

循環複合体の形成と環境調和型技術の開発

特集 プロジェクト研究

盛岡 通*

Construction of Cyclic Complex System and Development of Environmentally Sound Technologies

Key Words : Environmentally sound urban renewal, eco-farm and food system, Cycle-oriented complex system, Zero emission, Eco-manufacturing

1. はじめに

科学技術振興事業団の戦略的基礎研究の一つの領域として、「環境低負荷型の社会システム」が設けられているが、著者が代表をつとめる研究課題もそのうちの一翼を担って1996より2001年までの5年間にわたり実施される。研究題目は、「社会実験地での循環複合体のシステム構築と環境調和技術の開発」であり、すでにいくつかの成果を報告している。

研究の目的は、簡潔に表現すると次のようである。産業製品の資源化を支える循環複合体(エコ工場、エコ都心街区、エコ農場)の社会実験地での計測、分析、評価をおこなって、(a) 転換装置と逆工場を核工場を核とした住工連携の地区代謝および製品回収と再資源化をはかる広域循環、(b) 低負荷基盤の戦略的代替案による都心地区の循環親和型更新、(c) グリーンな流通を介した農産加工廃棄物ゼロと自然還元、などの産業社会変革に向けて、実験地モデルの展開がもたらす社会的効果を明らかにする。これをもとに循環複合体の技術と評価のシステムとしての一般化をはかり、より広く具体的な対象地への適用をおこなう。

研究期間は5年間であるが、本年の3月8、9日の両日には大阪大学コンベンション・センターで中

間報告を兼ねて、国際ワークショップを開催する。この循環複合体研究プロジェクトのURLは、<http://rio.env.eng.osaka-u.ac.jp/ccp/ccp.htm>である。

2. 研究の目標

3つの意図的に選ばれた社会実験地での部分複合体の循環形成の技術を開発し、その効果を評価する。ここから、環境低負荷を判断する評価プロセスを抽出し、環境技術のデザインとともに一般化を試み、途上国を含めた具体的な対象地への適用をおこなう。

第一の産業工場循環研究では、藤沢市の荏原製作所藤沢工場を対象として、地域の住工一体型再構築を支援する地区循環システムをつくり、同時に、逆工場を核とした広域製品回収再資源化と循環CALISから構成される広域製品循環システムをつくる。

第二の都市集積更新研究では、地区スケールの都市開発にともない発生する環境負荷を時間・空間的にみてトータルに削減する代替案を設計し、その評価を支援する地区環境計画システムを、大阪中之島西部地区を対象としてつくる。

第三の農工連携循環研究では、有機副産物を還元する農場とそこで収穫した農産物を活用したフードシステムによって食糧と、有機物の安定な流れの面から産業社会の変革を図る複合体を構築し、コープこうべの流通と農場のシステムを対象に評価する。

ここでは、住宅や都市のユーザーの空間形成に注意しながら、選んだ3つの指標製品と2つの負荷のあり方を提示することとしている。3つの指標製品とは、前近代から続く重要な農産物、近代の機械工業製品、そして情報化社会の情報機器であり、2つの負荷とは、地球環境問題の中核をなす地球温暖化



*Tohru MORIOKA
1946年12月16日生
1969年京都大学・工・卒業
現在、大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻、教授、工学博士、環境システム、環境マネジメント
TEL 06-6879-7676
FAX 06-6879-7681
E-Mail morioka@env.eng.osaka-u.ac.jp

の原因である二酸化炭素と、物質的効果が資源循環や土地利用にも及ぶ廃棄物を取り扱っている。

3. 研究の進め方

本研究は、特別なプロジェクトとして、大学と民間企業との緊密な協力のもとに進めている。実験地の関係から研究に深く関与して研究者を提供している荏原製作所、大林組、そしてコープこうべに加えて、多くの企業や研究所から研究協力を受けている。中間折り返し点をむかえて、循環複合体の候補地を他に拡大するとともに、より一体性の高い総合モデルに実際に構築することを構想している。

もちろん、循環複合体を新たに構築するには、例えばパイロット・モデル的な性格であっても、費用面や制度面などで困難が高まる。欧米では大学のキャンパス内でゼロ・エミッションや自立型都市居住などの実験を行っている例が少なくないが、日本の国立大学の敷地では解決すべき障害が少なくない。しかし、大学内にも大学生協の食堂からの有機残渣や研究室からの大量のオフィス古紙や廃パソコンが発生していて、循環を形づくる上での課題に共通の発見をすることができる。このことに着眼して、環境負荷の発生を最小とするように建設・運転・維持されるモデル実験棟を大学内に設置して現地実験を

おこなうことも後継プロジェクトとして視野におさめている。そこでは、太陽光発電、有機物(固体と汚水)からの燃料ガスの回収、高効率小型燃料電池などとならんで、古紙と有機残渣などの再資源化システムも構築され、ゼロ・インパクト・モデルを実証してゆくことになる。

大阪湾ベイエリアには多くの事業所の生産拠点や研究実施とともに活用しうるまとまった用地が存在するので、このような場所での共同研究をコンソーシアム方式やネットワーク型などの可能な方式を模索しながら進めてゆきたいと考えている。以下は、現在の取り組みを概観したものである。是非、関係各位のご協力とご支援をお願い申し上げたい。

4. 3つのコア・モデルの概要

図-1は3つの循環複合体で構成される全体システムを表現している。外側の円環は、製品のライフサイクルに沿った分析評価および環境適合型のデザインを示している。そこでは二酸化炭素排出量、資源投入による非更新性資源の消費量、副産物のうち廃棄物量、私的および社会的費用などを共通の評価指標として計測し、評価している。

評価モデルでは、一方では指標物質や指標製品の動きに着目して制御を展開するが、その際には回収

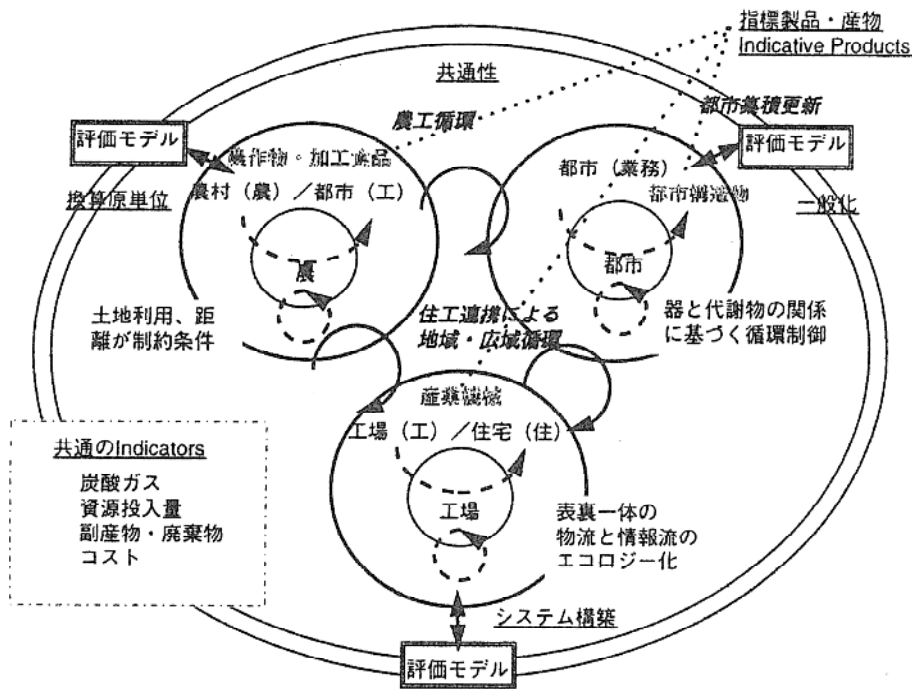


図-1 3つの循環複合体で構成される全体システム

と再生の物流を支えて環境の意味を情報として伝達し、同時に産業社会においてビジネスとして成立するような商流として形成することがカギである。他方で、収支やダイナミクスを区切って評価しながら、その代謝空間に着目した制御をもおこなうが、その場合には投入産出の物質的効率や副産物の再資源化率などが注目され、境界の内部に閉じるような転換技術による効用と経済価値の創出がカギとなる。

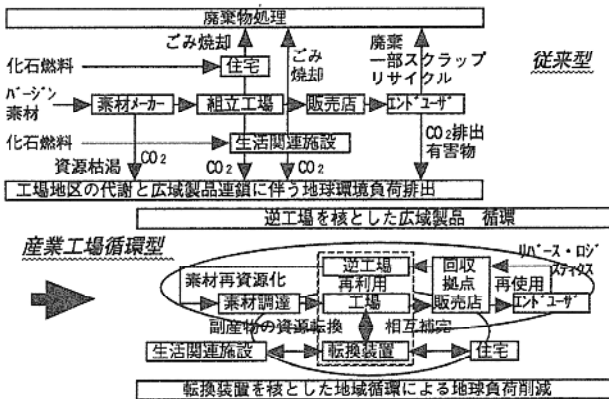


図-2 従来型と比較した産業工場循環

ついで、図-2は産業工場循環を従来型と比較して示している。住宅あるいは周辺生活関連施設と工場との間で機能する転換装置として注目しているのは、有機副産物をむし焼き状態でガス化するガス化溶融炉や湿潤状態でも酸化する水処理装置である。燃料電池や堆肥化装置や太陽光発電なども、資源の有効活用と環境負荷の少ないシステムの構築のために導入される。第一次構想案による二酸化炭素排出量の削減率は25%にも達する。

台所から排出される有機残渣もディスポーザーで下水システム(真空式で性能をあげる)に取り入れ、台所の生ゴミの車両による運搬上の問題を回避するとともに、台所生ゴミから堆肥化装置への投入によって堆肥づくりの成果をあげることができる。その上で、汚水処理で発生した汚泥からガスを回収して熱源として活用することを主なルートとすることも代替案としてあげられる。

また、住宅よりも熱需要密度の高い都市活動がなされるサービス業が立地することを想定すれば、熱併給発電や水畜熱、低温熱利用システムなどの転換装置としての代替案は拡大される。しかも、ますます、水、廃棄物、熱、エネルギーなどの代謝物の相互のやりとりが盛んとなり、組み合わせとその産出

物の資源化水準は多様かつ高質となる。

地区循環形成の将来像は、再資源化のための複合産業団地はもちろんのこと、オリンピックや博覧会などの大型地域開発においても示されている。今後、さらに環境低負荷型の地域形成もしくは産業複合体の形成の動機づけは強くなる。その意味で、本研究によって循環複合体の中核をなす転換技術の開発と複合体形成の手順と評価の見通しが得られることが大いに期待されている。

実験地の工場の主要な製品のひとつはポンプであり、また、工場内にも多くの自社製ポンプが用いられていた。また、敷地面積1haあたりの年間電力消費百万キロワット時の約13%がポンプに由来し、その割合は照明や空調と同程度であった。まず、ポンプの環境保全性能をいくつかの次元にわけて考察し、そのうち、製品の素材面での資源消費とライフサイクルでみた二酸化炭素排出量、回収後の修理と再生品の出荷を容易にするエコ・デザインに注目した。

鋳鉄の素材をステンレス製に変え、多段容量をインバーター制御に変えることによって、重量すなわち非更新性資源消費量は約5分の1に、また、素材製造から運用段階まで含めたエネルギー消費でも約65%程度にまで減少させることができることを、LCA分析の結果は示している。他方でリサイクル対応のエコ・デザインは製造工程の逆工場化によって効果をもたらすので、その結果を直接に推定するのは容易ではないが、幅広い用途への利用を可能にしつつ少品種化によりコストダウンも同時にはかることができる。

つぎに、図-3は農工連携循環を従来型と比較し

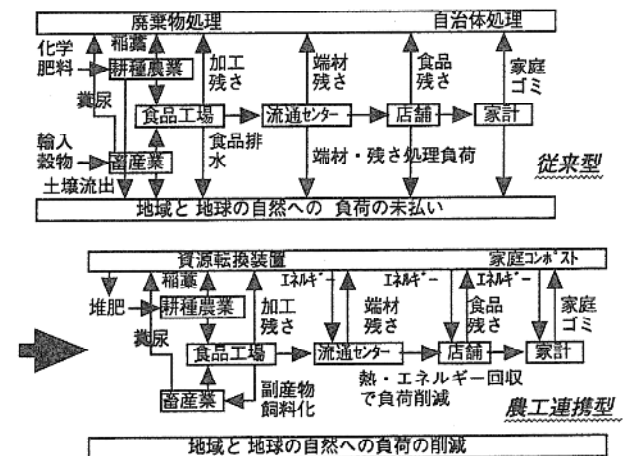
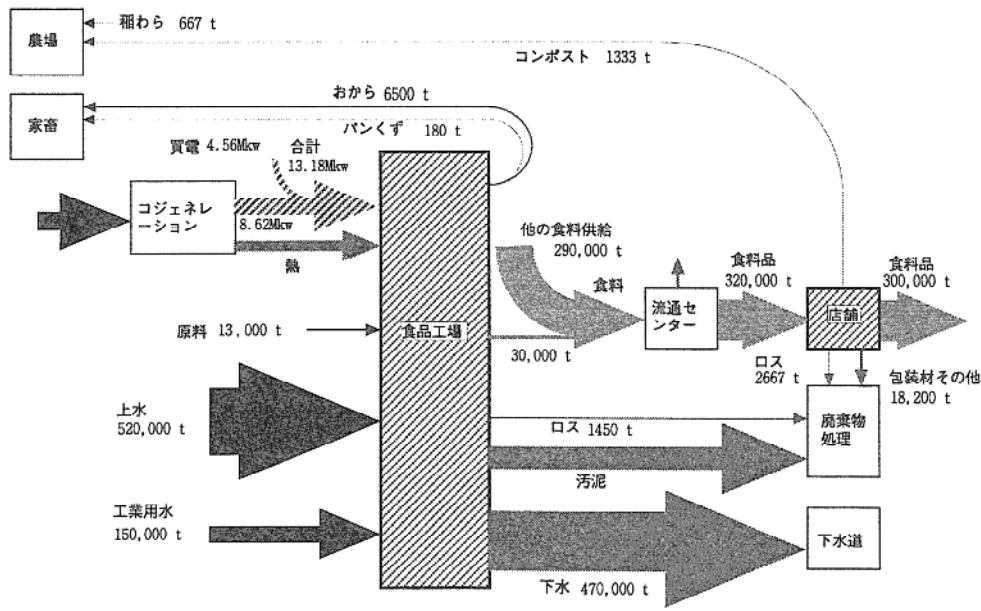


図-3 従来型と比較した農工連携循環



注) 年間のフローである。

図-4 コープこうべのフードシステムにおけるマテリアルフロー

で示している。食品工場や流通センターなどと農場との間で機能する転換装置として注目しているのは、堆肥化装置や有機酸などの有用成分を回収する装置、さらにガス化したり飼料として衛生的に水分などを調整する装置などである。

転換装置を通して農業生産に要する資源を再生して利用するとすれば、一般的には新規資源を用いて農業生産向けの同等の資材をつくる案との比較をおこなって、エネルギー節約分や環境負荷低減量を評価することになる。ただ、飼料穀物の供給では船舶輸送によって結果として環境負荷の低減がはかられるので、有機回収飼料の優位性はむしろ栄養バランスに認められる。一方、残渣由来の有機堆肥と競合する林産チップなど有機副産物から製造された堆肥も、二酸化炭素発生量で見れば、他の案でそれほど明確な差異を示すものではない。

以上のことから、農業側の堆肥と飼料として活用するには、まずは、地域における有機副産物の占める位置を明確にすることが必要と思われる。ちなみに、図-4 はそのような物質の収支図の一例であり、製品や物質のフローの管理(Product or Substance Chain Management)を検討する際の基礎である。図-4 のうち、当面は食品工場の入出力や店舗等での有機残渣に着目して循環形成をはかっている。

詳細は別の機会に譲ることとして、地球総合工学

系のインフラ整備に関係の深い都市更新についての取り組みを紹介して解説を終わりたい。まず、都市の構造物や基盤施設を世紀のスケールで更新しながら、その過程で環境負荷を小さくしてゆくことは、持続可能な経済社会を築く上で大きな課題である。

従来のように短期間で取り壊して、しかも供用時に多くの環境負荷を与えるような都市開発の方式にかわって、むしろ、建設時には投資額や資源消費などの面で不利であっても、ライフサイクルで評価

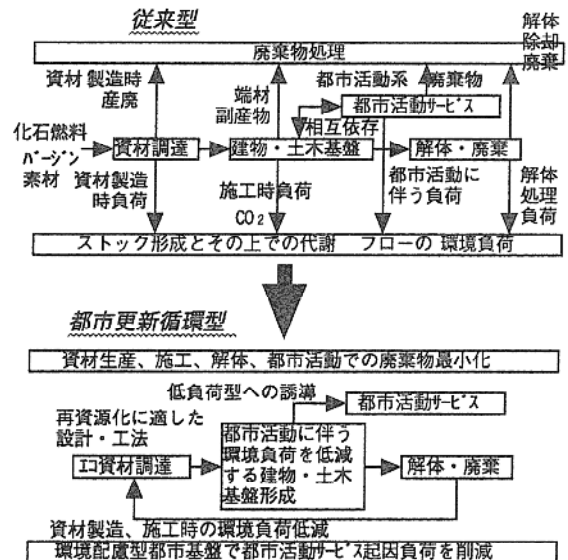


図-5 従来型と比較した循環型都市更新

すればトータルで環境負荷が小さくなるような都市更新のモデルをシミュレーション技術を用いて開発しようとしている。従来型との比較を図-5に示す。対象地区は大阪市中心部の中之島西部(約33ha)で、現状の建物が容積率600%に更新される標準延長ケースを比較対象に100年間のライフサイクル負荷を推定した。結果の一例を図-6に示す。

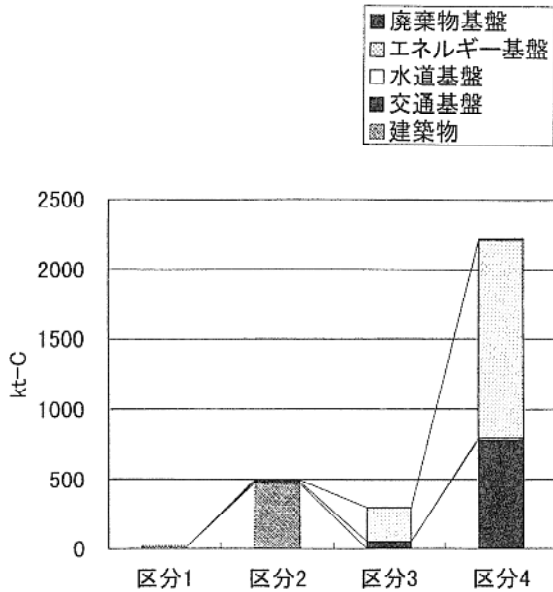


図-6 2000年-2049年都市集積地区からの区分別総CO2排出量

予想通りではあるが、都市基盤などの建設時の資材や工事中のエネルギー消費にともなう二酸化炭素排出量よりも、それらの供用・運用時に地区外で排出される二酸化炭素排出量(区分4)が大きいことが示されている。とりわけ、事務所ビル等の建設による照明や空調にともなう環境負荷や誘発交通のうち道路を利用する車からの環境負荷が占める割合が大きいことが目立っている。

環境負荷を減少させる戦略は、大きくは構造物マネジメント、基盤マネジメント、都市マネジメント、エネルギー・マネジメントなどに大別される。その結果の比較の一例を図-7に示している。すなわち、建築物のみに限定すれば、エコ・マテリアルの使用、建物共同化などとともに、やはり電気や熱エネルギーの建物設備レベルの省エネをビル単体から建築物群、地区レベルに拡張してゆくことの重要性が読みとれる。

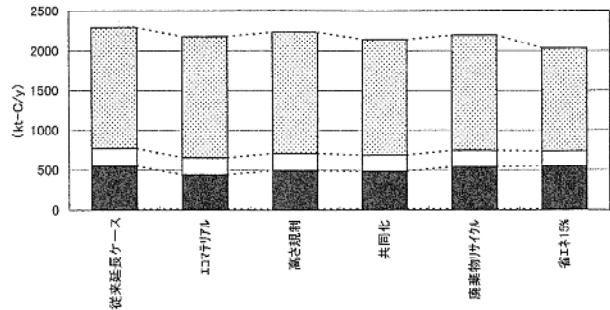
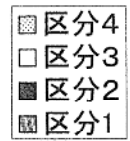


図-7 計画エレメントによる建築物のライフサイクルCO2比較
注) 各施策に基づいて施設更新(平均法定容積率600%まで施設立地すると仮定した上での1996年以降50年間の平均)

本研究では、地区レベルの都市環境システムを設計、評価するシミュレーション・システムの開発をめざして、都市更新の汎用ソフトウェアとして公開し、将来は、協調設計の水準へと高めてゆきたい。

5. 今後の研究の進め方

言うまでもなく、この研究は特定の社会実験地での実物を対象とした第一段階の調査研究から、第二にモデルとしての循環複合体の機能と構成を研究する段階に進め、さらに第三段階として実際の具体化を含む一般化をめざしている。第一段階の成果いくつかの英文論文にまとめているが、ここでは、手に入りやすい新刊書籍の盛岡通編著の「産業社会は廃棄物ゼロをめざす(森北出版、1998年12月刊)」を紹介するにとどめたい。

国際的には「持続可能な生産と消費」や「地球的規模の環境変化の人間社会的側面の研究と産業転換(IHDP-IT)」,あるいは「ファクター・テン・クラブ」や「産業グリーン化ネットワーク(GIN)」などの潮流がますます速く太くなっている。これらの国際的取り組みと連携して本プロジェクト研究を進展させたいと考えている。