

第3世代の都市代謝系構築に向けて



随 筆

水 野 稔*

Construction of 3rd Generation Urban Metabolic System

Key Words : urban metabolic system, modern industrial city,
demand-side engineering, energy and environment

1. まえがき

いま、地球温暖化問題などから、大量の資源を消費している現代都市の関連システムのあり方が問われている。本稿では、近代都市の成り立ちを振り返り、現状を位置付ける。そして、都市代謝系の概念、エネルギー・熱代謝系の概念を述べ、これからの都市代謝系構築の課題を論じる。

2. 近代都市の成立

2.1 産業革命と大産業都市の成立

産業都市のイメージは、「資本家出資の工場で、動力が機械を動かし、富を生み出す」であろう。近代都市は交易の中心に産業が興った「大産業都市」に特徴がある。衆知のように、産業都市を創り出したのは産業革命であり、それは一次と二次に分かれる。前者は水車、後者は石炭を燃料とする蒸気機関を主動力源とする。近代都市の始点は第二次産業革命であった。水車動力では、水頭の得られる山間部に立地が限定されるため、人手、製品や原料の輸送がネックとなって、大産業都市は成立し得なかった。

これに対して、石炭動力では、石炭を都市に搬入するインフラを構築すれば、工場立地に動力の制約を受けない。必然的に、石炭動力技術の発展とともに、工業が交易に都合のよい臨海部などに立地し、大産業都市が成立したのであった。

2.2 蒸気動力の発展

初めての實用蒸気機関であるニューコメン機関は、炭鉱の排水用から始まり、都市でも使われたが、その普及のためには、大量の石炭の運搬が課題であった。この機関は効率も低く、都市の動力源となるためには、その大幅改善が不可欠であった。ジェームズ・ワットが、その一番の成功者であった。

ワットはこの点で近代都市の成立に大きな寄与をしたが、足も引っ張っている。18世紀後半にワットは蒸気機関の広範な特許を押さえ、技術開発をコントロールした。彼は、高圧蒸気機関の開発を、安全性から認めなかった¹⁾。高圧蒸気の利用は、蒸気機関車の開発に不可欠であった。言うまでもなく、都市に石炭を運ぶための蒸気機関車の開発も、大産業都市の成立に不可欠であった。

1800年にワットの特許が切れると、高圧機関が続々開発され、蒸気機関車が陸上の強力な運搬手段となっていく。この意味で、筆者は、近代都市の始点を1800年にするのが、切りのよさからも妥当と考えている。

2.3 供給インフラの構築

当時、ロンドンでは石炭を“sea coal”と呼んでいた。これは、石炭が海を経由してテムズ川を船で運ばれていたからである²⁾。この頃、利用できる炭鉱は、運搬の面から、海岸線または大河の近くに限られていた。蒸気機関車により、利用できる炭鉱が内陸まで広がったと言ってよいであろう。

日本の高度成長政策の柱として、「燃料の流体化」があった。石炭から石油に転換し、大型タンカーでどんどん運び入れ、世界の工場化を可能にしたのである。関連して、同じ都市の供給インフラである水道はローマ時代から存在する。これは、流体は運搬がいかに容易であるかを物語っている。



*Minoru MIZUNO

1943年11月生
大阪大学工学部機械工学 (1966年)
現在、大阪大学名誉教授 工学博士 環境熱工学 環境・エネルギーシステム
TEL : 06-6877-7096
FAX : 06-6877-7096
E-mail : miz-mino@nifty.com

3. 環境問題と静脈系による問題解決

3.1 公害先進国日本

供給インフラの構築で、外部資源を大量に搬入した都市では、環境問題が深刻化していった。ロンドンの大気汚染は有名であるが、わが国の高度経済成長期の公害問題も、世界的な例である。尊い犠牲のもとで、大産業都市には処理インフラが必要なことがわかっていく。

わが国の1960年前後の産業公害の時代には、工場に処理装置をつけさせること、1970年前後の都市型公害の時代には、都市に処理装置をつけさせることが課題であった。

3.2 動脈・静脈系完備都市

都市を人体になぞらえると、供給インフラは動脈系、処理インフラは静脈系と言える。現代都市には両者が必要である。このことに気付いたわが国は、環境の専門技術者を養成する。1960年代に京大・北大に衛生工学科、東大に都市工学科、わが阪大に環境工学科を創設、環境庁も発足させ、いわゆる専門体制を確立していった。

当時の工学系学科はほとんど供給系、すなわち動脈系関連で、静脈系はほとんどなかった。人体を見ると、動脈系と静脈系は同程度に配置されている。工学系も「静脈系が同程度になるべき」が、当時の衛生工学の目標であり、野望でもあった。

3.3 都市代謝系の概念

都市代謝系も都市を生体に見立てた概念である。生体には、食物、水、酸素などが取り入れられ、生体機能を果たし、最終的に廃棄物となって排出される。これが代謝系である。都市にも、もの、水、エネルギーが取り入れられ、都市機能を果たし、最終的に廃棄物となって排出される。このシステムが都市代謝系である。この概念は、丹保が提案したものであり³⁾、流れるものによって、水代謝系とか物質代謝系などと呼ばれている。

都市代謝系には三つのサブシステムがある。供給（サプライサイド SUPS）、消費（デマンドサイド DEMS）、処理（ディスポーズサイド DISS）である。上述の動脈・静脈系完備都市は、「DEMSをお客様と見て、SUPSとDISSがそれに別々にサービスする体制」と言えるであろう。後述するが、今は、都市代謝系を一つのシステムと見るべき時代である。

3.4 SUPS 主導社会で地球環境問題へ

動脈・静脈系の完備で地域環境問題を解決した都市は、衛生工学の野望はあったものの、SUPS 主導社会であった。DISS は SUPS が心おきなく都市に資源を運び込むための支援者と言ってよかった。なお、このような意味で、処理技術は「end of pipe 対応」と言われることもある。そして、それまでの成長路線を推し進めた。その結果が温暖化に代表される、地球環境問題である。

地球温暖化は、いままでの環境問題と異質である。環境負荷である、二酸化炭素は炭素の安定形態であり、処理技術の最終形態である。負荷量は「①化石燃料の消費量×②単位量あたりの炭素割合」で決定される。①は DEMS の、②は SUPS の課題である。ここには、いままでの環境専門家であった、DISS に登場の場は少ない。この点は、環境技術にとって、パラダイムシフトと言ってよいであろう。

3.5 SUPS の作った現代都市

SUPS は、供給の都合からシステムづくりをしてきた。例えば、DEMS には多様な需要が存在する。これに対して、SUPS は、何にでも対応できる高級・汎用な財を、安定供給することで対応する。エネルギーシステムを例にとると、超高級エネルギーの電力、都市ガスを巨大なシステムで供給する。水システムでは、高度浄化水を供給する。この水質が必要な飲用用途はせいぜい10～20%に過ぎない。確かに便利ではあるが、明らかにエントロピー発生が大きく、上手な資源活用システムとは言えない。

筆者がよく説明に使う漫画を言葉で紹介する。父親がわが子に電力システムを教えている⁴⁾。二本の送電線を指差し、「電気なんて全く簡単なものさ、一方から電気が流れ込んできて、もう一方からカネが出ていくのさ」という文が添えられている。

このシステムは機能は果たすが、一つの欠陥は「情報発信性」の欠如である。このシステムは電気を使うことの資源・環境的な意味を伝えていない。また、技術者の努力も伝えていない。この子は、「大きくなったら電力技術者になろう」と思うであろうか。また、市民は「環境が危ない」と聞いて、自主的に節電するであろうか。

水システムでは、末石の「飲水思源できない現在の巨大上水システムは欠陥」の指摘⁵⁾も類似である。筆者はこれを真似て「排便思末できない巨大下水シ

システムも欠陥」と言っている。これらが、動脈・静脈系完備都市のシステムである。

また、動脈・静脈系完備都市では、DEMSは供給系の末端、処理系の始端であり、ユーザーでよかった。これからの代謝系都市では、DEMSはシステムの中央の要である。DEMSの多様性に合ったシステムを構築し、持続可能社会の構築に尽力していく立場である。筆者はこれを「建築末端論から建築中央論へ」という表現を使っている。

6. 都市代謝系の世代区分

いままでの発展を振り返ると、都市代謝系は3世代に区分するのが妥当である。第1世代は供給系が備えられた段階、第2世代は動脈・静脈系完備都市の段階、第3世代はDEMSを中心とする都市代謝系の段階である。

今後目指すべきは、第3世代で、市民も加わって持続可能性を追求する都市代謝系である。

7. いくつかの提案

(1) エネルギー・熱代謝系

前述のように、都市代謝系のうち、物質代謝系と水代謝系は概念が定着しているが、筆者は「エネルギー・熱代謝系」を提案している。すなわち、エネルギーが都市に入ってきて、都市活動を支え、最終的に熱となって出ていくシステムである。現在、都市に大量のエネルギーが入ってきているが、代謝系の概念がないのは、熱が環境負荷と考えられなかったからであろう。また、同じ理由により、水や物質と異なり、「処理」の概念がない。

今、わが国の大都市ではヒートアイランド問題が対処すべき環境問題と位置づけられている。筆者は熱の潜熱化を熱の処理と位置づけ、エネルギー・熱代謝系の確立に取り組もうと提案している⁶⁾。また、欧米先進国では、概ね寒冷地であり、熱代謝を都市づくりに配慮することがなかった点も理由の一つであろう。なお、「エネルギー・熱代謝系」では降り注ぐ太陽エネルギーも明確に考慮すべきである。また、水、物質、エネルギーの統合代謝系を考えることも重要な視点である。

言うまでもないが、エネルギー・熱代謝系には、二酸化炭素削減の大きな使命も存在する。ただし、

これは前述したように、主として、SUPSとDEMSの課題である。

(2) デマンドサイドシステム技術者

都市代謝系の概念は、もともと土木系の発想であった。しかし、第3世代の都市代謝系構築には、建築系に期待するところが大きい。いままでは、土木と建築の境界は明確で、建築は土木が用意してくれる供給・処理インフラに繋がれば、あとは自分の建物のことのみ考えればよかった。これでは、第3世代の都市代謝系とはならない。また、土木系にはエネルギー・熱代謝系に関する知的蓄積は少ない。

これからは、DMDSからSUPSやDISSにシステムのあり方を提案していく方向を重視すべきである。建築系は今までの受け身の姿勢ではなく、SUPS、DISSに積極的に発言していかなければならない。

こういう意味で、建築系の関連技術者を、「DEMSシステム技術者」と呼ぶことを提案している。つまり、「資源・環境や都市代謝系に深い理解と発言力があり、DEMSに適切なシステムを構築できる技術者」として第3世代の都市代謝系づくりを牽引すべきである。

8. あとがき

以上述べたように、現在は、歴史的経過の途中に過ぎない。SUPSにまかせることなく、いろいろな発想で今後の都市代謝系の構築を考えていくべきであり、まだいろいろな可能性があるであろう。

<参考資料>

- 1) 石谷清幹：工学概論、コロナ社（1972）p.121
- 2) R.J. フォーブス：技術の歴史、岩波書店（1965）p.195
- 3) 丹保憲仁：
<http://wastegr2-er.eng.hokudai.ac.jp/urbanmet/news2-1.htm>
- 4) H. オダム、E. オダム：人間自然エネルギー、共立出版（1978）p.26
- 5) 末石富太郎：出典不明
- 6) 空気調和・衛生工学会編：ヒートアイランド対策、オーム社（2009）p.17