

IWA 9th International Conference on Wetland Systems及び
6th International Conference on Waste Stabilization Pondsに参加して
～ 人工湿地による廃水処理の現状 ～

森 岡 理 紀

北海道農業研究センター畜産草地部 札幌市豊平区羊ヶ丘1 〒062-8555

■はじめに

IWA（国際水協会）は、水文・水質に関する研究者や技術者の世界的な団体であり、日本水環境学会も関係する組織でもある。このIWAが主催している各種国際研究集会の一環として、今回の9th International Conference on Wetland Systems（第9回湿地システム国際会議）と6th International Conference on Waste Stabilisation Ponds（第6回廃水安定池国際会議）が、フランスのアビニョンにおいて2004年9月26日から10月1日までの日程で同時開催された。筆者は同行した北農研・土壌特性研究室の加藤邦彦氏とともにこれに参加した。

両会議においては、人工／天然の湿地や安定池を用いた廃水処理をテーマとして、農業や工業・家庭などの排出主体、窒素やリン・重金属などの処理対象物質、処理システムの設計基準や運転条件、モデリングといったカテゴリーに分かれて研究発表と討議が行われた。発表タイトルの多くが実規模の処理系を用いた技術的な研究についてのものであり、湿地に関してはどちらかという生態学的な研究の多い日本国内では類例を見ない内容と規模の集会であった。なお、近辺での湿地等による廃水処理の実稼動例の見学会にも1日が充てられた。ここでは見学会のコースに挙げられた実例の紹介を主にしたい。

■南仏・アビニョン

パリ東部のリヨン駅からTGVに揺られること3時間（約700km）、南仏プロヴァンスにある、城壁に囲まれた古都がアビニョン旧市街である。



アビニョンの町並み



アビニョン市内



法王宮殿（国際会議場）

三方を川に囲まれ、アビニョン橋の童謡で知られるこの町は、ローマ法王が居を構えたことのある中世には南仏一帯の交通の要衝であったという。その法王が暮らした宮殿……というよりは城砦というべき堅固な石造建築であるが、これの約半分ほどが今では国際会議場として使用されており、今回の会場ともなった。

アビニョンに着いたのは9月26日の午後であった。郊外にあるTGV専用駅からシャトルバスで10分ほど、旧市街の城門前に降り立ち、目抜き通りを通ってほぼ反対側の城門近くの法王宮殿にたどり着く。とはいえ旧市街は小さなもので、徒歩15分ほどのごく短い距離であるが、強い日差しで背広では汗ばむほどであった（しかし、朝晩はかなり気温が下がる）。

この日はまだ正式の開会日ではなく、会議登録と軽い見学のみの予定であるので、宮殿前の広場のすぐ裏にあるホテルでいったん荷を解き、一休みした後会議の受付へ赴いた。

■初日の見学会

バスでアビニョン郊外のワイン工場の見学に向かった。あたりは低い丘陵地帯であるが、見渡す限りワイン畑である。ワイン工場では、ぶどうジュースの段階から巨大な発酵槽をへて瓶詰め、箱詰めの段階まで製造工程を一通り見せてもらったが、本題はこの排水処理である。ワイン製造工



ワイン工場内部：発酵前のジュース

程から出る排水そのものではなく、工場の従業員宿舎からの生活排水だというのが、実規模の排水処理を人工湿地で行っている例をまず第一にここで目にすることになった。

はじめに生の排水（原水）は写真右奥にある小屋の中で回転円盤法（水面に半分ほど浸る円盤を回転させる）をくぐり、ついで左手のコンクリート枠内に作られた湿地に投入される。更に写真の視点の背後にある湿地（地面を掘ってシートで遮水し礫を充填したもの。コンクリート枠内のものと同様に植生がある）を経て放流するというシステムであった。

人工湿地というと、植物の密生した広大な沼地のようなものであって、目的と基準を持った処理を行うというよりは、漠然と生態系を守るとかいうようなイメージがあるかと思う。しかし、今回の会議での他の見学場所や、研究発表の内容の多



ワイン工場併設の廃水処理施設：右奥が回転円盤法、左奥が人工湿地。中央に立つ人影でサイズがわかる。

くは、このように比較的小さく、水面の無いタイプ（伏流式人工湿地：後述）であった。また、ここでの回転円盤法のような既存の確立した技術と組み合わせることのできる、確とした処理技術という扱いを受けているように思われた。

なお、この日の見学会は、遠方から三々五々参集してくる出席者に登録後の暇をつぶさせるような目的らしく、この一件だけを見学した後は、当然のように特産品のワインを中心とした簡単な立食パーティが地元のワイン会館のような場所で行われていた。

■本会議

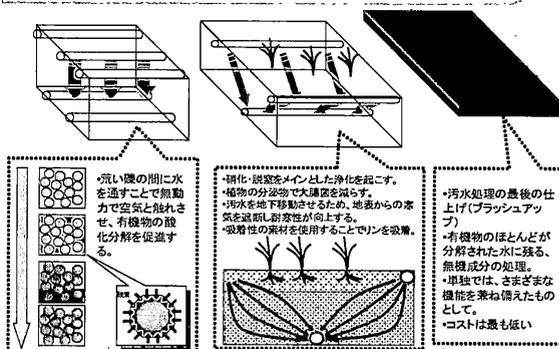
参加登録および見学会の翌朝から、写真のような大会議室ひとつの他、いくぶん小さな会議室ふたつを使用して本会議が始まった。いずれも日本ではおおよそ見ないタイプの部屋であるが、これらをつなぐ通路も狭い上に複雑怪奇なもので、複数階に分かれていたため、空間的にどのような配置であったのか今もって釈然としない。エレベータもあるにはあるのだがほとんど使う意味がなく、参加者からは「Convention Center ではなく Athletic Center じゃないか」という冗談も飛び出すほどであった。

本会議では、例えば、「窒素除去」、「食品産業（の廃水処理）」、「縦型伏流式人工湿地」、「汚泥処理」、「設計基準と運転」、「工業廃水」と題するセッション群が行われたほか、基調講演としてそれぞれデンマーク、フランス、ドイツ、イギリス、スウェーデンからの参加者による各国での人工湿地処理の概括が発表された。ここで発表に登場した人工湿地を挙げておくと、大別して表面流式（FWS）、伏流式縦型（VSSF）、伏流式横型（HS SF）の3種となる（図）。表面流式というのは、一般にイメージされるであろう田んぼの如きで、水面にガマ、ヨシ、スゲのような植物を生やしているものである。この場合、水面近くの酸素が多



大会議室：奥に見えるのがスクリーンと演台

伏流式縦型人工湿地 伏流式横型人工湿地 表面流式人工湿地



3種の人工湿地

いところでは微生物による有機物の分解またはアンモニアの硝化、地中（水底）の浅い部分では無酸素状態での脱窒が起こり、また植物によって窒素などの成分が吸収されるという具合に水の浄化がなされるわけだが、構造が単純でコストが低いという利点はあるものの大面積が必要であり、耐寒性も低いのが難点である。これに対して、伏流式というのは表面には水がなく、地下に水を流して処理を行う（底面はシートなどで遮水され、そのまま地下浸透を行うものではない）。このうち縦型というのは、地中に荒い礫を充填してあって、ここに汚水を間欠的に少量ずつ流下させることで酸素と接触させる仕組みで、主に表面流式で言う有機物の分解やアンモニアの硝化に特化している。また横型というのは砂を充填した地下部分に同じく水を流すわけだが、これはむしろ酸素の少ない地下で長時間湛水させておいて、脱窒に特化した

作用を持っている。いずれも表面流式と違い地温によってある程度の保温が可能となっており、耐寒性が高い（エストニアなどヨーロッパ北方でも実用化されている）上に、それぞれ特化した役割においては表面流式よりも効率が良いとされている。しかしながらこれは粒度の整った礫などの素材入手や均一に配水するための仕組みのコストが必要となるわけで、実際には3種それぞれ（あるいはそのどれか）を場面に応じて組み合わせて使用する、というのが発表を通じてのおおまかな傾向である。

ホスト国であるフランスの演者の基調講演の発表では、フランス国内における人工湿地処理プラントの多くは前述の伏流式縦型のもので、20年近く前から設置が始まり、それでも2000年頃までは年間の設置例が数件だったものが2003年には演者が把握しているだけでも年間60件を超える数になっており、急速な普及を見せているとのことであった。

■見学会（テクニカルツアー）

まる1日を使って行われた本来の見学会では、アビニョンからバスで一時間程度離れた3箇所の人工湿地処理の実例を見ることができた。

・キャンプ場の廃水処理

キャンピングカーで滞在中の旅行者が、車内の汚水タンクに溜まった廃水を投入口（写真右手。中央は上水などの供給設備、左は人工湿地への配水用のピット）から投げ込み、これを人工湿地のみで処理している。ここで用いられているのは見てのとおり水面の無い伏流式のうちでも縦型と呼ばれるもので、これを懸濁物質濾過的な機能を持つ1段（並列で3面）と、通常の1段（並列で2面）の計2段を組み合わせ浄化を行っている。この際、廃水の分配にはサイホンを利用しており、特にポンプ機器の類は用いられていない。

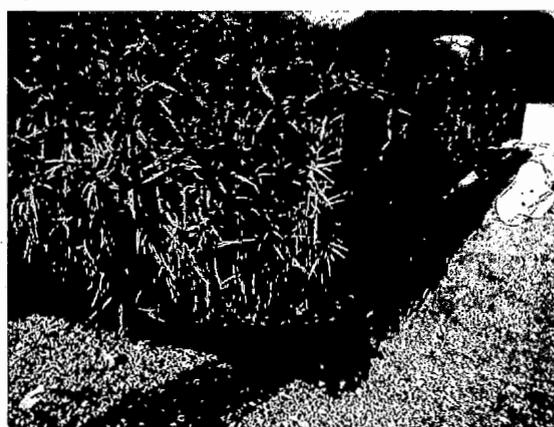
これはこの種のシステムを売り物とする企業によって設計され、地元の自治体が設置したもの



キャンプ場の廃水処理：汚水投入口



キャンプ場人工湿地：その1単位



キャンプ場人工湿地：拡大

である。配水の仕掛けも特許取得済みとのことであった。処理能力については、日仏の基準の違いもあり一概には言えず、特にこの縦型のみ形式では硝酸体窒素の処理の面では疑問符がつくが、1日あたり400人分の生活廃水を処理する能力があるとの説明であった。

・活性汚泥のフィルトレーション

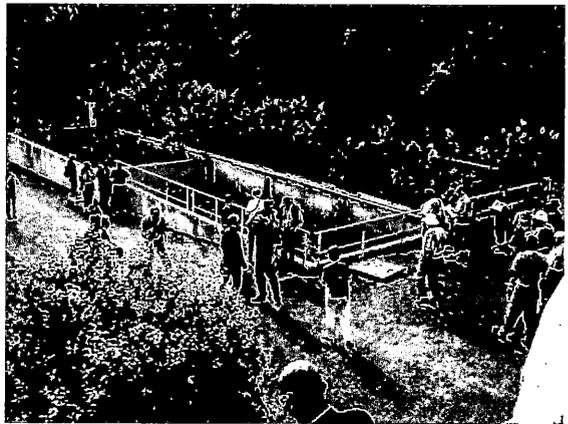
写真には写っていないが、この左手に日本で言うならば農村集落排水処理のような目的の活性汚泥法による排水処理施設がある（視点はその施設のタンクの上からのものである）。ここでは、排水そのものの処理は活性汚泥法が担っているのだが、引き抜いた汚泥をコンクリート枠で区分された人工湿地に投入し、フィルトレーションを行っているという。およそ我々がイメージする「人工湿地」とは最も異なっている部類であるのだが、先のキャンプ場の人工湿地の第1段階での濾過の機能のみを応用したものであると言え、人工湿地手法のバリエーションの広さを認識させられるものであった。

・宿泊施設の排水処理

古来、土地で産出される赤い土を用いて染料を生産していたという場所があり、ここが一種の芸術村のような保養施設となっている。その宿泊施設から出る生活排水を処理する人工湿地である。

キャンプ場の人工湿地と同じ会社が設計したもので、同じ2段式の配置で写真奥の上流から視点の背後へと向かって無動力で排水を流してゆく。1段目が350m²×3面、2段目が250m²×2面という構成で、出口でのCODが50mg/L未満、ケルダール窒素が10mg/L未満を達成しているとのことであった。

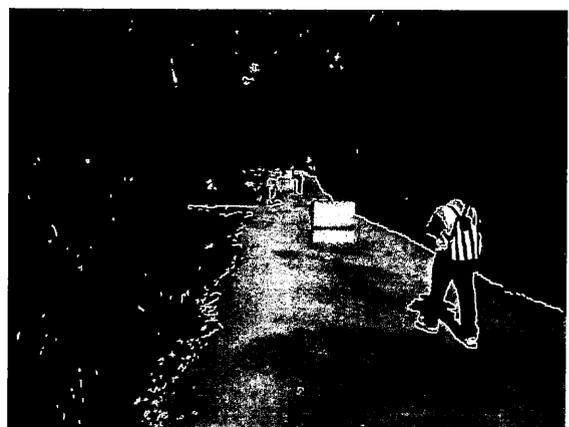
ここでいうCODは日本の公定法のものとは違い、日本の基準、あるいはBODで表せば更に低くなる、すなわち有機汚濁成分については十分な性能が出ていることになる。一方で、やはりケルダール窒素では示されない硝酸体窒素の行方は気になるところではあるが、キャンプ場のそれと同じくフランスの基準に則っているらしいこと、また研究用ではなく既に実稼動しているシステムということで、このあたりの詳細な測定データが示されなかったのが残念である。



汚泥フィルトレーション用人工湿地



汚泥処理：拡大



宿泊施設の排水処理用人工湿地

なお、写真では半袖の人物が見受けられるが、アビニョン含めこれら見学会の行われた場所は先述のように日間の寒暖の差が激しい。「南仏」というイメージにそぐわず、冬期の気温は零下10度を下回ることもあるとのことである。

■まとめ

今回の会議では、参加者の国籍、人数ともに多く、口頭、ポスターともそれぞれ150題を超える数の発表があった（大会ホームページ <http://iwa-ws.lyon.cemagref.fr/> は04年末の時点でまだ残っており、プログラムのダウンロードも可能である）。もちろんそれをすべてチェックすることは不可能であったのだが、はじめに書いたとおり発表内容も非常に多岐にわたり、およそ日本では実現不可能な規模であるだけに、その一部を聴講しただけでも収穫は大きかった。

特に、見学会で見たような実規模・実処理系の例に基づいた、実際的な設計・運転基準についての研究発表が多いのだが、一方で「人工湿地には植物が必要なのか？」というような問題にも未だ議論があるのが興味深い。要するに汚水を浄化するという作用に関しては、主流である伏流式の場合は植物があまり関与しないだろうというような話であるが、これも一般に我々日本の研究者らが抱くような人工湿地のイメージとは大幅に異なるものである（ただし、地下部への酸素供給や、生態学的効果で有害細菌を減少せしめるなどの理由から、やはり植物は必要だという意見がいくらか勝っていた）。

そういった中で各国なりの設計基準というものができているのだが、これもあくまで事例、特に事例の多い生活雑排水を対象としたものについて平均化した経験則に従ったものにならざるを得ないわけで、筆者らが取り組もうとしている酪農雑排水（生活雑排水に比して汚濁物質濃度は大体1桁高い）にそのまま適用できるような確固たる定説なり理論といったものは、志向はされているが存在しないのが現状のようだ。

しかし、いずれにせよ今まで持たれていたようなイメージとは大分違うものが存在し、稼動しているということは確認できた。非常に意を強くさせられた会議であった。

■蛇足

会議を終えてパリに戻り、帰路の飛行機までのあいだ市内を観光した。ガイドブックで、オペラ座の近くに「R（レストラン）北海道」という文字を発見したので、ひと通り名所の類を巡った後、夕食をそこでとることにした。

「北海道を名乗るからには、新鮮な海の幸・酪農製品を直輸入……は有り得ないだろうから、地元食材のジンギスカンとかチャンチャン焼きで仏蘭西料理界に勝負を挑んでいるのか!？」と期待したのだが、「イラシマシー」という見事な片言の日本語に出迎えられ、脱力した。シジミ汁のような味の味噌ラーメンと餃子で、パリ最後の夜は更けていったのであった……。

