



Title	環境効率を高める汎用機械の製品連鎖マネジメントに関する研究
Author(s)	山本, 祐吾
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2102
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	山本祐吾
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第18754号
学位授与年月日	平成16年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科環境工学専攻
学位論文名	環境効率を高める汎用機械の製品連鎖マネジメントに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 盛岡 通 (副査) 教授 宮本 鈴生 講師 恒見 清孝

論文内容の要旨

本論文は、高度に工業化が進んだ産業社会における都市活動を支える汎用的な産業機械製品を対象として、その製品の経路に沿って循環形成や環境負荷の削減を図る製品連鎖マネジメントの構想とその効果の評価を行い、環境効率の高い持続可能な産業社会を実現するための具体的な製品管理方策を導き出すことを目的としている。

第1章では、先進工業国における浪費的かつ一過型の資源利用形態を見直し、持続可能な生産と消費のシステムへと構造的な転換を図るとき、個々の産業や製品分野ではライフサイクルの各断面で環境効率の向上を図る製品連鎖管理の展開が重要となることを述べた上で、本論文の目的と構成を記している。

第2章では、持続可能な産業システムの形成に向けた理論的かつ実践的なアプローチについて、特に「産業エコロジー」と「循環複合体」に着目してその概念と方法論を示すとともに、個別産業分野での製品管理方策の展開を環境政策面から支える「拡大生産者責任」の理念、枠組みと機能を整理している。

第3章では、産業工場や都市施設に設置された汎用機械が産業活動や都市生活を支え、社会において重要な役割を果たしている一方で、その生産や運用に伴って物質とエネルギーの消費の面で多大な環境インパクトをもたらすことを示している。その上で、製品経路に沿って環境効率や資源生産性を高める製品連鎖マネジメントを構想している。特に、製品設計・運用・使用後の3つの断面において、それぞれ順に、製品の環境適合を高めるエコデザインの開発、製品の寿命管理やエネルギー消費負荷の低減管理を手掛ける製品付随サービスの提供、逆工場を核とした多様な循環形成を中心的な戦略として提示している。

第4章では、まず産業ポンプを対象として、製品ライフサイクル全般にわたる環境適合を製品設計の側面で実行するエコデザインを検討し、その使用済み製品の解体実験の実測調査に基づいて易解体性設計の具体的な方策を見出している。また、家電製品を対象とした分析では、その解体分離特性を明らかにする過程で、リユースを念頭に置いた解体分離性設計と省エネ性を高める設計のトレードオフが生じる問題点を指摘し、製品の環境性能をトータルで高めるための協調設計の必要性を論じている。

第5章では、得られる便益(あるいは回避される費用)と追加的な費用の観点から使用済み産業機械製品のリユースシステムを設計する枠組みを提案するとともに、リユースを実現することで製品連鎖の関連主体にもたらされる社会的な効果を明らかにしている。更に、家電製品を事例として、使用済みユニット・部品に焦点を当て、リユースに適した部材や市場を選定する視点や手順の整理を行っている。

第6章では、逆工場の機能と連動して、汎用機械の寿命管理とエネルギー消費負荷の低減を図る製品管理サービスを提案し、ライフサイクル CO₂ 排出量や環境効率を指標として、環境側面の効果を定量的に評価している。具体的には、家電製品の冷蔵庫を対象として、使用済みコンプレッサーを補修用部品としてリユースして製品の長期利用を促すサービスを構想した上で、省エネ化の技術革新のもとで機能ユニットのリユースが運用時のエネルギー消費に及ぼす影響を評価している。また、都市施設に設置された産業ポンプを対象として、実際の稼動状況に基づいた点検・修理とアップグレード型の製品管理サービスを提案し、施設単位でのファシリティ・マネジメントを展開することにより環境効率が改善される効果を評価している。

第7章では、本論文の総括を行うとともに、持続可能な生産と消費の産業システムの実現に向けて重要となる製品連鎖管理の方策を結論としてまとめ、今後の課題について整理している。

論文審査の結果の要旨

産業活動や都市生活において汎用的に利用される産業機械製品は、エネルギー利用や流体制御・輸送などの機能を通じて経済活動の根幹を支えている一方で、製品の生産や運用、使用後の廃棄など、ライフサイクルの様々な断面で多大な環境インパクトを発生させている。こうした工業製品の分野で持続可能な生産と消費のシステムを構築する試みは、地球環境変化の人間社会的側面（IHDP）のなかでも産業転換（IT；Industrial Transformation）のグループの国際的アカデミアによって取り組まれてきた。製品経路に沿って環境効率を高める製品連鎖マネジメントを図るという視点は、国際的な取り組みのそれと一致している。

本論文では、産業ポンプ（産業機械）と家電製品（民生用電気機械）を指標製品として設定した上で、環境効率や資源生産性を向上させるための製品連鎖マネジメント戦略として、①製品設計の断面で環境適合を高めようとするエコデザイン、②逆工場を核として製品やユニット（中間組立品）のリユースを優先させた資源循環、③製品の運用と使用後の循環形成を包括的に管理する製品サービスに着目し、それぞれ製品設計技術や社会サービスを具体的に構想し、評価している。その過程において、産業ポンプの逆工場社会実験地や家電製品のリサイクル工場といった産業エコロジーの実践の場との連携を重視して、生産システムの具体化を図っている。

本論文における解析と解釈から得られた主要な結果をまとめる、以下の通りである。

① ポンプの逆工場（再組立）を支えるエコデザインを検討し、使用済み製品の解体分離実験の実測調査に基づいて易分解性設計の具体的な方策を見出し、エコデザインの導入による分解時間削減の効果を定量的に示している。その結果、まとめた改善効果を発現するためには、製品の全体フレーム自体の設計を環境に配慮したものへと転換していくことが必要性となることを明らかにしている。また、家電製品を対象とした分析では、使用済みとなった家庭用冷蔵庫の手分解実験からその解体分離特性を明らかにする過程で、特に製品の省エネ性能を高めるための部品追加や個別冷却構造の設計によって、リユースを念頭に置いた解体分離性が低下する問題を見出している。その上で、製品の環境性能をトータルで高めるための協調設計の必要性を指摘し、将来的にリサイクルの高質化やメンテナンスが重視される社会において、リユース性を高める設計が波及的・相乗的な効用を持つことを論じている。

② 逆工場を核としたリユース優先型の循環形成を提唱し、リユースシステムを構想する枠組みと手続きを提示し、リユースを実現することが、製品技術の革新・社会サービスの創出・リサイクルとの相乗効果・生産管理の効率化を生み、製品連鎖の関連主体に効果をもたらすことを定量的に見出している。また、家庭用冷蔵庫をケーススタディとしたリユースシステムの構想では、その製品の基幹的な役割を担うコンプレッサーは、生産要素が集約されて付加価値が高められているため、リユースによってその機能を使い切ることで得られる便益が大きいことを定量的に示している。また、リユースする際には機器運用時のエネルギー消費への影響に配慮するチャートを示して、その指標の値とともに判断基準を明らかにしている。さらに、コンプレッサーをリユースするときの製品管理の体制や利用法などに着目し、リユース品に対する高い受容性や選好性を持ちうる市場要件を提示し、同一製品の補修用サービス部品としての転用や、二重用途を持つ汎用ユニットとして他の製品分野へと階層的に再使用する実用的な使い回しのシステムを提案している。

③ まず家電製品の冷蔵庫を対象として、使用済みコンプレッサーを補修用部品としてリユースし、製品の長期利用を促すサービスを構想し、寿命管理とエネルギー消費負荷の低減を図る製品管理を提示している。具体的には、省エネ化の技術革新のもとで機能ユニットのリユースが運用時のエネルギー消費に及ぼす影響をライフサイクルアセスメント（LCA）で評価し、省エネ進展が緩やかになる期間であれば、リユースとメンテナンスを組み合わせて機器延命化を図る製品管理サービスが資源およびエネルギー消費を削減する二つの面で有効となることを明らかにしている。同時に、ユーザーの総支払いコストが製品の買い替えとの比較で相対的に小さくなることで、リユースやメンテナンス指向の製品管理に対する消費者の選好が高まる可能性を示している。一方、都市施設に設置された産業ポンプを対象とした分析により、実際の稼動状況に基づいた点検・修理とアップグレード型の製品管理サービスをシミュレーションして、その効果を環境面と経済面から定量的に評価している。その結果、施設単位で産業ポンプのファシリティ・マネジメントを展開することによって、運転時の省エネ化を進めながら資源消費を抑制して同時に追加コストも回収できるという基本解を得て、環境効率の高い持続可能な産業社会におけるサービス提供の基本方針としている。

以上のように、本論文はリユースやメンテナンスといった循環形成の高度化を製品設計や付随サービス、市場の側面から構想するとともに、ライフサイクルアセスメント（LCA）やライフサイクルコストティング（LCC）の手法を用いてその効果を製品および施設単位で定量的に算定し、製品管理政策の方向を示していることから、環境システムおよび環境工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。