

研 究 成 果

サブテーマ名：2-1 都市-里山循環系における環境創出手法の開発
小テーマ名：2-1 ① 里山の環境・水文学的機能の評価手法の開発

サブテーマリーダー：

研究従事者：(財)科学技術交流財団 朴 昊澤

研究の概要、新規性及び目標

①研究の概要

里山は都市-森林との循環系におけるインタフェースとして、水循環に深くかかわっている。広域に分布している里山は、地表面に入射する太陽エネルギーの多くの部分を蒸発散に消費して地表面の熱環境を緩和すると同時に、蒸発散により大量の水を循環させている。また、光合成により太陽エネルギーを物質に変換し、地域的物質循環にも大きく影響している。しかし、里山流域内における水・物質循環過程は、気象・立地などの環境条件と樹種や群落構造などの森林条件に大きく依存する。特に森林管理と密接に関わる森林構造の時空間的な変化すなわちその特異性は、里山流域の降雨配分と放射環境を制御し、植生の成長や林内の水及び気象環境の形成に大きく影響する。したがって、里山林において水量と水質を長期的・連続的にモニターすることにより、水・物質循環の実態解明や森林条件の違いが水・物質循環に及ぼす影響が定量的に評価できる。特に、土壌-植生-大気連続系における各因子の系間での相互依存性や日・季節変化などの時間的応答特性の解析は、水・物質の輸送モデルの構築ならびに適正な森林管理技術の開発に不可欠である。一方、森林に取り込まれた放射量は熱エネルギーとして潜熱、顕熱、地中熱、光合成に変換・利用される。この熱収支のあり方により森林の微気象環境、ときには地域気象環境が決まる。そのため、里山林において熱収支を計測し、里山林のエアコンディショナーあるいはラジエータとしての機能を定量的に評価するとともに、林型と機能との関係性を評価する。

②研究の独自性・新規性

従来のような水、エネルギーといった個別研究ではなく、諸研究分野と連帯した総合的研究システムを構築し、森林、土壌及び気象に関する流域の基盤的環境情報の収集を始め、環境影響物質の輸送媒体としての水やエネルギーの収支と動態すなわち水循環特性を多角的に観測・解析し、里山の機能の全体象を明らかにする研究への発展が本研究の特徴である。

③研究の目標（各フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）

里山流域における水循環特性を解明し、環境影響物質の適正管理の観点から、これらの流域に適した森林管理あり方やそれを支える施業技術の開発に資する。そのため、①森林条件の違いが降雨配分特性や環境影響物質の動態に及ぼす影響を定量的に評価し、そのモデル化を進める、②都市-里山循環系における水循環プロセスの時空間的変動を検知し、その影響を評価するモニタリングシステムを構築する、③水循環の観点からみた都市-里山循環系における里山の役割やそのあり方を評価することを研究目的にする。

研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）

トヨタフォレストヒルズ内に試験流域を設け、長期・連続的なモニタリングを通して里山空間における物質・エネルギー循環の実態を定量化すると同時に、里山生態系を構成する個々の環境空間の変化に伴う生態系変動を評価した。本研究の目的である都市と里山との循環系における里山の役割の評価及び水循環に望ましい森林管理法の技術的指針の提案が実現できるように第一ステップとして、フェーズ I には、小流域レベルにおける降雨から溪流水までの降雨-流出応答関係、エネルギー及び放射収支、それらの季節変化の特性を定量化した。具体的に、試験流域内に微気象観測タワーや樹冠構造測定用のタワーを建設し、樹冠構造の季節変動や林内外の気象環境を観測した。さらに、流入した降雨の配分プロセスを明らかにするため、樹冠上における降雨配分や土壌水分の変動などを観測した。フェーズ I において得られた成果に基づき、フェーズ II では他流域においても諸プロセスが評価可能な数値モデルを構築し、モデルをトヨタフォレストヒルズに適用してその有用性を検証した。また、いくつかのシナリオに基づくシミュレーションを通して今後予想される気候変化と林分構造の変化が諸プロセスに及ぼす影響も評価した。このような研究を進めるにあたって人的ネットワークの形成、データの共有、自主的な研究会の開催などを通して研究の効率化を図った。

主な成果

具体的な成果内容：

流域の流出率は降雨量の 36%であり、落葉期には落葉による林内到達雨量の増加と蒸発散量の減少によって流出率が増加する傾向が見られた。一方、降雨量に対して約 63%の割合を示した蒸発散量は着葉期と落葉期間に明確な季節的な差が見られた。本流域の水収支は周辺の流域とは異なり、本流域の蒸発散量が約 10%高い特徴がみられる。このような差は、豊田市から輸送される熱の影響により多量の蒸発散が生じたと推測される。

林分構造が土壌-植生-大気間における熱、水及び CO₂ 交換に及ぼす影響及び相互作用のメカニズムを解明・評価する数値モデルを構築し、その有用性を検証した。当モデルは従来開発されたモデルとは、林内外における微気象の計算モジュール、葉面における水収支の考慮や土壌における物理環境の計算など部分が大きく異なる。そのような違いにより今まで評価困難であった降雨イベントが光合成や乱流変動に及ぼす影響の評価が可能になった。

1年間通してトヨタフォレストヒルズにおいて植物の蒸発散により消費されるエネルギーは0.8GJ m²であった。さらに、林分によるCO₂吸収量は330 gC m⁻² y⁻¹であった。トヨタフォレストヒルズの年間炭素吸収量は日本内の森林が吸収する250~350 gC m⁻² y⁻¹の範囲内に分布する。

森林始業により林分構造の変化を想定して計算した結果、林分の複層林構造は炭素吸収に優れた能力をもっていることが明確にされた。さらに複層林構造の時、大気温度とCO₂濃度の同時増加は現在より約2倍の炭素を吸収することが分かった。また、葉面積指数のみの変化は炭素吸収又は蒸発散量に大きくは影響しないことも確認した。

林分による熱、水分およびCO₂のソース・シンクの最大値が発生する高さがそれぞれ異なることが分かった。すなわち、熱、水分及びCO₂に対する粗度高がそれぞれ異なることの意味である。これは、従来エネルギー収支の計算時、熱、水及びCO₂に対する空気力学的抵抗を同一に仮定した計算法の間違いを指摘することになる。

特許件数： 4件 論文数： 口頭発表件数： 26件

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

地球温暖化が急速に進行する場合、森林生態系が受ける気候ストレスが適応の限度を超え、天然林の衰退や植生帯の変動が発生する研究結果に基づき、地球温暖化対策関連プロジェクトが世界各地で数多く行われている。そのような研究においても森林小流域を研究の基本単位にし、そこでの水・物質循環に関する長期間のデータを蓄積し、小流域との結果を結びあわせて広域的スケールでの水循環を研究・検討している。このような国際的な研究の流れを踏まえ、近年日本国内においても全国水文観測ネットワークが結成され、森林を対象とする水文観測が増えつつある。このような一連の国内外の研究と本研究を比べると、本研究のレベルは他の研究と同等以上であるが、里山を都市との個別の要素ではなく、都市を構成する一つの要素であると認識する研究スタンスが他の研究と大きく異なる。

2 実用化に向けた波及効果

他研究分野と連帯した本研究から得られた結果は、里山の水保全機能の定量的評価手法が高度化されるとともに流域の立地・水文特性を考慮した森林管理や始業に資する。また、本研究で確立したモニタリングシステムは、リモートセンシングのような新技術と接合した広域リアルタイム環境モニタリングシステムへと発展可能になるとともに、開発対象地の環境アセスメントを高度化する新技術として利用可能になる。

残された課題と対応方針について

森林は広域に分布しているため、地理的及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、地理的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、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。

	J S T負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H11	H12	H13	H14	H15	H16	小 計	H11	H12	H13	H14	H15	H16	小 計	
人件費	688	9875	7720	7906	2735	1405	30,329								
設備費	8187	8677	4851	2242	166	0	24,123								
その他研究費	2619	4013	1786	3392	2314	255	14,379								
旅費	29	356	614	438	90	20	1,547								
その他	2426	4856	696	921	323	316	9,538								
小 計	13949	27777	15667	14899	5629	1996	799,916								

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T負担による設備：精密赤外放射計、超音波風向風速計、雨水分割採取装置、CO₂フラックス連続測定装置
日射計、放射収支計、赤外式CO₂&H₂O変動計、水位計、炭酸ガス分析計

地域負担による設備：

※複数の研究課題に共通した経費については按分する。