

バングラデシュ農村域においてエコロジカル・ サニテーションがもたらす便益に関する考察

A Consideration on Benefit Related with Ecological Sanitation in
Rural Areas of Bangladesh

酒井 彰*, 高橋 邦夫†

Akira Sakai, Kunio Takahashi

バングラデシュの農村では、衛生改善は地域のさまざまな開発課題やニーズと関わりを有しており、これらに対応した衛生設備は、その利用者や地域コミュニティにさまざまな便益をもたらすことになる。本論文では、筆者らが、衛生改善と資源循環を目的として導入してきたエコロジカル・サニテーションがもたらす医療費軽減や農業収入増などの便益について、アンケート調査に基いた推定を行い、家計負担の軽減効果等を分析する。

キーワード：エコロジカル・サニテーション、尿尿管理、便益、医療費

I. はじめに

非衛生的な環境は、健康リスクを増大させる要因であり、健康リスクの増大は、医療費支出増や仕事の機会減などの経済的損失をまねくことから、非衛生と貧困は連鎖関係にある。このため、衛生的環境の確保は持続可能な開発の基盤のひとつと言える。

バングラデシュ政府は、2010年までに改善された衛生設備を100%普及させるという目標を掲げてきたが、国連機関の調査では、2006年時点で農村に住む人口の68%がこうした設備にアクセスできていない¹⁾。改善されたトイレの低普及率ということだけでなく、多くのトイレは適正な管理状態になく、適正に処理されていない尿尿は、表流水の水質汚染や水系感染症の原因となっている。一方、尿尿は肥料や土壌改良材として活かすことで、土壌の質と農作物の生産性の維持が期待できる。農業生産性の維持は、健康リスクを増大させる要因である栄養不良の克服と関連する。従来から、バングラデシュの農村で普及が進められているトイレのタイプは、ピットラトリンと呼ばれているものであるが、尿尿が浅層の地下水や表流水に流出していること、尿尿の資源価値が活かされていないことを含めて、さまざまな問題点がある。尿尿の資源利用と適正な管理

*流通科学大学情報学部、〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1

†NPO法人日本下水文化研究会、〒162-0067 東京都新宿区富久町6-5 NJS 富久ビル別館

(2010年8月23日受理)

©2011 UMDS Research Association

を目的とした衛生改善は、生活環境の一部であるため池等表流水の水質保全、持続可能な農業を通じた健康リスクの低減によって貧困の緩和をもたらすことが期待でき、その利用者や地域コミュニティに便益をもたらす。こうした便益を明らかにし、農村の人々の間で情報を共有することは、自らの負担で生活環境を改善する意思を形成することにつながる。

水質保全や土壌改良といった地域ニーズに対応するため、筆者らは、資源利用による尿尿の適正管理と衛生改善を意図するエコロジカル・サニテーションを選択し、その概念を具現化したトイレ（以下エコサン・トイレと呼ぶ）をバングラデシュ農村域の5県、19村に導入してきた。本研究では、バングラデシュ農村地域における衛生、尿尿管理に関わる課題を明らかにし、エコサン・トイレによってもたらされる便益について考察するとともに、エコサン・トイレ利用者と比較対象として非利用者を対象として行ったアンケート調査の結果をもとに、エコサン・トイレの便益項目ごとに、便益の分布や帰属特性について分析する。

II. 適正な衛生技術による生活環境の改善

バングラデシュ農村の生活環境は、尿尿の適正管理を含めた衛生と深くかかわっている。この国で広範な地域に広がる地下水砒素汚染問題は、住民の健康リスクにとって深刻な問題であり、安全な飲料水代替水源の確保は最も重大な課題のひとつである。排泄された尿尿の不適切な管理は、表流水の水質汚染をもたらし、表流水の代替水源としての利用を制限している。

動物の排泄物は自然の栄養物サイクルに取り込まれているが、本来、人間の尿尿も例外ではない。自然の栄養物サイクルにより、健全な土壌と食物生産性は持続されるが、バングラデシュでは、長期間の化学肥料投与によって、農地の土壌劣化が進んでいる。さらに、窒素、リン肥料の確保がより困難になることも予想されている。この国では、天然ガスを原料とする窒素肥料の生産は、電力供給と競合しておりエネルギー危機と関連する。リンは地球上で枯渇が懸念されている天然資源である。したがって、肥料や土壌改良材としての尿尿の資源利用の必要性は高まっており、尿尿を自然の栄養物サイクルから逸脱させることは、持続可能な食物生産にとってマイナスとなる可能性が高い。

尿尿の資源利用と衛生改善によって地域のニーズが満たされたならば、地域住民にはさまざまな便益がもたらされよう。図1. は適正な衛生設備によってもたらされる生活環境の改善が、安全な飲料水供給、持続可能な農業、貧困の軽減とどのように関連するかを示したものである。適正な衛生設備を導入することは、非衛生と貧困の悪循環を断ち切る役割を果たすことが期待される。

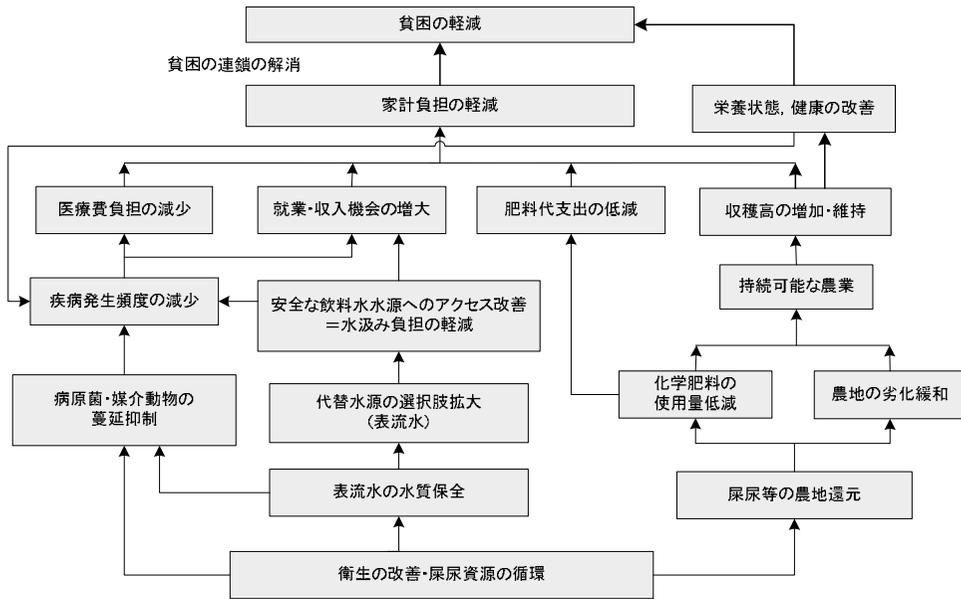


図 1. 生活環境と尿尿の資源利用を含めた衛生改善の関係 (Sakai, et al.²⁾ を和訳)

Ⅲ. 衛生改善と関係性を有する地域ニーズと衛生技術の選択

1. 既存のトイレの問題点

バングラデシュの農村地域におけるほとんどのトイレタイプはピットラトリンと呼ばれるものである。政府はこのタイプのトイレの普及に力を入れてきており、尿尿をため込むピットを作るためのコンクリートリングと便器の付いたスラブのセットがマーケットで販売されている。この結果、野外での排泄や下部構造をもたないトイレの利用者は減っている。しかし、バングラデシュの多くの農村地域で使用されているピットラトリンはいくつかの問題を有している。ピットは数カ月から長くても2年でいっぱいになる。続けて使うためには、ピットにたまった尿尿を取り出して衛生的に始末する必要があるが、たとえ、清掃カーストに依頼して取り出したとしても、環境に負荷を与えず衛生的に始末されることはない。多くの地域で見られる対応は、たまった尿尿はそのままだ、別のピットが掘られることである。農村であっても宅地の面積は十分でないので、次々とピットを作っていくことには限界がある。そして、有用な尿尿資源が利用されずに捨てられていることになる。

洪水常襲地域が広がるバングラデシュでは、洪水期に水位が上がると、ピットラトリンが使えず、ピットにたまった尿尿が流出することになる。なかには、洪水期に故意に内容物を放流する者もいる。洪水期にトイレが使用できなくなるということは、住民の健康リスクを高めることになるとともに、流出する尿尿が周辺の表流水、おもにため池の汚染源になる。ため池とトイレが近接して設置されている場合も少なくない。ため池は、日常的に炊事、洗濯、沐浴、洗面・歯磨

きなどで使われている。

このように、ピットラトリンはその管理状態に多くの問題を有しているため、実態として持続可能な衛生設備となりえていない。これは、ピットラトリンの設計概念が正しく伝搬されず、容量の不十分なピットが作られ、たまった尿尿の管理システムについて何ら対応が取られず、初期費用が安いということで適用されてきたことに起因する失敗である。ピットラトリンを適用するとすれば、洪水常襲地域が広がっていること、人口密度が高く、トイレと表流水の距離を確保することが難しいといったバングラデシュ農村地域の特性を配慮した設計上、設置上の工夫が必要になってくるが、そうした動きはない。さらに、モニタリングシステムも存在しないため、建設した後の管理状況について、ほとんど注意が払われず、実態把握も難しい状況にある。既存のトイレの問題解消を含めて、地域のニーズに対応する適正な衛生設備の選択が必要になる。

2. ローカルニーズに対応した衛生設備としてのエコサン・トイレ

エコロジカル・サニテーションとは、衛生機能を満足させるとともに、尿尿資源の循環が可能な技術を適用しようとする行動である。地域ニーズを満足させるように、尿尿から得られる資源価値を活用することは、ひとつの実現可能な尿尿管理の方法である。図2. は、エコロジカル・サニテーションが地域ニーズに対応することを示したものである。

プロジェクトサイトで採択されたエコサン・トイレのデザインは、次によるである。まず、尿尿分離タイプとした。分離された尿は、ポリタンクに貯留され、希釈して肥料として散布する。尿の安全は、排便後に排泄物の上に灰を散布したうえで、便槽に6か月以上貯留しておくあいだに乾燥させることで確保する。便槽は2つあり、交互に使われる。乾燥した便は、土壌改良材として農地に還元される。便槽は地上に作られ、洪水の浸入や環境負荷を与えないように防水措置を施す。図3. に、導入したエコサン・トイレの下部構造を示す。

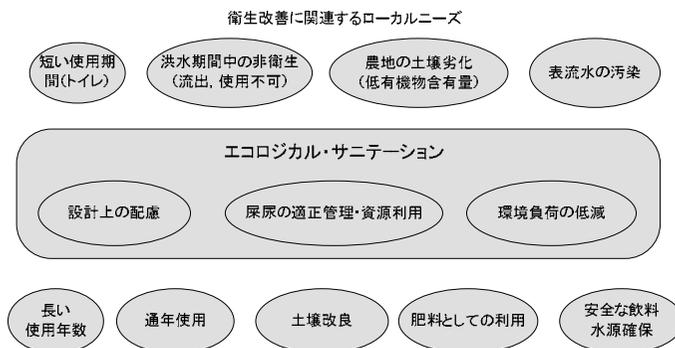


図2. バングラデシュ農村地域におけるエコロジカル・サニテーションの役割 (Sakai *et al.*³⁾)

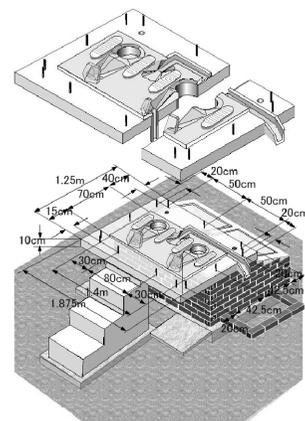


図3. エコサン・トイレのデザイン (高村哲氏作図)

IV. エコサン・トイレ導入により期待される便益

導入された技術が問題の解決に寄与し、ユーザーのニーズを満たす場合、ユーザーには便益がもたらされる。図2. からエコサン・トイレによってもたらされる主要な便益は、衛生的な環境、環境負荷の低減、農業生産性の向上といえることができる。これらのほかに、栄養成分に富む尿を肥料として使うことで化学肥料の購入などの費用の低減が期待できる。また、従来タイプのトイレと比べて、ピットにたまったし尿の取り出し費用の低減や、耐用年数が長くなることで、年あたりの費用が低減することも期待できる。表1. にエコサン・トイレの導入により期待される便益をまとめる。便益のなかには短期間では推計しえないものがあり、便益の大きさが関連する条件に大きく依存するものもある。表中で○を付けたものは、本論で取り扱うものである。

表1. エコサン・トイレ導入により期待できる便益

項目	指標	本論での対象	特徴
衛生的な環境	<ul style="list-style-type: none"> ● 病人の数 ● 医療費 ● 病気による収入機会損失 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (世帯当たり) ○ (世帯当たり) ○ (世帯当たり) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 感染症の流行に対するリスク削減評価は困難
環境負荷の低減 (水質保全)	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全な飲料水源へのアクセス改善・水汲みストレスの低減 ● 飲料水処理コスト 		<ul style="list-style-type: none"> ● 地域条件に依存 ● 水汲みに要する時間を収入機会に転換できる
農業生産性	<ul style="list-style-type: none"> ● 農産物による収入増(収穫増、品質向上) ● 土壌改良 	○	<ul style="list-style-type: none"> ● トイレの利用状況、尿尿資源の利用方法に依存 ● 土壌改良効果の発現には長期間を要する
尿尿資源の活用	<ul style="list-style-type: none"> ● 化学肥料の使用量 	○	<ul style="list-style-type: none"> ● 肥料としての利用程度に依存
従来の衛生技術にかかる経費	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐用年数の延長 ● ピット内容物の引き抜き・運搬・処分 	○	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐用年数については現時点で不確定 ● 現在の経費との比較は可能

エコサン・トイレを導入した農村において利用者と別のタイプのトイレ利用者およびトイレを持たない人から必要な情報を得るため、アンケート調査を2009年9月・10月に実施した。サンプル数は、エコサン・トイレ利用者が62世帯で、同数の非利用者からも回答を得た。表2. に調査地域とそれぞれのサンプル数を示す。調査項目は、収入を含めた個人の属性データと表1. でマークした項目である。

表 2. サンプル数

県 郡	Nogaon		Jessore		Satkhira	Munshiganj	計
	Niamatpur	Keshabpur	Sharsha	Kolaroa	Sreenagar		
ユーザー	20 (40)	11 (40)	18 (20)	10 (25)	3 (5)	62	
非ユーザー	20	11	18	10	3	62	
計	40	22	36	20	6	124	

注：() 内の数字はそれぞれの地域へ導入したエコサン・トイレの数である。

V. 医療費の軽減

衛生的な環境は病気の発現頻度を抑える。図 3. はこの 1 年間に各世帯で病気になった人数の分布をエコサン・トイレ利用世帯と非利用世帯で比較したものである。この図から、病気になった家族数はエコサン・トイレ利用世帯で少なくなっており、世帯レベルでの衛生改善が、病気の発現頻度を低下させ、病気にかかる人の数を減らしていることがわかる。

病気に罹った人数と同様、図 4. の累積曲線に示されるように、世帯ごとに 1 年間に薬代や治療費として使用した医療費についてもエコサン・トイレ利用世帯と非利用世帯で差異が顕著である。利用世帯では、50%の世帯が 500BDT (1BDT は調査時点で約 1.35 円) 以下であり、90%の世帯が 2,000BDT 未満であるのに対し、非利用世帯では、50%の世帯が 1,500BDT 以上の医療費を使っており、10%の世帯では 3,500BDT 以上を使っている。平均値は、それぞれ 843BDT, 1,908BDT であった。中央値、平均値から、1,000BDT 程度の世帯当たりの医療費軽減便益もたらされていると推定される。

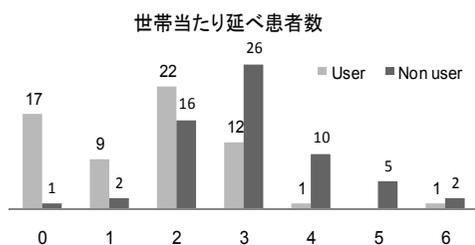


図 3. 世帯ごとの病気に罹った人の数の分布

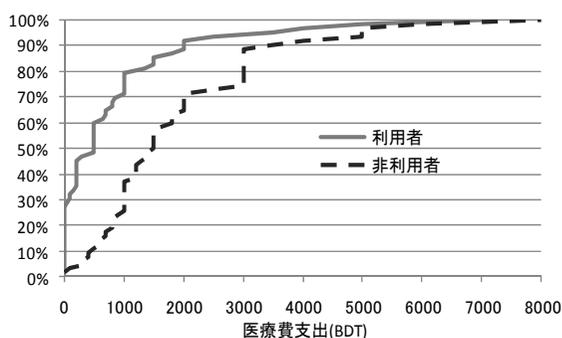


図 4. 利用世帯、非利用世帯での医療費の累積曲線

家計負担の軽減を評価するために、年間の家計に占める医療費支出の割合を求めた。バングラデシュの農村に住む人に年収を尋ねても正確な回答は得にくいことから、アンケート調査では月

収を尋ねているので、ここでは、回答された月収の12倍を年収と仮定した。医療費支出の割合の分布を図5.に示す。ここでも、エコサン・トイレ利用世帯と非利用世帯で相違がみられる。利用世帯の87%は家計収入の2%未満となっているが、非利用世帯では2%未満の世帯は30%に過ぎない。

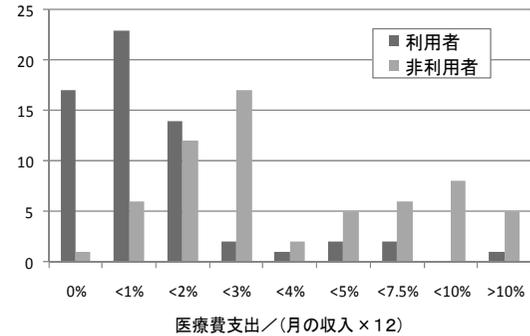


図5. 年収に対する医療費支出の割合の分布

ここまでは、直接支払った医療費について議論しているが、病気に罹ることによる

収入減もまた、家計負担となる。とくに、定収入がない日雇い労働で家計を支えている世帯では、働き手が病気になったために失う収入損失の影響は大きい。どのプロジェクトエリアにおいても、家計を支えている職種として、日雇い労働は一定の割合を占めている。図6. は、直接の医療費と病気に罹ることによる収入損失を合算した額について、エコサン・トイレ利用世帯、非利用世帯の累積曲線を示している。利用世帯の合算した額の累積曲線は、直接の医療費を示した図4. と比べて、大きく変わらない一方、非利用世帯では病気による収入損失も加算されて家計負担が増えているので、両者の間で差が広がっている。平均値を比較すると、それぞれ、1,193BDT, 2,873BDT となり、疾病に関係する家計負担の差は約 1,700BDT となっている。

疾病に関わる費用をどのような世帯が支払っているのかを示すため、月収と収入損失を含めた疾病に関わる費用の関係を図7. に示した。この図に示した2つのラインはそれぞれ、月収の12倍と仮定した年収に対する疾病に関わる費用が5%、10%となることを示している。この図から、医療費支出は収入と関係が小さく、エコサン・トイレ非利用世帯でみれば、低収入世帯でむしろ医療費支出が大きく、家計に占める医療費負担が大きいことがわかる。月収 5,000BDT 未満の世帯では、疾病に関わる費用のエコサン・トイレ利用世帯、非利用世帯のあいだでの差異は大きく

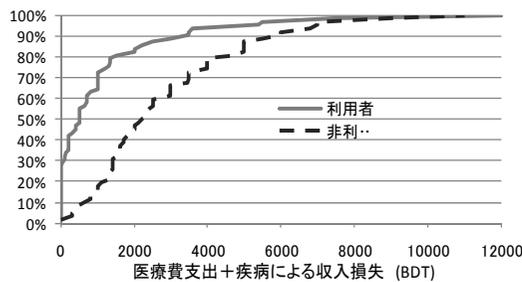


図6. 世帯ごとの疾病に関連する費用の累積曲線

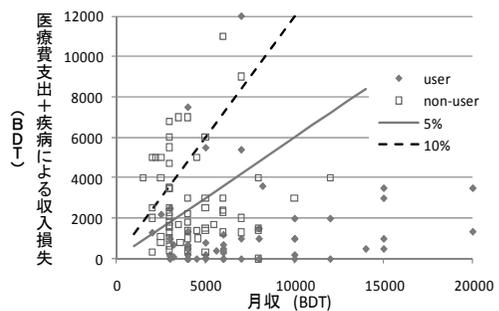


図7. 収入と疾病に関わる費用の関係

なっている。このことから、エコサン・トイレは貧困世帯の医療に関わる家計負担の軽減に寄与していることが示されているということができよう。

このほか、エコサン・トイレ非利用世帯の2/3で、ピットラトリンのメンテナンスのために、何らかの経費がかかっている。平均の支出は、ピット内の尿尿の取り出しを清掃人に依頼するために430BDT、石灰で消毒するために106BDTである。エコサン・トイレ利用者は、乾燥便の取り出しは容易に行えるので、こうした支出を要しない。導入したエコサン・トイレの耐用年数は、従来型のトイレより十分に長いと考えられるが、使用開始から年限がたっていない現時点では不確定である。

VI. 農業生産に関わる収入増

エコサン・トイレは、乾燥便を含めた尿尿資源を利用することを意図したものであるが、乾燥便による土壌改良効果を把握するためには、長期的な施用が必要になる。ここでは、尿の肥料としての利用による効果を取り上げる。なお、乾燥便は野菜の生育において、牛糞と同程度の効果を有することが示されている⁴⁾。表3. は尿の利用対象と収穫に対する評価、化学肥料の低減量、もたらされた収入増をまとめたものである。野菜、果物への適用例が多く、90%のエコサン・トイレ利用者が野菜栽培に尿を利用しているが、稲作で利用しているユーザーは30%に満たない。

表3. 地区別の尿の肥料としての利用状況（複数回答）、利用者による評価と便益と関連する評価

生産物	利用者数	収穫増	品質向上	味の向上	化学肥料の使用減		農作物による収入増	
					利用者数	平均低減量 (kg)	利用者数	平均 (BDT)
穀物 (水田)	18	13 (72%)	17 (94%)	13 (72%)	18 (100%)	41.1	16 (89%)	2,447
野菜	56	41 (73%)	53 (95%)	48 (86%)	38 (68%)	23.1	45 (80%)	1,047
くだもの	50	35 (70%)	43 (86%)	30 (60%)	44 (88%)	15.5	39 (78%)	1,090

() 内の%はそれぞれの作物への尿の利用者数に対する比率

エコサン・トイレ利用者は、尿を肥料として利用した結果、収穫増よりも品質向上がもたらされると回答している。稲作で利用しているユーザーは、化学肥料から尿への転換量も多く、農業による収入増も大きいと答えている。図8. は、稲作における化学肥料の低減量と水田からの収入増の関係を示しているが、尿への転換が大きいほど収入増も大きくなっている。尿の肥料としての利用は、化学肥料を購入する費用低減と収穫増、品質向上による収入増を同時にもたらすと期待できる。化学肥料を尿素とし、その単価を12BDT/kg とすると、稲作に尿を利用し、収入増

があったと回答しているエコサン・トイレ利用世帯の農業関連の便益はおおよそ年間 3,000BDT になる。化学肥料から尿への転換による費用低減については、実験農地での試験結果から推定された値と同程度であった⁵⁾。稲作への適用と比べて、野菜、くだものへ適用したケースでの化学肥料低減量、収入増はずっと小さくなっている。しかしながら、稲作への適用を行っていない利用者のなかには、水田をもたない利用者が、庭先での野菜等の栽培に尿を肥料として使用して、収入を得ているようなケースも含まれており、ここでも便益が生じている解釈することができる。

図9.には、農作物による収入増の分布を示すが、60%のユーザーの収入増は 1,000BDT を超えていない。この図で稲作に使用している利用者を分けて示したが、野菜、果物への利用の場合より収入増が大きくなっている。

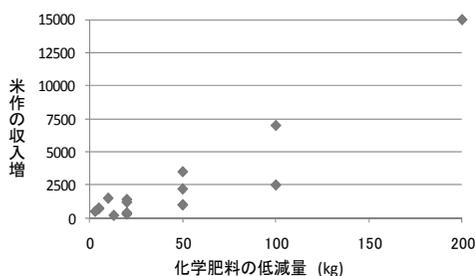


図8. 稲作への尿の利用世帯における化学肥料の低減量と米の収入増の関係

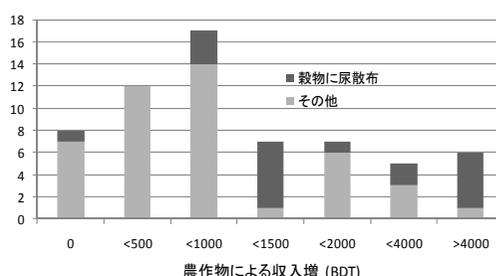


図9. 農作物による収入増の分布

化学肥料の低減、農作物による収入増は、表4. に示すように調査地域による差が大きい。ほとんどのエコサン・トイレ利用者は尿を使用しているが、化学肥料からの転換の程度には差がある。Sharsha 郡のようにすべての利用者が転換を進めている地域では、農業関連の便益も比較的大きくなっている。

表4. 調査地域ごとの農業生産に関連する便益

		Niamatpur	Keshabpur	Sharsha	Kolaroa	Sreenagar	Total
農作物による収入増 (BDT)	「あった」という回答者 (%)	19 (95%)	9 (82%)	18 (100%)	5 (50%)	3 (100%)	54 (87%)
	平均	1,215	2,800	2,275	680	1,067	1,710
	中央値	725	1,200	1,000	300	1,200	825
	最大値	6,000	19,000	12,200	2,200	1,400	19,000
化学肥料からの転換 (Kg)	「行った」という回答者 (%)	11 (55%)	4 (36%)	18 (100%)	10 (100%)	2 (67%)	45 (73%)
	平均	3.8	24.5	66.9	20.1	13.3	28.9

VII. おわりに

本論文では、バングラデシュ農村地域において導入されたエコロジカル・サニテーションに関連する便益について、エコサン・トイレ利用者を対象として実施したアンケート調査結果に基づき考察した。個人や地域による差異は大きい、利用者のほとんどは便益を享受していることが示された。

決まった収入のない家計にとって、医療費及び病気による収入損失は大きな負担になっている。エコサン・トイレによって、衛生的な環境が提供されることにより、こうした負担が大きく低減されている世帯数は多く、エコサン・トイレは持続可能な衛生設備であり、非衛生と貧困の連鎖を断ち切る可能性を有している。

農業生産に関わる便益に関しては、調査地域間での差異が大きい。この差異は、尿の肥料としての利用に関する認知と行動レベルの相違に起因していると考えられる。適切な情報の伝搬や情報共有の機会を設けることで、利用者の関心が高まり、積極的な行動が促されることにより、農業生産に関わる便益の地域間の差異は少なくなっていくものと考えられる。

今回の調査結果から、複数の便益の合計を推計することは容易ではないが、表1. に示した指標のそれぞれの値から、適正に利用され、尿尿資源が活用されるならば、エコサン・トイレの初期費用である約 15,000BDT を5年程度で回収できることになる。こうした情報は、農村の人々が自立的に生活環境を改善しようという意思形成に寄与するものと考えられ、適切に情報を伝搬することによって、援助に頼らずに生活環境改善が進められる可能性が示唆される。

今後の課題として、以下のことを行い、便益評価の精度・信頼性をあげ、コミュニティレベルでの便益についても検討する必要がある。

- 1) 個人や地域での相違が生じる原因についての精査
- 2) 尿尿資源の利用による農産物による収穫増の確認
- 3) 衛生技術オプションごとの世帯の医療費支出の相違の把握
- 4) コミュニティレベル、村レベルでの衛生改善による感染症流行のリスクを含めた健康リスク低減効果の把握

エコサン・トイレは、とくに農業生産に関して、土地を所有する人により多くの便益をもたらすことになるが、土地をもたない世帯や都市住民など、尿尿資源の利用によりもたらされる便益を享受しにくい人々にも便益が生じるような方法を開発する必要がある。最終的には、衛生改善、尿尿資源の活用による便益を向上させ、かつできるだけ公平に享受できるような社会システムを研究することが重要と言えるだろう。

謝 辞

本研究におけるアンケート調査は Japan Association of Drainage and Environment (JADE) Bangladesh 事務所のメンバーとくに, Quazi Azadzzaman 氏, Md. Mosleh Uddin Parvez 氏の協力のもとに行われました。両氏に深く感謝いたします。また, 調査対象となったエコサン・トイレの導入に関して協力いただいた NPO 法人日本下水文化研究会, JADE バンングラデシュ事務所のメンバーに謝意を表します。なお, エコサン・トイレ導入プロジェクトは TOTO 水環境基金の助成を受けて実施したものであります。併せて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) UNIDEF and WHO (2008) Progress on Drinking Water and Sanitation
- 2) Sakai, A., Takahashi, K., Sakamoto, M., Hagihara, Y and Hagihara, K. (2008) Water Supply and Sanitation Relating Risks and Social Environment in Rural Areas in Bangladesh, 4th International Conference on Water Resources and Environment Research, 12pages pp.601-612, 2008, Adelaide
- 3) Sakai A. *et al.* 2007 Challenges to Overcome the Problems Related with Sanitation in Rural Area of Bangladesh, *the First Annual Conference, Bangladesh Regional Science Association*, 15pages (CD-ROM), Dhaka, Bangladesh.
- 4) 酒井彰 (2006), 開発途上国における尿尿の「再生と利用」を考える, 再生と利用 (日本下水道協会), Vol.29, No.114, pp.14-19
- 5) 高橋邦夫, 酒井彰, 保坂公人, 高村哲 (2009), バンングラデシュ農村域におけるエコサン・トイレの導入効果と便益評価, 京都大学環境衛生工学研究会, 環境衛生工学研究, Vol.23, No.1, pp. 9-19