

水理模型実験による廃水拡散の研究(1)

江村 富男*・鬼塚 正光**
深尾 浩***・山口 文男***

1. ま え が き

臨海工業地帯の大規模な工業団地などから排出される各種の廃水による公共用水域の汚染は単に農水産業に被害をおよぼすだけでなく、地先水域から工業用水として海水を取水している企業にも影響をもたらす、水資源についての新たな問題をなげかけている。このような水質保全に関する公害が発生しないように臨海工業地帯の造成、立地計画を合理的に推進するためには廃水の移動、混合、拡散等について現況を十分に調査すると同時に、計画完成後の状態を事前に把握して、十分に対策をたてていかなければならない。

著者らは昭和41年7月から、こうした事前調査の一環として、水理模型実験による廃水拡散の研究に着手し、平面水槽、潮流発生装置、基礎平面水槽、および海流発生装置などの実験施設を建設した。平面水槽に東京湾模型を製作し、昭和43年3月より水理実験を実施しており、ここにその実験施設および実験概要を報告するものである。

沿岸水域の廃水拡散の解析は現地における諸定数を用いて、運動方程式および連続方程式を正確な初期条件、境界条件のもとに解かれる。しかしこれらの式の諸因子、諸定数は十分に解明されていず、平均化の過程を経て求められた解は現地の現象を十分に説明できない。したがって、沿岸水域の拡散の研究は条件を制御した基礎的な研究の解が必要である。工場などの廃水の海水域における拡散現象を支配する因子として潮流、吹送流、密度流、その他多くのものが考えられるが、今回は、東京湾における主要因子を潮流として水理実験を実施している。

埋立造成による工場立地地先水域の水理条件を大きく変えることであり、水資源利用のうえから、関係各分野の十分な調査をしなければならない。著者らはつぎの観点から、これらを検討することにした。

(1) 現状模型による潮位、流況および拡散速度の原型との相似性について

(2) 将来模型による流況および汚染物質の濃度分布の推定

なお、この実験目的としては、水理模型による拡散実

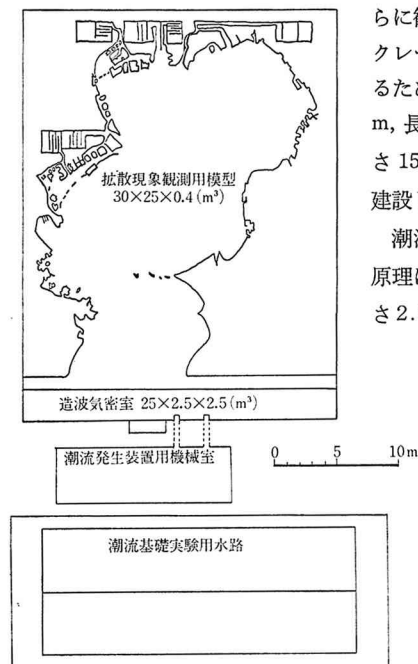
験上の諸問題について解析手法を確立し、その裏づけとなる基本的な諸問題について研究する。

2. 実験装置

拡散水理実験のための実験施設と観測装置の仕様の概要はつぎのとおりである。

拡散観測用水槽：図-1に示すように幅25m、長さ30m、高さ0.6mである。そのうえに自然通風による外乱

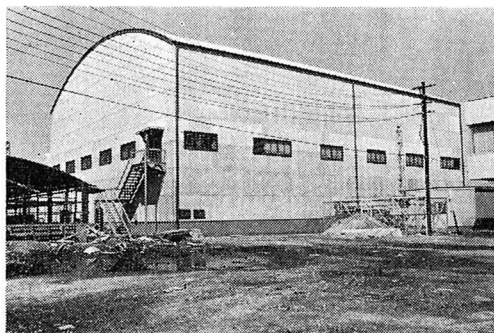
図-1 潮汐発生装置全体図



を除くためと、さらに観測用オートクレーンを設置するために幅28.5m、長さ36m、高さ15mの建屋を建設した。

潮汐発生装置：原理は幅25m、高さ2.5m、奥行2.5mの空気室をもつニューマチックタイプで、気密室内と水槽の水位の基準面が一致するようにした。

写真-1 廃水拡散第1実験室外観図



* 正会員 工博 工業技術院資源技術試験所

** 正会員 同上

*** 正会員 同上

図-2 空気圧伝達系統図

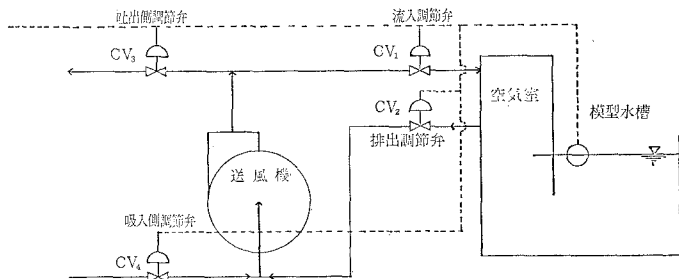
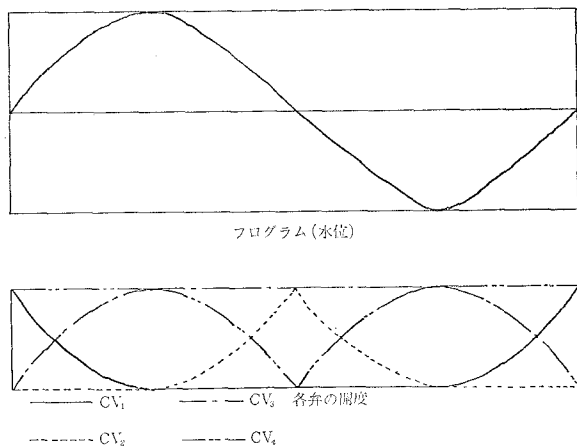


図-3 プログラムと各調節弁の動作



本装置により制御される潮位差と潮汐の周期は、本邦における調査予定地区の縮率と使用頻度を検討してつぎのようにした。

設定周期範囲：2分～60分

設定潮差範囲：0 cm～ ± 2.5 cm

本制御方式は気圧式であって、送風機、調節弁の性能が問題になるので、これらについては理論的に十分検討を加えて選定した。とくに、サージ現象をさけるために図-2に示すような空気圧伝達系統をもつ制御方式を採用した。この方式の特徴は気密室内と水槽の基準面で一致した時刻から実験を開始できるので、初期条件の設定が容易である。調節弁の正弦波型の制御を行なう場合の弁の動作特性をプログラムと対比して示すと図-3のようになる。

上記の潮汐発生装置の動作を制御する計装系統図は図-4のようである。この計装系統によりプログラム設定信号と同一波型の潮汐を $\pm 1\%$ 以内の偏差で水槽内で発生できるよう設計した。

潮流基礎実験装置：内湾型の模型の場合は前記の現象を再現できるが、沿岸流の発生している海域は潮汐発生装置のみでは現地を再現できない場合や局所的な水域の汚染が問題になる小さなスケールの現象を正確に解析しなければならない場合は流況を補正する必要がある。

る。

本装置はこのような場合のため設計されたもので、海流や乱流などの基礎的研究に用いられる。この装置は図-1に示す基礎実験水槽（長さ 28 m、幅 10 m、深さ 1.5 m）とポンプ装置とから構成されている。ポンプ装置は流量を制御する方式としてポンプと特殊運動弁を組み合わせたものである。

特殊運動弁の原理は図-5のようであり、

図-4 潮汐発生装置計装系統図

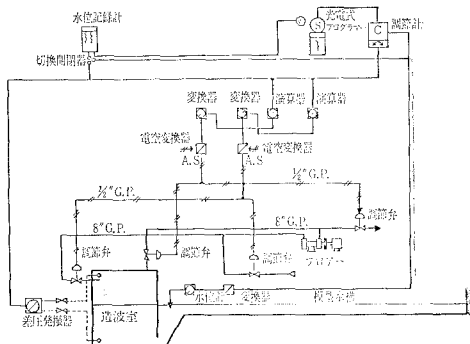
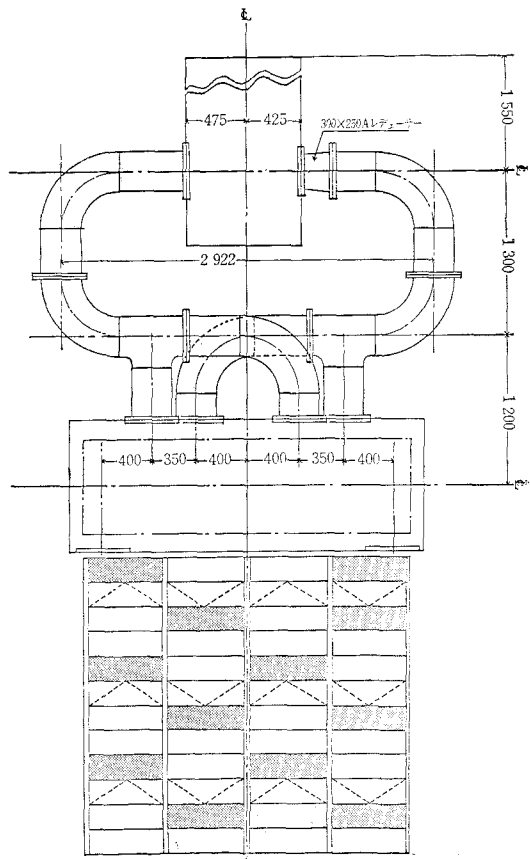


図-5 連動制御弁の原理



2個の円筒を用いて内側の筒の軸を回転することによりスリットの開度を変え、流量および流れの方向を制御することができる。本方式は多数の調節弁を用いる方式にくらべ機構が簡単であり、制御も容易であるという特長をもっている。流量制御は回転を $0 \sim \pm 30^\circ$ の間で任意に設定して流量調節するもので、流量特性によって内筒の窓の形は決定される。流向についても回転軸を中間点からの変位を逆側に回転することにより逆流させる。本装置の仕様は

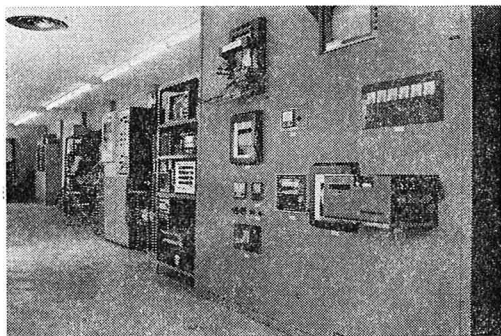
潮流設定範囲：2分～60分

水量制御範囲： $0 \sim \pm 9 \text{ m}^3/\text{分}$

計測装置：拡散模型実験では縮尺の大きな模型を取扱うことが多く、模型内の誤差は原型に対比すると大きな誤差となるので計測や解析機の選定にはできるかぎり精度の高いものにし、これらは写真-2に示す制御室での集中管理できるよう配置した。

模型湾内の水位の時間的变化は電気容量式精密波高計で、湾内の6地点における流速は超音波式流速計で x と y の二つの水平分速を同時に計測され、その出力は必要に応じて直接高速度データ処理装置でデジタル量に変換し計算機にかけられる。

写真-2 観 測 室



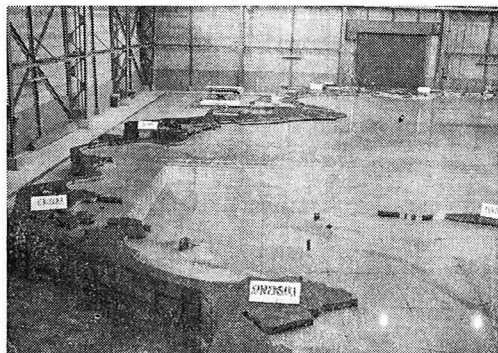
自動試料装置では6カ所で任意の周期で採水することができ、トレーサーはターナーの111型蛍光光度計で自動的に分析、記録する。さらにトレーサーの平面的ひろがりおよび流跡を求める浮標の時間的变化は水槽上約11mの箇所に設けたオートクレーン式観測装置で16ミリおよび35ミリカメラを制御信号により撮影し、メモーション撮影データ解析装置で解析される。

3. 模型および実験の経過

東京湾模型：模型の範囲と縮尺は現地観測資料をもとにして決定した。水槽の全長を使用して、北緯 $35^\circ 10'$ の浦賀水道以北の東京湾模型を製作し、その水平縮尺は2000分の1、鉛直縮尺100分の1、したがってひずみ率は20である。

原型では最も深いところは130mに達するが、これは湾口のごくせまい面積を占めるだけであり、今回の事前

写真-3 東京湾模型（観測室より東京港をのぞむ）



調査の対象となる京葉工業地帯から十分離れている。したがって、この部分の影響は無視できるものと考え、水深50m以上のところは全部50mとした。また模型の方向は潮波の進行方向を考慮して決定し、荒川、多摩川、江戸川などの大きい河川の感潮部を平均断面と感潮域の長さの縮率で製作し、海底地形とともにモルタル、刷毛仕上とした。

実験の経過

廃水の拡散を調べる水槽実験には、拡散現象を支配する水流の乱れについての相似則がとくに要求される。このために、適量の蛍光染料を工場廃水の代りに使って模型の海域の特定の箇所に点状に排出した。試料が潮流によって流動拡散する状況を16ミリ撮影機により撮影した。染料域のひろがりの模様や投入後の経過時間、染料域の面積との関係から模型の各箇所において拡散係数を算出した。さらにその結果により現地実験での拡散係数との比較により模型を調整した。しかし拡散係数の相似は困難な問題であるため、明確な解答はまだ得られていない。また、染料実験と同時に、水面にフロートを投入し、その流跡を一定時間ごとに撮影し、表面における流跡、流向、流速などを近似的に求め、現地実験における浮標追跡結果と比較した。この結果、対象海域の流況は原型がかなりよく再現されている。また恒流および潮流による水粒子の流動距離は、ほぼ再現されている。

4. む す び

以上、今回の報告は資源技術試験所に設置した拡散水理模型実験装置の概要を報告した。なお、東京湾模型実験結果の詳細については当日報告する予定である。

最後にこの実験装置の設計に当って終始適切なご指導を賜った京都大学防災研究所 岩垣雄一教授、ならびに昭和41年～42年度招へい研究員であられた、防災研究所 樋口明生助教授、また実験施設の設計にあたって有益な資料をいただいた農林省農薬土木試験所中村充室長、さらに、模型製作に協力していただいた京都大学防災研究所北川吉男技官に深甚の謝意を表わす次第である。