

氏名	ANIMESH CHANDRA DAS		
学位の種類	博士（農学）		
学位記番号	博甲第 10102 号		
学位授与年月日	令和 3 年 9 月 24 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	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Land Suitability Evaluation and Drought Stress Assessment of Tea Estates Using Satellite Remote Sensing-based Multi-Criteria Decision Support System (衛星リモートセンシングにもとづく多基準意思決定支援システムを用いた紅茶農園の土地適合性評価と干ばつストレス評価)		
主査	筑波大学准教授	博士（農学）	トファエル アハメド
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	野口 良造
副査	筑波大学教授	博士（農学）	江前 敏晴
副査	筑波大学教授	博士（農学）	元林 浩太（連携大学院）

## 論文の要旨

紅茶の生産量や品質は、生産地域の地理的因子や気候的因子が深く関係するため、紅茶農園の土地の劣化や干ばつの影響を受け易い。このような気候変動にともなう環境の変化のなかで、紅茶の生産量を維持し、また増加させるためには、紅茶農園の土地適合性評価と干ばつストレス評価が不可欠である。本研究の目的は、衛星リモートセンシングと多基準意思決定支援システムを用いて、バングラデシュにおける紅茶農園の栽培面積を増加させるための適切な農地の選択、紅茶農園の水管理のために茶葉の干ばつストレスを明らかにすることにある。

著者は第一章において、階層分析法（AHP）による多基準意思決定支援システムを用いて、紅茶生産量の増加のための土地適合性評価を行い、バングラデシュの紅茶農園の干ばつ分類とその深刻度を評価した。土地適合性評価は、道路からの距離、河川からの距離、傾斜度、土地利用土地被覆（LULC）、標高、土壤の種類、正規化植生指数（NDVI）、土壌 pH、排水、葉面積指数（LAI）を用いて行った。また、衛星リモートセンシングによるフェノロジーデータ、土壌と植物の生物物理的特性の空間データ、および専門家の意見を用いて適性分析を行った。得られた土地適性評価の結果は、国際連合食糧農業機関（FAO）の土地適性評価にもとづき、4つのカテゴリーに分類した。その結果、高度適地が 3.37%（41,460 ha）、中度適地が 9.01%（110,757 ha）、限界適地が 49.87%（613,367 ha）、不適地が 37.74%（464,246 ha）となった。

著者は第二章において、バングラデシュ北東部における持続可能な紅茶生産に向けて、土地の分類と適切な農地の選択を行うために、時系列の収量情報を用いた適性クラスの検証を行った。その結果、過去 4 年間の衛星リモートセンシングデータによる NDVI ( $R^2=0.66$ ) と LAI ( $R^2=0.67$ ) から紅茶の収量予測モデルを開発し、在庫計画を考慮した収量予測の可能性を示した。

著者は第三章において、可視・近赤外リモートセンシングと熱赤外リモートセンシングによるデータセットと標準化降水量指数（SPI）を用いて、紅茶農園地域の干ばつストレス評価を行った。SPI の算出には、バングラデシュの Sylhet および Sreemangal にある気象観測所の降雨データを使用した。また、Landsat 8 OLI/TIRS 画像を処理して、地表面温度（LST）と土壌水分指数（SMI）を測定した。さらに、Sentinel 2 の衛星画像から NDMI を作成した。その結果、Sylhet の乾燥月の干ばつ頻度は、ほぼ平年並みが 38.46%、平年並みが 35.90%、中程度が 25.64%となった。一方で、Sreemangal では、ほぼ平年並みが 28.21%、平年並みが 41.02%、中程度

が 30.77%となった。

著者は第四章において、SMI と NDMI の相関係数が、植物と土壌水分量の間強い関係があることを示した。干ばつ期の相関係数  $R^2$  は、2018 年から 2019 年で 0.84、2019 年から 2020 年で 0.77、2020 年から 2021 年で 0.79 となった。また、紅茶農園における干ばつストレスは、土壌水分の不足を招き、茶葉への十分な水分供給を制限し、紅茶生産量に大きく影響を与えた。紅茶農園での干ばつストレスを確認するために、収量予測の結果を検証すると、調査地域の茶園の 61%、60%、60%が、干ばつ期間中に実際の収量よりも低い収量を提供していることが明らかとなった。干ばつストレスによる収量の低下は、2018 年で 7.72%、2019 年で 11.92%、2020 年で 12.52%となった。

以上から、本論文では、衛星リモートセンシングと多基準意思決定支援システムを用いて、バングラデシュにおける紅茶農園における茶葉への水ストレスと、紅茶生産量に対する干ばつの影響について明らかにした。また、開発された土地適性評価のモデルを用いることによって、バングラデシュの紅茶生産量を最大化することが可能であり、地域レベルから広域レベルの紅茶農園へ適用が可能であることが示された。

## 審 査 の 要 旨

本論文では、紅茶農園の土地適合性評価と干ばつストレス評価のために、エキスパートシステムと衛星リモートセンシングデータセットからの光学画像および熱画像を統合した、多基準意思決定支援システムの開発手法を述べた。さらに、時系列による茶葉の収量予測モデルによって、干ばつの影響による収量損失の関係から、バングラデシュの紅茶農園面積と紅茶生産量を増加させるための、適切な農地の選択と適切な水管理システムが提案された。以上から、本論文は、高い学術的価値を有し、博士論文としてふさわしい内容であると判断される。

令和 3 年 7 月 27 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。