

環境低負荷型トイレ導入に関するエネルギー及び費用便益評価 —高速道路サービスエリアにおけるケーススタディ

首都大学東京 都市基盤環境学域 正会員 ○中川 直子
 首都大学東京 都市基盤環境学域 正会員 河村 明
 首都大学東京 都市基盤環境学域 正会員 天口 英雄
 首都大学東京 都市基盤環境学域 正会員 石崎 勝義

1. はじめに

高速道路におけるサービスエリア・パーキングエリア(以下SA・PA)は、「駐車場」「トイレ」「電話」「園地(休憩スペース)」を基本施設として、またこれらに付帯する形で「飲食施設」「物販施設」等が整備されており、大多数の国民が使用することから、快適・清潔・安全であり、かつ環境に負荷を与えないことが要求されている。これまで著者らによって、環境低負荷型トイレを導入した場合の、水消費量、エネルギー消費量、そして汚濁負荷量の削減効果およびそれらに伴うコスト削減効果を試算した^{1),2)}。しかしこの試算結果はこれらの環境低負荷型トイレ導入後の試算であり、このうち、エネルギー負荷やコスト試算に関しては導入後だけでなく、本システムの導入時から考慮して試算する必要がある。そこで本研究では、LCA手法を用いて環境低負荷型トイレの導入部分である、従来トイレの廃棄、トイレの製造・輸送・設置や回収した尿尿を貯留するタンクの製造・輸送・設置および尿尿の輸送にかかるエネルギー消費量を求め、従来のシステムに本システムを導入した場合のペイバックタイムの計算を行い、それらに関する費用便益評価を行った。

2. 対象施設の選定と現状データ

試算を行う対象施設は、NEXCO 東日本のSA・PAの中から美野里PA・守谷SA・海ほたるPAの3施設とし、環境低負荷型トイレ導入時のエネルギー負荷およびコストを試算する。表-1に示す現状データは、美野里PA・守谷SAが平成19年1月～12月、海ほたるPAが平成19年4月～平成20年3月のデータに基づいている。トイレ水道使用量(手洗い含む)では、3施設ともに施設全体の水量の4～6割を占めている。電力量については、合併浄化槽処理を行う美野里PAでは施設全体に対する給水・汚水処理施設の電力量が高く、その割合は約4割である。同じく合併浄化槽処理の海ほたるPAは、浄化槽設備で84万kWh/年使用しているものの、施設全体における割合は1割程度である。

表-1 試算対象SA・PAの概要

対象施設		美野里PA	守谷SA	海ほたるPA	
施設タイプ		中規模SA	大規模SA	大規模SA	
所屬路線		常盤自動車道	常盤自動車道	東京湾アクアライン	
処理水放流先		霞ヶ浦	利根川	東京湾	
排水処理方式		合併浄化槽	下水道	合併浄化槽	
計画利用者数		万人/年	56	808	
水道	男子	万人/年	35	420	
	女子	万人/年	21	388	
設置台数		台	72	172	
水道	男子小便器	台	30	64	
	大便器	台	42	108	
	施設全体	m ³ /年	16,138	132,670	上水28,552 / 中水41,539
	施設全体料金	万円/年	372	3,202	1,390
	トイレ使用水量(手洗い含む)	m ³ /年	7,063	70,794	上水2,378 / 中水35,944
	トイレ使用料金	万円/年	163	1,709	116
施設全体のトイレ水量の割合		%	43.8%	53.4%	54.7%
下水道料金		万円/年		2,198	
電気	施設全体	kWh/年	233,681	3,250,368	8,202,572
	施設全体料金	万円/年	352	4,269	9,668
	給水の使用電力	kWh/年	5,334	26,019	686,460
	給水の使用電気料金	万円/年	8	34	810
	浄化槽の使用電力	kWh/年	88,307	13,173	156,950
	浄化槽の使用電気料金	万円/年	133	17	185
全体の給水・浄化槽設備の割合		%	40.1%	1.2%	10.3%

3. 導入を検討している環境低負荷型トイレ

SA・PAに導入を検討している環境低負荷型トイレとして、洗浄水循環型男子小便器、男子用無水小便器、洗浄水循環型尿分離トイレ、6L型節水大便器があげられる。洗浄水循環型男子小便器(図-1)は尿と洗浄水を分離し、洗浄水を循環利用する仕組みで、1回の廃棄洗浄水量0.25L、循環させる便器用洗浄水量1.7Lである。男子用無水小便器(図-2)は洗浄水が不要であり、便器の下部にカートリッジを設けて、尿を溜め、シーリング液を用いて尿の臭気を液封している。洗浄水循環型尿分離大便器(図-3)は、従来の洗浄水循環型トイレ¹⁾に新たに尿分離の機能を付加したもので、尿尿排水用の洗浄水と便器用洗浄水とを電磁石で切り替え2段階に分けて流すことで、1回の廃棄洗浄水量を0.6Lまで削減している。便器用洗浄水は2.2L流れるが尿尿とは混じらず、循環利用するしくみになっている。洗浄水循環型男子小便器、洗浄水循環型尿分離トイレ、男子用無水小便器から収集した尿は園芸分野において有効利用することができる。6L型節水大便器(図-4)は洗浄水量6Lの節水型大便器である。



図-1 浄水循環型男子小便器



図-2 男子用無水小便器



図-3 洗浄水循環型尿分離大便器



図-4 6L型節水大便器

キーワード 環境低負荷型トイレ, 環境負荷削減, 高速道路サービスエリア, コスト削減, 尿分離型トイレ, 無水小便器
 連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 首都大学東京大学院都市環境科学研究科 E-mail: nakanaok@tmu.ac.jp

4. 試算に用いたデータおよび試算方法

本研究では次のシナリオで試算を行った。シナリオ①：洗浄水循環型尿分離大便器と男子用無水小便器を導入，尿をそれぞれ貯留タンクで回収，大小の洗浄水量の削減。シナリオ②：6L型節水大便器，男子用無水小便器を導入，男子尿のみを回収。男子小用の洗浄水量削減。シナリオ③：洗浄水循環型尿分離大便器と洗浄水循環型男子小便器を導入，尿は回収，大小の洗浄水量の削減。表-2に現状および導入後の各シナリオでの1flush当たりのトイレ洗浄水量を示す。エネルギー負荷計算に関してはLCA手法を用い，積み上げ法と産業連関法の併用によって算定した。積み上げ法にはLCA支援ソフトウェアJEMAI-LCA Pro（産業総合研究所開発）を用いて行い，産業連関法では国立環境研究所作成の環境負荷原単位データ（3EID）³⁾を基本とした。またLCAの適用範囲としては，既存のトイレの撤去および上記環境低負荷型トイレの素材製造，製品製造，物流とした。計算に必要な既存のトイレ便器と環境低負荷型トイレ便器の基礎データはINAX，リンフォース，TOTO製品のデータを用いた。また，環境低負荷型トイレ導入により水消費量が減少することによって，上下水道に関わるエネルギーも削減されると仮定し，上水道システムと下水道システム負荷原単位をそれぞれ，2,706 kcal/m³⁴⁾，1,889 kcal/m³⁵⁾，として計算を行った。

表-2 1flush当たりのトイレ洗浄水量

	現状			導入後		
	美野里PA	守谷SA	海ほたるPA	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③
大便器	10	8	10	0.6	6	0.6
小便器	6	4	4	0	0	0.25

5. 試算結果および考察

シナリオ①，シナリオ②，シナリオ③に関して，エネルギー負荷とコストに関する試算結果を図-5，図-6に示す。まず美野里PAはトイレ設置台数が少なく，水量削減効果が小さいのでエネルギー削減量が小さい。また，守谷SAは大規模施設であるためトイレ設置台数が多く，上下水道を利用しているためにエネルギー削減量が多い。さらに，海ほたるPAは中水を利用しているために水量削減量がないが，汚水が減ることで浄化槽に関するエネルギー削減量が多い。しかし，エネルギーに関するコスト削減量はそれほど大きくなく，コスト削減にはあまりつながらなかった。また，環境低負荷型トイレ導入のメリットを考察するために，ペイバックタイムの計算を行った。ここでは，既存の水洗トイレの便器を全て環境低負荷型トイレに交換すると仮定し，環境低負荷型トイレの導入にかかる負荷は，その後の水消費量削減による上下水道や施設電力使用量削減による負荷削減の何年分にあたるのかを，エネルギーとコストの面から計算した。表-3に美野里PA・守谷SA・海ほたるPAにおけるペイバックタイムの計算結果を示す。全シナリオの中で，男子小便器が異なるシナリオ①，シナリオ③はエネルギー，コストともに大差なく，エネルギーに関するペイバックタイムは比較的短期間で回収しやすいことがわかったが，導入コストに関しては，改善の余地があると考えられる。

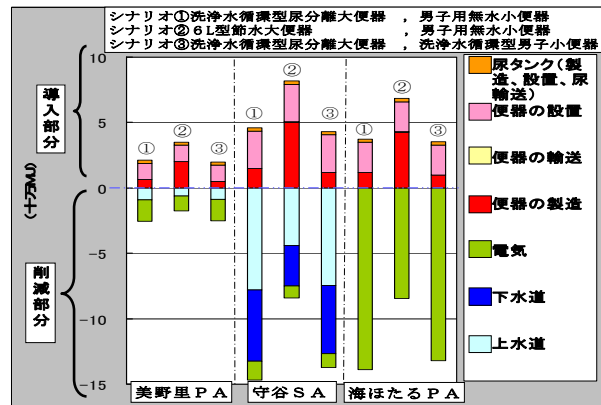


図-5 環境低負荷型トイレ導入から一年間のエネルギー収支

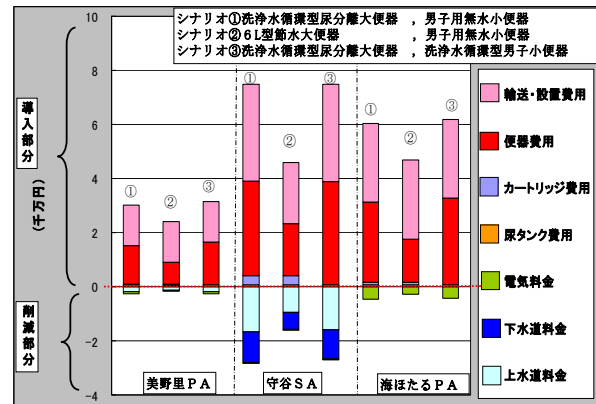


図-6 環境低負荷型トイレ導入から一年間のコスト収支

表-3 各SA・PAにおけるペイバックタイム

対象施設		美野里PA	守谷SA	海ほたるPA
エネルギー	シナリオ① 年	0.8	0.3	0.3
	シナリオ② 年	2.0	1.0	0.8
	シナリオ③ 年	0.8	0.3	0.3
対象施設		美野里PA	守谷SA	海ほたるPA
コスト	シナリオ① 年	13.5	3.0	17.0
	シナリオ② 年	18.9	3.6	26.5
	シナリオ③ 年	12.6	2.8	14.3

謝辞:本研究を遂行するにあたって，東京都アジア高度研究「アジア都市圏における水問題解決のための適応策に関する研究」(代表:河村 明)の補助を受けました。また，本研究に対して，NEXCO 東日本，リンフォース，INAX，TOTO より貴重なデータを提供して頂きました。ここに記して深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 中川直子,河村明, 天口英雄, 高速道路サービスエリアにおける環境負荷削減対策,第65回土木学会年次学術講演会講演概要集第2部, pp.169-170, 2010.
- 2) 中川直子,河村明, 天口英雄, 高速道路サービスエリアにおける環境負荷削減対策—費用便益に関する一考察,2010年度研究発表会要旨集, 水文・水資源学会, pp.288-289, 2010.
- 3) 独立行政法人国立環境研究所 HP, 2005年版3EID(β版), 3EID 産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID), http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/page/2005_beta.htm.
- 4) 水道と地球環境を考える研究会, 地球環境時代の水道, 技報堂出版, 1993.
- 5) 井村秀文 他, 下水道システムのライフサイクルアセスメント, 土木学会論文集, 552/7-1,75-84,1996.