2021年度学術賞受賞

嫌気性消化とアナモックスを用いた排水処理プロセスの開発に関する研究

李　玉友（東北大学工学研究科・教授）

名誉ある学術賞をいただき，大変光栄に存じます。ここに推挙や選考に関わられた先生方，日本水環境学会事務局の皆様方に心より厚く御礼申しあげます。

東北大学の環境保全工学研究室では，伝統的に嫌気性生物処理の研究を行っており，松本順一郎先生，野池達也先生，原田秀樹先生がそれぞれ独創的研究をなされてきました。私が研究分野を担当するようになってから，如何にして研究を発展させていくかを常に悩んできました。その取り組みは今回学術賞として学会に評価いただきましたので，大変うれしく思います。ここに研究経緯を若干ご紹介いたします。

私の卒論と修士論文はいずれも活性汚泥法に関する研究内容でした。嫌気性処理の研究は東北大学に留学してから始めたものです。具体的には，1985年に東北大学松本順一郎先生の研究室に入ってから恩師野池達也先生のご指導の下に下水汚泥の二相嫌気性消化の研究を行うことがすべての始まりでございます。当時，世界的に二相嫌気性消化の研究が注目され，私の課題は下水汚泥から効率よく有機酸を生成することでした。しかし，下水処理場の活性汚泥について実験してみると，グルコースやでんぷんのように効率よく酸発酵できず，加水分解が律速段階となることに気づきました。そこで，余剰汚泥のような難分解性基質では，酸生成，メタン生成よりも細胞の加水分解反応が重要であると考え，加水分解反応の促進に力を入れ，前熱処理による余剰汚泥の嫌気性消化の促進効果を研究するようになりました。その結果，余剰汚泥を150～170 ℃で30分以上熱処理を加えると，分解率が倍増，分解速度3倍増といった結果を得ました。また汚泥の嫌気性消化における微生物群集の構造をMPN法と活性で評価しました。この一連の下水汚泥嫌気性消化の研究を本会機関誌（当時）の「水質汚濁研究」に3本の論文を発表して1990年3月に東北大学の工学博士学位を取得しました。また，これらの要点をWater Science & Technology (1992) に発表したところ，Google Scholarで600回以上幅広く引用されただけでなく，ノルウェーのCombi社がその原理と条件を活用して汚泥消化の高度化を図り，すでに世界で70以上のプラントを建設したそうです。

1992年香港大学に勤めてから高濃度有機性排水のUASB処理を研究するようになり，とくにグラニュールの形成機構と負荷能力について英文論文を多く書きました。東北大学に戻った後にその発展的応用として，製紙廃水，化学合成やでんぷん系廃水のそれぞれ特有の問題について研究しました。また，1996～2003年の7年間民間企業のアタカ工業株式会社に在籍した時に，循環型社会推進の機運の高まりにともない，廃棄物系バイオマスのエネルギー資源化に関する技術開発に関わりました。生ごみや汚泥の混合メタン発酵を研究し，生ごみメタン発酵における栄養塩問題，アンモニア阻害問題および無希釈二段発酵の考案などいろいろ面白い課題に取り組みました。今振り返りますと，若い時の様々な経験と人脈は研究成長の助けになり，また産業応用問題が研究課題の源だったと思います。

2010年頃から嫌気性MBRの研究に本格的に取り組み始めたとともに，アナモックスの研究も模索し始めました。昔，学会で排水の嫌気性処理に関する発表を行うと，窒素やリンの対応が問われ，回答に窮した記憶がありました。しかし，アナモックス法が発明されてから，「嫌気性消化＋アナモックス法」は理想的組合せであると思うようになりました。2010年までにオランダの研究グループや熊本大学古川憲治先生などの研究を勉強して嫌気性処理とアナモックスの技術的相性がよいと考えていましたが，自ら取り組む余裕はありませんでした。東日本大震災を経験し，研究室を再整備した時に，今度こそ理想的システムを作ろうと決心して「嫌気性MBR＋アナモックス」の研究に力を入れました。アナモックス細菌をし尿処理場の脱窒汚泥から培養し，約半年で3つのUASB型アナモックス反応槽を稼働させることに成功しました。その後，阻害の問題，制御の問題，菌体保持のための生物膜法とグラニュール法，一槽式と二槽式プロセスなどいろいろ研究した結果，現在は自信をもってアナモックスの応用設計を推奨できるようになりました。とくに最近では，アナモックス反応とリン回収HAP法の相乗効果を見出し，嫌気性生物処理で有機物のエネルギー回収，窒素除去，リン回収を実現できるシステムを組めることを実証できました。

以上ご紹介した研究取り組みは主に私が指導した大学院学生またはポスドク研究員によって行われたものであり，彼らの努力が実った結果と考えています。これまで一緒に研究した50名以上の学生の顔を思い浮かべながらこのまとめを書きました。皆様のご支援とご協力に対して改めて感謝申しあげます。