

バイオトイレの流域環境上の重要性と導入効果の試算

Importance of Bio-toilets regarding the environment of watershed and efficiency assessment

中川直子・大瀧雅寛

Naoko NAKAGAWA and Masahiro OTAKI

(お茶の水女子大学大学院 ライフサイエンス専攻)

1. はじめに

バイオトイレは介護用トイレとして日本の各地で販売され徐々に広まっているトイレであり、お年寄りや介護人に役立っているトイレであるが、同時に流域環境における貢献度も非常に高いと考えられる。今回はバイオトイレの流域環境からみた重要性について述べたいと思う。そしてさらにこのバイオトイレを導入した場合の汚濁負荷低減の試算結果について述べる。

2. 環境低負荷型トイレの流域環境からみた重要性について

2.1 Ecological sanitation について

「Ecological sanitation」という言葉がある。日本語に訳すと「農業生態系や自然生態系への影響を考えた衛生対策」という意味である。

現在、水道による水供給と水洗化した下水道を使っている人口は世界中で多くて10億人程度であると言われている。そのうち、微生物による下水処理を行っている人口は、3億人程度。現在の地球人口は60億人程度なので結局残り57億人の尿尿は一部の地域を除いて無処理で垂れ流し状態にあることになる。結果として、大腸菌など腸管系細菌、原生動物、

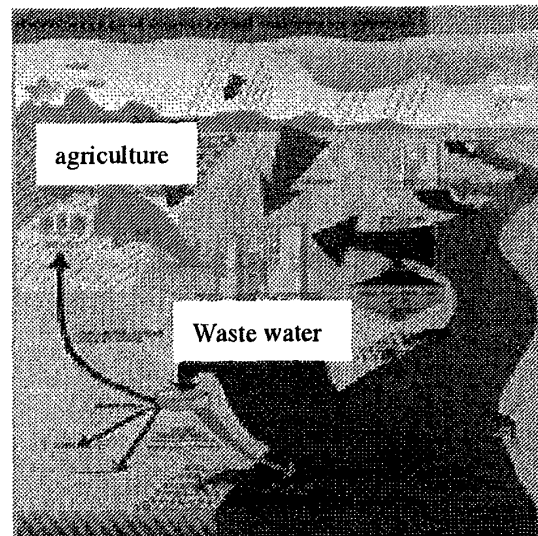


Fig.1 Defects of conventional water cycle system¹⁾

回虫などによる河川、湖沼、地下水の汚染、また尿中の窒素が原因で地下水硝酸汚染、窒素、リンによる湖沼の富栄養化、尿中の女性ホルモンなど内分泌攪乱物質による魚、貝類への生殖影響などの諸問題が発生している (Fig 1)。²⁾

また地球上の物質循環の視点から排泄物をみた場合、リン資源の枯渇化の問題を考えると、適切な処理の後、農業へ還元利用する必要性もある。現在日本は100%リン鉱石を海外から輸入しており、そこから農業リン肥料を精製しているが、屎と尿を農業の有機肥料として利用することで、化学肥料を減らし、土地に有機質を戻し、有限資源であるリンをできる

このような公衆衛生と水問題の新しい解決方法として考え出されたのが Ecological sanitation の概念であり、この Ecological sanitation の運動はスウェーデンの研究者集団が開始したものである。有価物が循環されるシステムが構築されるか否かのキーを担うのはトイレであり、即ち排泄物をどう処理するかが重要である。排泄物が Ecological sanitation の概念に従って処理されれば、河川、湖沼、地下水は汚染されず、尿と尿を農業の有機肥料として利用することで、有限資源であるリンの再利用が可能となる (Fig 2)。

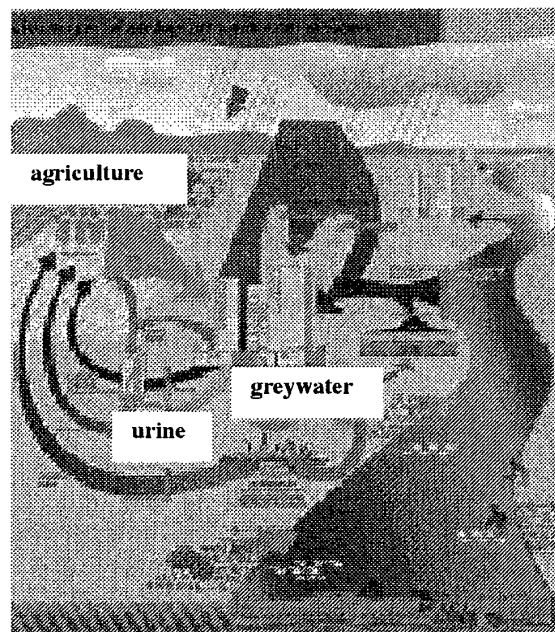


Fig. 2 Benefits of Ecological Sanitation system

2.2 ドイツのバイオガスシステム

スウェーデンやドイツでは、現在すでにトイレの構造を変えて尿と尿を分離し、尿は酸化して薄めることで液体肥料にしたり、尿尿をバイオガスに変え燃料としてリサイクルする試みが各地の建物や集合住宅で行われている。筆者はドイツ北部のリューベックという都市にある、バイオガスシステムを備えた集合住宅を見学してきた (Fig 3)。この集合住宅は約400人が居住可能であるという。集合住宅のシステムを表したものを Fig 4 に示す。住民の尿尿や台所厨房から出る厨房ゴミをバイオガスに変えるバイオガスプラントや熱・エネルギー生成システムを備えている。トイレは真空ポンプで吸い込む方式をとっており、水の使用量を非常に少なくし1回の洗浄に0.7リットルしか消費しない (日本の場合、1回の洗浄に通常12リットル消費している)。また住宅から出る排水はウェットランド処理 (水生植物がもつ栄養塩取り込みなど、湿地の自浄作用を利用して排



Fig. 3 Apartment houses installing Bio-gas system in Germany

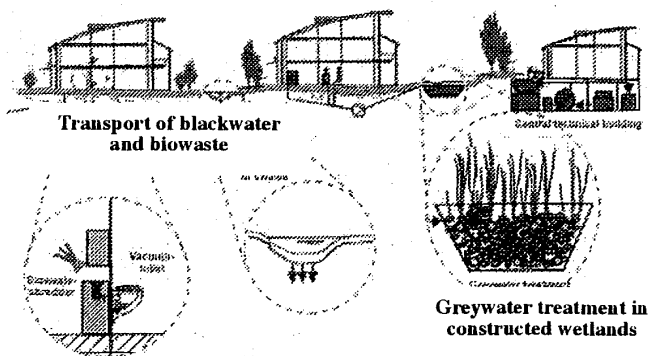


Fig. 4 Vacume-biogas System

水を浄化する) されており、金属流出のないように住宅の屋根の素材も配慮されていた。このリサイクルシステムや水消費が少ないことにより、光熱費が通常よりも20%ほど安くなっているようだ。

Ecological sanitation 実現のキーポイントとなるのは水で屎尿を薄めないトイレ、少しだけしか薄めないトイレ、または屎尿を分離するトイレであるという⁴⁾。

水を使わず微生物の働きにより屎尿を水と炭酸ガスに分解し、最後に残った残渣物は堆肥として土壌にかえすことができるバイオトイレもそのようなトイレのひとつである。普及すれば流域環境に大きく貢献するトイレと思われる。

3. バイオトイレ導入効果の試算

バイオトイレが現在の水洗トイレにおきかわり、導入されたと仮定した場合の流域環境への貢献度を定量的に評価してみた。現在地球上で問題になっている湖や閉鎖水域の富栄養化の主な原因となるのは窒素とリンである。これらは工場排水や産業排水の中にも含まれるが、ここでは人間が活動することにより排出される生活污水のみをとりあげて試算を行うことにする。

生活污水の汚濁負荷量を TABLE1 に示す。これは生活污水を屎尿と厨房や浴槽などから排出される雑排水に分け、一人一日当たりの汚濁負荷量(汚水量×濃度)を調査したものである。表中の項目の中で T-N、T-P の値を見ると屎尿に含まれる T-N、T-P の割合が大きいことがわかる。

有機物除去を目的とした従来の2次処理(標準活性汚泥法)では窒素、リンについては30%程度の除去率しか期待できない。したがって、窒素、リンを除去するため、2次処理に加え高度処理を行っている下水処理場がある。周辺の商業施設や住宅地からの生活污水が主に流れ込む都内の有明処理場もそのひとつである。ここでは、窒素やリンを除去するため、嫌気—無酸素—好気法による高度処理を行っている。

そこで①屎尿を含む汚水(通常の水洗トイレシステムの場合)に従来の標準活

TABLE 1 Pollution loading from domestic waste water(g/day.person)⁵⁾

項目	汚濁負荷量	内訳	
		屎尿	雑排水
BOD	57	18	39
COD	28	10	18
SS	43	20	23
T-N	12	9	3
T-P	1.2	0.9	0.3

TABLE 2 Results from simulation of pollution loading in discharge

①現状の水洗トイレシステム—標準活性汚泥法			
	生活排水汚濁負荷量 (g/人・日)		処理後汚濁負荷量 (g/人・日)
T-N	12	→	6.96
T-P	1.2	→	0.516
②現状の水洗トイレシステム—高度処理			
	生活排水汚濁負荷量 (g/人・日)		処理後汚濁負荷量 (g/人・日)
T-N	12	→	3.6
T-P	1.2	→	0.24
③バイオトイレ—標準活性汚泥法			
	生活排水汚濁負荷量 (g/人・日)		処理後汚濁負荷量 (g/人・日)
T-N	3	→	1.74
T-P	0.3	→	0.129

性汚泥処理法で下水処理を行った場合②尿尿を含む汚水（通常の水洗トイレシステムの場合）に高度処理で下水処理した場合③バイオトイレを水洗トイレの代わりに導入し、下水に尿尿が流入しないことを想定した場合に従来の標準活性汚泥法で下水処理した場合の3通りを考え、それぞれの T-N、T-P の汚濁負荷量を比較してみる。試算に際しては、従来の標準活性汚泥法による T-N、T-P の除去率をそれぞれ42%、57%⁶⁾、高度処理による T-N、T-P の除去率は有明浄水処理場の嫌気—無酸素—好気法を例にとりそれぞれ70%、80%とした⁵⁾。

試算結果を TABLE 2 に示す。この試算は生活污水のみに着目して行ったものであるが、この結果より有明下水処理場のような高度処理を施しても T-N、T-P の除去には限界があるため、水洗トイレをバイオトイレにおきかえ、尿尿が下水に流入しないようにした方が T-N、T-P の負荷量低減効果は高いということがいえる。

4. おわりに

バイオトイレの流域環境からみた重要性に関して定量的評価を試みた。生活污水のみに着目し、汚濁負荷低減効果を定量的に表した結果、高度処理を導入して下水中のリンや窒素を除去するよりも、従来の水洗トイレのかわりに汚水排出のない環境負荷低減型トイレを導入した方が河川、湖沼へのリン、窒素の排出を低減できることが示された。流域への環境負荷を考えたとき、現在私たちが享受している水洗トイレシステムのあり方を再考してみることも必要だと思われる。

5. 参考文献

- 1) C.werner 「Ecosan closing the loop in waste water management and sanitation-a new supra regional project of gtz」 Poster B0188,IWA 2nd World Water Congress (2001)
- 2) 松井三郎「水の富栄養化防止とエコロジカルサニテーションの意義」健全な水循環とトイレシンポジウム (2002)
- 3) 松井三郎「流域環境からみた水・農業の結節点—尿尿の窒素、リン、カリ資源回収の重要性」エネルギー・資源 vol22,No6,pp407-414 (2001.12)
- 4) RALF Otterpohl 「Black,Brown,yellow,gre—the new colours of sanitation」 Water 21 (2001.10)
- 5) 松尾友矩「水環境工学」オーム社,1999
- 6) 村田恒夫「下水の高度処理技術」理工図書,1997