

都市のエネルギーマネジメントのための最適化モデルの構築

北九州市立大学 学生会員 井上琴美

北九州市立大学 正会員 松本 亨

北九州市立大学 正会員 藤山淳史

1. 研究の背景と目的

東日本大震災において大規模集中型エネルギーシステムの脆弱性が露呈したためにそれ以降再生可能エネルギー等を中心とした自立分散型エネルギーシステムの導入が進んでいる。これはリスク分散とともにCO₂排出量の削減という点からも大きな意義がある。

このような社会背景のもと、北九州市は2013年より、「北九州市地域エネルギー拠点推進事業」に取り組んでいる。これは、低炭素で安定・安価なエネルギーを供給することを目指すものであり、地域エネルギー拠点の形成は市の成長を支える基盤として位置付けられている。また、北九州市では、2015年12月に(株)北九州パワーが設立された。地域エネルギー会社によるエネルギーマネジメントには、安価な電力供給の他、地域資源の活用による経済効果や雇用創出、再生可能エネルギーの導入促進、需要側管理(DSM)の促進等の効果が期待されている。しかし、現実のマネジメントでは、需要データをもとにした電源選択に対して多くの部分を経験に基づいた運用がなされており、今後の供給量拡大に伴うエネルギーマネジメントの構築に際しては、システム化のニーズが極めて大きいものとなっている。

本研究では、北九州市を対象として、再生可能エネルギーの最大供給可能量と民生部門のエネルギー需要量から、CO₂、コストを考慮したエネルギー供給の最適化モデルを構築し、再生可能エネルギーの導入ポテンシャルを推計することを目的とする。

2. 研究方法

2-1. エネルギー需要量と供給可能量の推計

北九州市内のエネルギー需要量と地域資源を最大限に活用した再生可能エネルギー供給可能量を推計

する。対象とした需要は、民生部門（家庭・業務部門）の電力である。地域に賦存する資源としては陸上風力、洋上風力、太陽光エネルギー、バイオマスを対象とする。

2-2. CO₂排出量および総コスト最小化の定式化

推計した需要を満たすエネルギー供給構成について、CO₂排出量最小化を目的関数とする場合と総コスト最小化を目的関数とする場合の2つのケースについて線形計画問題を解くことにより決定する。

CO₂最小化の場合の目的関数を式(1)に、総コスト最小化の場合の目的関数を式(2)に示す。

解析する際に用いたそれぞれのエネルギー別の資本費、運転維持費、燃料費を表1に示す。なお、総コスト最小化を計算する際の再生可能エネルギーの資本費、運転維持費については国からの70%の補助があるものとして計算を行った。

$$\min. CO_2 \text{ emission} = \sum_i \sum_h \text{Input}_{h,i} \cdot ef_i \quad (1)$$

$$\min. C_{\text{total}} = C_{\text{capital}} + C_{o \& m} + C_{\text{fuel}} \quad (2)$$

ここで、i:資源、t:変換機器、h:時間、Input:エネルギー投入量(GJ)、ef: CO₂ 排出係数(t-CO₂/GJ)、C_{capital}:初期設置費(JPY)、C_{o & m}:運転維持費(JPY)、C_{fuel}:燃料費(JPY)である。

表 1 設置費単価と燃料費単価

	資本費(円/kWh)	運転維持費(円/kWh)	燃料費(円/kWh)	合計
太陽光（住宅）	23.9	3.4	0	27.3
太陽光（非住宅）	17.9	3	0	20.9
陸上風力	12.1	3.4	0	15.5
洋上風力	14.7	8.6	0	23.3
木質バイオマス	3	4.2	21	28.2
石炭火力	2.1	1.7	5.5	9.3
LNG火力	1	0.6	10.8	12.4
石油発電	3.8	2.6	21.7	28.1
原子力	3.1	3.3	1.1	7.5

3. 推計結果

CO₂最小化と総コスト最小化を行った際のエネルギー別の供給量、CO₂排出量、総コストを表2に、エネルギー別の供給量の推計結果を図2に示す。

表 2 最適化を行った結果

	CO ₂ 最小化	総コスト最小化
陸上風力(PJ)	0	0
洋上風力(PJ)	1	1
太陽光(PJ)	0	0
バイオマス(PJ)	6	0
系統電力(PJ)	0	6
合計(PJ)	7	7
CO ₂ 排出量(t)	351,075	976,750
総コスト(円)	41,105,295,191	20,501,065,321

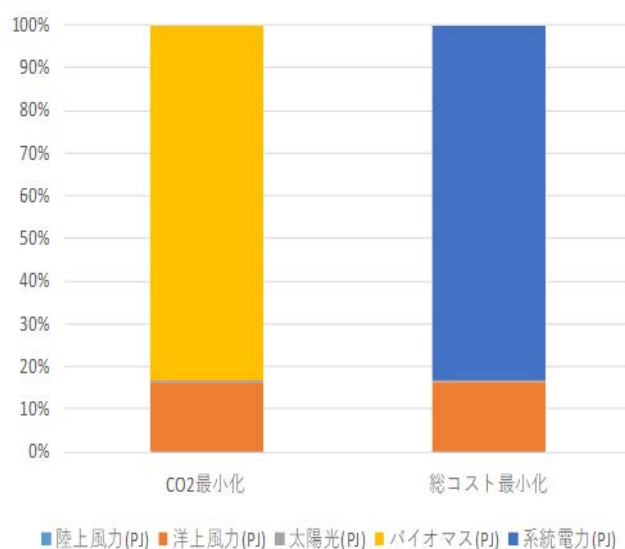


図 2 北九州市における 8 月のある 1 日のエネルギー供給構成割合推計結果

4. まとめと今後の課題

今回は北九州市のエネルギー供給量と需要量をもとに、8月のある1日の電源構成別エネルギー供給量の推計を行った。CO₂最小化については供給量のすべてを再生可能エネルギーが占める結果となった。中でもバイオマス発電が多くを占めた。線形計画問題を解く際の制約条件において、他の再生可能エネルギーは時間ごとの制約があるものの、バイオマス発電については制約条件がなかったためである。総コスト最小化については、系統電力が多くを占めている。再生可能エネルギーについて、資本費と運転維持費に国からの補助が70%あるものと仮定したが、その現実的推計は今後の課題である。

また、1日のエネルギー供給量の推計に留まっているが、今後は北九州市の年間のエネルギー供給量を考慮した解析を行う必要がある。