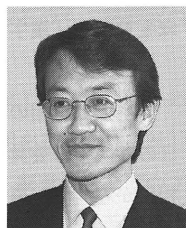


国際交流

オランダ・ユトレヒト滞在記

伊藤 禎彦 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻



1. はじめに

2008年7月下旬から2009年1月初旬まで、オランダ・ユトレヒトにある KWR Watercycle Research Institute (2008年9月に kiwa water research から名称変更。以下、KWR と記す) に滞在させていただき研究活動を行った。また、その後スイス・ジュネーブに渡って3月末まで WHO に滞在し、飲料水水質ガイドラインに関連する仕事を行った。本稿ではオランダでの活動について述べさせていただきたい。

水道事業はオランダでは民営化されており、2009年現在10の水道会社からなる(この数は今後4~5社まで減少するという見込みがある)。KWR は、これらの会社が共同してつくっている研究所であり、職員数は150名、うち研究者が75名という陣容である(写真1)。まずは私と KWR との出会いから紹介してみたい。



写真1 KWR 正門

2. 長期滞在の背景

それは2004年、チェコ・プラハでの出来事であった。私は、IWA (International Water Association) 主催の「第2回先端的水処理技術に関する国際会議」に出席していたが、会議が終了すると、バンケットの会場まではバスで移動することになっていた。そのバスの中で私は、あの AOC (Assimilable Organic Carbon; 生物利用可能有機炭素) の開発者として著名な Dick van der Kooij (ディック・ファンデアコーイ) 氏と同席する機会を得た。移動時間が結構あったので、いろいろな話をすることができた。

私はかつて徳島大学に4年半ほど赴任したことがある。閉鎖性海域の海水を浄化する研究を開始しようとしていたが、研究の論理構成上 AOC が有効な指標であることに気がついた。1992年のことである。徳島の砂浜から測定に用いる細菌を単離・同定し、水道水ではなく海水の AOC を測定していた。

この研究を始めるにあたって、当然のことながら Dick van der Kooij が1982年に発表した論文¹⁾に目を通した。かなり丹念に読んだ記憶がある。

そのとき私が抱いた感想……この研究者は、おそらく当初、微生物学的な興味からこの研究を行ったのだろう。そしてその成果がたまたま水道水の水質指標として価値があることが後になってわかったのだろう。Dick van der Kooij がどんな人かも知らず、KWR という研究機関がどのようなものかも知らなかった私は、率直にそう思った。

さて、彼とバスで同席した私は、10年以上前に抱いた自分の感想を正直に彼にぶつけてみた。彼は答えた。「それは違う」と。「私のいる研究所は、水道会社の出資によって運営されている。学問的な興味で研究ができるわけではない。AOC は最初から、水道水質を測定するために有効な指標を開発しようという業務

があり、その中で行ったものだ。』

私は恐れ入った。AOC はもはや世界中に普及し、我々の分野としてはノーベル賞に匹敵する業績といっても過言ではないと思う。それをいわば「組織の命を受け、職務として行った」というのである。私は、「改めて敬服しました」というほかなかった。

私の中で KWR の存在が急速に大きく膨らんだ瞬間であった。

3. オランダでの研究活動

以来、KWR の研究活動に特段の関心を寄せるようになった。しかし水道分野では周知のことだが、ここでは Dick van der Kooij のグループ以外にも世界的な多くの取り組みがなされている。そう、滞在中、私は KWR の中で彼のグループに所属しているわけではなかった。

中でも、将来のわが国の水道システムを構築していく上で重要だと目をつけていたのが微生物の定量的リスク評価 (Quantitative Microbial Risk Assessment; QMRA) の手法である²⁾。よく知られているようにこの国では浄水処理に塩素を使用していない。2005年には、最後の塩素消毒が UV 処理に置き換えられている³⁾。

2001年からオランダで施行されている水質基準のうち、微生物に関する項目を表に示す⁴⁾。いくつかの微生物名が並んでいるが、注目されるのは、腸管系ウイルス、クリプトスポリジウム、ジアルジアについてその感染リスクを年間 10^{-4} 以下とする項目が存在することである。こんな項目があるのは世界でここだけだ。

すなわち各水道会社は、法律によって、自分たちが供給する水道水の微生物感染リスクを定量評価し提示することが義務付けられている。そして、感染リスク

が年間 10^{-4} 以下の安全な水道水を供給する義務を負う。QMRA の手法自体は KWR が構築したわけではなく、学術的成果は別にある⁵⁾。しかし QMRA の手法を水道水供給の実務の場に適用しているという点では、世界の中でオランダが抜きん出ている。KWR は、オランダ国内で QMRA の重要性を認識させ、法律によって評価を義務付けることに成功しているのだ。そして、実務者が扱いやすいようにソフトウェアのインターフェイスを構築し、QMRA tool として各水道会社に配布している。水道事業全体からみると、水安全計画 (Water Safety Plan) の一環として位置づけられている (ただしこの項目については、他の水質項目のように一般の人がウェブ等を通じて容易にアクセスできるほどには情報公開は進んでいない)。

私がこの国で、高度処理を含む我が国の浄水処理プロセスについて話したとき、「こんなにきちんと処理しているのに、なぜその後、塩素なんか入れる必要があるのか？」という質問を何度も受けた。「浄水処理した後、塩素を入れるということは、処理後の水がまだ安全ではないということになってしまう。」これも複数の人から聞いた見解である。これらの発言は、決してお国柄や文化が違うからではなく、科学的根拠に基づいていることが上述したことで理解できると思う。

さて私は、KWR の微生物部門 (写真 2) の現在のトップである Gertjan Medema (ヘフトヤン・メデマ) 氏のもとで、是非このリスク評価の実務と一緒にやらせてほしい、と願い出た。やがて彼は、実に絶妙な実際の任務を私に与えてくれた。簡単にいうと、アムステルダム東部に配水する浄水場において、ウイルスなどに関するリスク評価ができていないのでその評価をやってくれないか、と。最近、KWR 内で QMRA に関するテーマで学位をとった人 (Patrick Smeets (パト

表 オランダにおける微生物に関する水道水質基準 (2001年施行)

番号	項 目	基準値
1	QMRA によって、腸管系ウイルス、クリプトスポリジウム、ジアルジアの年間感染リスクが 10^{-4} 以下と評価されること	
2	大腸菌と腸球菌	0 CFU/100 mL
3	アエロモナス	1000 CFU/100 mL 以下
4	22℃における形成集落数	100 CFU/100 mL 以下
5	大腸菌群とクロストリジウム	0 CFU/100 mL



写真2 KWR 微生物部門の研究者たち

(私の滞在最終日にフェアウェル・ランチパーティーを開いてくれたときのもの。右から3人目がDick van der Kooij氏、向かって私の左後ろがGertjan Medema氏)

リック・スミート)氏がおり、その人と一緒に、彼が提案した新しい手法を導入しつつ進めることとなった。

浄水場は、水道会社 waternet がもつウィスパカスブル浄水場。干拓地を通して流れてくる水が原水でほぼ表流水とみなされる。写真3はその干拓地で、牧草地となっている。主な浄水処理フローは、凝集―貯水(約90日)―急速ろ過―オゾン―硬水軟化―粒状活性炭―緩速ろ過。オゾン以外に消毒プロセスはなく、「緩速ろ過」を「最終消毒装置」とみなしている。膜ろ過やUVなどの最新技術が導入されていないのもリスク評価実務を行うには好都合だ。

まるで卒業研究に取り組んでいるかのような気分だった。途中、私の研究室の学生全員に向けてメールを発信したこともある。「こういう演算をExcelでやりたいのだが、誰かやり方教えてくれないか?一番早く教えてくれた人はお土産期待できるかも。」2, 3時

間もたないうちに大学院生のひとりが、「こうしたらできますよ」とレスポンスしてきてくれた。

私の解析によって少々貢献できるところも出てきた。最終的なアウトプットである年間の感染確率の大きさに対する感度分析を行ったところ、「水道水の飲水量」がもっとも寄与するという意外な結果を得たのである。最初はMedema氏もそれを疑い、「よく見直してくれ」と言っていたが、丹念に調べたところ間違いない。またそうなる理由もほぼ判明した。Medema氏も納得し、「これまで行ってきたQMRAの結果を見直す必要がある」と言ってくれた。これらの結果についてはもちろん日本で報告するほか、現在、論文として投稿するための詰めの解析を行っている。

4. 将来の日本水道への寄与

私はもちろん、このQMRAなる手法を日本にそのまま持ち込むことを考えているわけではない。我が国の水道事業体が、自らの感染確率を計算することには抵抗があるだろう。また、塩素なしの水道水供給をただちに提唱したいわけでもない。

そうではなく、水安全計画の中に位置づけた上で、日本流の利用方法を考えればよい。まずは我が国の0.1 mg/Lの残留塩素濃度規定を緩和する検討を行う際の強力なツールとなる。厚生労働省にもその動きがやっとなってきている。あるいは、我々の研究室では、塩素使用を前提としておいしい水を追求するための研究を行っている。このとき浄水処理プロセスは新しく構築されるほか、もちろん塩素の添加量を極力減らすことになる。そのような水道システムを構築していく



写真3 水源となっている干拓地 (Bethune Polder)

ときに、もっとも重要な管理ポイントはどこか？それは意外とオゾン処理かもしれない（こちらでの評価ではそのような結果を得た）。

あるいは震災対策などのリスク管理。微生物の年間感染確率は、普段のリスクが低くても、一般に、あるピークイベントがそれを支配する。たとえば震災など何らかの事故によって、塩素消毒が30分停止したりすることが、年間の感染確率を決定づけるわけである（わかりやすく考え方を示したのみ）。そのような水道システムのリスク管理としても活用できる。

日本の水道事業体とタイアップして活用方法を探り、微生物リスクに限定することなく、水安全計画の一環として寄与できることを願っている。

5. 気候変動への適応に関する取組み

話題は変わるが、オランダの土地が低いのは有名な話だ。国土の約半分が海面下にあり、アムステルダム・スキポール空港のあたりはなんと海拔-6 mにも達する。南部の都市であるロッテルダムでは-2~-4 m だという。ライン川はこのロッテルダム近くを西へ流れ、北海に流れ出る。写真4は、ライン川の河口を見に行ったときにその付近の海岸の様子を撮ったもので、左側が北海、右側が陸地側である。海岸といってもこのように堤防が築かれている。そして左の海よりも右の陸の方が低いのがわかるだろうか。写真ではわかりにくいかもしれないが、現地立つと海水面の方が確かに高いことがはっきり見てとれる。

オランダへ来てみて印象的なことのひとつに、ここでは気候変動への適応に関する取組みが各方面で実

シリアスになされていることがあった。日本で海水面の上昇の影響というと南太平洋の島々のことを思い浮かべやすいが、確かにオランダは先進国の中でその影響をもっとも受ける地域のひとつになるだろう。海水位が50 cm 上昇した場合、ロッテルダムでの洪水の発生頻度は10倍になり、130 cm 上昇すると100倍になるという。

水道にも甚大な影響が及ぶと懸念されている。水源の2/3を地下水に求めているこの国において、海水面の上昇は、地下水位の上昇、すなわち水道水源の塩水化が進行することを意味する。このような事態を予想し、すでに国の北部地域から南部地域へ80 km に及ぶ導水計画が立案済みである。まさに国を再構築するかなのような大改造の必要に迫られているのだ。

最近、IWAの中に気候変動への適応に関するスペシャリストグループが創設された。この分野でも今後、オランダが世界のリーダーシップをとっていくことになるだろう。我が国もその動きに注目する価値がありそうだ。

6. 日蘭の関係発展へむけて

こちらの人と話をすると、「自分たちは小さな国で……」という言葉をよく耳にする。確かにオランダは、人口1600万人、九州程度の面積しかもたない国である。しかし、周知のごとくトリハロメタンは世界で最初にこの国で発見された。またある分野であるにせよ、私が世界一と認めてKWRを滞在先として選んだ。この国のいったいどこにそんなパワーがあるのか、いまだにナゾは解けないままである。

そんなオランダと日本との間では、北海道大学渡辺義公教授のリーダーシップによって「日蘭水処理技術に関するワークショップ」が開催されてきており、直近では2005年にオランダで第5回目が開催されている。現在、今年10月14~16日に京都で第6回目のワークショップを開催するべく、オランダの方々および日本の先生方と準備を進めている。関心を持っていただける方が多く心強い。私のオランダ滞在が、両国の今後の関係の発展に寄与することができれば幸いである。



写真4 ライン川河口付近の海岸

参考文献

- 1) van der Kooij, D., Visser, A., Hijnen, W. A. M., "Determining the concentration of easily assimilable organic carbon in drinking water", J. Am. Water Works Assoc., 74(10), 540-545 (1982).
- 2) Medema, G., Loret, J. F., Stenstrom, T.-A., Ashbolt, N. eds., MICRORISK, Quantitative Microbial Risk Assessment in the Water Safety Plan (2006).
- 3) Smeets, P., Medema, G., van Dijk, H., "The Dutch Secret: Safe drinking water without chlorine in The Netherlands", Symposium on Alternative Approaches to Disinfection for Drinking Water, 18p., 22-23 September, Ontario, Canada (2008).
- 4) Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 53 (2001).
- 5) Haas, C. N., Rose, J. B., Gerba, C. P. 著, 金子光美 監訳, "水の微生物リスクとその評価", 技報堂出版, 452p. (2001).