日本下水道の国際展開

下水・食料・エネルギーの三位一体で東南アジアの社会づくりに貢献

グローバルウォータジャパン代表（国連環境技術アドバイザー）
吉村　和就

佐賀市は「バイオマス産業都市さが」を目指して地域資源の循環にチャレンジしている。

下水汚泥を活用した下水消化ガス発電（400キロワット）で、下水処理場の電力を43％削減している。消化ガス発電はすでに多くの自治体で実施されているために目新しい試みではないが、興味あるのは下水処理水の活用である。下水処理水には前述の如くリンが多量に含まれていることから、冬から春先にかけて放流水中の栄養塩類を増やし海苔の収穫量や品質を高める試みである（表1）。佐賀海苔は、全国の海苔生産量の40％を占め、12年間連続で日本一の生産高を誇っている（2014年度、農林水産省統計）

また下水汚泥を菌体高温発酵（90℃以上）させることにより、汚泥中の雑草の種子や病原菌を死滅させ良質で完熟した肥料を製造している。この下水汚泥肥料に地域の食品工場から発生する有機性副産物を混合し、さらに肥料の品質を高め地域の農家に供給している。佐賀県は北海道に次ぐ全国第2位の玉ねぎの出荷額を誇っている。

（2）下水処理水で稲作を増産

山形大学農学部（鶴岡市）の渡部徹教授が中心となって進めている下水処理水を使った飼料用稲作栽培の実証試験が鶴岡浄化センターで行われている。この実証試験に先立ち、同学部キャンパス内で予備試験栽培をしたところ、10アール当たり、収量が最大で約900キログラム、タンパク質含有量が、今までの栽培に比べ約2倍高いとの結果を得ている。日本では飼料米への適用であるが、東南アジア諸国では食用米はもちろんのこと、加工米にも応用できるすばらしい技術である。

もちろん、重金属除去を行い、バクテリアやウイルスの心配があるので、完全殺菌が必要である。

（3）ポリシリカ鉄（PSI）凝集剤の使用で丈夫な稲を栽培

浄水発生土処理で使用されているポリシリカ鉄（PSI）は、その成分にシリカを含むため、稲作にとり根張りと茎が丈夫になり、3毛作の収穫時に来襲するサイクロン等による稲のダメージを防ぐことができる。東北大学農学部の試験によると、秋田県や長野県でPSIを用いた水稲栽培で効果があることが認められている。つまり下水汚泥処理の凝集剤（従来はアルミ系）をPSIに変えることにより稲作に適した肥料にすることができる。

栄養源の含まれた下水処理水を活用し、さらにPSI凝集剤で処理された肥料は、彼らにとり最も望ましいことであり、2毛作から3毛作になり現金収入が増える。「稲作増収のために下水整備が必要だ」との逆転の考え方で進める必要がある。

はじめに

下水道は資源の宝庫である。最近「資源とエネルギー、食料」の面から下水道が見直されている。日本が抱える大きな課題、例えば地域創生（地域に新産業と雇用の創出）、TPP（環太平洋パートナーシップ）対策としての食料自給率の向上、COP21・パリ協定の国際公約「温室効果ガスを26％削減」などの課題解決に、下水道を役立てようとする試みがなされている。

下水道の役割は、単なる汚水の処理や雨水の排除だけではない。多面的な視野で俯瞰すると下水道システムは、その地域の水循環の主役であり、さらにバイオマス資源や熱資源が集まった最高の資源循環のインフラシステムである。現在、日本国内で実証中の多くの試みは最終的には途上国の経済発展や生活向上に向けて発信すべき「世界に誇れる日本発の技術」である。

しかし勘違いしてはいけない。東南アジア諸国にとり、日本が提案する「浄水場や下水処理場を含む安全な水環境」ではなく、本当に欲しいのは「貧困からの脱出のために、即役に立つ稲作のための肥料やすぐ使える生活用の電力」なのである。ODA資金などで下水処理場などを展開する場合、相手国の本当のニーズや地域の特性に合わせた提案をすべきである。ではその概要を述べてみたい。

東南アジア諸国は肥料が欲しい

東南アジア諸国は、急激に経済発展を遂げているが、基本は農業国であり農業生産をいかに高めるかが国家の最大目標（GDPの増大と農村部地域の貧困の解消）である。例えばカンボジアは同国の産業部門に占める農業の割合は48・1％であり、ラオスは41・1％、ベトナムは26・4％である（図1）。

これらの国は稲作が最大の農業収入であり、まずは水資源の確保、農業用水路の整備に多くの国家予算を割いている。問題は肥料を買い付ける資金が不足していることである。日本が下水道で取り組んでいるさまざまな試みが、東南アジア諸国に貢献できるのである。

日本の試み…下水道からの資源回収・利用

（1）下水汚泥から農業資源を回収…自治体の取り組み

●神戸市―リンの回収

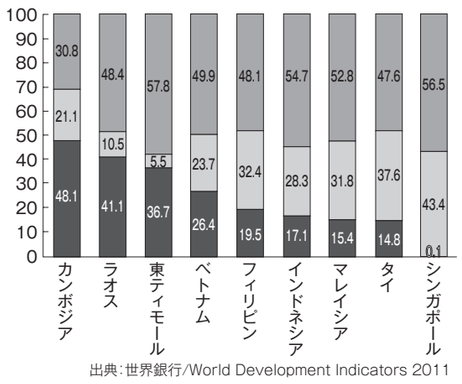
国交省の「下水道革新的技術実証事業（B―DASH）」で採択され神戸市東灘処理場に設置された実証プラント（神戸市、水ing、三菱商事アグリサービスで推進）では年間8万7200立方㍍の下水汚泥を処理し、年間130㌧のリンを回収するめどが立っている。リン回収プロセスは、下水汚泥の体積を減らすためにいったんメタン発酵させメタンを熱源として活用している。残った汚泥にマグネシウムを加えるとリン酸マグネシウム・アンモニウム（MAP）の結晶となる。MAPは、そのままでも肥料として使用可能である。このプロジェクトは都市と農村をつなぐ「KOBEハーベスト（大収穫）」と命名され「神戸再生リン」を活用した配合肥料はJA兵庫六甲で試験販売されている。試験栽培された野菜類（キャベツ、ジャガイモ、ブロッコリー、スイートコーン）は順調に生育し、昨年の下水道展の試食コーナーでも好評を博した。

●岐阜市―リンの回収

岐阜市では下水汚泥の焼却灰（年間約1千㌧）から300㌧／年を「副産リン酸肥料」として回収している（メタウォーター社施工）。リン回収方法は、焼却灰に水酸化ナトリウムを加え加熱しリン酸イオンを抽出し、次に水酸化カルシウムを加え「リン酸カルシウム」として分離し取り扱いやすいように造粒化している。この肥料は農林水産省の肥料登録を得て「岐阜の大地」として販売されている。

●佐賀市―発電、海苔の増収、汚泥肥料化

図1　東南アジア諸国の産業部門GDPに占める農業部門の割合



出典：世界銀行/World Development Indicators 2011

表1　下水処理場の運転管理（佐賀市下水浄化センター）

区分	期間	目的	導入処理法
Ⅰ　海苔養殖期	10～翌3月	栄養塩類の供給	硝化抑制運転
Ⅱ　海苔休魚期	4～9月	窒素・リン除去	硝化促進運転

神戸市・リン回収実証プラント（写真提供：水ing）

下水道は最高の資源循環インフラ

東南アジア諸国は電力が欲しい

（1）アジア諸国の遠隔地における電化率と無電化地域人口

アジア諸国の電化率は都市部は急激に進展しているが、農村部、山岳地域を含めた全国規模になるとこれからである。例えばミャンマーの電化率は26％、カンボジアは24％などで、これからが勝負である（表2）。特に農村部においては無電化、あっても停電が頻発する地域が多い。ここでも日本の下水道で得られた知見が発揮できる。もちろん、彼らに受け入れられるシンプルで安価な装置の開発が急務である。

（2）日本国内のメタン発酵による発電事業

日本国内において、再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）により、特に民間主導による発電事業が急速に展開された。10年以降、民間が主導し建設された発電所は40カ所以上に上る、また続々と建設されている。これらのシステムは日本の規格や制度（電源電圧、周波数制御など）に合わせ、高級仕様になっているが、アジア諸国に受け入れられる安価なスペックに変えることもできる。

また日本国内で普及し始めた、いわゆる下水道のミックス事業（他の有機資源を混入させる）、例えば富山県黒部市の黒部Eサービスでは、食品残渣であるコーヒーの搾りかすを活用し、メタンガスの増量を図っている。他の有機物を混入する、東南アジア諸国では当たり前の考え方である。

表2　東南アジア諸国の電化率と無電化地域の人口

国	電化率（%）	無電化地域人口（百万人、概数）
ミャンマー	26.0	44.4
カンボジア	24.0	10.6
ラオス	78.0	1.4
インドネシア	73.7	62.4
上記4カ国小計	53.8	118.8
フィリピン	89.7	9.5
ベトナム	97.3	2.1
タイ	99.3	0.5
マレイシア	99.4	0.2
ブルネイ	99.7	0.0
シンガポール	100.0	0.0
上記6カ国小計	95.6	12.3
合計	73.9	131.1

出典：A Energy efficiency conference2012 0731-0802資料

東南アジア諸国は、お金になる有機資源の転換技術が欲しい

（1）亜臨界水処理による資源創出

最近、亜臨界水処理が注目されている。亜臨界水処理を一言で言うと「あらゆる有機物を低分子に切れるハサミであり、その反応条件により完全分解、加水分解、油化、抽出ができる」のが亜臨界水処理の特徴である。最近、簡便な亜臨界水処理装置（G8インターナショナル社、平塚市）が開発され、資源創造の分野で活用が期待されている。

（2）資源化への適応例

亜臨界水処理を用いた資源化産業モデルとして、①未利用の木材資源から家畜の飼料を作る②家畜ふん尿や食品残渣から高機能の肥料を作る③亜臨界水処理によるメタン発酵の高効率化による発電モデル――などがある。

●白樺から和牛のエサづくり

モデル地区は北海道東部の北見市である。北見市の主力産業は1次産業であり、中でも畜産業は重要な地位を占めている。地域の未利用木質材である白樺を活用し、亜臨界水処理技術を用いて、低コストで高品質な粗飼料を生産することができれば、将来の林業や畜産業の振興にとって大きな意味がある。

この実証事業では、原料として北海道で豊富に得られる白樺のチップ材を選定し、亜臨界水処理装置で高品位な飼料を製造した。北見の中野牧場において黒毛和牛の成牛17頭に給餌。比較のため、そのうち5頭は従来型の稲わら給餌法で育て、他の12頭は新木質飼料の給餌法で飼育した。1年後、専門家の評価で白樺飼料を用いた和牛の方が生育が早く、しかも肉の味が良いことが実証された。シラカバ牛の誕生である。

●亜臨界水は地域創生のツール

亜臨界水処理は、前述の如くバッチ処理が主体であることから、都市型の大量な有機物処理には向かない。あくまでもそのローカルな地域内の有機物資源を付加価値のある物質に転換する目的で使用し、その地域の風土や食生活に合った「ふるさと特産品」に対応する飼料や肥料、有価物となる有機物質を発見し地域内で製造することである。東南アジアでは、ココナツやし、サトウキビのバガス、キャッサバでんぷんの残渣などが有力候補であり、すでにマレーシアでは2基採用が決まっている（G8インターナショナル社）。

おわりに

日本の下水道は先人のたゆまぬ努力により、世界に誇れる生活環境を創り出してきた。今後はその技術やノウハウを世界、特に東南アジア諸国に向けて貢献する時代が来ている。繰り返しになるが、彼らが欲しいのは「日本型の下水道」ではなく、「貧困から脱出するために、即役に立つ肥料や、すぐ使える生活用の電力である」。

今回の下水道展では、日本の技術やノウハウを俯瞰しながら、世界貢献のためにどのような提案ができるか、思いを巡らす最高の場を与えてくれるであろう。