

基準・指標作りと多目的な定点観測網の応用可能性

Selecting Criteria and Indicators, and Applicability of Multi-purpose Monitoring System

松村 直人

Matsumura, Naoto

キーワード: 持続可能な森林経営, C&I, 森林認証, FSC, CFI, NFI

要約: 持続可能な森林経営への関心が高まる中、客観的な森林資源情報の統合と全国的な情報整備が重要になっている。また森林環境や生物多様性の保全、温暖化対策の一つとして森林吸収源事業などにおける基礎情報としても、森林資源調査が見直されている。本研究では、これまでの森林調査法の特徴を概観し、多目的な定点観測網の設計について検討した。その結果、データの集積とクロスチェックが特に調査において重要であることがわかった。

Abstract: In that the interest in the sustainable forest management rises, the integration of objective forest resource information and the nationwide information service become important. Also, forest resource inventory is reconsidered as the basic information for the purpose of conservation of the forest environments and biodiversity, and mitigation of the global warming by, for example, the forest sink project. It was shown that the accumulation of the data and the cross-check are important especially after surveying and reviewing the characteristics of the previous forest inventory regarding the design of the multipurpose permanent monitoring system.

Keywords: SFM, C&I, forest certification, FSC, CFI, NFI

1. はじめに

1992年の地球サミット以来、「持続可能な森林経営」への関心が高まっている。当時採択された「森林原則声明」には、森林を生態系としてとらえ、森林の保全と利用を両立させ、森林に対する多様なニーズに永続的に対応すべきという「持続可能な森林経営」の理念が示されている(林野庁 2001)。その「持続可能性」の評価のために、各種の具体的、かつ数値的な指標が求められている。国レベルでの基準・指標としては、モンテリオール・プロセスで合意された7基準、67指標がある(林野庁 1995a)。また、地域・流域・森林計画区のレベル、あるいは事業者のレベルなどで、森林の機能評価や地域版指標の選定などの議論が進められている。本報告では、これらの世界共通、あるいは世界標準の森林評価指標作りと多目的な定点観測網による森林調査システムについて課題の整理を行い、三重県の事例について検討した。

2. 基準と指標の選定について

2.1. 国レベルの評価基準

「持続可能な森林経営」は森林の取扱いに関する理念であるが、その進捗状況を客観的に評価し、共通理解を提供するものとして、「基準・指標」(C&I: Criteria and Indicators)は捉えられている。国や地域ごとに指標に沿って定期的にデータを収集し、それらの変化を比較、分析、評価することによって、森林の取扱いが持続可能な方向に向かっているかどうかを判断するためのチェックリストとして理解されている(後藤1997)。

ITTOやヘルシンキ・プロセス(EU)、モンテリオール・プロセス(環太平洋地域)など、ほぼ世界中を覆う政府間グループにおいて基準と指標の選定が議論されたが、日本の属するモンテリオール・プロセスでは、ヘルシンキ・プロセスに1年遅れて、1995年にチリのサンチャゴにおいて、7基準67指標について合意された。後述する「FSCの森林認証基準」にも共通する「資源(生産力)」、「環境保全」、「社会経済」の3分野が基本的な合意内容であり、これは「世界の共通認識」とされている(後藤1996)。その中でも森林資源に関するものとしては、森林タイプごとの面積、年齢別面積(基準1: 生物多様性の保全関連)、木材生産に利用可能な森林面積、総蓄積、

持続可能と決定される量と比較した年間伐採量（基準2: 森林生態系の生産力の維持関連）などがある。

2.2. 地域レベルの評価基準

一方、州、都道府県、流域、森林計画区など、地域のレベルでも森林保全、森林の機能評価、整備水準の評価など様々な取り組みが見られる。1990年に始まったカナダのモデルフォレスト政策は州レベルの実践活動である。国内においては、北海道の森林機能評価手法なども基準・指標作りの国内版として理解できよう(北海道水産林務部 2004)。

これらの動きは、モニタリング・プロセスにも対応した地域版指標(LLIs: Local Level Indicators)の選定という側面を持つ(松村 2002b)。例えば、三重県における「宮川ルネッサンス事業(宮川流域ルネッサンス協議会 1999, 2003)」と「森林ゾーニング手法(三重県 2002)」などは、地域レベルの森林評価と指標の選定活動として理解でき、地域に密着した住民参加型の森林管理手法の開発につながるものと思われる。

三重県宮川流域では、1999年度から当初14市町村による総合政策「宮川流域ルネッサンス事業」を行い、流域単位での管理を提唱し、流域圏における管理の先駆けとして注目されている。清流保全と地域振興という課題についても、地域区分の視点から活性化方策が示されている(一木ら 2003)。流域圏とは国土交通省が1998年に発表した「新全総：21世紀の国土のグランドデザイン」において、「多自然居住地域」の創造として提唱したもので、流域圏において、健全な水循環の保全、再生や国土の管理水準の向上に向けて、地域間や行政機関相互の連携を図るとともに、対策の充実が提言されている。

宮川流域ルネッサンス事業は、「流量回復・水質保全」、「森林保全」など4テーマで住民と行政が協働して取り組む円卓会議を設定し、自然環境と調和した流域作りに取り組んでいる。「森林保全」部門では、三重県の「環境林」と「生産林」に区分する森林ゾーニングに基づいた森林管理方法の実践について議論している。また、「森林環境創造事業」という公費間伐の推進を行っており、公益的機能の高度な発揮と多様な森林作りを目標としてい

る。この事業の中でも、流域森林の整備水準の向上を目指して、地域版指標の導入による「流域いっせいチェック」活動の可能性が議論されている。

2.3. 事業者レベルの評価基準

国や地域のレベルでは政府・行政機関による主導であったが、個人や事業者レベルでは森林認証を取得することで、「持続可能性」の評価を行うという取り組みが見られる。特に民間レベルの取り組みとして、FSC（森林管理協議会）やISO14001の環境管理システムの認証を取得する動きがある。

三重県内では速水林業が国内で最初にFSC森林管理認証を取得したこともあり、既に市有林管理、森林組合によるグループ認証の取得が見られる。事業者レベルでは、認証コストの負担に比べ、取得のメリットが不明確であることや審査のハードルが高いことなどもあり、今後も多数の事業者には認証取得は広がらないと思われる。しかし、認証取得を目指す事業者は、森林管理への意識も高く、今後地域の森林管理のコアになると思われ、このような事業者を支援するために一層の条件整備や行政的支援が必要であろう。また、全国森林資源モニタリング事業などの基本データの提供は認証取得の側面的支援になるものと思われる。

3. 森林資源調査について

これまでの森林資源調査を「収穫調査」と「資源調査」に大別して以前に報告している(松村 1997, 2002a)。資源調査と考えられるものの中でも、狭義の資源調査（インベントリー、サンプリング調査）と毎木調査、悉皆調査としての収穫試験及び施業試験などである。

大面積森林をサンプリング調査することによって、その資源内容を推定しようとする試みは、古くはデンマークやビルマ（現ミャンマー）に始まり、これが国家森林資源調査の始まりのようである(Gregoire and Köhl 2000)。一方、特定の地域の、特定の樹種を対象に、施業と成長の関係、収穫予測に適用するための収穫調査としては、資源調査に遅れること40年にして、IUFRO主催でドイツにて始まった。それからさらに5年後、日本においても造林試

験として始まっている。これは今日でも森林総研における「収穫試験地調査」として継続されている(森林総研 1996, 家原ら 1998)。

資源調査は北欧を中心に、アメリカでも実施され、この間の経緯や調査内容、調査地点の設計などは西沢(1959)、西川(1994)などに詳しい。また、スイス、フランス、ドイツなどヨーロッパの森林調査も含め、多目的な森林資源調査として最近の動向が紹介されている(西川 2004)。一方、熱帯における資源調査はFAOの作成したマニュアルに従って実施されているが、以前の宗主国の影響が残っている。

日本では全国統一的手法による資源調査としては、3000点の予備調査の後、2回の10,000点調査が行われた(松下・林 1955, 林野庁 1964, 1968, 林 1996)。その後、平成11年度より全国で始まった「森林資源モニタリング調査」(家原 1999, 家原・埴田 1999)では、全国一律に4 kmメッシュによって調査定点を選定している。調査内容は森林資源関連のものが中心であるが、種多様性や森林の健全度に関する項目も含め、森林環境調査とも呼べる特徴を持っている。このような試みは全国統一基準でもって、日本の森林資源を評価し、その評価手法や推定誤差を公開しようとするものであり、全国の基点データとして高く評価されるものである。また、北海道と高知県で始まった林野庁事業の中では全国規模のモニタリングを補完する意図もあり、石狩川と四万十川流域で森林生態系調査を実施している(加藤・対馬 1999, 松村ら 1999a,b)。

このように全国の森林の一部ではあるが、定点観測網が整備されつつあり、今後の森林状態の変化が測定される。しかし、このような調査は非常に地味であり、例えば、現在急務の課題とされている地球温暖化対策などに直ちに適応する調査ではない。費用、労力、時間的制約などから、特定の生態系に重点を置くなり、固定試験地などの過去のデータが利用できるところでデータを補完し、集中的に取り組む、などの対応策も必要であろう。

以上をまとめると、国や地域、特定生態系などの対象地域及び対象レベル別と環境保全や資源評価(照査)という観点から大別して、最近の環境評価や開発のための基礎調査のような特徴を持つものとして分割が可能である(松村 2002a)。森林資源調査を調査対象レベルとモニタリング設計における

重点課題という観点で類型化することを提案している。日本でも全国レベルでは資源評価中心ながら、環境調査を含む森林資源モニタリングや酸性雨調査（林野庁1995b）、屋久島や白神山地のような生態系保全調査、また流域・地域中心のモデルフォレスト型など並行して進行中である。

4. 日本における森林資源調査

4.1. 3000点調査

戦後直後、昭和28～29年代に森林資源の把握のために予備的に行われた資源調査であり、詳細は不明である。調査地点数の選定は、全国の森林総蓄積を信頼度95%、推定誤差5%以内に推定するため、

$$[1] \quad 0.05 \geq 2/\sqrt{n} \cdot s/MX$$

ここで、 n :総地点数、 MX :蓄積の平均値、 s :地点別蓄積の標準偏差であり、 $s/MX=1.3$ と仮定して、 $n>2704$ を得たようである。

4.2. 10000点調査

その後、昭和36年10月1日を基準日として、昭和36、41年度にいわゆる一万点調査が実施されている。このときは全国の森林総材積を信頼度95%、目標精度3%以内に推定するため、

$$[2] \quad n = (tc/E)^2 = (2 \times 1.5/0.03)^2 = 10000$$

ここで、 n :プロット数、 E :目標精度、 t :信頼度係数(2)、変動係数 $c=1.5$ から、 $n=10000$ となったようである。このときの調査プロットは方形0.1ha (31.62x31.62m)であった。森林面積と材積の調査結果を表1に示す(Isida 1964)。

表1. 森林面積と材積の調査結果

区分	森林総面積(千ha)	森林総材積(千m ³)
第2回	24,998.90	1,980,728
95%信頼区間	(24,748.1～25,248.9)	(1,921,306～2,040,150)
第1回	24,589.00	2,064,040
95%信頼区間	(24,343.0～24,835.0)	(2,002,120～2,125,960)
1995年の推定値	25,146	3,483,234

4.3. 15000点調査

林野庁では、平成9年度予備調査(林野庁1998)のあと、「持続可能な森林経営」に資するため、全国統一的な手法で森林の状態とその変化の動向について都道府県との調査事業を開始している。

調査の方法は、森林法第2条に規定する民有林、国有林を対象とし、全国を4km間隔で描いた格子点の交点に、面積0.1haの円形プロットを設定し、5年周期での一巡を目指している。この円形プロットは基点を中心として、3つの異なる半径(5.64, 11.28, 17.84m)の同心円により、小円部(0.01ha)、中円部(0.03ha)、大円部(0.06ha)を調査する。

調査の内容は、生物多様性、森林生態系の生産力、炭素循環への森林の寄与などの変化を把握するために必要なデータの取得を目指している。例えば、地況調査(方位、傾斜、土壌、林分被害など)、立木調査(樹種、直径、樹高、枯損など)、伐根調査、倒木調査、下層植生調査などである。

期待される成果としては、1)合意された指標値の算出(森林のタイプ区分、収穫表の根拠と精度)、2)地球温暖化対策(森林バイオマス、ただし、土壌中炭素など土壌関連調査や生物多様性調査は欠落している)、3)定点観測網の整備などがあげられよう。

調査結果については、学会などの予備的解析(後藤ら2000、前田ら2003、斉藤・加藤2004)などを経て、地域での利用のために公開も予定されている。この調査の特徴は全国を粗く一律に調査するものである。系統抽出であるためにデータのバラツキも大きいことが予想されるが、中断していた全国森林資源調査の復活であり、全国のデータが得られるメリットが大きい。次回に層化できる部分は層化して、計測精度の向上とコストの削減を検討すればよいと思われる。さらに、この調査を補完する方法を地域で実践すれば、地域の森林管理により有効なデータとなる。

4.4. 三重県の事例

三重県内の森林資源モニタリング調査については、主に県南部を中心に先行しており、表2のようにまとめられる。現在のところ、樹種占有率90%以上の林分で、

- ・スギ人工林（19～70年生）
- ・ヒノキ人工林（2～69年生）
- ・ヒノキ天然林
- ・広葉樹人工林
- ・広葉樹天然林（ウバメガシ，アラカシ，ヤブツバキ，ヒサカキなど）

の森林タイプ区分となっている。

表2. 三重県データの事例

林種	樹種	広葉樹	スギ	ヒノキ
人工林	42	1	18	23
天然林	33	32	0	1

注) プロット点数: 市町村: 県南部 (62市町村中18), 森林計画区: 南伊勢・尾鷲熊野 (県下4計画区中2), 林種: 人工林・天然林, 樹種: 広葉樹・スギ・ヒノキ・他

5. 基準・指標の選定について

各種地域版指標が定義，あるいは合意された場合，次の段階として，それが計測可能な指標であるかという議論がある。既に公共データや行政の支援するモニタリングデータの利用が可能であれば，ある程度は「透明かつ検証可能」な指標値を算出可能である(松村 2003a)。林野庁では全国統一的手法で森林の状態と変化の動向を把握する全国森林資源モニタリング調査を1999年度から開始し，現在2期目に入っている。このような調査事業が全国の森林資源評価の基本データとして整備されていけば，今後のNPOやNGOの森林調査を助け，地域における森林管理の新たな展開が期待される(松村 2003b)。

資源把握のための森林調査は基礎データを提供する点で，議論の出発点であり，重要性は増しているけれども，それだけでは予算もとれないのが現実であり，環境モニタリング，また住民参加型のモデルフォレスト的活動の一翼を担う形で設計されている。予算面だけでなく，資源調査と実行組織活動の話も切り離せない問題であり，今後の運用で補っていく必要がある(白石 1998)。予算と組織以外に，調査の設計部分で今後問題になる点を考えて

みると、森林資源情報の整合性（集積度）、多様性、公開性が考えられる（松村 2002a）。

1) **整合性（集積度）**：森林資源簿（属人、属地的）と森林統計表（森林指標など行政単位）などの整合性を高める方法の検討。林分（現場）レベルから流域（国家）レベルへあげる、情報を抽出する際に、集積度を高め、信頼度の高い行政指標を提供できるか。また、マルチソースからのクロスチェックを経ているか。

2) **多様性**：生物多様性や森林の持つ多様な機能への関心が高まるなかで、何をどう測り、属性データとして作っていくか。多様性の評価については西川(1998)にも紹介されているが、空間分布から独立なものとGISを利用するなどして、森林タイプの形状(西ら 2000)、モーメントを利用した指標(田中 2000)など空間分布も考慮したものが提案されている。

3) **公開性**：カナダのモデルフォレスト運動、林野庁のモニタリング事業も情報の公開性は当然の前提である。情報発信ネットワーク作りも課題であり、情報公開にともなう作業負担、責任のあり方なども今後議論されるべきである。住民参加を前提としたデータの取得、対処の方法論はまだ始まったばかりである。

今後の具体的なチェックポイントをあげると、1) 再測可能性：ルート図の作成、GPSの精度向上、2) 4 kmメッシュでは粗い：地域の特定地区における補完調査（例えば温暖化対策で欲しいデータ点に落ちていない）、3) 層化によるコスト削減、4) 専門チーム化、5) 品質保証（QA）と品質管理（QC）（溝上ら 2003）、などに集約されよう。また、モンリオール・プロセス、ヘルシンキ・プロセスは国家レベルでの持続性を検討しているが、ITTOでは現場レベル（FMU：Forest Management Unit level）でも「持続可能な森林経営」を検討している。我が国でも今後の流域林業活性化や流域単位でのモニタリング事業を考える際には現場－地域－国家のレベルでの資源情報のモニタリング、政策立案へのモデリング、現場への再評価という運用システム作りが欠かせないと思われる。

6. おわりに

これまでの議論を整理すると、「流域森林の最新情報の取得とクリーンな情報集積」、「森林の整備水準の判定などクロスチェック」、「新たな森林政策の導入・展開」に要約されよう。具体的には、行政によるモニタリング事業を補完する森林調査、森林影響調査などによって、流域森林の診断、チェックと森林情報システムの整備、また対象となる森林整備の重点化、方向性の提示、さらに住民参加による流域森林管理の実践へ連携していくことが期待される。

謝辞

鈴木太七先生はじめ、天野正博、田中和博、松本光朗の各氏には多数の助言をいただき、また、平成9年度の林野庁調査委員会メンバー、西川匡英、家原敏郎、白石則彦、平田泰雅、高橋正義、林野庁の佐古田睦美、小倉重信、北浦真吾、及び日林協の渡辺 宏、林 治克、山口信一各氏にも討議を重ね、数々の助言をいただきました。厚く感謝致します。

引用文献

- 後藤健. 1996. 海外林業協力の国際的動向, *国民と森林* 58:6-10
- 後藤健. 1997. 森林を巡る近年の国際動向, *林業技術* No.669:14-17
- 後藤淳志・光田靖・吉田茂二郎ら. 2000. 森林資源モニタリング調査実施の内容と九州近県での調査の実態について, *九支研論* 53:37-38
- Gregoire, T.G. and Köhl, M. 2000. Statistical ecology and forest biometry., *Environmental and Ecological Statistics* 7:213-216
- 林知己夫. 1996. 森林理念と良質データ, *森林計画誌* 26:3-16
- 北海道水産林務部森林計画課. 2004. 森林機能評価基準, 北海道, 30p.
- 一木しのぶ・加藤彰吾・川田伸治ら. 2003. 地域区分による流域圏の活性化方策の検討ー三重県宮川流域市町村についてー, *中森研* 51:133-136
- 家原敏郎. 1999. 日本の新しい森林資源モニタリング調査, *山林* 54-61
- 家原敏郎・高橋正義・齋藤和彦ら. 1998. 森林総合研究所における収穫試験地の時系列データ収集の現状, *森林計画誌* 30:63-66

- 家原敏郎・埜田宏. 1999. モントリオールプロセスの最近の動向と日本の新しい森林資源モニタリングシステム, *日林論* 110:367-368
- Isida, M. 1964. 10,000 spots forest survey, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics* XVI:255-276
- 加藤正人・対馬俊之. 1999. 石狩川モデル森林のモニタリングー取り組みの概要と課題一, *森林計画誌* 33:39-46
- 前田勇平・吉田茂二郎・村上拓彦ら. 2003. 森林資源モニタリング調査データに基づく林分収穫表の作成, *日林論* 114:312
- 松村直人. 1997. ヘルシンキプロセスに関連したスイス・ドイツの動きー森林資源調査の現状一, *森林計画誌* 29:49-56
- 松村直人. 2002a. 森林の継続調査と成長量の地域間比較, pp.111-123, 森林資源管理と数理モデルー21世紀ニューミレニアムに向けてー (吉本敦・松村直人・近藤洋史 編集), 森林計画学会出版局
- 松村直人. 2002b. モントリオール・プロセスに対応した地域版指標について, *中森研* 50:143-146
- 松村直人. 2003a. 森林資源のモニタリングと地域版指標の選定について, *中森研* 51:57-60
- 松村直人. 2003b. 森林の総合的な保全システム, pp.81-100, 森林計画学 (木平勇吉 編著), 朝倉書店, 東京
- 松村直人・小谷英司・宇久真司. 1999a. 四万十川森林計画区におけるモデルフォレストの取り組み, *森林応用研究* 8:57-64
- 松村直人・宇久真司・梶原規弘. 1999b. 四万十川森林計画区におけるモデルフォレスト事業, *森林計画学会誌* 33:47-50
- 松下嘉米男・林知己夫. 1955. 森林調査の実際, 産業図書, 東京, 298p.
- 三重県. 2002. 環境林における新たな森林づくり, 三重県, 津, 41p.
- 宮川流域ルネッサンス協議会. 1999. 宮川流域ルネッサンス: ビジョン・基本計画, 三重県, 148p.
- 宮川流域ルネッサンス協議会. 2003. 宮川流域ルネッサンス事業: 動き出す清流, 三重県, 90p.

- 溝上展也・Matthias Dobbertin・吉田茂二郎. 2003. 森林モニタリングにおけるデータの品質保証と有効利用, *日林論* 114:
- 西政敏・石橋公雄・小谷英司ら. 2000. 島根半島弥山山地における森林植生と空間分布の解析, *森林応用研究* 9-1:65-70
- 西川匡英. 1994. 先進諸外国の国家森林資源調査の動向と展望—多目的森林資源調査への推移を通して—, *森林計画誌* 22:1-18
- 西川匡英. 1998. 天然林の調査法, 森林計画学会出版局, 東京, 141p.
- 西川匡英. 2004. 21世紀に向けた森林管理—現代森林計画学入門, 森林計画学会出版局, 東京, 274p.
- 西沢正久. 1959. 森林測定法, 地球出版, 東京, 302p.
- 林野庁. 1964. 日本の森林資源—全国森林資源調査による—, 林野共済会, 東京, 59p.
- 林野庁. 1968. 日本の森林資源—第2回全国森林資源調査による—, 林野共済会, 東京, 121p.
- 林野庁. 1995a. 温帯林等の保全と持続可能な経営の基準・指標—モニトリオール・プロセス, 林野庁, 東京, 24p.
- 林野庁. 1995b. 酸性雨等森林衰退モニタリング事業実施マニュアル, 林野庁, 東京, 31p.
- 林野庁. 2001. 平成12年度林業白書, 日本林業協会, 東京, 293p.
- 林野庁. 1998. 森林資源モニタリング予備調査報告書, 林野庁, 125p.
- 田中和博. 2000. モーメント法による土地利用多様性指標, *日林論* 111:37
- 斉藤方彦・加藤正人. 2004. 手良沢山演習林ヒノキ林の経年変化と中部地区森林資源モニタリング調査との比較, *中森研* 52:165-168
- 白石則彦. 1998. 21世紀にむけてわが国の森林調査はいかにあるべきか, *山林* 1373:2-10
- 森林総合研究所. 1996. 森林長期モニタリングシステム—収穫試験地の時系列データの収集と整備—, 収穫試験報告第20号, 森林総合研究所, 茨城, 44p.