

# 家庭系食品廃棄物の再資源化技術導入シナリオへの ライフサイクルシミュレーションの適用

松本 亨<sup>1</sup>・石崎美代子<sup>2</sup>・左 健<sup>3</sup>・島岡隆行<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 博(工) 北九州市立大学助教授 国際環境工学部環境デザイン学科  
(〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1)

<sup>2</sup>非会員 修(工) 株式会社 国内貨物

<sup>3</sup>非会員 博(工) 北九州市立大学研究員 国際環境工学部環境デザイン学科

<sup>4</sup>正会員 工博 九州大学大学院教授 工学研究院環境システム科学研究センター

本研究では、生ごみ分別・再資源化技術の導入として、5つのシステムと3つの導入シナリオについて比較評価を行った。評価手法としては、社会フレームの変化を考慮せず純粋に技術システムの違いを評価するための従来型LCAと、社会フレーム変化とそれに基づく環境負荷の変化を評価するためのライフサイクルシミュレーション(LCS)を用いた。LCSでは、2000年から50年間を対象に将来予測を実施し、浄化槽付ディスポージャーが新築集合住宅の5割に導入されるという趨勢ケースを設定した。これに対して、2000年以降は直投型ディスポージャーが普及するシナリオと、固液分離装置+ポリ乳酸(PLA)化が普及するシステムを設定し、趨勢ケースと比較することでエネルギー消費及び温室効果からの優位性を示した。

**Key Words:** organic resource, cycle-oriented society, life cycle assessment (LCA), life cycle simulation (LCS), kitchen garbage, Poly Lactic Acid (PLA)

## 1. はじめに

家庭ごみの3～4割(湿重量基準)を占める生ごみは、廃棄物減量化対策においても、また資源の有効利用という面においても大きな鍵を握っている。しかし、生ごみを分別回収することは容易でないこと、現在の再資源化技術の主流である飼・肥料化では都市近郊に十分な需要が見込まれないこと等がネックとなり、生ごみの分別・再資源化は軌道に乗っていない。

生ごみの分別方法としては、都市生活者に受け入れられる利便性の高いシステムが求められるが、近年普及が進んでいるディスポージャーによって生ごみを破碎し管路輸送するシステムが注目されている<sup>1)</sup>。また、生ごみの再資源化技術には、都市近郊で十分需要があるか、もしくは輸送コストに耐えうる付加価値の高い製品への変換が求められる。前者の面で注目されるのがメタン発酵による燃料転換、後者の面で注目されるのが生ごみの工業原料化である。生ごみの工業原料化としては、ポリ乳

酸(PLA)化による生分解性プラスチック生成が代表的である。

著者らによる一連の研究<sup>2)~5)</sup>において、ディスポージャー導入による生ごみ分別・再資源化システムに対してLCA及びLCC(Life Cycle Costing)を適用することで、都市全体に及ぼす影響について環境面及び経済面から評価してきた。そこでは、ディスポージャー対応浄化槽の有無と再資源化技術の種類によって4ケース(浄化槽なし+堆肥化、浄化槽あり+堆肥化、浄化槽あり+堆肥化+雑用水利用、浄化槽あり+ポリ乳酸化)を設定し、現状の排水及び廃棄物処理システムと比較した<sup>4)</sup>。さらに、人口、世帯数、可住地面積といった地域特性による評価結果の違いについても分析してきた<sup>5)</sup>。

関連の研究においても、浄化槽なし+消化ガス利用(消化ガス発電、スーパーごみ発電)についてLCCO<sub>2</sub>を評価している例<sup>6)</sup>、浄化槽あり+堆肥化またはメタン発酵、浄化槽なし+汚泥焼却の計3ケースについてやはりLCCO<sub>2</sub>を評価している例<sup>7)</sup>

がある。また2001年に国土交通省は、「ディスポージャー普及時の影響判定の考え方(案)」<sup>8)</sup>を公表し、浄化槽のないディスポージャー(直投型ディスポージャー)が普及する場合の影響判定手法としてLCE(Life Cycle Energy)及びLCCO<sub>2</sub>による評価手法を紹介している。

これらの研究または調査報告に共通していることは、比較対象を現状の排水及び廃棄物処理システムとしていることである。しかし、現実社会では浄化槽付ディスポージャーの普及が進んでおり、特に平成12年度の建築基準法令の改正に伴いディスポージャーに関する取り扱いが緩和されたためそれ以降の普及スピードはめざましく、もはやディスポージャー普及の是非を問う段階ではない。どのタイプのディスポージャーと再資源化の組み合わせが最適であるかを評価することが求められている。つまり、ディスポージャーの導入による影響を比較する対照ケースとして、時間的な推移の中での趨勢ケースを設定し、これとそれ以外のシナリオという比較を行う必要があるといえる。

そこで、本研究では、現在普及が進みつつある浄化槽付ディスポージャーを趨勢(BaU: Business as Usual)シナリオとして設定し、それとの比較のもと新たに設定する都市環境システムの導入シナリオについて比較評価を行うことを目的とする。そのためには、都市を取り巻く人口等の社会的変化、都市インフラの変化、技術開発の状況とその普及速度等を取り込んだ動的な評価が求められる。それにはライフサイクルシミュレーション(LCS)の手法が有効であり、本研究においてもそれを採用する。

## 2. 評価手法

### 2.1 LCAとLCS手法の比較

LCSの手法は主に、精密機械工学の分野で研究が進んでいる<sup>9)</sup>。製品のライフサイクル特性(物理寿命、価値寿命、販売期間等)と、その間

の費用、環境負荷などを把握し、様々なライフサイクルシナリオを想定したシミュレーションを行うことで、ライフサイクル設計を支援することに用いられる。LCAとの大きな違いに、経済成長や製品品質の劣化等、時間的に変化するパラメータを扱うことができる点にある。

本研究では、ディスポージャーの普及率の変化とそれによる環境影響を扱おうとしている。それを明示的に評価するためには、ディスポージャー普及率がある程度のレベルまで上昇する長期的将来を展望する必要がある。その間の人口等社会フレームの変化と既存インフラの更新等のダイナミックな変化を考慮するとき、静的な評価手法であるLCAでは限界がある。そこで、LCSの考え方を適用することで、動的な変化を扱うこととする。

### 2.2 評価対象システムおよび評価指標

生ごみを分別するしくみとして、家庭におけるディスポージャーと手分別を想定する。それによって、都市の排水及び廃棄物処理システム全体に影響が及ぶため、分析のシステム境界としては、都市内の下水道システム及び一般廃棄物処理システム

表-1 対象システムと評価範囲

|                              |            |                                          |                                                                                                                                               |
|------------------------------|------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ディスポージャー                     | 直投型        | 製造、取り付け工事時<br>使用時                        | 破砕機の製造および取り付け工事<br>上水消費、電力消費                                                                                                                  |
|                              | 固液分離装置付    | 製造、取り付け工事時<br>使用時                        | 破砕機、固液分離装置の製造および取り付け工事<br>上水消費、電力消費                                                                                                           |
|                              | 浄化槽付       | 製造、取り付け工事時<br>使用時                        | 破砕機、浄化槽の製造および取り付け工事<br>上水消費、電力消費                                                                                                              |
| 下水道システム                      | 管渠         | 建設時<br>清掃時                               | 管渠の建設<br>管渠清掃作業                                                                                                                               |
|                              | ポンプ場       | 建設時<br>共用時                               | ポンプ場の建設<br>ポンプ場での水道、電力、軽油、A重油、ガスの使用                                                                                                           |
|                              | 処理場        | 建設時<br>共用時                               | 処理場の建設<br>処理場での水道、電力(消化ガス発電による電力回収)、A重油、ガスの使用<br>水処理にともなうCH <sub>4</sub> 、汚泥処理にともなうCH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> Oの排出                       |
|                              |            | 汚泥焼却灰の輸送                                 | ※評価対象外                                                                                                                                        |
| 廃棄物                          | ごみ収集       | 収集車製造時<br>共用時                            | ごみ収集車の製造<br>ごみ収集車の軽油使用                                                                                                                        |
|                              | 焼却場        | 建設時<br>共用時                               | 焼却場の建設<br>焼却場での水道、電力(ごみ発電による電力回収)、A重油、灯油、苛性ソーダ、硫酸、セメント、消石灰の使用<br>ごみ焼却にともなうCH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> Oの排出<br>※生物起源のCO <sub>2</sub> は含まない |
|                              | 焼却灰輸送      | 輸送車製造時<br>共用時                            | 輸送車の製造<br>輸送車の軽油使用                                                                                                                            |
|                              | 最終処分場      | 建設時<br>共用時                               | 最終処分場の建設<br>最終処分場の運用                                                                                                                          |
|                              |            | 汚泥の輸送                                    | ※評価対象外                                                                                                                                        |
| 生ごみまたは<br>ディスポージャー<br>汚泥の再資源 | PLA化施設     | 建設時<br>生ごみまたはディスポージャー<br>汚泥の輸送<br>PLA製造時 | ※評価対象外<br>PLA製造に伴う電力消費、燃料消費、薬剤消費<br>排水処理<br>設備維持                                                                                              |
|                              | ポリスチレン製造施設 | 建設時<br>ポリスチレン原料輸送<br>製造時                 | ※評価対象外<br>※評価対象外<br>ポリスチレン製造に伴う資源消費                                                                                                           |
|                              | コンポスト化施設   | 建設時<br>ディスポージャー汚泥の輸送<br>製造時              | ※評価対象外<br>※評価対象外<br>コンポスト製造に伴う電気使用、重油使用、苛性ソーダ使用、硫酸使用                                                                                          |
|                              | 化学肥料製造施設   | 建設時<br>化学肥料原料輸送<br>製造時                   | ※評価対象外<br>※評価対象外<br>化学肥料製造に伴う資源消費                                                                                                             |
|                              |            |                                          |                                                                                                                                               |

を対象とする（表 1）。前者には雨水除去システムを含み、合流式・分流式の相違も実際に即して計算する。後者には、事業系一般廃棄物を含むが、一部の大規模排出事業者は独自ルートで処理しているため今回の分析には含まれない。さらに、家庭系食品廃棄物の再資源化システムとして、下水汚泥の消化ガス発電やPLA 化も評価する。なお、PLA 化プラントは生ごみ 150 万 t/y 規模を処理するシステムとして想定し、うち糖化設備については 100t/d を 50 箇所としている<sup>注1)</sup>。生ごみ分別の方法と再資源化の組み合わせについては、次章で説明する。

評価指標は、ライフサイクルにおけるエネルギー消費（LCE）及び地球温暖化影響とする。後者については、CO<sub>2</sub> の他、下水処理に伴う CH<sub>4</sub>、廃棄物及び下水汚泥の焼却に伴う N<sub>2</sub>O を含むが、以下便宜上 LCCO<sub>2</sub> と表現する。ただし、ディスポーザーの導入の如何に関わらず、下水処理によって自然界への水質影響については現状レベルを維持すると仮定し水質汚濁負荷指標を含めない。つまり、水質汚濁負荷の変化は LCE や LCCO<sub>2</sub> に反映されることになる。ただし、合流式区域における降雨時越流水による影響は考慮していない。

なお、分析の対象都市として北九州市を想定し、人口、世帯数、廃棄物発生量、排水処理量等の社会的条件、排水及び廃棄物処理システムのインフラ整備に関する規模や設置時期、運用実績等の条件については実データを用いた<sup>10, 11)</sup>。

### 3. LCA による家庭系食品廃棄物の再資源化技術導入の静的評価

#### 3. 1 評価対象システムの設定

ここでは、2000 年時点の社会的条件に基づいて、複数の都市環境システムのケースを想定した LCA を行った。具体的には、2000 年時点の集合住宅の 100% に下記 5 ケースがそれぞれ導入されているとした場合の評価であり、耐用年数で除して単年の環境負荷量で示している。つまり、インフラ供用期間中の運用条件の変化やインフラの更新についての弾力的扱いをせず、初期設定によって評価を規定する従来型の LCA である。社会フレームの変化を考慮せず純粋に技術システムの違いによる環境負荷を評価することには適する。図 1～5 にシステム図を示す。なお、発電効率やディスポーザー等の諸元について、表 2 にまとめる。なお、詳細については文献 12) を参照されたい。

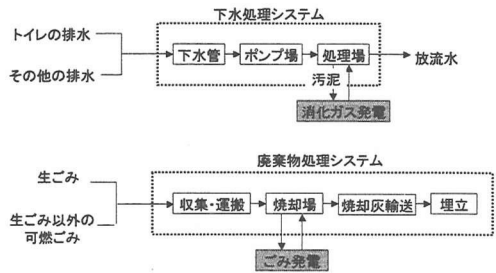


図-1 システム A：生ごみ分別なし

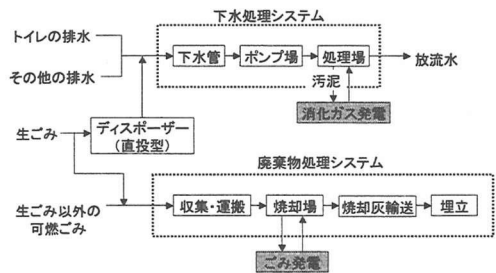


図-2 システム B：直投型ディスポーザー導入

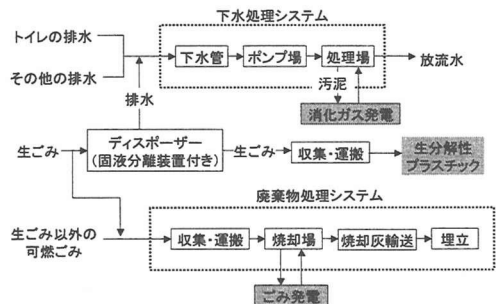


図-3 システム C：固液分離装置付ディスポーザー導入+PLA 化

システム A：生ごみ分別回収なし。ディスポーザー導入なし。従来型の排水及び廃棄物処理システムである。終末処理場において発生する汚泥により、消化ガス発電を行う。

システム B：対応浄化槽のないディスポーザーを想定したシステム。ディスポーザー排水は直接下水道システムに投入される。終末処理場において発生する汚泥により、消化ガス発電を行う。

システム C：固液分離装置付ディスポーザーを想定したシステム。ディスポーザー排水を固液分離装置により固体と液体に分離した後、固体分を PLA 化するシステム。PLA 化残さは考慮していない。終末処理場において発生する汚泥により、消化ガス発電を行う。

システム D：対応浄化槽付ディスポーザーを想定

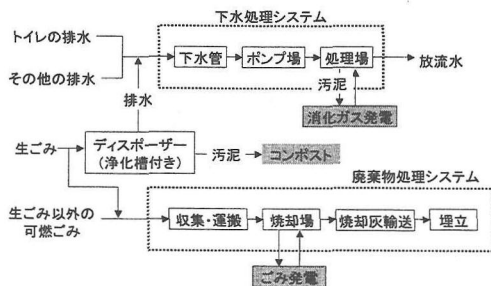


図-4 システムD: 浄化槽付ディスポーザー導入+堆肥化

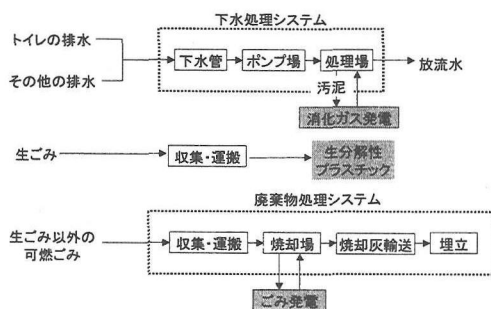


図-5 システムE: 生ごみ手分別(ディスポーザーなし)

表-2 主要なデータ諸元

| 項目                | 発電効率                                           | 出所                    |
|-------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| 消化ガス発電            | 25%                                            | 国土交通省 <sup>8)</sup>   |
| ごみ発電(市内清掃工場)      | 26%                                            | 北九州市 <sup>10)</sup>   |
| スーパーごみ発電(皇后崎工場のみ) | 15%                                            | 北九州市 <sup>10)</sup>   |
| 項目                | 電力消費量                                          | 出所                    |
| ディスポーザー・破砕機       | 0.08kWh/月・戸 × 12ヶ月 = 0.96kWh/年・戸               | TOTO/パンプ              |
| 固液分離装置            | 3.7kW × 0.875h/日 × 365日 = 1,182kWh (ただし、33世帯用) | (旧)建設省 <sup>13)</sup> |
| 対応浄化槽             | 24,650kWh/年 (ただし、100世帯用)                       | TOTO/パンプ              |
| 項目                | 水質とエネルギー・CO2の関係の設定方法                           |                       |
| 管渠ランニング           | SS量に比例                                         |                       |
| ポンプ場ランニング         | 流入水量に比例 (ただし、ディスポーザー排水による増分SI/人・日)             |                       |
| 終末処理場ランニング        | BOD量に比例                                        |                       |

したシステム。ディスポーザー排水は浄化槽で排水基準値まで浄化された後下水道システムに投入される。浄化槽汚泥はコンポスト化する。終末処理場において発生する汚泥により、消化ガス発電を行う。

システムE: 家庭において生ごみを手分別し、通常の可燃物とは分別して回収される。分別した生ごみはPLA化する。終末処理場において発生する汚泥により、消化ガス発電を行う。

固液分離装置及びディスポーザー対応浄化槽の排水水質については、旧建設省建築研究所の報告書<sup>13)</sup>において想定している装置を基準とした。なお、再資源化技術の評価においては、再資源化されるものの代替対象製品の製造過程を、その再資源

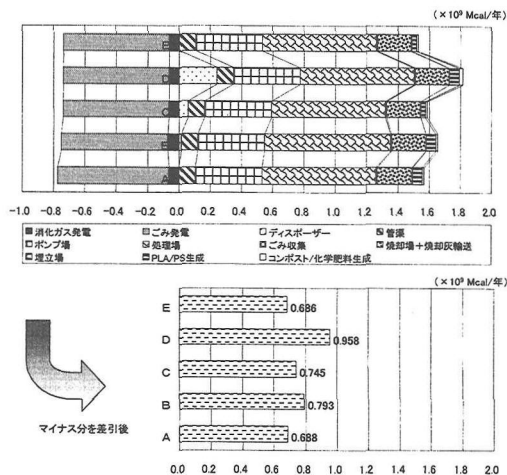


図-6 LCEによるシステム間比較

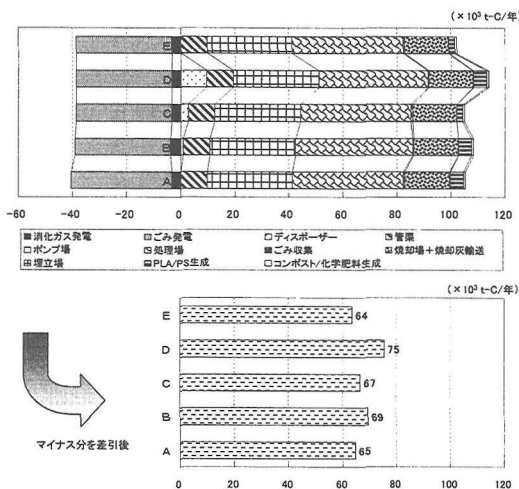


図-7 LCCO<sub>2</sub>によるシステム間比較

化技術を想定していないシステムに含めた(システム拡張)。すなわち、生分解性プラスチックに対して石油生成プラスチック(PS)<sup>14)</sup>、堆肥に対して化学肥料である。廃棄物発電及び消化ガス発電による発電量のCO<sub>2</sub>換算については、電気事業者の排出源単位(全国平均)を用いた<sup>15)</sup>。

### 3.2 評価結果

図6, 7に各システムのLCE及びLCCO<sub>2</sub>の結果を示す。最も違いが目立つのがディスポーザーの部分であるが、これは対応浄化槽(システムD)、固

液分離装置（システムC）の寄与分である。下水処理システムにおける環境負荷量および消化ガス発電量は、システムAとEは同条件であるため等しい。システムB・C・Dでは、ディスポーザー排水の下水流入に伴う水質変化により負荷量が大きくなるが、その順番は水質に応じB＞C＞Dという大小関係となる。

また、廃棄物処理システムにおける環境負荷量は、生ごみを全量焼却するシステムAに対して、それ以外では生ごみの焼却量が少ないので環境負荷量が小さくなる。ごみ発電量の変化については、生ごみの焼却量減少による低位発熱量の上昇による発電量増加要因と、焼却量自体の減少による発電量減少要因があるが、後者の方が若干上回ったためシステムAよりそれ以外の方が発電によるエネルギー及びCO<sub>2</sub>削減効果が小さくなる結果となった。ごみ発電量の環境負荷の変動要因には、低位発熱量と補助燃料使用量の関係及び発電効率の関係があるが、今回は評価に含んでいない。

ごみ発電及び消化ガス発電によるマイナス分を差し引いた値を同じく図6、7に示している。これによると、LCE、LCCO<sub>2</sub>ともにシステムDが最も大きく、システムEが最小、次いで現状システムであるシステムAの順に小さい。システムDとシステムEの差はLCCO<sub>2</sub>で約11×10<sup>3</sup>t-C/年である。

## 4. LCSによる家庭系食品廃棄物の再資源化技術導入シナリオの動的評価

### 4. 1 社会フレームの将来予測

都市環境システムを取り巻く社会フレームの変化を踏まえた環境負荷評価として、LCSを用いて評価する。これにより、社会フレームの変化が評価対象システムに及ぼす影響や、ディスポーザーの普及スピードの違いや、再資源化技術普及割合による違いの影響など、より現実的なシナリオを評価することができる。

そのため、まず社会フレームに関する将来予測を行う。必要となる主な項目は、人口、世帯数及び世帯人員数、1人あたり床面積、戸建/集合別構造種別床面積である。著者らは長寿命型住宅の普及シミュレーションを実施した既往研究<sup>16)</sup>において、北九州市を対象に2100年までのこれらのフレームについて将来予測を実行しているため、本研究ではその予測値を用いる。詳細は省くが、人口予測、世帯数予測、世帯あたり床面積等の予測と

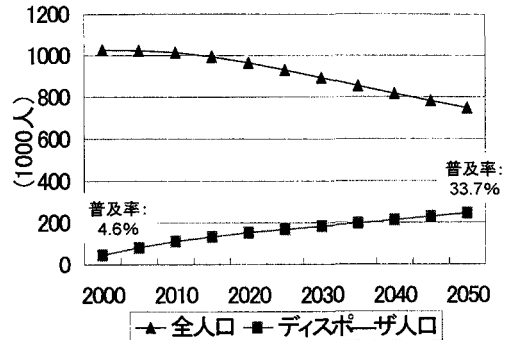


図-8 人口とディスポーザー普及率の将来予測

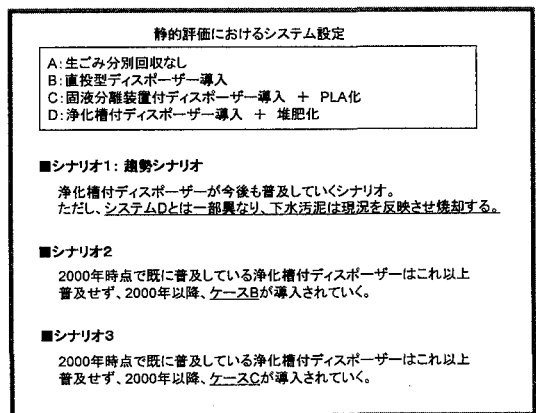


図-9 静的評価におけるシステム設定とLCSにおけるシナリオの関係

もに、建物構造種別の滅失関数を用いて将来にわたる建築物の滅失と新規着工床面積を予測したものである。

これを元にディスポーザー普及人口や下水道システムへの流入水量、水質等を予測する。ディスポーザー普及人口は、集合住宅の新規建設の50%に普及するものとし、ディスポーザー設置対象建築物の滅失/新設とともにディスポーザー普及率も変化するよう予測した。図8に人口及びディスポーザー普及人口の予測結果を示す。

### 4. 2 シナリオの設定と評価の範囲

ディスポーザー排水の下水道システムへの放流方法と、汚泥（または固液分離後の固体分）の処理・再資源化技術によって、下記の3つのシナリオを設定する（図9）。これらは、3章のシステムの組み合わせによって形成されている。ただし、廃棄物

収集体制の異なる生ごみ手分別（3章システムE）についてはここでは扱わない。

シナリオ1：趨勢シナリオ。つまり、現在普及しつつある対応浄化槽付ディスポーザーが今後もディスポーザー普及世帯の全数に普及すると想定。下水汚泥は全量焼却、浄化槽汚泥は堆肥化とする。北九州市の下水汚泥は、現在約5割が焼却、残りがセメント原料化されており、より単純に扱うためにここでは全量焼却とした。

シナリオ2：直投型シナリオ。つまり、対応浄化槽のないディスポーザー（システムB）が2000年以降のディスポーザー普及世帯の全数に普及するシナリオである。

シナリオ3：PLA化シナリオ。つまり、固液分離装置付きディスポーザー（システムC）が2000年以降のディスポーザー普及世帯の全数に普及するシナリオである。

シナリオ間で共通となる部分については評価対象から省いた（カットオフ）。具体的には、3つのシナリオともに生ごみ除去割合が同じであるため、廃棄物処理システムを対象から外している。また下水道システムのイニシャル部分についても同様の理由から対象外とした。ただしディスポーザーとその周辺システム（浄化槽、固液分離装置）については評価対象としている。なお、今回は3つのシナリオともにディスポーザーの普及率が同じであるため廃棄物処理システム側が共通となったのであるが、普及率を変えた予測を行う場合は廃棄物処理システム側も対象とする必要がある。

シミュレーションは2000年から2050年までとするが、2000年の起点は各シナリオともに対応浄化槽付ディスポーザーのみ普及している状態であり共通である。その後導入が進むディスポーザー排水及び汚泥の処理方法の違い、下水汚泥の処理方法の違いによりシナリオ間で差が生じてくることになる。

#### 4. 3 評価結果

LCS手法によるLCE及びLCCO<sub>2</sub>の試算結果を、図10、11に示す。図8に示したように人口減少をシミュレーションの前提としているにもかかわらず、シナリオ1、つまり趨勢ケースではLCE、LCCO<sub>2</sub>ともに増加傾向にあることがわかる。環境負荷量の傾向を見ると、シナリオ3、2、1の順に小さくなっている。シナリオ1では、下水汚泥や浄化槽汚泥の再資源化を行わず全量焼却するため、消化

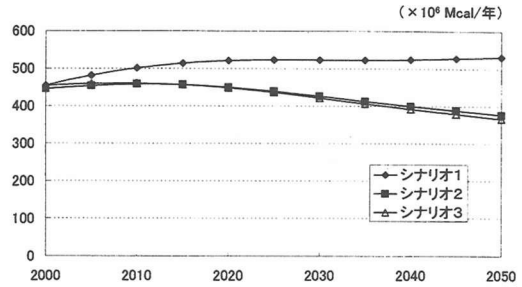


図-10 LCSによる2050年までの各シナリオによるLCE予測

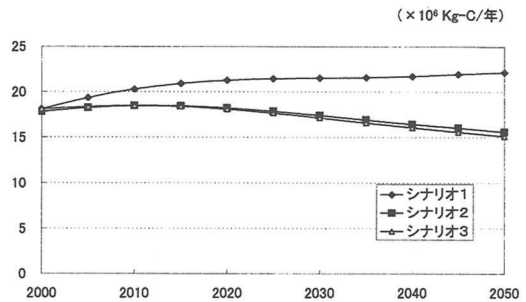
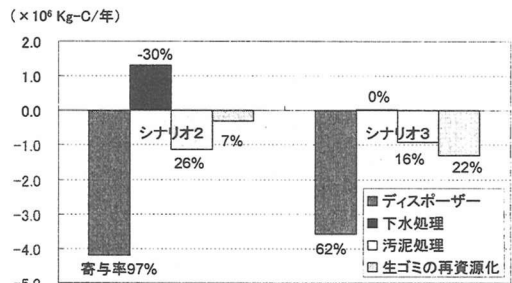


図-11 LCSによる2050年までの各シナリオによるLCCO<sub>2</sub>予測



(注) グラフ中の数字は、各シナリオのLCCO<sub>2</sub>削減量に対する要因別寄与率を示す。

図-12 シナリオ2・3のシナリオ1に対するLCCO<sub>2</sub>削減量のプロセス別寄与率

ガス発電を行う他のシナリオより環境負荷が大きくなっている。

シナリオ1に対するLCCO<sub>2</sub>の削減率を見ると、2050年時点でシナリオ2が41%減、シナリオ3が44%減である。これをディスポーザー関連（対応浄化槽、固液分離装置を含む）、下水処理、下水汚泥処理、生ごみ再資源化に分けて寄与を見たものが図12である。CO<sub>2</sub>削減に対して一番寄与が大きいのはシナリオ2、3ともにディスポーザー関連の部分である。次いで、シナリオ2においては下水汚

泥処理（消化ガス発電）、シナリオ3においては生ごみ再資源化過程の寄与が大きいことわかる。

## 5. おわりに：今後の課題

本研究では、生ごみ分別・再資源化技術の導入として、5つのシステムと3つの導入シナリオについて比較評価を行った。評価手法としては、社会フレームの変化を考慮せず純粋に技術システムの違いを評価するための従来型LCAと、社会フレーム変化とそれに基づく環境負荷の変化を評価するためのLCSを用いた。それにより、以下が明らかになった。

- 1) LCSにおいて、技術システム毎の普及率変化の違いやその組み合わせ、インフラの更新の扱い等、時間的に非線形変化をする現象に対するライフサイクル環境負荷評価が可能であることを示せた。供用期間中の単純な変化については従来型LCAでも扱えるが、ある程度の複雑さを有する本稿のような場合は困難である。
  - 2) 2000年時点の集合住宅にそれぞれのシステムが100%普及しているとした場合のLCAによると、LCE、LCCO<sub>2</sub>ともにシステムD（浄化槽付ディスポーザー＋堆肥化）が最も大きく、システムE（手分別＋PLA化）が最小、次いで現状システムであるシステムA（分別なし）の順に小さい。DとEの差はLCCO<sub>2</sub>で約 $11 \times 10^3 \text{ t-C/年}$ である。
  - 3) 人口減少をシミュレーションの前提としているにもかかわらず、趨勢ケース（シナリオ1）ではLCE、LCCO<sub>2</sub>ともに増加傾向にあること、それに対して、2050年時点で直投型普及シナリオ（シナリオ2）が41%、固液分離装置＋PLA化普及シナリオ（シナリオ3）が44%のCO<sub>2</sub>削減となることがわかった。CO<sub>2</sub>削減に対して一番寄与が大きいのはシナリオ2、3ともにディスポーザー関連の部分である。次いで、シナリオ2においては下水汚泥処理（消化ガス発電）、シナリオ3においては生ごみ再資源化過程の寄与が大きい。
- なお、LCSはLCAで想定したシステムが混在したシナリオとなっているため、結果の単純な比較はできない。ここで、今回想定したシナリオの実現可能性について考察する。生ごみのPLA化は実証レベルにある。消化ガス発電はすでに実用化レベルにある技術であるが、現実的には普及が進んでいない。しかし、直投型ディスポーザーの普及とともに、再度普及が検討される可能性がある。その際、

合流式下水道区域では降雨時の越流水による水域環境への汚濁負荷の問題があり、分流化が進まなければ直投型ディスポーザーの解禁は現実的ではない。

これらの実現可能性を想定したとき、ディスポーザー普及速度の違いや、合流式下水道区域の分流化と直投型ディスポーザーの解禁スケジュールとの整合性確保など、より現実的な普及シミュレーションを行うことが課題である。また将来、生分解性プラスチックが一定レベルまで石油精製プラスチックを代替することを想定したとき、その代替効果としてのPLAのクローズドリサイクルによる環境負荷削減量も動的に取り込むことも必要である。これらの課題においてLCSを適用する際、LCSの利点がより明確になるであろう。

さらに、この手法により、ディスポーザー普及や既存インフラ更新の適切なスケジュールを試算することもできよう。大規模排出事業者の生ごみ処理システムのシステム境界への包含、コスト指標による評価についても今後の課題である。

## 注釈

注1) 荏原製作所へのヒアリング

## 謝辞

本研究は、科学技術振興調整費委託事業生活者ニーズ対応研究（平成13～15年度）「都市ゴミの高付加価値資源化による生活排水・廃棄物処理システムの構築（代表：白井義人 九州工業大学教授）」の一環として行った成果の一部である。記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 文部科学省：都市ゴミの生分解性プラスチック化による生活排水・廃棄物処理システムの構築，科学技術振興調整費 成果報告書，第1期 平成10～12年度
- 2) 岩淵 省・松本 亨・井村秀文：水系管路輸送を用いた都市生活廃棄物及び排水の統合処理システムのLCA的評価，環境システム研究，Vol. 26，pp. 397-404，1998
- 3) 松本 亨・中川慎司・波多江香苗・井村秀文：循環型社会構築を目指した都市生活排水・廃棄物処理システムの統合的評価の視点，環境システム研究，Vol. 27，pp. 153-164，1999
- 4) 松本 亨，鮫島和範，井村秀文：ディスポーザー導入による家庭の生ゴミ処理・再資源化システムの評価，環境システム研究論文集，Vol. 28，pp. 9-19，2000
- 5) 鮫島和範・松本 亨：地域特性を考慮した排水及び廃

- 棄物処理の最適技術選択システムの構築, 第29回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 285-292, 2001
- 6) 荒巻俊也・山田拓也・松尾友矩: CO<sub>2</sub>削減のための東京都区部における生活系廃棄物管理施策の評価, 第7回地球環境シンポジウム講演論文集, pp. 107-112, 1999
  - 7) 間宮 尚・鎌田元康・井上 隆・木原勇信・小林謙介: 廃物マネージメントを支援する建築・都市システムの構築 ディスポーザーによる生ゴミ処理のインフラの視点での評価, 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 102-104, 2002
  - 8) 国土交通省: ディスポーザー普及時の影響判定の考え方(案), pp. 42-68, 2002
  - 9) 例えば, 稲村知哉・梅田 靖・近藤伸亮: LCAとライフサイクルシミュレーションを用いた製品ライフサイクル評価手法の開発, エコデザイン2002ジャパンシンポジウム論文集, pp. 142-145, 2002
  - 10) 北九州市環境局: 事業概要(各年度版)
  - 11) 北九州市建設局: 管理年報(各年度版)
  - 12) 石崎美代子: 都市における有機性廃棄物の再資源化システム導入に関するライフサイクルシミュレーション, 九州大学大学院工学府修士論文, 2003
  - 13) 建設省建築研究所: ディスポーザーによる生ごみリサイクルシステムの開発(システムの有効性に関する実証的研究), 平成9~10年度報告書, 1999
  - 14) 社団法人プラスチック処理促進協会: 石油化学製品のLCIデータ調査報告書, 1999
  - 15) EDMC: エネルギー・経済統計便覧2002, 財団法人省エネルギーセンター, 2002
  - 16) 松本 亨・石崎美代子・中山裕文・井村秀文: 外部条件の変化を考慮したライフサイクル評価手法ー長寿命型住宅の普及シミュレーションへの適用ー, 環境システム研究論文集, Vol. 29, pp. 75-84, 2001

## Life Cycle Simulation on Introduction Scenarios of Recycling System for Domestic Food Waste

Toru MATSUMOTO, Miyoko ISHIZAKI, Jian ZUO and Takayuki SHIMAOKA

In this research, we conducted a comparative evaluation of five systems and three scenarios for introducing separation/recycling technology of kitchen waste. The evaluation methods we utilized in this research were the conventional LCA to focus on the evaluation of technological systems without taking the social framework transitions into account and the life cycle simulation (LCS) to evaluate social framework transitions and the changes in environmental burdens due to the aforementioned transitions. For the LCS, targeting a future time frame of 50 years from the year 2000, we established a scenario based on the secular trend in which 50% of newly constructed housing complexes are expected to be incorporated with disposal systems equipped with purified water tanks. In contrast, we also established a scenario in which direct pipe type disposal systems would spread from the year 2000, and a system in which use of solid/liquid separation devices and the use of Poly Lactic Acid (PLA) would spread, in order to compare them with the case based on the secular trend. In this comparison, we succeeded in showing advantages in terms of energy consumption and the greenhouse effect.