

4 里山（都市近郊林）の利用と管理手法の研究開発

服部重昭（名古屋大学）

1. 5年間の総括

里山 WG の研究は大きく 4 課題にまとめることができる。一つ目は、里山の森林における物質（バイオマス、水、化学成分など）とエネルギーの動態や循環の実態を解明し、それらを評価する技術の開発、二つ目は、里山の各種情報（森林、気象、生物など）を収集あるいはモニタリングする技術の開発である。三つ目は、里山の森林管理や都市からの排出される木材を有効かつ高度に利用する環境保全型の本質資源利用技術の開発、最後の四つ目は、里山の管理に必要な技術・情報を収集し、データベース化するとともに GIS を用いて里山管理手法を検討するためのツールを提供すること、さらに現地の里山林における実際の施業効果に関する長期データを積み上げ、評価することである。以下に 4 課題について順次研究の経過と主な研究成果を整理し、総括とする。

課題 1 では里山の森林における物質とエネルギーの動態や、その環境保全機能の評価に関する情報が少ないことから、豊田市のフォレスタヒルズの森林内に試験流域を設置し、物質とエネルギーの流れと収支を解明した。フェーズ I・II ではともに 4 小課題で構成され、継続的に実施しバイオマス、水、水質成分、CO₂ などの長期連続観測を行った。その結果、試験流域の森林では年間降雨量のおよそ 16% は森林の樹冠で遮断され、残りの約 84% が林内に到達することが分かった。このような降雨の配分はスギやヒノキの人工林と異なり、樹冠での降雨の遮断量は少ないことが知られた。そのため、落葉広葉樹の多い里山林は林地への水供給の点から効果的であることが分かった。しかし、里山林は奥地の森林と比較して、蒸発散量が大きく、流出量が少なくなる傾向があることが明らかにされた。これは都市近郊に存在することにより、その熱環境の影響を受けていることが示唆された。また、酸性雨が降っているが、溪流の水質は中性であり森林地において中和作用が発現していること、降雨から溪流水に至る化学成分の動態と収支および出水時における集中観測から、溪流の水質形成機構の実態や水質成分ごとの変動パターンなどが確認された。地表付近における炭素の動態を長期的に観測し、地表面からの CO₂ の発生とそれを制御する環境因子との関係分析から、地表面温度が最も影響することを確認し、温度を用いて土壌面からの CO₂ 年間発生量の予測を行った。このような森林における物質およびエネルギーの動態を再現する数値モデルを作成し、森林の季節変化に伴う物質とエネルギーの変化を評価した。数値モデルはフォレスタヒルズでよく再現されることが確認されたが、他の里山の異なる森林への適用も含めた汎用性の検証が残された。

また、愛知県における里山面積は約 5 万 ha と推定され、落葉広葉樹林から常緑広葉樹林へと遷移しつつあることを確認した。そこで、フォレスタヒルズなどの里山森林における植物現存量、リター量などの物質収支やその季節変化を調査した。地上部現存量とあわせて里山二次林における遷移、純生産量などを整理するとともに、マツ林～落葉広葉樹林～常緑広葉樹林という遷移過程における生産量の変化概要をパターン化することを試みた。また、里山管理を行ったときに供給されるバイオマスの利用を想定し、保続的な管理に伴うエネルギー供給についてモデル的に検討を実施した。

課題 2 では、里山の森林情報は里山での物質・エネルギーの動態および環境保全機能の評価に不可欠であることから、簡便に情報収集できる機器の開発を目指した。本課題はフェーズ I では 4 小課題

であったが、フェーズⅡでは1課題に絞り込んで進めた。森林は様々な種類の植物で構成される空間であり、特に里山は多種多様な樹種が存在しており、その空間構造が複雑である。同一種にしても幹や枝の形態が異なり、さらに葉量も違うため森林ごとに特有の空間構造を形成している。このような複雑な林分構造は、森林の光及び水分環境に影響し、その森林特有の気象及び生態環境を作り出し、地域環境形成にも大きく影響する。そこで、森林を構成する個々の樹木の情報と森林群落全体の情報を簡便に、効率的にかつ精度良く計測する手法の開発を進めた。そのため、樹木周囲長計測装置を開発し、トヨタフォレストヒルズの落葉広葉樹と愛知県工業技術センター内の常緑樹を対象に観測を行い、その精度を検証した。また、簡易立木位置図作成装置をトヨタフォレストヒルズに持ち込み観測を行った結果、約1/30の精度で立木の位置図作成が可能になった。樹木および森林群落の健全度を評価する手法として、葉の分光反射特性を評価するリモート画像スペクトルシステムを製作し、対象樹木との距離に関係なく樹木の活性度に明確な違いが認められたことから、開発したシステムにより樹木の活性度の評価が可能であることを確認した。

上述した技術では得られない葉面積指数、葉量の鉛直分布及び樹冠の3次元構造を取得するレーザー光切断方法を開発し、実用化を実現した。特に、近距離にある葉の反射光が飽和することや遠距離にある葉からの反射光に対する感度が弱い問題を技術的に解決し、樹冠の3次元構造の表示や数値化に成功した。さらに、2波長のレーザー光を使うことにより葉と枝の分別が可能になり、レーザー光切断法により得た画像と魚眼レンズ画像を合成させ、測定域の葉面積指数の数値化に成功した。

課題3では、里山における森林管理や都市からの出る木質の残廃材を活用することにより、循環型資源である木質資源の活用促進と環境問題への寄与を目指し、成形技術、熱処理技術、成分利用技術等を応用して、新しい材料と製品の開発を行った。具体的には木質フレキシブルマット、木質エンボスマット、自己接着ボードおよび木質成形体が開発された。それぞれの製品の特徴および実用化の状況は以下のとおりである。なお、本課題はフェーズⅠでは3小課題、フェーズⅡでは2小課題となったが、これは1小課題が課題4へ移行したためである。

①木質フレキシブルマット：マット化は、不織布製造と同様に全工程が機械的操作によるものであり、接着剤を使用せず、環境的に安全である。挟み込む繊維内に、植物の種子、肥料、不燃材料、吸着材料等を混入できるので、マルチング材料、緑化、土木資材、断熱材等として多用途に使用可能である。現在、実用化を目指して愛知県内で護岸工事、造林地、屋上緑化等において現場敷設試験を実施している。

②木質エンボスマット：マット化のために必要な接着剤の代わりに蒸煮処理した木質材料を残廃材に混入させたものをレーヨン不織布などで挟み、溝付き熱プレスにより自己接着させ、マット化する方法を開発した。可撓性に優れ、運搬、施工の容易なマット材料とすることに成功した。製造条件を確立し、マルチング効果、屋上緑化土木資材としての効果は現場施工試験により検証済みである。

③自己接着ボード：蒸煮処理した木質材料が再度の熱圧により自己接着する性質があることを用いて、蒸煮処理した木質繊維、チップなどをフォーミングして熱圧することにより、市販のH.B.MDF（硬質繊維板、中性繊維板）に相当する木質ボードを生産した。この手法は、従来からある技術の応用であるが、従来製品にみられる悪臭の軽減を達成した。

④木質成形体：蒸煮処理木粉材料の自己接着性、流動性を利用して、高圧プレス成形を行うことにより、構造用機械部品等各種成形物をつくる技術開発を行った。物性はエンジニアリングプラスチックに相当し、100%木質材料からなるので使用後の処理は容易であり、生分解、焼却が可能である。構

造用機械部品として歯車の製造が試みられており、来る万国博覧会においても千年時計と称し展示が行われる。今後は性能に応じた用途開発が必要である。

課題4では、里山における森林を保全・管理する手法と技術を整理してデータベース化し、GISを利用することにより里山管理の情報と判断材料を提供するシステムを構築すること、また、実際に導入された森林管理施業の効果に関する長期モニタリングデータの積み上げと環境保全機能の評価方法の提供を目指した。本課題はフェーズⅠでは2小課題であったが、フェーズⅡでは4小課題に増えている。これは、GISを用いて収集した各種情報を体系的に整理し、視的に提供することが有効であると判断して、新たに課題を起こしたためである。

里山の保全・管理を促進させるためには里山保全・管理に関する情報を提供する情報システムを構築することが一つの方法として位置づけられる。そこで、その手段として「里山管理マップ」(里山GIS)を作成するとともに、管理に必要とされる各種技術を網羅したデータベースの整備を行った。これは里山の保全・利用・観測に関する技術データベースであり、機能や特性ごとに分類した上で、インターネットで閲覧可能な書式にまとめた。一方、市民参加の里山管理が実施されると、行政による緑地管理のコスト削減にも貢献できると考えられる。そのため、このような緑地を効果的かつ効率的に整備するためには、アクセスの容易さや利用目的などを考慮した、里山の緑地としての利用可能性の評価が求められる。よって、本研究では市民へのアンケート調査から、里山の利用可能性を評価した。この中で里山へのアクセスの容易さ、利用目的、頻度に関する要望を把握し、利用目的により類型化した。また緑地の利用実態を把握するために現地での利用実態調査も行った。その結果、市民の里山への要望は、(1) 散策型、(2) 日常型、(3) 目的型の3つに類型化され、それぞれの特徴と要望(距離別の利用強度分布)が明らかとなった。これにより利用目的に応じた、緑地に適する里山を延べ利用者人数の予測によって評価すること、里山を緑地として整備した際の市民参加による里山管理の検討なども可能となった。

森林の環境保全機能に関する既往文献・資料の収集整理を行う一方で、環境保全機能を相対的に標示して評価することを試みた。具体的には小里山地域をモデルとして、地域の森林が持つ生活環境保全機能を地表の植生種別に総括的に捉え、相対的に数値化し、またその平面的な分布の標示する手法を提示した。また、里山の森林が目的とする環境保全機能を発揮するためには、実際に森林施業を実施し、その効果を長期的にモニタリングし、森林施業の影響を評価する必要がある。そのための里山の森林管理方法として、針・広葉樹林の混交化、肥培、遷移の抑制・推進等、湿地管理について、その復元や維持、また貴重植物の保全等、試験区を設置して実証的に調査研究を行い、管理技術の開発を進めた。毎年、植生変化調査、リター回収、主要樹種のデンドロメーター観測とSPAD値測定、生物ごよみとしての観察記録等を行い、1年を通じたあるいは季節別の経常的調査の継続、および固定試験区の定期(年1回)毎木調査、を実施した。調査結果はデータベースとして整理され、その時々での整備(例えば、湿地の遷移進行の判定、それに伴う刈り取り手入れ判断)に反映させたり、自然の環境保全力の判断(例えば、二酸化炭素吸収固定)に使用されているが、里山の森林管理のあり方を評価するうえでの貴重なデータとなっている。

以上のように、里山WGの研究は内容的にも多様であるが、4課題とも研究目標をほぼ達成している。これからの里山の保全・管理のあり方を提示したり、循環型都市を構築する上での里山(都市近郊林)の意義や位置づけを考える時、これらの研究成果は貴重な情報や技術を提供するものと確信し

ている。

2. 今後の取り組み

1. で述べたように、里山 WG の研究テーマは 4 課題に区分できるので、フェーズⅢにおける研究の進め方についても各課題ごとに順次述べる。

課題 1 では、引き続き流域における降雨量、流出量、蒸発散量などの水収支項目と放射量など熱収支項目の季節変化の実態に関する総合的な解明を進める必要がある。具体的な手順としては、1) 林冠構造の把握、2) 遮断蒸発・蒸散・熱収支の特性の把握、3) 分布型植生水文モデルへの発展、である。そして、時空間スケールを明示した議論を深めることにより汎用性の高いモデル化が望まれる。特に里山（都市近郊林）の森林は広域に分布しているため、立地および気候環境が異なる。そのような違いが諸プロセスに及ぼす影響を評価するためには、気候、立地環境及び林分構造の違いを考慮した分布型多層モデルの開発を進める必要がある。その上に立って、それぞれの森林において水文プロセスが地域環境へ及ぼす影響を定量化する広域モデルへの発展が必要である。このような目的を達成するため、フォレストヒルズにおける気象・水文・森林の観測が名古屋大学により継続的に実施される予定である。里山の森林に関しては、より完成度の高い里山二次林の性格付けを目指して今後も資料収集・分析を継続する。その結果は、国や県の行う行政的里山管理計画や木質バイオマス計画立案の基礎根拠資料として貢献するし、愛知県でも市民団体の公有林利活用計画が発案されており、こうした計画が今後増加する傾向にあるので、そうした動きにも、学術的根拠を与えられたい。

課題 2 では、森林情報を簡便に精度の良く計測、収集、処理できる機器の開発を継続する必要があるばかりでなく、この課題は単木、群落、広域のレベルへと拡大し、森林の環境保全機能評価とリンクさせることが望まれる。本研究では樹冠形状測定装置はこれまでより短時間で精度の良い、3 次元樹冠情報が取得できることは認められたが、森林現場での効率性を考える時、装置の軽量化や小型化についての改善が要求される。さらに、レーザ光切断法は昼間に測定が不可能であるという部分についても技術的な改善の余地がある。今後は既存技術に関する情報収集と工学部などの先端的な計測技術との連携により、産・官・学の共同で新技術を開発する方向を模索しなければならない。

課題 3 では、里山の保全・管理では地域産業の活性化も要因であり、これに繋がる本課題は重要で継続研究が不可欠である。本課題で残された問題としては、木質材料として、主に、廃棄残廃材を対象に研究を行っていることで、自己接着ボードについては、水蒸気処理繊維のもつ悪臭の除去や軽減に更なる努力が必要である。成形体については木質残廃材原料の選別を行うことによる夫々の材料について、成形最高条件の設定を行うことにより、成形体のもつ欠点である耐水性の改良が図られる。これらの課題については愛知県産業技術研究所が「木質系残廃材・低質未利用材の高度再利用に関する研究」と「木質系グリーンポリマーの開発」の 2 課題を掲げ、研究を継続する予定である。なお、この研究の内容については様式 4b に記載されている。ボード産業は木材工業における主要産業であり、紙、パルプ工業並の大装置産業化、寡占化が進行しているので、地方の残廃材を使って、地方の需要に対応する小規模な工場の立ち上げの可能性も大きな課題である。

課題 4 では、本課題で収集された里山保全・管理データベースおよび里山情報システムが実際に利用

され、その効果や評価が行われ、システムの改善が進行することが大切である。そのため、このデータベースや里山情報システムを普及するための活動が当面必要である。豊橋技術科学大学ではデータベースの更新を予定されているし、ホームページを利用して広報活動も展開する計画である。また、里山利用者人数の原単位については予測ができたので、今後は複数の里山利用について検討を進める必要がある。

里山の管理技術を開発するため、森林施業の効果や影響を今後も長期的にモニタリングする必要がある。トヨタフォレストヒルズでは、長期の年次計画にもとづく試験経過の経常的調査として、17年度以降も同様のモニタリングを継続し資料収集する。今後も一定の管理方法に沿って管理を行った場合の変化などを検証していく方針は不変であり、当面、湿地(湿性園)の手入れ、シデコブシ伐木試験、タヌキのテレメトリー調査、等をトピックス的重点とする。これらの結果の整理とその情報発信も課題である。

以上のように、各課題ともポイントとなるテーマについては引き続き調査・研究が行われる予定である。森林生態系を扱う研究は長期間を必要とするので、今後も各課題相互に情報交換を行い、全体として協力しながら展開することが切に望まれる。