

各学部の活動

水道工学部 1992-2001

国 包 章 一

1. 組織及び人事

水道分野においては、特に昭和60年代になって、水道原水の農薬・有機溶剤等の化学物質による汚染や、浄水処理過程におけるトリハロメタン等の消毒副生成物の問題に対する適切な対処、並びに、活性炭処理・オゾン処理等の採用による浄水処理の高度化が強く求められるようになった。また他方では、WHO飲料水質ガイドライン改訂動向がしだいに明確となるに従って、わが国においても水道水質基準を全面的に見直す必要が生じ、それとともに水道における原水保全や浄水処理のあり方についても再検討を迫られることになった。そのため、本院において水道分野の試験研究・教育訓練体制の拡充・強化が必要となり、平成4年（1992年）4月10日付で水道工学部が新たに設置された。この時、水道工学部と併せて廃棄物工学部が新たに設置され、両部の前身である衛生工学部は廃止された。

水道工学部の所掌事務は、水道の整備及びその他水道工学に関することとされており、水道計画室、水質管理室、施設工室及び生活衛生適正技術開発主任研究官の3室1主任研究官によって構成されている。各室等の所掌事務は、水道計画室は水道に係る計画に関すること、水質管理室は水道等の機能診断、試験及びモニタリング並びにその工学的評価に関すること、施設工室は水道に係る施設の整備並びに管理に関すること、生活衛生適正技術開発主任研究官は国際協力に係る生活衛生適正技術の調査研究及び開発に関することとなっている。

水道工学部は、当初、眞柄泰基部長をはじめ、国包章一、相澤貴子、黒澤義乗、池口孝及び伊藤雅喜の総勢6名の体制で発足した。その後、給水装置管理に係る新規業務のため平成10年度（1998年度）増員要求が認められたことによって、総勢7名の体制となり今日に至っている。現職員は、平成9年（1997年）7月から部長を務めている国包のほか、相澤貴子、森一晃、伊藤雅喜、秋葉道宏、浅見真理及び赤井寿充である。また、この間に職員として、井上雄三、日置潤一、北澤弘美、早川哲夫及び林広宣が在籍

した。

なお、このほか水道工学部においては、厚生労働省（旧厚生省）からの研修生等として名古屋市水道局の五藤紳一郎、栗田政一及び川合正恭、福岡県南広域水道企業団の松本尚久及び井上剛、札幌市水道局の高屋敷将也、斎藤健及び瀬川一弘、大阪府水道部の堤重徳及び森田和城、広島市水道局の益田光及び日高一成、神奈川県企業庁の佐藤浩文及び大内禎、福岡市水道局の森山茂樹、仙台市水道局の宮野知生、淀川晋一、千枝真治及び小林康宏、沖縄県企業局の比嘉悟、志喜屋順治及び大城貴、千葉県水道局の大野木英司、横浜市水道局の江夏輝行、奈良県水道局の近藤善紀が、科学技術庁特別研究員として胡建英及び守田康彦が、（財）ヒューマンサイエンス振興財団特別研究員として金承漢が、韓国からの外国人研究員として金宣淑及び姜美娥が、いずれも一時在籍した。

2. 研究

1) 水道水源の保全に関する研究

水道水源の適切な管理・保全は、良質な水道水を確保するために極めて重要である。しかしながら、表流水や地下水等の水道水源は生活排水や工場排水等によって汚染されていることが多く、浄水処理費用の増加を来しているだけでなく、水質基準に適合する水道水を供給することが困難な事例も認められている。そのため、水道工学部では、ヒ素・ホウ素等の有害金属、乳幼児に対する毒性の面で特に問題となる硝酸性窒素、クリプトスポリジウム・ジアルジア等の病原性原虫、Microcystis等の有害藻類、等々につき研究を行った。

眞柄、相澤らは、ヒ素、ホウ素等の微量有害金属を対象とした高感度分析法を開発して、水道における汚染実態調査を行うとともに、浄水処理におけるこれらの除去技術につき検討し、その実施への適用方法を明らかにした。眞柄、国包、伊藤らは、硝酸性窒素による地下水汚染機構につき検討し、農地に散布された窒素肥料の降雨流出に伴う溶脱や、家畜排泄物の土壌還元由来して、水道原水が広範に汚染されていることを明らかにした。これらの成果は、硝酸性窒素に関する排水基準の設定や、（社）日本水道協会によ

る「水道における硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素対策の手引き」の策定において活用された。

国包、北澤、秋葉らは、クリプトスポリジウム等の原虫による水道水源の汚染とその浄水処理における除去について研究し、水道原水のクリプトスポリジウムやジアルジアによる汚染は畜舎排水の流入と関連が深いこと、クリプトスポリジウムは急速ろ過において *Scenedesmus* 等の藻類と極めて類似した除去特性を示すことから、これらの藻類がクリプトスポリジウムの除去指標として活用し得ること等を明らかにした。

国包、北澤らは、*Microcystis* 等の有害藻類に関して、その増殖過程における毒素ミクロシスチンの生成特性につき評価するとともに、ミクロシスチンが水道における通常の塩素処理で容易に分解されることを明らかにした。また、水道における塩素処理に伴って、*Microcystis* 等の藻類から様々な消毒副生成物が生成されることを定量的に示した。

2) 水中の微量化学物質の評価と制御に関する研究

水道水源には様々な微量有害化学物質が流入しており、安全な水道水を確保するためには、未規制化学物質を含めた微量有害化学物質の存在状態を的確に把握しなければならない。また、水道水の浄水処理においては、水道水の摂取によるその暴露量と健康影響を考慮に入れて、水道水源や浄水処理プロセスにおける監視・管理体制を確立する必要がある。そのため、水中の微量化学物質の浄水過程における挙動を明らかにして安全性を評価するとともに、その適正な処理・管理方法につき提案することを目的として、農薬、非イオン界面活性剤、内分泌かく乱化学物質等につき研究を行った。

眞柄、相澤、高木らは、農薬による水道水源の汚染実態を明らかにしたほか、固相濃縮－高速液体クロマトグラフ質量分析を用いた高感度検出法を開発するとともに、オクタノール水分配係数を用いた活性炭処理性の評価手法、及び、分子軌道計算によるエネルギーに基づくオゾン処理性の予測手法等を開発した。これらの成果は、平成4年（1992年）に改正された水道水質基準等の見直しにおいて活用された。また、眞柄、相澤、浅見らは、非イオン界面活性剤について研究を行い、その測定手法を確立するとともに、環境中におけるその分解特性や浄水処理過程における除去特性を明らかにした。

平成10年（1998年）以降、内分泌かく乱化学物質による水系の汚染がしだいに明らかになるに連れ、このことはわが国においても大きな社会問題となった。国包、相澤らは、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、フタル酸ジ-n-ブチル、ビスフェノールA、ノニルフェノール等の内分泌かく乱化学物質について研究し、水道水の汚染レベルが特に問題とはならない程度であることを明らかにするとともに、水道の浄水処理においてこれらの物質を除去し得ることを明らかにした。また、水道管等からの溶出特性についても検討し、通水初期においては管種等によって多少の溶出が認められるものの、時間経過とともに溶出量は減少して最終的には検出されなくなることを示した。さらに、水中のビスフェノールA及びノ

ニルフェノールについては、塩素処理によってその形態が変化して塩素処理副生成物が生成され、しかもその中にはエストロゲン様作用が元の物質よりも高いものも含まれることを明らかにした。

3) 塩素及び塩素代替消毒剤に関する研究

水道水の塩素処理は、消毒のほか、藻類発生防止、異臭味物質の分解及び後段における処理性の向上等の目的で広く行われて来ており、その効果は既に実証されている。しかしながら、トリハロメタンの生成が確認されたことにより、水道での塩素処理を全面的に見直す必要が生じた。眞柄、相澤らは、水道水の塩素処理に伴ってトリハロメタン以外に、ハロアセトニトリル類、ハロ酢酸類、抱水クロラル、アルデヒド類、ハロフェノール類等、種々の副生成物が生成されることを確認した。また、原水中に臭素イオンが存在する場合には、塩素処理に伴って含臭素化合物が生成されることを明らかにし、その測定方法を確立した。さらに、ハロ酢酸類の測定方法を確立するとともに、その生成要因はトリハロメタンとほぼ同じであるが、生成速度はハロ酢酸類の方が遅いことも明らかにした。

以上のような成果は、平成4年（1992年）の水道水質基準の改正、平成6年（1994年）の水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律及び特定水道利水障害の防止のための水道水源水域の保全に関する特別措置法において、その理論的根拠として活用された。

さらに、眞柄、相澤、浅見らは、塩素処理代替技術の開発を目的として、二酸化塩素処理、オゾン処理、紫外線照射処理、二酸化チタンと紫外線を併用する光触媒処理等につき比較検討した。オゾン処理と二酸化塩素処理に関しては、塩素処理と同等の消毒効果を確認するとともに、オゾン処理でアルデヒド類が特異的に生成されることを除いては、いずれの場合も副生成物生成量が低減されることを明らかにした。また、オゾン処理や二酸化塩素処理では、鉄、マンガン、異臭味に対する酸化効果も塩素処理を上回ることを示した。このほか、オゾン処理に伴って生成される臭素酸に関して、その測定方法を確立するとともに、生成特性、現場における実態、制御方法等につき検討した。浅見は、有機物共存下における臭素酸の生成特性を明らかにした功績が認められ、日本水環境学会論文奨励賞（廣瀬賞）を受賞した。光触媒処理に関しては、インジゴを用いた評価手法を確立するとともに、オゾン処理や活性炭処理が困難な水溶解度が高い有機物を特異的に分解できることを示した。

4) 膜を用いた浄水処理に関する研究

眞柄、国包、伊藤らは、水道における革新的な浄水技術としての膜ろ過技術の開発に関する一連の研究を行い、精密ろ過法及び限外ろ過法によって水中の懸濁物質を効率的に除去することが可能であることを示すとともに、膜ろ過浄水システムの適切な設計方法や運転条件を明らかにし、その実用化のための基礎を確立した。これらの成果に基づいて、平成6年度（1994年度）に厚生労働省（旧厚生省）が浄水処理への膜ろ過施設の導入を認めたことにより、小規模水道を中心にその後は急速に普及が進みつつある。特に、膜ろ過法

は病原性原虫クリプトスポリジウムのオーシストの除去に優れていることから、膜ろ過法は現在では砂ろ過に代わる浄水技術として注目を集めている。さらに、より高性能な膜ろ過技術として、ナノろ過法を用いた浄水システムや、精密ろ過法もしくは限外ろ過法と活性炭処理・オゾン処理等のいわゆる高度処理プロセスとを組み合わせた浄水システムを用いることにより、懸濁物質だけでなく消毒副生成物前駆物質等の溶解性有機物も効率的に除去できることを明らかにした。

また、眞柄、相澤、国包らは、逆浸透法による海水淡水化における水質上の問題点について検討を行った。海水淡水化は、離島など淡水資源に恵まれない地域においては、飲料水を得るために欠くことのできない浄水技術である。しかしながら、海水中にかなりの高濃度で含まれる臭素イオンは、逆浸透法では十分に除去することができない。そのため、逆浸透処理水を塩素消毒すると、消毒副生成物として臭素化物が生成されやすいことを明らかにした。また、海水中に比較的多く含まれるホウ素も逆浸透法では除去率が低いことを示すとともに、その除去率がpH等によって支配されることを明らかにした。

以上のような成果は、平成12年（2000年）の水道施設基準の制定や、平成4年（1992年）以降における水道水質基準等の見直しのための基礎資料として活用された。

5) 給水装置の管理に関する研究

平成8年（1996年）の水道法一部改正、及び、同9年（1997年）の給水装置の構造及び材質の基準の制定により、給水装置の管理が国の水道行政において明確に位置付けられたことに伴い、水道工学部では平成10年（1998年）に水道実験棟を建設して給水装置の試験設備を設置し、新たな業務として給水装置の適正管理に関する調査研究に取り組むことになった。給水装置は水道システムの末端に位置しているが、水道水の安定供給とその安全性の確保を図る上でその役割は重大である。

国包、森、早川、日置、林、赤井らは、給水装置の現状と課題につき整理するとともに、いくつかの市販給水用具に関して試買試験を行ってその性能を確認した。また、鉛管やその他青銅合金製給水用具からの鉛等有害金属の溶出特性につき検討し、鉛管からの鉛の溶出特性につき把握するとともに、青銅合金製水道メータから、鉛、アンチモン等の有害金属がかなりの高濃度で溶出することを明らかにした。

6) 開発途上国における環境衛生施設の適正技術に関する研究

眞柄、国包、池口、井上、早川、森、伊藤、日置らは、開発途上国における現地調査等を通じて、その環境衛生施設の整備と維持管理の現状並びに問題点を明らかにするとともに、わが国から技術移転可能な適正技術につき検討した。インドネシア国に関しては、太陽電池を利用した揚水システムの適用可能性を明らかにするとともに、水道・環境衛生分野の技術者養成に必要な教材を開発し、適切な指導方法を確立した。タイ国に関しては、し尿、生活雑排水及び廃棄物の適切な処理技術を開発した。中国に関しては、WHOの支援のもとにし尿の適正処理のためのマニュアルを開発し

た。このほか、開発途上国の水道整備における政府開発援助等の妥当性を評価するため、医療協力プロジェクトとして国際厚生事業団及び立命館大学と共同で実施したネパール国水道整備事業事後評価調査では、特に小規模水道整備計画において積極的な住民参加が必須であることを明らかにし、プロジェクト評価指標を明確にするとともに、今後における開発途上国援助の望ましいあり方を示した。

3. 教育訓練

水道工学部においては教育訓練にも積極的に取り組み、水道分野の人材育成に貢献した。

長期課程のうち研究課程では、水道における浄水技術の向上等に関する研究指導を行った。専門・専攻課程では、水道における高度浄水処理技術の適用等に関する特別研究・特別演習指導を行ったほか、「水管理工学」、「水処理工学特論」、「都市水管理制御特論」等の科目を担当し、他の科目を含めて水道に関連する講義を行った。

短期課程のうち特別課程では、水道工学コース（平成5年度（1993年度）までは水管理工学コース）を毎年実施した。また、衛生科学特論コース（平成6年度（1994年度）までは環境・衛生化学特論コース）を他学部と共同で実施して研究指導を行い、その他の各コースにおいても水道関連科目を担当して講義を行った。さらに、平成10年度（1998年度）からは、厚生労働省（旧厚生省）による「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」の策定を受けて、特定研修として水道クリプトスポリジウム試験法実習を毎年実施し、四類感染症に指定されているクリプトスポリジウムの試験法を中心に、水道における原虫対策のあり方について教育訓練を行った。特別課程水道工学コース及び特定研修クリプトスポリジウム試験法実習では、ほぼ毎年定員を超える受講者を受け入れ、いずれも大きな研修成果を上げて受講者からも高い評価を得た。

このほか、多数の研究生及び実習生を受け入れ、水道分野の研究指導にあたった。

院外においては、眞柄が東京工業大学、広島大学及び九州大学の非常勤講師を、国包が東京大学の客員教授を、相澤が大阪府立大学及び東京工業大学の非常勤講師等を務めたほか、各職員が厚生省関連各種研修会の講師、国際協力事業団、国際厚生事業団等による各種研修コースの講師を務めた。

4. その他の活動

行政支援の面では、眞柄、国包、相澤らが、厚生労働省（旧厚生省）の生活環境審議会専門委員会、検討会、懇談会等の委員として参画し、平成4年（1992年）の水道水質基準の拡充・強化、平成6年（1994年）の水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律及び特定水道利水障害の防止のための水道水源水域の水質の保全に関する特別措置法の制定、平成12年（2000年）の水道施設基準の制定等に寄与した。このほか、各職員が、水道に係る各種の指針やガイドラインの策定に貢献した。

水道整備計画、インドネシア国ジャカルタ市水道整備計画、シリア国ダマスカス市水道整備計画、カンボジア国プノンペン市及びシェムリアップ市水道整備計画、ケニア国ナイロビ市廃棄物処理計画等に関与した。国際協力事業団を通じての多大な貢献が評価され、平成5年（1993年）に、眞柄は同事業団から国際協力功労者として表彰された。また、眞柄は、平成6年（1994年）にタイ国チェンマイ大学より名誉博士号の称号を授与された。このほか、水道工学部は、平成13年（2001年）からはWHOが支援しているWSSCC（Water Supply and Sanitation Collaborative Council）のOperation & Maintenance Network事業のCoordinatorとして指定を受けた。さらに、先進諸国との技術協力の面においては、日米環境保護協力協定に基づいて定期的に開催されている日米水道水質管理会議の日本側担当機関として中心的な役割を担ったほか、日独科学技術協力協定に基づいて定期的に開催されている日独排水及びスラッジ処理についてのワークショップにも日本側代表として参画した。

[illegible]