

【論 説】

下水汚泥の資源化にみる意識改革*

——イギリスのバイオソリッドと嫌気性発酵戦略を事例に——

三 俣 延 子

1 は じ め に

本稿は、19世紀中葉の衛生改革から現在までのイギリスにおける尿尿処理の歴史を振り返りながら、尿尿処理が公害問題から環境戦略へと変遷してきた過程を明らかにし、尿尿が資源であるという意識改革の重要性について論じる。

19世紀後半、イギリスの大都市を中心に公衆衛生問題が深刻化し、その結果、水洗便所と下水道が急速に整備されたことについては社会史や都市政策としての研究の蓄積がある。尿尿の不適切な処理によってもたらされた不衛生な生活環境は、産業革命期におけるもっとも深刻な公害問題の1つであり、尿尿はまさに「public nuisance」そのものであった。

ところが、現在のイギリスでは、各地の下水処理場で発生した下水汚泥の約77%が嫌気性発酵（メタン発酵）によって処理され、「バイオソリッド（biosolids）」と称されて流通し、肥料として農業利用されている。つまり、尿尿はもはや資源であり、近年は、尿尿の資源化が食料安全保障と再生可能エネルギー戦略の融合という環境戦略の1つとしても位置付けられているので

* 本稿は、環境経済・政策学会2012年度大会（9月15日、東北大学）の報告論文を加筆・修正したものである。また、本稿の一部は、平成24年度科学研究費助成事業若手B（課題番号24730298「廃棄物の環境経済史：近代イギリスにおける海・都市・農村のリン循環」）の助成を受けたものである。

ある。

第2章は、衛生改革から150年以上にわたって、イギリスにおける屎尿の処理ならびに農業利用の中心的な役割を担ってきた下水道事業に着目した環境史となっている。ここでは、19世紀半ばにおける都市の公害問題がいかに変遷をとげたか、そして、20世紀後半までに、どのようにして下水汚泥の農業利用が環境政策として位置づけられるようになったのかを、政府や民間の取り組みを通じてまとめた。第3章では、2007～08年の肥料価格の高騰と、リン鉱石の枯渇問題の顕在化を経て、あらゆる嫌気性発酵施設をいっそう支援する方針を打ち出している Defra（環境・食料・農村地域省）と、低炭素社会の構築に向けて、嫌気性発酵によるエネルギー再生産を促進する政策を表明した DECC（エネルギー・気候変動省）の動向についてまとめた。そして、第4章では、1971年以来イギリスで有機農産物の認証を実施してきた土壌協会（Soil Association）による、バイオソリッドの普及を支援する動きとしての有機農産物認証制度の見直しについて論及する。

2 下水汚泥からバイオソリッドへ

2.1 下水道の敷設と下水汚泥の登場

江戸時代の日本各地で展開されていた下肥の利用は、循環型社会や持続可能性の典型的な事例として紹介されることが多い。この歴史的事例の現代的な意義は、野菜と下肥の取引を通じて、都市部と農業地域の間における栄養分の循環（窒素循環やリン循環など）が成り立っていたことである（渡辺, 1983; Tamanoi *et al.*, 1984）。一般的には、日本やアジアの事例として知られる屎尿の農業利用であるが、実のところ、家畜糞尿が施肥の重要な役割を果たしてきたヨーロッパでもその事例は見られた。農業革命期のイギリスでさえ、都市近郊の農業地域では、ナイトソイル（night-soil）と称された屎尿が肥料として金銭的に取引されていた（三俣, 2010）。しかしながら、産業革命期を経て急速な都市化が進展するにしたがって、都市部の衛生状態は劣悪化し、1830年

代にはコレラの蔓延を招く。そのなかで、都市部の尿尿をより効率的に、より衛生的に回収するための方策を検討することが、都市行政にとって急務の課題となった（Sheal, 1996; 村岡, 1983 ほか）。

ロンドンの首都下水委員会では、水洗便所と下水管によって収集した下水をどのように処理するかについて意見が対立した。あるグループは、回収した下水を肥料資源として扱い、近郊での灌漑農場に利用することを主張した。他方は、回収した下水を廃棄物として扱い、より下流で放流することを主張した。この対立は、研究者、マスメディアなどを巻き込む国民的な議論となった。衛生改革の父エドウィン・チャドウィックや、農芸化学の父ユストゥス・リービヒは、科学的知見から尿尿の肥料価値を主張した。フランスの文豪ビクトリア・ユーゴは1862年刊行の『レ・ミゼラブル』で、ドイツの経済学者カール・マルクスは1867年刊行の『資本論』で、それぞれ、尿尿を廃棄物化する下水道の導入を痛烈に批判している。

1865年、ロンドンで完成した大規模な下水道は、ロンドンの市街地のあらゆる水洗便所や下水溝から回収した下水を、テムズ川のより下流地域へ放流するための施設であった。つまり、水洗便所・下水道・テムズ川を通じて、尿尿は海洋に廃棄されることとなったのである。その一方で、あまり知られてはいないが、収集した下水をパイプで農業地域へ送り、灌漑（液肥）として利用する下水処理場も建設された。たとえば、ロンドン北部のバドフォードやノーフォーク州ノリッジなど地方都市の近郊では、液肥としての下水がキャベツやアスパラガスを育てた（フェスカ, 1982; Benidickson, 2007）。

その後、20世紀の初頭にも、ラグビー、リーミントン、ブラックバーンなどの都市では下水が灌漑によって液肥として農業利用されており、このことは日本でも紹介されている（燕, 1914）。しかし、微生物を用いた水処理技術の開発が1880年代以降から開始され、1914年、マンチェスターで活性汚泥法として確立する（Benidickson, 2007）。そして、これ以降、尿尿は下水として回収して下水処理場で処理し、下水汚泥と水に分離するという方法が普及し、

この下水汚泥については、埋立て、海洋投棄、農業利用のいずれかの方法が採用された。20 世紀半ば、下水汚泥は、乾燥汚泥、脱水汚泥、加熱粉末汚泥などの加工が施されたうえで農業利用される地域も少なくなかったが、主として沿岸部では、無処理のまま海洋投棄されていた（永井, 1972）。その結果、1970 年代以降になると、海洋汚染という公害問題が顕在化したのである。

2.2 海洋投棄の禁止と農業利用の推進

屎尿の海洋投棄にともなう水質汚染問題については、日本でも研究が蓄積されてきたが、イギリスでは、1970 年代にはすでに下水道普及率が約 9 割に達していたため、下水汚泥の海洋投棄が大きな社会問題となっていた。そして、1972 年に、「廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（ロンドン条約）」が採択され、さらに、規制の強化や世界的な環境保全の意識が高まる中で、最終的には 1998 年に、EU の都市排水処理指令に基づき下水汚泥の海洋投棄は全面的に廃止されたのである。

1980 年代、このような海洋投棄禁止の流れと足並みをそろえるかたちで、下水汚泥を安全に農業利用するための法的枠組みが整備されていった。下水汚泥の処分地が海から陸へと移行すれば、海洋汚染は解決されても土壤汚染という別の公害問題を引き起こす可能性がある。したがって、土壤汚染を防止するための法的枠組みが必要となった。結果として、1986 年に EU の「下水汚泥に関する指令」が発行され、それを受けて、イギリス政府は、1989 年に「農業利用する汚泥の規則」、1996 年に「下水汚泥の農業利用に関する実施準則」をそれぞれ制定した。これらは、日本の肥料取締法と同様、下水汚泥に含まれる重金属の安全基準などを定めたもので、土壤環境を保全しながら、下水汚泥の農業利用を継続していくことを目的としたものであった。1990 年代半ばには、まだ、下水汚泥の 29% が河川・海洋投棄されていたが、その一方で、農業利用される下水汚泥の割合も 47% に達していた（Defra, 2002）。結果として、1970～90 年代に展開した海洋投棄の禁止と土壤汚染の防止のた

めの法整備は、公害問題の解決・防止に加え、下水汚泥の農業リサイクルの促進につながったのである。

2.3 バイオソリッドの登場

1990年代の後半には重要な制度の確立があった。それは、1998年に締結された「安全汚泥マトリックス (Safe Sludge Matrix)」という民間事業者間での自主的な協定である。これは、下水汚泥の施用が可能な作物を下水汚泥の処理レベルに応じて分類した一覧表であり、事実上、農業者が下水汚泥を利用する際のガイドラインとしての役割を担っている。この協定の内容は、環境庁 (Environmental Agency)、旧環境交通自治省 (Department of Environment Transport and Regions) ならびに農漁食糧省 (Ministry of Agriculture Fisheries and Food) など行政による示唆を取り入れながら、イギリスにある (締結当時) 14の上下水道事業者を代表する水道事業者協会と、主要な小売業界を代表する小売業協会 (British Retail Consortium) との間で協議決定されたものである。さらに、この協議には、全国農業者連盟 (National Farmers Union) のほか食品製造会社や食品加工業者なども参加した。下水汚泥の農業利用は、単に水道事業者と農業者だけの問題なのではなく、農産物やその加工品の販売に携わる流通業界や食品業界、さらには消費者に直結する問題だからである (ADAS, 2001; 三俣, 2009)。

当時、病原体の処理を十分に行った下水汚泥が利用される一方で、処理の不十分な下水汚泥も流通していた。したがって、この協定の目的は、病原体の処理が不十分な下水汚泥の利用を段階的に削減することにあった。協定では、サルモネラ菌の除去や99.9999%以上の病原体を死滅させることを保証する処理を施した下水汚泥に限定して農業利用が認められており、そのような処理を施した下水汚泥を「バイオソリッド」と称した。したがって、バイオソリッドは、重金属の基準に加え、病原体の安全基準をも満たした肥料であり、かつ、屎尿という再生可能な天然由来の肥料である。バイオソリッドを「下

水汚泥」と呼ばないこと理由としては、まず、安全性を満たしているため、従来の（未処理の）汚泥とは異なるという点を強調したいこと、そして、衛生改革以降、「汚泥」という言葉が背負ってきた否定的・消極的な印象を払しょくし、イメージの刷新を図りたいことの2点があげられよう。

この協定は、1999年に自主的な取り組みとして発効したのであるが、2002年には、この協定の条項を「農業利用する汚泥の規則」と「下水汚泥の農業利用に関する実施準則」に追加することで、事実上、法制化されるに至った。2004年には、バイオソリッドが食料生産の原材料であることから、バイオソリッドの製造工程に食品の安全管理システムである HACCP（危害分析重要管理点方式）が導入された。政府は、下水汚泥の処理方法について、埋立てや焼却（エネルギー回収を含む）と比較しながら、農業利用が「もっとも実行可能な環境政策」であると位置付けた（Defra, 2007; Water UK, 2006a; 2006b ほか）。このことは、バイオソリッドの農業利用が、公害問題としてではなく環境政策として位置づけられるようになったことを意味している。「バイオソリッド」という概念の誕生は、従来の下水汚泥の処理問題ではなく、肥料の流通促進という経済政策として議論される方向性を生み出したといえる。

3 食料安全保障とエネルギー政策の融合

3.1 リン鉱石の枯渇問題とバイオソリッド

20世紀末に登場したバイオソリッドが普及するきっかけとなったのは、2007～08年の肥料価格の高騰である（2.4節で後述）。これ以降、世界的な人口問題や食料問題の1つとして、リン鉱石の枯渇問題が顕在化した。リン鉱石は、19世紀後半以降現在まで、およそ100年以上の間、化学肥料であるリン酸の原材料として世界中で利用され続けてきた化石資源である。イギリス政府は、食料安全保障に関する政策の1つとして、リン資源の確保を目的に、バイオソリッドの重要性をさらに強調する方針を打ち出した。2010年1月発行の「食料安全アセスメント」（Defra, 2009）には、グローバル資源の持続可能

性を評価するための指標として、新たに「リン鉱石の埋蔵量・採掘量」が追加された。そして、リン鉱石が有限な資源であることによって、肥料価格の急激な高騰とリン肥料の不足を引き起こしている事実と、長期的には、より効率的な方法でリンをリサイクルする必要があるという展望を示した。そのうえで、現在実施されているバイオソリッドの農業利用が担うリンのリサイクルという役割がこれまで以上に重要視されることを述べている。

政府の見解を整理すると、バイオソリッドの利用が国益となること理由については、まず、環境政策としてのメリットが挙げられる。それは、化学肥料の使用量の削減を通じて、化学肥料を製造する際に必要であるリン鉱石や化石燃料などの枯渇性資源の利用が節約できることである。また、化石資源の利用削減を通じて温室効果ガスの削減に貢献できるということである。もう1つは、農業政策としてのメリットである。バイオソリッドは、平均して1トン当たり窒素 2.3kg～4.2kg、リン酸 0.2kg～1.5kg、カリ 1.3kg～5.2kg を含有する肥料である。したがって、価格変動の激しい輸入資源であるリン鉱石よりも、国内で自給できるバイオソリッドのほうが安定に供給される。また、バイオソリッドに含まれる栄養分のうち、窒素については、植物により吸収されやすい無機質の肥料（アンモニアなど）に分解されたものであることから、有機態の窒素の施用が制限されている硝酸塩脆弱地帯（Nitrate Vulnerable Zone：NVZ）においては、より有益な肥料となる。現在のところ、市場出荷されている有機質肥料のうち、バイオソリッドの占める割合は5%に満たない。しかしながら、政府は、農業政策としてのメリットを踏まえながら、バイオソリッドの利用率を可能な限り増加させる方向でバイオソリッドの生産を支援する方針を表明している（Defra, 2007; Water UK, 2006b ほか）。

3.2 食料安全保障とエネルギー戦略

上述の通り、Defra は特に 2008 年以降、嫌気性発酵によって有機性廃棄物から肥料資源を獲得する政策を打ち出していた。その一方で、エネルギー間

題を議論してきた DECC も、有機性廃棄物の資源化を推進する方針を「2050年への道筋」とした包括的・長期的な基本計画と「2010年度エネルギー声明」のなかで発表した。2010年7月のことである (DECC, 2010a; 2010b)。

イギリスは、環境先進地域であるヨーロッパ諸国の中でありながら、環境政策に後れを取っているといわれてきた。しかし、2010年5月に誕生したキャメロン政権は、「史上、もっとも環境に配慮した政府」となることを公表している。その行動計画の1つの柱となったのが、再生可能エネルギーの推進の強化である。さらに、2011年5月の発表で、政府は、温室効果ガス削減に関する長期的な目標について、二酸化炭素の排出量を2025年までに1990年の排出量の半分に抑えるとし、低炭素社会の確立に向けた方向性を一層強調している。そのような流れを受けて DECC は、低炭素社会への取り組みの1つとして、嫌気性発酵を用いたメタンガスのエネルギー再生産とその利用を促進させる方針を打ち立てた。

その後、Defra と DECC は共同で、関連する産業界との調整を行い、約半年間の話し合いの成果を踏まえて、2011年6月に「嫌気性発酵による戦略と行動計画」と題する行動計画を発表した (Defra, 2011a)。嫌気性発酵は、有機性廃棄物を嫌気性分解することでメタンガスと消化物 (anaerobic digestate: バイオソリッドを含む) を発生させる技術である。そのため、行動計画のなかでは、嫌気性発酵は肥料資源とエネルギー資源の両方を得られる一石二鳥 (廃棄物処理も含めると一石三鳥) の技術であると表現されている。

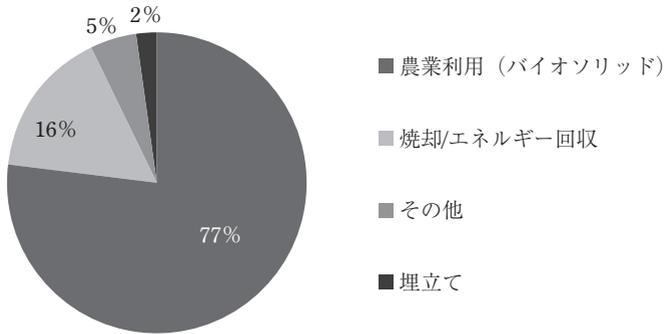
嫌気性発酵に関しては、メタン発酵のバイオガスプラントが合計3000か所以上あるといわれるドイツなど実績の多い地域もあるが、イギリスでは相対的に産業基盤が弱いといわれてきた。現在、「UKにおける嫌気性発酵産業の基盤 (2012)」では、政府の嫌気性戦略の基盤になる施設として、年間5万トン以上の資材 (有機性廃棄物) を処理でき、かつ、170MW以上の発電量がある施設が約220か所報告されている (WRAP, 2012)。その内訳であるが、現在、主に畜産廃棄物を資源化する農業用施設として29か所、食品廃棄物などの産

業廃棄物を中心に資源化する非農業用施設として 48 か所の嫌気性発酵施設がある (Defra, 2012)。しかし、もっとも施設数が多いのは、水道事業者の嫌気性発酵施設であり、イギリス全土で約 140 か所ある。第 2 章で述べた通り、嫌気性発酵による有機性廃棄物の資源化に関して、もっとも長い歴史ともっとも多くの実績を持つ産業部門は、その肥料資源の供給サイドである水道事業ならびに、その生産物の需要サイドとしての農業である。したがって、嫌気性発酵施設の建設や運営に関連する技術を有するあらゆる企業によって構成される「嫌気性発酵産業」のなかで、下水処理施設は、政府の嫌気性戦略の中心的な役割を担うと考えられている。

3.3 嫌気性発酵の普及にむけた意識改革

「嫌気性戦略」は、埋立て処理の削減という廃棄物対策、新しいエネルギー資源の獲得というエネルギー政策、ならびに肥料資源の獲得という農業政策という側面をもつ。さらに、関連産業への投資を政府が制度面で支援するという経済対策を含めていることから、関連産業の発展ならびに新たな雇用の創出をも目的とした経済政策となっている。比較的短期間で実現できる嫌気性発酵に関する経済的支援については、小規模の低炭素発電事業者を支援する目的で、2009 年 7 月以降に完成した 5MW 以下の嫌気性発酵施設（設備容量 5MW 以下の太陽光発電施設、500kW 以下の嫌気性発酵施設）を対象に、2010 年 4 月から固定価格買取制度 (FITs) が実施されていたが、2011 年 6 月には、より小規模な設備からの買取価格がより優位になるよう価格を修正した。

さらに政府は、嫌気性発酵にともなって発生するバイオソリッドなどの消化物を生産する小規模な施設が増えることを見越して、より長期的な視野での政策的支援が必要となる課題の 1 つに、それら消化物を流通させるための市場の創設・整備を挙げている。バイオソリッドの市場の確立や、その利用者である農業との連携については、水道事業者協会もその重要性を強く主張している (Water UK, 2010a)。

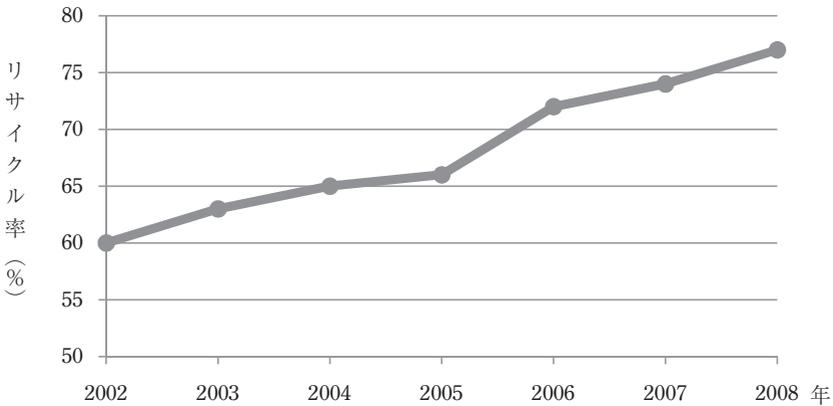


第 1 図 下水汚泥の利用率 (2008 年)

(出所) Water UK (2010b) より作成.

上記のような政府を中心とした制度的枠組みの構築以外にも、有機性廃棄物の肥料利用を推進するためには、国民全体が有機性廃棄物の肥料利用の重要性を認識し、嫌気性発酵に関する事業やその最終生産物である農産物の安全性や価値を正しく理解することが重要である (Defra, 2012)。特に、下水汚泥や尿尿は、約 150 年の間、衛生問題、海洋汚染、土壌汚染の原因と一般的に認識されてきた。このような尿尿に対する意識改革という課題に対して、水道事業者側は、「下水汚泥」ではなく「バイオソリッド」という名称を用いることが状況の改善に大きく役立つと考えている。

意識改革につながる取り組みについては、近年、民間事業者間の連携強化と情報公開が進んでいる。民間事業者間の連携強化については、まず、2009 年に、嫌気性発酵とバイオガスに関する協会 (ADBA) が設立されている。これは、情報交換と業務支援を中心として、産業間での連携の強化と成熟化を目的として設立された。また、「ゴミのない世界を構築するための行動(WRAP)」や「非食用農産物に関する国民センター (NNFCC)」などの民間コンサルタントによる情報公開も活発である。情報公開については、2009 年に、産業間の相互発展のために嫌気性発酵に関連するあらゆる情報発信を目的として、嫌気性発酵の公式ポータルサイト (The Official Information Portal on Anaerobic



第2図 バイオソリッドのリサイクル率（下水汚泥の農業利用率）

（出所）Water UK（2010b）より作成。

Digestion) が開設されている。これらは、特定の産業の内部での情報のやり取りのみならず、広く一般に対しても嫌気性発酵の取り組みを紹介し、社会全体の関心を喚起する役割も担っている。

このような取り組みもあって、下水汚泥の利用率は農業利用（バイオソリッド）がもっとも多く（第1図参照）、また、2000年代に入ってからバイオソリッドのリサイクル率（下水汚泥の農業利用率）は上昇し続けている（第2図参照）。

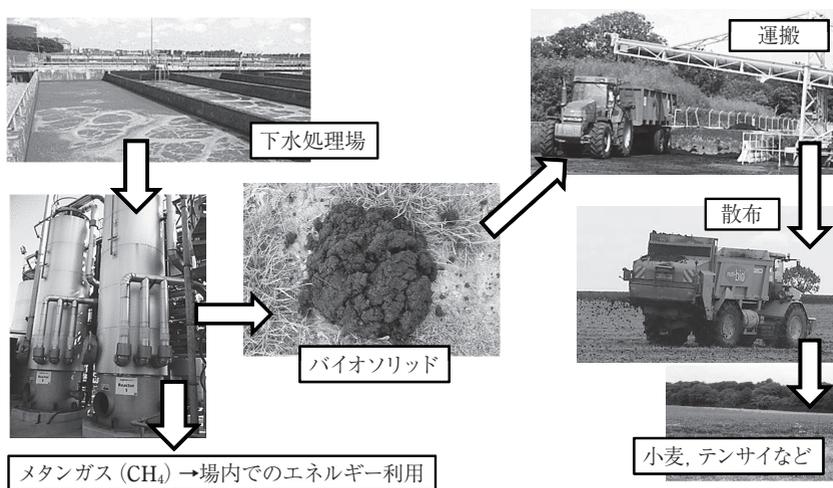
3.4 事例：アングリアン・ウォーター社のニュートリ・バイオ

バイオソリッドは、サッチャー政権時代に民営化された各地の水道事業者によって、地元の農業者に提供されている。地域（事業者）別にみると、バイオソリッドの農業リサイクル率は、ロンドン周辺とイングランド北東部で約70～80%、ウェールズとその他のイングランド全域では90%に達しているのに対し、スコットランド、北アイルランドを中心に約30～40%となっており（Water UK, 2009）、地域差が大きいのが特徴である。この節では、リサイクル率が90%に達しているイングランド東部の事業者であるアングリアン・

ウォーター社の事例を報告する。

イギリス東部のイースト・アングリア地域は、かつては羊毛産業が栄え、ノーフォーク農業の発祥地でもあり、現在もイギリス随一の穀倉地帯である。この地域の水道事業者であるアングリアン・ウォーター社は、嫌気性発酵により発生したメタンガスを場内でエネルギー利用すると同時に、その消化物であるバイオソリッドについては、「ニュートリ・バイオ (nutri-bio)」という商品として地域の農業者に販売している (第3図)。2008年の時点での販売価格は、1ヘクタール当たり60ポンド、もしくは、1トン当たり2ポンド50ペンスであった。また、農地への散布作業を請け負うので、バイオソリッド製造施設から農地までの輸送費として1トン1km当たり20ペンスが追加的に請求された (2008年の聞き取りによる)。2008年の肥料価格の高騰に際しては、バイオソリッドの需要が急増したために供給が追いつかない状況が発生した。それ以降、この販売価格は、毎年の化学肥料の価格変動に合わせて調整されるようになった。2012年8月現在、アングリアン・ウォーター社は、バイオソリッドの生産拠点としての嫌気性発酵施設を合計23か所保有し、約32万トンを生産している。農家の契約者は約300人あり、2011年の1年間で施肥された農地の面積は約2万ヘクタール、販売や散布によって得た年間の売上は約2百万ポンドであった (2012年の聞き取りによる)。この数年の間で、この地域におけるバイオソリッドの利用が確実に定着した。

農業者にとって、バイオソリッドを利用するメリットとしてまず挙げられるのは、肥料代の節約である。アングリアン・ウォーター社が生産するバイオソリッドの成分であるが、窒素が12kg/トン、リン酸が17kg/トンとなっている。市販の化学肥料を購入するのと比べ、バイオソリッドを購入した場合には、窒素、リン酸に換算して、1ヘクタール当たり約80ポンドの肥料代が削減できるという試算もある。また、バイオソリッドの散布は事業者が実施するため、農家が施肥作業を省略できることもメリットである。さらに、施肥前の土壌診断も含めて、FACTS (Fertiliser Advisers Certification and Training



第3図 下水汚泥の資源化プロセス

(アングリアン・ウォーター社ウィットリンガム下水処理場と近郊の農場にて2012年8月筆者撮影。)

Scheme) の認定を受けた施肥の専門家によるアドバイスを受けることができる。アングリアン・ウォーター社は、農業者や地域住民への理解を得られるよう、このような情報提供などを行う関係者連絡会議を設けてきた。

従来、下水汚泥の処理は下水処理事業の一部に位置付けられてきたが、アングリアン・ウォーター社では、バイオソリッドの販売部門として独立させることによるメリットと将来性に期待している。関係者連絡会議マネージャーであるティム・バーチ氏も、この事業が「肥料の製造・販売業」であることを強調する。

4 バイオソリッドと有機農産物の認証制度

4.1 土壌協会と有機農産物の認証制度

このように、約40年間にわたり、重金属の基準値の設定、病原体の処理の徹底など、制度的にも技術的にも改善がなされた結果、バイオソリッドは着実に普及してきた。しかし、尿尿や尿尿を利用した農産物がいっそう普及す

るためには、客観的指標の改善に加えて、より主観的な「イメージ」や「価値観」の転換が重要である。これに関連して、以下では、イギリスの土壤協会 (Soil Association) による有機農産物の認証制度についてまとめた。

土壤協会は、農業の手法と植物・動物・人間の健康さらに環境のあいだの直接的な関係について総合的に議論するために、栄養士、科学者、農業経営者のグループによって1946年に設立された団体である。その主たる業務の1つが、1971年から制定された有機農産物認証の取り組みである。当初、土壤協会が作成した有機農産物認証制度では、病原体を死滅させるための適切な処理を義務化するという条項を設け、また、重金属の濃縮も厳重に制限し、直接、人間が消費するのではない穀類への施肥に限ることで、3年に1度の間隔での下水汚泥の限定的な農業利用を認めていた。しかし、この認証基準は、EUの加盟各国に統一された有機食品の基準である「有機農業とそれに対応する農産物と食品の表示に関する理事会規則 (EEC2092・91)」(1991年7月22日発効)が制定されたあと、それに即するかたちで改訂された。EUの規則における基準は、その当時、特に工業廃水と混合されることによって引き起こされる重金属による人体への影響を懸念して定められたものであった。現在は、理事会規則 (EEC2092・91) が委員会規則 (EC 834/2007) に改訂され、それに沿って具体的な実施規則を定めた委員会規則 (EC 889/2008) が設定されているが、このEUの規則に従って制定された現行 (2012年4月改訂) の土壤協会の有機認証制度では、「下水汚泥、排水、汚泥を利用したコンポストは利用してはならない」ことが定められているため (Soil Association, 2012)、バイオソリッドの有機農業への利用も認められていない。

4.2 有機農産物認証制度の改訂に向けて

しかしながら、土壤協会は、2010年に発表した報告書「リン枯渇と食の安全保障に対する危機」(Soil Association, 2010)のなかで、リン資源として尿尿をリサイクルすることの重要性を主張し、EUに対して、尿尿の利用を禁じた

EUの有機農業認証制度を見直すことを提案している。

この報告書のなかで、土壌協会は、作物生産ひいては人類の生存のためにリンが必要不可欠な栄養素であることを述べ、それにもかかわらず、リン肥料の原材料であるリン鉱石が、イギリスはもとよりヨーロッパ全土においてさえ、輸入に頼らざるを得ない地域偏在の資源であること、そして、現在、世界的に枯渇の危機にあるという現状を論じている。そのうえで、いまわれわれが変革を迫られている課題として、報告書の項目を、「農業の方法」「食生活」「尿尿の処理」という3つにわけてそれぞれについてまとめた。そして、報告の多くの部分は、尿尿の農業利用の可能性についての分析に当てられている。

土壌協会の報告書では、イギリスにおける尿尿の農業利用が、下水から生産されるバイオソリッドを利用することによって実現されることを念頭に、現行の有機農産物認証制度がバイオソリッドで育てた農産物の流通の阻害要因となっていることを指摘している。そして、現在でも、重金属の蓄積に関する議論は絶えないものの、近年は、工場の排水処理技術の進歩などによって、下水汚泥中の重金属の水準が大きく減少しており、その量がもはや人体や環境への健康被害を引き起こさない水準である（Nicholson *et al.*, 2003）ことを強調している。そして、このような傾向が今後も継続することを考慮すると、バイオソリッドの利用禁止を掲げた条項の撤廃を検討する時期がきていると結論付けた。また、この報告書では、薬品や環境ホルモンなど有機化合物による土壌汚染についても言及し、これらについてもEU諸国の中に規制値を設けている地域があることを例示しながら、この不安を解消するような新基準の設定が必要であることも指摘している。そのうえで、それらの基準に適合したバイオソリッドについては、有機農産物への利用も認めることを提案しているのである。

4.3 資源としての尿尿の再評価

さらに、この報告書のなかで問題提起されているのは、各家庭における衛

生設備の改革の必要性である。報告書では、尿尿のことは「流して忘れる」という現在の先進国で一般的な水洗便所に代わり、尿尿を農地で利用することを前提にし、衛生を確保しながらも、水資源とエネルギーを大量消費しないエコロジカル・サニテーション・システムを導入することを論じている。報告書では、重金属や有機化合物の蓄積の危険性をより軽減するために、工業廃水と生活排水とを分離して回収することや、リンを豊富に含み、かつ無菌である尿を効率的に回収するために、固形物から尿を分離して回収することなども提言されており、そのような衛生設備の導入が、先進国のみならず、後進国においてむしろ重要であることを述べている。

有機農産物という観点から、尿尿の肥料価値について全面的に評価した報告書はおそらくこれが初めてであろう。土壤協会の設立者であるバルフォア女史は生前、彼女が有する農地に尿尿を散布しており (Balfour, 1943), そして、水洗便所の導入が、尿尿の土壤への還元を阻害することにも言及している。イギリスでは、歴史の様々な場面において、尿尿の利用の重要性について唱える人々が少なくなかったようである。

この土壤協会の報告書には、既存の有機認証制度が数十年間維持し続けた規制を撤廃するという一種の革命を起こすことによって、尿尿が重要な肥料資源であり、それが持続可能性という理念と合致するものであることをアピールしようとする意図もみえる。したがって、この認証制度の改変は、尿尿に対する意識改革をよりいっそう推進する意味でも非常に重要である。今後の土壤協会と有機農産物認証制度の動向に注目したい。

5 お わ り に

本稿では、イギリスの尿尿処理の歴史を衛生改革期まで振り返りながら、公害問題の原因であった尿尿がバイオソリッドという資源として認識されるようになるまでの変遷と現状を論じた。第 2 章では、19 世紀における「nuisance(やっかいもの)」として都市の公衆衛生問題の中心にあった尿尿が、20 世紀初頭の

活性汚泥法の導入を経て、20世紀後半以降には、下水汚泥による海洋汚染ならびに土壤汚染の汚染源として位置付けられるなかで、海洋投棄禁止や重金属規制などが整備されることによって、次第に肥料資源としての価値を高めたことを論じた。特に、肥料資源としての下水汚泥の呼称である「バイオソリッド」の誕生が大きな分岐点となっていたことを明示した。第3章と第4章では、21世紀以降、エネルギー問題という環境政策と食料安全保障という農業問題を一度に解決できる重要な資源として認識され、嫌気性発酵施設の導入推進という環境政策として位置づけられている現在と、これからの展望について論じた。そのなかで、汚染源ではなく資源であるという意識改革が、尿尿の資源化（農業利用）をすすめるうえで必要不可欠であることが明らかになった。

第1章でも言及したが、化学者ユストゥス・リービヒは、『化学の農業および生理学への応用』のなかで、海外から骨粉やグアノ（海鳥の糞）という高価な肥料資源を大量に輸入している一方、身近な肥料資源としての尿尿を下水道によって廃棄しようとしているイギリスの国策を「自殺的行為」として非難した。骨粉は、1843年にジョン・ベネット・ローズが製造・販売を始めた世界初の化学肥料（過リン酸石灰）の原材料であったが、これは、19世紀後半以降、新大陸などに巨大な鉱床として存在することがわかったリン鉱石にとってかわられた。その後、20世紀を通じて、リン鉱石はリン肥料の主たる原材料として世界の農業生産性の向上に寄与した（日本土壌肥科学会編、2010）。

現在、イギリスのみならず日本もまた、リン鉱石を100%輸入に頼っている。しかし、世界人口が70億人に到達し、将来的に世界的な食料危機が懸念され、当然、その肥料資源についても需要のひっ迫が予測される中で、鉱物性資源としてのリン鉱石の枯渇は避けがたい。したがって、リン鉱石といった枯渇性資源から尿尿や有機性廃棄物など再生可能性資源へと肥料資源の調達先を転換することは、持続可能な社会の構築に必要不可欠である。150年前のリービヒの見識は、かつて無尽蔵だと思われたリン鉱石さえ枯渇の危機にある現在において、むしろ説得力がある。

【参考文献】

- ADAS (2001) *The Safe Sludge Matrix*, 3rd edition.
- Balfour, E. B. (1943) *The Living Soil*, Faber and Faber Limited, London.
- Benidickson, J. (2007) *The Culture of Flushing: A Social and Legal History of Sewage*, UBC Press.
- DECC (2010a) *Annual Energy Statement*, 2010.
- DECC (2010b) *2050 Pathways Analysis*.
- Defra (2002) *Sewage Treatment in the UK*.
- Defra (2007) *Waste Strategy for England*, May 2007.
- Defra (2009) *UK Food Security Assessment: Detailed Analysis*, August 2009.
- Defra (2011a) *Anaerobic Digestion Strategy and Action Plan: A Commitment to Increasing Energy from Waste through Anaerobic Digestion*.
- Defra (2012) *Anaerobic Digestion Strategy and Action Plan, Annual Report on Progress*, 2011/12.
- Nicholson, F. A., S. R. Smith, B. J. Alloway, C. Carlton-Smith and B. J. Chambers (2003) "An Inventory of Heavy Metal Inputs to Agricultural Soils in England and Wales," *The Science of the Total Environment*, No. 311, pp. 205–219.
- Sheail, J. (1996) "Town Wastes, Agricultural Sustainability and Victorian Sewage," *Urban History*, Vol. 23, No. 2, pp.189–210.
- Soil Association (2010) *A Rock and a Hard Place: Peak Phosphorus and the Threat to our Food Security*.
- Soil Association (2012) *Soil Association Organic Standards 2012 version 16. 6 (updated April 2012): Farming and Growing*.
- Tamanoi, Y., A. Tsuchida and T. Murota (1984) "Towards an Entropic Theory of Economy and Ecology," *Economie Appliquée*, Vol. 37, No. 2.
- The Official Information Portal on Anaerobic Digestion. (<http://www.biogas-info.co.uk>) 2011. 9月取得.
- Water UK (2006a) *Wastewater Treatment and Recycling*, February.
- Water UK (2006b) *Recycling of Biosolids to Land*.

Water UK (2009) *Sustainability Indicators 2008/09*, January.

Water UK (2010a) *Developing an Anaerobic Digestion (AD) Framework: Defra Consultation, Water UK Response*, date of submission: Friday 10 December 2010.

Water UK (2010b) *Recycling of Biosolids to Agricultural Land*.

WRAP (2012) *Anaerobic Digestion Infrastructure in the UK*.

フェスカ, マックス (1982) 『イギリス農業論』 椎名重明・津谷好人訳, 御茶の水書房.

三俣延子 (2009) 「下水汚泥の緑農地利用——イングランドの環境政策——」『廃棄物資源循環学会誌』 20 (1), pp. 22-28.

三俣延子 (2010) 「産業革命期のイングランドにおけるナイトソイルの環境経済史」『社会経済史学』 76 (2), pp. 93-115.

村岡健次 (1983) 「都市と水の社会史」『経済評論』 32(10), pp. 40-51.

永井一郎 (1972) 「欧米の下水道事情 1」『下水道協会誌』 9 (99), pp. 24-41.

日本土壌肥料学会編 (2010) 『文化土壌学からみたリン』 博友社.

椎名重明 (1976) 『農学の思想——マルクスとリービヒ——』 東京大学出版会.

燕佐久太 (1914) 『下肥』 有隣堂.

渡辺善次郎 (1983) 『都市と農村の間——都市近郊農業史論——』 論創社.

(みつまた のぶこ・同志社大学経済学部)

The Doshisha University Economic Review, Vol.65 No.1

Abstract

Nobuko MITSUMATA, *Reevaluation of Night-soil as a Resource: Biosolids Recycling and Anaerobic Digestion Strategy in the UK*

This article aims to analyze the historical background and present situation of biosolids recycling to agricultural land in the UK. Through the analysis, the article clarifies the following points. First, the development of laws controlling to pollution has promoted the recycling of sewage sludge to agricultural land. Second, the advent of “biosolids” (treated sewage sludge) has been effective at raising awareness of sewage sludge as a resource. Third, since the anaerobic digestion of organic wastes has become recognized as an environmental strategy, the reevaluation of night-soil (human excrement, sewage sludge, or biosolids) is needed now more than ever.