

## 〈論文〉

## 尿尿分離型生活排水処理システムの影響評価

堀江 陽介<sup>1)</sup>, 内海 秀樹<sup>2)</sup>, 松井 三郎

京都大学 工学研究科 附属流域圏総合環境質研究センター

(〒520-0811 大津市由美浜 1-2, E-mail: horie@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp)<sup>1)</sup>

京都大学大学院 地球環境学堂 地球親和技術学廊

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町, E-mail: utsumi.hideki@ges.mbox.media.kyoto-u.ac.jp)<sup>2)</sup>

## 概要

湖沼の富栄養化問題に対して生活系負荷の重要性が増大している。個別処理型生活排水処理システム(WWTS)として合併浄化槽が展開されているが、リン・窒素の汚濁負荷の削減が不十分であるため、本論文では代替個別処理型 WWTS として、尿尿処理場と尿尿分離型トイレを併用するシステムを提案し、各 WWTS の汚濁負荷発生量を推定した。また、琵琶湖集水域内にある尿尿処理場の回収対象地域における影響評価を行い、その結果、窒素負荷においては集合型処理の改善を、リン負荷においては尿尿分離型 WWTS を導入することで効果が得られることが分かった。

キーワード: 尿尿分離, 個別処理型生活排水処理システム, 尿尿処理場, 生活系負荷, 富栄養化

## 1. はじめに

## 1.1 生活系汚濁負荷源対策の重要性

閉鎖性水域における富栄養化の問題は世界中で問題となっている。閉鎖性水域に流入する COD・窒素・リンで示される汚濁負荷は、水域を取り巻く流域から発生し、河川など様々な経路を経て流入する。流域には様々な汚濁負荷発生源が存在し、流域内の人間活動を反映した汚濁負荷発生源の割合を示す。発生源としては大きく、生活系・工業系・農業系・自然系に区分することができる。生活系は家庭で発生する生活雑排水や尿尿による負荷、工業系は工場から排出される工場排水による負荷、農業系は水田や畑等から発生する負荷、自然系は森林などから発生する負荷を指す。我が国最大の湖沼である琵琶湖流域の、2000 年度における発生源別汚濁負荷割合について Fig.1 に示す。

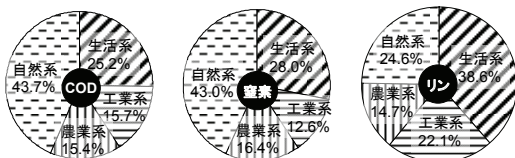


Fig.1 Proportion of Pollutant Load from each source in Biwa Watershed

従来までは工業系から発生する汚濁負荷が大きな割合を占めていたが、近年ではその対策が進み、結果として自然系・農業系・生活系といった非特定汚染源の占める割合が増大してきた。特に生活系の汚濁負荷は、富栄養化の原因物質であるリンの最大の排出源であり、また、琵琶湖流域である滋賀県の人口が今後も増加す

る可能性が高いことを考慮すると、重点的に対策を行っていかなくてはならない汚染源である。

そのため滋賀県では、これまで生活系汚染源対策を行ってきた。その対策は、大きく二つの生活排水処理システム(Waste Water Treatment System, WWTS)に分けることができる。一つは、下水道幹線によって生活排水を運び、下水処理場で一括処理する集合処理型 WWTS である。滋賀県下の下水道普及率を見てみると、平成 16 年度末で 78.2%と全国の普及率である 68%を上回っている<sup>2)</sup>。そしてもう一つが、各家庭に処理施設を整備する個別処理型 WWTS である。滋賀県では、“滋賀県生活排水対策の推進に関する条例”によって、長期間下水道の普及が見込めない地域では、合併浄化槽の設置が義務づけられている。

このように生活系汚濁負荷対策として下水道と合併浄化槽が主流となっているが、下水道整備はコストが高いため、一定以上の人口密度でなければ行うことができない。よって人口低密度地域においては合併浄化槽を整備することとなるが、合併浄化槽は有機汚濁の除去については下水道と同等程度の処理性能を確保できるが、窒素やリンの栄養塩類の除去は近年可能になりつつあり、リン除去可能な浄化槽はまだ製品化され始めた段階にある<sup>3)</sup>。よって本論文では、これまで多く設置されてきたリン・窒素の処理効率が低い合併浄化槽を対象とする。

## 1.2 個別処理型 WWTS の特徴と課題

現在日本での個別処理型 WWTS は、先述のように合併浄化槽が主流となっているが、リン・窒素に対する処理効率の低さが課題とされてきた。しかし、合併浄化槽

は尿尿だけでなく生活雑排水を処理し、特に有機物負荷の処理に高い性能を保有している。また、近年のトイレの水洗化に対するニーズを満たすこともできるという長所を有している。

一方で、合併浄化槽以前は尿尿処理場が個別処理型 WWTS の役割を担っていた。尿尿処理場はバキュームカーでくみ取られた尿尿を集中的に処理する。処理性能は非常に高いという長所があるが、一方で生活雑排水は未処理のまま放流することや、またトイレを水洗化できないという短所も有する。

更に、新たな個別処理型 WWTS として、尿・尿の性質に着目した“尿尿分離型 WWTS”が、近年ヨーロッパを中心に注目されている。生活系汚濁負荷は大きく尿・尿そして生活雑排水に分けることができる。そして、尿に窒素・リンの生活系汚濁負荷が最も多く含まれており、尿は尿に次ぐ窒素・リン負荷と高い有機物負荷を持つと同時に病原体を多量に含んでおり、生活雑排水は窒素・リンは少量しか含まれていないが、有機物負荷は高く水量は非常に多い、という特徴的な性質を有している。尿尿分離型 WWTS においては、尿尿分離型トイレを使用することで、尿と尿を発生段階で分離する。その結果、尿に含まれる多量なリン・窒素を肥料として使用するなど、尿・尿それぞれの特性に合わせた処理が可能となる。

### 1.3 日本の状況に合わせた新しい個別処理型 WWTS の提案

1.2 で述べたように、日本における個別処理型 WWTS は、合併浄化槽と尿尿処理場が利用されている。合併浄化槽は水洗化のニーズを満たすということ、有機物負荷の高い除去性能という長所を持つが、窒素・リン負荷に対しては低い除去性能であるという短所を持つ。一方尿尿処理場は、有機物負荷・窒素・リンに対して高い処理能力を有しているが、生活雑排水が無処理で放流されるということ、水洗化へのニーズに応えられないという短所を有している。

このような日本の状況を鑑み、本論文では、合併浄化槽と尿尿処理場の長所と短所を相補しうるシステムとして、日本独自の尿尿分離型 WWTS を提案した。すなわち、尿尿分離型トイレを用いて尿を分離し、その尿を尿尿処理場で処理すれば、合併浄化槽に流入する窒素・リン負荷は減少し、合併浄化槽の低い窒素・リン処理の影響も低減すると考えられる。分離した尿と生活雑排水は主に有機物負荷を有し、これらを合併浄化槽で処理することで良好な処理水質が得られると考えられる。また、水洗化のニーズに応えることも可能である。

そこで、本論文で提案する尿尿分離型 WWTS を用いた時の原単位を推定し、その結果を琵琶湖流域内にある湖南広域行政組合環境衛生センターの回収域(草津

市・守山市・旧栗東町・野洲市)を対象として尿尿分離型 WWTS の影響評価を行った。

## 2. 尿尿分離型 WWTS の原単位の算出

### 2.1 生活排水の原単位

琵琶湖の流域管理で用いられている生活排水の基本原単位は、環境庁統一原単位を採用している<sup>4)</sup>。よって本論文でもこの値を採用することとした。ただし、尿・尿個別の汚濁負荷原単位については、尿尿中に含まれるリンの67%、窒素の88%が尿に、残りが尿に含まれるという調査結果<sup>5)</sup>と、尿尿中に含まれるCODは尿:尿が4:1で含まれているという調査結果<sup>6)</sup>を採用することとし、これらの比率を尿尿の原単位に乘じることで算出した。Table1 に本論文で用いる生活排水の汚濁負荷量基本原単位を示す。

Table1 Pollutant Load Unit of Urine, Faeces and Household Wastewater

	汚濁負荷量(g/[人・日])			汚濁負荷量(g/[人・年])		
	COD	窒素	リン	COD	窒素	リン
尿尿	10.1	9.0	0.77	4000	3300	280
尿	8.08	1.1	0.25	3000	400	90
尿	2.02	7.9	0.52	1000	2900	190
生活雑排水	19.2	3.0	0.40	7000	1100	150
合計	29.3	12.0	1.17	11000	4400	430

### 2.2 尿尿分離型 WWTS のシステムフロー

尿尿分離型 WWTS のシステムフローを Fig.2 に示す。

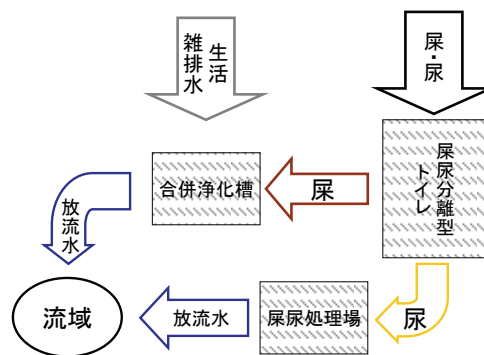


Fig.2 Flow Chart of Urine-separated WWTS

発生した尿尿は、尿尿分離型トイレを通じて尿と尿に分離される。ここで使用される尿尿分離型トイレは、スウェーデンなどヨーロッパで実用されている、BB Innovation & co.製”Dubbletten”を想定した。分離された尿は、生活雑排水と共に合併浄化槽で処理され流域に放流されるものとした。また、分離された尿は尿尿処理場へ輸送・処理され流域へ放流されるものとした。

### 2.3 放流される水質の原単位の選定

#### (1)合併浄化槽

生活雑排水と分離された尿を合併浄化槽を用いて処理した放流水に含まれる汚濁負荷量(g/[人・年])を把握した。本論文では合併浄化槽の処理性能は変わらない

ものとして、文献値から合併浄化槽の浄化率を用いた<sup>7)</sup>。Table1 で示したように、尿と生活雑排水に含まれるCOD、窒素、リンの量に合併浄化槽浄化率を乗じることによって、尿尿分離型 WWTS で用いる合併浄化槽からの放流水中に含まれる原単位(g/[人・年])とし、その結果をTable2 に示す。

**Table2** Pollutant Load Unit of Gappei-Zyokaso in Urine-Separated WWTS

	単位	COD	窒素	リン
生活雑排水中の汚濁負荷量	g/[人・年]	7000	1100	150
尿中の汚濁負荷量	g/[人・年]	3000	390	93
合計	g/[人・年]	10000	1490	243
合併浄化槽浄化率	%	75	50	40
放流水中の汚濁負荷量	g/[人・年]	2500	750	150

**(2)尿尿処理場**

尿尿処理場で浄化槽汚泥・尿尿を処理した際の、単位量あたりの浄化槽汚泥・尿尿から発生する汚濁負荷量(g/L)を算出した。湖南広域行政組合環境衛生センターの2001年度から2004年度までの実績値を用い、放流水濃度実績(mg/L)に年間放流量(kL/年)を乗じ、その値を年間総汚泥処理量(kL/年)で除することで単位浄化槽汚泥・尿尿あたりから発生する汚濁負荷量(g/L)とし、その結果をTable3 に示す。

**Table3** Pollutant Load Unit of Human-waste Treatment Plant

年度	放流水濃度実績(mg/L)			年間放流水量(kL/年)	年間放流汚濁負荷量(kg/年)			年間総汚泥処理量(kL/年)	単位浄化槽汚泥・尿尿あたりから発生する汚濁負荷量(g/L)		
	COD	窒素	リン		COD	窒素	リン		COD	窒素	リン
2001	4.9	6.3	0.4	79594	390	500	30	68169.6	0.0057	0.0073	0.0004
2002	4.9	6.3	0.4	80218	390	500	30	61810.6	0.0063	0.0081	0.0005
2003	3.7	4.7	0.2	70202	260	330	10	54218.7	0.0048	0.0061	0.0002
2004	3.7	5.0	0.1	60749	220	300	6	46406.7	0.0047	0.0065	0.0001
平均値	4.3	5.6	0.3	72690	320	400	20	57651.4	0.0054	0.0070	0.0003

次に、年間一人あたりが排出する尿尿・合併浄化槽汚泥の量を求めた。尿については、尿尿分離型トイレ Dubbletten を使用した際の尿と水洗溶液の混合液量が 1.5L/[人・日](550L/[人・年])と報告されているのでこの値を使用することとした<sup>8)</sup>。合併浄化槽汚泥については、2001年度から2004年度までの湖南広域行政組合環境衛生センターの処理人口と一年間の浄化槽汚泥の処理実績から求め、その結果をTable4 に示した。

**Table4** Amount Unit of Gappei-Zyokaso sludge

年度	浄化槽汚泥の処理実績(kL/年)	処理人口(人)	一人当たりの浄化槽汚泥発生量(L/[人・年])
2001	41918.4	55036	761.65
2002	39328.6	51403	765.10
2003	33765.3	43213	781.37
2004	28863.0	37979	759.97
平均	35968.825	46908	767.02

この値は尿尿・生活雑排水を処理した際の発生量であるので、尿を除いたときの汚泥の発生量として、合併浄化槽から発生する汚泥量は COD 負荷量と比例するものとして考えた。Table1 より、尿を除くともとの COD 負荷量に対して 10000/11000 となる。この値を Table4 で

求めた一人あたりの浄化槽汚泥発生量の平均値 767.02L/[人・年]に乘じ、尿尿分離型 WWTS の浄化槽汚泥発生量は 697.29L/[人・年]とした。よって尿尿分離型 WWTS を用いたときの尿尿処理場で処理される汚濁負荷量(L/[人・年])は、年間一人あたりの尿と合併浄化槽汚泥の発生量(L/[人・年])を合算した 550+697.29 = 1247.29(L/[人・年])とした。

**(3)尿尿分離型 WWTS の原単位**

(2)で求めた年間一人あたりの尿と合併浄化槽汚泥の発生量(L/[人・年])に対して、Table3 で求めた単位浄化槽汚泥・尿尿あたりから発生する汚濁負荷量(g/L)を乗じることによって、年間一人あたりの尿尿分離型 WWTS を用いることで発生する汚濁負荷量(g/[人・年])とした。その結果と合併浄化槽から排出される汚濁負荷量を合わせることで、尿尿分離型 WWTS から発生する汚濁負荷量原単位(g/[人・年])とし、Table5 に示した。

**Table5** Pollutant Load Unit of whole Urine-Separated WWTS

	COD	窒素	リン
尿尿処理場から放流される汚濁負荷量(g/[人・年])	6.7	8.7	0.4
合併浄化槽から放流される汚濁負荷量(g/[人・年])	2500	750	150
合計(g/[人・年])	2500	760	150

**2.3 尿尿分離型 WWTS と各 WWTS との比較評価**

**(1)下水道**

本論文の対象地域である草津市・守山市・旧栗東町・野洲市は、湖南中部浄化センターの管轄地区である。よって下水道を利用したときの年間一人あたりの汚濁負荷発生量(g/[人・年])を算出するに当たって、湖南中部浄化センターの処理実績(2004)を用いることとした。放流水質と年間放流量を乗じ、その結果を総処理人口で除することによって算出することとし、その結果をTable6 に示した。

**Table6** Pollutant Load Unit of Sewage System

放流水質(mg/L)			年間放流量(kL/年)	年間総汚濁負荷発生量(kg/年)			総人口(人)	一人あたりの汚濁負荷量(g/[人・年])		
COD	窒素	リン		COD	窒素	リン		COD	窒素	リン
5.5	4.9	0.04	70723298	390000	350000	3000	585903	670	590	5

**(2)農業集落排水処理施設**

対象地域には農業集落排水処理施設が 20 存在する。その処理実績(2004)を Table7 に示す。全農業集落排水処理施設から発生した総汚濁負荷量(kg/年)を供用人数(人)で除することによって、農業集落排水処理施設から発生する汚濁負荷量原単位(g/[人・年])とし、Table8 に示した。



**Table7** Pollutant Load and Population of Agricultural Community Wastewater Treatment Plant

事業主体	供用人数	処理水量 (kL/年)	年間平均水質(mg/L)			総汚濁負荷量(kg/年)		
			COD	窒素	リン	COD	窒素	リン
草津市	633	61575	8.2	12.5	0.4	500	770	20
草津市	1044	102969	8.0	6.8	0.5	820	700	50
草津市	836	75322	10.4	10.9	1.1	780	820	80
草津市	1036	67697	9.8	11.2	1.3	660	760	90
草津市	935	73881	9.7	12.4	1.6	720	920	100
草津市	1400	108734	9.6	13.2	0.5	1000	1400	50
守山市	654	64354	7.5	5.1	1.1	480	330	70
守山市	411	38648	6.6	6.7	0.6	260	260	20
守山市	549	53647	5.8	5.6	0.4	310	300	20
守山市	820	81322	9.7	1.0	0.8	790	81	70
守山市	923	72032	10.3	2.8	1.4	740	200	100
守山市	357	36768	7.3	6.1	0.4	270	220	10
守山市	806	70100	9.0	4.3	1.2	630	300	80
守山市	884	46331	11.1	5.6	1.2	510	260	60
旧栗東町	118	10395	7.6	3.7	3.2	79	38	30
旧栗東町	73	6796	8.8	4.5	0.5	60	30	3
野洲市	872	101537	4.5	2.5	0.3	460	250	30
野洲市	1031	103048	4.6	3.2	0.2	470	330	20
野洲市	819	87781	5.0	2.7	0.6	440	240	50
野洲市	478	41777	6.4	6.2	1.7	270	260	10
合計	14679	1304714				10249	8469	963

**Table8** Pollutant Load Unit of Agricultural Community Wastewater Treatment Plant

供用人数 (人)	処理水量 (kL/年)	総汚濁負荷量 (kg/年)			一人あたりの汚濁負荷量 (g/人・年)		
		COD	窒素	リン	COD	窒素	リン
14679	1304714	10000	8500	1000	700	580	70

### (3)尿尿くみ取り式

尿尿くみ取り式では、生活雑排水は無処理のまま放流し、尿尿は尿尿処理場で処理する。年間一人あたりの尿尿発生量(L/人・年)を、湖南広域行政組合環境衛生センターでの2001年度から2004年度までの一日あたりの処理実績量を処理人口で除することで算出した。その結果をTable9に示した。

**Table9** Amount Unit of Human waste per capita

年度	尿尿の処理実績 (kL/日)	処理人口 (人)	一人あたりの尿尿処理量 (L/人・年)
2001	61.6	24603	913.9
2002	61.9	20090	1119
2003	56.0	15145	1350
2004	48.1	13267	1320

上記四カ年の平均値をとり、年間一人あたりの尿尿発生量(L/人・年)を1180(L/人・年)とした。この値にTable3に示した単位浄化槽汚泥・尿尿あたりから発生する汚濁負荷量(g/L)を乗じることで尿尿くみ取り式における尿尿処理場から発生する負荷量とし、これにTable2で示した生活雑排水に含まれる負荷量を合算することで尿尿くみ取り式全体から発生する汚濁負荷量(g/人・年)とし、Table10に示した。

**Table10** Pollutant Load Unit of Cesspool WWTS

	COD	窒素	リン
尿尿処理場から放流される汚濁負荷量(g/人・年)	6.4	8.3	0.4
未処理の生活雑排水に含まれる汚濁負荷量(g/人・年)	7000	1100	150
合計(g/人・年)	7000	1100	150

### (4)合併浄化槽

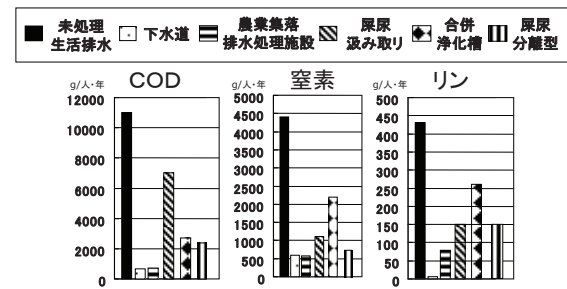
合併浄化槽から発生する汚濁負荷量(g/人・年)は、環境庁統一原単位を用い<sup>4)</sup>、更に回収された浄化槽汚泥を尿尿処理場で処理したのちに発生する汚濁負荷量については、Table4、Table9の値を用いて算出し、その結果をTable11に示す。

**Table11** Pollutant Load Unit of Gappei-Zyokaso

	COD	窒素	リン
合併浄化槽から放流される汚濁負荷量(g/人・年)	2700	2200	260
尿尿処理場から放流される汚濁負荷量(g/人・年)	3.1	4.1	0.2
合計	2700	2200	260

### (5)各 WWTS の比較と考察

各 WWTS から発生する年間一人あたりの汚濁負荷量(g/人・年)をFig.3に示した。

**Fig.3** Comparison of Pollutant Load Unit of Each WWTS

本論文で提案している尿尿分離型 WWTS と他の個別処理型 WWTS を比較する。まず合併浄化槽と比較すると、リン・窒素の優れた処理能力を持つ尿尿処理場で生活排水中のリン・窒素を主に含む尿を処理することで窒素・リンの負荷を大きく削減することができることが示唆された。また尿尿くみ取り式に比べて、生活排水を合併浄化槽で処理することにより、COD 負荷を大幅に削減できることが示唆された。

このように、尿尿分離型 WWTS を用いることで、これまで個別処理型 WWTS として用いられてきた合併浄化槽の COD 負荷削減性能と、尿尿処理場が持つリン・窒素削減性能を活かしながらより汚濁負荷の低い個別処理型 WWTS として展開することができることが示唆された。ただし、合併浄化槽や尿尿処理場に流入する排水の組成が変化することによる処理効率の変化を検討する必要がある。

## 3. 各 WWTS の影響評価

### 3.1 対象地域

本論文では対象地域を、湖南広域行政組合環境衛生センターの対象地域である草津市・守山市・旧栗東市・野洲市とした。Fig.4 に平成 16 年度における WWTS 別人口を示した。

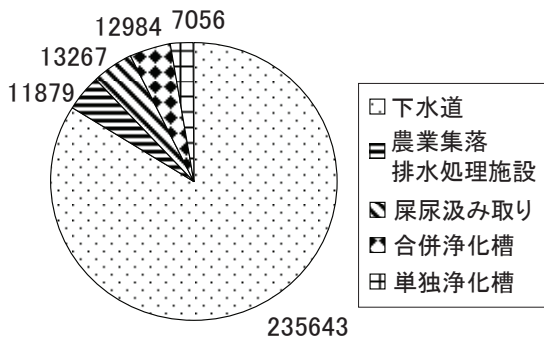


Fig.4 Population of Each WWTs in the Human-waste Treatment Plant

このように全体の約 88%を集合型処理が占めており、残りの 12%が個別型処理となっている。今後予測される生活排水処理形態は、下水道を整備しつつも対応できない箇所には個別処理型を展開していく、というものである。ここで本論文では、今後個別処理型 WWTs を必要とする人口を、Fig.4 に示す個別処理型 WWTs を用いている人口(尿尿くみ取り式・合併浄化槽・単独浄化槽使用の人口)と仮定した。

本論文の影響評価では、Fig.4 で示す個別型処理を用いている人口が、全て合併浄化槽を用いるシナリオと、本論文で提案する尿尿分離型 WWTs を用いたシナリオと、現在の状況を比較することで行うこととした。

### 3.2 影響評価

#### (1)算出方法

2.で整備した年間一人あたりの汚濁負荷量(g/[人・年])に各シナリオ毎に決定される WWTs 別人口を乗じることで、対象流域内の各 WWTs から発生する年間汚濁負荷量(kg/年)を算出することとした。ここで各 WWTs の年間一人あたりの汚濁負荷量(g/[人・年])を Table12 に示す。

Table12 Pollutant Load Unit of Each WWTs

	一人あたりの汚濁負荷量 (g/[人・年])		
	COD	窒素	リン
下水道	670	590	5
農業集落排水処理施設	700	580	70
合併浄化槽	2700	2200	260
尿尿分離型 WWTs	2500	760	150

#### (2)影響評価の結果と考察

各シナリオの対象流域から発生する汚濁負荷量(kg/年)を Fig.5 に示した。図中の”現在”、とは現在の状況、”合併浄化槽”とは個別処理型対象の人口が全て合併浄化槽へ移行した状況、”尿尿分離型”とは個別処理型対象の人口が全て尿尿分離型 WWTs へ移行した状況を示す。

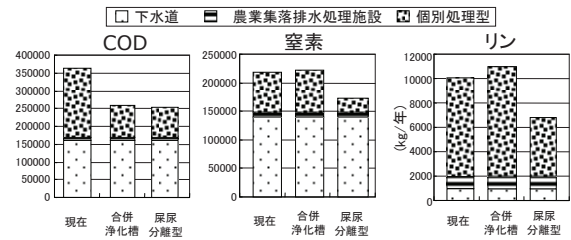


Fig.5 Pollutant Load Amount in the Research Area of Each Scenario

本影響評価からまず、COD 負荷については現在個別処理型の占める COD 負荷が大きいと同時に、個別処理型 WWTs を合併浄化槽へ移行することによって大きな効果が見込まれることが分かった。窒素負荷については、尿尿分離型 WWTs を導入することで個別処理型 WWTs から発生する負荷を大きく削減することが示唆されるが、一方で下水道から発生する窒素負荷が大きな割合を占めているため、窒素負荷については集合型処理の窒素処理性能を高める必要があることが分かった。リン負荷については、個別処理型 WWTs から発生する負荷量が大きな割合を占めていることが分かった。その中で、合併浄化槽を展開すると、現在より負荷量が増大することが分かった。これは、現在尿尿くみ取り式を用いている人口が合併浄化槽を用いることでリン負荷が増大することに起因する。尿尿処理場による尿尿処理の性能は優秀であるので、尿尿処理場の有効な活用がより効果的な生活系汚濁負荷の削減に向けて効果的であることが示唆された。その一つの手段として、尿尿分離型 WWTs を用いるとかなりの効果が見込まれることが分かった。

### 3.3 合併浄化槽と尿尿分離型 WWTs の費用対効果

3.2 で個別処理型 WWTs として、合併浄化槽と尿尿分離型 WWTs の比較を行った。実際に尿尿分離型 WWTs が導入されるためにはコスト的な評価が不可欠である。そこで、特に主要なコストを占める導入時の費用について、現在の個別処理型 WWTs の主流である合併浄化槽と、それに加えて尿尿分離型トイレを加える費用対効果について検討した。

まず、合併浄化槽の設置費用として BOD 除去型合併処理浄化槽 5 人槽として 88.8 万円とした<sup>9)</sup>。尿尿分離型トイレとして、Dubbletten を想定し、市場価格として 6190 スウェーデンクローナ(約 11 万円)とした<sup>10)</sup>。尿尿分離型トイレの設置に費用が必要なが予想されるが、ここでは計算から除外した。一基あたりの導入における汚濁負荷削減量(g/人・日)に対する費用対効果(g/人・日・万円)を算出したところ Table13 のようになった。

**Table13** Cost-effectiveness of Gappei-Zyokaso and Urine Separated WWTS

	一万円あたりの汚濁負荷削減量 (g/人・日・万円)		
	COD	窒素	リン
合併浄化槽	93.47	24.77	1.91
尿尿分離型 WWTS	85.17	36.47	2.81

この結果より、合併浄化槽に尿尿分離がトイレを追加することで窒素・リンにおける費用対効果は向上することが明らかになった。よって、尿尿処理場が既に存在しているという状況においては、尿尿分離型 WWTS は大きなメリットを持つ可能性が示唆された。また、旧来から使用している尿尿処理場が多く存在する日本においては、尿尿分離型 WWTS を用いた尿尿処理場の新たな可能性が示唆された。

#### 4.結論と課題

本論文では尿尿分離型トイレを用いた新しい個別処理型 WWTS の提案を行い、琵琶湖集水域における影響評価を行った。その結果、特にリン負荷削減について大きな効果が見込まれることが分かった。しかし、本論文で行った原単位は、COD・窒素・リンの流入組成が変化した場合でも、合併浄化槽や尿尿処理場における処理効率は変化しないとの仮定で行ってきたが、実際にはその処理効率は変化すると考えられるので、様々な条件下における合併浄化槽や尿尿処理場における処理効率を明らかにすることが必要である。また、合併浄化槽・尿尿処理場への処理水の流入組成を同じにするための工夫(有機物の添加など)を考えることも必要であると考えられる。さらに、近年リン・窒素の処理効率が改良されている新しい合併浄化槽についても検討に加える必要がある。

本論文では分離した尿を尿尿処理場で処理することとしたが、尿中の栄養塩を肥料として利用する技術も開発されつつある。将来的にリンが全世界で枯渇することが懸念されることを鑑みれば、尿尿に含まれる窒素・リンを汚濁負荷源とせず栄養塩を含んだ肥料として利用することのできるシステムを構築することは、今後の循環型社会に向けた大きな課題ではないかと考える。その一つの方法として、尿尿分離型トイレを用いた生活排水処理形態は有用でないかと提案する。

#### [参考文献]

1)滋賀県:平成 17 年度版環境白書, 滋賀県, pp.9, (2005)

- 2)滋賀県:平成 17 年度版環境白書, 滋賀県, pp.8, (2005)
- 3)環境省:生活排水処理施設整備計画策定マニュアル, 環境省, pp.8-9, (2002)
- 4)環境庁:非特定汚染源負荷調査マニュアル, 環境庁, (1990)
- 5)H.Jonsson, A.R.Stinzing, B.Vinneras and E.Salomon: Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production, EcoSanRes(2004)
- 6)D.R. Gajurel, Z. Li and R. Otterpohl: Investigation of the effectiveness of source control sanitation concepts including pre-treatment with Rottebehaelter, Water Science and Technology, Vol.48, No.1, pp.111-118(2003)
- 7)増田貴則:GIS を活用した流域環境情報の統合化とその現象解析・計画論への適用に関する研究, 京都大学博士論文, pp.55(2000)
- 8)H.Jonsson: Urine separation - Swedish experience, EcoEng Newsletter 1, IEES(2001)
- 9)環境省: 汚水処理施設の効率的な整備の推進について(2001)
- 10)SwedEnviro Consulting Group: Market Survey -Extremely Low Flush Toilets Plus Urine Diverting Toilets and Urinals, for Collection of Black Water and/or Urine, SwedEnviron report No 2001:1, 2001.

# Evaluation of Urine-separated Wastewater Treatment System

Yosuke Horie<sup>1)</sup>, Hideki Utsumi<sup>2)</sup> and Saburo Matsui

<sup>1)</sup> Research Center of Environmental Quality Management, Dept. of Engineering, Kyoto University

<sup>2)</sup> Dept. of Technology and Ecology, Hall of Global Environmental Research,  
Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University

## Abstract

The importance of wastewater pollutant load for eutrophication of lakes is increasing. In Japan, Gappei-Zyokaso is the main household wastewater treatment system(WWTS), but its ability of reducing pollutant load of nitrogen and phosphorus is insufficient. Therefore, this paper proposed urine-separating wastewater treatment system, using urine-separating toilet and human-waste treatment plant, as a new household wastewater treatment system and estimated pollutant load unit of COD, nitrogen and phosphorus of each WWTSs. In addition, evaluation of WWTSs in collection area of a human-waste treatment plant shows that the contribution of nitrogen load of end-of-pipe system is most and that urine-separating WWTS can improve the contribution of phosphorus from household WWTSs.

## Key words:

Urine Separation, Household WWTS, Human-waste Treatment Plant, Wastewater pollutant Load, Eutrophication