

大阪市立大学

正 会 員

小田一紀 重松孝昌

学生会員 ○

小林徹雄 岡本 寛

(株)ブリヂストン

山瀬晴義

1. はじめに

環境に関する意識が高まる昨今、物質の拡散に関する問題は重要な研究課題である。たとえば、大気中の花粉の飛散や海岸近傍の飛塩、また、海洋工事の際に発生する濁水の拡散現象もその一例として挙げられよう。ここでは、沈降性物質が一方に流れる流体中を拡散する場合をとりあげ、水面から垂下された膜周辺の物質の沈降・拡散に及ぼす膜の高さ(水面下の鉛直高さ)の影響を、鉛直2次元実験を行って検討する。

2. 実験概要

実験は、長さ50m、幅2.5m、高さ1.5mのコンクリート製の流れ水槽を、隔壁を用いて幅1.0mに縮小した部分で行い、水深は1.0mとした。垂下膜の上端は水面に固定し、下端には100gf/mの幅方向に一様の重さの錘をつけた。膜には不透水性の合成繊維布を用い、その高さは25, 50, 75cmの3種類とした。また、流れの断面平均流速 U_0 は3.2cm/secとした。沈降性物質としてはカオリンを用い、その濃度10000mg/lの溶液1lを約45秒間かけて垂下膜の設置位置から1m上流の水面から放出させた。濁度は9台の光感度式濁度計(ケネック製)によって、サンプリング周波数10Hzで1測点あたり120秒間測定し、その時系列データからカオリン溶液放出後の各経過時刻における濃度分布を求めた。この種の実験では再現性が問題となるが、本研究では1測定点あたり3回づつ実験を行い、得られた結果に平均化操作を施すことによってその地点の濃度とした。

3. 実験結果および考察

図1～図4は、各地点の濃度を濁りの負荷点から下流5cm、水面下2cmの位置(ほぼ濃度が一樣になった地点)で計測した濃度で無次元化した等濃度比線図である。また、図中の $x/h = 0$ の水面が濁りの負荷点である。

図1は、膜を設置しないときの実験結果である。濁りの分布領域は、カオリンの沈降特性のために鉛直方向へもその領域を拡げながら流れとともに流下していることがわかる。

図2は、相対膜高 $l/h = 0.25$ の垂下膜を $x/h = 1.0$ の地点に設置したときの実験結果である。図1(b)では濁りの分布領域は $0 \leq z/h \leq 0.6$ と鉛直方向に広がっているが、図2(b)では $0.25 \leq z/h \leq 0.75$ と狭くなっており、垂下膜によって濁りは膜の下端から下流側へ流出していることがわかる。また、濁りの水平方向の分布領域に着目すると、膜のない図1(b)では、 $1.2 \leq x/h \leq 2.7$ に分布しているのに対し、膜を設置した図2(b)では $0.8 \leq x/h \leq 4.1$ と広く分布していることがわかる。すなわち、垂下膜を設置することによって、濁りの分布領域は鉛直方向に小さく、水平方向に大きくなることがわかる。しかし、図2(c)からわかるように、濁りの発生から120秒経つと、濁りは上層に舞い上がり、鉛直方向の分布領域は、 $0 \leq z/h \leq 0.8$ と大きくなっていることがわかる。また、同図(d),(e)より、さらに時間が経つと水平方向の濁りの分布領域も一段と大きくなっていることがわかる。

図3は、相対膜高 $l/h = 0.5$ の垂下膜を $x/h = 1.0$ の地点に設置した時の等濃度比線図である。濁りの発生から60秒後の同図(a)から、濁りの大部分が垂下膜前面に滞留していることがわかる。同図(b)より、濁りの発生から90秒経つと、膜の下を通過して濁りが下流域に流下しているが、その分布領域は垂下膜によって水底付近に移動していることがわかる。しかし、同図(c)～(e)をみると、垂下膜背後の濁りの分布領域が上昇する傾向がみられるが、これは防止膜背後に形成される後流の影響であると考えられる(流況の詳細については、文献1)を参照されたい)。相対膜高を $l/h = 0.25$ にした図2(d)と $l/h = 0.5$ の図3(d)とを比較すると、 $l/h = 0.25$ の場合には、濁りの分布領域は $0 \leq z/h \leq 0.8$ であるが、 $l/h = 0.5$ の場合には $0.2 \leq z/h \leq 1.0$ となっていることがわかる。また、 $l/h = 0.5$ の方が $l/h = 0.25$ の場合よりも $C/C_0 = 0.05$ の領域が下方に位置していることから、相対膜高を $l/h = 0.25$ の場合よりも濁りの沈降を促進する効果が高いことがわかる。

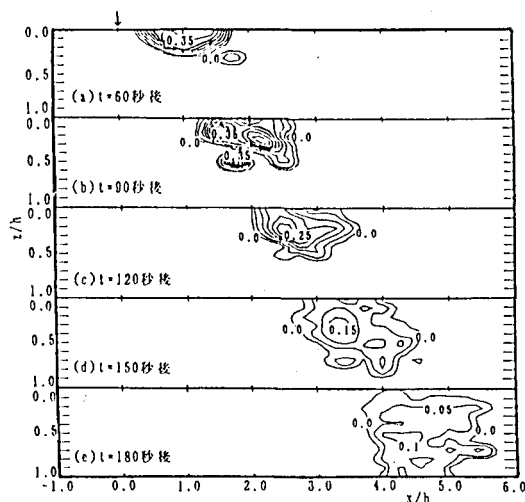


図-1 等濃度比線図(垂下膜を設置しない場合)

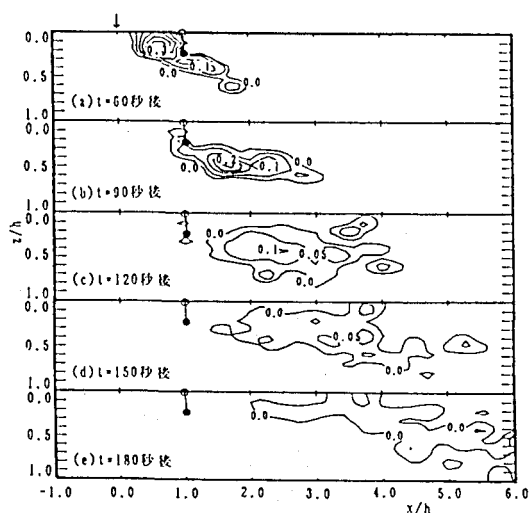


図-2 等濃度比線図 ($l/h = 0.25$ の場合)

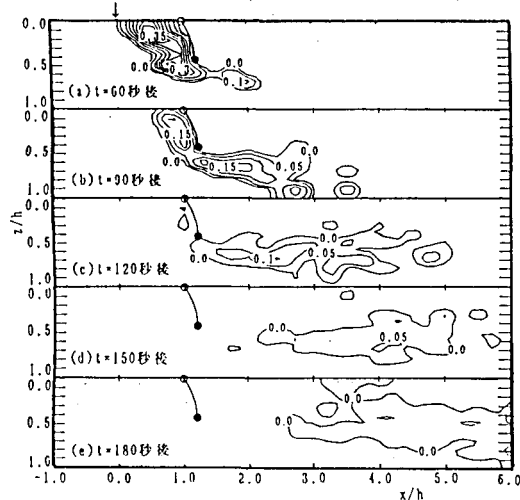


図-3 等濃度比線図 ($l/h = 0.50$ の場合)

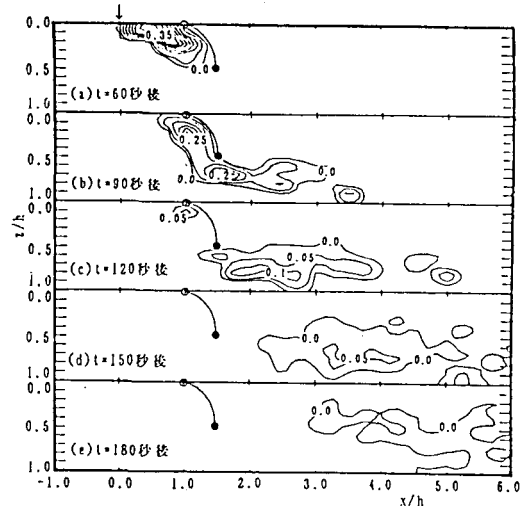


図-4 等濃度比線図 ($l/h = 0.75$ の場合)

図-4 は、相対膜高 $l/h = 0.75$ の垂下膜を $x/h = 1.0$ の地点に設置したときの等濃度比線図を示したものである。図-4 と図-3 を比較すると、 $l/h = 0.5$ の場合と $l/h = 0.75$ の場合の垂下膜による濁りの下層への輸送や垂下膜の下流における濁りの分布、また時間の経過による濃度の低下等の傾向は良く似ていることがわかる。筆者らによる膜周辺の流況実験¹⁾によれば膜背後の乱れ特性はその膜高¹⁾に大きく依存しており、両者を比較すると膜高がほぼ等しいので膜周辺の物質の拡散状況もほぼ同様になると考えることができる。

4. まとめ

本実験によれば、垂下膜を設置していないときに水面付近を流下する濁りは、垂下膜を設置することによって膜に沿って水底方向に輸送されること、すなわち、垂下膜には濁りの沈降を促進する効果があること、さらに、膜高が高いと沈降促進効果が大きくなることがわかった。また、膜から下流域に流出した濁りは時間の経過とともに広く分布するようになるが、膜を設置しないときよりもその濃度は低下することがわかった。

参考文献

- 1) 小田一紀ほか：海岸工学論文集第 38 巻 (2), pp.876-880, 1991.