

第10回「下水道資源の農業利用」(担当：渡部徹) でいただいた  
皆さんからの質問にお答えします

ビストロ下水道全般に関する質問

下水を分解する際に、エネルギーが必要でそのエネルギーはどのようなエネルギーなのか  
下水は微生物が分解します。授業で説明しましたよね？その微生物が消費する酸素(空  
気)を送り込むエネルギーが必要です。ポンプで送るので電気エネルギーですね。

山形の農業系企業の工場の下水を、お金をもらって管理、処理してその汚泥を利用するこ  
とができないか？

食品工場ってことですかね？まず、中小規模の工場はおそらく、排水を下水道に流して  
いるかと思います。大規模な工場では自前で処理をしているので、その汚泥を利用でき  
るでしょう。ただ、1つの工場から出る汚泥の量は多くないので、複数の工場から集め  
る必要があります、そのコストが膨大です。下水道を使って集めれば、そのコストすら不要  
になります。

下水処理水が汚いという目で見られることはわかっていたはずなのに、ビストロ下水道を  
始めたのか？

授業をちゃんと聞いていましたか？下水は汚いですが、それを浄化した下水処理水は  
汚くありません。あなたが1日着て汚した衣服と、洗濯した後の衣服の関係と同じです。  
洗濯した衣服を、「1回着用したから」という理由で、あなたは着ないですか？

汚泥コンポストに、良くない点があるのか？

無いのでは？イメージの問題くらいですかね。

下水道資源を利用した農業では、温室効果ガス、特にメタンの排出量が減少しているのかど  
うかに疑問を持った。

実水田での試験では、今のところ、下水道資源を用いても、メタン発生は増減しないと  
いう結果が得られています。ただ、水田模型を使った試験では、メタン発生を大きく削  
減できる処理水の灌漑方法が見つかっています。

メタンガスを用いて発電をするとありましたが、メタンガスを燃やすと温室効果ガスであ  
る二酸化炭素と水蒸気が発生すると思うのですがこれは問題ないのでしょうか。

良い質問ですね。1分子のメタンを燃やすと1分子の二酸化炭素ができます。メタンの温暖化係数（≒熱を貯める能力）は、二酸化炭素の27倍も高いです。よって、メタンを二酸化炭素に変換するだけで、温暖化を緩和につながります。

下水処理水を用いて育てた飼料用作物はタンパク質が多く飼料向きであると聞き肥育が盛んであるアメリカでその技術を用いることはできるのか？

はい。世界中のどこでも利用可能な技術です。下水処理水、下水汚泥ともに、多くの国々で使われています。

今回はデントコーン栽培でのコンポストの利用でしたが、ほかの作物でもデントコーンのような結果が得られるのでしょうか。

はい。同様な結果が得られると思います。

最近の中国で「地溝油」といった工業排水などにより下水道にたまった汚泥を精製し取り出した油を調理油として利用されていることが問題となっているが、日本においてもそういった油が地下にたまるのか？

あれと勘違いされているんですか？それは大きな誤解です。処理される前の下水と、処理場で出てくる処理水や汚泥は一緒にしないでください。下水に含まれる（実際には混ざらないので浮きますが）油は、処理場の入り口で取り除かれます。大量の油が一度に流れ込んでくると困りますが、そもそも、大量の油を下水道に捨ててはいけないルールです。家庭では、もしかすると捨てている人がいるかもしれませんが、飲食店や工場がそれをやると、下水道を使用できなくなります。だから、中国のようなことはあり得ません。

下水道資源を用いて飼料用の野菜だけでなく、人が食べるための野菜や観葉植物を育てるのはどうだろうか。

おいしい野菜やきれいな花ができますよ。ただ、花はともかく、その野菜を皆さんは買ってくれますかね？

下水処理水の中に石を置き、そこに苔を生やして苔玉と呼ばれるインテリアの生産をするのはどうか？

良いアイデアですね。でも、どれだけの人が苔を買ってくれるかな・・・

日本のビストロ下水道の普及率は何%くらいなんですか？

統計がないので分かりません。下水汚泥については約10%が農業利用されていますが、下水処理水はほとんど使われていません。

今回はビストロ下水道のメリットに関するお話がほとんどだったため、デメリットなどがあれば知りたいです。

う～ん、イメージですかね・・・

日本全国でビストロ下水道を普及させることは可能なのか

生産物を買う消費者が受け入れてくれたら、可能と思います。ただし、下水道資源を使うよりも、家畜の堆肥を使う方がメリット大の地域では、家畜堆肥を使うべきでしょう。

小さな不純物が含まれているはずなのでそれらの物質はどこに消えてしまったのか

小さな不純物とは？有害でないものは含まれていても問題ないです。有害なものも基準値内であれば健康影響は無視できます。よく考えてほしいのは、不純物が含まれているのは、下水道資源だけでなく、河川水や家畜の堆肥にも含まれています。化学肥料は純度が高いですが、それを過剰に使うと農地が痩せることも知られています。これをどう考えますか？

ビストロ下水道という由来は何なのか？

ビストロはイタリア語で小さいレストランを意味しており、食を想起する言葉として用いています。

ビストロ下水道に関しては、下水道教育施設とレストランを設置するというアイデアがあります。

下水道教育については、地域教育文化学部の先生（専門：家庭科）と共同研究をしています。加茂水族館のレストランで、ビストロ下水道で育てたアユを使ったメニューが提供されています。

宇宙空間でのビストロ下水道を応用する際に発生した汚泥を超高温炭化処理するとあるが、この場合何故汚泥をコンポストにして、農業などに応用しないのか疑問に思った。

処理後の炭を燃料や水質浄化剤として使いたいためです。また、汚泥をコンポストにするためには広い敷地が必要なので、月面の限られた居住空間では現実的ではありません。

月には、水が存在するのか。もしなかったら、そもそも、この技術を使うことは、できないのではと思いました。あったとしても、水の量が少なかったら、やりくりするのは難しいのではないかと。

月面で人間が暮らすために、水は地球から持っていくそうです。我々の研究は、一旦持

ち込んだ水を無駄にせず、何度も繰り返し使うための研究です。

牛や鶏でも豚と同じ結果が得られるのか？

牛は試したことがないですが、鶏は問題なく育てられました。

ビストロ下水道を利用した農地や畜産を行うような農場は下水処理施設付近に全て集まっている感じですか？

下水処理水を灌漑する農地は処理場の近隣に限られますが、汚泥コンポストを使う農地はどこでも構いません。また、そこで生産された飼料を使う畜産施設も場所を選びません。

ビストロ下水道で、どれくらい輸送機の使用を減少させることができるのか？

答えるのが難しいですが、ビストロ下水道で生み出される肥料または飼料作物の体積の分だけ、それらを海外からの輸送するための船が不要になります。

余剰汚泥をコンポストにする分には費用が掛からないのか、化学肥料ほど費用を必要としないということか？

費用はかかりますが、化学肥料よりは安いです。

下水処理水などをいつか宇宙空間で行うという案は、なぜ地球と環境が似ているとされている火星ではなく、月面であるのか？

月面での生活を実現するための研究公募だったので。

タンパク質が豊富な下水道の処理水を使うことで、肉よりもタンパク質が豊富な「大豆ミート」を開発することができるのではないかと？

大豆はそもそもタンパク質が豊富なので、それをさらに増やしても魅力的じゃないですよ？

農家からするとデントコーンは安いので作る人が少ない。だが、コンポストを用いてデントコーンを作ることで土地が回復することをもっとアピールすることで土地をもっと有効活用することができるのではないかと？

はい。アピールしていますよ。

元肥のコンポストには化学肥料の倍の量のコンポストを利用しているとあり、実際に農家が畑にまく時のネックになるかもしれないと思いました。

よく気が付きましたね。コンポスト（を含めたすべての有機肥料）は散布が大変で、普

通は機械を使います。

これまで汚泥コンポストを使用した農家がどれほどいるのか？

公表せずに使っている農家も多いので、数えられないですね。別のデータですが、鶴岡市では現在、1年に発生する汚泥のうち30%（年間で約500トン）をコンポスト化しており、そのすべてが農業利用されています。数年後にはコンポスト化施設を更新して、この割合を90%に増やす計画です。

栄養が多すぎることで回りの動植物に対する悪影響が起きたり、病原菌まで元気になって植物が病気になったりしないのか？

下水処理水を飼料として利用することによる肉の味の変化や食べる動物たち自身のストレスの有無なども少し気になりました。

下水処理水を使用した場合の水田の生き物の影響について気になりました。

果物への効用をしてみたいです。スプリングミミみたいなものを想像しています。土もコンポストを積極的に利用したら果実の甘味などの変化が起こるのか？

いずれも面白い着眼点だと思います。エココースで、ぜひ一緒に研究しましょう！

#### ビストロ下水道のイメージ向上に関する質問

品質が問題ないなら、下水道資源で育ったことを隠して売るのはダメなのか？

はい。それで問題ありませんし、それが現実的な普及方法と考えています。

一気に様々な問題を解決してくれるアイデアなのになぜ普及しないのだろう、金銭的な問題なのであれば国が動いてこの活動を促進するべきだと考えます。

嬉しいコメントですね。そして、輸入肥料や飼料の高騰の対策として、昨年度から、このアイデアを普及するために国（農水省、国交省）が大きな予算を付けて付けてくれています。あとは、下水道資源を使って育てた食品を受け入れる消費者次第かなと思います。

ビストロ下水道を自然由来やオーガニックにこだわる人に向けて肥料などとして売り出すのはどうだろう

その戦略も良いですね。あとは、そういう人が買ってくれるかどうか・・・

下水処理水という言葉は印象が悪いので良いほうにとらえられる名前（サスティナブルウォーターなど）に変えればいいのか？

それも検討していますが、それで何か変わりますかね？？

有機農業を行う農家に有機 JAS 認定をすることで、その農家の栽培する作物に付加価値がつくと思うので、これを推進していくことを主にし、二次目的を有機肥料であるコンポストの使用拡散にすれば、理解を得られるのではないかと？

汚泥コンポストは有機肥料ですが、残念ながら有機 JAS に認定されません。理由は良く分かりませんが、政治的な理由ではないでしょうか。

ビストロ下水道をモチーフにかわいらしいゆるキャラ等作ってみると、より広まり普及していくのではないかと？

下水道業界には、すでにたくさんのゆるキャラがいます。さらに増やすのは、あまり気が進みません（笑）

下水処理水で作られたアユだと良いイメージが付きにくいと思うので、だまそうとしているわけではないか〇〇ウォーターみたいな名前を処理水につけてみると印象が少し変わるかなと考えた。

良いアイデアをありがとうございます。このアユは「つるおかビストロ鮎」として、もうすぐ商品化されます。ご期待ください。

汚泥を肥料としていることに対する嫌悪感を多少なりとも持つ人もいると考える。その点のイメージ改善でどのようなことを行っているか？

テレビや新聞などを使ったマスコミ戦略など実施していますが、イメージ改善は難しいですね。気長にやっていくしかないでしょう。

よりコンポストを理解してもらえるように YouTube・Instagram の広告もいいですが、消費者に直接届くようスーパーにおいてもらえるポップや音声説明などが効果的ではないか？世間の認知度がまだ少ないので YouTube の環境系チャンネル（RICE MEDIA など）やインフルエンサーと協力して情報発信して普及率を上げていくべきだと思った。

そういうアイデアも良いですね。

下水道や下水処理施設の見学に加えて処理水が農業にも使われていることを説明し、見学もするという流れを作ることなどはいいと思った。

地域の小中学校の社会科や総合的な学習の時間で取り上げてもらい、地域の人に向けた発表をする機会を設けてもらったり、近隣の件であれば社会科見学で説明をしたりするという方法を考えた。

鶴岡市の下水処理場（鶴岡浄化センター）では、その流れで見学ができ、地域の小学生を含めて日本中から多くの見学者（ほぼ毎週！）を受け入れています。

## 下水処理水灌漑による飼料用米栽培に関する質問

下水処理水を用いた米の栽培をしている農家は現状どのくらいいるのか

処理水のみで米を栽培する技術は研究途上なので、鶴岡市の協力農家3軒のみです。ただ、日本中のほとんどすべての河川には生活排水の処理水が混合しているので、下水処理水を使っている水田の方が実際には一般的でしょう。

下水処理水を水田に用いることで水質が改善されるということについてどのような仕組みなのか深く知りたい。

簡単に言えば、処理水に含まれる窒素が、稲による吸収や、土壌微生物による変換を経て除去されることで、水質が改善されます。詳細なメカニズムは、エコサイエンスコースで勉強しましょう。

下水処理水で作った米と汚泥コンポストを用いて作った米はどちらの方が味がよく、栄養素にどのような違いがありますか？

比べたことがないですね。今は飼料用米を作っているなので、味については気にしていません。処理水でもコンポストでも、作り次第で、おいしい米、栄養豊富な米ができると思います。ちなみに、おいしい米は糖分が多いので、栄養のバランスが悪いです。化学肥料を使っても、味と栄養を両立することは難しいでしょう。

遠くの田んぼまで下水処理水を灌漑することは可能なのか？

正直、それはコスト的に難しいです。代わりに汚泥コンポストを使った方が良いです。

ビストロ下水道を導入するうえでどのくらいの金銭的負担が発生するのか？

下水処理水については、送水の設備が必要になります。金額は分かりません。汚泥コンポストは化学肥料よりも安価ですが、それを散布する機械が必要ですね。

農業への活用だけでは下水処理水を排除しないようにするまで活用することもできないのではないかと？

下水処理水をゼロにしたいわけではありません。その一部でも農業に利用できれば、という研究です。

処理水で飼料用米を栽培することがメジャーになったとき、すべての水田を賄えるほどの量の処理水はありますか。

ないです。すべての水田で使うことが目的ではないので。

農業集落排水の処理施設に、飼育用米の栽培施設やアユの養殖などの施設を作ることはできるのでしょうか。ある程度の予算と規模のある施設でないと、難しいのでしょうか。

飼料用米の栽培施設って水田ですよ。アユの養殖施設はただの池で大丈夫なので、お金はあまりかからないですよ。

簡易的な下水処理装置を地域の各所に設置し、そこから水田に栄養の含まれた水を流すことはできないのでしょうか。

可能ですよ。下水を集めるための下水管も短くて済むし、良いアイデアと思います。

栽培方法に関して殺虫剤などの農薬の使用がなく処理水だけで栽培しているのか。

農薬は、通常通りに使っています。

通常の水よりも下水処理水を使用したコメの方がどうしてもタンパク質含有量が多くなるのか？

肥料として通常与える量よりも多くの窒素が、処理水に含まれているからです。

飼料米を田んぼで育てる際の流出水の窒素量に波があるのはなぜでしょうか。

稲の生長ステージによって窒素を吸収する量が異なること、気温によって土壌微生物の活性が変わること、雨で希釈されること、などが要因でしょう。興味があれば、ぜひ一緒に研究しましょう。

蕎麦や小麦に下水処理水を用いてみたら、収量やタンパク質といった栄養価に違いはでるのだろうか？

コムギに使う研究はすでに始めています。結果を楽しみにしてください。

#### 水産分野での研究に関する質問

水産分野での新しい研究として下水処理水での藻類培養が行われているとのことですが、今現在初めてどのくらいの時間が経ちましたか？磯焼けの主な原因としてガンガゼなどが挙げられますが、その処理なども同時に行っているのですか？

海藻の培養については今年が2年目です。ガンガゼとは？勉強不足で良く分かりません。磯焼けの原因はいくつか挙げられていて、場所によって異なるように思います。その中には、この技術で対応が難しい場所もあるかもしれません。一方で、この技術が役に立つ場所もたくさんあるので、ご心配なく。

アユを養殖した後利用された下水処理水はそのまま排水されるのか。

アユは井戸水で養殖されていて、その池の水は汚れないように、常に排水されています。下水処理水は、アユの餌になる藻類を育てるために使っています。授業、ちゃんと聞いてくださいね。

下水に含まれる窒素などを用いて藻類を育てているとのことでしたが、その栄養分により養殖場内でアオコなどの魚にとって有害な現象の発生は起きないのでしょうか。

それは現在研究中です。ぜひ一緒に研究しましょう。

ビストロ下水道を使用した水族館のようなものを作ることは可能ですか？

水族館、いいですねえ。ビストロ下水道のアユは、加茂水族館に展示されていますので、ぜひ一度ご覧ください。

下水処理水に含まれる成分のうち、アユの餌になる藻類の生成に欠かせない物質は何ですか？

窒素が一番ですが、他の微量成分も必要でしょうね。一緒に研究してみませんか？

どうしてビストロ下水道で育てたアユに匂いがつくのですか。どうやってビストロ下水道で育てたものに害がないのかを調べているのですか。

アユが食べた藻類が体内で消化、分解される際に匂いが出ます。生産物の安全性は有害物質を検査することで調べています。

加茂水族館とコラボするというものがありましたが、その内容について詳しく知りたい。

下水処理水で増やした藻類を使って、クラゲの餌となるアルテミアという生物を育てる研究を実施中です。また、ビストロ下水道で育てたアユが、常時展示されていますよ。

磯焼けを食い止めるための下水処理水での藻類培養に興味を持ちました。

ありがとうございます。エココースを選んで、私の研究室で一緒に研究しましょう。

下水処理水で養殖しても安全であることを実例や具体的な数値を用いて伝えることだ。

「よくわからない」状態は人々にとって抵抗の最大の原因になりかねない。農学部の授業の一環として下水処理水による藻を食べたアユの紹介をする活動を行うのもよいと思う。また、そのまま提供するのではなく、佃煮などの加工食品として提供すれば、より抵抗はなくなるのではないか。

実例や数値を伝えることは繰り返し実施しています。「よくわからない」状態は、実は「分ろうとしていない」状態に近くて、多くの人に興味をもってもらうことが最初かなと思っています。なお、アユについては、まさに甘露煮の商品化を目指しています。

アユだけでなくほかの魚も下水処理水で養殖することは可能なのか？

どんな魚でも育てられますが、アユのように香りに価値がある魚、他にありますか？

#### 下水道一般に関する質問

下水処理水が安全なら、標準活性汚泥法の最終沈殿池の時点で人が飲めることができるのではないかと。この状態で飲めるとわかれば、多くの人々が処理された下水処理水が安全でビストロ下水道をより使うようになるのではないかと考えました。

大学生、しかも農学部の学生なんですから、こういう頭の悪い発言はやめた方が良いでしょう。普段、農業や水産業に使う水を皆さんは飲みますか？逆に、水田や大きな畑で水道水を使っている人、見たことがありますか？家庭菜園とは違います。

処理段階でP, N, Kは取り除くのが難しいと言っていたのですが、なぜ難しいのか、取り除く手段はないのか？

現在の下水処理は生物を利用した技術なので、生物が利用できない、あるいは、利用できる量よりも多く存在している物質は除去できません。世の中には、P, N, Kを除去する技術もありますが、それを下水処理に使うとコスト高になります。その分、皆さんの毎月の下水道利用料が高くなりますが、それでも良いですかね？

下水処理水には窒素やカリウム以外にどんな成分が含まれているのか。

皆さんが食べるもの、皆さんの体を構成している成分が含まれています。

日本のどういった場所で、下水道が普及していないのか知りたいです。

人口密度が低いところ、ですかね。あとは市町村の首長や議員が決めることです。

カリウムが豊富に含まれている下水処理水をカリウムイオン電池に使えばいいと思いました。

極端な話をしますねえ。農業生産に必要なカリウムの濃度と、工業製品で必要なカリウムの濃度は、天と地ほど異なります。電池に使うためには、処理水のカリウムを大幅に濃縮する技術が必要です。

汚泥を食べる微生物は寿命があるのか、一定の期間で取り換えるのか？

授業で説明した通り、微生物の体は汚泥として回収され廃棄されます。その一部は生物反応槽に戻されて、それが種になって微生物の増殖が始まるので、反応槽の中の微生物はいつも新鮮です。

使用されなくなった下水道など、維持費の軽減のために撤去するのか、撤去方法などはどうするのか？

今のところ使用されなくなった下水道がないので、撤去もしてないです。地下に埋まっている下水管や処理場の機械を経年劣化で交換する程度でしょう。

神田川がきれいになるのにどれくらいかかったのか？

そうですね。ざっと40～50年くらいでは？

下水処理にかかる人手や時間、費用などはどれくらいか？

回答が難しいですが、下水道に使う予算は膨大です。皆さんの出身自治体の収入、支出に関する情報を確認してみてください。

アオコや赤潮の対策として生物分解を行うことはできないのか？

アオコも赤潮も生物です。それをどう生物分解したらよいと考えているんですかね？

PFIについてももう少し詳しく知りたいです。

民間企業が、下水処理場の土地を借りて、発電施設を作ります。その施設で、処理場から購入したガスを使って発電を行い、その電気を電力会社に販売します。民間業者は、（電気を売った利益）から（土地代+ガス代）を差し引いた分だけ利益を上げられます。自治体は、民間業者から（土地代+ガス代）を受け取ることができます。

汚泥の嫌気性消化のときに発生する気体をメタン以外のものも知りたい。水素などが発生していたらガソリンに代わるエネルギー資源として利用することができるように感じた。

ほぼすべてメタンです。実は、汚泥から水素を作る技術も開発されていて、将来の水素社会では役に立つと思います。

#### その他の質問

下水を使って米を栽培することや汚泥をコンポストとして利用してコーンを栽培するなど新しい取り組みは簡単に始められるようなことではないように感じます。どのような視点からそのような発想に至ったのかとても経緯が気になる。

私自身の専門が農学でなく、上下水道などを扱う土木工学の専門家であることが大きいでしょうね。縁あって山形大学農学部に着任しましたが、それまでの実績を生かしながら、農学部でできる研究を考えた結果です。

一年のうちに研究室の様子を見てみたいのですが、どうしたら見学などできますか？

まずは、先生に連絡して、面会のアポを取ることです。夏冬春の長期休みの間なら、鶴岡に来られますよね？

様々な画期的研究が行われていることを知ることができたが、そのことがあまり世に知られていない、普及されていないことに疑問を感じた。

農水省や国交省では、鶴岡市のビストロ下水道は日本一有名なんですけどね。普及のために、何をしたら良いですかね？

飼料に米ではなくトウモロコシが使われるという話が出ていたが、米の食料自給率が高い日本においてなぜトウモロコシの方が飼料作物として使用されるのか？

他の授業で勉強してほしいですが、輸入トウモロコシに比べて日本の米はものすごく高いです。皆さんが肉製品を今の10倍の値段で買ってくれるなら、日本産の米を飼料に使う農家も増えるのでは？