The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	生態系機能評価のためのプロセスベース生態系モデルおよびその利用法の高度化
Author(s)	宮内, 達也
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/76573
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　宮内達也　　）	
論文題名	生態系機能評価のためのプロセスベース生態系モデルおよびその利用法の高度化

論文内容の要旨

人間社会は生態系から様々な恩恵を受けており、森林等の陸域生態系からは、バイオマス供給、二酸化炭素吸収、洪水抑制、水源涵養などの生態系サービスを得ている。またそれら生態系サービスの源泉は、生態系における生物生産、物質循環などの生態系機能である。生態系サービスの持続的利用は持続可能社会の要件であるが、そのデザインには気候変動や人間活動とリンクした生態系機能の評価が不可欠である。プロセスベース生態系モデルは、気象を駆動力として生態系における生物生産と物質（炭素、窒素、水など）循環をシミュレート可能であり、生態系評価ツールとしてのポテンシャルは高いといえる。生態系モデルは、生物地球化学的循環のシミュレーションにより地球物理学および植物生理学的分析に用いられてきているが、生態系機能評価ツールとしては以下の課題がある。第一に、モデルの内部構造と出力が必要とする生態系機能と必ずしも直結せず、また生態系管理など人間活動の影響をモデル化していないことである。第二に、生態系機能評価の対象に応じた実用的なパラメータ最適化方法が確立されておらず、また入力気象値の不確実性による出力の誤差が十分評価されていないことである。そこで本研究では、生態系機能評価のためのプロセスベース生態系モデルの高度化を目的とし、生態系モデルの内部プロセスの改良とより高度なモデル利用法を検討した。

本論文では、第1章に持続可能な生態系利用のための生態系機能評価の必要性、生態系機能評価ツールとしての生態系モデルおよびその利用法における課題を明らかにし、本研究の目的について記述した。第2章から第5章に生態系機能評価のためのプロセスベース生態系モデル高度化に関する研究結果について記述したが、第2章と第3章ではモデル改良と機能追加、第4章と第5章ではモデル利用法の検討をおこなった。

第2章では、従来の生態系プロセスモデルで厳密に実装されていなかった土壌水文プロセスを改良するため、土壌の2層化と降水に対する短期応答性の実装を行った。新たなモデルスキームでは、土壌浸透能力を超える流入水による表面流出を追加し、同時に1日よりも短い時間スケールでそれを予測するスキームを提案した。また、土壌下層からの重力排水と土壌層間の水再分配もモデル化した。この改良により現実の降水と土壌水文現象に近いモデルシミュレーションが可能となった。

第3章では、森林生態系モデル内部のバイオマスを材積として表現することで、バイオマス資源供給量のシミュレーションを可能にした。また樹木の自然枯死と間伐のプロセスおよび立木密度を新たに加えることで、森林管理（間伐、収穫）による成長変化をモデル化した。この改良モデルにより、森林管理と気候変動の条件によるバイオマス生産と流出制御機能の変化を分析した。兵庫県を例とした分析では、長伐期森林管理により生態系機能およびサービスを効率的に高めることができることが示された。

第4章では、炭素吸収源クレジットを目的とする植林プロジェクトを例に、生態系モデルの多数のパラメータからの重要パラメータの選択と、現地調査データによるパラメータ最適化方法を提案した。本手法では数年ごとの現地調査によって得られた器官別現存量を用いてパラメータを最適化し、推定結果を更新することでプロジェクトのステージごとに信頼性の高い炭素固定量モニタリングを行うことが可能となる。最適化されたパラメータの検証では、ケーススタディとした中国の半乾燥帯の植物の生理学的挙動との整合性がとれていることが確認できた。

第5章では、気象シナリオにも用いられるWeather Generator（WG）を用いて、入力気象データのダウンスケーリングに起因する生態系モデル出力の誤差を分析した。中国の半乾燥地において、特に降水量の再現性による流出量およびバイオマスの誤差が大きかった。気象値の確率密度のバイアス補正は部分的に有効であったが、既存のWGで考慮されていない降水量の時間集中性が出力に影響を与えることが明らかになった。

第6章では、本研究の成果をまとめ、本研究の達成度を評価しながら今後の生態系サービス評価および持続可能社会のデザインにおける生態系モデル利用の方向性と課題について考察した。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（宮内　達也　）	
論文審査担当者	（職）　氏　名 主 査　准教授　町村　尚 副 査　教　授　東海　明宏 副 査　教　授　近藤　明

論文審査の結果の要旨

本論文は、生態系機能の定量的評価および気候変動の影響下における将来予測にプロセスベース生態系モデルを利用するためのモデル改良とモデル利用における高度化に取り組んだものであり、6 章をもって構成されている。

第 1 章では研究背景として、持続可能な生態系利用のための生態系機能評価の必要性と、生態系機能評価ツールとしての生態系モデルおよびその利用法における課題を明らかにしている。

第 2 章では、従来の生態系プロセスモデルで厳密に実装されていなかった土壌水文プロセスを改良するため、土壌の 2 層化と降水に対する短期応答性の実装を行っている。土壌浸透能力を超える流入水による表面流出を追加し、モデルの計算インターバルより短い時間スケールでの降水による表面流出を予測するスキームを開発し、また土壌下層からの重力排水と土壌層間の水再分配もモデル化している。これらの改良が水文プロセスと生態系プロセスの相互作用の再現性の向上に寄与したことを、ケーススタディにより示している。

第 3 章では、森林生態系モデル内部のバイオマスと材積の相互換算を定式化し、バイオマス資源供給機能のシミュレーションを可能にしている。樹木の自然枯死と間伐のプロセスおよび立木密度を新たに加えることで、森林管理（間伐、収穫）によるバイオマス変化をモデル化している。兵庫県を例とした森林管理と気候変動の条件によるバイオマス生産と流出制御機能の変化の分析では、長伐期森林管理により生態系機能を効率的に高めることができることを示している。

第 4 章では、炭素吸収源クレジットを目的とする植林プロジェクトを例に、プロセスベース生態系モデルの多数のパラメータの中から重要パラメータの選択と、現地調査データによるパラメータ最適化方法を提案している。数年ごとの現地調査によって得られた器官別現存量を用いてパラメータを最適化し、推定結果を更新することでプロジェクトのステージごとに信頼性の高い炭素固定量モニタリングを行うことが可能としている。また機械的最適化されたパラメータの妥当性検証として、樹木の生理学的挙動との整合性がとれていることを確認している。

第 5 章では、Weather Generator（WG）による入力気象データのダウンスケーリングに起因する生態系モデル出力の誤差を分析している。中国の半乾燥気候におけるケーススタディで、WG による降水量の再現性に起因する流出量およびバイオマスの推定誤差が大きいことを示している。また気象値の確率密度バイアス補正は部分的に有効であるが、既存の WG で考慮されていない降水量の時間集中性がモデル出力に影響を与えることを明らかにしている。

第 6 章では、本研究の成果をまとめ、本研究の達成度を評価しながら今後の生態系サービス評価および持続可能社会のデザインにおける生態系モデル利用の方向性と課題について考察している。

以上のように、本論文は生態系機能の定量的評価のためのモデル利用の有効性を示すとともに、モデルの改良をおこない、また従来の課題であったパラメータ決定法や入力データに起因する誤差を改善している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。