

下水汚泥エネルギー化技術導入のための 代替的事業スキーム

大西 正光¹・小林 潔司²・坂東 弘³

¹正会員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: onishi.masamitsu.7e@kyoto-u.ac.jp

²フェロー会員 京都大学経営管理大学院経営管理講座 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail: kobayashi.kiyoshi.6n@kyoto-u.ac.jp

³正会員 プロジェクト&ソリューション・システム(株) (〒270-0114 千葉県流山市東初石3-126-55-213)

E-mail: h-bando@wd5.so-net.ne.jp

近年のバイオマス活用推進政策に伴い、下水汚泥のエネルギー化技術の導入が必要となっている。一方で、地方自治体は財務的に逼迫しており、従来型のスキームの下での導入には制約が伴う。本研究では、下水汚泥エネルギー化技術の導入に際して、従来型の地方自治体による地方債発行による資金調達方法ではなく、レベニューボンドやPFI (Private Finance Initiative) といった代替的な事業スキームを適用することによって、上で指摘した課題が克服できる可能性があることを理論的に主張する。さらに、これらのスキームを適用する際に発生しうるガバナンス上の問題についても指摘する。

Key Words : sewage sludge, recycle, finance, revenue bond, private finance initiative

1. はじめに

近年、二酸化炭素排出量の削減、再生可能エネルギーの利用の観点から、バイオマスの活用が進んでいる。2010年12月17日には「バイオマス活用推進基本計画」が閣議決定された。同計画では、2020年までに、下水汚泥のバイオマスのリサイクル率を現状（平成20年）の約77%から約85%まで向上させる目標を設定している。下水汚泥のバイオマスをリサイクルするために、下水汚泥のエネルギー化技術の開発が進んでいる。下水汚泥エネルギー化技術により、下水汚泥のバイオマスとしての長期的かつ安定的な有効活用、エネルギー価値を利用した技術による経営改善、温室効果ガスの削減が可能になると期待されている¹⁾。一方で、下水汚泥エネルギー化技術の導入にあたっては、新たな設備投資が必要となる。下水事業の運営主体である地方自治体の多くが、財政的に逼迫している。地方自治体の財務担当者は、財政的な健全性を確保するために、極力、地方債発行を制限し、公的債務負担を軽減したいと考えている。新規投資を伴う下水汚泥エネルギー化技術の導入に際して、地方政府財政の健全性確保に対する配慮が必要となる。社会的便益が費用を上回れば、技術導入のための投資が、地方自

治体の財政的事情によって制約されることは望ましくない。一方で、公営企業による下水道事業は、多額の一般会計からの繰入金によって収支が維持されていることも事実である。そのため、従来型の公営企業の下で事業が実施されれば、事業運営の財政規律が失われ、更なる繰入金の増加につながるという懸念がある。

以上の問題意識から、本研究では、下水汚泥エネルギー化技術の導入に際して、従来型の地方自治体による地方債発行による資金調達方法ではなく、レベニューボンドやPFI (Private Finance Initiative) といった代替的な事業スキームにより、上で指摘した課題が克服できる可能性があることを理論的に主張する。さらに、これらのスキームを適用する際に発生しうるガバナンス上の問題についても指摘する。以下、本研究は、次のように構成される。

2. では、下水汚泥エネルギー化技術の概要と技術がもたらす社会的価値についての概念整理を行う。**3.** では、現行の下水事業の運営形態を概説し、ガバナンス上の構造的な問題について指摘する。**4.** では、レベニュー債とPFIを適用した際の効果と課題について考察する。

2. 下水汚泥エネルギー化技術

(1) 下水汚泥エネルギー化技術の概要

下水汚泥再利用技術には主に、固形燃料化技術、バイオガス利用技術、ガス化技術の三つがある¹⁾。固形燃料化技術は、下水汚泥から固形燃料を製造するためのシステムであり、1) 炭化燃料化システム、2) 乾燥燃料化システムの2つのシステムが存在する。下水汚泥固形燃料は石炭の5～7割程度の発熱量があり、火力発電所等において石炭代替燃料として有効利用することができる。また、下水汚泥固形燃料は、生物由来のバイオマス燃料であるため、燃焼の際に発生する二酸化炭素は温室効果ガスとして計上されない。したがって、石炭の代替燃料として利用することにより、温室効果ガス排出量を削減することができる²⁾。固形燃料化技術では、下水汚泥を炭化もしくは乾燥させ固形燃料化し電力会社等の燃料として売却し、その売却によって収入を得ることで汚泥処理費用の縮減が見込まれる。バイオガス利用技術では、主に嫌気性消化により発生したバイオガスを利用する技術であり、発生したバイオガスは、バイオガス発電や燃料電池、自動車燃料等に利用される。また、ガス化技術では下水汚泥のガス化反応、改質反応により生成した可燃性ガスを汚泥の乾燥やガス化に利用し、残りの可燃性ガスを発電に利用する技術である。バイオガス利用技術とガス化技術については、発生したバイオガスや可燃性ガスを下水道事業にかかわる運営に使用するため、電力消費等の縮減により、運営費用の縮減が期待される。

(2) 財政的実行可能条件

発生した下水汚泥を焼却し、埋立処分にするのにかかる費用（単位あたり）を C_{disp} とする。また、単位あたりの下水汚泥から生成された燃料から発生するのと同等の熱量を、石油や石炭といった通常使用している燃料で調達した際の価格を P_{alt} と表す。エネルギー化燃料の買い手は、エネルギー化燃料の価格が P_{alt} よりも高いとき、その他の燃料を使用することになる。したがって、リサイクル燃料の価格は、 P_{alt} 以下でなければならない。エネルギー化処理を行うために C_{rec} だけ費用がかかるため、エネルギー化によって獲得できる利益の上限は、 $P_{alt} - C_{rec}$ である。一方、下水汚泥の最終的な処分の責任を負うのは、下水事業の責任主体である公営企業である。いま、エネルギー化処理する前の段階において、下水汚泥をエネルギー化処理する主体に引き取ってもらうための価格を Q と表す。公営企業は、リエネルギー化処理を行う主体に支払う価格が、発生した下水汚泥を埋立廃棄処分するために必要な費用よりも小さければ、下水汚泥をリサイクルに回す。 $Q > C_{disp}$ の場合、下水汚泥はエネルギー化処理に回される。エネルギー化処理を行う主体の利潤が非負でなければ、事業が成立しない。すなわち、

$$P_{alt} + Q - C_{rec} \geq 0 \leftrightarrow Q \geq C_{rec} - P_{alt}$$

が成立する必要がある。ここで、 P_{alt} が十分に大きいときには、 Q が負となる可能性があることに注目したい。すなわち、エネルギー価格が十分に上昇する、あるいはエネルギー化の費用が小さくなれば、下水汚泥がバズではなく、グッズとなる可能性があることを示唆している。下水汚泥エネルギー化技術の導入による財務的実行可能条件は、 $P_{alt} \geq C_{rec} - C_{disp}$ と表される。右辺は、エネルギー化処理に必要な費用から、従来の埋立廃棄処分に要していた費用を差し引いた額である。

3. 下水事業のガバナンス構造

(1) 下水事業の運営制度

地方財政法施行令第三十七条により、下水事業は、地方公共団体の経営する公営企業として、そのサービスが提供される。地方財政法第6条に定められるように、公営企業とは、その経理が一般会計から切り離された、その事業のみを対象とした特別会計を有する組織を意味する。すなわち、公営企業が提供するサービスから得られる料金収入によって経費をまかなう独立採算を基本とするが、客観的な理由により料金収入のみに依存した独立採算が難しい場合は、使用料収入以外の収入を経費に充てることも可能である。下水事業では、第一次下水道財政研究委員会（昭和36年）の提言により、雨水排除施設については公費が、汚水の排除、処理施設については利用者が負担すべきとする「雨水公費・汚水私費の原則」を基本とした財政措置が講じられている。この原則は、現在でも堅持されており、一般会計からの繰り入れによる経費負担を説明するための根拠となっている。平成20年度には、一般会計から特別会計への繰入額は、全国で1兆7800億円に達している³⁾。

(2) ガバナンス上の問題

下水事業は、市場の失敗が生じる典型的な事業である。そのため、政府の介入が不可欠であり、公的組織によりサービスが提供されざるを得ない。公的組織では、ソフトな予算制約によって、事業経営のインセンティブが下がるという問題が指摘されている⁴⁾。公的組織では、あらかじめ予算や評価基準が決められたとしても、往々にしてそれが守られず、事後的に損失が補填されるといった形で事前の予算に対するコミットメントが緩くなる。実際、「雨水公費・汚水私費の原則」を根拠として、毎年、一般会計から特別会計への繰入が行われている。原則が打ち出された背景として、下水道整備が遅れており、雨水処理の公共性を名目として公的資金を投入したという指摘もある⁵⁾。市場の失敗が生じる事業分野では、公的組織によるサービス提供が不可欠であるが、ソフトな

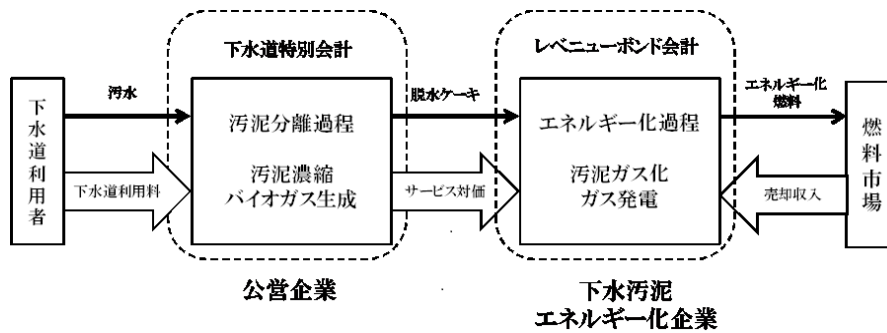


図-1 レベニューボンドを適用した事業スキーム

予算制約という副作用が伴う。

計あるいは公的事業組織が設置される。

4. 代替的スキーム適用の効果分析

(1) レベニュー債

レベニュー債は、ある特定の事業のみを目的として、公的組織から発行され、当該事業から発生する歳入のみを返済原資として発行される債券である。したがって、レベニュー債で調達された資金は、目的とする事業以外の使途に投資されない。同時に、レベニュー債の返済原資は、当該事業から生じるキャッシュフローのみであり、原則としてその他の返済原資は存在しない。

レベニュー債は、発行主体が公的組織であるという点で、国債や地方債といった公的資金調達的手段である。しかし、国債や地方債の返済は、政府の一般財源によって担保されているのに対して、レベニュー債は、返済原資となる財源が、ある特定の事業から発生するキャッシュフローに限定されているという点が特有である。したがって、レベニュー債は、特定の事業から生じるキャッシュフロー以外の財源は、返済原資に充てないというコミットメントが存在しない限り、その本質的な機能の意義を失う。債権者は、仮に債務不履行が生じたとしても、政府に対して債務履行に対する遡及することができない。以下、このレベニュー債の原則をノンリコース（non recourse）原則と呼ぶ。

下水汚泥エネルギー化技術の導入プロジェクトにあたって、レベニュー債を活用した場合のスキームのプロトタイプモデルを図-1に示す。下水処理から生じる下水汚泥は脱水処理され、最終的な脱水ケーキと呼ばれる固形物となる。従来は、脱水ケーキは焼却され、焼却灰は埋立処分されていた。下水汚泥エネルギー化技術は、脱水ケーキを引き取り、これをリサイクル処理することにより、リサイクル燃料を生み出す。したがって、同事業がもたらすキャッシュフローは、公営企業体から支払われる脱水ケーキの引取代金、及びリサイクル燃料の売却代金である。レベニュー債の発行に当たっては、エネルギー化事業のみを対象とした財務管理を目的とする特別会

(2) レベニュー債の適用範囲と効果

レベニュー債が導入可能な事業は、キャッシュフローが生み出すことが大前提である。また、事業の社会的便益の相当部分がキャッシュフローとして回収可能であることが求められる。この点、下水汚泥エネルギー化技術が生み出す社会的便益の多くの部分が、キャッシュフローとして回収可能であり、レベニュー債の適用になじんでいる。レベニュー債のノンリコース原則によって、公的組織は裁量的な債務保証を行うことができない。その結果、レベニュー債の債務不履行リスクは、通常の地方債よりは高くならざるを得ない。一方で、債務不履行が生じる可能性は、事業の経営責任の所在を明確化する。地方債では、債務不履行リスクが顕在化しないために、経営責任が顕在化しない。債務不履行リスクの存在は、事業経営に責任を持つ経営者に対して、事業価値を高めるための努力をするインセンティブを与える。また、債権者も債務不履行リスクを回避するために、モニタリングを行うインセンティブが生じるため、事業の効率化に対するガバナンスを機能させる効果がある。また、レベニュー債により、明らかに政府の一般会計を担保とした債務負担ではなく、公的債務負担の増加を抑制される。

(3) PFI

PFIは、民間事業者が資金調達を行い、公的サービス提供のため、設計から運営まで一貫して担う仕組みである。PFIも、資金調達の構造という観点からは、レベニュー債と同じくノンリコース原則が適用される。すなわち、ある特定事業のキャッシュフローのみを担保として資金調達をする。レベニュー債とPFIの違いは、レベニュー債の資金調達主体が公的組織であるのに対して、PFIでは、民間組織（特別目的会社；SPC）であるという点である。PFIでは、当該事業の経営責任者は民間組織に所属しており、公的組織との間のPFI契約で定められた内容を遵守する限りにおいて利潤の獲得が権利として認められる。したがって、PFIを適用したとしても、

前節で指摘したレベニュー債と同様の効果が得られる。

ノンリコースの原則が適用される限りにおいて、レベニュー債の債務不履行リスクが伴う。債務不履行リスクは、ガバナンスの観点からは、事業の経営責任者に対するペナルティの契機となり得る。レベニュー債を適用した場合、事業の経営責任者は、公的組織に対して責任を負う一方、PFIの場合は、民間であるスポンサー企業に対して責任を負う。これは、企業経営者の事業がもたらす公共利益の配慮への誘因に影響を与える。したがって、公共利益に対する配慮が必要な事業では、PFIよりもレベニュー債による資金調達望ましい可能性が高い。

(4) 留意事項

以上で指摘したように、ノンリコース原則を採用することにより、現在の地方財政が抱える膨大な債務負担による資金調達上の制約を緩和できる可能性がある。また、債務不履行リスクが伴う一方で、事業責任者に対して経営努力のインセンティブを与えることができる。公的組織が本質的に抱えるソフトな予算制約問題を軽減しうる。一方で、下記のような留意事項が存在する。ノンリコース原則が形骸化されては、代替的なスキームが有する機能が働かない。下水汚泥エネルギー化事業では、脱水ケーキの引取価格は、公営企業本体とエネルギー化企業体の間での交渉によって決まる。仮に、レベニューボンド会計（エネルギー化企業の会計）において、債務不履行が生じる可能性が出てきた場合、公営企業は、今後の資金調達を考慮してレベニュー債の信用を維持を目的として、あるいは経営の安定性を目的として、引取価格の増額する契約変更をする誘因に駆られる可能性がある。このような契約変更は、実質的には債務保証と同様の効果をもたらす。裁量的な契約変更が行われる場合には、ノンリコース原則が形骸化しやすい。特に、レベニュー債の場合には、あくまでも公的組織内の資金調達であり、裁量的な契約変更に関する情報が表に出てこない。

ただし、債務不履行リスクの存在は、地方債と比較して、より高い資金調達コストを必要とする。米国では、債務不履行リスクをモノライン契約によって、資本市場においてヘッジしている。資本市場において、債務不履

行リスクをより効率的にヘッジできれば、民間による債務保証を付けることにより、資金調達費用を軽減することができる。公的組織の裁量による契約変更や債務保証は、レベニュー債の本来の機能を奪うことになる。仮に公的な債務保証を付ける場合にも、上限を設ける等、制限のない債務保証は回避すべきである。

5. おわりに

本研究では、地方財政の健全化が求められる社会環境の中で、社会的価値が存在する下水汚泥エネルギー化技術の導入に必要な資金を調達するためのレベニュー債とPFIの有効性について考察した。その結果、これらの代替的スキームにおけるノンリコース原則が遵守されれば、現行制度下での地方債を発行するスキームと比較して、事業の実行可能性が高まると同時に、経営のガバナンスが高まることを指摘した。一方で、債務不履行リスクに伴う資金調達費用を軽減するため、公的債務保証がない形で、民間によるモノライン契約を活用すべきであることを指摘した。

謝辞：本研究は、平成23年度国土技術研究センターの研究開発助成の支援を賜っており、ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン検討委員会：下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案），国土交通省 都市・地域整備局 下水道部，2011.
- 2) 日本下水道事業団技術評価委員会：下水汚泥固形燃料化システムの技術評価に関する報告書，2008.
- 3) 石原俊彦，菊池明敏：地方公営企業経営論：関西学院大学出版会，2011.
- 4) Kornai, J: *Economics of Shortage*, North Holland, 1980.
- 5) 南慎二郎：下水道財政における公費負担問題－「今後の下水道財政の在り方二関する研究会」報告の検討を中心として－，政策科学，Vol. 14, No.1, pp.79-88, 2006.

(2012.10.31 受付)

ALTERNATIVE PROJECT SCHEMES TO INTRODUCE TECHNOLOGY FOR ENERGY RECOVERY FROM SEWAGE SLUDGE

Masamitsu ONISHI, Kiyoshi KOBAYASHI and Hiroshi BANDO

Introduction of technology for energy recovery from sewage sludge is required due to a recent policy of biomass reuse. However, a number of local governments face a financial constraint in issuing local authority bond for it due to heavy debt burden. This paper theoretically argues that alternative project schemes such as revenue bond and PFI (Private Finance Initiative) could alleviate the difficulty. In addition, some related concerns in applying those alternative schemes are discussed.