

長距離輸送大気と家庭排水の遺伝子毒性の評価および原因物質の毒性 寄与率に関する研究

長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科
柏汶志(Bai Wenzhi)

第一章では、本論文の研究背景と目的を述べた。世界各国において、人口増加や急速な工業化などによる環境問題が深刻になっている。本論文で着目した大気汚染と水質汚濁は人間の健康に悪影響を及ぼしている主要な2つである。2015年9月の国連サミットで採択された17の持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals, SDGs)において、いくつかのGoalが大気と下水処理の安全性に言及している。本論文では、この大気試料、および家庭排水試料を研究対象とし、その遺伝子毒性強度を明らかにすることを目的とした。具体的には、以下の3つの章で記した研究を行った。

第二章では、長崎県の森林地域と市街地で収集した浮遊粒子中のPAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons)の濃度測定とバイオアッセイであるumu試験を併用して、6年間にわたるPAHs濃度と総遺伝子毒性の季節変動の傾向を明らかにすることを目的とした。このPAHsは汚染物質の代表的化学物質の一つであり、いくつかのPAHsが遺伝子毒性又は発ガン性を有することが報告されている。本研究の結果、両地点のPAHs濃度と遺伝子毒性強度において6年間にわたって明らかな増減は見られなかった。また、両者はともに冬季が比較的高くなり、春から夏にかけて徐々に低くなる同調した傾向があることを見出した。後方流跡線解析の結果を合わせると、これらの汚染物質は主に、中国大陆と朝鮮半島から飛来したと考えられた。また、県民の森の汚染物質はすべて大陸から飛来したと仮定すると、長崎市内のPAHs濃度および-S9試験と+S9試験での遺伝子毒性は越境大気がそれぞれ約70%、100%と75%に寄与していることが見出された。次に、PAHsの中の特定の化合物比であるIcdP/(IcdP+BghiP)とFlt/(Flt+Pyr)の値を求めた結果、この冬季の大気中の毒性物質の起源は自動車等の工業活動ではなく、暖房用の石炭燃焼とバイオマスが主な排出源であると示唆された。一方、PAHs濃度と遺伝子毒性強度には、明らかな相関が見られなかった。すなわち、大気中の遺伝子毒性を有する化学物質はPAHsだけでなく、未知の物質も含めて多種多様であろうと推測できる。この詳細を明らかにするために、さらなる研究が必要と考えた。

第三章では、4種類の小型処理施設から河川等の環境へ放流された処理後の家庭排水の遺伝子毒性強度や細胞毒性を比較すること及び、どの種類の放流水が実環境へ悪影響を及ぼしているかを明らかにすることを目的とした。これまでに下水処理場やし尿処理場からの排水及び、小型処理施設で処理された単一の排水の遺伝子毒性に関する研究が

多少ある一方、本研究で調査対象としたような数十軒分の一般家庭の同型の浄化槽が集中する地域の排水に関する研究はほとんど見当たらない。これらの細胞毒性強度と遺伝子毒性強度を調べた結果、環境負荷は、単独浄化槽が最も高く、次に合併浄化槽、コミュニティプラントおよび汲み取り槽の順であった。この汲み取り槽地域から採取した生活雑排水は遺伝子毒性がごく微量か未検出であった一方で、し尿系排水と生活雑排水の両方を処理している合併浄化槽から、比較的高い遺伝子毒性が検出されたことから、家庭排水中の遺伝子毒性物質は主にし尿系排水由来であることを見出した。これは、本研究で得られた新たな知見であった。

第四章では、4種類の小型処理施設からの家庭排水を逆相系および近年開発された逆相系イオン交換カートリッジで濃縮し、これらの排水中の遺伝子毒性物質の酸塩基特性を明らかにすることを目的とした。逆相系カートリッジで抽出した結果、pH 2 で濃縮した試料の遺伝子毒性が最も高く、従来から報告があったように酸性の官能基を有する物質の遺伝子毒性が最も強いと分かった一方、これまでに全く研究されていない高 pH 領域である pH 9.5 で濃縮した試料でもそれに匹敵する強い遺伝子毒性を示すことを明らかにした。この官能基をより細かく分けて、評価するために、次に逆相系イオン交換カートリッジを使用した。その結果、弱酸性の官能基を有する物質は、家庭排水の遺伝子毒性全体の 50.7%に寄与していた。一方、遺伝子毒性の 46.9%は、強塩基性物質または両性イオンによることを見出し、本研究は初めてこれらの物質の遺伝子毒性を明らかにした。さらに、両性イオンは弱酸性官能基を有する物質に限られていることを見出した。

以上、本論文で行った長崎の大気及び家庭排水に関する研究から、いくつかの新たな知見が得られた。今後は、これらの結果が得られた新しい知見に基づき、主要な原因物質の特定や、環境中の遺伝子毒性物質を低減できる手法の開発が必要と考えられた。