

【総合討議】



総合討議 向かって左側より 増田先生、小越室長、花木先生、司会佐藤

(司会(佐藤)) 今までの話を踏まえ、会場からの質問を基本にして総合討議を進めたい。

(Q(質問)) 花木先生の最初のスライドで、排出係数の使用目的と考え方が、三ケースで異なることは理解したが、二番目の「温対法」と三番目の「対策計画」とでは、薬品等をカウントするしないで差があるとの話であった。何故そのような違いが生じるのか。温室効果ガスのことを考えると、対策を施すために下水処理場で使う薬品の原単位を含めるべきと考えるがどうか。

(花木) 「対策計画」の「温暖化防止推進計画」の中では、先進的に取り組んでいる下水処理場或いは自治体を育てたい、努力を評価したいという考えがある。従って、薬品をあまり使わない、夜間電力を使うといった努力は積極的にカウントする。一方、「温対法」では、薬品は下水道事業でカウントする必要はない。下水道事業でカウントするのはエネルギー消費の部分で薬品そのものは、それを作る化学工場でカウントされる。下水道で薬品をカウントするのは、いわゆるLCA的な考え方であって、何故やるかと言えば、薬品の消費量を減量するような行為を通じて、間接的に温暖化の解決に寄与するし、資源循環面でもプラスになる。量としてそれをCO₂換算すると低いけれど、表に見えるようにする意図が背景にある。「温対法」の場合は、二重に計上されることを避けるため、薬品製造時のCO₂は化学工場からしか計上しない。下水処理場からも計上するとダブルカウントになる。薬品由来のCO₂排出量の計算では、LCA原単位を掛け算することになるが、それがどれ位正確かと言われると、薬品を作っている工場のエネルギー効率に依るので、どうしても概略的な値にならざるをえない。このように考えると、下水道の温暖化対策計画を立てる時に一番大事なものは、実際に色々な対策を実行する人達の努力をどうやって目に見える形にすることができるかだと考えている。

(Q) UVと塩素消毒のLCAを比較すると、一般的に、UVは電力量が大きく温暖化排出係数が高いという評価がなされるが、次亜塩素酸の製造原単位を入れると、決してそんなことはなく、UVの方が温室効果ガスの排出量が少ない計算結果も出て、評価が180度異なってくる。

(花木) 直接排出だけを見るとUVの電力の部分だけがカウントされて、逆に塩素消毒の方はポンプだけとなる。

(Q) UVの方も勿論ランプ等機器の製造原単位等も入れるが、常識と異なる値が出てくる。

(花木) ポイントは、下水道の中でLCA的に見て有利なプロセスを選んでいくことは、下水道事業の中でやるべきであるが、「温対法」のしくみとは整合性がとれない点だ。温対法においてはあらゆる業種の事業所が対象になっており、そこにLCAの考え方を持ち込むと、多分ついていけないところが沢山出てくると、ダブルカウントの問題が出る。

(Q) 汚泥の返流水処理に携わり分離液の処理施設を管理しているが、今回の震災後の省エネのノルマも処理場全体では達成したが、この施設では達成できなかった。今はN、Pを守るだけで手一杯で、将来、N₂Oが規制されるとかなり厳しい。その場合、個々の処理場でN₂Oを測定するような規制がかかってくるのか、或いは自治体の処理場全体になるのか。

(花木) 国として、或いは県・市として、業種別の削減義務が入ってきた時に、そもそもN₂Oを対象に含めるかどうかで議論がある。東京都の条例では削減義務量にN₂Oは入ってはず、CO₂だけである。都の場合、下水道では焼却の改善によってN₂Oが随分減っているが、高温焼却するので、補助燃料のCO₂が増えることになる。しかし、私が途中まで知っている経緯では、N₂O削減分は、それなりに評価して貰えることになったと思う。東京都の方、現在、削減分としてカウントされているのか。

(A) カウントするところまでいっているかどうか、詳細は確認していない。

(花木) 都の環境局から『N₂Oは排出量削減義務ではカウントしないが、減らしたことを示すことが出来ると評価する。下水処理場の排出量はあくまでもCO₂だけで計算するが、CO₂が増えた減ったという所にN₂Oが減った分を持ってきて計算する。温暖化の世界のクレジットとして持ってくる、本来削減対象でないN₂Oを減らした分でCO₂を減らしたとみなす。』ということをやりたいと相談を受け『それは良い』と答えたことがあったが、最後どうなったかは確認していない。焼却ではなく水処理のN₂Oを規制しようとする、恐らく測定方法が一番問題と思う。

焼却では大気汚染物質を測っているのにN₂Oを測ることもあるが、水処理の場合、連続的なモニタリング装置を全処理場につけて測定するというのは、コスト面で大変な問題がある。

(司会) 水処理では、これまでの話で160mg/m³という数字がでてくる。この数字は、流入するNに対して0.27%位、そこを増やす減らすという議論である。汚泥焼却では、800℃位で焼いて汚泥中Nの約10%位がN₂Oになっていたのを、850℃位にして半減させるということである。現状では、N₂O発生量は汚泥焼却が7~8割を占めるので、焼却の排ガス対策が注目され実施されてきたが、これが進むと、増田先生の発表にもあった水処理からの発生量約10%という無視できない量が残る、どうしようかという議論になる。その時に標準法と高度処理の問題がある。水処理から発生するN₂Oは、硝化も脱窒も起きないような硝化抑制運転をやると、

多分相当低いレベルで収まる。高度処理をやると、硝化・脱窒プロセスが入るので、どうしてもN₂Oがでてくる。また、日本の水処理では標準法でも、ヨーロッパや北米の処理場と違い水温が高いため、一部硝化がどうしても起きてくる。160mg/m³が大きいかわ小さいかは議論のあるところとだが、色々な観測例を平均すると160mg/m³という所になるということかと思う。今日の発表では、160mg/m³を越える測定例はあまり見られなかったが、小越室長の発表にスポットサンプリングで結構大きな値が出ていた。外国の文献では、高度処理では、流入N量或いは脱窒したN量の1%以上が出るようなデータが出てくる。一方、小越室長から出して頂いた中には、循環法でやると大変低い数値で安定するというデータもでてくる。高度処理をやらないと、あとで、水環境中にどうしてもN₂Oになる部分が出てくるため、その面からは高度処理は望ましいが、高度処理のダイレクトエミッションとして処理場から出るのは、硝化・脱窒があるとどうしても高くなる可能性がある。したがって、小越室長が示したように、ある方法の高度処理では160mg/m³よりかなり低い数値が安定して得られることが分かれば、花木先生から話のあった下水道の対策マニュアルの中でも1つの数値として採用できることになると思う。この辺のことで小越、増田両先生のコメントを頂きたい。

(小越)循環法等で高度処理をするとN₂Oの発生量が少なくなるということであるが、今回示した調査結果をみる限りは、どうもこのようだということになる。しかし、過年度行ったスポットサンプリング、今回示した以外では必ずしもそうでないものもあるようなので、もう少し件数を積み重ね大丈夫かどうかを確認していく必要があると考えている。

(増田)調査事例を増やしていく中で、工夫できることが2つある。1つは、スポットサンプリングでなく24時間調査を増やしていくと、「突然でてくる」という事例を経験しているが、その理由が分からない。原因を究明することが重要だと思う。もう1つは、現在は、N₂Oの発生量の評価は、流入N、流入下水量に対して評価しているが、プロセス中で実際に減少したNに対するN₂Oガス発生量で評価することで、もう少し緻密な評価が出来るのではないかと考えている。処理法が異なれば、Nの状態が変わり処理されるN量が変わると思うが、その処理される量に対しての変換率を細かく求めることで、異なる処理法の比較が可能になるのではないかと考えている。

(花木)関連する点だが、増田先生は最後の方のスライドで新しく提案されていた。その中でインダイレクトエミッションを考慮すると増えるが、ダイレクトでは高度処理をすると増えるかどうか分からないということであった。今の話は、放流後の部分については、高度処理をしていないものは増える。N濃度が、片方は2、片方は20mg/Lと1桁位違うから明らかに増える。一方で処理場での排出量に対して、削減量に対し計算することで、或いは24時間サンプリングで、プロセス毎の違いが出せるかが課題だ。しかし違いが出せないとしても高度処理の方がプラス。いわば自然界に出て自分の手に負えなくなったN₂O、手に負えない排出を防げるという意味で高度処理の部分がプラスになると思う。放流する前の段階で始末するのが下水道のやり方だから、それを温室効果ガスのカウントに生かせる形にする。ひいきの引き倒しになってもいいが、客観的な範囲でプラスが表にできることが大事と考える。

(Q)下水道サイドでは、放流水のアンモニアは悪い存在で除去すべきというのが常識であるが、

最近、瀬戸内海などの漁業関係者は、アンモニア性 N をあまり減らすべきでないという主張している。閉鎖性水域で重要な所は別にしても一般的な水域では処理水のレベルをどの程度にすべきか、問い詰めると、水産関係者には硝酸性 N よりアンモニア性 N の方が生物転換に有用で良いという意見が多い。色々な研究があると思うが、そうなった場合、下水も処理レベルを落とすことも考えられる。そうすれば、電力消費量も減るがこの辺はどのように考えるべきか。

(花木) どの水域だとアンモニアを除去することが環境面でプラスかと言うことが重要と思うが、3つの側面がある。1つは富栄養化の面、2つ目は N₂O に変化することでの温暖化の面、最後に漁業など資源の面。閉鎖性水域の場合、環境面で N が多すぎるとその処理のためエネルギー消費量が増える。それは小越先生も言われたように CO₂ が増えることで温暖化の問題ともなり、突き詰めると、東京湾或いは伊勢湾の環境と温暖化との間の比較という、哲学的な領域に入っていく。

何故なら悪影響を受ける人が違う訳で、温暖化の場合は日本ではなく開発途上国或いは太平洋の島国が影響を受けるので、簡単にお金に換算してどちらが損か得かという訳にはいかない。それはそれで難しい問題であるが、質問にあったのは、そうではなくて、最後の資源の面だと思う。現状で N が不十分で貧栄養になっている所では、どれ位の濃度の N が相応しいか、減らすことが本当に賢いかどうかということだと思う。環境基準が実際の使用目的、生態系、或いはそれに要する処理費用といったことから決められているとすると、それ以上に減らすことはどうかと思う。その辺を N₂O とどう結び付けるかは難しいが、恐らくそういう貧栄養の水系の所では、温度が低く有機物も少ないので脱窒が起きるのは少なく、N₂O への転換割合も小さいのではないかと。そうすると N₂O の問題も起きにくいということになるが、いずれにしても、自然界に出てからの N₂O の問題は、これまであまりやられてきていないので、今後の新たな研究領域である。

(Q) 増田先生の話であるが、硝化・脱窒というのは、炭素源、嫌気好気の度合い、温度等が重要になると思うが、今後調査や研究をしていく場合、どのような方向でやっていくのか。例えば人工下水を使い、下水処理場の平均的な水温 15°C に設定し、それに硝酸性 N や C を入れて何日間かの培養実験を行ってデータ进行分析する。その結果からアンモニア性 N から N₂O の転換率等を予測して、高度処理でも N₂O の発生も抑制できるような、一定の幅を持った処理場設計に導く、ちょっと広大な話になるが、その辺の目指すところはどうか。

(増田) この研究は、豚舎排水という物凄く濃い N を処理する上で、N₂O を使えないかということに着目した。今後は色々な発展の方向性があると思うが、その中の1つとして、質問にあったように人工下水を使い、転換率を評価するためスパイクテストで転換率を見ていく方法もある。ただ、この実験をやる時には、人工下水ではなくて実際の排水に拘ってやろうという視点があった。人工排水では、必ずしも処理場での実排水の実験と比較すると同じ傾向が得られない。例えば、転換率についても、過去の知見では、同条件でも差が出てくる。したがって、実際に排出係数や転換率を求めるのであれば、実排水で行う方が良いというのが私の考えである。例えばこちらの実験は、回分式で非定常状態であるが、定常状態の大きな処理場に適用する

となると、一般の下水は豚舎排水に比べてかなり濃度が薄いので、定常状態では出てくるN₂Oもかなり低いものになると想定される。この実験のように、濃い排水でしかも非定常系でやったようなN₂Oの変化がみられるかどうかは、やってみないと分からないがかなり厳しい。逆に濃いものであれば適用できる可能性は十分にある。

(Q)花木先生の話にあったN₂Oをどのように減らしていくか等を考える時、仙台にある海岸線の大きな処理場は全滅しているためこれから改めて作ることになるわけで、その際、こうした方が良いというようなアドバイスがあればお願いしたい。

(花木)小越室長が想定されていたように、実際の下水処理場では、どういうプロセスで、どういう運転条件の時にN₂Oがでにくいかを調べるが必要になる。これまで大雑把に言われているのは、中途半端な硝化・脱窒が起きている時にN₂Oが発生し易い、負荷が高すぎると発生し易い等である。突き詰めていくと、一般的には、きちっとした硝化・脱窒を行うとN₂Oが出るのは少ないと言える。したがって、円滑なN除去を考えるとすると、硝化・脱窒能力に十分な余裕がある設計を行い、ちゃんとした運転をしていくということになるのかもしれない。話が横道になるが、小越室長のデータでスポットサンプルの中に凄く高いデータがあったが、我々も都の芝浦水処理センターの水を使って連続運転し、そういう急に高い値が出るかどうかを調べたことがある。その結果、芝浦は合流式なので雨が降った時に起こっていた。その理由を色々調べたこともあったが、良く考えると、急に高くなってもN₂Oは有害物質ではなく、1年を通じた総量が問題になるわけだから、仮に1週間位排出が多くなっても平均が低ければ良いと思っている。なぜ起きるかは学問的興味としては面白いが、実際は平均で見れば良く、モニタリングで時々高くても健康に有害なものではない。高濃度排水の場合は、発生するN₂O濃度が高すぎるため笑気ガスとして問題が起きたことがあったと聞いているが、下水は、濃度が低いので平均的にみれば良く、全く問題はない。

(Q)アナモックスの実験をやっているが、アナモックスの場合N₂Oはどう評価したら良いのか。

(司会)アナモックスは、今の下水処理で行われている硝化・脱窒よりはかなり省エネ的にNを除去する処理法と言える。ただ、アナモックス反応は、アンモニアと亜硝酸性Nを基質とする反応であるから、どうしても亜硝酸性Nを作らなければいけないプロセスがある。亜硝酸性Nの濃度とN₂Oの濃度は正の相関にあるので、亜硝酸性Nを作る段階でどうしてもN₂Oが出てくる可能性がある。外国文献で、実処理場でどの位のN₂Oがでるかという文献があった。事例はあまり多くないようであるが、通常の二次処理では低く、高度処理では高く出ている。そのレベルは、先程の話にあった零点何パーセントというような値ではなく1%位出ている所もあった。アナモックスもその中に1つ例があり、同じように高い測定値であった。個人的な意見であるが、やはりアナモックスは、N₂Oから見ると、よく対処しなければいけないプロセスだと思う。

(増田)アナモックスは、日本で注目されるようになった直後の3~4年間位の最初の頃、N₂Oは出ないという振れ込みであったが、アナモックス反応には亜硝酸が絡むので、それから直接出てくるのは避けられないというのが最近の知見であるようだ。

(Q)排出されたN₂Oを除去する方法、そのためにさらにエネルギーを消費しては仕方が

ないが、ガスになったN₂Oを除去する方法はないのか。

(花木) 水に溶けている状態では脱窒で処理できるが、一旦大気に出てしまうと、後処理としてN₂Oを除去する設備をつけるのは難しい。そもそも汚泥焼却でも、N₂Oは発生源で抑えるということが基本となっている。

(司会) 下水道協会誌の論文に、UVでN₂Oを分解する方法があった。最後の纏めを読むと、UVに係るCO₂換算は、除去N₂OのCO₂換算よりも高いことになって、開発されたUV技術の実効性はあまりないという結果であった。昨年この「下水道と温室効果ガスコントロール」の研究集会でも議論したが、汚泥焼却からのN₂Oは高温焼却して生成率を下げる方法の他に、もう1つ触媒を使って450℃位の温度条件で下げるという技術開発もあると聞いている。そういった技術が、今議論している水処理から発生するN₂Oに本当に適用できるかどうかはわからない。

(Q) 汚泥焼却では、温度によってN₂Oが増える減るといような話が出るが、埋め立てではどうなるのか。埋め立てではN₂Oは出ないのか或いは浸出水が出ていく時にどうなのか、そういった埋め立てにおけるN₂Oの評価はどうか。

(花木) 埋め立ての処理場の浸出水処理等では出る可能性はある。埋め立てそのものだと、土に混ぜたものに、肥料やアンモニアが入っていると出る可能性がある。焼却灰の埋め立てだと当然出ない。しかし下水汚泥の埋立の場合には排出の可能性はある。

(司会) コンポストでは、含有N分の1%位は出るデータがあった。肥料を使い、Nが土壌から流亡していく時にどの位N₂Oになるのか、増田先生の発表では、0.75%という数字が出されていたが、日本の農水省の研究所の報告書でも、やはり1%位の数値が報告されている。今日の発表では、Nをそのまま水界に放流した場合のデフォルト値として0.5%が使用されているとの話もあった。人類は空気中のNを固定しこれを利用するようになったが、アンモニアとか硝酸とかのNが地球上にあると、0.5%とか1%位の部分がどうしてもN₂Oに変わっていくようであり、大気中のCO₂と同様N₂Oも上昇している。今日議論している下水処理から出るN₂Oは0.2%とかのもう少し小さいレベルであり、日本の高度処理の事例では更に小さい転換率にできるようだ。そこの所を考えると、やはり、下水処理場がNをコントロールしN₂OにならないようNを除去していく機能は、もっともっと評価されてしかるべきと考えるがどうか。

(花木) そのとおりだと思う。

(司会) その通りだとの意見を頂いたが、最後に、講師の先生方に何か一言付け加えること、コメントがあればお願いしたい。

(小越) これまでN₂Oにはあまり関わって来なかったが、今回色々検討してみて、今更ながら、Nの除去には相当のエネルギーが必要であると感じた。エネルギーをあまり使わないでも除去できる方法があれば、生物処理に代わる何か新しい方法が開発できれば良いと感じている。

(増田) 高専で学生と一緒に現場を駆けずり回ってデータを集めているが、これからも下水処理場、河川、河口域などを中心に現場を持って、N₂Oは今後もテーマとして継続し取り組んでいきたい。これからも間違いのないデータを提供していけるよう頑張っていきたい。

(花木)N₂Oの問題を技術開発と結び付けると、放流した後の自然環境中でのN₂Oを計上したうえで、各処理方式におけるN₂O排出量をきちっと評価する仕組みを導入することが技術開発に繋がる。技術開発の面からは、ちゃんとNを除去してN₂Oを出ないようにしたことが評価されるようにすべきである。これまでは放流水中のNの濃度としては評価されたが、それに加えてN₂Oも減るということになると、もう1つ窒素除去プロセスにメリットが加わることになる。例えば中位の発展途上国で、Nを除去する必要性が出てきた時、N除去に加えて、N₂Oの減少で温暖化対策にもなるということになれば、2つボーナスがつくことになる。そういう技術開発を進めるためにも、日本国内でそれを評価する仕組みを作ることが大切になってくる。大事なものは放流した後のN₂O発生の評価とプロセスにおけるN₂O発生との関係だ。

(司会)コメンテーターの花木先生より、放流後のN₂Oを含めてN₂O発生の少ない窒素除去の技術開発、ならびにそれを評価する仕組みを作ることが重要というご指摘を戴いた。私共も下水道の窒素除去がそのように進んでいくことを期待し、また、本日の研究集会がその方向に向かう一助になればというようにまとめさせていただき、閉会とさせていただきます。