

## 事後評価報告書

1. 研究課題名：「水の反復利用によるリスク低減のためのモニタリング評価と対策技術に関する研究」
2. 研究代表者名
  - 2-1 日本側研究代表者：京都大学大学院 工学研究科 津野 洋 教授
  - 2-2 中国側研究代表者：清華大学 環境科学与工程系 黄 霞 教授

総合評価： 優

### 3. 研究交流実施内容及び成果

本研究では、微量化学物質として、環境ホルモン(EDCs)、変異原性物質、残留性有機汚染物質 (POPs)、医薬品 (PPCPs) および消毒副生成物を取りあげ、また病原性微生物も対象として、これらの公共水域や下水・処理水中での汚染実態を把握し、生物試験や化学分析によるモニタリングをもとに相対的リスク評価の手法を提示した。さらに再利用水や水道原水に含まれるこれら微量汚染物質の分解・除去等の対策として、オゾン処理、膜処理、消毒などの技術の評価を試みた。相対的リスク評価は、下水処理水の再利用での利用性を、親水・修景・散水、生態、農業および地下水涵養など用水の観点で試みるとともに、両国間の比較も行った。

日本側グループでは、EDCs、POPs、PPCPs などについて、汚泥や底泥等からの抽出法や、水試料も含めての濃縮および機器分析 (GC/MS や LC-MS/MS) 法を確立した。特に固相抽出・濃縮法、異性体も含めた POPs 分析、70 種類程度の PPCPs の同時分析は高度の技術でありそのオリジナリティーは高い。この技術を各々2週間にわたる京都大学での3回の研修、ならびに北京市(1回4日間)および深圳市(1回3ヶ月間)での共同調査を通じて中国側の研究者に移転し、両国で共有することを実現した。

上記技術を用いて、公共水域および下水処理場での調査を共同(上記)および各々で行い、淀川流域、深圳市、北京市の水域や下水処理場の汚染実態が明らかにされ、比較・解析された。社会条件や気象条件が大きく異なる三地域間の比較は本研究交流により初めて実施したものであり、新規の成果として、天然ホルモンの濃度は大差はないが経口避妊薬である EE2 は日本では検出されず中国で比較的高濃度で検出されたこと、POPs の使用履歴の違いにより POPs の組成が異なること、高い割合を示す抗生物質は日本ではマクロライド系で中国ではキノロン系であることなどが判明した。

標準的な下水処理方式では、両国の下水処理場で、EDCs は除去されるが十分ではないこと、人工ホルモンは除去率が低いこと、中国では EE2 の濃度が高くその除去率は低いことが明らかにされた。PPCPs については、生物分解で除去されたもの、汚泥吸着で除去されたもの、および処理水に流出したものがあることが判明したため、さらに効率的な処理法の開発が必要と考えられた。

一方、日本側での研究結果では、オゾン処理により、EDCs や PPCPs の除去と消毒を同時に行なえることが示され、その操作因子として初期オゾン消費量等が提示された。またオゾン浄水処理での臭素酸の生成抑制にはイオン交換の前処理が効果的であることも示された。UV は、消毒が可能であるが、PPCPs の除去のためには相当の UV 照射量が必要であり、UV 処理単独では必ずしも有効な処理でないことも明らかとなった。また中国側では膜分離活性汚泥法の開発が検討され、NP は生物分解による除去が主であり、膜分離活性汚泥法で効果的に処理できることが示された。

両国水域の汚染状況の蓄積データを用いて、主に日本側研究者により解析が行われ、POPs のモニタリングは脂肪含有率で補正した濃縮係数で、また海水域ではムラサキイガイおよび淡水域ではシジミのデータで、有効かつ同時に評価できることが提示され、水質環境条件や POPs 使用歴の異なる水域で適用可能であることが示された。非発がんリスク HQ および過剰発がんリスク  $\Delta R$  による評価法の適用性が確認され、また水道水の消毒副生成物のリスク評価において、TDI 評価での暴露経路の寄与率が実測により明確化された。農業利用での病原性微生物のリスク評価は、Q $\beta$  ウイルスを用いた実験により提示された。

以上の成果は、本研究交流で行われた中国での 2 回および日本での 3 回の公開シンポジウムで発表し広く意見を聴取するとともに、研究報告書を作成した。また成果の一部は、査読のある国際学術誌等に投稿し掲載された。

本研究交流は、異なる気候や社会的条件下のデータを共同調査によって産生し解析できたことや、両国間で得られた最先端の知見や情報を交換することで新たな科学的価値を見出したことに意義があり、その成果は両国のみならず世界の科学技術の進展や、水環境問題と渇水問題の解決に大きく寄与するものと考えられる。

## 4. 事後評価結果

### 4-1 総合評価

京都大学と精華大学の研究者から構成される本研究グループは、プロジェクト開始前からすでに活発な研究交流を展開し、優れた実績をあげている。本研究では、こうした交流実績と水環境問題・渇水問題を背景に、微量有害化学物質と病原性微生物に注目して日中の汚染実態の解明やリスク評価の手法確立の課題に取り組み、研究の高度化・人材育成の推進と併せて大きな成果をあげた。とくに、シンポジウムや共同調査、分析技術研修（技術移転）などを通して活発な研究者交流が展開されており、その優れた成果は大学院生を含む若手研究者の発表に多く見られる。

一方、対策技術についてはこれまでの研究の継続に留まっている。時間的制約により汚染モニタリングの研究が途中で終了し、浄水・排水過程で生成される未知物質の検出・同定に至らなかったことは残念である。今後の研究交流の中で汚染モニタリング研究が継続され、その研究成果が国際誌等で発表されることを期待したい。

#### 4-2 研究交流の有効性

日本側の有する微量化学物質の高度分析技術を中国側で利用し、北京等の下水処理場および公共水域でモニタリング調査が実施されたことは、研究交流の有効性が具体化した成果として高く評価できる。また、中国と日本両国における汚染実態を比較できたことも、環境動態把握モデルの開発に繋がる有用な知見の産生を促したものと思われる。一方、中国側の膜処理技術等の高度水処理技術や下水処理技術等が、日本側の研究にどのような効果をもたらしたのかは明らかではない。日中共同の技術開発の進展が、新しい研究分野の開拓や更なる知の活性化につながることを期待したい。

人材の交流については、多数の研究者や大学院生が参加して分析技術習得のための研修が遂行され、共同調査やシンポジウム等の学術集会も予定通り実施・開催された。その成果は研究実績および業績としてあらわれていることから、研究交流の中で十分な人材育成が行われたと考えられる。

中国のみならず東アジア地域では大気による有害物質の越境移動が大きな社会問題・政治問題となっており、汚染実態の解明、リスク評価、処理技術の開発等に関わる共同研究の推進が求められている。本プロジェクトが成功を収めたことは意義深く、学術的成果のみならず社会的な波及効果も大きいことから、今後も研究交流の増加と継続的な発展が期待できる。

#### 4-3 当初目標の達成度

日中国際交流事業に相応しい分野と実績の専門家から構成され、また学会等の要職にあるメンバーや大学院学生・助教など若手研究者も含まれるなど、実効性のある実施体制で推進されたことにより、本研究交流はほぼ計画通りに行われた。当初の目標が達成されたことは明らかである。ただし、分析技術の研修期間が短く、技術移転の実効性については疑問が残る。相互の技術移転が更に進められ、水再生技術や水質リスクマネジメントに関わる共同研究の成果が将来具現化することを期待したい。