

研究評価委員会

「無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発」(事後評価) 分科会議事要旨

日時：平成21年10月16日(金) 10:00~17:00

場所：コンベンションホールAP 浜松町 地下1階B・C室

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 稲森 悠平, 福島大学 理工学群共生システム理工学類, 教授
分科会長代理 北脇 秀俊, 東洋大学 国際地域学部国際地域学科, 教授
委員 遠藤 銀朗, 東北学院大学 工学部, 工学部長
委員 菅原 正孝, 大阪産業大学 人間環境学部生活環境学科, 教授
委員 宝月 章彦, (有)神戸インターナショナルテクノロジー, 代表取締役
委員 渡邊 智秀, 群馬大学 工学部 社会環境デザイン専攻, 教授

<オブザーバー>

具志堅 拓実 経済産業省 経済産業政策局 地域経済産業グループ 産業施策課
南須原 美恵 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課

<推進者>

岡部 忠久 (独)NEDO 技術開発機構 環境技術開発部, 部長
唐沢 順市 同, 主任研究員
梅田 到 同, 主査
瀬政 孝義 同, 主査
長山 信一 同, 主幹

<実施者>

中村 和憲 (独)産業技術総合研究所 評価部, 首席評価役
原田 秀樹 東北大学大学院工学研究科, 教授
長野 晃弘 三機工業(株)技術開発本部研究開発部, 部長
田中 秀治 三機工業(株)技術開発本部研究開発部
室谷 憲男 三機工業(株)技術開発副本部長
山田 真義 鹿児島工業高等専門学校, 助教
米山 豊 荏原エンジニアリングサービス(株)技術戦略室 技術管理・特許G, 副参事
岡田 滋 荏原エンジニアリングサービス(株)海外事業本部 プロジェクト統括エンジニアリング室 水インフラエンジニアリングG, 参事
山口 隆司 (国)長岡技術科学大学 環境・建設系 水圏土壌環境制御工学研究室, 准教授
高橋 優信 (国)長岡技術科学大学 環境・建築系 水圏土壌環境制御工学研究室、教育研究支援員 研究アドミニストレーター
珠坪 一晃 (独)国立環境研究所 水圏土壌環境研究領域 水環境質研究室, 主任研究員
岡本 誠一郎 (独)土木研究所材料地盤研究グループ, 上席研究員
藤岡 哲雄 (財)造水促進センター 水処理技術部, 部長

小笠原 尚夫 (財) 造水促進センター 水処理技術部, 担当部長
小池 壯一郎 (財) 造水促進センター 水処理技術部, 首席研究員

<企画調整者>

坂井 保之 (独) NEDO 技術開発機構 総務企画部, 課長代理

<事務局>

竹下 満 (独) NEDO 研究評価部, 統括主幹
寺門 守 同, 主幹
山田 武俊 同, 主査
吉崎 真由美 同, 主査

<一般傍聴者>

6名

議事次第

<公開の部>

1. 開会 (分科会成立の確認、挨拶、資料の確認)
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの全体概要
 - 5.1 事業の位置づけ・必要性、研究開発マネジメント 環境技術開発部 梅田主査
 - 5.2 研究開発成果、及び実用化、事業の見通しについて 中村 PL (産業技術総合研究所)
6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 前段嫌気性処理技術の開発
 - 6.1.1 反応槽の設計基準、構造、操作因子に関する研究開発
 - 6.1.2 無加温嫌気処理における有機物分解特性の評価
 - 6.1.3 嫌気廃水処理技術の研究
 - 6.2 後段好気性処理技術の開発
 - 6.2.1 反応槽の設計基準、構造、操作因子に関する研究開発
 - 6.2.2 DHS基礎技術研究
 - 6.3 処理システムの開発
 - 6.3.1 トータルシステムの開発
 - 6.3.2 下水処理分野への適用に関する研究開発
 - 6.3.3 システム普及促進のための研究
7. 全体を通しての質疑
8. まとめ (講評)
9. 今後の予定
10. 閉会

議事要旨

1. 開会（分科会設立の確認、挨拶、資料の確認）

- ・開会宣言（事務局）
- ・資料1-1、資料1-2に基づき事務局より研究評価委員会分科会の設置についての説明があった。
- ・稲森分科会長挨拶
- ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介
- ・配付資料確認

2. 分科会の公開について

- ・資料2-1及び資料2-2に基づき事務局より説明があり、全ての議題を公開とすることが了承された。

3. 評価の実施方法について

- ・資料3-1～資料3-5に基づき事務局より研究評価に関する説明があり、事務局案とおりました承された。

4. 評価報告書の構成について

- ・資料4に基づき事務局より評価報告書の構成について説明があり、事務局案とおりました承された。

5. プロジェクトの全体概要

5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて

- ・資料5-2に基づき推進者より説明が行われた。

5.2 研究開発成果、及び実用化、事業化の見通しについて

- ・資料5-2に基づき実施者より説明が行われた。

5.3 質疑

- ・資料5-2に基づく説明に対し、主に事業の位置付け・必要性、マネジメントについて以下の質疑応答が行われた。

<主な質疑内容>

- ・建設費を活性汚泥法と同程度と仮定しているが、横型の活性汚泥法と較べると縦型の施設は割高になるイメージがある。またスケールアップするときに構造を強固にしないと持たないので実際にスケールアップの時、設備費がどのくらい高くなるかが焦点となるから将来的には検討して欲しいが、今のところは活性汚泥法と同等だとしているのかとの質問があり、詳細構造についてはまだであるとしながら、①DHSは、水を含んだスポンジなので水密の水槽を使わなくてよいかから構造的には比較的楽にできるのではないかと、②UASBは各国途上国では建設が進んでいるということでコスト的な障壁は比較的少なくなってきた、③DHSは水槽をつくらなくてよいかから土木的な建設費は比較的安い、その結果、④焦点になるのは担体の値段ということになるが、今回は比較的安価に採用できる担体を使用できる目処がついたとの回答があった。
- ・維持管理費削減率18%とあるが、工場排水の場合だと全体のランニングコストの中で減価償却費の占める割合はそれ程大きくないと思われる。それに加えて余剰汚泥が少ない、且つ、曝気の

動力が少ない特徴を入れて計算をすれば全費用の削減率が工場排水の場合はもっと大きく出てくると思うので幾つかのポイントを捉えて計算すれば魅力のある本当の姿が見えるのではないかとこの質問に対し、①公共下水道をイメージするとそれほど単価を切り詰められないと考えて、活性汚泥法と同程度として試算した、②工場排水の話になればそれぞれに対応したより安価な装置が可能かと思うので今後検討したいとの回答があった。

- エンジニアリングの立場からみると下水道の場合は人口比に応じてほぼ建設コストが比例的に動くが、プラントを作る場合はスケールメリットがあってそういうことは有り得ない。規模が 10 倍になっても費用は 10 倍にはならず、0.6 乗～0.7 乗則に従って費用が増えるので、コストダウンを狙ったプロジェクトではそのへんを配慮する必要があるとのコメントがあった。
- 市場規模が 4 兆円とあるが、国内の市場規模かそれとも世界かとの質問があり、国内市場の試算であるとの回答があった。
- 目標として掲げた 70 %の数字の理由・根拠はあるのかとの質問があり、各大学等々で先行して進めてきた地道な基礎実験の成果をベースにして、最大限頑張れば 70 %まで行くだらうという予測に基づいて設定した一番難しい予測の数字であり、NEDO と相談して高いハードルを設けたとの回答があった。
- 水処理において、電力消費量の低減などは、新旧含めた装置との比較ではなく、この 10 年とかもっと短い最近の期間に設置された省エネタイプの装置と比較すれば成果がより明確に出てくるのではないかとこの質問があり、水処理系の抜本的な省エネを求めてゆくことは重要なポイントであり、嫌気、及び曝気を必要としない好気プロセスを持つこのプロセスは、現在の省エネタイプの設備を使ったときと比較したとしても高い効果があるとの回答があった。
- 研究開発スケジュールによれば、最初に UASB と DHS のパイロットプラントで各要素技術の性能を確かめ、それを統合したシステムの性能評価を行う流れになっているが、3 年間の実際の流れをみると、それぞれが平行に動いていて、2 つの要素技術のパイロットプラントの成果がシステム的设计にどのように生かされてきたのかが見えにくい印象をもったので説明してほしいとの質問に対して、①1 年目でプラント設計・建設、次の 1 年で要素技術の最適化、3 年目で最終評価するのが大きな流れであるが、先行基礎実験の成果に基づき、UASB と DHS を最初に一緒に作った、②そのためそれぞれのプラントの独立運転や情報のフィードバックが難しかった、③要素技術の最適化、統合・実証にむけた情報の活用については午後に説明するとの回答があった。
- 特許出願数 5 件とあるが、他に出願予定があるのかどうか、発明者・申請者の関係はどうなっているのか、国費のプロジェクトとして、直接関係してないところから実施許諾申請があったときはどのような手続きが必要なのか、外国に出す場合にライセンスする条件はどうなっているのかとの質問があり、①出願数は 5 件で全部国内出願である、②出願人(実施者)は例えば荏原や三機であって、日本版バイドール法に従って権利は実施者に帰属し、NEDO からは切れている、③実施許諾の申請に対しては実施者が交渉するとの回答があった。
- DHS を使い続けたとき、担体の清掃や、数年ごとに大規模なメンテする必要があるのか、その容易さはどのようなものかとの質問があり、①メンテ不要がこの技術の売りである、②スポンジ自身の耐久性は多分 10 年以上あり少なくとも 6 年で劣化の様子は全く無い、③スポンジから汚泥を取る等のメンテは必要ない、④問題として昆虫(蝶バエ)の発生があるとの回答があった。
- 常温運転の UASB による下水処理を各所でやろうとしたとき種汚泥の確保は今後の課題なのか、

それとも問題なくすぐにできるのかとの質問があり、①消化汚泥の様な浮遊性のメタン菌を種にして立ち上げると、安定するのに1年近くかかる、②有効活用できるようなシードグラニュールがあればそれに越したことはない。③うまく立ち上がった設備から種汚泥を持ってきて別の一基を立ち上げるなどして利活用できるので、このシステムも最初は苦勞するが一旦実機が立ち上がればうまくいくと思うとの回答があった。

- ・閉鎖静水域対策としてのN、P除去が各所で行われているが、一旦嫌気処理してそれから硝化・脱窒消化すると装置が莫大になるから、コンパクト性という意味でこの技術の発展型で何か考えがあれば教えてほしいとのコメントがあり、①汚泥を減らすという目標がある限りP除去は無理であるためPに関しては何らかのポストトリートメントや凝集沈殿を取らざるを得ない、②Nについては結構硝化が進んでおり、硝酸態窒素になっているのを捨てるのはもったいない、一つの方向としてUASBへのリサイクルも可能かも知れないとの回答があった。
- ・DHSでは、素材の面ではもう基本的には問題はなく後は、形状と構造だけが問題だということなのかとの質問があり、①スポンジについてはコストを含めて市販の中で一番安く出回っているものでしかも性能を保持できるものを選定している、②スポンジにはそれぞれの性質があって、例えば網目の大きさ、気泡の発泡率（途中のセルが連続気泡か少し独立気泡があるか）、親水性、ウレタンの素材がある、③ウレタンの素材についてはエーテルタイプとエステルタイプの2種類があって分解性のないものが条件になる、④スポンジは外側のプラスチックの値段が圧倒的に高く、また詰めるための人件費がかかるのが問題で、それを節約してしかも機能を損なわないものを作るのが課題、⑤もう一つは水のディストリビューションがどこまで必要かがあり、今後まだ課題として適正化できるところとと思っているとの回答があった。
- ・このシステムが得意とする規模または処理能力が描かれていたら教えて欲しいとの質問があり、①これはスポンジの容積で処理をするタイプであり、スポンジの担体のコストをどこまで安くできるかで規模が決まるため、当面は小規模なところでエネルギー消費・汚泥の発生量削減ができることから入って行って、徐々にコストメリットを出しながら大規模の方に転換してゆく、②海外に関してはコストに重点を絞りながらも社会的貢献に結びつけるためにある程度大きな規模でやっていくことを考えていく、③今のところ嫌気性のUASBという処理法が海外で先に下水処理に導入されているケースが多いから、ポストトリートメントとしてのDHSとの組合せは、実用化が期待出来るので、海外での実用化を見定めながら国内に展開してゆくのがこの技術のシナリオになってゆくと考えているとの回答があった。
- ・今後重要になってくるPの回収は、全費用の削減率に影響を及ぼし、建設費も含めてトータルコストは必ずしも安くはならないかも知れないが、Pの除去、回収にメリットがあると考えてもよいのではないかとのコメントがあった。
- ・集中型は配管をめぐらしてお金がかかる。途上国では電気使わないのが重要であるため、分散型のこのシステムは超省エネタイプである。分散型で、取れるのであれば需要は高まる。N、Pの問題は、富栄養化するような閉鎖静水域対策の検討も考えるとこのシステムは飛躍的によいものになるとのコメントがあった。

6. プロジェクトの詳細説明

6.1 前段嫌気性処理技術の開発

資料6-1に基づき実施者より説明が行われた。

<主な質疑内容>

- 下水に鉄塩を添加したというのは凝集性にも影響すると思うが、密度を上げるため、沈降しやすくするためと考えてよいかとの質問があり、長岡と国分の汚泥の性状の違いは沈降性の因子として鉄が関与しているのではないかと考え、その影響を確認するため、小型の補完実験の後半で行ったとの回答があった。
- グラニュールができることは分かったが、UASB のリアクターの中の汚泥の濃度をみると、下は 4 万 mg/L、途中は 1 万～2 万数千 mg/L となっており、通常のグラニュールだともっと上がるのではないかととの質問があり、①実際のプラントはグラニュール状のものとフロックが混在することで、ある程度 SS を濾し取るという意味で有効に作用している、②国分の場合は逆に全体としてグラニュール化していないので濃度としてはそこまでは行っていないとの回答があった。これに関し、反応槽の中の微生物濃度を如何に高められるかが前提であって、汚泥床がしっかりできていれば、グラニュール化が完全に生じていなくても、処理には十分対応できるというコメントがあった。
- 除去 COD に対してメタンガス化されているのはどのくらいの割合なのかという質問に対して、メタン発生量はガスホルダーに回収したものから計算しており、このような低濃度の排水だと蓄存するメタンも出てくるので、それも加味すると除去した COD の 7～8 割であろうとの回答があった。
- カーボンのバランスを取ったときに、水にわずかに溶解するメタン、余剰汚泥になるもの、SS として流出するもの、COD の形で流出するものがありその割合はどうかとの質問があり、①SS 込みの COD 除去率が 60 数%であるから、残りの 40%弱くらいが DHS に行く、②除去した COD 中で、メタンガスに転換される分と硫酸塩還元反応により除去される分があるとの回答があった。
- これから先、運転管理するときに何を指標にしてどのくらいの数値を目安にすればいいと考えているのかとの質問があり、①メタン発酵なのでガスの発生量が一番大きな管理指標である、②汚泥については濃度と界面の高さが指標になる、③低水温で汚泥が何ヶ月も溜まったときなどは排泥か、何か設備的なことを考慮しないといけない、との回答があった。
- 開発途上国で使おうとすれば分析技術の未熟、設備の不備があるから、簡単な方法でガスの中の炭酸ガス比率がどう変わったとか、間接的に例えば運転状況が把握できて、過負荷であるか、余剰汚泥が溜まりすぎて引き抜きが必要とかが出せるようなデータのまとめ方が出来ればいいとの質問に対し、通常の運転管理上は酸発酵気味になったとき組成的にはメタンの濃度が下がるなどのデータを管理指標として反映できると思っているとの回答があった。
- パイロットプラントで汚泥の可溶化槽を設けているがどういう方法で可溶化しているのかとの質問があり、低水温時の対策として、汚泥が溜まる状態になると酸発酵が律速になってメタン発酵がうまく行かなくなるので、最終初沈殿池をパイロットプラント内に設け、沈殿した汚泥を可溶化槽に持ってきて、20～25℃に暖めて可溶化して、それを初沈の越流水と混合して UASB に流入させるとの回答があった。
- 流入下水または原水の場合、SS、BOD、COD の測定データがあるが、N、P 他の水質項目を測っていれば教えて欲しいとの質問があり、流入下水の N の濃度はアンモニア性窒素で約 20 ppm(mgN/L)、全窒素で 34 ppm(mgN/L)、リン酸として 1.6 ppm (mgP/L)、全リンとして 4 ppm(mgP/L)で、通常の下水と今回のパイロット試験の流入下水はそんなに大きく変わらないとの回答があった。

- ・スタートアップのところで、ガス発生量が最初の1年は変動して、最後に上昇しているが、CODの測定値がガス発生量とリンクしていないようである。スタートアップの期間も負荷は基本的には一定で運転しているのか、負荷を調整しながらスタートアップを早める工夫を何かしていたのか、または、収支を考えてガスとして抜けている量と合わないとなるとスタートアップ期間は硫酸塩還元等の影響が比較的大きくなっているのかとの質問があり、①消化汚泥の沈降性がよくないため段階的に負荷を上げて、1.5ヶ月くらいの間はステップバイステップで増やし50 t/日に達してから一定水量にした、②初年度にガスの量と水質があわないのは、最初沈殿池を使っていないから固形性の有機物(SS)がそのまま流入ベースで入ってゆくのでSSがある程度汚泥床ゾーンに蓄積されることと、植種した消化汚泥の流失等の影響が最初に出て水質が悪いときがあることと考えられる、③2年目にUASB槽保持汚泥の状態が安定してからは補足されたSS成分も遅滞なく分解され処理水質と発生ガス量との対応ができてきたとの回答があった。
- ・リアクターの中のORP(酸化・還元電位)はどのくらいかとの質問があり、通常の産業排水処理UASBと較べると、若干高めのマイナス300 mVくらいとの回答があった。
- ・トータルシステムとも関連するが、前段のUASBのほうが仮に機能しない場合があって、後段に影響を及ぼすようなことが途上国などの場合考えられる。例えば油が多くてスカムが多い、又は、小規模なプラントで、食品残渣が入ってくるとか、汚泥の具合が悪くて大量のSS出るなどに対する配慮はどうかとの質問に対し、①極端に大きな夾雑物が出たときは槽の中に入って流入管の閉塞などの問題が出る場合がある、②油等があるときは汚泥の沈降性は産業排水に比べると悪いためスカムになりやすくなるので、特殊な場合には前段の処理を考慮する必要があるとの回答があった。
- ・分子生物学解析において浮遊法とグラニュール法で菌相というのはこれだけという一般的な数字はないと思うが特定の種が優先するという事ではないかとの質問があり、①グラニュールの場合には基本的に溶解性有機物を主成分とする産業排水をメインの処理対象に考えている、②グラニュール汚泥の場合、溶けた有機物に対応するような酸生成細菌が出てくるのだが、特に下水の様に多量の固形物が入っているような排水を処理している浮遊性のUASB汚泥に関してはバクテロイダルス門という糞便性の酸生成細菌が豊富にいるのが大きく違うところ、一方、③メタン生成細菌に関しては低分子化された有機物をメタンに転換するという事で、グラニュールと大きな差は無かったとの回答があった。
- ・セルロース含量が多いときにメタン発酵は活発化するのかとの質問があり、セルロースは糖質の重合物なので微生物のエネルギー源としては良くて、有機物としては利用できるが、下水処理の場合水温が低いのでうまく加水分解できず、うまく利用できていないとの回答があった。
- ・20°Cの低温での処理を考えているが、フィリピン、インドネシア、タイなどはどのような温暖地域の途上国は温度が30°Cを超えて、反応活性があがるからもっと効率がよくなり、装置を小さくできる。これをパラメータにして設計してやると地域の特性によってもっと効率が上がるから考慮したらどうかとのコメントがあった。

6.2 後段好気性処理技術の開発

資料6-2に基づき実施者より説明が行われた。

<主な質疑内容>

- ・ 6 ページの構造図で、上から排気をして下から空気を吸って好気性を保っているが、好気性を保つためにはどのくらいの換気量が必要で、どのくらいの濃度で運転しているか、それによってブロワーの大きさが決まり、維持管理費に効いてくると思うが、もし DHS 槽内の酸素濃度が低ければ排気したもので酸欠とかがあると思うので、そのあたりのことを教えて欲しいとの質問があり、①実験の設定においては大体、活性汚泥と同程度の空気を置換するという考え、BOD 1kg 当り 30 m³ の空気を目処に、ファンを調整している、②実際にはファンの吸い込みは殆ど要らなくて 100 mmAq くらいあれば引っ張れる。それが省エネに大きく効いていると考えているとの回答があった。
- ・ 19 ページの数珠繋ぎのタイプの kLa の値 (～40) と、事業原簿Ⅲ-2-2-13 の kLa (～4) が異なっている。原簿では G3-2 の単体を詰めた状態で測定したデータであり、中を通る割合が圧倒的に多くなるので結果的に、kLa の値が一桁低い値が示されていると見受けた。但し、水処理能力としては十分な性能を持っていると考えてよいかとの質問があり、1 層ではこういう結果になっているが長岡では 10 層になっていて、層と層との間の酸素供給は十分で、処理もよくなり、DHS からの流出液の DO (溶存酸素) が充分あるとの回答があった。
- ・ kLa が余り大きくないということは、酸化に必要なくらいの速度を持っていればそれでよく、脱窒も起こっていることから、スポンジの中に無酸素ゾーンができやすくなれば脱窒もできやすくなり、あまり高い kLa を持っている事は必ずしも良いことではないのではないかと質問があり、①スポンジの中の構造で、表面近くは DO がある状態になっているが、深部は無酸素になっているので脱窒が起こっている、②バルク自身に DO が有りすぎて困るというわけではない、③適正な kLa があるというよりは kLa は高いほうがよいとの回答があった。更に、kLa の場合は最大の酸素移動能力がどのくらいであることを示すもので、実際に入ってくる BOD は kLa のマックスが必要であるというレベルではないから、kLa が若干下がったといっても実際に入ってくる BOD は水質に影響を及ぼすようなレベルではないとのコメントがあった。
- ・ 20 年前に商品化された散水濾床方式は低除去率、小バエ発生、臭い、長期間使用時の座屈等の問題があって、日本の環境では受け入れられなかった。現在この形で、閉塞しない、長く性能を保っているという理由は何かとの質問があり、①スポンジの空隙率が 95% と高く、その空隙に多くの高濃度の汚泥を維持できるのが従来の碎石とかプラスチック担体の散水濾床法と大きく違う点である、②リアクターの中の生物の現存率が高いため流量負荷を大きくしても処理できる、しかも、③UASB と DHS のコンビネーションで、負荷の半分以上は前段の UASB で取れているので後ろにかかる負荷が小さくなっている、④汚泥の保持量が大きく自己分解が大きくなって引き抜きが不要でバランスが取れているためとの回答があった。
- ・ UASB の組合せでなくても例えば低濃度の排水であれば UASB で処理した状態と考えれば単独でも使えるかとの質問があり、排水によってはそうだが下水のような COD が 400、SS がその半分のような排水では UASB である程度、予め半分カットするのが有効であるとの回答があった。
- ・ SS の無い工場排水などの場合、初発濃度がどれくらいであれば適用できると考えてよいか、また充填剤は 1 m³ どのくらいで考えているかとの質問があり、①COD cr で 2500 くらいの濃度を、97% BOD で除去できるという性能がでているので DHS 単独でも処理する可能性はある、②担体は年間生産量によって値段は変ってくるが、目標としては将来的には 1 m³ 当りコストとして 10 万円を切りたいと考えているとの回答があった。
- ・ 特許は何を出しているかとの質問があり、プロジェクト前にチューブ型のものを国内出願しているほか、今回のプロジェクトで出したのは、パーツの数が少なく将来的にはコストが安くなる可能性があるカーテン状の担体及びその吊るし方・吊るすための構造などの特許を出している。ま

た、汚水の管理のところで、将来的に担体交換のために複数槽作することを考えて汚水のマネジメントをどうするか、1週間～2週間休ませることによる汚泥のコントロールをするといった運転方法の特許も出しているとの回答があった。

- 硫化物が多い排水の場合はどういう挙動を示すかとの質問があり、酸化されて DHS 上部に硫黄が出てくるとの回答があった。
- 臭いの問題があるかどうかの質問があり、必要に応じて脱臭することもできるが、ハエのことがあり全部クローズドにしているので、大きな問題になる匂いにはなっていないとの回答があった。
- 寒冷地に持ってゆくと適用限界は水温より気温となるので、ガスの循環利用を含めて、設計基準のようなものはあるのかとの質問があり、①流下する間に冷える温度は、流水温度 8℃、外気温 0℃になっても▲2℃というデータを持っている、②その時の処理は、中にある生物量とのトレードオフになるので非常に高濃度に蓄積されていい状態になれば低い温度でもそこそこ処理は出来るのであるが、その環境になるには長い時間がかかる、③結局、0.5 kg BOD/m³D で、水温としては 15℃以上、出来れば 20℃、15℃以下になると容量負荷を落として対応する必要があるという検討しているとの回答があった。
- 容積負荷あるいは汚泥に対する負荷が、汚泥の増殖とバランスがとれているということが DHS のバイリアクターとして成立するための最大のポイントであって、負荷の上限もあり、温度によっては下限もあると考えられるということでもいいかとの質問があり、そのとおりとの回答があった。
- 負荷条件によってはメタン酸化細菌がでてきて酸化するのがベストである。溶存メタンが出るのはよくない。硫化物で硫黄の結晶ができるというのは学会でも聞いた。このようなシステムの中で DHS を固有名詞のようにして発展させてはどうかとのコメントがあった。

6.3 処理システムの開発

資料 6-3 に基づき実施者より説明が行われた。

<主な質疑内容>

- 水質をよくするために砂濾過を使うのは当然だと思うが、流出する水の中の SS の粒径と分布はどうなっているかとの質問があり、①比較的沈みやすい 100 μm-500 μm くらいのものが 40～50%あり、それ以外の微細で濁りに見える SS が多い、②夾雑物を含めて 100 μm 以上が 50%、20 μm 以下が 40%くらいとの回答があった。
- UASB にはグラニューールが入っているかとの質問があり、流入下水は COD 300 くらいの薄い水質であり、汚泥の発生量も他の実験に比べると低い条件でやっていることもあり、UASB でグラニューールをうまく生成できなかったとの回答があった。
- 23 ページの処理システムで嫌気性消化槽を設けているということは加温をして嫌気性消化することを想定しているのか、そうならば、グラニューールを作る観点からは完全にメタンに持ってゆく嫌気性消化ではなくて、UASB の方にも負荷を回してやるほうがよりグラニューールが出来ると思う。嫌気性消化汚泥を持っていくと負荷が下がるのでいつまでたってもグラニューールができないので、酸発酵になるようなシステムではいけないのかとの質問があり、0.5%循環率で消化槽汚泥の滞留日数が 20 日、1%の循環だと 10 日程度と、UASB に戻るようには設定しているが嫌気性消化槽で分解してしまうと、戻る負荷が小さくなるとの回答があった。
- 下水以外の排水への適用を試みた経緯で、難処理性の染色排水やフェノール排水を使って、UASB-DHS で処理したとき、例えば下水の場合は前段で 2/3、後段で 1/3 となっているが、染色系・フェノール系ではどのくらいの割合で運転が可能なのか？ 除去率 90～99%というのがあるが、最終的には DHS が負荷をかぶるのか、前段がブレてもそれが達成できるのかとの質問があり、

①UASB で 8 割～9 割の COD を除去して、残りを DHS が負担するというのがシステム本来の姿だと思う、②フェノール系の排水に限るとフェノール濃度が高くなると、除去率が落ちるが、UASB 除去率が下がったとしても DHS でカバーできるような処理が行える状況であったとの回答があった。

- ・最初は COD に対する余剰汚泥の発生率、後の総合評価の中では下水 1 m³ 当りの余剰汚泥発生率 85 %削減のように物差しが変わっているが、COD でも BOD でもどちらでも、入りに対して UASB で、対活性汚泥法で発生率いくら、DHS でいくら、従ってトータルでいくらというように絶対値で示すことができないか、COD cr で SS 込みが一番分かりやすいと思うとの質問に対し、①データはあるがそのような処理をしていない、②下水道統計と比較するためにこのような提示をしたとの回答があった。
- ・産業排水適用の件で、染色排水に適用し、しかも脱色が可能となったのは、この理由は嫌気でやって好気でやったせい、その場合の割合はいくら、フェノール排水を特に取り上げたのはこの排水で困っているところが多いとの調査に基づいたものかとの質問があり、①染色排水を取ったのは染色の元は 7 割程度がアゾ染料でありアゾ基の結合を切るのに嫌気槽の還元的な環境を使い、嫌気性では分解しない芳香族アミンは好気の方に流れて行って染料が分解される、②活性汚泥法だけでは色は殆ど落ちないが、さらに循環させるともっと取れる、③着色度でいうと除去率は 1/3～半分くらいで、実際の工場でおこなった。④フェノール排水は前調査を行って、石油化学系の工場で数千から 1 万 mg/L 以下のフェノールが出るところがあって、その排水に適用できないかとの現地調査に基づきフェノールを対象にしたとの回答があった。
- ・4 ページのパイロットプラントのフローで、原水槽で一定量を取ってきて処理していると思うが実際のプラントになった場合、1 系列で全部処理しようとしたとき、流量変動が大きくて、例えば UASB から DHS に汚泥が流れ込むような事故があった場合、8 番の汚泥ピットのところで返送汚泥のほうに回せるのか、DHS 槽に溜まるのか、又はそれを避けるために調整池といった施設があるのか対策を教えて欲しいとの質問があり、①UASB から突発的に汚泥が DHS に流出することは起こりうる、②ピットを設けて返送するというのが有効な方法だが、ここでは、全部 DHS に入れている、③DHS では比較的高濃度の SS が入ると速やかに DHS から出てゆくの、後段に簡易沈殿池を設けていけばここから引き抜き量を多くして対応する、④砂濾過まで行けば砂濾過の洗浄水が多くなってその洗浄水の SS を処理するシステムになる、⑤度合いに関しては、経験したなかで一番多いときにはは SS が 100 mg/L を超えるようなものが DHS に入ったことがあり処理水にかなりの影響が出た、⑥それをシステム上回避しようとする、UASB の方の SS トラップ構造をもっと強化する工夫、一つには UASB のスカムを除去するところを強化する工夫、あるいは UASB を出て DHS へ行くところに傾斜板沈殿地のようなものを入れて循環させる工夫が必要になると思うとの回答があった。
- ・炭酸ガス削減量は 17 ページに 77 %減とあり、BOD 容積負荷が 0.5 kg/ m³D とあるが、これは容積当りの負荷か、充填剤当りの負荷かとの質問があり、①スポンジ当りで、②タンク 1 m³ 当りでは充填率は約 50 %との回答があった。
- ・CO₂ の計算をするとき LCA の考え方で計算しているのかとの質問があり、①エネルギー換算でしか CO₂ 計算していない、②ランニングコスト分だけであるとの回答があった。この回答に対し、LCA をうるさく言うようになると充填材を作るとき、処分するときの CO₂ 削減を考えておかないといけないとのコメントがあった。
- ・もともとこのプロセスは下水用に開発されたものか、工場排水用なのかとの質問に対し、①そもそも途上国用の電気が無いところに向けて下水用にやった知見が多く、今回の研究開発でも下水を対象にした、②それ以外の産業排水となると水の性質が大きく異なるため適用を考えると、範

囲が広い生活用水をとるのが基本的に必要であってそのほうが普遍的になる、③海外においても広く適用できるデータをとると考え下水を選択した、④それ以外にもトライしようと考えて染色やフェノールを選んだとの回答があった。

- ・LCA の話と関係するが、スポンジの耐用年数を何年に設定して計算するかということ、例えば10年にするか、20年にするかでエネルギーコストの計算が変わってくると思う。先ほど6年は動いていると言っていたが、このへんの知見はどうかとの質問があり、①経験に基づけば少なくとも10年は持つ、使い方によっては15年くらいも可能、②活性汚泥でも15年辺りでリプレース必要だから、イニシャルコストの面でも活性法と充分対抗できる技術であるとの回答があった。この回答に対し、実際にもつということと、帳簿上で何年もつの両方がある、どう決めるかが非常に重要であるとのコメントがあった。
- ・ほかに活性汚泥等にスポンジを入れると角が丸くなるが長持ちする。散水濾床法だとぶつからないから更に長持ちする。下水適用にすることはNEDOから最初に要請があった。生活排水系であれば、例えば50tは、一人200リットルとすると250人規模。国交省でも小規模下水道は100人規模、200人規模をターゲットにしている。これが分散型の小規模下水道としてまずスタートする。途上国でも集中型ではなく小規模分散型が売りになっているなどのコメントがあった。

7. 全体を通しての質疑

稲森分科会長より本プロジェクト全体を通じて質疑応答に入る旨の発言があり、各委員より意見が求められた。以下に主たる意見とこれに対する回答を記す。

<主な質疑内容>

- ・今後の普及に関することで、海外を対象にしているが、下水道設備はあるが放流水質が基準を満たしていない国があるという考えもあるだろうが、既にあるところにどのように普及してゆくの、海外、国内ともに何か戦略があるかとの質問があり、①現在既設のリプレースをするパワーはない、②日本でも下水道未整備の部分があり、下水道であればそこを狙い、③産業排水だと処理コスト、所謂ランニングコストの面で可能かも知れない、④下水道だとリプレースよりは新設（特に、国外）を期待しているとの回答があった。更に、インドではUASBが下水処理として普及している、ただ河川放流では水質が十分ではない。ヤードは確保しているが水質に充分でないところに導入してゆくことが考えられる。海外のインド、メキシコ、ブラジルでUASBが普及しておりインドで成功するなどすれば、システム採用の動きが出ると期待でき、UASBとDHSの新設を期待している。規模とコストの面で導入プランが出てくる、との回答があった。
- ・分子生物学の解析、硫黄の析出の問題、メタン酸化細菌も出ているから論文と特許化を、戦略をもってまとめてやって欲しいとのコメントがあった。

8. まとめ・講評

本日報告のあった全体のプロジェクトに関して以下のような意見が各委員より出された。

北脇分科会長代理：

開発途上国が専門なのでこの技術を途上国に持って行くときの観点からコメントさせてほしい。活性汚泥法との比較で総エネルギーやCO₂発生量を検討しているが、開発途上国で一番シンプルな処理方法は池に貯めるだけの安定化池法で省エネになっている。これに太刀打ちするためには何か売り物が必要。安定化池法は広大な土地が必要というデメリットがある。この技術の持って行き先として、土地がなく電気代が高い途上国の都市部が最も適している。ガイドラインのようなものを持って売り込み先を探せばいい。開発途上国で下水処理をするのは環境面の対策の他に水資源

として下水処理水を再利用したい意図がある。その際、寄生虫卵（特に、住血球虫）が重要な指標になるのでスポンジについての巻貝を中間宿主とした住血球虫症の対策も必要である。管理面では機械を通さないで直接、五感（水位、色、におい等）で直接維持管理ができるような工夫がされているといい。勉強させて頂き感謝します。

遠藤委員：

プロジェクト全容を知ることができた。全体的に開発事業が計画とおりに進められており、当初目標とした開発成果を獲得している。研究開発がきちっとコーディネートされており、それぞれの分担機関が有機的且つ効果的に連携してプロジェクトがなされたと評価する。今後はこの成果を生かしてプロセス建設コスト、プロセスの維持管理コストを含めたコストパフォーマンスの更なる改善を目指して、システム普及につなげるのが重要である。研究開発のポイントとして、低温域の嫌気性プロセスで、微生物利用工学の観点からセルロース分解の高い活性を得る方法・知見を得る研究をやって欲しい。トータルプロセスの活用として、各単位プロセスのスタートアップをシンクロナイズさせる検討をしておく必要もある。

菅原委員：

当初から高い目標を設定し、これを達成しており、このプロジェクトは成功したと思う。個々の要素も大事であるが、今後、国内・海外でこの技術を全体のシステムとして普及させて頂きたい。個々の要素では、前段の立ち上げに時間がかかる等があるがどのような状況になっても使えるような対策やマニュアルを作成しておく必要がある。例えば、Fe の添加、汚泥の可溶化等の運転管理がうまく行くノウハウを蓄積して欲しい。電力を余り使わないシステムは将来性があると考えている。

宝月委員：

今回の目標、特に、汚泥の削減、電力の削減で高い目標を掲げてこれをクリアしたことに敬意を表したい。2つのプロセスの関係もよくコーディネートされて、よい結果を出している。今の技術はオールマイティはなくて、技術要素を応用しながら使うことが多い。削減が数値的に示されているが、条件によって変ることであるから、どのような前提で出された数値であるのかその条件を明確にしていただけると今後使い易い。非常にいい実験結果がでたと思う。

渡邊委員：

当初設定した目標に対し、汚泥の大きな削減、エネルギー使用量の大きな削減を達成しつつ、求められる水質を達成しているすばらしいプロセスであることを理解できた。スケールアップや改良・改善に必要な装置特性を示すデータを取っていることも分かった。実用化を考えると後段プロセスではスケールメリットを出しにくいとの話があったが、この強みを出せる規模があるのでそこを明らかにするといい。当初プロジェクト目的の対象になっていないN、Pに対する対応（特にNの対応について）を、例えば、硝化液を前に戻すなどして図られるとこのプロセスの適用先が更に広がるという印象を持った。

稲森分科会長：

実施体制が中村 PL で、総合的な統括がなされていた。民間では三機工業、荏原エンジニアリングサービス、後、造水促進センターですが、特許の権利化や知的財産は重要であるので、できる範囲で特許化を図って欲しい。東北大学、呉高専、鹿児島高専、長岡技術科学大学、土木研究所、国立環境研究所は、論文の国際誌投稿をお願いしたい。NとPは非常に重要なので、コストがアップに

なっても（大してプラスにはならないだろうから）N、Pの問題を入れた形を早くやればこの技術の展開が更に飛躍的にアップすると思う。閉鎖性静水域ではN、P除去が必ず必要になるので、地域特性を踏まえた適性配備マニュアルの形でやって欲しい。

9. 今後の予定、その他

資料7に基づき、今後の予定について事務局より説明

10. 閉会

配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業原簿（公開）
- 資料 5-2 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6-1 プロジェクトの概要説明（公開）
前段嫌気性処理技術の開発
- 資料 6-2 プロジェクトの詳細説明（公開）
後段好気性処理技術の開発
- 資料 6-3 プロジェクトの詳細説明（公開）
処理システムの開発
- 資料 7 今後の予定

以 上