Osaka University Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | A multidisciplinary assessment framework of biomass energy plantation to support regional planning: A case study of Napier grass plantation in Thailand |
| Author(s) | Nantasaksiri, Kotchakarn |
| Citation | 大阪大学, 2022, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/88065 |
| rights | |
| Note | |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

Form 3

# Abstract of Thesis

| Name （NANTASAKSIRI KOTCHAKARN） | |
|---|---|
| Title | A multidisciplinary assessment framework of biomass energy plantation to support regional planning: A case study of Napier grass plantation in Thailand<br>（バイオマスエネルギープランテーションの地域計画支援のための多視点評価フレームワーク：タイにおけるネピアグラスプランテーションの事例研究） |


## Abstract of Thesis

Due to the growing need in society transition to renewable energy based, power generation from energy crops with short life cycle is gaining more attention. The objective of this thesis was to propose a framework of multidisciplinary assessment to support the policy building and planning of regional biomass energy plantation considering environmental and socioeconomic impacts. The case studies of the Napier grass plantation for power generation in Thailand were performed, which demonstrated the effective and practical methodologies of spatial energy generation potential and land suitability assessments, suitable power plant sites selection, and a multidisciplinary impact assessment. This thesis consisted of five chapters.

In chapter 1, the objective and structure of the thesis were presented following the general background of biomass energy plantation, and the overview of energy situation and Napier grass plantation as a promising energy crop in Thailand.

In chapter 2, the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was employed to investigate land potential for Napier grass plantation in whole Thailand. The model parameter calibration and validation of the SWAT for Napier grass production in Thailand were carried out. The spatial distribution of estimated dry matter yield (DMY) was further utilized for land suitability analysis to help planning locations for Napier grass plantations, and anaerobic digestion and biogas power generation plants.

In chapter 3, the geographic information system and analytic hierarchy process (GIS-AHP) was used to evaluate land suitability for biogas power plants in southern Thailand based on environmental and socioeconomic criteria. The spatial distribution of the DMY is integrated with the land suitability map to locate suitable sites for biogas power plants. The result suggested that introducing Napier grass-based biogas power plants can significantly help reducing the dependency on imported electricity in the region.

In chapter 4, a multidisciplinary assessment supporting the regional decision-making for biomass energy plantation policy and plan was proposed. The SWAT model was employed to investigate the impacts of Napier grass plantation on runoff, sediment and nitrate loads in Songkhla Lake Basin, southern Thailand. Subsequently, the SWAT model was applied to evaluate the impact of land use change from the baseline case to Napier grass plantation cases on abandoned areas with four different nitrogen fertilizer application levels. The analysis visualized the synergy and tradeoffs among the indicators corresponding energy supply, farmers' income, $CO_2$ reduction, hydrological cycle, and nitrate pollution depending on the cases of nitrogen fertilization levels. In chapter 5, the achievements and summary as well as the applicability and perspectives of the thesis were presented.

様式 7

# 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏　名　（NANTASAKSIRI KOTCHAKARN） | | | |
|---|---|---|---|
| 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

再生可能エネルギー導入による気候変動緩和への社会的要請が高まる中で、東南アジアなどの熱帯域において栽培サイクルが短いエネルギー作物によるバイオマス発電に関心が集まっている。カーボンニュートラルであるエネルギー作物は脱炭素社会に向けた有望な対策であるが、食糧生産との競合、水循環への影響、肥料等による環境汚染、社会経済的な影響などで地域的に異なる副効果が想定されるため、その導入にはこれらを勘案した政策・計画の策定が重要である。本論文は、地域レベルのバイマスエネルギー政策・計画策定を支援するため、バイオマスエネルギー導入の環境的および社会経済的インパクトを考慮した多視点評価フレームワークを提案することを目的としている。タイにおけるネピアグラスプランテーションとそれを原料とする嫌気性消化バイオガス発電を対象として事例研究を行い、バイオマスエネルギー供給ポテンシャルの空間分布、栽培地適性の評価、最適な発電プラント立地選定、プロジェクトの多視点影響評価の効果的かつ実用的な方法論を示している。

本論文は、5 章から成る。第 1 章はバイオマスエネルギープランテーションに関する一般的背景と研究動向、タイにおけるエネルギー事情と有望なエネルギー作物であるネピアグラスについて概観した後、既往研究の課題を整理し、本論文の目的と構成を述べている。

第 2 章は Soil and Water Assessment Tool (SWAT)を用いて、タイ全土におけるネピアグラスプランテーションのポテンシャル評価を行っている。タイにおけるネピアグラス収量を精度よく再現するため、SWAT モデルのキャリブレーション手順を開発しその検証を行っている。食糧生産との競合を回避できる耕作放棄農地における栽培を想定した SWAT によるネピアグラス乾物収量（DMY）の推計値から、バイオエネルギー供給ポテンシャル分布のマップを作成している。さらにこれを地域別の電力重要と比較することで、ネピアグラスの栽培およびバイオガス発電が効果的である地域を評価している。

第 3 章は地理情報システム（GIS）と階層分析法（AHP）を統合したプロジェクト評価法（GIS-AHP）を適用し、既存の電力供給が不安定なタイ南部を対象に、環境的および社会経済的制約条件に基づくバイオガス発電プラントの立地適正を評価している。この方法は GIS による評価指標計算とエキスパートジャッジによる評価指標の重みに基づき、バイオガス発電プラントの立地適地を選択するものである。GIS-AHP による立地適地と DMY の空間分布を統合した結果より、最も効果的なバイオガス発電プラントの立地案を選定している。またこの案の導入により、この地域の国内外からの送電電力への依存度を低下させ、電力需給改善に効果があることを示している。

第 4 章は地域のバイオマスエネルギー政策・計画策定の意思決定を支援するための、エネルギープランテーションの多視点評価フレームワークを提案している。タイ南部 Songkhla 湖流域の耕作放棄農地でのネピアグラス栽培を想定

し、SWAT モデルを使用して流域内の表面流出、土砂負荷、硝酸負荷を計算している。ここで比較するケースとして、現状および 4 段階の異なる施肥レベルによるネピアグラスプランテーションを設定し、SWAT から計算される上記環境指標に加えて DMY から求められるエネルギー供給量、農家収入、$CO_2$排出削減量を加えた影響を、多視点定量評価している。評価結果を可視化することで、エネルギー供給、農家収入、$CO_2$削減、洪水抑制の指標間にはシナジー効果、それらと硝酸汚染負荷の指標間には部分的にトレードオフが存在することを示している。

第 5 章は本論文のまとめとして、研究目的の達成度、研究成果の拡張性、今後の課題を示している。

以上のように、本論文は低炭素効果に加えて環境的および社会経済的インパクトを多視点で定量評価することで地域レベルのバイマスエネルギー政策・計画策定を支援するフレームワークを提示することに成功しており、環境工学の応用面の発展に顕著に寄与している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。