

都市におけるエネルギー代謝機構のモデル化に関する研究

九州大学 学生員 ○宮野謙剛 九州大学 正員 井村秀文
正員 楠田哲也

1・はじめに

現在、生活レベルの向上とともに、世界的にエネルギー消費が拡大し、化石燃料の大量消費による地球温暖化問題など、様々な環境問題が発生している。他方、世界的に都市への人口集中が進み、世界のエネルギーの多くの部分が都市内で高密度に消費されている。したがって、各種の環境問題の解決を考えるに当たり、都市そのものの構造をエネルギー消費の少ないものに改善することがますます重要になっている。

都市は、外部からエネルギーや物質を取り込み、最終的に廃棄物や廃熱として再び外部へ排出する一つの有機的なシステムとみることができる。したがって、都市のエネルギー構造を環境的により望ましいものに改善していくためには、都市における人間活動と環境との関係の一つの系としてとらえ、そこにおけるエネルギーの流れと、その構造・機能を明らかにすることが重要になってくる。本研究では、日本の代表的な産業都市である北九州市を例として、都市内でのエネルギー代謝機構のモデル化を図り、これに基づいて、エネルギー利用効率を高めることによるエネルギーロスの低減、未利用の廃熱や自然エネルギーを利用することによるエネルギー利用の効率化など、都市のエネルギー代謝システムを環境への負荷の少ないものに改善するための方策を検討する。¹⁾

2・分析の方法

一般に、化石燃料などの一次エネルギーは、使いやすい電気やガスなどの二次エネルギーに転換される。このような二次エネルギーへの転換の際や、これを最終的に消費する際に、熱や汚染物質が排出される。汚染物質の排出は各種の環境問題を引き起こし、熱の排出は、都市の微気候の変化の原因となっている。

ここでは、図1のエネルギーフロー図を基に、エネルギーの転換・消費などの流れを行列形式で表現する。都市のエネルギー生産・消費などの構造は、これらの行列の係数が反映される。次にこれを用

いて、都市内でのエネルギー代謝がどの様に改善されるか、また、それにとまって副産物である汚染物質の排出がどの程度削減されるかを試算する。また、廃熱回収については、フィードバック型のモデルを用いた。

3・結果及び考察

北九州市は昭和38年に政令指定都市となった人口104万人の都市で、D I D面積は30%、D I D人口は91万人の産業中心型の都市である。また、市内に大規模な発電所と都市ガス製造所を有し、LNGを電気や都市ガスに変換し消費している点で特徴のある都市である。解析にあたり、エネルギー転換行列Cの係数は、関連企業・工場などから得られたデータに基づいて求めた。また、発電所の効率は36%とした。エネルギー消費行列Dの係数は、市の統計書や、各種文献を参考にして試算した。また、化石燃料の燃焼効率は50%とし、電気については100%仕事に転換されるとした。インプットのデータは昭和62年度のものである。この結果が、図2のエネルギー代謝のフロー図でありここに北九州市の特徴がよく表れている。まず、発電用にばう大なエネルギーが消費されていることがわかる。北九州市には、新小倉発電所の他に戸畑共同火力発電所があり、

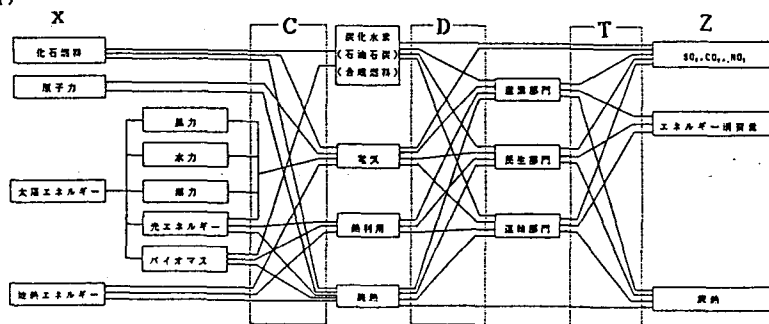


図1 エネルギーの供給・転換・消費のフロー図

C: エネルギー転換行列 (a×b)

D: エネルギー消費行列 (c×a)

T: 集計行列 (d×c)

 $Z = T \times D \times C \times X$

$$= \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^d \left[T_{ijk} \times \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b (D_{ijk} \times \left(\sum_{k=1}^b C_{k1} \times X_1 \right)) \right]$$

全発電量の20%をしめ、そのほとんどが産業用に使用されている。その分を除いたとしても、わが国でも屈指の発電所の発電力量の5割近くが市内だけで高度に消費されていることがわかる。また、発電の副産物である廃熱の多さも目を引く。現状では未利用のまま海域へ排出されている。そこで、現在未利用なこれらの資源の利用や、クリーンなエネルギー導入によって都市のエネルギー代謝がどの様になるかを、エネルギー需要は現状のままとした上で試算してみた。温水として得られた余剰熱量は、民生部門の熱利用に還元し、現実の熱利用量を越えないように適宜分配した。

まず、既に実用化されている太陽熱を利用したソーラーシステムを、北九州市在住の全ての世帯に一台ずつ普及させた場合を試算してみた。その結果、原油換算で年間69,000kl (0.64Pcal)の温水供給が可能で、その余剰エネルギーを、現在温水を供給している都市ガスと灯油に、等分に還元すると、都市ガスの消費量の45%が、また灯油の24%が節約できることになる。しかし、このソーラーシステムによって得るエネルギーでさえ、実際に市内に届く太陽エネルギーの180万分の1である。つぎに、太陽光発電などクリーンで理想的な発電システムが供用されるようになるまで、一つの仮定として(かなり非現実的ではあるが)原子力発電所を誘致した場合を想定してみる。玄海原子力発電所の玄海1号機をモデルに想定し、最大電力559MW、設備利用率60%で操業すると、年間 2.94×10^9 kWh発電でき、その分LNGを節約することができる。都市ガスはそのまま、電気用のLNGを削減すると、LNG全体として33%節約することができ、それにとまって、CO₂の排出量を市全体で18%削減することができる。

さらに、廃熱回収について試算を行った。北九州市の場合、膨大に廃棄される発電所の廃熱を汲み上げる事は、非常に有意義である。まず、電動ヒートポンプを使用して廃熱回収を行ってみる。低温廃熱は発電所の廃熱で20°Cを仮定し、60°Cまで汲み上げるとしたらCOP=3.5となり一次エネルギー効率は140%となる。²⁾ここで、民生用の電気の中で、温水用に多く使われていると思われる深夜電力の5割、つまり電気全体の3.3%を廃熱回収用に当てるとした場合、原油換算で年間83,000kl (0.77Pcal) 汲み上げることが可能だという結果が出た。また、その汲み上げた余剰エネルギーを給湯・暖房用の都市ガスと灯油に同量ずつ還元すると、都市ガスで全体の30%、灯油で20%が節約可能となった。同様に民生部門の都市ガスの20%を回収用に当てる原油換算で年間 22,000kl (0.2Pcal) 汲み上げることが可能となる。

以上で想定した方策では大気汚染物質(SO₂およびNO₂)についてのあまり顕著な変化はみられなかった。これは、現在の北九州市における最も大きな大気汚染源である産業部門の検討を行っていないからである。工業都市北九州市の場合には、産業部門におけるエネルギー消費が大きなウェイトを占めているため、産業部門の省エネ化によって、汚染物質の排出をさらに減少させる方策についても検討していく必要がある。

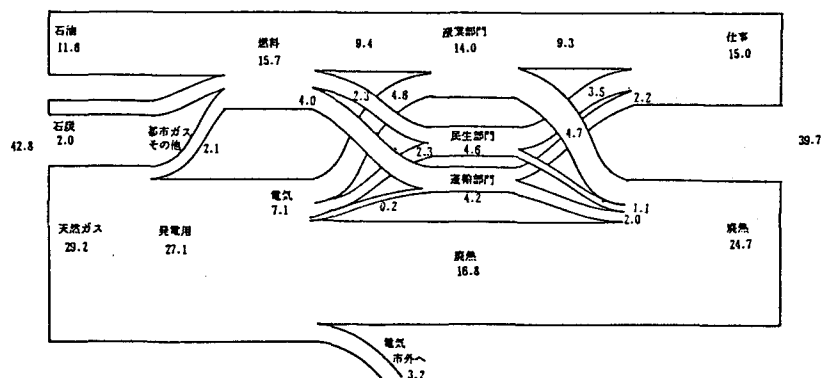


図2 北九州市のエネルギーフロー図 [数字はPETA(=10¹⁵)cal]

参考文献

- 1) 社団法人 土木学会 環境システム委員会：エコポリス計画策定基礎調査 一人と環境の共生する都市を目指して一
- 2) センチュリーリサーチセンタ：低温廃熱資源の総合的有効利用に関する研究