

京都大学	正員	岩井 重久
京都大学	正員	○合田 健
京都大学	準員	植松 邦孝
京都大学	準員	南部 祥一

下水、産業廃水や放射性廃水が河海に放流される場合、放流された廃水が各種用水取水点、附近の水産業、農業などに及ぼす影響をよきと推定することは衛生工学的極めて重要な問題である。本研究は河海、とくに河川にこれら廃水が放流された場合、それが流下とともに拡散稀釈をうける過程について、水理学的、および衛生工学的な立場から検討を試みたものである。

一般に廃水の放流は、連続的に行なわれる場合と間欠的に行なわれる場合とに大別でき、それぞれに利害得失があるが、我々はまず後者の一例として、水路に短時間廃水が放流された場合の拡散稀釈現象について理論的、実験的な検討を行った。

開水路乱流中では、ある物質が集中的に投入された場合、物質は流下とともに拡散稀釈されるが、この場合の拡散は通常乱れによるものが主体であるから、拡散係数と乱流の運動量交換係数におきかえた場合の拡散方程式とくこことにより、物質濃度の変動を計算する式が得られる。いま、(1)；投入された物質の流体に対する追従性は完全である。(2)；拡散は流れの方向 x のみについて考える。(3)；流れは二次元等流である。と仮定し、物質の集団が平均流速 u と等しい速度で流下する場合、原点が物質の集団と等流速で移動する座標系を考えれば、物質濃度変化の基礎式は簡単に(1)式つようになる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - (\lambda + \mu) C \quad (1)$$

ここに C は単位体積水中の物質濃度（もしくは放射能強度）、 x は移動座標系において原点から流下方向に測った距離、 t は時間、 E は拡散係数でこの場合乱流による運動量交換係数をとる、 λ は放流される物質の崩壊による自己減衰係数、 μ は物質の吸着や沈澱等による減衰と長わす係数である。

(1)式の解を求める場合、断面積 A の水路に濃度 C_0 の物質が容量 V だけ投入された場合、 x 方向に注入点から $\pm \xi$ の濃度の拡がりを持つとして次の初期条件を与えた。

$$C(t=0, x) = \frac{C_0 V}{2A\xi} \quad -\xi \leq x \leq \xi \quad ; \quad C(t=0, x) = 0 \quad \xi < |x| < \infty \quad (2)$$

(2)式に示した条件を満足する(1)式の解を求め、さらに移動座標系 x から、物質の放流点と原点とする固定座標系 X に変換すると(3)式が得られる。

$$C = \frac{C_0 V}{2A\xi\sqrt{\pi}} \exp[-(\lambda + \mu)t] \int_{-\frac{\xi + X - ut}{2\sqrt{Et}}}^{\frac{\xi - X + ut}{2\sqrt{Et}}} e^{-\xi^2} d\xi \quad (3)$$

この式を計算すれば、ある物質が水路中に短時間放流された場合の放流点より下流 X の地

臭における物質濃度の時間的变化を知ることが出来る。

一般に放流された物質の初期濃度分布は不規則な形をしており、純数学的に取扱う事は容易ではない。そこで我々は実際計算にあたっては水文学における単位図法の考え方と入れ、初期濃度分布を多数の単位区劃に分割し、それぞれ区劃切片と独立に(1)式の初期条件として与え計算を行なうことを考えた。従つて、放流臭より距離 X の地点における濃度の時間的变化はそれぞれの切片の拡散流下した影響を加算したものとしよう。とあわせる。

この考え方による理論の検討を行ふため、琵琶湖疏水深草附近の直線水路において塩化アンモンおよびフルオレッセン溶液とトレーサーとして拡散稀釈の実験を行つた。その結果、理論と実験がよく一致することを知り、種々の水理条件に対する拡散係数 E と基礎実験の結果から知つておけば、河川に短時間放流された廃水の拡散稀釈状態を、(3)式により推算しうることがわかつた。この理論計算、実験の結果についてとりまゝ詳細に報告する。

以上は廃水と固けつ的に放流する場合についてであるが、比較的大きな河川の片側から汚水が連続して放流される場合には、拡散の基礎式は

$$u \frac{\partial C}{\partial X} = E \frac{\partial^2 C}{\partial Y^2} - \lambda C \quad (4)$$

となり、 $x=0$ で $C=f(y)$; $y=0$ で $\partial C / \partial y = 0$; $y=L$ で $\partial C / \partial y = 0$ の条件で(4)式を解けば廃水の濃度変化と知ることができ、放流臭より下流 X の距離における濃度の断面平均から、平均稀釈率 K として(5)式が得られる。

$$K = \frac{\bar{C}}{C_0} = \frac{q}{Q} \cdot \frac{L}{l} \cdot e^{-(\lambda u)X} \quad (5)$$

ここに l は $C=0$ の等濃度曲線の Y 座標、 C_0 は放流汚水濃度、 $\bar{C}$ は断面平均濃度、 q は汚水放流量、 L は河川中、 Q は放流臭より下流の河川流量である。

(5)式に於いて、 l と定量的に検討しておけば、任意位置における汚水の稀釈率は容易に推定できる。この理論と検討するためには中 20cm 、全長 10m の実験水路を用い、フルオレッセン溶液とトレーサーとして水路の片側から放流した場合の実験を行つた。その結果放流口近くの拡散が他の部分に比較して著しく、その傾向は放流量が増加するに従つて強くなつてゐる。これは放流によるさまざまな水路内の乱れに密接な関係があると考えられるが、現在これを検討を続けている。

なお本研究は、廃水の放流が公共水域で行なわれる場合、下流に有意の悪影響を及ぼさないためには、放流臭においていかなる工夫、管理がなされるべきかという課題を解決するための基礎的研究である。