

氏名（本籍）	中尾 彰文（和歌山県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第80号
学位授与日付	平成28年3月25日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	地域特性に応じた低炭素型都市一産業代謝システムの構築
学位論文審査委員	(主査) 教授 吉田 登 (副査) 教授 江種 伸之 准教授 山本 祐吾

論文内容の要旨

本研究は人口減少という成長制約の中での低炭素社会実現に向けたグリーン・イノベーションの推進を支援するために必要な知見を得ることは目的とした、地域特性に応じた低炭素型都市・産業代謝システムのモデルを構築した。本研究は9章の構成となっている。

第1章では、都市代謝施設の更新戦略の方向性を提示し、代謝システムの基盤としての進化の必要性を論じた。また、GHG 排出抑制対策が遅れがちな農山村地域での低炭素設備の導入支援の必要性を論じ、本研究で取り扱う研究範囲を明確にするとともに、各章の構成を記した。

第2章では、都市代謝施設における整備の現状と人口減少下での整備のあり方や自立分散型エネルギーシステムの形成に向けた望ましい低炭素技術の導入支援の課題を整理し、グリーン・イノベーション推進に向けた研究課題を述べた。

第3章では、大都市の下水処理場の施設更新・再編シナリオを設計した。その結果、汚泥処理施設に低炭素技術を導入することで、LCE、GHG 排出削減効果を得ることが可能となった。また、施設再編には、現有施設の過剰能力を解消させることも効果的であるが、複数稼働する現有施設の更新需要を見極めたいうで再編を検討する必要があることが示された。

第4章では、地方都市の下水処理場の施設更新・再編シナリオを設計した。その結果、汚泥処理を集約化させてスケールメリットを高める戦略が有効であることが明らかとなった。さらに、集約拠点での施設更新の際に低炭素技術を導入することで、LCE、GHG 排出量ともに削減効果が高まることが明らかとなった。

第5章では、人口減少社会における下水汚泥処理計画を立案するため都市代謝施設の統合と連携モデルを構築した。その結果、施設間の廃棄物処理システムの統合や連携を視野に入れた総合的な将来計画の立案が有効的であることがわかった。

第6章では、農山村地域における施設園芸の低炭素化を図るときに栽培管理プロセスのGHG 排出抑制が重要であることがわかった。そのため、このプロセスで用いられる加温設備に地域未利用バイオマスを利用する技術を導入することで、従来技術に対して最大64%のGHG 削減効果を得ることできる結論を得た。

第7章では、バイオマス技術を普及させるため、国などからの補助金や制度を活用した際の経済性の評価を行った。その結果、バイオマス技術の導入には、国の補助金などを利用して投資回収に最短で19年要することが明らかとなった。さらに、提示した代替技術オプションが地域未利用バイオマスを活用した際の導入可能性を検討し、バイオマスの需要端と供給端に着目した都市部と農山村地域の連携によって形成される低炭素型都市を構想した。農山村地域の施設園芸を需要端とすると、都市部の下水処理場に集約される廃棄物系バイオマスである下水汚泥よりも、農山村地域に広く薄く分布する木質系バイオマスを優先的に取り組むことが有効であることが明らかとなった。そのことから都市部は都市代謝施設を核とした低炭素型都市の形成を、農山村地域は地域に賦存する木質系バイオマスを軸とした都市の形成を考える必要性が示唆された。

第8章では、事業者による過去のCO₂削減努力の違いが、炭素クレジット制度を活用した設備更新で得られる金銭メリットに与える影響を分析した。その結果、過去のCO₂努力に配慮しない制度設計では、設備更新を自主的・積極的に行ってこなかった事業者が経済的に有利に働くことがわかった。すなわち、事業者が経済的に合理的に判断を下せば、最も削減効果の小さい低炭素技術が選択されることになる。

最後に、第9章において結論として、本研究において得られた知見と今後の課題を整理した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、将来の技術・社会変化を見据え、バイオマスからエネルギー回収を促進するために必要な、都市や地方の地域特性に応じた都市-産業代謝システムの再編シナリオ構築とその効果の分析・評価を行い、査読付き原著論文4報をもとにとりまとめた研究である。特に、施設更新と技術革新を組み合わせた独自のシナリオアプローチや、国内炭素クレジット制度活用と技術選択との関係を定量的に評価した点には、環境システム学分野における学術的価値が高く評価される。さらに、下水処理場等のバイオマスエネルギーの利活用をめざす主体に対して有益な情報を提供する有用性も評価される。以上をもとに、博士論文の水準にあるものと判定した。

最終試験の結果の要旨

平成28年2月5日に公聴会・最終試験を実施した。主査・副査の全教員、並びに学内外の関係者の出席により開催され、適切な発表と質疑応答がなされた。予備審査における指摘事項には十分な対応がなされており、さらに公聴会における、モデルの枠組みに関する記述や論文題意をふまえた結論の推敲等、完成度を高める上での追加的な指摘事項に対しても、適切な対応がなされた。これまでの個別審査、予備審査ならびに公聴会の内容を総合的に判断し、最終試験に合格と判定した。