

氏名（本籍）	Juntao Wang（中国）
専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	国博甲第6号
学位授与の日付	令和3年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	国際資源学研究科・資源学専攻
学位論文題目（英文）	電子廃棄物処理のためのリバースサプライチェーンの最適化とガバナンス (Optimization and Governance of Reverse Supply Chain for E-waste Treatment)
論文審査委員	(主査) 教授 安達 毅 (副査) 教授 縄田 浩志 (副査) 教授 川村 洋平 (副査) 教授 三島 望

論文内容の要旨

天然資源の枯渇や、地球温暖化など、人間の活動による地球環境への影響が注目されている現在、急速に増加している電子廃棄物（e-waste）の適正処理は、金属資源のリソースとしても、不適正な処理にともなう環境汚染の防止の観点からも喫緊の課題である。特に中国は、近年世界最大の電子廃棄物の排出国であるとともに、国内に公的な仕組み（Formal channel）の枠外のリサイクル産業（Informal channel）が存在し、法律に基づく公的なリサイクルの仕組みとの間で競争関係にあることが知られている。この Informal channel ではしばしば不適正な処理が行われ、廃液などによる環境汚染の原因となっていることから、Informal channel への廃棄物流量を減らし、Formal channel の活動を促進して行くことが望ましい。一方で、消費者には廃棄物は有価物であるとの意識が強く、Informal channel への従事者も相当数存在する現状から、法規制による強制ではなく、補助金などによる誘導や、Informal channel の Formal channel への取り込みが有効であると考えられる。

そこで、本研究では、ゲーム理論に基づくリサイクルセクターの構造と補助金政策の最適な組み合わせの検討、補助金と課徴金を組み合わせによる Informal channel の取り込み、さらに、電子廃棄物排出量の増加予測に基づき、将来的に必要な適正なリサイクル処理のためのインフラの配置計画の3つの主要な観点から、静脈側サプライチェーンの適正化について分析、議論し、提言を行うことを目的としている。

第1章では、全体の背景として、中国における電子廃棄物の排出、回収状況と、廃棄物処理施設などのインフラが不足している現状について述べている。また、以後の各章において用いる主要な手法をあげている。

第2章では、政府の補助金政策の存在を前提とし、公的な静脈側サプライチェーンの構造を分類したうえで、類型別にゲーム理論を用いて、Formal channel への物流量を最大化するために最適な政策を論じている。結果として、静脈側構造によってそれぞれ最適な補助金政策が存在すること、定量的データがあれば、具体的な最適値を算出可能であることを示している。

第3章では、廃棄物処理の Informal channel の中でも Informal collector と呼ばれる市中の回収業者を公的枠組みの中に取り組みのための、補助金、課徴金政策について論じている。政策によっては、Informal collector が回収した電子廃棄物を適正な処理を行う Formal channel に誘導することが可能であることが示されており、

第4章では、現状でも処理能力が不足している電子廃棄物、特に携帯電話に着目した処理施設が、廃棄物量の増加に伴い危機的な状況に陥るとの問題意識のもと、処理施設の最適配置計画について論じている。製品寿命の分布曲線、人口動態予測、ロジスティックスモデルによる排出量予測に基づき、中国の31省・特別市における処理施設の最適配置を明らかにすることができた。

第5章では、第2章から第4章の研究結果に基づき、政府向けと公的リサイクル事業者向けに分けて、廃棄物管理と静脈側サプライチェーンの運用のための提言集をまとめている。

第6章では、これまでの数値モデルに基づく分析から得られた、静脈側サプライチェーンの最適化に関する知見を包括的にまとめ、結論としている。

以上の研究を通じて、中国における電子廃棄物の処理システムの最適化に資する明確かつ定量的な知見を導出しており、政策検討のための根拠資料としての価値は高い。また、本研究の手法は、中国と同様に静脈産業が Informal と Formal の二重構造を持つ他の新興国、発展途上国にも適用でき、世界的に循環型経済の確立が急務となっている現在、その意義と役割は非常に大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。

論文審査結果の要旨

本学位審査委員会は、令和3年2月10日（水）16時00分から17時00分にかけて、国際資源学部1号館第3・4会議室で論文公聴会を開催した、安達毅 審査委員会主査、縄田浩志 審査委員、川村洋平 審査委員、三島望 審査委員の出席のもと、論文の関連事項に関する詳細な質疑応答ならびに口頭による学力確認が行われた。

特に、博士論文で述べられた静脈側サプライチェーン別の最適な補助金政策、Informal collector の公的な仕組みへの取り込み方法の妥当性、廃棄物処理施設の配置計画検討における前提条件などを中心に以下の点に関する質疑が行われた。

- (1) 処理施設の配置計画の最適化の際に、輸送をどのような手段で行うか、さらには、そのための鉄道、高速道路などのその他のインフラ整備の必要性などは考慮しているのか
- (2) E-waste のガバナンスと言っているが、第4章では形態電話にのみ着目しているのはなぜか
- (3) 最適な補助金額を理論的に導出しているが、具体的な金額を定めることはできるのか
- (4) 適正な電子廃棄物処理システムの構築のためには、補助金などの施策、インフラ整備などならんで消費者行動も重要であると考えられるが、その点に付いてはどう考えるか
- (5) 廃棄物処理システムの形容として Formal と Informal という語がしばしば出てくるが、これは Legal と Illegal という意味なのか

以上の質問に対して、申請者からは学術的考察にもとづいた明確な回答が示された。

よって公聴会の後に開催した学位審査委員会は、**Juntao Wang** 氏が最終試験に合格し、博士（工学）として十分な資格があるものと判定した。