

## 論 説

# 普及理論・社会心理学・市民科学から 考察する下水汚泥の農業利用 ～先進都市・佐賀市の分析～

東京大学 都市工学専攻 下水道システムイノベーション研究室  
特任准教授 加藤 裕之

キーワード：下水汚泥、コンポスト、普及理論、社会心理学、市民科学

## 1. はじめに

下水道システムから発生する汚泥、処理水、熱、CO<sub>2</sub>等を資源として、地域資源として利用することは、地域の自立のための循環型社会の構築、地域の循環経済などの観点からきわめて重要である。しかしながら、バイオマスである下水汚泥の有機分の資源利用は現在、約1/3に過ぎない。国土交通省では、その引き上げを目標に、平成27年の下水道法改正において、原則として下水汚泥は燃料または肥料として利用することの検討を下水道管理者に義務付けた。さらに、資源利用に対する予算の重点化などの財政的支援等も行われている。

しかしながら、下水道資源の農業利用は、豪雨対策、マネジメント、未普及解消対策、エネルギー利用など多様化している下水道政策の中で、下水道の持つイメージ、関係者が多岐にわたること等から特に難しい政策分野であると考えられる。

このような状況の中で、近年、地域と一体となって下水汚泥等を地域の農業に活用することに成功している地域が現れてきた。特に、国土交通大臣賞循環のみち下水道賞（2012年）、日本水大賞「未来開拓賞」（2013年）さらに低炭素杯2017環境大臣賞グランプリ受賞など数々の表彰を受けている佐賀市は他都市のお手本として多くの自治体の目標となっている。

本稿では、処理水の季節別運転、メタン発酵によるエネルギー利用、藻類の培養など様々な資源利用に取り組んでいる佐賀市の政策の中から下水汚泥の農業利

用に焦点をあてて、改めて様々な視点から分析し、その成功のシナリオや工夫について考察することとする。

## 2. 佐賀市浄化センターと汚泥利用の推移

佐賀市の浄化センターは昭和53年に供用開始されており、平成30年度の実績では流入下水量（日平均）は約5万2千m<sup>3</sup>で処理水は本庄江川を経て有明海に放流されている。現在、下水汚泥は、消化槽でメタン発酵し、消化ガスは自家発電として利用されている。この後、汚泥は処理場内でコンポスト化される。そして、低コストで再利用するために処理場に農家等に取りに来てもらう形で販売されている（20円/kg）。なお、平成21年から開始された下水汚泥の肥料化は、直前まで検討されていた焼却炉の改築を、コスト及び循環型社会構築の観点から変更したものであった（消化ガス発電は平成23年からで処理場の消費電力の約40%をまかなっている）と聞いている。

汚泥の購入者の推移を図1に示す。着実に増加しているとともに、農家だけでなく家庭内でのガーデニング利用など小口の利用者が多いこともわかる。なお、下水汚泥の肥料化は現在、包括民間委託により株式会社S&K佐賀が行っている。

## 3. サイクルの構築方法について ～地域の環境NPOの役割～

ところで、下水道事業における農業利用の魅力であ

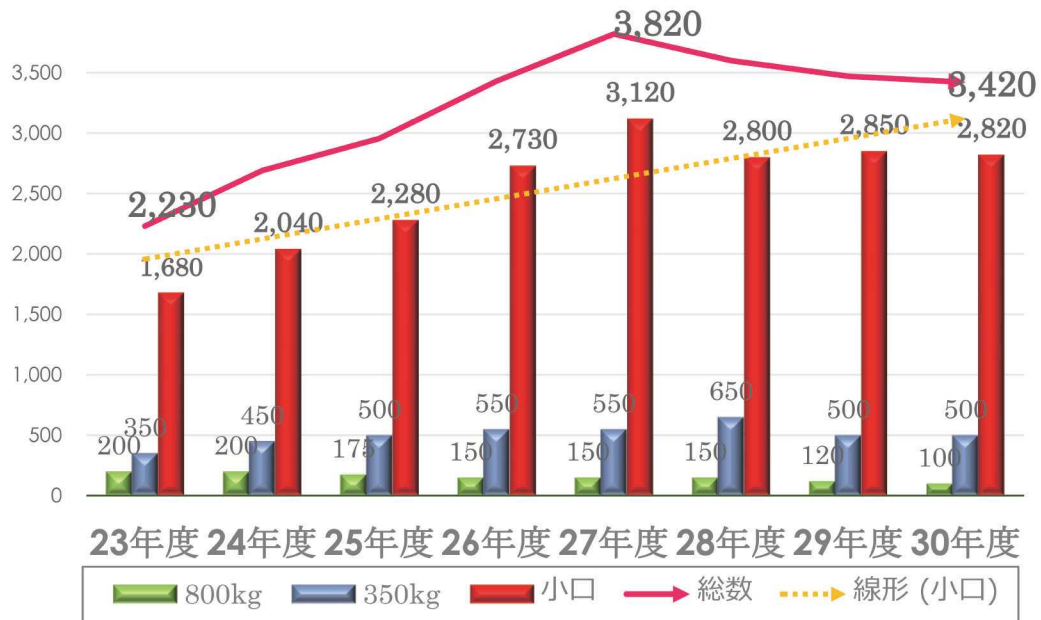


図1 汚泥の購入者の増加の状態を傾向利用者

り難しさは、何といても多様な関係者がリレー競技のようにバトンを渡して地域循環を成立させていくことにある。下水道管理者が汚泥をコンポストにする。そして、次にそれを肥料として利用する農家に渡す。さらに、農家が作った農作物を購入する地元商店やJA、さらにそこからレストランやスーパーマーケット、そして消費者が口にする。という多様な関係者から構成されるサイクルを成立させなければならない。そこが、農業利用を推進するうえでの難しさであり、また、逆に地域の多様な関係者が一体となって取り組むことで、コミュニティ形成にも貢献できる魅力でもある。

このバトンを渡すサイクルを一貫してサポートする組織が佐賀市には存在する。それが特定非営利活動法人の「循環型 環境・農業の会」である。この地域NPOの目的は、環境、農業及び健康をテーマに、「人

をはじめ全ての生命を大切にした循環型社会づくりに寄与する」ことを目的に、佐賀市が下水汚泥の肥料化を始めるよりも早い平成17年に立ち上げられ、現在は150人程度の会員から構成されている。環境に配慮した土づくりや免疫力アップ農法の指導するほか、特に注目すべきは農作物と消費者との「ネットワークづくり」を事業としていることである。バトンをもたらしたら、次の人が受け取りやすいようにバトンの渡し方を工夫する、というのは循環型社会構築の大切な考え方であるが、これに加えてバトンがわたっていく流れを常にサポートする組織があることが佐賀市が成功している大きな要因の一つであることは間違いない。具体的には、利用者が少ない肥料化事業の初期に、いち早く試験的な施肥を行い成果を周知するとともに、様々な地域イベント等で作物を配布するなどの活動を行っている。これは、次節で述べるイノベーション

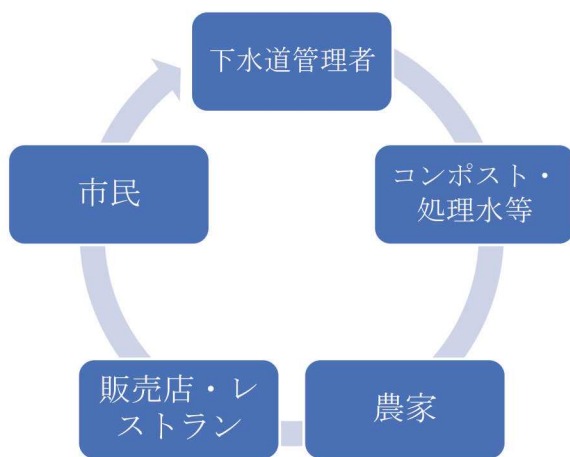


図2 下水道資源の農業利用の関係者



図3 定期開催される佐賀市の農業勉強会

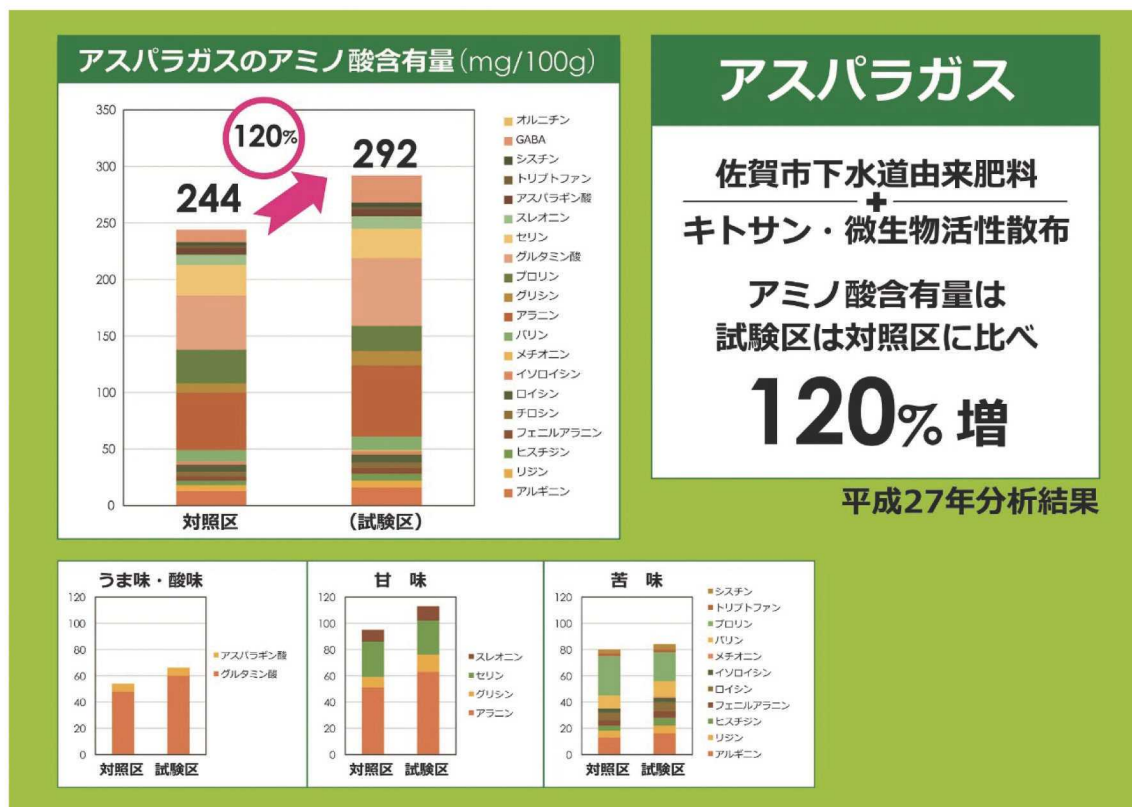


図4 アスパラガスのアミノ酸含有量など

ンの加速要素の「観察性」につながる活動である。

また、下水道から農家にバトンをつなぐネットワークとして定期的に農業勉強会を下水道管理者と協力して開催している。この勉強会では、汚泥肥料の効果や施肥の方法などが科学的根拠とともに説明されており、農家及び市民に汚泥肥料を普及させる重要な役割りを果たしている。

#### 4. イノベーション普及理論からの視点 ～普及を加速する4因子と再発明～

##### 4.1 普及を加速する4因子

イノベーションが生まれたら、それを水平展開する必要があるが、現時点の下水道事業の技術開発では、モデルはつくるが水平展開の方法論は未確立である。本節では、佐賀市の取り入れている手法について考えてみる。

分析に適用したのは、マーケット理論の一つであるエベレット・ロジャーズの普及理論の「普及を加速させる4因子」等である。この4因子を有する、または因子を活用したイノベーションの普及方法は速度が早いという理論である。

4因子の1つ目の「比較優位性」について考えてみる。既製品と比較してコスト的に優位であるかどうか。コストとベネフィットを他の製品と比較して優位であ

れば普及は早まる。佐賀市の農家によると、これまで使用していた化学肥料に比べて、コストは1/10になり収量も増加するとのことである。また、連作障害がなくなり、農薬の使用量も減ったとのことであり、明らかに比較優位性があると言える。

2つ目は「試行性」である。新しいことをやろうとする場合、大規模でいきなり取り組むと、失敗した場合の損失も大きく及び腰になる。そこで、まずは小さい規模など限られた条件の中で試行的に取り組むアプローチが可能なことを「試行性」と言う。農作は区画を区切り試行することが可能なイノベーションであり、佐賀市は、環境NPOや先進的な農家により試行的に取り組んだ成功を繰り返しながら改良を加え、汚泥肥料の利用を増加させてきた。

3つ目は「観察性」である。イノベーションの効果が「見える」など観察が容易で、それが分かりやすく説明できるものは普及速度が早い、という要素である。農作物はもともと観察できるものであるが、環境NPOによる様々なイベントでの配布、また、イベントとして大型スーパーマーケットでの佐賀市職員による店頭販売が行われている。さらに、市役所は栄養価の数値化による「見える化」にも取り組んでいる。農家そのものも、自身が作った農作物の栄養価について十分に調査することは少ないが、数値化により効果の見える化を図ることで、農家のモチベーションアップ



図5 佐賀市が考案した汚泥肥料と地域資源の混合

と消費者へのアピールとしている（図4）。

4つ目の因子は「連続性」である。使い慣れたこれまでの技術から新たな技術に移行する際に、大きな苦労や時間をかけずにスムーズに使いこなせるような技術は普及速度が早いというものである。佐賀市では、これまで使用していた肥料から汚泥肥料にスムーズに転換してもらえるように農家向けの勉強会を定期的に行い、施肥の方法等をレクチャーしている。また、汚泥肥料を処理場に取りに来ていただく方式をとることで農家同士の情報交換、口コミを広げる場を意識的につくり、新たな技術に移行する際のギャップを埋め連続性を確保している。農家は汚泥肥料についての情報について最も信頼できる「同じ立場」にいる農家から聞くことができるからである。

#### 4.2 地域での再発明

前述と同じ普及理論から加速とは別の視点として、イノベーションを一過性のものではなく持続的なものにするための方法である「再発明」について考えてみる。これは、ある既存のイノベーションをそのまま取り入れるのではなく、自分たちの地域特性を活かした新たな発明により改変すると、そのイノベーションは地域に根つき、持続的なものになりやすいという理論である。佐賀市ではコンポスト化にあたって汚泥発酵のために製品化されている既製の菌を利用してきたが、それに食用油の工場の廃棄物である廃白土と地域の竹チップ、さらに地元にある味の素社からの廃棄物を混ぜて発酵させている（図5）。廃白土は有用な微生物が豊富なため発酵温度が高まるなど活性化するとともに、汚泥のPhを下げることでアンモニア由来の悪臭を抑える効果がある。また、竹チップは炭素補給だけでなく乳酸菌が豊富で高温化と悪臭の防止に効果があるとのことである。既存の菌を利用しながらも、佐賀市独自のレシピを再発明している。コンポストは臭気があるから取り組まない、と簡単に諦めている自治体が多いが佐賀市は地域独自の再発明により、困難を克服しているのである。なお、ある佐賀の

農家の方によると、様々な有機農法では強い臭いが常識であり、これに比べると汚泥肥料の臭いはかなり低くほとんど気にならないとのことである。

### 5. 信頼とモチベーションからの視点

#### 5.1. 社会心理学における信頼について

様々な視点から佐賀市の取り組みについて考察してきたが、全ての基盤である人と人の「信頼」の視点から佐賀のプロジェクトの考察を試みる。佐賀市を視察すると、環境NPO、佐賀市役所のリーダー、現場のマネジメントを行う民間会社、そして農家が互いに強い信頼関係で結ばれ、それが様々な活動の力の源泉になっていると感じる。

近年、東日本大震災を契機とした原発に対する社会的信頼性や、不祥事等による様々な商品に対する信頼性確保の低下などから「信頼」や「リスク管理」に関して様々な専門的な研究が進められているが、社会心理学から信頼にアプローチしている理論を活用するものとする。適用する理論を簡単に述べると、相手を信頼するに必要な要素は大きく3つがある。まずは「相手の能力の高さ（知識、技術や豊富な経験）」と「相手の人柄（公正さ、誠実さなど）」、そして、「相手との価値の共有」の三つである。最近の研究によれば、三つのうち、三番目の相手と価値共有できていると感じることが最も影響が大きく、その相手を信頼することにつながる、とのことである。

#### 5.2. 佐賀市の関係者間の信頼について

前述した信頼を構築する三つの要素から佐賀市のプロジェクトのいくつかの取り組みや関係者の行動を考察する。

まずは、環境NPOが信頼される要因について考えてみる。会員は農業勉強会への参加、また自ら汚泥肥

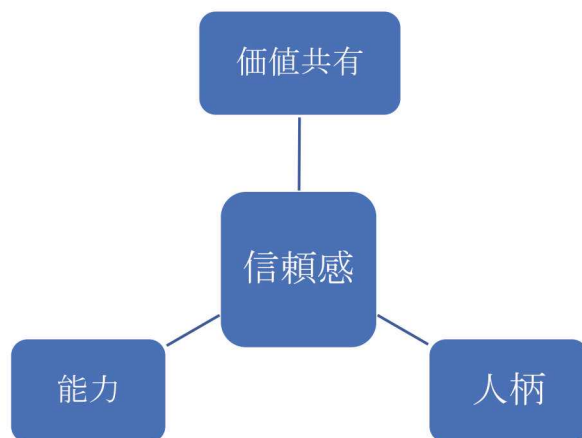


図6 信頼を構成する三要素



図7 佐賀市職員が作成した肥料男子のポスター



図8 広報紙（汚泥肥料効果と肥料男子が表紙）

料を利用することで一定の能力を有しているが、それ以上に人柄について、ゴミのリサイクル含めた地域の環境活動への貢献、農業勉強会の開催、イベント等での農作物の配布など、組織としての誠実で真面目な行動、さらには活動目的である環境、農業及び健康をテーマにした様々な活動は地域との価値共有ができていると考える。

次に、佐賀市役所について考えてみる。下水道について高い知識を有するのはもちろんのこと、休日に環境NPOと農業勉強会を共催し農家との接点も大切にしている真面目な行動は他の自治体ではなかなかできないことである。そして、委託先の民間会社を積極的に訪問しコンポスト化についての助言を行っている。また、現場で働く社員を市民への説明員とするとともに、「肥

料男子」というチーム名をつけてPRし（図7）農家とのコミュニケーションづくりに努めるなど、民間会社との価値共有に力を注いでいる。包括委託という、自治体が民間に任せきりにしてしまうこともあるが、これでは自治体と民間会社との信頼関係は生まれない。さらに、市民に対しても広報誌をつくり（図8）、肥料の実験効果、循環型社会構築の重要性などをわかりやすく伝えることで価値共有を図っている。

いずれにしても、地域のために大きな貢献するためには、官側と受注者の信頼関係が不可欠である。また、そのことが最も大切であると認識しているのが佐賀市の強みである。浄化センターのギャラリーには図9のような「人」のつながり、行政側と民間業者の信頼感を示すポスターが掲示されている。

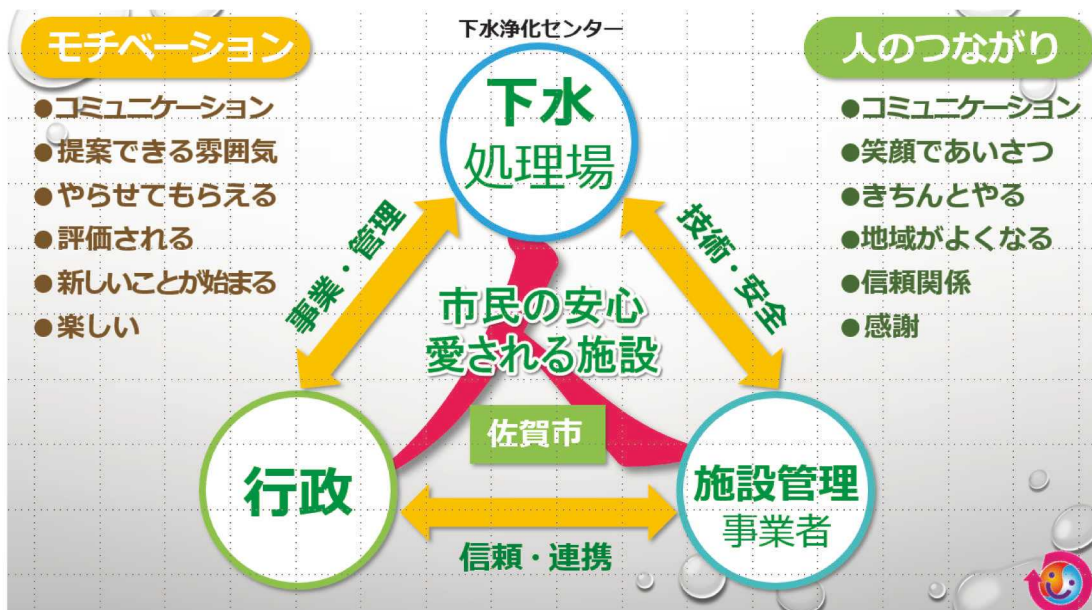


図9 「人」のつながりで「信頼」と「モチベーション」向上の関係を示すポスター

受託している民間会社も、このような市役所の対応に応えるべく、自ら農家と直接にコミュニケーションを取ることで、専門家としての能力を示すとともに、処理場内外で農家や市民に真剣に働く姿を示すことにつながっている。そして、より良い肥料からより良い農作物をつくる、という想いが伝わることで農家と価値共有ができていけると言える。

農家についても、汚泥肥料を利用している農家は広報ビデオやパンフで積極的に顔を出している。これは、全国の多くのスーパー等でも生産者の顔を出す取り組みとして行っているが、リスク管理の観点からは、自信がなければできないことであり汚泥肥料からできた農作物に対する消費者からの信頼につながる取り組みと言える。

以上、関係するそれぞれの主体別に「信頼」を感じるための三要素の視点から行動を述べてきたが、これらは相互に一体的に行われており、バトンをつなぐ関係者同士の信頼感につながっていると考える。

## 6. 市民科学の視点

### 6.1. 市民科学とは

ICTの発展を背景に世界的にフィールド研究において「市民科学」という手法が急速に広がっている。日本の下水道界においても、世界で唯一と考えられる「下水道市民科学プロジェクト」を国土交通省流域管理官及びGKP（下水道広報プラットフォーム）市民科学チームが、横浜市等の先進都市とともに推進している。また、フィールド研究の成果の一部は論文としてオープンになっているものもある<sup>8)</sup>。市民科学とは、市民が能力や時間を使いサイエンスにアプローチする取り組みのことであり、①市民自らが科学的なプロセ

スに参加する「研究」の役割、②市民が研究活動を行うことで研究の方法について知識を得る「教育」の役割、そして、③研究や教育を通じて得られた成果を環境保全や自然災害、温暖化等の社会の課題解決に貢献する「社会貢献」の役割がある。日本における市民科学の第一人者である東京都市大学の小堀洋美・特別教授によれば、これら「研究」「教育」「社会貢献」の3つの役割に加え、最近では科学的なデータを行政の施策に活かすための「政策提言」を加えた4本柱で説明されるとのことである<sup>9)</sup>。

### 6.2. 市民科学と佐賀市の活動

上述したような市民科学の視点から、これまで述べてきた佐賀市の下水汚泥の農業利用を考えると、まさに下水道における市民科学の先駆者とも言える。農家が汚泥肥料の性質を調べて、土づくりをし、種を植えて収穫する。その研究成果は目に見える農作物であり、収穫量、味、栄養価を数値化し慣行の農法と比較する。同時に、このような取り組みや下水処理場での勉強会を通じて農家は資源利用を行う先進的な下水道システムへの関心を高め知識も得ることになる。そして、このような地域一体となった活動が市政の中心コンセプトである「バイオマス産業都市さが」という政策につながっていると考えられる。さらに、自治体と農家、市民が共に考える行動は、前述した信頼のための価値共有であり、互いの信頼感の向上にも結びついている。市民科学からの視点については、今後さらに幅広く分析する必要があると考えるが本稿ではこれにとどめることとする。

## 7. おわりに

本稿では、下水汚泥の農業利用について佐賀市を対象に、イノベーション理論、社会心理学、市民科学等の複数の視点から考察した。佐賀市での数々の取り組みや工夫は、どの視点からも効果的なものであることがわかる。その一方で、佐賀市の地域活動は、このような理論を学習し、これに沿って活動してきたわけではないことも事実である。佐賀市の活動エネルギーや様々な工夫は、地域愛、そして肥沃な佐賀平野、有明海の海苔養殖で培われた藻類や微生物への関心などの風土や文化、歴史が自然に生み出しているものとも考えている。

最後になるが、農業利用の楽しさは、何とんでも下水道関係の職員が農家や消費者の笑顔を見られることである。それが、下水道職員のモチベーションにもつながる。下水道資源の農業利用は関係者が多く政策として難しいが、地域で循環の輪ができて、動き出し

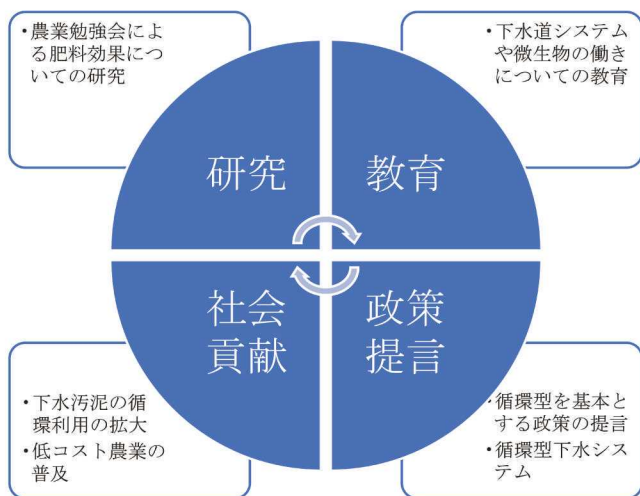


図10 市民科学の四要素と佐賀市の農業利用

た時の魅力はとて大きい。本稿が少しでもお役に立てば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 再生と利用 Vol42解説 下水処理水の農業利用など「BISTRO下水道in 佐賀の取り組み」佐賀市下水道局下水道推進係長 山口賢一
- 2) イノベーションの普及 エベレット・ロジャーズ 翔泳社
- 3) 信頼学の教室 中谷内一也 講談社現代新書
- 4) 安全。でも、安心できない～信頼をめぐる心理学 中谷内一也 ちくま新書
- 5) 信頼の構造 山岸俊男 東京大学出版会
- 6) もっと楽しく!市民科学 月刊下水道 Vol.43 No2 及びNo3小堀洋美 東京都市大学特別教授
- 7) 土木学会・第44回環境システム研究論文発表会講演集「普及理論に基づく下水汚泥の再利用についての研究」加藤裕之
- 8) 下水処理水が河川環境に与える影響評価への市民科学の導入 加藤裕之, 橋本翼, 小堀洋美ほか 水環境学会・調査論文2016年39巻5号p.181-185
- 9) コンセプト下水道 第15回「市民科学と下水道」小堀洋美, 加藤裕之 下水道情報(令和2年10月20日 公共投資ジャーナル社)