集合住宅用ディスポーザシステムの環境影響評価

その2 ディスポーザ導入によるCO₂発生量変化EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT ON DISPOSER SYSTEM
FOR MULTISTORY APARTMENTSPart 2 Analysis of CO₂ emission change by the introduction of disposers

豊貞 佳奈子*, 清水 康利**, 大塚 雅之***

Kanako TOYOSADA, Yasutoshi SHIMIZU and Masayuki OTSUKA

The disposer system, which combined with the household garbage disposers and the wastewater treatment installation, has spread quickly in Japan because of its hygienic garbage treatment properties. However, the environmental impact of the system has not discussed thoroughly. In this study, we analyzed the CO₂ emission change by introducing the disposer system. The case of the disposer solely installed (without wastewater treatment installation) was also analyzed. It was found that the introducing the disposer system did not increase the CO₂ emission of infrastructure of the cities. On the other hand, the disposer solely installation increased CO₂ emission. The analyzed values were controlled and changed large scale by the CO₂ emission unit values of incineration and sewage works process.

Keywords : Household disposer, Disposer system, Life Cycle Assessment, Environmental Impact

ディスポーザ、ディスポーザシステム、ライフサイクルアセスメント、環境負荷

1. はじめに

ディスポーザに排水処理槽を組み合わせたディスポーザシステムは、生ごみが発生した時点で衛生的に処理できることに加え、ごみ排出時のごみの軽量化、汁だれがないなどの便益性が評価され、大都市圏の集合住宅を中心として急速に導入が進んでいる¹⁾。

しかしながら、ディスポーザシステムが環境に与える影響については、これまで十分な評価が行われていなかった。その要因として、本システムが、1998年より旧建築基準法第38条の規定に該当する給水設備として建設大臣による認定が開始され、使用が認可されたばかりの新規の住宅設備であるため、環境負荷の影響評価までを詳細に実施した研究事例が少ないことが挙げられる^{2)~6)}。また、本来焼却場で処理されていた廃棄物(生ごみ)と下水処理場で処理されていた台所排水がディスポーザシステムで処理されるため、その評価には、廃棄物・排水処理の社会資本の全体を含めて論じる必要があるが、社会資本(インフラ)の環境影響評価手法が十分に確立されていないことも原因と考えられる。

そこで、ディスポーザシステムを導入した場合の環境影響負荷変化を定量的に評価することを目的に、筆者らは一連の研究を開始した。前報⁷⁾では、評価に必要な既存インフラ(焼却場・下水処理場等)部分の原単位について、既報値を比較検討することで設定した。

本報では、先ず前報⁷⁾で設定した原単位を採用し、ディスポーザシステムの導入前後でのLCCO₂の増減を比較検討した。また、現在は、ディスポーザで粉碎した生ごみと台所排水を排水処理槽で浄化した後に下水道へ放流するディスポーザシステム(以下、ディスポーザ排水処理システム)が原則とされ設置が認められている。しかし、ディスポーザ排水処理システムの排水処理は排水処理槽と下水処理場での二重処理となるため、最近では、都市部以外で試験的な検討を兼ね、排水処理槽を設置せず排水を直接下水道へ放流するディスポーザ(以下、直接放流式ディスポーザ)の下水道への影響についても、各機関による調査が実施されている⁸⁾。よって、本報では、ディスポーザ排水処理システムと直接放流式ディスポーザの両者の場合を想定した環境影響評価を実施し、導入による効果を定量的に検討した。

2. 試算方法

(1) 試算範囲・設計諸元

評価対象モデルを図1に示す。ディスポーザ排水処理システムでは、ディスポーザで生ごみを粉碎し、台所排水とともに専用の排水管で排水処理槽へ搬送し、所定の処理水質まで浄化して下水道へ放流する。ディスポーザ導入前の台所排水の負荷量BOD0.6kg/m³に

* 関東学院大学大沢記念建築設備工学研究所 研究員

** 筑波大学大学院生命環境科学研究科 客員教授・工博

*** 関東学院大学工学部建築学科 教授・工博

Osawa Memorial Institute of Architectural Environmental Engineering, Kanto-Gakuin Univ.

Guest Prof., Graduate School of Life and Environment Science, University of Tsukuba, Ph. D.

Prof., Dept. of Architecture, College of Engineering, Kanto-Gakuin Univ., Dr. Eng.

図1 LCA 試算モデル

対し、システム導入時には排水処理槽で設計処理水質 0.2kg/m^3 以下に浄化処理された後下水道に放流されるため、台所排水の浄化処理分 ($\text{BOD } 0.6\text{kg/m}^3$ の 0.2kg/m^3 までの浄化処理分) の環境影響負荷が既存インフラの負荷から削減できると見なせる。システムで処理される生ごみに関しても、既存のインフラでの廃棄物処理工程から除くことができ、生活系一般廃棄物量も削減できる。

そこで、ディスポーザ排水処理システムを導入することで既存インフラで処理していた排水、廃棄物量の減少量に依存する CO_2 発生量を削減側 (マイナス) に計上し、システム導入で発生する CO_2 量を増加側 (プラス) に計上することで、ディスポーザ排水処理システムの導入前後での環境影響負荷変化を試算した。

直接放流式ディスポーザの導入に関しても、生活系一般廃棄物量

の削減分と、粉碎生ごみを下水処理場で浄化処理する負荷上昇分、ディスポーザ導入に関する環境影響負荷変化分を評価することで、その影響を試算した。

ディスポーザ排水処理システムの試算範囲は、住戸内専用部に設置されるディスポーザ部分と、集合住宅の敷地内 (共用部) に埋設される排水処理槽部分の建設段階から運用段階までとした。廃棄段階については、建築設備の廃棄段階における環境負荷のライフサイクル全体に占める割合が非常に小さくなることが報告されているため試算から除外した^{2)・9)}。排水処理槽は、槽材質をFRPとし、同槽および付属の制御盤・ブロウ・ポンプ類の製造、設置に伴う土木コンクリート工事、水槽と付属装置間の配管・配線工事までを建設段階の試算範囲とした。ディスポーザから排水処理槽までの排水管は、

ディスポーザシステムの有無に関わらず必要な部位であるため、システムを導入することによる追加は無いものと見なし、試算範囲から除外した。試算対象とした集合住宅の規模は、小規模型（30 戸）、中規模型（100 戸）、大規模型（300 戸）の 3 種類とした。システムの設計諸元を表 1 に示す。

また、既存インフラの原単位値は前報⁷⁾で調査した既往文献値を採用し、その原単位を変化させた場合の評価結果への影響を調べるため、既往文献値の上限・下限値に対する試算 LCCO₂ 値の変化について感度分析を行った。既存インフラ各工程の採用原単位と上限・下限値を表 2 に示した。採用原単位の妥当性については前報⁷⁾で論じた。

表 1 ディスポーザ排水処理システム設計諸元

型番		T 社製 NJ6200VG 型		
ディスポーザ部	消費電力	0.165kWh/月（1 日 2 回使用時）		
	供給上水量	0.0175m ³ /(戸・日) (5L/(人・日)×3.5 人)		
排水処理槽部	想定戸数	小規模型 30 戸	中規模型 100 戸	大規模型 300 戸
	処理対象人員	105 人	350 人	1050 人
		3.5 人/戸 ¹⁰⁾ (0.875 kg 生糞/(戸・日)処理)		
	有効容量	16.17m ³	25.6m ³	63.49m ³
	設計汚泥発生量	5.51m ³ /年	18.38m ³ /年	55.12m ³ /年
	消費電力	4263.20 kWh/年	10577.99 kWh/年	18419.52 kWh/年
	処理方式	好気可溶化・接触ばっ気方式		
	材質	FRP 製		
	設計流入水質	BOD:1.3kg/m ³ 以下 (台所排水 0.6kg/m ³ +DSP 排水 5.5kg/m ³) SS:1.34kg/m ³ 以下 (台所排水 0.4kg/m ³ +DSP 排水 7.0kg/m ³)		
	設計放流水質 (処理水質)	BOD: 0.2kg/m ³ 以下・SS: 0.2kg/m ³ 以下		
	放流排水量	0.123m ³ /(戸・日) (0.035 m ³ /(人・日)×3.5 人) (台所排水 0.03 m ³ /(人・日)+ディスポーザ排水 0.005 m ³ /(人・日))		

なお、焼却工程、埋立工程及び下水処理工程においては、カーボンニュートラルの観点からバイオマス由来の CO₂ 発生量を含んだ文献値は対象外とした¹¹⁾。

また、表 2 に示す焼却工程運用段階の設定値は、前報⁷⁾で調査した既往文献値のうち、東京 23 区清掃工場の燃料・薬剤等投入量と場内消費電力から試算している湿重量ベースの原単位¹²⁾を採用した。なお、本数値はエネルギー回収を想定していないため、下限値としてごみ発電によるエネルギー回収プロセスを見込んだ原単位¹³⁾を用いた感度分析を行うものとした。

また、表 2 に示す下水処理工程の設定値は、前報⁷⁾で下水道統計から試算した処理水量ベース (kg-CO₂/m³) の全国平均値を基準に、CO₂ 排出は処理水量基準と BOD 汚濁負荷基準が比例するものと仮定し、下水流入計画水質 BOD0.2kg/m³で除して、BOD 単位負荷あたりの CO₂ 発生原単位とした。

(2) 試算方法

ディスポーザ排水処理システムの建設、運用段階での CO₂ 発生量試算の詳細を工程別に以下に述べる。

① 材料調達段階

表 1 に示すディスポーザ排水処理システムのディスポーザ部及び

表 2 既存インフラ LCCO₂ 評価用原単位一覧⁷⁾

工程		算定段階	CO ₂ 発生量(kg-CO ₂ /t)		
			設定値	上限値	下限値
廃棄物処理	収集	建設	2.034	2.034	0.632
		運用	16.023	32.199	2.362
	焼却	建設	37.181	56.320	18.844
		運用	80.000	90.000	-1.55
	焼却灰運搬	建設	0.031	1.368	0.031
		運用	0.244	0.945	0.244
	埋立	建設	0.163	4.640	0.163
		運用	2.446	2.498	0.415
	下水処理	建設	0.053 ^{※)}	0.300 ^{※)}	0.040 ^{※)}
		運用	0.312 ^{※)}	1.210 ^{※)}	0.134 ^{※)}

※)単位: kg-CO₂/m³

表 3 ディスポーザ排水処理システムの材料別製品重量と CO₂ 発生量原単位

小部品名	材料名	CO ₂ 発生量 原単位 ^{※1)} kg-CO ₂ /kg	ディスポーザ 部重量 ^{※4)} (kg/個)	排水処理槽部重量 ^{※6)} (kg/槽)		
				105 人槽 (30 戸規模)	350 人槽 (100 戸規模)	1050 人槽 (300 戸規模)
熱硬化性樹脂	エポキシ樹脂	2.200	0.115	—	—	—
	不飽和ポリエステル樹脂	1.310	0.080	716.483	978.978	1538.670
熱可塑性樹脂	ABS 樹脂	1.750	0.406	0.126	0.126	0.142
	ポリエチレン (高密度)	0.990	0.019	16.067	49.104	146.859
	ポリエチレン (低密度)	1.040	0.027	—	—	—
	ポリプロピレン	1.100	0.442	0.514	0.514	0.514
	塩化ビニル樹脂	0.870	0.113	182.161	236.912	345.493
	ポリアミド系樹脂	3.660	0.001	—	—	—
	ポリブチレンテレフタレート	3.500	0.003	—	—	—
鉄系	ステンレス鋼線	3.800	1.222	—	—	—
	ボルト・ナット・リベット・スクリュー	1.840	0.084	79.823	80.608	441.211
	その他鉄鋼製品	1.680	3.994	332.724	346.594	438.648
非鉄系	アルミダイカスト	1.780	2.068	—	—	—
	銅	0.900	1.260	—	—	—
	その他非鉄金属製品	13.360	—	17.173	17.952	40.345
ゴム	合成ゴム	2.070	0.158	0.019	0.019	0.019
ガラス	その他ガラス製品	3.270	—	551.269	805.108	1329.125
紙	両面段ボール	0.344 ^{※2)}	0.001 ^{※5)}	—	—	—
電線電気	電線・ケーブル	2.600 ^{※3)}	0.222	1.945	2.037	2.246

※1) 産業連関表ベース ※2) 単位: kg-CO₂/m² ※3) 単位: kg-CO₂/導体 kg

※4) ディスポーザ (ディスポーザ本体+排水トラップ+梱包材料): T 社データ ※5) 単位: m²

※6) 排水処理槽 (排水処理槽本体+配管類+機器類): T 社データ

排水処理槽部に使用されている材料毎の重量に、産業連関表基準のCO₂発生量原単位を乗じ、部位毎の耐用年数で除して、1年間に発生する材料調達段階のLCCO₂を求めた。システムの材料別の製品重量と試算に使用したCO₂発生量原単位を表3に、システムの部位毎の耐用年数を表4に示した。

② 輸送段階

ディスポーザ排水処理システムを製造拠点から倉庫まで輸送する際に使用する軽油からのCO₂発生量を、ディスポーザ及び排水処理槽本体の耐用年数でそれぞれ除して、輸送段階のLCCO₂とした。軽油のCO₂発生量原単位は表5に示す数値を採用した。

ディスポーザ及び排水処理槽の輸送条件は表6に示した。輸送距離は、T社の調査事例では、製造拠点から納入場所までが50kmから1000kmの範囲であった。そこで、試算設定値は加重平均値とし、感度分析での上下限値に50、1000kmを採用した。

③ 施工段階

施工による環境負荷の算定対象範囲は、施工機械の燃料消費と施工機械を製造するために必要な資材・エネルギーの消費とした⁹⁾。

そこで、本試算では表7に示す排水処理槽周りの工事のうち、施工機械を使用する土木コンクリート工事のみを算定対象とし、土木コンクリート工事の原価に表5の「その他の土木建設」の金額あたりのCO₂発生量原単位を乗じた値を、表4に示す排水処理槽本体の耐用年数で除して、1年間に発生する施工段階のLCCO₂を求めた¹⁸⁾。土木コンクリート工事の実勢価格については、複数の排水処理槽メーカーへのヒアリング調査より、表8のごとく設定した。

なお、ディスポーザ施工工事については、施工機械を使用しないため試算対象外とした。

④ 運用段階

運用段階のCO₂発生は、「電力・水使用由来分」「維持管理由来分」の合計とした。なお、排水処理槽での微生物代謝によるCO₂発生量はバイオマス由来であるため、カーボンニュートラルの観点より大気中のCO₂を増加させないことから試算対象外とした。

電力・水使用由来CO₂発生量に関しては、表1に示すディスポーザ及び排水処理槽の消費電力量とディスポーザへの供給上水量に、表5に示す電力・水道のCO₂発生量原単位をそれぞれ乗じて求めた。ディスポーザ排水処理システムの維持管理に関しては、月に1回の排水処理槽の保守点検と年に1回の水質検査及び汚泥引き抜き処分工程があり、ディスポーザ本体については定期的な維持管理は設定されていない。これらの維持管理のうち、汚泥の運搬・処分工程以外は人的作業のみであることから、汚泥運搬・処分工程でのCO₂発生量を、維持管理時に発生するLCCO₂量とした。

ディスポーザ汚泥の運搬工程で発生するCO₂量は、バキューム車の軽油消費量より算定するものとした。汚泥運搬の設定条件を表9に示した。ディスポーザ排水処理システムの汚泥はシステム設置場所発生するため、生ごみ発生源同様の個別分散型であり、また、汚泥の移送先は生ごみ同様自治体の処分場であることから、汚泥の運搬距離は前報⁷⁾で設定した生ごみの収集距離と同様と見なした。

汚泥処分については、下水道統計¹⁹⁾を基準に算出した汚泥処理費に表5廃棄物処理(公営)の金額当りの原単位を乗じて1年間に発生するCO₂量を求めた¹⁸⁾。算出した汚泥処理費を表5に示した。

表4 ディスポーザ排水処理システム部位別耐用年数
(T社設定値)

	部位	耐用年数(年)
ディスポーザ	ディスポーザ本体	7
	排水トラップ(Pタイフ)	7
排水処理槽	FRP製排水処理槽本体	30 ¹⁴⁾
	配管・電線管・電線	30 ¹⁵⁾
	機器(ブロウ)	12
	機器(ポンプ)	5
	機器(制御板)	20
	機器(電磁弁)	15 ¹⁶⁾

表5 評価用原単位

項目	原単位
その他の土木建設 ¹⁷⁾	3818.069kg-CO ₂ /百万円
廃棄物処理(公営) ¹⁷⁾	2305.156kg-CO ₂ /百万円
電力 ¹⁷⁾	0.453kg-CO ₂ /kWh
軽油 ¹⁷⁾	2.644kg-CO ₂ /L
水道 ¹⁸⁾	0.279kg-CO ₂ /m ³
上下水道 ¹⁷⁾	0.590kg-CO ₂ /m ³
都市ガス ¹⁷⁾	2.043kg-CO ₂ /m ³
汚泥処理費 ¹⁹⁾	119円/m ³ (汚泥)

表6 ディスポーザ排水処理システムの輸送条件

	輸送距離	条件
ディスポーザ	400km	10t車1台に324個積載
排水処理槽	500km	10t車1台に1槽(1本)積載
		10t車2台に1槽(2本)積載

表7 排水処理槽周りの工事名称

	工事名称	備考
1	土木コンクリート工事	鉄鋼矢板Ⅱ型 (圧入 無振動・無騒音工法)
2	処理槽・機器・点検蓋据付工事	—
3	配管設備工事	放流管:上スラブ端0.5mまで含む 処理槽~機械室10m
4	スリーブ工事	—
5	電気設備工事	処理槽~機械室10m
6	臭気設備工事	上スラブ端0.5mまで含む

表8 土木コンクリート工事実勢価格

排水処理槽人槽	土木コンクリート工事実勢価格
105人槽(30戸規模)	390万円
350人槽(100戸規模)	490万円
1050人槽(300戸規模)	870万円

表9 ディスポーザ汚泥運搬の設定条件

項目	設定条件	備考
使用車両 (バキューム車)	4t車	T社調査より
走行距離	30km	ごみ収集距離同等と仮定 ⁷⁾
燃費	4.1km/L	浄化槽のライフサイクルアセスメントに関する調査報告書 ²⁰⁾ より

但し、汚泥処理費は自治体によって大きく異なるため、東京23区のコスト10,000円/m³を上限値とした感度分析も実施し、汚泥処理費の採用値のLCCO₂評価結果への影響も調べた。

なお、表5に示す産業連関表の金額は生産者価格(原価)基準となっており、生産者価格(原価)は一般的に購入価格の0.7~0.8掛けとされていることから、本報ではその中間値となる0.75を採用するものとした。そこで、前述の汚泥処理費については、生産者価格(原価)とするため、上述の金額の0.75掛けとした。

なお、月1回の定期点検時及び年1回の水質検査時は、重機・燃料を使用しないため、試算対象外とした。

3. 結果と考察

(1) ディスポーザ排水処理システムの導入による LCCO₂ 評価結果

① 設定原単位による LCCO₂ 評価

ディスポーザ排水処理システムの導入により削減される既存インフラからの CO₂ 発生量を削減側（－），その設置・運用により新たに発生する CO₂ 量を増加側（＋）とし、LCCO₂ 変化量を検討した。

中規模型集合住宅（100 戸）への導入時の処理工程別の LCCO₂ 試算結果を図 2 に示した。建設・運用段階とも合計が削減側（－）となっており、ディスポーザ排水処理システムを導入することにより CO₂ 発生量が若干減少することがわかった。また、各工程において運用段階が大半を占め、既存インフラでは特に、焼却工程・下水処理工程の数値が支配的で、両工程の原単位の設定が、試算結果を大きく左右することが明らかとなった。

小規模（30 戸）、大規模（300 戸）型集合住宅についても同様の試算を行い、結果を表 10 に示した。小規模型ではシステム導入により LCCO₂ が若干増加、大規模型では減少する結果となり、住宅規模が大きいほど 1 戸あたりのディスポーザ排水処理システム導入による CO₂ 削減量が大きく、スケールメリットが確認された。これは、排水処理槽の実容量、消費動力等が住戸数（負荷）に完全には比例しておらず、大規模になるほど、設計容量、設計消費動力に近づくためである。

なお、ディスポーザ排水処理システムの製造から運用までの製品 LCCO₂（中規模型集合住宅の場合）を、算定段階別に表 11 に示した。ディスポーザ排水処理システムの設置・運用により発生する CO₂ 量のうち、排水処理槽の電力使用による負荷が大きいことがわかった。小規模、大規模型集合住宅についても同様の傾向となった。

② 原単位上限・下限値による LCCO₂ 感度分析

既存インフラ評価時の採用原単位とディスポーザ及び排水処理槽の輸送距離、汚泥処分費を変化させた場合の LCCO₂ 感度分析を行った。中規模型集合住宅（100 戸）にディスポーザ排水処理システムを導入した場合の建設段階の LCCO₂ 感度分析結果を図 3 に、運用段階の結果を図 4 に示した。住宅規模別の感度分析結果を表 12

図 2 ディスポーザ排水処理システム導入前後の LCCO₂ 評価結果（中規模型集合住宅）

に示した。

図 3・4 に示すごとく、中規模型集合住宅の場合、既存インフラの採用原単位及びディスポーザ排水処理システムの設定条件によって、建設・運用段階とも削減側（－）から増加側（＋）に評価結果が変化しているが、傾向としては削減側（－）の割合が大きいことがわかった。また、設定住宅規模の影響については表 12 に示すごとく、30 戸程度の小規模型集合住宅ではスケールメリットが小さいので評価結果が削減側（－）から増加側（＋）へほぼ同じ割合で変化し、300 戸程度の大規模型集合住宅では、中規模型よりも削減側（－）の割合が大きい結果となった。

既存インフラでは焼却、下水処理工程からの CO₂ 発生量が全体の結果を支配することは前述したが、感度分析により、図 3・4 に示すごとく、特に下水処理工程での採用原単位値で試算結果が大きく変化することがわかった。これは、下水処理工程が図 1 に示すごとく管路移送・ポンプ移送・水処理・汚泥処理の 4 工程から成っており、評価範囲の設定により、また、下水処理の規模、方式の選択により原単位値が大きく変化するためである。また、ディスポーザ排水処理システムでは製品の輸送距離を 50km から 1000km に、汚泥処分費を 119 円/m³ から 10,000 円/m³ に設定を大きく変化させても、図 3・4 に示すごとく、システム部の振れ幅は微少で、全体結果に及ぼす影響も微少であることがわかった。

既往文献⁴⁾⁵⁾ではディスポーザ排水処理システム導入時の運用段階における LCCO₂ 評価結果を試算しており、システム導入時には特に排水処理槽の電力多消費が原因で LCCO₂ が上昇することが報告されている。これは、既往文献では特定のモデルケースによる評価を行っているのに対し本研究では下水道統計より全国の平均的な原単位を採用した評価であることから、下水処理工程の採用原単位の違いが、評価結果の差を招いたものと推察された。また、ディスポーザ排水処理システムから発生する CO₂ 量の大半を占める排水処理槽の電力消費に関し、既往文献⁴⁾⁵⁾では 30 戸程度の小規模型集合住宅の設定で、本研究で使った排水処理槽の 2 倍以上の消費量となっている²⁾ことから、選定した排水処理槽の方式の違いで結果に差が出ているものと推察された。

表 10 ディスポーザ排水処理システム導入前後の LCCO₂ 評価結果（住宅規模別）
単位：kg-CO₂/(戸・年)

算定段階		建設段階 合計	運用段階 合計	建設・運用 段階合計
住宅 規模	小規模型（30 戸）	4.260	14.970	19.230
	中規模型（100 戸）	-6.719	-1.810	-8.530
	大規模型（300 戸）	-9.479	-21.852	-31.331

表 11 ディスポーザ排水処理システムの製品 LCCO₂（中規模型集合住宅）
単位：kg-CO₂/(戸・年)

算定段階		ディスポーザ	排水処理槽
建設 段階	材料調達	2.779	1.883
	輸送	0.106	0.134
	施工	—	4.662
	合計	2.885	6.679
運用 段階	電力使用	0.897	47.921
	水使用	1.782	—
	維持管理	—	1.038
	合計	2.679	48.959

図3 ディスポーザ排水処理システム導入前後の建設段階 LCCO₂ 感度分析結果（中規模集合住宅）

表12 ディスポーザ排水処理システム導入前後の LCCO₂ 感度分析結果^{*}
（住宅規模別） 単位：kg-CO₂/(戸・年)

算定段階		建設段階 合計	運用段階 合計	建設・運用段階 合計
住宅規模	小規模型 (30戸)	上限値 12.055 下限値 -21.584	60.490 -56.726	72.545 -78.310
	中規模型 (100戸)	上限値 0.764 下限値 -32.283	43.710 -73.506	44.474 -105.790
	大規模型 (300戸)	上限値 -2.041 下限値 -35.003	23.669 -93.548	21.628 -128.551

表13 家庭における CO₂ 排出量分析²²⁾（1戸あたり、3.5人/戸に補正）

	消費量	CO ₂ 排出量
水消費	211.6m ³ /年	124.856kg-CO ₂ /(戸・年)
電気消費	5110.9kWh/年	2315.218kg-CO ₂ /(戸・年)
ガス消費	480.5m ³ /年	981.636kg-CO ₂ /(戸・年)
合計	—	3421.710kg-CO ₂ /(戸・年)

図5 直接放流式ディスポーザ導入前後の LCCO₂ 評価結果

また、家計調査年報²²⁾の水・電気・ガス消費量より算出した一家庭から排出される運用段階の CO₂ 総量 (3421.710kg-CO₂/(戸・年)) に対し、ディスポーザ排水処理システム導入によって増減する LCCO₂ 値の割合は 0.6%~3.8%程度と、システム導入の影響は微小であることがわかった。家庭における CO₂ 排出量試算結果は表13に示した。

(2) 直接放流式ディスポーザの導入による LCCO₂ 評価結果

① 設定原単位による LCCO₂ 評価

直接放流式ディスポーザ導入では排水処理槽を設置しないため、住宅規模による CO₂ 発生量の差異はないものとして戸あたりの環

図4 ディスポーザ排水処理システム導入前後の運用段階 LCCO₂ 感度分析結果（中規模集合住宅）

図6 直接放流式ディスポーザ導入前後の建設段階 LCCO₂ 感度分析結果

図7 直接放流式ディスポーザ導入前後の運用段階 LCCO₂ 感度分析結果

境影響負荷変化量を試算した。

処理工程別の LCCO₂ 試算結果を図5に示した。建設段階は若干削減側（－）となったが、運用段階および合計は増加側（＋）となり、直接放流式ディスポーザ導入によって LCCO₂ が増加する結果となった。

全体工程のうち既存インフラの運用段階の占める割合が圧倒的に大きい、中でも特に下水処理工程の数値が大きく、ディスポーザ排水の BOD 分を下水処理場で浄化処理する際の CO₂ 発生量増加が評価結果に与える影響が大きいことがわかった。

② 原単位上限・下限値による LCCO₂ 感度分析

既存インフラ採用原単位とディスポーザの輸送距離を変化させた場合の評価結果への影響について、原単位の上限・下限値を採用し

た LCCO₂ 感度分析を行った建設段階の LCCO₂ 感度分析結果を図 6 に、運用段階を図 7 に、合計を表 14 に示した。採用原単位によって建設・運用段階とも評価結果は増加側（＋）から削減側（－）にまで変化しているが、おおむね直接放流式ディスポーザ導入によって LCCO₂ が増加する傾向にあることがわかった。また、ディスポーザ排水処理システムでの感度分析と同様に、下水処理工程での原単位の採用値によって評価結果が大きく変化し、結果が削減側から増加側まで変動することがわかった。既往文献^{4)・5)}では、ディスポーザ単体（直接放流式ディスポーザ）導入時の運用段階における LCCO₂ 評価結果を試算しており、既存インフラによる従来処理に比べ直接放流式ディスポーザ導入時には若干 LCCO₂ が上昇するものの、ディスポーザ排水処理システム導入時よりは負荷上昇が小さいことを報告している。前述のごとく、既存インフラの下水処理工程の設定値が評価結果を支配し、この設定値の差異により本研究と評価結果が異なっているものと考えられた。

また、表 14 に示す一家庭から排出される運用段階の CO₂ 総量に対し、直接放流式ディスポーザ導入によって増減する LCCO₂ 値の割合は 0.7%～7.7%程度と、導入の影響は小さいことがわかった。

表 14 直接放流式ディスポーザ導入前後の LCCO₂ 感度分析結果
単位：kg-CO₂/(戸・年)

算定段階	建設段階 合計	運用段階 合計	建設・運用段階 合計
上限値	49.459	214.753	264.212
下限値	-10.737	-13.910	-24.647
設定値	-0.456	25.957	25.501

4. 結論

前報⁷⁾で設定した既存インフラの原単位を採用し、集合住宅へのディスポーザ導入前後での LCCO₂ 変化量の評価を行った。前報⁷⁾で整理した既存インフラの既報原単位の上限値・下限値による感度分析を行い、評価結果への影響を分析した。また、前報⁷⁾で定義した既存インフラの試算モデルに加え、本報ではディスポーザ排水処理システム及び直接放流式ディスポーザの評価範囲を定義し、ディスポーザ周りの LCCO₂ 評価手法を明らかにした。

その結果、以下の知見が得られた。

- ① ディスポーザ排水処理システムの導入によって、LCCO₂ はおおむね削減される傾向にあり、集合住宅規模によるスケールメリットにより、大規模マンションほど 1 戸あたりの LCCO₂ が小さくなることがわかった。感度分析においては、下水処理工程の原単位の設定によって、評価結果が削減側（－）から増加側（＋）に大きく変動することが分かった。
- ② 直接放流式ディスポーザの導入によって、LCCO₂ は増加する傾向にあり、感度分析においては、下水処理工程の原単位の設定によって、評価結果が増加側（＋）から削減側（－）に大きく変動することが分かった。
- ③ ディスポーザ排水処理システム、直接放流式ディスポーザとも、下水処理工程の原単位採用値が評価結果に大きく影響するが、その変動幅の最大値においても、一家庭から排出される CO₂ 総量のうち数%の割合となり、導入の影響は十分に小さいことがわかった。

- ④ 既往文献との比較で、評価対象としたディスポーザ排水処理システムの選定により環境影響負荷評価結果に影響が出る可能性も示唆された。

今後、下水処理工程の原単位、ディスポーザ排水処理システムの設計の環境影響負荷評価結果への影響について、さらに精査する必要がある。また、特定のモデルケースを想定した評価についても検討を行う必要がある。

〔参考文献〕

- 1) 清水康利, 松原善治, 小川正晃: 生ごみディスポーザ処理システムの普及とこれからの展望, 第 5 回日本水環境学会シンポジウム, pp.113-114, 2002
- 2) 松本亨, 鮫島和範, 井村秀文: ディスポーザ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, 2000.10
- 3) 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.397-403, 1998.10
- 4) 間宮尚 ほか 4 名: 廃棄物マネージメントを支援する建築・都市システムの構築 生ゴミのディスポーザ処理、リサイクルプラザのマクロ的環境評価, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 I, pp.345-348, 2002.9
- 5) 間宮尚 ほか 4 名: 廃棄物マネージメントを支援する建築・都市システムの構築 第 4 報 生ごみのディスポーザ処理の廃棄物・下水処理を含めた視点による環境評価, 空気調和・衛生工学会論文集, No.91, pp.31-40, 2003.10
- 6) 岡崎愛子: ディスポーザと環境負荷—CO₂ 排出量からの検証—, 給排水設備研究, Vol.19, No.2, 2002.7
- 7) 豊貞佳奈子, 清水康利, 大塚雅之: 集合住宅用ディスポーザシステムの環境影響評価 その 1 LCCO₂, LCE 分析用原単位の設定, 日本建築学会環境系論文集, No.574, pp.43-50, 2003.12
- 8) 国土交通省都市・地域整備局下水道部, 国土技術政策総合研究所下水道研究部: ディスポーザ普及時の影響判定の考え方 (案), 2002.5
- 9) 井村秀文: 建設の LCA, 株式会社オーム社, 2001.6
- 10) 社団法人日本下水道協会: 下水道のためのディスポーザ排水処理システム性能基準 (案), 2001.3
- 11) 環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会: 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 廃棄物分科会報告書, 2002.8
- 12) 間宮尚 ほか 5 名: 廃棄物マネージメントを支援する建築・都市システムの構築 第 3 報 一般廃棄物処理にかかわる環境負荷原単位の検討, 空気調和・衛生工学会論文集, No.88, pp.53-62, 2003.1
- 13) 平井康宏, 村田真樹, 酒井伸一, 高月紘: 食品残渣を対象とした循環・資源化処理方式のライフサイクルアセスメント, 廃棄物学会論文誌, Vol.12, pp.219-228, 2001
- 14) 厚生省: 汚泥処理施設の効率的な整備の推進について (官庁情報), 月刊浄化槽, No.295, 2000.11
- 15) 建設省住宅局生産課監修, 財団法人住宅部品開発センター: センチュリーハウジングシステムルールブック, 1984
- 16) 社団法人空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル, 2001.4
- 17) 森口祐一, 南富規介 ほか 3 名: 産業連関表によるエネルギー・二酸化炭素排出原単位' 95 (β版), 2000.4
- 18) 社団法人空気調和・衛生工学会 地球環境委員会: 委員会成果報告書 建築設備と地球環境に関する研究, 1999.3
- 19) 社団法人日本下水道協会: 平成 11 年度版下水道統計要覧, 第 56 号の 3
- 20) 財団法人日本環境整備教育センター: 平成 12 年度 浄化槽のライフサイクルアセスメントに関する調査報告書, 2001.3
- 21) 村田俊之, 門間博之, 高草木明: 集合住宅における生ごみ処理の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), pp.641-642, 1999.9
- 22) 総務省統計局: 平成 9 年度版家計調査年報

(2004年3月10日原稿受理, 2004年7月26日採用決定)