

徳島大学工業短期大学部 正 細井由秀
同 上 正 村上仁士
徳島大学大学院 学 大東正男

1. 本研究の目的

水質汚濁を考えるうえで、溶存酸素濃度が重要な因子となるために、流水中の溶存酸素の消費や供給について、古くから多くの研究が行われてきた。とくに好気性微生物の有機物分解により消費された酸素が、大気より水面を通して供給される、いわゆる再曝気に関しては、種々の研究があり、理論、実験の両面から、再曝気係数と水理パラメータとの間の、多くの関係式が提案されている。これらの研究においては、当然のことながら、水の運動に関する研究成果を利用してモデルが構築されており、水の運動特性により再曝気係数を予測しようとしている。したがって水理学における乱流等の分野の研究の進展が、再曝気に関する研究の上で、重要な位置を占めていたであろうことは言うまでもない。

現在、再曝気の研究の中心となっている考え方は、気液界面に存在する液相側のエッセメントが、液相主流部の乱れにより連続的に更新され、その間に分子拡散によりガス移動が起こるという、Danckwerts¹⁾に於ける界面更新理論に基礎をおいたものである。界面更新モデルを扱う場合には、気液界面付近の液体の運動と、更新率との関係づけが行われるが、界面付近の流動のモデル化をいかに厳密に行なっても、直接的な測定によりモデルを検証することは容易ではなく、結局は平均流速や水深等のマクロなパラメータと関連づけて議論を行なわざるをえない状態が続いている。水面付近の乱れを直接計測し、再曝気係数にむすびつけようとする研究も若干行なわれているが、²⁾いまだ十分であるとはいえない。よって今後とも再曝気係数の予測式の改善は、水面付近の乱れに対する研究の進捗にかかっていると言える。

このように、従来より再曝気のみならず拡散等の研究においては、まずその場の水理学的な特性を明らかにした後、水質を扱うといった方法がとられてきた。そのために、対象場の流れの計測やモデル化に、重点がおかれてきたように思われる。しかし、逆に考えれば、水質の挙動がその場の流れの特性を示していると考ええることもまた可能であろう。すなわち、再曝気係数を定式化するために、対象とする場の乱れ等の水理特性を明らかにすることが必要であるとされてきたが、逆に再曝気係数を検討することにより、流速場の特性を明らかにすることができないのではないかと考えられる。とくに流速計やトレーサーによる計測が困難な場合には、乱れにより大きな影響をうける再曝気係数を、流速場の検討に利用することは、有力な手法となり得ると考えられる。

本報告は、以上のような観点より、再曝気特性による流体運動の把握の可能性を、対象場を砕波帯に求めて探ってみたものである。

2. 再曝気係数による砕波後の運動の検討例

沿岸部における波の変形・砕波過程については、救力や抗掘、漂砂等の予測のために、種々の研究が行われているが、砕波は遷移過程における不安定な現象であるため、流速場の計測や理論的な扱いがむづかしく、その内部機構は十分に解明されていない。

図-1は造波水槽の一端に1%の一樣勾配を設けて砕波をおこし、砕波帯における平均的再曝気係数を求め、砕波波形勾配を整理したものである。詳しい実験方法は

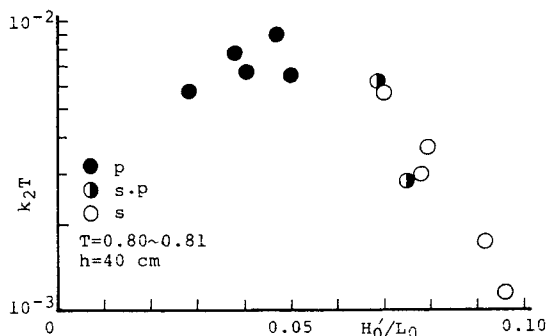


図-1 砕波波形勾配と再曝気係数との関係

文献3)に示されているので省略する。図1の凡例中のPは、目視観測により砕波形式が巻き波(plunging breaker)と認められたもの、Sは崩れ波(spilling breaker)と認められたもの、SPはいずれとも半別がつかなかったものを示している。巻き波の場合には、沖波波形勾配の増加により再曝気係数も増加するが、崩れ波では逆の傾向を示している。このことは、崩れ波では気泡や乱れがおもに水面近くに存在するのに対し、巻き波の場合は底の方にも及び、砕波の形式により砕波後の乱れの分布が異なることを示しているものと言えよう。また、目視観測では砕波の形式が判断できなかった図中のSPの実験は、ともに砕波後は崩れ波の運動特性を示していることが、再曝気係数の検討により明らかにされている。このように従来は目視で分類されていた砕波形式が、再曝気特性を調べることににより、砕波後の運動により分類することが可能になると考えられる。

図2は、巻き波型の砕波について、同一条件下で、砕波点より岸側の底面に、高さ2mmの粗度をつけた場合と、ない場合の再曝気係数値の比較を試みたものである。両者の間には差がないものとみなされ、図1)における再曝気係数が粗度に因係するのとは対照的である。

一方、砕波の斜面勾配が $\frac{1}{10}$ と $\frac{1}{20}$ の場合の巻き波について、砕波帯内の再曝気係数を比べてみたところ、沖波形状と砕波水深がよく整理され、斜面勾配の影響は顕著ではなかった。⁴⁾砕波後の運動、とくに再曝気に関与する運動に関しては、沖からの入射エネルギーや、砕波水深で代表されるような砕波特性が支配的な因子であり、斜面勾配の影響は小さいと言える。

これらのことより、砕波帯内の乱れの大部分が砕波自身によって供給されるものであり、乱れに対する底面の影響はほとんどないものと考えることができると。最近、難岡ら⁵⁾は、レーザードップラー流速計を用いて、砕波帯付近の流速場を測定し、砕波帯外では底面近傍が乱れのsourceになっているが、砕波帯内では上層のcoreに伴う乱れが支配的であるという、上記の考察をうらづける報告を行なっている。また従来からいくつか報告されているように、砕波後の波高減衰に対する底面摩擦の効果は小さいという事実も、これらの推論と一致する。

図3は崩れ波型砕波による、砕波帯内の水面における物質移動係数 K_L (%)を、沖波波形勾配で整理したものである。単位水量あたりの水面面積が大きいほど(海浜斜面勾配が小さいほど)、傾向は著しくなっていた。図は斜面勾配 $\frac{1}{20}$ のものである。沖波波形勾配が増加すると再曝気係数は減少したが、物質移動係数は増加している。このことから、崩れ波型の砕波による乱れや気泡は、沖からの入射エネルギーが増加すると増加し、それはほとんど水面付近に分布しているものと思われる。

3. あとがき

ここで行なったような試みは、今後、基礎的な場における気液界面付近の液体の運動と、ガス移動との関係が詳しく解明されていけば、有効な方法になり得ると思われる。適用場と適用方法について、さらに検討を行なう。日頃から研究進捗上に教鞭をいただいている、京都大学、佐友恒教授に謝意を表す。

参考文献

- 1) Danckwerts, P.V.: Ind. and Eng. Chemistry, vol. 43, No. 6.
- 2) 平山・今岡・松尾: 第17回衛生工学研究討論会論文集, 1971.
- 3) 細井・村上・大東: 第29回海岸工学講演会論文集, 1982.
- 4) 細井・村上・大東: 土木学会第38回年次講演会, 1983.
- 5) 難岡・近藤・田中: 港湾技術研究所報告, 21巻 2号, 1982.
- 6) 松尾・岩田・松本: 第21回海岸工学講演会論文集, 1974.

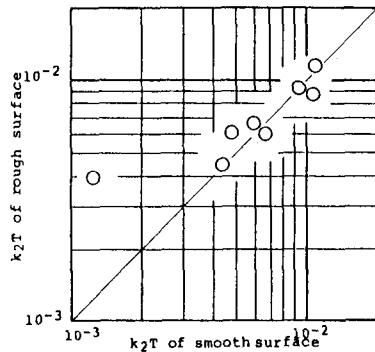


図2 再曝気に対する粗度の影響

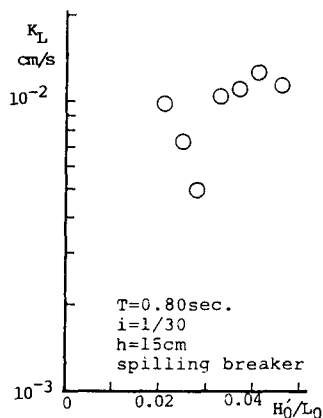


図3 崩れ波の物質移動係数