

1. 序章

経済が発展した現在、大量の物資が生産され、消費、廃棄されることによる資源の枯渇化や埋立地の残存容量の減少等が、大きな社会的問題となっている。

この問題を解決するために、「ゼロエミッション」と呼ばれる理念が国連大学によって提唱された。排出された廃棄物について、別の用途で再利用することで資源の循環を促す社会の仕組みを構築することにより、最終的に廃棄物をゼロに近づけることを目的とした理念である。

そこで本研究では、廃棄物を再資源として有効活用するための産業ネットワークについて検討する。具体的には数理計画法を用いて、廃棄物量が最小となるように産業間物資フローの最適化を行い、ゼロエミッションの理念に基づいた産業ネットワークを示すことを目的とする。

2. 産業ネットワーク

産業ネットワークは、産業からなるノード、産業間のフローを表すリンク、最終需要、廃棄、廃棄物の再資源としてのフローから形成される(図1参照)。そして、具体的な産業間の物資フローは、産業間の経済取引に基づく、産業連関表より求めることができる。そこで、産業連関表の円単位で表示されているデータを、エネルギー単位(J)に変換し、このエネルギーフローから産業ネットワークを捉えることとする。

3. 産業ネットワークの定式化

右式のように、排出される廃棄物を有効的に再資源化させ、同時に過剰生産による廃棄物発生を抑制することで、最終的に排出される廃棄物を最小にすることを目的関数とした産業ネットワークの定式化を行う。また制約式として、①各産業の最終需要を満たす必要生産量、②ある産業の生産で誘発される他産業からの必要調達量、③発生した廃棄物に対する他産業への再資源可能量の3つを設定し、これらを満たした上で目的関数が最小となるように最適化を行う。

4. ゼロエミッション型産業ネットワークの検討

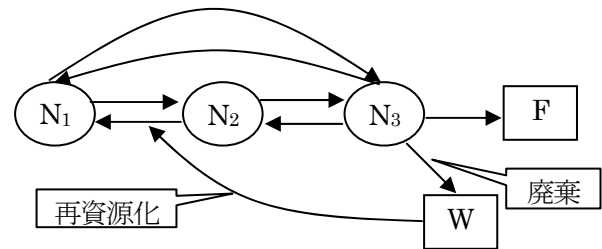
産業間の物資フローについて、最適化前のデータと比較、検討することにより、どの産業間のフロー量が大きく削減されているのか、どの産業の組み合わせにおいて、再資源量が大きく発生しているのか、また過剰生産はどの産業に多く発生しているのかといったことが見えてくる。そこから廃棄物削減をめざした産業ネットワークの改善箇所が明らかとなる。

最適化の結果、全体の約 21.4%のフロー量を削減し、過剰生産量は総生産量の約 4.7%まで抑えることがで

きた。産業別では、食料品産業、建設業の生産量が約 40%超の削減、鉱業、電力・ガス・熱供給・水道業の調達量が約 30%超の削減となり、特にフロー量の削減率が大きい産業が明らかになった。また廃棄物の再資源化については、総廃棄物量の約 42%を再資源化することができた。そのような産業ネットワークの形成によって、最終的に廃棄物は全体の約 34.6%削減される結果となった(図2参照)。

5. まとめ

ゼロエミッションの理念に基づいた産業ネットワークの定式化を示した。そして、ゼロエミッションを推進することで、廃棄物の発生量を削減し、資源の有効活用が可能となることを示した。



N_i : 産業(i =整数) W : 廃棄 F : 最終需要
 \longrightarrow : フロー

図1：ゼロエミッション型の産業ネットワーク

式：産業ネットワークの定式化における目的関数

$$\min \leftarrow \sum_i (z_i - \sum_{(k,j) \in W_i} y_{k,j}^i + \sum_j s_{i,j})$$

↑ 廃棄物量
 ↑ 再資源化量
 ↑ 過剰生産量

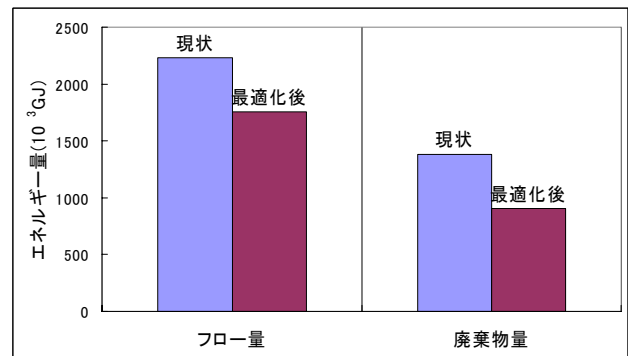


図2：フロー量、廃棄物量の現状と最適化後の比較

キーワード：

ゼロエミッション、産業ネットワーク、廃棄物削減、物質循環型社会