

外 3-40

早稲田大学大学院理工学研究科

博士論文概要

論文題目

中国河川流域における都市から
の水汚染制御システムに関する研究

申請者
尹 軍

Y I N, J U N

平成3年12月

理 1549 (1803)

中国では、生活の西洋化、都市の近代化、工業化などによって、水汚染と水資源不足がますます深刻な問題になり、経済発展に過大な負担を強いており、工農業生産と都市発展の制限の大きな要因になる一方、環境破壊の問題が起り、市民生活と健康を脅している。

河川流域における都市区部の水汚染制御システムを計画する場合、河川のもつ自浄能力を十分利用した汚染物の削減量の最適配分を考えられる。本論文は、中国の河川流域における都市区部の水汚染制御システムの計画について研究し、第二松花江を実施例として、ケーススタディを行ない、今後の中国における実用的な計画に寄与することを目的としている。

第1章では、中国の水資源の現況、水汚染の実情と特徴、水環境に関する主な問題点とその対策から、水環境の現況を分析して、河川流域における都市区部の水汚染制御システムの最適計画の必要性を明らかにしている。

第2章では、現在の中国における水汚染の実情を明らかにするために、水環境を巡る河川、湖沼、地下水、近海沿岸の水質汚染について文献調査研究を行った。

代表的な7本の河川測定断面の汚染物の濃度は中国の国家地上水環境基準の三級を超えており、主な汚染物は有機物のCODとフェノールである。

主要35湖沼に対する水質調査によると、ほとんどが有機物のCODと富栄養化の主な原因になる窒素とリンで汚染され、最低の基準は六級であるが、年平均水質が四～五級になるのは半数近くである。

27都市に対する地下水の汚染調査結果、都市の生活污水による汚染が主な原因で、ほとんどの都市の地下水の硬度、アンモニア、亜硝酸塩、硝酸塩などが国家基準を超え、水質の悪い都市は統計総数の77.8%になる。

近海沿岸の場合は、各地域が石油類と有機物に汚染され、局部水域が水銀、銅、鉛、亜鉛、カドミウムなどの重金属に汚染されている。又、石油と有機物の汚染は中国の沿海水質汚染の主な類型であることを明らかにした。

第3章では、中国における地域の汚水量についての原データは少ないが、文献調査でいろいろ予測方法について検討した結果、最近提出されている Dynamic Model of Grey System (GM) 理論を選択し、その理論の基本的考え方と予測モデルを作る方法を示した。

GM法は、ほかの予測方法と比較すると、精度が高く、計算も簡単で、汚水量の長期予測に適用可能なことを示した。

応用例として、中国の生活污水総量、工業廃水総量、全体汚水総量及び地方都市（長春市）汚水総量の予測式を、GM(1,1)モデルで作って、2000年までの汚水量

を予測した結果、関連度の検定も0.6以上になることを示した。

第4章では、中国における汚水処理場の各ユニット処理施設の費用データを調査した上、最小2乗法により、汚水処理場総面積、汚水処理場ポンプステーション、沈砂池、貯砂池、一次沈澱池、二次沈澱池、曝気池、接触池、汚泥濃縮池、汚泥脱水ステーション、汚泥天日乾燥床、汚水処理場管理センター、汚水中間ポンプステーション、合流式中間ポンプステーションなど14種類、それぞれの総建設費用式、土木建設費用式、配管費用式、設備費用式など合計32式を解析した。

それに基づいて、物価のインフレ率を考える動的な費用式を作成した。

32式の費用関数式の弾力係数を解析した結果、全て1以下であることを示し、費用の変化速度が処理流量の変化速度より遅いことが分った。それによって、費用別の各処理施設の順番序列を示した。

また、各処理施設の単位流量別の総建設費、土木建設費、配管費、設備費の変化率を求め、処理施設の処理流量が増大するとともに、単位処理流量別の諸費用は全て小さいことが分り、その降下速度の早さの順番を作った。

次に、各処理施設間の諸費用の大きさを比較するために、費用分岐点を求める計算式を提案し、三分類出来ることを示した。

第5章では、排水管の費用は主に排水管の直径と掘削深さによる二次関数式で表すことができることから、二次回帰分析方法を用いて、埋戻し土の乾土(CyG)、埋戻し土の湿土(Cys)、埋戻し土がない乾土(CwG)、埋戻し土がない湿土(Cws)にわけて、費用関数式を解析し、物価のインフレ率を考える動的費用関数式を作った。

その結果通常排水管の費用変化速度は、排水管の直径の変化速度と掘削深さの変化速度より低いか接近していることが分った。

又、排水管の掘削深さと直径をそれぞれ定数にするときの費用分岐点を求める計算式を作り、具体的な計算の例を類型化した。

さらに、排水管の費用関数式を都市の排水管网システムの最適計画に応用するために、掘削深さを水力学勾配に変換し、中国における排水管网システムの最適計画のための動的目標関数とその約束条件を取り上げた。

第6章では、現在中国で一般的に利用されているシステム設計法によって、中国の活性汚泥法汚水処理場に対して、総費用と建設費用を求め、それぞれの費用関数式を解析した。

また、汚水処理場の1m³当たりの汚水処理の総費用と建設費用の単価関数式によれば、汚水処理流量の増加とともに、それぞれの費用単価は小さくなり、除去率を

定数にすれば、総費用と建設費用の変化は徐々に小さくなる。

污水処理場の総費用と建設費用の弾力係数は、全て1以下であることから、除去率を定数にする場合、費用の変化率が処理流量の変化率より大きいことが分った。

又、污水処理場の費用関数式の費用臨界点を求める計算式を作り、除去率がそれと等しい場合、污水処理場の総費用と建設費用は除去率と関係ないことが分った。

第7章では、第二松花江を対象にし、各河川断面の水質汚染の現況調査の結果によって、SS、COD、フェノール、シアン、砒素、水銀、カドミウム、鉛、石油類、弗素物、硫黄物、クロムなどの12項目の汚染物を評価項目とした。八つの地区と六つの主要河川の汚染負荷を求めた結果、主な汚染地区は長春市と吉林市で、汚染河川は飲馬河と第二松花江の幹流であることが分った。

なお、Thomas修正式を用いて、第二松花江の五つの断面の冬の濁水期における脱酸素係数 k_1 、河川の再曝気係数 k_2 、及び沈浮係数 k_3 を求め、そのモデルを解析した。その結果、各断面の k_1 の差があまり大きくないが、 k_2 は河川の凍結状態によって相当の差があり、 k_3 の値も吉林市の污水を受納する上流断面が大きく、下流の方が小さいことが分った。

さらに、第二松花江の水質環境基準のBODとDOの要求を満足するBODの削減量を計算し、河川の自浄能力から四つの河川断面地域のBODの削減量を求めた。その結果、主に吉林市の汚染物を受納するハダワン断面に集中することが分り、これを第8章の河川流域における汚染物削減量の最適配分に関する研究の応用例の根拠とした。

第8章では、汚染物を処理する総費用を最小化を目的とし、汚染物の削減量を最適に配分する手法を示した。そのために、第6章で解析した污水処理場の費用関数式と第7章で求めた汚染物の総削減量を用いて、二つの汚染物(BOD)の最適配分モデル、すなわち条件極小値配分モデルとマトリックス配分モデルを提案した。

第二松花江における吉林市区部の汚染物削減量の最適配分を実例として、この二つのモデルを応用した結果、どちらも適用できることを示し、結論も一致している。この方法はすべて二次処理で污水処理場を計画する従来方式より、1982年で24%、1988年で31.6%の総費用を削減できることを示した。

第9章では、本論文の結論として、以上の結果を総括し、現在の中国の経済力を前提として水汚染問題を解決するに当って、大変有用であることを明かにした。