

## 質疑討論

**会場** 下水処理の基本的なプロセスでは、活性汚泥が沈降する性状を利用し、返送汚泥ラインが設けられているが、本日見せていただいた藻類培養の装置にはその部分がなかったように見える。藻類培養の装置にはそれは必要ないのか。

**重村** 土木研究所の藻類培養研究では、濃縮した汚泥の返送は、現状では設けていない。滞留時間が長く、汚泥が一気に全量出ていくわけではないので、返送の工程は現状では設けていない。

**鈴木** ミドリムシ培養においても、これまでは返送する必要がなく、流下培養という方式を取ることで、効率的な生産ができる。

返送する必要があるパターンとしては、コンタミネーションが激しく、ミドリムシの細胞以外の粒子が濃くなったり大きくなったりするときなどである。そうしたものを省いて細胞を戻すと、効率的な生産が可能になると思う。

活性汚泥法からの学びがあるとすると、最大の増殖速度をなるべく維持することと、自然沈降というローテーションを取って最も効率よくエネルギーを回収していること、そしてそれを実用化していることである。

**大門** 活性汚泥の微生物と我々が用いている藻類の違いとしては、分解して増殖するかどうかである。活性汚泥は分解して増殖するので種として戻すと増殖するが、私が用いている海藻は一つの種から一つしかできない。

**鈴木** ユーグレナは細胞分裂で、一つの細胞が二つになる。親と子の区別になって増殖する。

**菓子野** 私が研究で用いている珪藻は、ミドリムシと同じように細胞が二分して増殖する。最終的に種を戻すことも考えられるが、現在は行っていない。

我々は小さな培養槽で、10倍あるいは20倍程度に希釈して培養している。元の種は希釈された段階から増殖を始め、栄養塩がなくなる4日～1週間程度後まで増殖を続けて濃くなり、今度は油を貯める段階に入る。したがって藻類の増殖が止まるような状況で元の種を戻すのではなく、そのまま1週間程度維持することで、細胞は増えないけれども油を貯める。そういう処理を想定している。

**会場** 豊川浄化センターの海藻陸上養殖実証実験における経済性について教えていただきたい。

**大門** 我々はこのプロジェクトを引き続き実施しているわけではない。下水処理場では実証施設を片付けて、既に更地に戻している。それぞれの設備はそれぞれで実証実験を進めていただいている。また、実証コストは設備規模や方法などによってかなり変わってくる。したがってご質問の実証コストについては、ぜひ実証実験を進めているところに伺っていただきたい。ご理解いただければ、と思う。

ただ、海藻は早く成長し、市場ニーズは非常に高い。年柄年中とは行かないものの絶えずフレッシュな海藻——青のりが手に入るので市場価値が高い。したがってそれなりのイニシャルコストをかけても、海水利用後にそのまま排水することができれば、事業として成り立つのではないかと思う。

**会場** 藻類培養後の残渣はどのような処理をしているのか。

**鈴木** ミドリムシについては、「バイオマスの5F」で掲げていた利用方法で重量単価が高い順番に使えらとと考えており、1kg当たり数十万円～30円前後までである。残渣についても動物の餌などで200～700円程度に落とし込めるのではないかと見ているが、このように多段的に利用することで、事業価値がさらに高まるのではないかと思われる。

**会場** CO<sub>2</sub> は地球温暖化の悪者にされているが、良い点は農業生産を豊かにすることである。しかし、今日のお話では、水中の場合はCO<sub>2</sub>濃度と藻類増殖の相関があまり明らかになっておらず、栄養塩に対してCO<sub>2</sub>が寄与していないように思われるが。

**大門** CO<sub>2</sub>の効果がないと述べたわけではない。少し入れただけで、効果はかなりある。トマト栽培でもかなりあったし、海藻栽培では増殖速度が倍ぐらいになった。ただ、それよりも栄養塩のほうが成長に効果を発揮するということである。栽培の条件は最適化していないが、やはり栄養塩が一番効く。おそらく食物でも一緒だと思うがさらにCO<sub>2</sub>を加えてやると生産力が増す、生産効率が増す。が、栄養塩ほど高くはならない。

**会場** CO<sub>2</sub>濃度の閾値はあるのか。

**大門** それはある。濃度を高くしすぎても海藻の成長が止まってしまうので、たくさん入れては効果がない。少し入れただけで効果はあるが、海水の温度や栄養塩の濃度、密度などすべてが兼ね合っているの、どのような条件でCO<sub>2</sub>濃度をどの程度にするかの最適値はわかっていない。水の中にCO<sub>2</sub>を溶かすことについては、必ずどこかで最高の地点があるから、最適値が出てくるかと思う。

**菓子野** CO<sub>2</sub> はたしかに効果はあるが、水になかなか溶けないという大きな問題がある。限界もあるし、溶ける速度も非常に遅い。金魚鉢で使っているエアストーンのような曝気では、高濃度の CO<sub>2</sub> を含んでいても、水深 20~30 cmの底からの曝気ではあっという間に逃げていき、CO<sub>2</sub> が水の中に溶けていく可能性は低くなってしまう。したがっていかに効率的に水の中に CO<sub>2</sub> を溶かすかは極めて重要な問題になってくる。水処理専門の皆さんの知見を活かし、ぜひそのような技術開発に繋げていただけたらと思っている。

**鈴木** 水の中に CO<sub>2</sub> がどれくらい必要かは、生産の手法や規模によるところもあるし、生き物によっても違ってくる。ミドリムシの場合は、水の中に CO<sub>2</sub> が 10 mg溶けていれば十分である。

CO<sub>2</sub> の良い点はこのほか、CO<sub>2</sub> の濃度が一定量あると、他の動物プランクトンが生育しなかったり死滅したりすることである。ミドリムシを普通の環境下で飼っていると、ミジンコやワムシなどの動物プランクトンがミドリムシを捕食してしまうので、CO<sub>2</sub> はミドリムシの成長の安定性を保つのに寄与している。

**会場** ご説明の中で、コストを抑えるためには培養に用いた海水排水を簡単に行うことが必須条件のように話されていたが、それはなぜか。

**大門** 水処理を含む設備を簡略化する必要があるからである。水処理にはたいへんなコストを要する。よって、簡単に海水の取水と排水ができるのであれば、かけ流しの状態が最も良いと思う。しかし、そこで気をつけなければならないのは、そこにいる微生物の存在である。微生物を取り込んで増殖してしまう可能性がある。イメージしていただけるのは、水槽の壁に微生物がたくさん増殖しているようなケースである。

**鈴木** ミドリムシの生産は海水を用いる場合とは別であるが、足りなくなっている栄養塩を捕獲するものがあるので、それをなるべく抽出していくかたちを取らと思う。最後は水が濁ってくるので、10 回程度培養したら、水を全部交換することが現実的だと思う。

**会場** 培養に用いる水は、どの段階のものが良いのか。

**鈴木** 培養の水に関してどの水が良いかというのはひととおり調べた結果で判断しているもので、自分なりの考察を加えて申し上げると、一次処理水は高分子で存在しているので非常に使いにくい。それがメタン発酵のプロセスを経ると、ミドリムシが CO<sub>2</sub> を取り込みやすい状態になる。そのため、経済性、培養の両方の観点から、メタン発酵後の水を用いるのが良いと判断している。

**会場** 下水処理場から発生する CO2 をすべて有効利用するというのは、現時点ではなかなか難しいのではないかと考えているが、国や土木研究所の考え方や取組みについて教えていただきたい。

**重村** 下水処理場から発生する CO2 の有効利用は、本日紹介した土木研究所の取組みや、それ以外の取組みなどを通じて、今後行政体も含めて検討し、各種方面で事業展開や研究開発について検討されていくのではないかと考えている。

たしかに我々の研究においても、下水中の CO2 をすべて使っているわけではない。我々の試算では、嫌気性消化ガスの CO2 が 30%しか回収できないという設定値をフィージビリティスタディにおいて、一例として用いている。

**司会** 下水中の CO2 の有効利用は下水道と他の分野との協力があってこそ実現するものである。土台のなるキーワードは「連携」といえる。連携を進めるためには関わる地域や業種のコンセンサスを得なければならないが、そのためには情報発信が極めて重要になってくる。その面でのお考えを聞かせていただきたい。

**鈴木** 我々が取組みを実施している佐賀県佐賀市では、地元ののり養殖のために季別運転を行っており、それを実施するために市民の方への説明も必要だったと思うが、我々がプロジェクトを始める前にすでにそれをされていたということもあって、我々の新しい取組みもスムーズに受け入れてもらうことができた。

たしかに下水中の CO2 の有効利用といった新たな取組みについては、地方自治体によって考え方に差があるようである。取組みへの理解に対する不安、下水に対する不安などがあると思うが、佐賀県佐賀市はそれらの不安を克服されていて、またミドリムシの生産にも適した地域であり、さらにバイオマス産業都市にも認定されていたことから、我々の提案を受け入れてもらえた。

提案の際に気をつけたのは、市民からは理解が得られにくい施設であり、その場所も遠くに追いやられていた下水処理場が有価物を作るための工場になる、地域振興の原点になる可能性があるという情報発信をしていくことだった。その結果、非常にたくさんの方が訪れ、現在では市民の方の誇りになる施設の一つというような捉え方をされるまでになっている。

我々が提案し続けて実現したいと思うのは、我々が生産する動物の餌や肥料などを定期的に使うことによって地域のブランド価値を向上させることである。それによって一次産業に関わる方々の支援、理解が得られるようになり、さらにそれを加工する二次産業、三次産業にも波及する効果があるので、市全体が関わるような仕組みになってくる。とても難しいことだとは思いますが、まだ途中ではあるが、熱意と誠意を持って、自分たちが何を考えているのか、認知を高めていきたい。

**大門** 情報発信については、プロジェクトが構築されてしまえば、やる方法はいろいろあると思う。情報発信よりも最も困難を伴うのは、プロジェクトの立ち上げである。いかにプロジェクトを立ち上げるかである。その際のポイントは、行政関係のキーパーソンを探し、そのキーパーソンにプロジェクトの意義を理解してもらうことである。キーパーソンが行け行けドンドンの方だったら、プロジェクトの進行も速い。連携が進む社会システムへ変えるには、とにかく前例を作ることが肝要である。

**菓子野** 私自身の情報発信はまだ十分ではないところがあるが、「環境」をキーワードに伝えていくことも大事かと思う。

**司会** 大阪万博で下水道の新技术を展示できたらという下水道関係者の夢の話を聞いた。本日の研究集会で紹介された技術は、もしそういうことができるのであれば、大阪万博で展示したい画期的な技術ではないかと思う。今後の発展を大いに期待したい。