

## 高速道路の休憩施設における水回り改善による 環境負荷削減対策

Measures for environmental load reduction through improvements in water facilities at highway service areas

河村 明 東京都立大学 名誉教授  
KAWAMURA Akira Tokyo Metropolitan University, Professor Emeritus  
中川 直子 中央大学 客員教授  
NAKAGAWA Naoko Chuo University, Visiting Professor

In this paper, we first introduce the background and current situation of improvements in water facilities for toilets at highway Service Areas (SA) and Parking Areas (PA). Next, the reduction on the environmental load by the replacement of conventional toilets with low environmental load toilets such as waterless urinals and urine diversion toilets was quantified and cost-benefit analyses concerning introducing such low environmental load toilets were performed through simulations. Finally, we summarize our thoughts based on these findings.

### 1. はじめに

高速道路の休憩施設すなわちサービスエリアおよびパーキングエリア（以下SA・PAと記す）は、大多数の国民が使用することから、快適・清潔・安全であり、そしてSDGsの特に目標6「すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」の観点からも環境に極力負荷を与えず持続可能な施設であることが要求されている。ここで、PAは一般的に駐車場、トイレ、電話、休憩スペースを基本施設として成り立っており、SAではこれらに付帯する形で給油所、飲食施設、物販施設などが整備されているが、必ずしも提供しているサービス内容がその様になっている訳ではなく、SAとPAを明確に区別することは難しい。

令和5年現在、全国には852カ所ものSA・PAがあり、近年多様な水回り改善が進められ、これらの施設の快適性は高い水準で維持されており、利用者の評価も高い。しかし、24時間稼働していると同時に設備規模が大きいことから、水消費量、電力消費量およびこれらに伴うコストが膨大であることが問題となっている。商業施設を除けば、各SA・PAで水消費量が大きいのはトイレ施設である。また、トイレ排水を処理するためにかかる電力消費量も大きい。

一般的に、生活排水の中で、水洗トイレからの尿尿を含む汚水は、尿尿以外の雑排水に比較すると、排水量は家庭排水中の1/3程度であるが、汚濁負荷量特に全窒

素（T-N）や全リン（T-P）は家庭排水中の8割以上を占め（虫明監修、2005）、水洗トイレによる環境への負荷量は非常に大きいものとなっている（石崎・中川、2000；中川ら共訳、2012b）。

筆者らは、水回りの中で従来の水洗トイレを改良することにより、水消費量や水環境中に排出される汚濁負荷量を削減し、一方で尿や尿を農地に還元し、肥料として有効利用する、「資源循環・低エミッション型排水処理システム」を模索してきた（中川ら、2009；2010b；2012a）。本システムは衛生的安全性を確保しつつ、環境負荷だけでなく、コストおよび消費エネルギーを低減することを目的としている。この場合、例えば尿尿分離大便器や男子用無水小便器を導入して尿と尿を分離することで、人尿を価値の高い肥料にして再利用でき、世界各地の水環境への汚濁負荷の低減、およびわが国で枯渇化が問題となっているリン資源の効率的回収が可能となっている。また、筆者らは高速道路SA・PAのトイレ施設に着目し、環境低負荷型トイレを導入することで、環境負荷削減をはかることをNEXCO東日本と共に検討してきた経緯があり、その導入効果の評価を先駆けて行ってきた（安藤ら、2010；中川ら、2010a；2012a）。

本稿では、まず高速道路のSA・PAにおいて利用者が立ち寄る最大の理由である「トイレ」における水回りの改善の経緯や現状そして改善取組み事例を紹介する。次いで、SA・PAに環境低負荷型トイレを導入することによる環境負荷削減効果をシミュレーションにより評価す

る。最後にそれらを踏まえて筆者らの考えを纏める。

## 2. SA・PAにおける水回り改善の経緯と現状

### (1) SA・PAにおけるトイレ施設の変遷

日本道路公団が民営化される2005年以前のSA・PAのトイレは、公園の公衆トイレと同じ扱いで「用を足せばよい」というレベルであり、「暗い」「臭い」「汚い」というイメージの存在であった。道路公団の民営化後、NEXCO中日本において「おもてなしトイレプロジェクト」(全国高速道路建設協議会、2020)がスタートし、「より快適で便利で楽しく美しいトイレ」の基本コンセプトの下、SA・PAのトイレを劇的に変化させるべく、トイレロビー空間の整備、床材のゴム化、洋式便所の比率拡大、温水洗浄便座の設置などに取り組み、2008年東名高速道路・日本平PAに最初の本プロジェクトによる改修トイレ施設が導入された。本トイレ施設は利用者より大変高い評価を受け、以降、NEXCO 3社では同様な基本コンセプトに基づいてトイレの新設・改修が進められている。

高速道路における環境への取り組みとして、地球温暖化防止としての「カーボンニュートラル」、循環型で持続可能な社会の実現として、「3R(Reduce, Resuse, Recycle)」や「グリーンインフラ」などのキーワードが並び、その中で、SA・PAにおけるトイレに対しては「エコトイレ」というキーワードで語られている。エコトイレとしては、使用水量や洗浄水の低減化以外に、長寿命材料などの環境負荷低減物品の使用、使用電力量削減を主目的として、自然光の活用、LED照明などによる光源の高効率化、太陽光発電、排気システムの改善(全体排気から局所排気に)などの取り組みが挙げられる。例えば、NEXCO西日本では、使用するエネルギーの全てを自然エネルギーで賄い、使用水量も半減させるエコトイレの実現を目指し、「4C」(Clear(明るさ)、Clean(清潔)、Comfortable(快適)、Charming(魅力的))のキーワードの下、トイレ利用者の満足度を高める取り組みを行っている(NEXCO西日本Web、2008)。

現在では、トイレが清潔で快適になったことから、一人当たりの平均利用時間や大便器利用率が増加しており、以前に比べ特に男性大便器の数を大幅に増加させるとともに、トイレの空室が一目で分かる案内板の導入でトイレ待ち時間を減少させ、また、トイレ内の忘れ物防止策や訪日外国人にも配慮した工夫もなされている(メルマガ「KURU KURAニュース」、2020)。

### (2) トイレ水使用量の変遷

まず大枠として、日本全体の水使用量(取水量ベース)は1992年の894億 $m^3$ をピークに減少している。その内、農業用水は1996年の590億 $m^3$ 、生活用水は1997年の165億 $m^3$ 、そして工業用水は回収率の向上により既に1973

年の158億 $m^3$ をピークに減少に転じている(河村、2016)。2019年の生活用水の一人一日平均使用量は、有効取水量ベースで286L(リットル)となっており、1997年の324Lをピークに減少傾向にある(国土交通省、2022)。

東京都における一人一日家庭用水使用量については、1996年～2000年の248Lをピークに漸減してきており(河村、2016)、2019年には214Lにまで減少している(東京都水道局、2023)。一人当たりの家庭用水使用量が減少している主要な原因として、家庭等での様々な節水機器の普及が挙げられる(Nakagawa et al., 2009)。とくにトイレ用水の節水は著しく、国内において1970年代中頃まで大小の区別なくトイレで1回水を流すと20Lも流れていたが、1976年以降13Lのトイレが登場し長く使用されてきた。1990年代になると大小で流れる量が異なり、大でも10L以下のものが登場し、各メーカーしのぎを削り6L以下の便器が登場したのは1995年で、現在では大でも4.8Lそしてさらに3.8Lしか流さない製品も出回っている(河村、2016)。その結果、東京都の家庭用水使用量に占めるトイレ用水の割合は、H18(2006)年度は28%と、お風呂の24%、炊事23%、洗濯16%を凌いでいたが(国土交通省、2009)、9年後の平成27年(2015)度にはトイレ用水の割合は21%にまで低下し、逆に節水し難い風呂用水の割合が40%と急増し、炊事18%、洗濯15%となっている(東京都水道局、2021)。

一方、SA・PAにおいては、パブリック大便器として1回のフラッシュで従来20L型が使用されていたが、1994年以降13L型、2006年以降10L型、そして2009年以降パブリック大便器は6L型、小便器は2～4L型が使用されている(高速道路総合技術研究所、2015)。大便器としては6L型よりもさらに少ない型が導入されたこともあったが、詰まりや臭いなどにより、また利用者が結局二度流すなど節水効果も余り見られず現在6L型に落ち着いているようである。なお、温水洗浄便座の導入により、トイレットペーパーの節約にもなり、またフラッシュ回数も減少している。

これまで再生水や雨水をトイレ洗浄に使用することは普通に行われてきているが、節水トイレのアイデアとして、NEXCO西日本の「手洗器一体型小便器」も注目された(Yahooニュース、2016)。これは男子小便器の上に手洗い機能を付加し、手洗い水を便器の洗浄に再利用して水資源の有効活用を図るという斬新なトイレである。ただ、主にユニバーサルデザインなどの観点から全国には普及していないのが現状である。

さらに、NEXCO中日本でも究極の節水便器である無水男子小便器を、試行的に1ヶ月以上水洗小便器と並べて設置し、無水と水洗の両小便器を比較評価している。その平成23年の内部資料によると、無水男子小便器は尿が流れ込む専用カートリッジが必要であるが、臭い・汚れなどは水洗小便器と同等であり、しかも尿石や水垢も

発生しにくく掃除もしやすいと評価されている。SDGsの観点からも無水男子小便器を採用するメリットは大きいと考えられるが、現状としては、長期使用による臭気や詰まりのリスクや利用者の心理的側面などに配慮しほとんど採用されていないようである。

### (3) トイレ清掃

トイレ清掃に関しても、近年「トイレ診断士」の指導も加わり、トイレ清掃スタッフの意識向上によるレベルアップなどにより、トイレの清掃品質は年々向上している（全国高速道路建設協議会、2020）。以前は、「濡れる、汚れる、滑る、臭う」と不評だったトイレの水とたわしによる清掃は、例えば、床タイルをゴムなどに変更することにより臭いの発生源であったタイルの目地を無くし、モップによる乾式清掃に切り替えられている。これにより、水清掃が不要になり、水使用量の大幅な減少のみならず、臭気対策と清掃作業の効率化も進んでいる。

特にNEXCO西日本で導入が進んでいる、ウルトラファインバブル（直径が1 μm以下の泡）水を用いた清掃は、床タイルのまま、従前の清掃方法に比べ、洗剤使用量を大幅に削減し、そして使用水量を1/100程度にまで節減できる清掃となっている（NEXCO西日本Web、2016）。しかも、乾式清掃により床面乾燥時間が約40%短縮し、清掃後にも足元が滑らず安全な清掃となっている。

## 3. 環境低負荷型トイレ導入による環境負荷削減効果シミュレーション

### (1) 概要

「資源循環・低エミッション型排水処理システム」としてSA・PAに導入を想定する環境低負荷型トイレの特徴としては、尿尿から尿を分離し、尿と雑排水は従来の浄化槽や下水道処理施設で処理するものの、尿は回収しSA・PA近隣の菜の花畑に搬送し、液肥として有効利用することにある。またこれによりトイレ用水使用量の大幅な削減が見込まれる。なお、筆者らが現地調査を行った環境先進国のスウェーデンでは尿の液肥としての有効利用が進んでいる。

本稿では2011年時点での、特性の異なる3つのSA・PAを対象として環境低負荷型トイレを導入した場合のシミュレーションを行っており、導入対象とする具体的な環境低負荷型トイレとしては、男子用無水小便器（以下WLUと記す）、洗浄水循環型男子小便器（以下WCUと記す）、洗浄水循環型尿尿分離大便器（以下WCTと記す）を想定した。また、2011年時点では、対象のSA・PAには現在標準となっている6L型節水大便器（以下6WTと記す）はまだ導入されていなかったため、この尿尿分離型ではない6WTも評価対象として導入シミュレーションを行った。

本シミュレーションでは、環境低負荷型トイレを導入

した場合の、水消費量、汚濁負荷量、エネルギー消費量の削減効果およびそれらに伴うコスト削減効果についても評価した。この場合、エネルギー負荷計算には、ライフサイクルアセスメント（以下LCAと記す）手法を用いて、運用部分のみならず、環境低負荷型トイレを導入する際にかかるエネルギーも考慮して、環境負荷削減効果について検討した。

### (2) 環境低負荷型トイレ導入シナリオ

以下の3通りの導入シナリオを想定した。

シナリオ①：2011年時点でのすべての従来型男子小便器、大便器を撤去してWLUとWCTを導入し、男子小便器、大便器から尿を回収する。

シナリオ②：すべての従来型男子小便器、大便器を撤去してWLUと6WTを導入し、男子尿のみを回収する。

シナリオ③：すべての従来型男子小便器、大便器を撤去して、新たに開発したWCU及びWCTを導入し、男子小便器、大便器から尿を回収する。

ここで、シナリオ①・②のWLUは無水小便器であり、便器の下部にカートリッジを設けて、尿を溜め、シール液を用いて尿の臭気を液封している。そして、シナリオ③のWCUおよびシナリオ①・③のWCTは、筆者らがトイレ業者（中川・河村、2014）と共同で開発した洗浄水循環型の男子小便器および大便器である。WCUは尿と洗浄水を分離し、洗浄水を循環利用する仕組みで、フラッシュ1回の循環洗浄水量が1.7Lで、廃棄洗浄水量は0.25Lとなっている。WCTは新たに尿分離の機能を付加した洗浄水循環型大便器であり、尿尿排水用と便器洗浄用の水を電磁石で切り替え2段階に分けて流すことで、便器洗浄用水は2.2L流れるが尿尿とは混じらず循環利用する仕組みとなっている。これは1回の廃棄洗浄水量を0.6Lまで削減した超々節水型大便器であり、使用感が従来の水洗トイレとあまり変わらないことも特徴の一つである（中川ら、2012a）。

### (3) 対象施設と使用データ

評価を行う対象施設は、NEXCO東日本の美野里PA・守谷SA・海ほたるPAの3施設とした。美野里PAは浄化槽処理を行っている中規模施設であり、環境低負荷型トイレを導入した場合には、浄化槽への流入負荷軽減、処理水質の向上が期待される。守谷SAは下水道に接続している大規模施設で水道使用量が多く、節水による経費削減効果が期待される。海ほたるPAは浄化槽処理を行っている利用者の多い大規模施設であり、汚水削減による電力削減を大きく見込むことが期待される。

表1に評価に用いた2011年時点での3施設のデータを示す（中川ら、2012a）。トイレ水道使用量（手洗い含む）は、3施設ともに施設全体の水量の4～6割を占めており、特に大規模施設である守谷SAのトイレ水道使用量は約7万m<sup>3</sup>/年と非常に多く施設全体の5割以上を占め、それにかかるコストが大きい。海ほたるPAのト

表1 評価対象3施設のデータ

対象施設		美野里PA	守谷SA	海ほたるPA	
施設タイプ		中規模PA	大規模SA	大規模PA	
所属路線		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	214	
男子	万人/年	35	420	111	
女子	万人/年	21	388	103	
設置台数	台	72	172	142	
男子小便器	台	30	64	48	
大便器	台	42	108	94	
水道	施設全体	m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /年	7,063	70,794	上水 2,378 / 中水 35,944
	トイレ使用水料金	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%
汚水量	m <sup>3</sup> /年	15,352	134,123	70,476	
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%

表2 フラッシュ1回当たりのトイレ洗浄水量

L/flush	2011年当時			環境低負荷型トイレ		
	美野里PA	守谷SA	海ほたるSA	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

イレ洗浄用水は中水（再利用水）を使用しているため、トイレ施設の上水使用量は全て手洗い用である。

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。一方、大規模PAで電力使用量の大きい合併浄化槽処理の海ほたるPAでは、その割合は1割程度であるが、これは商業施設での電力量が多いためである。

表2に、3施設の2011年当時および各シナリオでのフラッシュ1回当たりの大便器・小便器のトイレ洗浄水量を示す。全てのシナリオで特にシナリオ①・③においては、フラッシュ1回当たりのトイレ洗浄水量は劇的に削減されることになる。

#### (4) 評価方法

水使用量の削減は、各シナリオでのトイレ洗浄水の節水効果として、また、汚濁負荷量の削減は、各シナリオで回収される尿による汚濁負荷量分として算定される。一方、脱炭素に直結するエネルギー負荷の評価に関しては、LCA手法を用いたが、LCAの適用範囲としては、既存トイレの廃棄、環境低負荷型トイレおよび回収した尿尿を貯留するタンクの製造・輸送・設置、尿尿の輸送、そして本トイレシステムの運用とした。また、本システ

ム導入により水消費量が減少することによる上下水道に関わるエネルギー削減も考慮した。さらに、尿分離トイレから回収した尿は、各SA・PA近隣の菜の花畑に搬送するとして、近隣の菜の花畑を調査しそれぞれのSA・PAからの具体的な搬送距離を算定し、それらにかかるエネルギーも考慮した（詳細は中川ら（2012a）参照）。そしてコスト計算では、上記のLCA適用範囲にかかる全てのコストを算定した。

#### (5) シミュレーション結果および考察

図1に各SA・PAにおける各シナリオによる年間の上水使用量の変化を示す。また、図2には美野里PAを例として各シナリオによる年間の汚濁負荷排出量の変化を示す。図1より、環境低負荷型トイレ導入による上水使用量の削減効果に関しては、大規模SAである守谷SAの水消費量削減が大きく、それに伴い上水コスト削減も見込まれる。一方、海ほたるPAはトイレ用水に再利用水を用いているため、上水使用量に変化はない。各シナリオの中ではシナリオ①での水量削減が最も大きいシナリオ③と大差はない。また図2より、水環境中への汚濁負荷排出量の削減効果に関しては、どのシナリオでもT-Nの削減効果が高く、特にシナリオ①と③では人尿が分離されることにより、2011年のトイレシステムに比べ

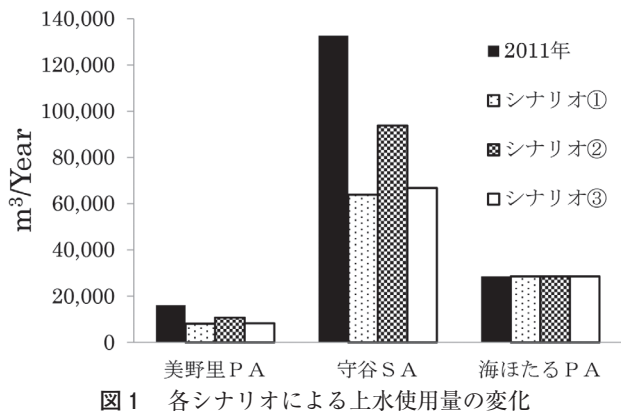


図1 各シナリオによる上水使用量の変化

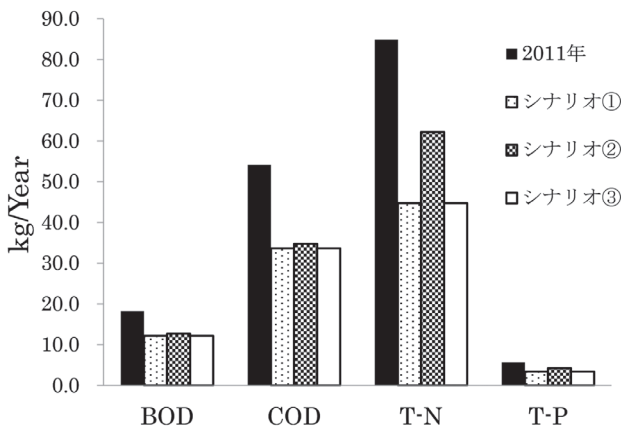


図2 各シナリオによる汚濁負荷排出量の変化 (美野里PA)

47%も削減されている。また、T-N以外にもBODが33%、CODが38%、T-Pが39%削減されており、水環境保全に大きく貢献すると考えられる。

次に、環境低負荷型トイレを導入した場合の各シナリオでの導入にかかるエネルギーの増加分および運用による年間エネルギーの削減分をLCAにより解析した結果を図3に示す。また、図4にはトイレ導入にかかるコスト(既存トイレの撤去費なども含む)およびその運用による年間コストの削減分を示す。

図3より、導入エネルギーに関しては、既存施設の撤去、便器の製造および設置に関するエネルギーが大部分を占め、尿を分離することにより新たに生じる尿貯留タンクの製造・設置にかかるエネルギーの割合は低いことがわかった。運用エネルギーに関しては、水消費量が削減されることに伴い、上水道・下水道システムおよび浄化槽運用などのエネルギーが削減されるが、その削減量は対象施設により大きく異なった。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ためにエネルギー削減量も小さい。一方、守谷SAは大規模施設でありトイレ設置台数が多く、上下水道を利用しているため、それらの運用エネルギー削減量が大きく、特にシナリオ①と③では年間運用エネルギー削減量が、トイレ導入によるエネルギー増加分をかなり上回っている。また、海ほたるPAは汚水量が減ることによる浄化槽に関

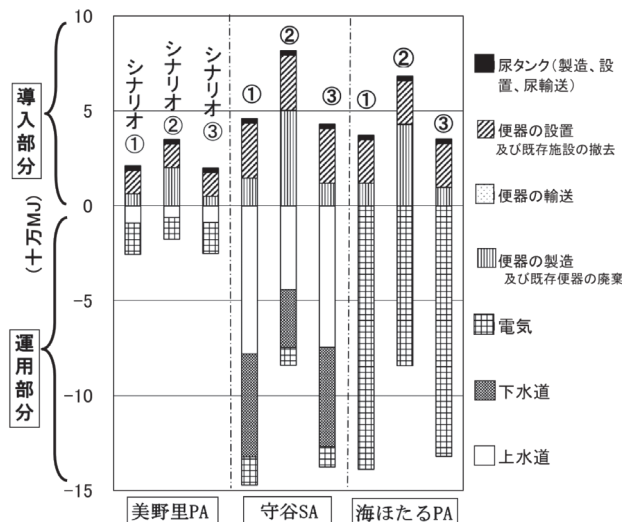


図3 トイレ導入エネルギーおよび年間削減運用エネルギー

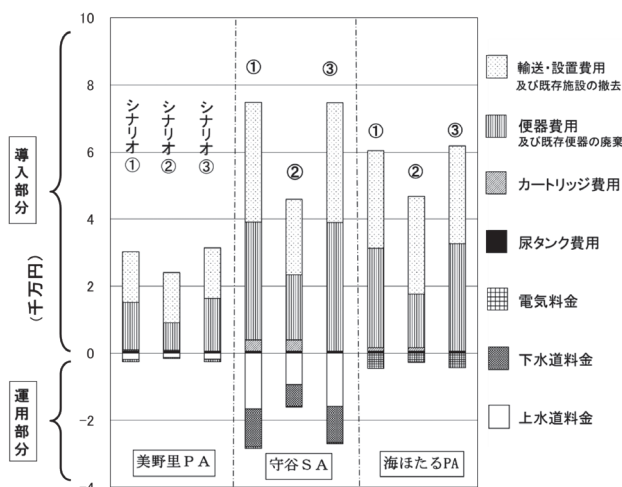


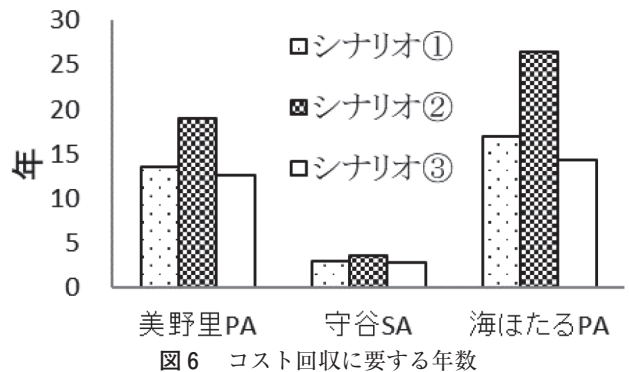
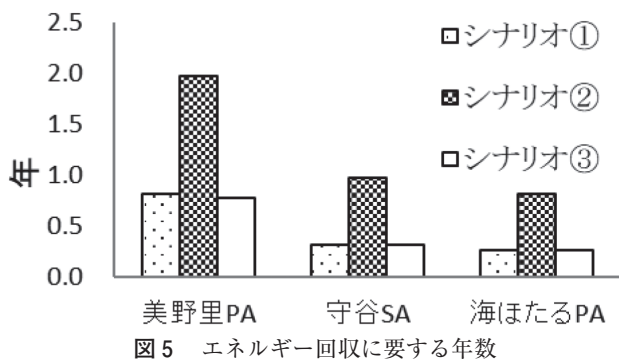
図4 トイレ導入コストおよび年間削減運用コスト

する電気エネルギーの削減量が非常に大きく、その年間削減量は、特にシナリオ①と③においてトイレ導入エネルギー増加分を遥かに上回っている。

図4より、コストの面から環境低負荷型トイレ導入効果を見てみると、守谷SAにおいて年間2千万円程度の上下水道料金の削減が見込まれるものの、どのシナリオどのSA・PAにおいても、導入部分にかかるコストが年間削減運用コストを遥かに凌いでいる。

ここでさらに、環境低負荷型トイレを導入した場合のメリットを考察するために、エネルギーおよびコストに関するペイバックタイムの計算を行った。ペイバックタイムは、各シナリオにおいて、環境低負荷型トイレ導入にかかる負荷が、その後の水消費量削減による上下水道の負荷削減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算定したもので、図3および図4における導入部分の値をその運用部分の値で除した値となる。図5および図6にそれぞれエネルギーおよびコストのペイバックタイム(年数)を示す。

図5より、エネルギーに関しては、各SA・PAにおい



てどのシナリオでも2年未満（特にシナリオ①と③では1年未満）となり、短期間でエネルギー回収が可能である。一方、コストに関しては、図6より美野里PAや海ほたるSAにおいては12年以上（守谷SAにおいても2.8年以上）となり、コスト回収には長期間を要する結果となった。これは、大規模SAでかつ汚水を下水道処理している守谷SAに比べ、中規模PAで汚水を浄化槽処理している美野里PAや大規模PAであってもトイレ洗浄水に再利用水を用いている海ほたるPAでは大幅な上水使用量削減が見込めないためである。

次に、図5、図6よりシナリオ間の違いをみると、シナリオ①と②の比較より、WCTと6WTの違いによりWCTの特にエネルギー回収効率が良いことが分かる。またシナリオ①と③の比較より、WLUとWCUではエネルギーおよびコストとも同程度の回収効率であることがわかる。ただ、WLUは全く水を使用しない小便器であるので、WCUに比べると臭気などの問題が生じていた。

以上のシミュレーション結果より、環境低負荷型トイレをSA・PAに導入することで、汚濁負荷排出量、水消費量、エネルギー消費量が大きく削減され、環境負荷削減に大きな効果が得られることが示された。特に尿を分離する大便器・小便器を、下水道で汚水処理をしている大規模SAに導入する場合は、新たに敷設される尿タンクの製造や設置、輸送などにかかる負荷を考慮しても、エネルギーやコストの導入負荷は、3年以内という比較的短期間で回収できることがわかり、尿分離型環境低負荷トイレの有用性が示唆された。ただ、洗浄水循環型の尿分離小便器（WCU）および大便器（WCT）は、若干の臭気の問題や特に尿を液肥として有効利用する適地に関する諸問題などがあり、これらが採用される見込みは非常に低いのが現状である。

#### 4. おわりに

高速道路SA・PAにおける現状の課題として、「駐車マス不足」や「トラックドライバーの労働改善への対応」など多くの課題が挙げられているが（高速道路SA・PAにおける利便性向上に関する検討会、2023）、

環境問題としては「カーボンニュートラルへの対応」として、電気自動車・燃料電池自動車などへの対応が挙げられている程度で、SA・PAにおける水に関する課題はほとんど挙げられていない。NEXCOの水環境に関する取組みとしても2(1)で述べたように「エコトイレ」というキーワードがあるくらいで、「水回りの改善」などのような水に関する表立ったキーワードは近年用いられていない。これは、大枠として水需要量が、人口の減少に伴い日本全体としても、また節水技術の進化などにより一人当たりの家庭用水としても減少してきており、そしてSA・PAにおけるトイレ洗浄水・清掃用水も以前に比べ著しく減少し、現在では利用者の快適性・清潔性・利便性が優先事項となっているためと推察される。

一方、高速道路のSA・PAはその性格上、上水道の給水区域外である山間部に位置しているものも多く、そのため独自で地下水を利用している施設は全国で58カ所ある。これまで、河川水は河川法により「公水」と位置づけられていたが、地下水は法的には、民法207条が適用され、土地の所有者がその土地の地下水を自由に利用する権利を持つ「私水」と見なされていた。2014年に施行された「水循環基本法」により、ようやく地表水と地下水が、ともに一体となって水文循環を形成する公共性の高い国民共有の財産（公共の水）として位置づけられ、地下水の「公水」としての取り扱いにも活路を開いた（河村、2016）。今後、SA・PAにおける地下水管理も、地下水が公共の水という共通認識の下、地域に応じた柔軟性と自由度を確保し、基本的にはSA・PAの属する自治体などと協働してその管理を確立していくことが望まれる。

最後に、公共性の高いSA・PAにおいては、SDGsの観点からさらなる水回り改善による環境負荷削減が望まれるが、3. で検討したような環境低負荷型トイレにより、衛生的安全性を確保しつつ、環境負荷だけでなく、コストおよび消費エネルギーを低減させる「資源循環・低エミッション型排水処理システム」が再び日の目を見て、より持続可能な社会が構築されることを期待している。

## 謝辞

本稿執筆にあたり、NEXCO総合技術研究所、NEXCO東日本、(株) リンフォースより貴重なデータおよび資料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

- Nakagawa,N., Otaki M., Aramaki T. and Kawamura, A. (2009) "Influence of water-related appliances on projected domestic water use in Tokyo" Hydrological Research Letters, Vol.3, pp.22-26.
- NEXCO西日本 (2008) 「ニュースリリース」<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h28/0825/> (2023年7月4日閲覧)
- NEXCO西日本 (2016) 「ニュースリリース」<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h28/1026a/> (2023年6月28日閲覧)
- Yahooニュース (2016) <https://news.yahoo.co.jp/articles/49aed2ed2318f5c0faf39bac22289bb9ca31605e> (2023年7月4日閲覧)
- 安藤規子, 中川直子, 河村明, 天口英雄 (2010) 「高速道路サービスエリアにおける尿分離型トイレおよび男子用無水小便器導入による環境負荷削減効果について」『第37回土木学会関東支部研究発表会講演集』CD-ROM版 (II-048), 2010.
- 石崎勝義, 中川直子 (2000) 「トイレットと水循環」『雨水技術資料』Vol.38, 雨水貯留浸透技術協会, pp.15-23.
- 河村明 (2016) 「水の循環と水資源」『都市の技術 (改定版)』(首都大学東京大学院都市環境科学研究科都市基盤環境学域編), 技報堂出版, pp.23-33.
- 高速道路SA・PAにおける利便性向上に関する検討会 (2023) 「高速道路SA・PAにおける利便性向上の方向性 中間とりまとめ」
- 高速道路総合技術研究所 (2015) 「平成26年度 高速道路休憩施設の

- 汚水処理施設設計基準に関する調査検討委員会 報告書」
- 国土交通省 土地・水資源局水資源部 (2009) 『平成21年度版日本の水資源』, p.198.
- 国土交通省 水管理・国土保全局資源部 (2022) 『令和4年版日本の水資源の現況』, pp.6-18.
- 全国高速道路建設協議会 (2020) 「旬刊高速道路」, 1822号 [https://www.c-nexco.co.jp/special/toilet/pdf/event\\_202002.pdf](https://www.c-nexco.co.jp/special/toilet/pdf/event_202002.pdf) (2023年7月2日閲覧)
- 東京都水道局 (2021) 『東京の水道』, p.33
- 東京都水道局 (2023) <https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/faq/qa-14.html#1> (2023年6月28日閲覧)
- 中川直子, 大瀧雅寛 (2009) 「分離分散型排水処理システムの環境負荷評価」『土木学会論文集』Vol.65 No.2, pp.97-103.
- 中川直子, 河村明, 天口英雄 (2010a) 「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.
- 中川直子, 河村明, 石崎勝義, 天口英雄 (2010b) 「宮古島の特性を考慮した雑排水処理システムの実証実験」『水文・水資源学会誌』Vol.23 No.5, pp.408-417.
- 中川直子, 河村明, 天口英雄 (2012a) 「高速道路サービスエリアの水回り改善による環境負荷削減」『土木学会論文集B1 (水工学)』Vol.68 No.4, pp. I\_1447-I\_1452.
- 中川直子, 河村明, 石崎勝義 (Peter Harper & Louise Halestrap 著, 共訳) (2012b) 『蓋を開けたら』CAT出版. 133p.
- 中川直子, 河村明 (2014) 『資源循環型トイレへの軌跡 - (株) リンフォース工業を例として -』ブックウェイ, ISBN978-4-907439-33-0
- 虫明功臣監修 (2005) 『分散型サンテーションと資源循環』技報堂出版, p.66.
- メルマガ 「KURU KURAニュース」<https://kurukura.jp/article/20200709-60/> (2023年7月2日閲覧)