

森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査

誌名	高知県立森林技術センター研究報告 = Bulletin of Kochi Prefectural Forest Technology Center
ISSN	13486004
著者	深田, 英久 宮田, 弘明 藤本, 浩平 今西, 隆男 中川, 良介 倉内, 俊男 宇久, 真司 松岡, 良昭 山崎, 敏彦 野地, 清美 東, 博文 梶原, 規弘 松本, 圓藏 黒瀬, 敏浩 正木, 幹人 伊東, 祐道
巻/号	32号
掲載ページ	p. 39-45
発行年月	2007年3月

森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査

Introduction technique investigation of the public works project with emphasis on forest ecosystem

深田英久、宮田弘明、藤本浩平、今西隆男、中川良介、倉内俊男、
宇久真司、松岡良昭、山崎敏彦、野地清美、東博文、梶原規弘、
松本圓藏、黒瀬敏浩、正木幹人、伊東祐道

Hidehisa Fukata, Hiroaki Miyata, Kouhei Fujimoto, Takao Imanishi
Ryosuke Nakagawa, Toshio Kurauchi, Shinnji Uku, Yoshiaki Matsuoka
Toshihiko Yamasaki, Kiyomi Noji, Hirofumi Higashi, Norihiro Kajiwara
Enzo Matsumoto, Toshihiro Murose, Mikito Masaki, Sukemiti Masaki,

概要：四万十川森林計画区において、平成8年度から17年度までの10年間にわたってモニタリング等の調査を実施した。森林資源、森林環境、森林生物の3分野について継続的なデータ収集と計測、経年変化の比較を行うことにより、長期的に森林環境を評価するための基礎データを蓄積するとともに、期間内の変化を示した。また公共事業のうち間伐事業に着目し、間伐が森林環境や森林生態系に与える影響を明らかにするとともに、森林生態系を重視した間伐事業の実施手法等を示した。

キーワード：森林生態系、森林資源、森林環境、森林生物、間伐

1. はじめに

近年、地球的規模での森林破壊や二酸化炭素の増加が大きな問題となっている。これに伴い、森林の持つ多様な機能への関心が高まり、森林は単に木材生産の場としてだけではなく、二酸化炭素の固定、水源の涵養、生物多様性の保全、国土保全、保健休養などの公益的機能の役割が求められている。

1992年にリオ・デ・ジャネイロで「環境と開発に関する国連会議（UNCED）－地球サミット－」が開催され、「森林原則声明」および「アジェンダ21」が採択され、「持続可能な森林経営」に世界各国が取り組むことになった。

「持続可能な森林経営」とは、「将来の世代のニーズを損ねることなく現在の世代のニーズを満たす森林経営」のことであり、今までの「木材生産の保続」という森林経営の概念から「持続可能な森林生態管理」への転換を図ろうとするものである。このために、持続可能な森林経営のための手法を検討し、これをどのように評価するか「基準・指標」が世界的にたてられた。

日本はカナダ、米国、ロシア等とともに欧州以外の温帯林における「基準・指標」づくりの作業グループ（モントリオール・プロセス）を設立し、1995年2月にサンチャゴ（チリ）宣言で「温帯林等の保全と持続可能な経営の基準・指標」の合意に達している。加盟国は、その「基準・指標」を試行しつつ、毎年フォローアップ会議で「指標の評価」・「モニタリングシステムの構築」等について検討することとなっており、我が国では、冷温帯である北海道石狩・空知森林計画区と、暖温

帯である本県の四万十川森林計画区の2流域が日本の森林生態系を代表するモデル林として選定された。

本県では国の委託を受けて平成8年度から10年間にわたり、「持続可能な森林経営」を推進するための基準・指標に沿って、森林生態系の状態等の調査、分析・評価等を行い、これに基づき森林生態系を重視した治山、林道、造林の公共事業の導入手法を検討するために「森林生態系を重視した公共事業の導入調査」を実施することとなった。

本事業は、高知県、北海道、(独)森林総合研究所が連携し、林野庁による総合調整のもとに行った。高知県と北海道は事業導入手法および基礎データ整備手法のモデル提示を、(独)森林総合研究所は地域版基準・指標モデル提示を分担した。

高知県が担当した四万十川森林計画区における調査は、学識経験者や地域の関係者などで構成された「運営協議会」で検討し、「調査委員会」で調整を行い、(独)森林総合研究所四国支所の指導のもと、高知県産業技術委員会事務局、高知県立森林技術センターが実施した。

ここでは、調査結果の概要を示すこととし、詳細な調査結果については調査報告書を参照していただきたい。

2. 調査内容

調査は森林資源、森林環境、森林生物の3分野について表1のとおり実施した。

調査前期は、主に各分野で独自にモニタリング、基礎データの収集を行ったが、中期からは公共事業のひとつとして間伐事業に着目し、間伐の強度や方法が森林生態系に与える影響を評価・解析することに主眼をおき調査を行った。

2.1 森林資源分野

生物多様性の保全および森林生態系の生産力の維持に関する調査・検討を行った。次に示すア～オについては、流域単位、市町村単位、団地単位の3段階のレベルでデータ収集を行い、前期および中期(H12)で調査を行った団地について、中期、後期の5年後に再調査を行って間伐前後の林分因子の変化や成長量の把握、林床植生の変化を分析した。カについては固定調査地を設けて調査を行った。

- ア、全森林面積に対する森林タイプ別の面積
- イ、森林タイプ別および、齢級又は遷移段階別の面積
- ウ、過去の伐採・新植・複層林・除間伐の施業面積の推移
- エ、木材生産利用可能森林
- オ、持続可能伐採量と年間伐採量の比較
- カ、間伐強度、方法の違いによる成長量の比較

2.2 森林環境分野

森林生態系の健全性と活力の維持、土壌および水資源の保全と維持、地球的炭素循環への森林の寄与の維持に関する調査・検討を行った。森林資源分野・森林生物分野との連携を強化し、調査の基盤となる環境データの収集を行った。また、集水域内で公共事業(間伐)の予定がある区域に調査地を設定し、公共事業の影響について調査を行った。次のオ～カについては、森林資源分野、森林環境分野と共同で調査を行った。

表 1 年度別調査・検討項目

調査・検討項目			年度									備考	
			8	9	10	11	12	13	14	15	16		17
森林資源分野	森林資源調査	梶原町:神の山団地	○	○					○				
		西土佐村:横尾団地			○					○			現:四万十市
		梶原町:上本村団地				○					○		
		東津野村:小芹川団地 " 旧宮団地					○					○	現:津野町
	間伐が森林資源に及ぼす影響							○	○	○	○	○	
森林環境分野	森林環境基礎調査	雨水調査(固定点)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		渓流水調査(固定点) " (多点)	○	○	○	○					○	○	
		二酸化炭素濃度調査			○	○	○	○	○	○	○	○	
		土壌調査(土壌断面調査)	○	○		○	○						
		" (表層物質移動量調査)							○	○	○	○	
	種子採取調査			○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	間伐施業が森林環境に与える影響	光環境・下層植生						○	○	○	○	○	
		土壌の水湿状態									○	○	
細根量										○			
人工林皆伐跡地の植生調査								○	○	○	○		
森林生物分野	森林生物調査	溪流魚類		○	○	○	○	○	○	○	○	○	委託
		昆虫類全般			○	○							委託
		トンボ類幼虫及び成虫	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	委託
		カミキリムシ類			○	○							
		アリ類				○							
		希少植物					○	○					委託
		鳥類							○				委託
	哺乳類等								○	○		委託	
有害駆除実績による鳥獣類の変動と農林業の関係調査					○	○							

ア、雨水調査

イ、渓流水調査

ウ、大気中の二酸化炭素濃度測定調査

エ、種子採取調査

オ、土壌調査

カ、間伐強度、方法の違いによる表層物質移動量の比較

キ、間伐強度、方法の違いによる光環境の比較

ク、間伐林・伐採跡地の植生調査

3.3 森林生物分野

森林生態系の構成員として重要な役割を持つ野生動物類、鳥類、水生・陸生昆虫類および森林植生について、既存のデータ収集と現地調査を実施し、現状の把握と評価を行った。調査は次に示すア～エについて調査委託および現地調査を行い、それらを基にとりまとめを行った。

- ア. 水生動物の生息状況調査（トンボ類および魚類）
 - ・トンボ類の生息・分布状況調査：委託先「トンボと自然を考える会」
 - ・魚類の生息・分布調査「トンボと自然を考える会」
- イ. 昆虫類の生息状況調査
 - ・昆虫相調査：委託先「愛媛大学」
 - ・カミキリムシ類の生息地と自然環境解析
- ウ. 野生動物相と自然環境
 - ・哺乳類の生息・分布状況調査：委託先「四国自然史科学研究センター」
 - ・鳥類の森林依存種および希少種：委託先「日本野鳥の会高知支部」
 - ・有害鳥獣駆除実績による鳥獣類の変動と農林業
- エ. 植生と希少植物に関する調査：委託先「牧野植物園」

3. 調査結果の概要

3.1 森林資源分野

四万十川森林計画区の 2004 年の民有林人工林率は 59.6%、人工林に占める樹種別の比率はスギが 12.5%、ヒノキが 44.7%、マツが 1.5%であり、1996 年度と比較して大きな数値の変動はなかった。スギ人工林面積は大きな増減もなく推移したが、近年、新植面積に占めるヒノキの割合が高く、ヒノキ人工林の増加はマツ人工林および天然林、広葉樹天然林の減少によるものと推測された。スギ・ヒノキ人工林の蓄積は年々増加しているが、スギ人工林の 9 割以上は標準伐期齢以上の木材利用可能森林であるのに対し、ヒノキ人工林の 6 割は標準伐期齢未満の保育が必要とされる森林である。スギ・ヒノキを含めた針葉樹の素材生産量に占める民有林材の比率は近年増加し、2004 年度は 7 割前後となった。民有林のスギ・ヒノキ人工林の年成長量は、概ね 5~10 齢級の範囲ではスギが 30m³/ha/年前後、ヒノキが 15 m³/ha/年であった。

近年の林業労働者の激減と高齢化等により生産コストの低減や、針広混交林への転換などの理由で強度間伐が実施されつつある。しかし強度間伐に関する研究例は少なく、特に上層間伐による間伐強度の違いが残存木に与える影響などについては未知のことが多かった。そこで、標準伐期齢未満の比率が高いヒノキ人工林 5 個所に本数間伐率 0~75%の試験区を設け、間伐実施後 4~5 年間の調査を行った。既往の知見では①植栽密度や間伐度合の違いによって樹高成長は影響を受けず、収穫量の調整または育林的な立場からはこれを無視してさしつかえない、②間伐は材積成長に及ぼす影響は小さく、間伐度合の強弱によって最終的な総材積収穫量はあまり変わらない、とされてきたが、本調査の結果は本数間伐率が高くなるほど樹高成長は低下し、特に上層間伐による本数間伐率 47.7%以上、収量比数 (Ry) が間伐実施前に比べて 0.16 以上低下した間伐区での低下が著しかった。また、ha 当たりの材積成長量は上層間伐により本数間伐率が高いほど減少した。上記①、②は本数間伐率が 40%以下の主に下層間伐の結果により得られた結論であり、従来の施業体系に修正を加える必要があることが示唆された。

3.2 森林環境分野

近年、四万十川森林計画区内の年降水量は少雨と多雨を繰り返しながら、地点間の格差が広がりつつあるようであった。雨水採取調査による降水の性質は、期間を通して酸性雨とされる pH5.6 以下の pH 4.8 前後であった。また、降水に含まれる塩素イオン (Cl⁻) および海塩性硫酸イオン

($ss-SO_4^{2-}$) は、流域の地形的な要因を反映し、四万十川下流域から上流域にかけて増加した。一方、非海塩性硫酸イオン ($nss-SO_4^{2-}$) は、標高の最も高い地点および市街地に近い地点で高い値を示し、他県や大陸からの季節風などによる越境大気汚染などの影響が推測された。イオン (Cl^- , $nss-SO_4^{2-}$, $ss-SO_4^{2-}$, NO_3^-) 負荷量の年降水量の増減に伴う変動は、下流部、中流部、最上流部を比較すると地域差があり、最上流部の $nss-SO_4^{2-}$ および NO_3^- のイオン負荷量は、降水量との連動よりもむしろ年々増加しているようであった。

渓流水調査は固定点調査地を 1997 年度に上流域 10 箇所を選定し、2001 年度に 17 箇所にまでに拡大させ流域全域に及ぶモニタリングを実施した。また、固定点調査と平行して多点調査も実施し、調査期間中に 333 地点の調査を行った。

大気中の二酸化炭素濃度の測定を雨水採取調査に合わせて実施した。測定期間を通して、春から夏にかけて高くなり、秋から冬にかけて低くなる傾向がみられた。また、四万十川最上流部の雨包山の値が最も低く、下流部の江川崎・トンボ公園の値が最も高い傾向がみられた。

種子採取調査は豊凶等の結実習性が一般的に詳しく分かっていないイチイガシおよびハナガカシについて実施した。1997～2005 年の 9 年間に、ハナガカシは豊作が 2 回、並作が 1 回、凶作 6 回、イチイガシは豊作が 3 回、並作が 4 回、凶作 2 回であった。

森林資源分野の「間伐が森林資源に及ぼす影響」調査と平行して、主に上層間伐による間伐施業が森林環境に与える影響について調査した。この調査では①林内相対照度の測定、②下層植生調査、③表層物質の移動量(表土流亡)の測定、④土壌の水湿状態の測定、⑤細根量調査を実施した。①～⑤の結果から、これまで漠然と考えられていた間伐による土壌や林床の変化について、⑥強度間伐により陽光の射入が増加しても土壌の乾燥化を促がすものでない、⑦下層植生は生活型ごとに間伐への反応と表土流亡抑制機能が異なる、などが明らかとなった。

3.3 森林生物分野

森林生物分野においては、持続的な森林経営における生物多様性保全のモニタリング調査として、四万十川森林計画区に生息するトンボ類と魚類について、既存資料・データの収集および生息・分布調査などを行った。また、既存標本および文献などから昆虫類や小型～中大型の哺乳類、有害鳥獣駆除実績などの資料を収集するとともに、コウチュウ目を主とした昆虫類調査やカミキリムシ相の調査、コウモリ類などの生息調査を実施した。鳥類・植物相については、既存データをもとにこれまでの生息種のリスタップを行い、生息・分布域を把握した。そして、これらについて、それぞれ森林依存種と高知県レッドデータブックで希少な種とされたものの状態を明らかにした。

四万十川森林計画区に生息するトンボ類の記録種は 11 科 86 種で、調査期間を通して大きな変化はみられなく、全体では安定した生息状況であった。このうち高知県レッドデータブック選定種(以下、希少種)は 34 種であった。また、生息調査で確認した 81 種の半分以上が森林に依存するタイプで、なかでも森林の複雑で微細な変化を克明に反映する種としてシコクトゲオトンボ、ムカシトンボ、ミナミヤンマ、ヒメクロサナエ、クロサナエの 5 種が指標種として考えられた。この他にも、森林からの増水や攪乱によって大きく変動する流水性のトンボや、耕作放棄や人為的な乾燥化、公共事業による埋め立てなどによって、一挙にその種と個体数が減少する止水域のトンボ類も指標種として重要な役割を果たすと考えられた。現地調査の観察から、わずかな水たまりや疎水、遊水地があちこちに点在し機能していることで、希少なトンボ類が保護、生息できることも明らかになった。今後は、希少種を含めた水生生物群集を保全するためには、小さな生息環境をできるだけ多く

確保・整備する環境作りが必要であろう。

源流から河口域までの魚類の確認種は54科150種で、希少種は53種であった。ここ数年間の確認箇所数の増減をみると、著しく減少しているものはみられなく、むしろ増加傾向にあった。源流～渓流域（アマゴ域）に生息するタカハヤ、カワムツ、アカザ、モツゴ、アマゴの5種が、森林と直接関わる指標種として考えられた。また、河川の魚類の多くが森林と溪流、平地や丘陵、水田周辺の生息場所の変化に適応して毎年変動を繰り返すことから、上・中流域（オイカワ域）のウグイ・オイカワなどや下流域（コイ域）のコイ・アカメなども森林環境と流域の産業活動、とくに河川改変の変化を把握する指標種として活用できるものと考えられる。本調査で確認された魚類のモニタリングデータは、森林と河川の公共事業導入の基礎資料となるものと思われる。

昆虫類調査では、コウチュウ目を主として115科1,096種の昆虫リストを作成した。カキミリムシ類の捕獲調査により2科89種を確認し、なかでもヒメハナカミキリ属は自然林依存種であり、木本植物の花粉媒介者であることから、樹木の更新にも少なからず影響を与えているものと考えられる。森林性のトンボ類や昆虫類、小・中型哺乳類、鳥類などの生息空間を確保するためには、多様性のある植物群落が不可欠である。

農林業被害をみると、有害駆除統計からニホンジカやノウサギによる林業被害、耕作放棄地の増加によるイノシシの被害、放流魚類に対するカワウの被害などが増加していた。小型～中大型の哺乳類の確認情報を整理した結果では、16科32種が記録された。このうち希少種は14種で、大半は森林に依存するものであった。コウモリ類の調査の結果では、新たに2種の生息が確認され8種となった。定常的な鳥類の生息種は225種で、希少種は95種であった。森林依存種は定常的な鳥類の半分近くの106種で、このうち9割の96種が二次林に生息する種であった。また、高知県内の希少植物775種のうち456種が記録され、そのうちの80%（366種）が絶滅危惧種であった。生育環境をみると森林性のものが54%（247種）と最も多くを占め、そのうちの76%が二次林あるいはその周辺で生育していた。このため、二次林の果たす役割は大きく、生育環境の保全とともに現在の人工林での間伐の推進や広葉樹との混交林化など、生物多様性の高い森林の育成が必要であるといえる。

公共事業を実施するに当たっては、植林地の造成や農地改善事業などの計画立案に際し、実施後に予測される野生動物や昆虫類などについて、個体数の現状把握と被害発生の予測値などを考慮する必要がある。また、本調査で明らかになった生物種と個体群、森林依存種や希少種、さらにはその地域のアンブレラ種や当該森林にとって重要な役割を持っている種などを抽出し、既存種と現存生息種を把握し評価し、あわせてこれらに関連する生物種と地域全体の自然環境について評価を行い、計画の設計に反映させることが必要であろう。

4. おわりに

本調査事業はモントリオールプロセスの基準・指標の検証のため、林野庁による委託事業として10年間にわたり実施した。本県は基礎データ整備手法および事業導入手法のモデル提示を行うことを目的とし、森林生態系のモニタリングとその手法の検討、公共事業が森林生態系に与える影響についての調査を行った。前期は、基礎データの収集が中心で、各分野が独自にモニタリング、データ収集を行ってきた。後期には基礎データの収集を継続しながら、公共事業のひとつとして間伐事業に注目し、間伐の強度や方法が森林生態系に与える影響を評価・解析することを目的として各分野共同で調査を行った。

事業開始より、国際モデルフォレストネットワーク（IMFN）によって「四万十川モデル森林」として紹介され、同事業を行っている北海道や、県有林の森林モニタリング事業を行っている山梨県と共に日本におけるモデルフォレストとして国際的に認知されてきた。本来のモデルフォレストとしての活動と本調査事業とは主旨や内容が異なっており、現在では3道県の調査事業はモデルフォレストとしての紹介はされていないが、公共事業の導入手法、地域版の基準・指標などの検討を目標とする「広範囲のモデル森林」として四万十川森林計画区が今後とも認知されると思われる。

四万十川森林計画区に属する梶原町内の町有林、私有林を合わせた約2,000haの森林がFSC(Forest Steward-ship Council)認証を受けている。FSC認証を継続するには、対象となる林分での環境モニタリングが必要であり、このFSC認証においては本事業のデータが活用されてきた。今後とも、本事業で得られたデータがFSC認証の継続に活かされるものと考えられる。

本調査で得られたさまざまな成果は、公共事業を導入する際の事前の環境調査や間伐施業等の実施方針等として幅広い分野で活用されることが期待される。また、このような長期間にわたるモニタリングデータは類をみないものであり、今後、長期的な環境変化を検証するためには欠かせない重要な資料となる。ただし、本調査のデータは、希少種や絶滅種の乱獲につながることを懸念されるため、一次データの取り扱いについては注意をしなければならない。

謝辞

本調査の実施に当たって調査方法の助言や指導、共同の調査などにご協力いただいた独立行政法人森林総合研究所四国支所、高知大学農学部附属暖地フィールドサイエンス教育研究センター塚本次郎助教授、雨水採取調査で採取装置を設置させていただいた梶原町森林組合、四万十森林管理署、四万十市（旧 西土佐村）、(社)トンボと自然を考える会、種子採取調査で調査地を提供していただいた四万十町（旧 大正町）熊野神社および（旧 十和村）広瀬地区の方々、所有するヒノキ人工林の調査地としての使用と造林木の伐採を快く承諾していただいた津野町町長明神健夫氏、沖田信一氏、植生調査や毎木調査でお世話になった高知大学農学部造林学研究室、委託調査の実施および収集データを提供していただいた(社)トンボと自然を考える会、愛媛大学農学部昆虫研究室、(財)高知県牧野記念財団、NPO 法人四国自然史科学研究センター、日本野鳥の会高知支部の方々、また、森林生物分野のとりまとめを援助していただいた元森林総合研究所四国支所の山崎三郎氏に感謝の意を表す。

報告書

- 1) 平成8年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(1997), 高知県
- 2) 平成9年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(1998), 高知県
- 3) 平成10年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(1999), 高知県
- 4) 平成11年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(2000), 高知県
- 5) 平成12年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(2001), 高知県
- 6) 平成13年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(2002), 高知県
- 7) 平成14年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(2003), 高知県
- 8) 平成15年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(2004), 高知県
- 9) 平成16年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(2005), 高知県
- 10) 平成17年度森林生態系を重視した公共事業の導入手法調査報告書(2006), 高知県