

Title	都市・農村間の物質代謝の改善に向けた静脈系社会資本更新計画の立案と評価に関する研究
Author(s)	中久保, 豊彦
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1688
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	なか 久 保 豊 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	第 2 5 5 3 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 3 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	都市・農村間の物質代謝の改善に向けた静脈系社会資本更新計画の立案と評価に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 東海 明宏 (副査) 教 授 池 道彦 教 授 近藤 明 教 授 下田 吉之

論 文 内 容 の 要 旨

低炭素社会、循環型社会を具現化するにあたり、都市の静脈系社会資本（下水処理場、ごみ焼却場）をバイオエネルギー供給拠点・リン回収拠点へと更新させることが望まれる。そこで、現状ではごみ焼却場で焼却されている厨芥（台所ごみ）を下水処理場が消化槽を設置して引き受け、下水汚泥・厨芥からのエネルギー・リン回収を図る事業連携型の更新計画が必要視される。そこで本研究では、静脈系社会資本を中心とした都市・農村間の物質代謝改善政策に関し、異なる計画段階を支援する3つの評価研究を行った。本稿は以下に示す6章で構成した。

第2章では、有機性廃棄物の循環利用政策の変遷を整理し、その上で、中国、日本における静脈系社会資本の整備・更新計画の論点を述べ、本研究の位置付けを明確にした。

第3章では、中国を対象として、バイオマス種全般を扱い静脈系社会資本整備の構想段階における計画策定を支援するための評価モデルの策定を行った。そして、モデルを浙江省に適用し、バイオマスの利用用途配分（どの資源をどの用途に用いるか）の違いが環境目標に及ぼす影響を分析するため、特徴的な2つの施策であるエネルギー変換優先施策、マテリアル利用優先施策を比較した。その結果、エネルギー変換優先施策ではマテリアル利用優先施策と比較して7.7倍の温室効果ガス排出削減効果が得られる一方で、マテリアル利用優先施策で達成可能な高い資源（リン鉱石、農林地）節約効果は得られないというトレードオフ構造を定量的に示した。

第4章では、下水汚泥・厨芥からのバイオエネルギー生産・リン回収を図るための循環利用技術オプションを対象とした比較評価を行った。評価指標は、温室効果ガス排出量、リン回収量、リサイクル肥料の施肥に伴うDALY（障害調整生存年、健康リスク指標）の3指標を用いた。そして、2つのシステムケース（X:個別処理ケース、Y:

下水処理場での消化槽設置を軸とした汚泥・厨芥の混合処理ケース）間の比較、標準ケースを含む7つの技術ケース（汚泥変換技術とリン回収技術からなる循環技術導入ケース）間の比較を行った。その結果、すべての技術ケースにおいて、混合処理を実施するシステムケースYの方が温室効果ガス排出量、リン回収量の観点で優位な結果となった。また、技術ケース間の比較ではケースY-5（汚泥変換技術：熱分解ガス化炉、リン回収技術：MAP法、灰アルカリ抽出法）が3指標で優位な技術性能値を示し、基準ケースX-0（消化槽：導入なし、汚泥変換技術：通常焼却、リン回収技術：導入なし）と比較して温室効果ガス排出量を79.4%削減でき、生活排水・厨芥に含まれるリンの53.6%の回収、化学肥料と比較したDALYの低下を達成できると評価された。

第5章では、下水処理場による厨芥・剪定枝受入施策を中心として、下水処理場とごみ焼却場の連携型更新計画を立案するためのモデルを構築し、神戸市に適用した。下水処理場側は第4章で優位性が高いと選定したケースY-5に基づき更新計画を立て、ごみ焼却場側はごみ処理の広域化と排熱発電の高効率化を図る計画とした。また、剪定枝は脱水汚泥の乾燥熱源とした利用されると設定した。更新計画の評価は、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量、リン回収量、事業コストの4指標を用いて行った。その結果、現状の処理事業に最も近い形で更新を行うケース（厨芥・剪定枝はごみ焼却場で焼却、脱水汚泥は高温焼却）と比較して、2030年に年間エネルギー供給量436TJの増加（88%増）、温室効果ガス排出量37kt-CO₂eqの削減（26%減）、リン回収量93t-Pの増加（27%増）、事業コスト3.5億円の削減（7%減）が達成できる推計値を得た。

第6章では、各章で得られた成果をとりまとめるとともに、静脈系社会資本整備戦略の方向性とその環境計画学における含意について述べた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

低炭素社会、循環型社会を具現化するにあたり、都市の静脈系社会資本（下水処理場、ごみ焼却場）が担う役割は大きく、なかでもバイオエネルギー供給拠点・リン回収拠点へと更新させることが1つの方向性として望まれる。そうした中で、現状ではごみ焼却場で焼却されている厨芥（台所ごみ）の処理を下水処理場が引き受け、下水処理場に消化槽を整備して汚泥・厨芥からの消化ガス回収を図る、事業連携型静脈系社会資本を具体化するためには、計画論としての論理的支えが必要となる。このような論点に対し、本研究では、中国、日本を対象に、都市・農村間の物質代謝の改善に向けたバイオマスの利活用戦略という領域を設定し、3つの評価研究を行っている。本論文で得られた主要な結果は次の通りである。

(1) 中国を対象として、バイオマス利活用施策の立案・評価を支援するためのバイオマス需給バランス推計モデルを構築して、浙江省へ適用している。バイオマスの利活用施策として、エネルギーを回収する場合とマテリアルとして利用する2つの場合を取り上げて複数の環境的側面について検討し、その結果、エネルギー変換優先施策が、マテリアル利用優先施策に比べ、特に温室効果ガス排出削減効果が7.7倍も優れているとの結果を得ている。更に、両施策の間で温室効果ガス排出削減とリン鉱石節約・農林地節約でトレードオフ構造が認められたことを確認し、今後とれる技術選択に示唆を与えている。

(2) 下水処理場に消化槽を設置して下水汚泥・厨芥の混合処理を実施するケースと混合処理を実施しない技術ケース間の比較を、温室効果ガス排出量、リン回収量、リサイクル肥料の施肥に伴うDALY（障害調整生存年、健康リスク指標）の3指標を取り上げて行っている。その結果、混合処理を実施するケースの方混合処理をしない場合に比べて温室効果ガス排出量、リン回収量の面で優位であることを明らかにし、今後の静脈系社会資本の技術システムの方向性について有用な知見を得ている。

(3) 下水処理場による厨芥・剪定枝受入施策を軸として、下水処理場とごみ焼却場の連携型更新計画を立案・評価するためのモデルを構築し、神戸市に適用している。その結果、現状の処理事業に最も近い形で更新を行うケース（厨芥・剪定枝はごみ焼却場で焼却、脱水汚泥は高温焼却）と比較して、連携型更新計画を実施した場合には2030年に年間でエネルギー供給量436TJの増加、温室効果ガス排出量37kt-CO₂eqの削減、リン回収量93t-Pの増加、事業コスト3.5億円の削減が達成できる推計値を得ている。本評価モデルの構築・適用を通じ、将来の静脈系社会資本において利

用できる技術の選択肢空間の限定に寄与している。

以上のように、本論文は今後の静脈系社会資本整備をバイオマスの利活用戦略という論点で、環境システム工学の発展に大きく寄与している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。