吉村哲彦・尾張敏章 (1996a) 森林施業における乗用モノレールの導入効果 - 労働負担の軽減効果 -. 日林誌 78: 314-318.
- 山田容三・吉村哲彦・青井俊樹・湊 克之・尾張敏章 (1996b) 森林作業における乗用モノレール導入の経済的効果. 日林誌 78: 419-426.
- 山田容三・湊 克之・青井俊樹 (1997) 傾斜地負荷歩行による両足の物理的負担. 森林学誌 12: 121-130.
- 吉村哲彦・酒井徹朗 (1998) ネットワーク分析を用いた山間部における道路網の評価. 森林学誌 13: 193-200.
- 依光良三 (2001) 流域の環境保護 - 森・川・海と人々 -. 245pp. 日本経済評論社, 東京.
- 全国林業改良普及協会 (2001) 機械化のマネジメント - 地域の経営力アップのために高性能林業機械をどう活かすか -. 239pp. 全国林業改良普及協会, 東京.
- 鄭 躍軍・南雲秀次郎 (1994) GIS を利用した森林機能による類型区分. 日林誌 76: 522-530.

摘 要

本研究は、木材生産に主眼を置いて、理論・技術論先行で検討されてきた森林基盤に対し、森林管理活動に実際にどのように利用されたか、森林施業における実態的見地から再評価することを試みた。また、森林の流域管理システムにおいて、川上から川下まで一体となった森林管理の推進には市町村の連携が必要であるが、森林整備と基盤整備の計画・実施主体である市町村の枠組みに制約されており、流域単位の基盤整備に基づいた森林整備システムの構築を試みた。そのために、愛知県北設楽郡東栄町を対象に、森林整備と基盤整備に関する3つの手法を第2章から第4章で検討し、第5章で愛知県豊川流域に各手法を適用した。

第2章では、施業実績、地利、地形の観点から、1991～2000年度における森林施業の実施状況と林内道路網の整備状況との関連性を定量的に解析した。東栄町森林組合が受託実施した施業面積は、10年間で1/2近くまで減少し、同町森林整備計画における必要量に対して2/3にも満たない程度であり、山村地域の民有林における施業が不足傾向にあることが確認された。施業は、道路近隣の森林に集中する傾向にあり、道路から到達距離300m以上や標高800m以上、傾斜90%以上の森林で不足する傾向にあった。作業実施時の各種道路の利用状況を推定した結果、林道や作業道では構成割合に比べ利用頻度は多かったが、過去10年間で最も利用されていたのは公道であり、施業の実施と地域内の交通性に関して公道と林道は相互に補完しあっていると見える。公道は、ある一定の制約を受け施業機能は低いですが、施業機能の高い林業活動用の道路の不足から、公道を使わざるを得ないという実態が明らかとなった。新規に開設された作業道は、施業の実施に対して相当の効果が認められ、林道に比べ非常に安価ではあるが、施業の実施を促進させる上での即効性があり、今後の基盤整備における作業道の重要性は非常に高く、森林基盤整備の主役として期待できる。また、森林全

域を適切に管理するためには密度にして7.1 m/ha、事業費にして7.2億円から45億円の道路の新規開設が必要であり、現在の開設量の水準では半世紀以上かかる計算となる。従って、森林資源の現状と施業の実施状況を考えると、手入れ不足の森林の増加により森林の荒廃が進行してしまうことが危惧されるため、今後の道路網整備にあたっては量的整備目標を単純に消化するのではなく、その目標に向けて質的に最大限の効果をあげるために、個々の路線を最大限効率よく配置することが急務である。

第3章では、資源構成、森林整備、基盤整備に関する3つの指標を用いて、小班毎に森林と基盤の整備状況を総合的に把握した。小班は、クラスター分析によって、1) 管理・到達性良好、2) 管理不良・到達性良好、3) 管理・到達性不良、4) 保育管理不要の成熟林といった4つのカテゴリに類型化され、面積割合でカテゴリ1が3割、カテゴリ2が5割、カテゴリ3が2割となり、カテゴリ4は非常に少なかった。森林管理には、林分毎の取り扱いと地域・流域内の林分配置を同時に考えていくことが重要であるが、各カテゴリの小班は森林全域に分散する傾向にあり、現状の施業の実施量では短期間に森林全域を適切に整備することは不可能であるため、今後の森林管理計画において各カテゴリの小班の配置には検討の余地がある。また、判別分析の結果から森林の整備状況の良否を分けるカテゴリ1と2の境界は森林整備指標が0.4であり、森林の整備状況が良好であると区分されたカテゴリ1でもその整備率は平均で6割程度であった。得られた判別関数式を用いて、1996～2000年度のカテゴリの変化を調べた結果、基盤整備は森林整備の促進に有効であったと言えるが、近年5年間に基盤整備を伴って森林整備が進んだ小班は、森林整備が進んだ小班のうち1割にも満たなかった。町全域で森林整備が不足する傾向にあり、森林整備の促進に向けて基盤整備の積極的な推進が望まれる。施業の実態を反映した森林の現状を把握する本手法は、森林整備や基盤整備を計画する際の重要な資料を提供し、さらに小班の整備状況に関する判別関数式を用いることで、森林や基盤の整備計画を策定した後の森林の状況を予測することも可能にする。

第4章では、今後10年間の作業道による林内道路網の配置計画とその路線開設の優先順位を決定した。その結果、189の候補路線が計画され、総建設費は9億6,000万円と試算された。その開設効果は、過去10年間に比べ、施業地までの平均到達距離、及び労働者の歩行負担を半減させることができる。過去10年間に開設された道路は、地域内の交通性を重視し、施業地に対しあまり効果がなかったが、過去10年間の開設延長と同量の優先順位上位から累積30 km、41路線までを開設したとしても、施業地までの平均到達距離、及び労働者の歩行負担に対して30%以上の削減効果が期待でき、総事業費は2億7,000万円と試算された。また、候補路線配置後は多くの施業地及び森林が道路から100 mの範囲内となり、集約的な森林管理が期待できる。道路網を計画する際の問題点として、全体的視野に欠け断片的な開発となっていること等が挙げられる。本手法は小班毎の施業実績に基づいて、市町村全域を対象に優先順位を付けて、林内道路網の配置計画を最適化するものであり、森林整備

の推進を図る市町村の施策に対し上述された問題点を解決に導き、また第3章の森林の現状を把握する手法と併用することで、民有林の効率的な管理のために実効性のある森林管理計画を立案する上で、市町村役場や森林組合にとって有効なツールとなることが期待される。

第5章では、森林の流域管理システムの観点から、愛知県豊川流域を対象に上・中・下流域から各1つ計2町1市を選択し、森林整備と基盤整備に関する3つの手法を適用した。過去10年間における施業の実施量の減少傾向は、下流から上流に向かうほど強く、下流域では2割減であったが、中流域では4割減、上流域では5割減であった。施業の実施状況に強く影響する施業地の到達距離は、中流域では最も遠く、次いで上流域、下流域の順であった。1998～2000年度の近年3年間では木材価格の急落に伴う採算性の悪化から、施業地の平均到達距離は上流域では大幅に減少し、森林全域の平均到達距離との差は拡大傾向にある。中流域では施業地の到達距離が高い水準で維持され、道路の新規開設によって森林全域との平均到達距離の差は縮小傾向にあり、下流域では施業地と森林全域との差が最も小さかった。それら施業の実態に即した基盤整備の目標密度は、中流域では最も小さく、次いで上流域、下流域の順であった。過去10年間の森林と基盤の整備状況を定量的に評価した結果においても、中流域では最も森林整備が進んでおり、次いで上流域、下流域であったことが確認された。上・中流域では、施業の実態から見れば今後も基盤整備を効果的に配置し、森林管理の効率化を図る必要がある、一方下流域では道路網密度はすでに30 m/haを越えてはいるものの、施業の実施水準が低く目標道路網密度は最も高くなったが、森林全域の平均到達距離はすでに上流域の市町村の目標値に達していることから、基盤整備よりも森林整備への普及活動が重要になると考えられる。

以上のことから、豊川流域では、総じて森林整備やそのための基盤整備に基づいた森林管理は不十分な傾向にあり、林業の衰退による山村の崩壊や手入れ不足林分の増加、濁水等森林管理に関連する様々な問題が危惧される状況にある。上流域では、間伐材の利用促進が図られてはいるものの、安価な間伐材を上流域から下流域の市場まで運材するのは不利であり、地利条件に応じて優良・大径材生産を目指した長伐期化、複層林化や針広混交林化といった公益的機能重視の森林管理が望まれ、間伐材の利用等には地域内で消費されるような資源循環型の社会システムの構築が必要である。一方、運材コストが比較的安く施業の実施状況の良い中流域や基盤整備が十分な下流域では、近年の経済不況の影響をあまり受けなかったことから、市場と密接に結びついた木材生産重視の森林管理が望まれる。現状の森林区分では、豊川流域の多くの森林が水土保持林に区分されてはいるがその有効性には乏しく、それぞれの機能にあった林分の配置が重要であり、本研究では、施業の実態から流域の位置で重視される森林の機能はこれらのものと異なると結論付け、概して上流域では公益的機能を、中・下流域では木材生産機能を重視する流域管理計画を豊川流域に提言した。

本研究では、施業履歴を取り込んだデータベースから施業の実態にせまり、森林整備の促進に向けて基盤整備の重要性を位

置付けた。現行の森林計画制度において、森林所有者の不在村化・高齢化等に起因する森林経営意欲の低下等から、森林組合を中心とした林業事業体に森林の施業や経営の集約化が推進されようとしており、今後森林管理と森林組合とはこれまで以上に密接な関係になると考えられる。しかしながら、現状の森林組合の施業実施分だけでは森林の手入れは不足しがちであり、今後の森林整備には道路の新規開設だけでなく、資源循環型社会に向けて地域に対応した作業システムや木材の流通システムの構築等も必要である。そのためには、地域内における市町村行政と森林組合、及び森林所有者との情報共有はもとより、流域内における市町村間や上・下流の住民間との情報共有が重要であり、GIS等による情報基盤の整備と運用体制の構築が不可欠である。その上で本研究では、環境税の導入等を踏まえ、適切な森林の流域管理に向けて関係者間の合意形成を図り、森林整備とそのための基盤整備を推進することが必要であることを提示した。

キーワード：基盤整備、森林整備、GIS、森林の流域管理システム

Study of a forest road network based on current forestry operations

Masahiko NAKAZAWA

We re-evaluated the function of a forest road network from the viewpoint of current forestry operations, and how it is actually used for forestry activities, which focus on timber production, and discuss this theoretically and technically. Since 1991, the Forest Watershed Management System has promoted forest management at all levels. This requires the cooperation of local authorities, which are the main bodies for planning and improving forest road networks, and is constrained by the framework of each local authority. We tried to establish a Forest Improvement System based on forest road improvement in a forest watershed area. To this end, in Chapters 2 to 4 we discussed three methods for forest and road improvements in Toei, in the Kitashitara district of Aichi Prefecture, Japan, which were applied to the Toyo River watershed in Aichi Prefecture.

In Chapter 2, forestry operations in Toei from 1991 to 2000 were analyzed from the viewpoint of actual achievement, location, and topography. Operations in private forests in mountainous areas tend not to be uniform. The number of planned forestry operations actually conducted by the Forest Owners' Association declined to almost half over the 10 years studied and covered less than two-thirds of the area included in the Toei Forest Improvement Plan. Forestry operations tended to be concentrated near roads, and tended to be lacking in areas more than 300 m from a road, at elevations over 800 m asl, or on slopes exceeding 90%. We estimated the utilization ratio of each kind of road in

conducting forestry operations. Compared with their relative numbers, the utilization ratios of forest and strip roads were high, although public roads were utilized the most. It is said that public and forest roads complement each other in terms of conducting operations and regional road traffic. Although public roads involve some constraints and are not designed primarily for forestry operations, it is clear that public roads must be utilized due to the lack of forestry roads. New strip roads were confirmed to have the greatest effect on conducting forestry operations, and they have immediate results in promoting forest improvement, while they are less expensive than forest roads. The importance of strip roads in forestry is very great, and strip roads should be the main part of any road network improvement. The length of new roads required to keep the entire forest healthy is 7.1 m/ha, which would cost from 0.72 to 4.5 billion yen for road construction, depending on the ratio of new forest roads. At the present rate of construction, it would take more than half a century to achieve the target road density. Considering the condition of forest resources and current forestry operations, half a century is too long to wait for the target road densities to be achieved. Forest resources are deteriorating because of non-uniform tending. Consequently, it is imperative that each new road be allocated most efficiently with the goal of maximum quantitative effects, rather than simply moving toward an overall target quantity.

In Chapter 3, the methods used to improve forests and the road network over a 10-year period were examined, taking three factors into consideration: forest resources, forest improvement, and road access. Forest sub-compartments were classified into four categories using cluster analysis: 1) well managed and accessible, 2) poorly managed despite accessibility, 3) poorly managed and inaccessible, or 4) mature forest not needing tending. The relative areas of categories 1 to 4 were 30, 50, 20, and <1%, respectively. It is important to consider both the treatment of each forest stand and the allocation of forest stands at both the local and watershed-area levels. The different sub-compartment categories are scattered throughout the forest, and the allocation of each category of forest sub-compartment is a consideration for planning future forest management, because it is impossible to manage the entire forest over the short term with current forestry operations. The discrimination analysis showed that the boundary of the forest improvement index between categories 1 and 2, which were categorized as good and poor in terms of forest improvement, was 0.4, and the ratio averaged 0.6 for category 1, which was classified as well managed. An examination of the change in category from 1996 to 2000 using the discriminant obtained showed that although road construction was an efficient way to improve forest, the sub-compartments that improved as a result of road construction constituted less than 10% of all sub-compartments in which forest was improved over those 5 years. Forest improvement tends to be lacking over the

entire forest, and it is desirable to promote forestry road construction actively to promote forest improvement. This forest classification method provides important information for planning forest and road network improvements. Moreover, as the discrimination analysis revealed forest conditions over a 10-year period, future forest conditions could be predicted by calculating the future composition of forest resources, enabling improved planning of road access and forest improvements.

In Chapter 4, the road routes and order of road construction were planned based on current forestry operations, including thinning and other tending operations. As a result, 189 alternative road routes were planned at a total cost of about 960 million yen; strip roads were planned to complement forest roads and are expected to affect forestry operations. The road construction should reduce the access distance and labor requirements to almost half that for the previous 10 years. Even if only the top 30 km of planned roads were built, which equals the length of the roads constructed over the previous 10 years, at a cost of about 270 million yen, the expected reduction in labor would exceed 30% , while the roads constructed over the previous 10 years had a minimal effect on work sites. The plan would allow intensive forest management because many work sites would be within 100 m of the planned roads. The problems in planning the existing road network relate to the lack of an overall plan and fragmented development. As our plan is based on evaluating forestry operations that have actually been conducted by the Forest Owners' Association within a local authority area, it should be a valuable tool for forest management at the local authority level. Therefore, our method should constitute a useful tool, enabling town offices or Forest Owners' Associations to make more realistic Forest Improvement Plans to improve the management of privately owned forests in combination with the forest classification method presented in Chapter 3.

In Chapter 5, three methods were applied in three local authority areas in the Toyo River watershed, in Aichi Prefecture, from the viewpoint of a watershed forest management system. The area of forestry operations has decreased drastically, a tendency that was greater in upstream areas. The access distance to worksites, which strongly affects forestry operations, was the longest in the mid-stream area, followed by the upstream and downstream areas, in order. From 1997 on, the mean access distance to worksites decreased drastically in the upstream areas along with the decrease in domestic timber prices. The average difference in access distance between the entire forest and worksites tended to increase. In the mid-stream area, the mean access distance to worksites remained high, although the difference between the entire-forest and worksite access distances tended to decline because of new road construction. Downstream, although the mean access distance for worksites tended to decrease over the 10-year study period, that distance

remained generally stable after 1997. The downstream region also had the smallest difference between the entire-forest and worksite access distances. The lowest target road density was calculated for the mid-stream area, followed by the upstream and downstream areas. A quantitative evaluation of the improvements in forests and roads over the past 10 years showed that the forest in the midstream area was most improved, followed by the upstream and downstream areas in order. Consequently, in the upstream and midstream areas, improved, uniformly allocated road networks should improve the forest management efficiency. By contrast, in the downstream area, the road density already exceeds 30 m/ha and the calculated target density is the highest since the lowest level of forestry operations is conducted there, and extension activity aimed at forest improvements is more important than improving the road network, which is already sufficient.

Therefore, in the Toyo River watershed, forest management based on forest and road network improvements tends to be lacking, and concerns focus on the problems related to forest management, such as decreasing mountain village populations, the increasing area of forest needing tending, and drought. Although the utilization of thinned wood has been promoted, it is difficult to transport cheap thinned wood from upstream areas to timber markets downstream. Consequently, in the upstream areas, depending on accessibility, long-rotation management aimed at high product quality, large diameter timber, and multi-story or mixed forest systems, which have large public benefits, is desirable. It is especially necessary to establish a social system that recycles resources, such as thinned woods being consumed in the local area. By contrast, in the midstream area, where transportation costs are low and the condition of the forest is relatively good, and downstream, where the road density is already sufficient, forest management that emphasizes timber production tied to the timber market is desirable, because the recent economic slump has not affected it very much. Many forests in the Toyo River watershed are currently classified as soil and water conservation forests, however, the effects of this classification are minimal, and forest stand allocation appropriate to each function is important. In our study, we concluded that forest function depended markedly on the location within the watershed area, and the use in current forestry operations differed from the existing forest zoning. We proposed a watershed forest management plan for the Toyo River watershed that emphasizes public use upstream and timber production midstream and downstream.

In this study, we emphasize the importance of road network improvement for promoting forest improvement, based on an analysis of current forestry operations using a forest register database that included tending history. Currently, forest management tends to center on the Forest Owners' Associations

or other forestry enterprises under the Forest Planning System. In the future, it will be more closely controlled by the Forest Owners' Associations, because forest owners in Japan are becoming less concerned with forest management as they become older and move elsewhere. Nevertheless, there tends to be insufficient forest care within areas where forestry operations are conducted only by the Forest Owners' Associations. To improve forests, it is necessary not only to construct new forestry roads but also to establish operating and timber distribution systems that correspond to each local area to maximize the recycling of resources. To this end, it is important to share information between the government and Forest Owners' Association within a

local area, and also among local authorities and residents in different areas of the watershed. Furthermore, it is essential to develop an intelligence infrastructure that makes use of the geographic information system (GIS) and to establish a framework to operate the GIS. Within this framework, this study established the need to promote road construction for forest improvement, and to build a consensus for uniform forest management among the people involved within the watershed areas with the adoption of an environment tax.

Keywords : forest road network, forestry operations, GIS, Forest Watershed Management System