

地方中核的都市郊外に立地する大規模農業公園と 都市地域に発生する生ごみ処理施設の 複合整備構想に関する研究

立命館大学 春名 攻^{*1}
立命館大学理工学研究科 中島 弘樹^{*2}
By Mamoru HARUNA, Hiroki NAKAJIMA

近年、我が国における地方都市郊外部では、農業地帯における都市化は秩序だった形で行われているとは言い難い。特に大都市圏近郊の地方都市においては、都市化による土地利用の変化に伴い従来農地であった土地が、遊休地、休耕地となり低利用・未利用地となり、農業社会の縮小に拍車をかけている。我々は従来この問題に対して、農業構造改善事業の一環として、地元農家参加型の大規模農業公園開発事業を進め、若年者から高齢者が参画出来る農業地域とその都市化のための都市整備に関して研究を進めてきた。一方、対象とするような地方都市の一般廃棄物処理システム整備の問題においては、生ごみが処理効率を低下させる原因として取り上げられてきた。

本研究では、両者の整備計画課題を複合的に取り扱う研究として、従来と同様な流れに従う大規模農業公園整備を契機とする田園地域の都市整備に加え、農業公園に併設する地方自治体内の生ごみ処理施設の複合整備に対して、計画論的・システム論的実証研究を行うこととした。なお、複合的に併設する生ごみ処理システムの計画検討においては、農業振興とコンポスト施用先確保の有効方策として、大規模農業公園と生ごみ処理施設を複合的に整備することが望ましいと考え、複合整備計画モデルを使って最も合理的な計画策定のためのシステム論的計画分析を行い、有効性を検討することとする。

【キーワード】大規模農業公園、生ごみ処理システム、施設整備計画

1. はじめに

現在、農業に目を向けると、青年の農業離れによる農業人口の減少、農業労働力の高齢化・都市部への流出、休耕地の増加、経営面における収益性や効率性など、地方都市における農業は多くの問題を抱えている。これに拍車を掛けるように経済の「国際化」の進展によって、輸入食料・食品が増加し、農業の縮小生産の方向が強化されている。

また、都市から排出される廃棄物の内容の多様化に伴い、処理方法の複雑化の進展も著しく、廃棄物の計画的処理、減量化・リサイクルなどの合理的処理システム化の問題は大変大きな課題となっている。特に、可燃性ごみの約3割を占める生ごみは、従来農業資材として利用されてきたが、農業社会の縮小を始め様々な要因から物質循環利用の輪が途切れ、その大半が焼却処理される結果になり燃焼の非効率化を招き、ダイオキシン等の発生原因となり、処理を困難なものとさせている。

本研究では、この両者の課題をあわせて解決するため、地方自治体における『生ゴミ再生資源の利用先確保と有機農業を契機とした農業振興』のための

*1 立命館大学理工学部環境システム工学科
(TEL 077-561-2736, FAX 077-561-2667)

*2 立命館大学大学院理工学研究科
(TEL 077-561-2736, FAX 077-561-2667)

一つの有効方策として「地域農家を中心とする地域住民・企業参加型の大規模農業公園開発・経営」を構想した。なお、ここで述べる大規模農業公園とは、農業を核とした第一次産業、農作物を加工する第二次産業、観光農園や農産品直販と言う第三次産業など、各種産業の活性化を目的とした施設と定義している。以下においては、この大規模農業公園化の問題と公園内施設の生ごみ処理施設の複合整備計画モデルを構築し、このモデルを使って最適計画策定のためのシステム論的計画分析を行い、このアイデアの有効性を実証することとする。

2. 大規模農業公園に関する考察

(1) 大規模農業公園の重要性に関する考察

a) 地域活性化の展開

近年、都市住民の間で、農山村の持つ美しい景観や豊かな自然に対し、「ゆとり」・「安らぎ」・「いやし」などを求める動きが強まっている。また、新鮮・安全・安価な農産物のニーズも高まっており、多くの農山村地域では、これらの都市住民の意向に依拠した都市農村交流に地域再生の期待をかけ、地域農業の再構築、地域活性化に取り組んでいる。行政面でも都市農村交流を農村地域活性化の重要な方策として位置づけ、都市農村交流に対するさまざまな支援措置、各種関連補助事業を展開するようになった。

b) 大規模農業公園整備の必要性に関する考察

地域活性化を念頭においた地域農業の再構築にあたっては、訪れた都市生活者が見学・体験できる「体験農場」や「見学畜舎・牧場」などの設置とその運営主体の確立、安心して買い求めることができる新鮮で安全な農作物・加工品を販売する「直売店」などの設置とその運営主体の確立、当該施設に新鮮で安全な農作物・加工品を供給する生産者の組織化、そしてさらに、訪れた都市生活者が新鮮で安全な地域の個性的な農作物・加工品を直接味わうことのできる飲食サービス施設の設置とその運営主体の確立といったことが地域の再構築には必要となっている。

また、都市から排出された厨芥類を堆肥化することによって、大規模農業公園に施用することにより、ごみ処理問題の解消にも大きく貢献できると同時に有機農業の促進が可能である。堆肥化施設も大規模

農業公園に立地させる事により、周辺住民へ与える不快感を最低限に抑える事ができるうえ、堆肥の搬出に関しても公園内で堆肥などとして消費するため、運搬距離も最低限で済む。

この様に様々な要素を備えたものが、農業関連集客施設である大規模農業公園であり、地域活性化、地域農業を再構築させるため、地域整備プロジェクトの1つの事例として、必要性は十分にあると考えられる。

ここで、農業関連集客施設である大規模農業公園とは、農業に新たな観光を取り入れて地元農家と一体となって、市民に新鮮で安全な農産物の安定的な供給と共に、新しい憩いと安らぎの場の提供、自然とのふれあいを通じて様々な地域の住民と地元住民のレクリエーション交流の場、体験学習の場、先駆的農業のモデルゾーンの創造、地場産品の加工・販売の促進、地元資源の有効利用などを目的として整備した施設である。

(2) 地方都市における大規模農業公園の開発方針に関する考察

a) 地方都市における大規模農業公園開発のあり方に関する考察

地方都市における大規模農業公園開発事業を契機とした、地方都市の再構築・地域活性化のための重要性についての考察を前述した。このような認識のもとでの大規模農業公園開発事業のあり方としては、次のような要件を満たす開発を追求すべきであると考える。

① 居住環境への考慮

地方都市の市町村における開発では、地域内の環境保全を前提とした開発プロジェクト用地の確保と開発を行うと同時に、周辺住民の良好な居住環境および定住条件の整備に関する配慮や現在の居住環境を悪化させないような配慮を行う必要がある。

② 社会基盤の充実

大規模農業公園開発プロジェクトでは、新規に立地される産業や地場産業の振興のための産業用地開発に伴い定住者が増加すると予想される。そのため他地域からの就業者の受け皿となる条件（都市的生活を行いうる条件）作りを行う必要がある。また開発以前の住民社会にも活用できる条件（生活活動に関する条件・施設）を整備することが必要である。

③ 農業就業者の確保

農業就業者としては、以前からの高齢労働者を含む専業農業者は言うまでもないが、大規模農業公園の開発によりUターンをしてきた農業世帯の壮者や他地方出身者などで、新規産業などの他産業に働きながら農業に従事しようとするものが考えられる。つまり、農業に①、②の施策によって定住する農業就業人口を増加・確保させようとするものであり、「兼業体制の確立とその支援システムの確立」は、地方都市社会システムの保全のためには重要な課題であると言える。

④ 農業の高度化

また、このような1次産業と他産業の専業・兼業体制の混合体制の下では、

- ・専業農家の大規模化・効率的農業経営の促進
- ・農業の付加価値の高い生産（種類）への転換
- ・商品流通の効率化（直販その他）

も同時に促進すべきであり、特に2番目の点に関しては、大規模農業公園と生ごみ堆肥の関連づけにおいて非常に有効であると考えられる。

⑤ 計画的環境保全

また、農地や山地が利用されないまま放置される状況はさけ、何らかの利用（例えば、森林公園や観光農園の利用など）を行うことにより活用しながら保全していくことが大切である。また、利用されることで環境悪化をさせないために、下水道やゴミ処理システムなどを地域として具備するようにする（財源も確保する＝利用・開発者に負担させる）ことも重要である。

すなわち、地方都市の市町村での大規模農業公園開発プロジェクトでは、都市的機能を有する自立性の高い地域開発と、雇用力の大きな産業の立地・育成（地場産業も含む）の為の地域開発をワンセットで考えるとともに、以上のような新しい展開を活用した定住型農業就業者の人口確保とその実現のための兼業体制・その支援システムの確立や、専業農業を含む農業経営の改善が前記の②のような側面で促進されるべきであると考えられる。

これらの考えを踏まえ、大規模農業公園開発事業を企画・構想することにより、地方都市の新しい社会システムが（その地方都市の環境、風土など破壊してしまうことなく）確立されることとなり、自然

環境と社会環境活動が融合した長期的視点からみた環境保全型の開発となるであろう。

b) 農業公園における生ごみ処理施設設置に関する有効性の検討

詳細については後ほど記述するが、生ごみの大部分は焼却処理あるいは直接埋め立て処分に回されているのが現状である。そのため農林水産省は、地域リサイクルシステム確立事業の一環として、リサイクル推進のソフト事業とコンポストセンター整備のハード事業への助成を開始した。そこで生ごみ処理施設を農業公園に設置するなら、まとまった用地の確保が比較的容易である。また、臭気の問題も農地であれば、堆肥と言う観点で肥料の臭いとして取り扱えるので、それほど気にならないだろう。しかし、注意しなければいけない点は観光農園や集客施設に隣接する形で設置しないことだろう。来訪者にとって不快感を与えない事を最も重視しなければいけない。

また、農業公園ならばまとまった量の堆肥を消費する事も可能であり、農地に生ごみ堆肥を施用することにより有機農業の促進につながる。同時に生ごみ分別回収に協力することにより、住民の環境に対する意識を向上させる事につながる。また、こうした住民の協力が農業に生かされることにより、農業に対する関心も高まると考えられ、自分たちが排出した生ごみを堆肥化し、堆肥を用いて栽培された農作物を積極的に購入し、農業振興に前向きな協力が得られるものと考えられる。こういった要因より、農業公園に住民から回収した生ごみを堆肥化し、施用する事は非常に意味のある事だと考えられる。

(3) 地域整備プロジェクトの展開に関する考察

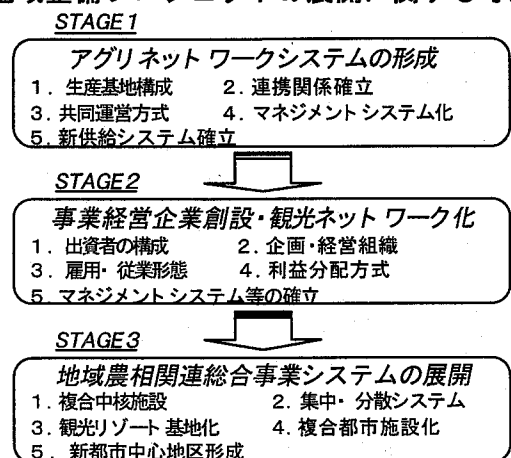


図-1 地域整備プロジェクトの3ステージ

a) 地域整備プロジェクトの展開の考え方

本研究では社会的ニーズに沿った、農業を主体とする地方都市における地域構造を考慮して、田園・農村地域の地域整備プロジェクトの整備段階を3つのステージに分類し、展開を図に示した。(図-1 参照) 段階分けの理由として、農業の合理化→農業の付加価値付け→新たな田園都市の展開をし、それぞれのステージのこの整備プロジェクトは段階的に整備する必要があると考えた。そこで、以下のように各整備段階について考察と理由を述べる。

① 第1ステージ

個々の既存農業生産を協調的に行うための合理化方策として、計画的作物生産・集荷のための農産物需要に関する情報収集、情報利用のための情報基地の整備、作業効率化のための共同集荷・保管・出荷体制の確立、人材・機器・農薬の共同調達・利用システムの確立等の分野での協調的運営体制を、農協を中心とする第3セクターによるアグリネットを実施し、収益性と採算性の向上が実現できる企業システムの体制として確立するステージをめざす必要がある。またアグリネット体制は、複数の自治体を含むものとする。

② 第2ステージ

地域における個々の農業生産基地ネットワーク化において、個々の生産基地を余暇時代に適合した観光・リゾート集客施設化する部分を創設または改造して、他地域・他地方からの集客をめざす。さらに訪問客を消費者と捉え、その人々を対象にした作物生産・製品加工・商品販売・サービス提供を一貫性のあるシステムとして複合化して企業化を促進することにより、安定的で計画的な事業運営が可能な効率的で機動力のある企業体制を確立し、生産性・採算性の高い総合的農業展開をめざすステージとする。

③ 第3ステージ

集客性の高い核施設や、消費・需要に柔軟に対応し得る新体制生産基地の地域内分散配置が行われた後、それらを統括する役割をもつ大規模・複合型総合農業公園施設を整備し、地域農業事業全体の中核・中枢施設として位置づけ、地域全体での農業関連事業の「集中・分散体系」を完成させる。この中核・中枢施設では、地域内観光・リゾート基地機能の整備や、農作物とその加工品などの直販・発送のため

の商業・流通施設整備に加え、地域の学術・文化・交流施設などの複合的都市施設を整備して、既存中心地区とデュアルモードを構成する新都市中心地区形成を促進させる。即ち、この最後の段階は地域を新しいタイプの地方田園都市へと展開を図るステージをめざす。この中核的・複合型農業公園を中心とした地域整備概念図を図-2に示す。

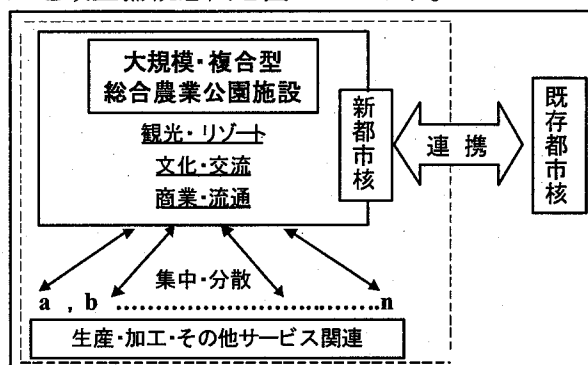


図-2 大規模中核的・複合型農業公園を中心とした地域整備概念図

b) 営農構造の認識

本研究では、従来の営農方式を以下のように認識する。

- ・営農は全て家族経営で行われており、生産手段は全て自家で所有している。
 - ・販売用作物は米の単一作付けか、あるいは野菜との複合である。
 - ・生産面積は一人あたりの労働時間で決定され、その労働時間は機械導入と人力のみとに分類できる。
 - ・単位面積あたりの土地生産能力は一定である。
 - ・営農者は自家で生産緑地の固定資産税を負担する。
- これを図化すると図-3のようになる。

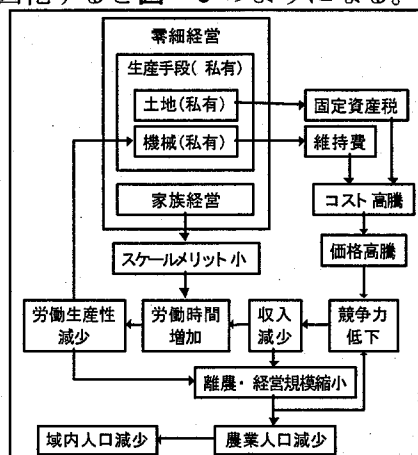


図-3 過去の農営構造

ここで農業人口の減少が生じることにより、他産業への転職が考えられる。他産業に従事する際に、現

在居住する土地に生活する動機が減少するので、他地域へ転出することも生じ、結果として人口減少、それに伴う人口構成のアンバランスが生じる。地域の良好な発展を考えると、このような人口減少と人口構成のアンバランスを伴う現象は避けなければならない。

さて、地域開発の視点からこの営農構造を改善するためには、まず家族経営からスケールメリットを活かした集団経営に切り替える方式を検討することが考えられる。しかし株式会社経営にしても、各参加農家の土地私有を廃止し、会社で全て所有するという形態は現実的に困難である。仮に行なった場合、従来の土地所有者である農家は農業を行う動機を失い、結果的に不労所得者となるか、ないしは他産業へ転職してしまう動機を与えることになるからである。この様な点を考慮すると、集団経営方式で運営する場合の経営は以下のように進める必要があると考えられる。本研究では仮に地域農業振興株式会社（以下“会社”と呼ぶことにする）というような団体を仮定して論を進めることとする。

*会社の運営方針は、営農者の所得の向上と、労働生産性の向上、そして農業従事者数の維持・拡大であり、その達成のためには生産性を向上させ、他所との価格競争に耐えうる農業構造を創造するものとする。

*会社での農業従事者（以下“社員”と呼ぶことにする）は、地域内の営農者であるものとする。

*社員の一部あるいは全ては会社経営の農地の所有者であり、株主である。株は各社員の提供した土地・出資金に応じて配分され、会社の収益の一部をその株所有高に応じて配分されるものとする。

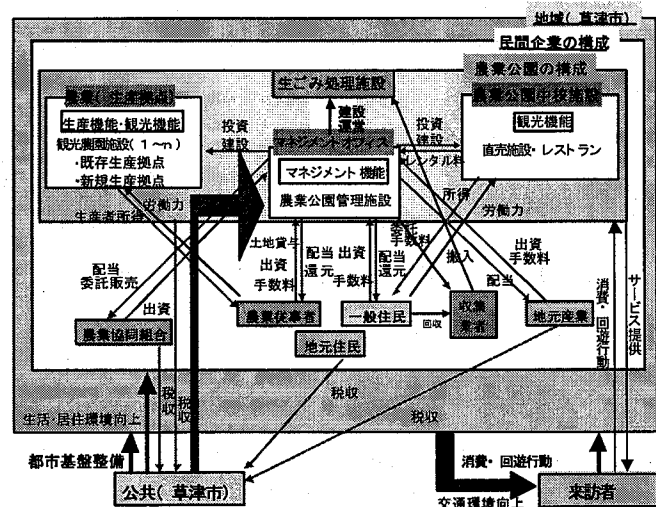
*社員は労働対価として労働時間に応じた所得を得るものとする。

ここで、この会社の生産物の販売先が問題として生じる。一般的には、生産物のほとんどが地元農協によって集配され、各地の青果市場ないしは契約先の卸売り・小売店に販売されている。ここでは他地域の商品とのシェア争いを行うのは、地域外ではなく、地域内が対象であると考え。地域計画の立場から考えれば、消費者にとっては安価で良質な（少なくとも他地域で生産された商品と同等の質の）食材を提供されることは、その地域に住むことに対す

る大きなメリットであり、生産者にとっては需要が確実かつ迅速に把握されることで、生産調整など生産合理化に与えるメリットは大きく、また輸送費などの諸費用は安価と考えられる。故に会社での販売先はまず、地域内に限定して競争力をつけることが必要であると設定する。

次に、単一栽培で社員全てに対価を支払うことができず（すなわち余剰人員を抱える）、なおかつ低利用地（休耕地）を抱えている場合、その低利用地も利用して、生産物の多角化を図ることが考えられる。このとき、社員全員に労働単価が支払われるか、ないしは低利用地をも含めた全ての土地が利用されてしまうかのいずれかの状態まで、事業拡張の余地があるといえる。

さらに余剰人員、あるいは低利用地を有する場合は、作付け転換を検討する必要がある。余剰人員を抱える場合は、より高付加価値の作物に転換することが考えられる。低利用地が存在する場合も、高付加価値のある作物に転換し、株主への分配所得の向上を図る、あるいは社員全体の分配所得の向上を図るなどの方策が検討されることとなる。以上の経営



の流れを図-4に示す。

図-4 農業公園の経営概念図

3. 我が国における厨芥類処理に関する考察

生ゴミ処理に関する現況として、環境省によると、平成13年度に発生したごみの総排出量は約5210万トンで、この内厨芥類の割合は約34%（1793万

トン) となっている。内訳は家庭系からの排出が 1241 万 t、事業系からの排出は 552 万 t となっている。国民一人当りの厨芥類排出量は約 139 kg となっている。

処理方法に目を向けると、レストランや学校、病院などから出される残飯等の事業所系生ごみは、焼却処分されている割合が 87%、堆肥化などによる再生利用は 13% となっている。この値は食品リサイクル法の施行により、平成 18 年度までに再生利用等による実施率の 20% を未達成の場合、企業名の公表、罰金等の罰則が適用されることとなっている為、今後は再利用の割合が増加する事が見込まれる。しかし、家庭系から排出される厨芥類の再生利用の割合は 1% に過ぎず、99% が焼却されていることになる。これらの生ごみの大部分は焼却処理あるいは直接埋め立て処分に回されているのが現状で、コンポスト化は一部の都市で実験的に行なわれている、又は一部の家庭が家庭用コンポスターを利用しているに過ぎない。農林水産省は、地域リサイクルシステム確立事業の一環として、農協あるいは市町村などを主な対象として、生ごみを含む未利用有機資源のリサイクル推進のソフト事業とコンポストセンター整備のハード事業への助成を、平成 8 年度より開始した。この事業には市民グループや企業が直接参加するのは難しいが、生協は参加できる方向で検討が進められており、今後さらに事業対象の弾力的な拡大が期待されている。

4. 生ごみ処理システム計画モデルの定式化と実証的

(1) 分析生ごみ処理システム計画に関する検討

本研究では、農業公園内に、リサイクル型社会構築の一環である生ごみ処理システムを提案し、排出、収集運搬、処理、再利用の各段階において検討していくこととする。これは、生ごみ処理システムが住民にとって嫌悪感を抱かせるものであると考えるからである。そして、生ごみ処理システムを既存の一般廃棄物処理施設に付帯させるより、農業公園内に設置したほうが住民の嫌悪感を和らげ、効率的・効果的な生ごみ処理が行えと考えられる。また、農業公園内にて生ごみのコンポスト化を行うことで生成

された堆肥をそのまま農業公園内で利用できるため、外部との運搬費等の削減にもつながり効率的である。生ごみ処理システムの各段階を以下に示す。

排出段階においては、各家庭で生ごみを可燃ごみから分別し指定の袋にいれ各ステーションへ指定された日に排出するとする。

収集運搬段階においては、収集車が指定の日に各ステーションから収集し、農業公園内のコンポスト施設まで運搬する。

処理段階においては、集められた生ごみを高速堆肥化处理などの適切な方法で堆肥化する。

再生品利用段階においては、生成された堆肥を農業公園内で肥料・製品として利用・販売し、余剰分は市民還元、農協に委託販売、公共事業等に利用する。

各段階において、参考文献 12) より構築された生ごみ処理施設計画モデルを使用した。排出された家庭系一般廃棄物中の生ごみを計画期間 T において処理・リサイクルされる過程を想定したとき、コンポスト処理施設をどのくらいの規模で建設し、運営していくのかを計画期間 T でのトータルコストの最小化を目的関数として決定するモデルである。

生ごみ処理施設計画モデルは図 5 にも示す通り、「収集・運搬計画モデル」、「処理施設整備計画モデル」及び「排出量推計モデル」の 3 つのモデルから構成される。以下に、各モデルの概要を記す。

まず、「収集・運搬計画モデル」は、あるゾーン内において最適な収集・運搬ルート、及び収集・運搬コスト、処理施設に運ばれるごみ量を算出するモデルである。

モデルへの INPUT 情報としては、ゾーン内における収集車の積荷(ごみ)が積載限界量を超えた場合にその積荷を運び入れる施設の場所と施設の種類と施設の処理能力限界量である。このモデルからの OUTPUT として、ゾーン内での最小収集・運搬費用が算出され、この OUTPUT 情報が「処理施設整備計画モデル」へ INPUT される。

次に「処理施設整備計画モデル」は、INPUT 情報としては、「収集・運搬計画モデル」の OUTPUT 情報である各期における各処理施設で処理されるごみ量及びエリア全体の収集運搬費用が入り、この「処理施設計画モデル」の OUTPUT が本モデルで導出する生

ごみ処理システム計画モデルの最適計画である計画期間内の処理施設建設費用、処理施設運営・管理費用、収集・運搬費用そして対象地の財源から推測するその総費用の償還のトラジェクトリである。

最後に「排出量推計モデル」では、各ゾーンでの世帯数及び世帯規模の割合を INPUT 情報、各ごみの排出量を OUTPUT 情報として「収集・運搬計画モデル」へ入力する。ここで、この複雑な情報交換によって成り立っている本モデルを簡単に説明すると以下の様になる。

すなわち、「処理施設整備計画モデル」では、計画変数のパターン数分だけエリア内の総収集・運搬費用を計算する必要がある、それを求めるモデルがエリア内収集・運搬モデルである。従って、施設の立地状況ごと処理施設整備計画モデルから収集・運搬モデルへと施設立地状況が INPUT 情報として送られ、収集・運搬計画モデルからはその都度、処理施設計画モデルへエリア内の最適収集・運搬費用が OUTPUT されてくる。また、参考文献 12) において、施設の規模、施設の数によるパターン分けが行われているが、本研究においては、パターンの中で農業地帯における適用結果を用いることとした。

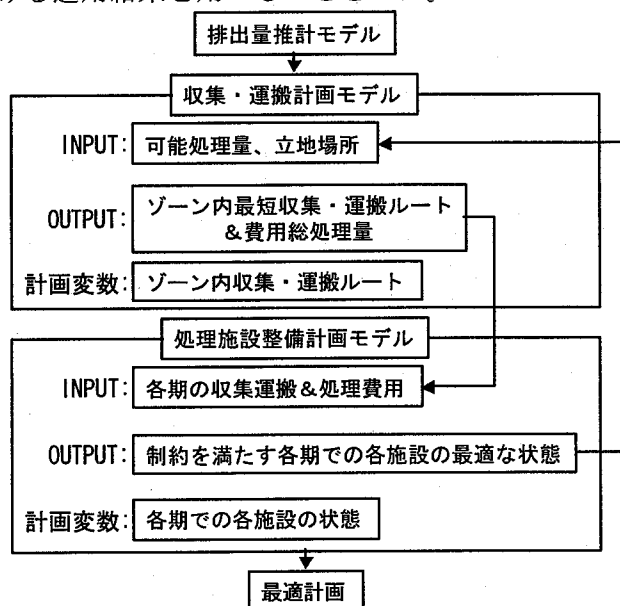


図-5 生ゴミ処理システム計画モデルの概要

(2) ゴミ処理施設整備計画モデルの定式化

a) 排出量推計モデルの定式化

ごみ処理基本計画として総合していく場合、ごみの処理プロセスの上流部分である排出段階における諸事項を十分検討することは必要不可欠である。特に、発生量もしくは排出量は、それが見込み量であ

ろうとも後の計画収集量や処理量、そして施設整備量に大いに影響を与える要因である。ごみ発生量もしくは排出量はある程度正確に推計し、将来量を把握することは、廃棄物処理計画の中でも重要な位置を占めている。

一般的なごみ排出量の予測方法としては、①中間施設への収集ごみ量・直接搬入量の実績から各排出原単位の実績を算出し、これとは別に、②人口の実績から処理区内の人口の予測をおこない、計画処理人口を算出し、この①②2つの算出量から、ごみの排出量の予測をおこなう方法が一般的である。

本研究では家庭系の一般廃棄物に関して、その排出原単位には、各種社会経済指標や世帯属性のみならず、排出者である住民のごみの分別や減量に関する意識も大いに影響してくるものと考ええる。

住民の環境に対する意識や分別排出、減量化に取り組む姿勢や意識が排出原単位にどう影響するのかということの定量的把握については、参考文献 12) にて行われている。よって本研究では目的変数を排出原単位 (t/世帯・年) とし、説明変数を住民のごみ排出に関する意識とした家庭系一般廃棄物排出原単位として、排出量推計モデルを構築することとした。

家庭系排出原単位は、排出者の減量意識レベルと公共政策である費用負担額で説明されると仮定する。

また、参考文献 12) で、世帯規模により排出原単位は異なるということがわかっているので、セグメント別 (一人世帯、二人世帯、三人世帯、四人世帯、五人以上の世帯) に排出原単位を設定することとした。

まず、一般家庭からの年間排出量原単位である排出原単位 (t/世帯・年) を用いた家庭系厨芥類排出量推計モデルを以下のように定式化した。

市町村レベルをエリア: e 、学区などの一定範囲の地区レベルをリージョン: re と定義すると、

$$W_{house}^{re}(t) = \sum_{n \in N} q_{house}^n(t) \cdot S_{re}^n(t) \quad (4-2-1)$$

$W_{house}^{re}(t)$: t 期にリージョン re 内から排出される家庭系厨芥類の年間排出量 (t/年)

$q_{house}^n(t)$: n 人世帯における家庭系厨芥類の排出
原単位 (t/世帯・年) (4-2-2)

$S_{re}^n(t)$: t 期にリージョン re 内における n 人世帯
の数 $n=1\sim5$

ここで排出原単位 q_{house}^n は排出者の減量化意識レベルに影響され、そして減量化の意識レベルは、公共の廃棄物処理施策の一つである有料化政策により変動するものと仮定すると、減量化意識レベルと排出原単位および減量化意識レベルと住民の廃棄物負担額は互いに対数関数形に近似できるため、以下のように定式化することが出来る。

$$q_{house}^n = f(u) = \alpha \ln(u) + \beta \quad (4-2-3)$$

u : 家庭系厨芥類を排出する際の住民の減量化レベル

α, β : (4-2-3)式における各パラメータ

$$u = f'(c_{char}) = \alpha' \ln(c_{char}) + \beta' \quad (4-2-4)$$

c_{char} : 袋従量制における厨芥類を収集するごみ袋
一袋あたりの金額 (円)

α', β' : (4-2-4)式における各パラメータ

b) 収集運搬モデルの定式化

収集運搬は生ごみの処理システム過程の中で、最もコスト高となる過程である。一般的な廃棄物処理事業においても、事業費の 5 割程度がこの収集運搬段階で費やされている。

故に、収集運搬計画における最大の課題は、いかにコストを下げるかということである。

本モデルでは各ごみステーションから処理施設に生ごみを収集運搬する際、陸運費と積み替え費の和で求まる収集運搬費用を最小とする問題として定式化をおこなうこととした。

次に収集運搬モデルを構成する要因についての詳細設定を記述する。

- ・収集車基地の場所、各ごみ排出ステーションの数、場所およびそこから排出されるごみ排出量、単位距離当たりの収集運搬費用、収集車の平均速度、収集車のごみ積載限界量は与件とする。

- ・対象地内の各車両基地、中間処理施設、中継施設の状態 (場所、規模、可能容処理量) は与件とする。

- ・1ゾーンは各ごみの収集車 1 台が、1 日 (8 時間) で回りきれぬ収集ステーションの集合とする。

- ・ここで中間処理施設というのは、収集されたごみをいったん保管および大型の収集車に積み替える施設を指す。

- ・なお、ここでの収集ステーション間の経路は収集車が走行可能な最も短いルートを選択している。

- ・ここでは、便宜上交通渋滞に関しては考慮しないこととする。

【目的関数】

$$\sum_{i,j} c_{ij} \cdot \delta_{ij} + s \times r \rightarrow \min \cdots \textcircled{1} \quad (i \neq j)$$

制約式

$$\sum_{i \neq i'} \delta_{ij} = 1 \quad i' : \text{中継施設もしくは中間処理施設} \cdots \textcircled{2}$$

$$\sum_{j \neq j'} \delta_{ij} = 1 \quad j' : \text{中継施設もしくは中間処理施設} \cdots \textcircled{3}$$

$$u_i - u_j + n \delta_{ij} \leq n - 1 \quad i, j = 0, 1, \dots, n \quad (i < j)$$

$$\sum_{i \in I_z''} w_i \leq b' \cdots \textcircled{4} \quad \sum_{i \in I_z} w_i^k \leq b_k \cdots \textcircled{5}$$

定義

c_{ij} : ゾーン内ステーション i から j までの収集運搬
コスト

δ_{ij} : ルート ij を選択する時 1、しないとき 0 のク
ロネッカーデルタ

w_i : ステーション i でのごみ排出量 (t)

w_i^k : ステーション i で排出されたごみのうち、施設
 k に運ばれたごみ量 (t)

b' : 車両積載限界量 (t)

b_k : 施設 k の限界処理量 (t)

u_i : 収集車が収集ステーション i に到着する際、始

点から t 番目にある時、 $u_i = t$ となる補助変数

n : ゾーン内の収集ステーションの総数

s : 収集車の台数

r : 収集車 1 台の維持管理費

< 収集運搬費用 c_{ij} の設定 >

ごみの質量 X 、単位容積あたりの質量 a_n (t/m³)、

運搬距離 d_{ij} 、とすると陸運費 (人件費 + 燃料費) c'_{ij}

は単位容積あたりの陸運費を

$$c'_{ij} = 40d_{ij} + 60 \text{ (円/m}^3\text{)} \text{ とすると}$$

$$c'_{ij} = c''_{ij} * X / a_i \text{ (円)} \text{ で求められる。}$$

また、積み替え費 c'''_{ij} は

$$c'''_{ij} = 270X / a_i \text{ (円)} \text{ と設定する。}$$

つまり、 c_{ij} は $c_{ij} = c'_{ij} + c'''_{ij}$ (円) となる。

c) 生ごみ処理施設立地計画モデルの定式化

本研究で構築する生ごみ処理施設計画モデルは、排出された家庭系一般廃棄物中の生ごみを計画期間 T においてコンポスト処理・リサイクルされる過程を想定したとき、コンポスト処理施設をどのくらいの規模で建設し、運営していくのかを計画期間 T でのトータルコストの最小化を目的関数として決定するモデルである。

本研究では、リサイクル型社会に適合した生ごみ処理システムを極力安価に構築しマネジメントしていくため、目的関数を生ごみ処理システム立地計画年次までの公共財政収入と支出の差であるトータルコストの収支を最小化する問題として定式化をおこなうこととした。

【目的関数】

$$\sum_{t=1}^T f(t) \Rightarrow \text{Min}$$

$f(t)$: t 期でのトータルコスト

$$f(t) = h(t) + u(t) + s(t) + r(t) - c(t) - d(t)$$

$h(t)$: t 期での建設費用

$x_{ij}(t)$ の建設費用を $h_{ij}(t)$ とし、

$$h = (h_{i1}, \dots, h_{ij}, \dots, h_{iN}) \text{ とすると}$$

$$h(t) = x(t) \cdot h \text{ と表せる。}$$

施設の種類 i の抽出に関しては、今最も使用されている高速堆肥化方式を用いた規模別のコンポスト化施設を設定した。

ただし設置場所 j の用地所得に関しては農業公園内に立地させるという条件の下であるため、用地所得費用は考えないものとする。

$u(t)$: t 期での運営費用

$x_{ij}(t)$ の運営、管理費用を $u_{ij}(t)$ とし、

$$u(t) = (u_{i1}(t), u_{i2}(t), \dots, u_{ij}(t), \dots, u_{iN}(t)) \text{ とすると、}$$

$$u(t) = x(t) \cdot u(t) \text{ と表せる。}$$

$s(t)$: t 期での収集運搬費用

$x_{ij}(t)$ の収集運搬費用を $s_{ij}(t)$ とし、

$$s(t) = (s_{i1}(t), s_{i2}(t), \dots, s_{ij}(t), \dots, s_{iN}(t)) \text{ とする。}$$

ここでの INPUT 情報は先に示した生ごみ収集運搬モデルの OUTPUT 情報を用いる事とする。

$r(t)$: t 期における利息

$c(t)$: t 期における堆肥売却による収入

$d(t)$: t 期における処理手数料

【制約条件】

$$f(T) \leq 0 \text{ (} T \text{ 期での償還制約)}$$

$f(T)$: T 期でのトータルコスト

$$T_s \leq T_l$$

T_s : 建設されてからの年数

T_l : 耐久年数

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J w_i^j \leq w_{\max}^j$$

$w_i^j(t)$: t 期における施設の種類 i 、設置場所 j への搬入量

$w_{i\max}^j$: t 期における施設の種類 i 、設置場所 j への搬入量で処理限界量 (収集運搬モデル段階でクリアされる)

$$\sum_{t=1}^T g(t) \leq G$$

$g(t)$: 各期の埋め立て量

G : 各期における埋め立て制約量

$$g(t) = \sum_{ij} w_i^j(t) \cdot \alpha_i^j(t) \cdot \theta(t)$$

$w_i^j(t)$: t 期における施設の種類 i 、設置場所 j

への搬入量

$\alpha_i^j(t)$: 施設 ij の残渣率

$\theta(t)$: 収集ごみから利用可能ごみ抽出の際の減量率

$$\sum_{t=1}^T r(t) \geq R$$

$r(t)$: 各期のコンポスト生成量

R : 各期に必要とするコンポスト量

【初期条件】

$$f(0)=0 \quad g(0)=0 \quad x(0)=0$$

【計画変数】

$$x(t) = \{x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{ij}(t), \dots, x_{IJ}(t)\}$$

$x_{ij}(t)$: 施設の種類 i , 施設の場所 j の施設が建設されるなら 1、建設されないなら 0 のクロネッカー。

ここで i 施設とは、生ごみのコンポスト化施設及び運搬中継施設を指す。また各施設は必ず初期年度に建設されるものとする。

- ・施設は建設されたその期から稼動中とする。
- ・場所 j の抽出に際しては農業公園に設置するものとする。

(3) 生ごみ処理システム計画モデルの実証的分析

a) 厨芥類排出量推計モデルの実証的検討

滋賀県湖南地域における約十年間の一般廃棄物排出量を、先に構築した一般廃棄物排出量推計モデルにより推計した結果を示すこととする。

①パラメータ推計結果

本モデルは、任意の地域・地区内のセグメント別（世帯人員別）世帯数を入力すれば同地域・地区内の家庭系厨芥類排出量が算出できるモデルである。

まず、排出量推計モデルの定式化より、(1) 式と (2) 式のパラメータ推計結果を以下のように示す。
セグメント数: 5 (一人世帯、二人世帯、三人世帯、四人世帯、五人世帯)

表-1 パラメータの推計結果

$$q_{house}^n = f(u) = \alpha \ln(u_i) + \beta \quad (1) \text{ 式}$$

1人世帯		2人世帯		3人世帯	
α	β	α	β	α	β
-16.08	55.351	-20.59	93.693	-34.27	117.2
4人世帯		5人世帯以上			
α	β	α	β		
-53.04	161.27	-31.96	198.27		

$$u = f'(c_{char}) = \alpha' \ln(c_{char}) + \beta' \quad (2) \text{ 式}$$

1人世帯		2人世帯		3人世帯	
α'	β'	α'	β'	α'	β'
0.4503	-0.799	0.5331	0.7568	0.4774	0.7197
4人世帯		5人世帯以上			
α'	β'	α'	β'		
0.4994	0.7457	0.5672	0.6583		

②家庭系厨芥類排出原単位推計結果

本モデルにおける排出原単位は、(1) 式および (2) 式で表現したため、アウトプットとなる排出原単位の算出に必要な情報は、農業公園運営サイドが設定する住民負担額（円／袋）のみである。ここでは、設定料金の変化による排出原単位の推移をみるため、収集袋の設定金額毎に排出原単位を算出した。以下に結果を示すこととする。

表-2 設定金額による排出原単位推計結果

設定料金 (円/袋)	セグメント別排出原単位(kg/世帯・年)				
	1人世帯	2人世帯	3人世帯	4人世帯	5人世帯以上
10	78.4434	79.5832	96.6975	127.3487	176.6693
20	64.9648	76.0671	90.9696	118.4526	170.8635
50	55.9641	72.1844	84.6224	108.6004	164.4496
80	52.7683	70.4449	81.7722	104.1779	161.6646
100	51.4481	69.6678	80.4978	102.2008	160.4028
150	49.2956	68.3267	78.2969	98.7866	158.2334

次に、草津市を6地域に分割（リージョン）した場合の各期・各リージョン内から排出される家庭系厨芥類の排出量推計を以下に示すこととする。

表-3 計画年次1~10期における家庭系厨芥類排出量推計結果

(t/年)					
草津		第1期	第2期	第3期	第4期
	草津	639.495	671.235	675.75	690.888
	志津	1438.864	1510.28	1520.439	1554.498
	老上	1119.116	1174.662	1182.563	1209.054
	山田	479.621	503.426	506.813	518.166
	笠縫	959.242	1006.853	1013.626	1036.332
	常盤	159.873	167.808	168.937	172.722
	計	4796.211	5034.264	5068.128	5181.66
第5期	第6期	第7期	第8期	第9期	第10期
705.691	721.351	718.592	713.421	705.681	695.229
1587.805	1623.038	1616.833	1605.197	1587.782	1564.266
1234.961	1262.363	1257.537	1248.486	1234.942	1216.652
529.268	541.012	538.944	535.065	529.261	521.422
1058.537	1082.025	1077.889	1070.131	1058.522	1042.844
176.422	180.337	179.648	178.355	176.421	173.807
5292.684	5410.126	5389.443	5350.655	5292.609	5214.22

b) 生ごみ収集運搬モデル・生ごみ処理システム計画モデルの適用結果

構築した収集運搬モデルおよび生ごみ処理システム計画モデルの適用に際して、本研究では農業公園内に処理施設を立地させるという条件の下、これまで考察等を行ってきた。よって、収集運搬および施設計画においても同様に、農業公園内での処理施設立地について実証的検討を行う。

表-4 収集運搬コストテーブル

(万円)

1期	2期	3期	4期	5期
16927.25	16935.64	16944.15	16952.66	16961.05
6期	7期	8期	9期	10期
16969.56	16972.08	16986.59	16995.11	17003.62

以下に生ごみ処理施設立地計画モデルの適用結果を示す。本分析では、売却単価を他地域で行われている堆肥化事業を参考にしつつ、手数料と合算し、モデル上の制約条件である計画年次 10 期までの償還を満たすため設定した。入力情報であるコンポスト売却単価、処理手数料をそれぞれ 20 円/kg、10 円/袋として検討を行うこととした。

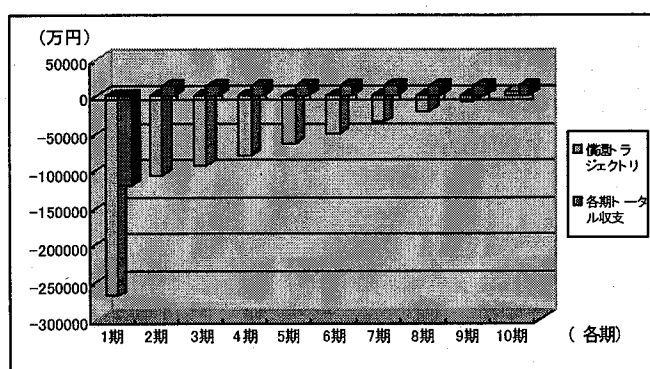


図-6 各期におけるシステム収支推移

分析結果は、1 期目に建設コストが大きくかかり、1 期目以降にその借入金を徐々に償還していく経緯となっている。10 期目で償還が終了するという結果が得られ、事業の採算も採れるものと考えられる。

施設建設という意味で、1 期目の資金負担は大きくなるが、生成したコンポストを用いた有機野菜の栽培による地域の魅力向上や農業振興の契機として、農業公園内でのコンポスト処理施設の建設・稼働は非常に大きな意味を担うと考える。

7. おわりに

本研究では農業振興のための生ごみ処理システム整備計画の実証的検討を行った。我が国においては、地域の都市化や産業の第二次・三次産業への移行が多くなり、農業活動の減少が行った。その結果、世界規模で食料難が進む中、先進国でありながら他国と同様に我が国の食料自給率は 40% を下回ろうとしている。こうした状況下で、さらなる農業活動の衰退は国家の危機であると考えられる。

また、「資源循環型社会」の構築のためには、廃棄物の発生・排出抑制を図った上で、ごみとして排出せざるを得ないものについては、適切に再利用等のリサイクルを推進することが求められる。しかし、現時点では技術やシステムが成熟しておらずリサイクルを推進するためには多くの課題がある。特に、生ごみの再利用については、分別回収・処理技術・コスト面・再利用先等の問題が非常に多く、全国においても市単位の大規模な処理を行っている事例は非常に少ない。そこで、生ごみを堆肥として利用することに着目し、資源循環型社会の一部を担うのではないかと考え、有機性資源として再利用することを取り上げた。本研究では、生ごみの堆肥化が農業振興において有効なものの一つと考えた。また、生ごみを堆肥化することは、社会環境の改善につながると考えられる。

上述の考えをもとに、生ごみの再利用において、排出元となる都市部と堆肥化を行う場所、堆肥の利用先となる農業地帯に連携を持たすことによって、有効な効果が得られると考え、本研究では都市部と大規模農業公園を関連させることで研究を進めた。

本研究では、地域振興のために、生ごみを活用した農業公園の整備を進めることで、自然環境の保全を行い、健全な都市化を進める一つの方策の提案が出来たと考える。施設費用の償還に関しては、家庭から排出される生ごみの堆肥化（コンポスト）が農業公園に与える利益を考慮していないため、利益が上がれば、上記の償還はより早く完了するものと考えられる。

今後は公園内における農作物を有機栽培にする事による利益の考慮が必要である。また、農業公園を食糧の生産拠点としても捉えることにより、地域の地産地消に貢献できるものと考えられ、地域における食料自給率設定に寄与することも視野に入れ、研究を進める必要がある。

【参考文献】

- 1) 藤田賢二：コンポスト化技術—廃棄物有効利用のテクノロジー
- 2) 萩原正三：農村土地利用計画論、農林統計協会
- 3) 朝日新聞・早稲田大学：循環型社会の未来—リサイクルの行方、早稲田大学出版部

- 4) 矢島洋一・磯辺 志津子：環境・グリーンビジネス最前線、工業調査会
- 5) 乙間末広：広域廃棄物処分システムの最適化、土木学会論文集
- 6) 玉木浩二：地球環境・農業・エネルギー、理工図書
- 7) OECD 環境委員会：OECD リポート環境と農業—先進諸国の政策一体化の動向、農山漁村文化協会
- 8) 農業センサス（昭和45年～平成12年）
- 9) 平成七年度全国国勢調査、平成十二年度全国国勢調査
- 10) 松山洪文：大都市近郊の地方都市における大規模農業公園開発に関する計画的な研究、立命館大学卒業論文（2000）
- 11) 大谷武史：地方都市郊外の田園地域における大規模農業公園施設開発計画に関する実証的研究、立命館大学卒業論文（2002）
- 12) 大友智：地方都市圏における一般廃棄物処理合理化の一環としての生ごみ処理システム構想に関する実証的研究、立命館大学卒業論文（2002）

（概要：地方自治体の自区域内における再生資源の利用促進、階層的処理システム整備を行うために、生ごみ処理整備計画モデルの開発及びモデル分析を通し、生ごみを安全かつ適正に処理またはリサイクルするための一つの方法論を検討し、実証的検討を行っている。）

- 13) 尾上綾子：滋賀県草津市山田地区を対象とした大規模農業公園施設開発計画に関する実証的研究、立命館大学卒業論文（2004）
- 14) 草津市：一般廃棄物処理基本計画（2004.3）
- 15) 草津市統計年鑑書（1997～2003）
- 16) 近畿農政局大津統計・情報センター「滋賀県農林業の動き」（2003）
- 17) 滋賀県中期計画～自然と人間がともに輝くモデル創造立県・滋賀～（2003）
- 18) 農林水産省HP
- 19) 環境省HP

A Verification Study on Development Project of Large-scale Agricultural Park and Kitchen Garbage Processing facility at the Suburban Area of Local City Kusatsu

By Mamoru HARUNA, Hiroki NAKAJIMA

In recent years, in the local city suburban part in our country, it is hard to perform urbanization in an agricultural zone in order. Especially in the local city near a metropolis, with change of the land use by urbanization, the land that was farmland conventionally turns into the idle land, fallow land, unused land for low interest, which is accelerating reduction of an agrarian society. Formerly, to this problem, as part of agricultural structure improvement projects, we advanced local farmhouse participation type large-scale agricultural park development work, and have proceeded research about the city development for the agricultural area where from young to aged people can take part in the planning and its urbanization. On the other hand, in the problem of wastes processing system development of the target local city, the kitchen garbage has been taken up as a cause of reducing a processing efficiency. In this research, we decided to perform verification study of plan and system theory to compound development of the kitchen garbage processing facilities in the local public entity which puts both development plan subject side by side in an agricultural park in addition to city development of the country area ignited by the large-scale agricultural park development which follows the same flow as usual as research treated complexly. In addition, in planned examination of the kitchen garbage processing system complexly put together, a large-scale agricultural park and kitchen garbage processing facilities are considered that fixing complexly is desirable as an effective policy of agricultural promotion and the point reservation for compost facilities, system theory planned analysis for the most rational planned decision is conducted using a compound development plan model, and it has been verified efficiently.