

氏名(本籍)	さいとうただおみ 齊藤忠臣(茨城県)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博甲第3342号
学位授与年月日	平成16年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	農学研究科
学位論文題目	乾燥地植林のための土壌水分挙動と表面流出に関する研究

主査	筑波大学教授	農学博士	安部征雄
副査	筑波大学教授	農学博士	木村俊範
副査	筑波大学教授	理学博士	藤村達人
副査	筑波大学教授	農学博士	東照雄

## 論文の内容の要旨

本研究は、土壌水分挙動と表面流出を中心として、現存植生、土壌透水性、ウォーターハーベスティング、土壌面蒸発等の諸要素に関する調査、実験、シミュレーションから、乾燥地大規模植林の一助となる成果を得ることを目的とした。得られた成果は以下の通りである。

### ①乾燥地における生態系形成要因把握と広域土壌ゾーニング

西オーストラリア州レオノラ地区 Sturt Meadows において、現存植生形成に影響を与える要因解明と、広域土壌ゾーニングを目指した調査を実施した。植物現存量、土壌透水性(インテークレート試験)、土壌深さ等に関する調査結果と分析から、次のことが明らかとなった。調査地内の土壌透水性の空間変動性は高く、場所により日本の土壌の透水性と同程度であった。地表面付近の土壌透水性は植物現存量と強い正の相関を示した。 $D_{60}$ 、Kostiakov 式のパラメータ等の土壌透水性の指標に関して、植物現存量から土壌ゾーニングに利用可能な精度の回帰式を得た。

土壌深さも植物現存量と強い正の相関を示し、ゾーニングを行なうに足る回帰式を得た。植物現存量の低い裸地等では土壌深さが安定して低く、ユーカリは土壌深さの深い場所のみ生育していた。アカシアは土壌深さに明確な影響を受けず、様々な土壌深さに対応し生育できることが明らかとなった。以上、植生、土壌透水性、土壌深さが、表面流出や地形を介して相互作用し、現在の生態系を形成していることがわかった。

### ②乾燥地植林のための新規なウォーターハーベスティングの提案

乾燥地大規模植林を目的とする表面流出水捕集法を提案し、その効果に関する基礎的な室内実験とシミュレーションを行った。本研究で提案する表面流出捕集法は、溝を高透水性物質で充填する手法であり、深部浸透と蒸発抑制効果が期待される。溝ありと溝なしの比較においては、溝の存在により浸透所要時間が短縮されることが確認された。また溝ありは溝なしに比べ終始蒸発量が少なく、14日後の積算蒸発量においては溝なし自身の蒸発量と比較し20%以上の蒸発抑制がなされた。乾燥層の形成により、深部の土壌水分が保持され、全体での蒸発量が抑制されたと考えられる。シミュレーション結果からは、浸透過程において実験の一般化がなされたが、蒸発過程に関しては、モデルへの改良等による正確な水分分布の予測が課題となった。

### ③土壌面蒸発のメカニズム解明と正確な土壌面蒸発速度予測

土壌物理の分野において論争が続いてきた、モデルへの土壌面水蒸気濃度の与え方に対し明確な回答を得ると同時に、厳密条件下での正確な土壌面蒸発予測がなされた。既存のモデル検討研究における問題点を考慮し、異なる土性の土壌の使用、地温を含む気象条件の制御、水分移動特性の実測、微小空間増分での解析といった、モデル検討に相応しい条件下における数値解析と実測値との比較検討から、土壌面水蒸気濃度の上端要素における熱力学的平衡近似水蒸気濃度を与える「平衡近似モデル」の妥当性検討を行なった。

解析時の空間増分を十分に小さく設定し、基礎式の厳密解に限りなく近付けた場合、平衡近似モデルは高精度で蒸発速度を予測でき、平衡近似の概念が妥当であることが明確に示された。平衡近似が妥当であるという事実から、一部表面抵抗モデル提唱者らの説が不適切であることが明らかとなった。

### ④水収支ウォーターハーベスティング (WH) モデルの構築

植林サイトの水分挙動をシミュレートする水収支 WH モデル構築を行なった。土壌浸透速度予測にインテークレート試験結果を、土壌蒸発速度予測には $\beta$ 法の概念を盛り込み、調査地の気象、環境条件に適した形のモデルとした。浸透・蒸発両過程において、土壌水分予測値は実測値と概ね一致しており、本モデルが比較的良好に土壌水分を予測できることがわかった。またハードパンの存在により、土壌飽和による流出がしばしば発生することも明白となった。ハードパン破壊は樹木根群域確保の意味で有効とされてきたが、土壌水分確保の意味でも有効であることが明らかとなった。モデル実験でのパラメータ変化で最も効果的であったのは、「流出域表土削り」であった。削った表土をバンク作成や樹木の根群域拡大に用いる利点も考えられるため、本調査地において最も有効な WH システムとなる可能性が示唆された。

## 審査の結果の要旨

本研究は、近年の環境問題解決において重要な役割を持つ、持続的な乾燥地大規模植林の実現を目標として、植生、土壌水分挙動、表面流出を中心とした調査、実験、数値解析により進められている。

西オーストラリアでの乾燥地生態系形成要因の把握においては、乾燥地では得がたい貴重なデータが多数取得されている。また、調査結果に基づく総合的な解析により、現地の植生、土壌、地形、表面流出の相互作用による生態系形成が明示され、植林による植物現存量増加への手がかりとなる知見が多く得られた。さらに、植物現存量分布を利用した広域土壌ゾーニングは、独創性が高い手法の提案であると同時に実用性も高く、乾燥地での広域水収支モデル等への応用が期待される。

高透水性溝による表面流出水捕集法の提案は、砂礫の持つ物理特性に上手く着眼し、浸透促進と蒸発抑制という、ウォーターハーベスティングでは一見矛盾する効果を同時に得ることに成功している。室内実験の手法も独自のものをを用いており、結果に対する考察も十分になされ、蒸発が抑制されたメカニズムも明快に言及されている。また数値解析により浸透過程の一般化もなされている。

土壌面蒸発のメカニズム解明と正確な土壌面蒸発速度予測においては、熱力学的平衡近似モデルの妥当性が明確に示されている。土壌物理分野において続いてきた、土壌面水蒸気濃度の与え方に関する論争に終止符を打つ内容であり、社会的な意味合いも大きく、蒸発分野の発展に大きく寄与するものであるといえる。

水収支 WH モデルの構築では、調査地の気象、環境条件に適した形のモデルが構築され、植林樹木生長解析への利用や、他モデルと統合が期待される。また、モデル実験から調査地で効果の高い WH 設計の提案がされており、極めて実用性の高い研究となっている。

以上、本研究内容から得られた成果は大きく、将来的な乾燥地植林実現に寄与するものと考えられる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。