

第II部門 砕波帯での酸素取り込み機能に関する実験 (1/10 および 1/30 勾配の場合)

大阪市立大学 正会員 角野 昇八
大阪市立大学 学生員○ 杉田 智行
清水建設(株) 合田 巧

1. はじめに 海水中の溶存酸素は、海水の水質浄化、生態系の育成、沿岸域の環境保全に大きな役割を果たしている。溶存酸素の供給には、海水中の植物による光合成のほか、大気中から海水中への酸素の取り込み作用(再曝気作用)がある。海岸付近の海域で行われる再曝気のうち、海浜での砕波による再曝気は総量的に最も大きいものと考えられる。したがって、海浜の砕波による再曝気現象の評価は、海域の環境保全をはかる上で重要な事柄と考えられる。さらに、この現象の解明は地球温暖化に関わる炭酸ガスの海水中への取り込み機能の解明との関連でも重要である。著者らは既に1/20勾配の斜面を用いて砕波による酸素取り込み機能に関する実験を行い、現象に関わる波の特性の解明に努めた¹⁾。ここではさらに、それに引き続いて行った1/10勾配と1/30勾配の斜面上での実験の結果を含めて総括した結果を報告する。

2. 研究経過 本研究では、酸素取り込み速度定数に相当する物質移動係数(K_L)で酸素取り込み機能の評価している。溶存酸素濃度の時間回復曲線の傾きより求めることのできる再曝気係数(k_2)とこの物質移動係数との間には以下の関係がある。

$$K_L = (V/A)k_2 \quad (1)$$

ここで、 V は曝気容積、 A は曝気面積である。開水路のように、水面全体が曝気源であり、酸素が水面を通して輸送される場合、 $V/A = h$ (h は開水路の一樣水深)であって k_2 と K_L とは一義的な関係で関係づけられ、 k_2 の評価は K_L の評価と同じ意味を持つ。しかし、海浜の砕波の場合、曝気面積、曝気容積の正確な値は不明であり、 k_2 と K_L とは一義的に対応づけられない。また、造波水槽内で行われる実験では、主要曝気源である砕波帯域以外にも水槽端の造波板などの曝気源があり、それらの曝気の影響を取り除く必要がある。このため、本研究では、図-1に示すように、

波動はほぼ完全に伝達させるが物質は全く透過させない材質と構造をもつポリエチレン膜により、砕波帯を含む水域を遮断して曝気容積を確定させて実験を行う手法をとっている。この際、曝気面積は砕波帯相当の静水面面積としているが、実際の曝気面積は、砕波面の乱れや気泡の連行により、それよりも相当に大きくなっていると考えられる。そこで、その面積は静水面面積 A の n 倍になっていると考え、

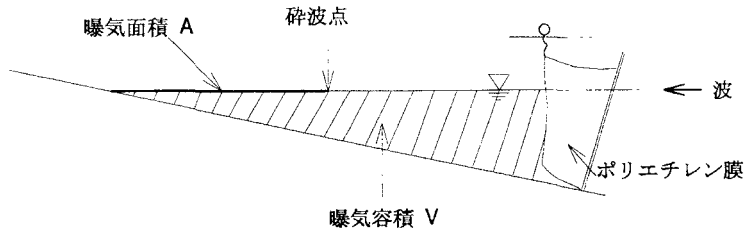


図-1 曝気容積と曝気面積

$$K_L = (V/nA)k_2 \quad (2)$$

の関係から得られる。

$$nK_L = (V/A)k_2 \quad (3)$$

をこの場合の物質移動係数とした。なお、 n を実水面係数と呼ぶことにする。

3. 実験方法 図-2に示すような長さ20m、幅および高さ0.5mの2次元造波水槽を用いて実験を行った。水槽の一端には木製の海浜模型(1/10勾配および1/30勾配)を設置した。曝気容積を確定させるためのポリエチレン膜を砕波水深の1.5倍(1/30勾配)あるいは3倍(1/10勾配)程度の水深となる位置に設置した。また、溶存酸素計(YSI社製58型)を砕波点もしくは砕波点付近の海浜模型上に寝かせた状態で設置して、サンプリング間隔20秒で溶存酸素の時間変化を計測した。水深は30cmで一定とし、波高は、一定水深部に設置した容量式波高計によるデータを入反射分離法により求めた。実験波は、1/10勾配の場合、周期は0.90secから1.40sec

まで、波形勾配は0.008 から0.087 まで変化させた計16 ケースとした。1/30 勾配の場合、周期は0.90sec から2.00sec まで、波形勾配を0.010 から0.076 まで変化させた計24 ケースとした。

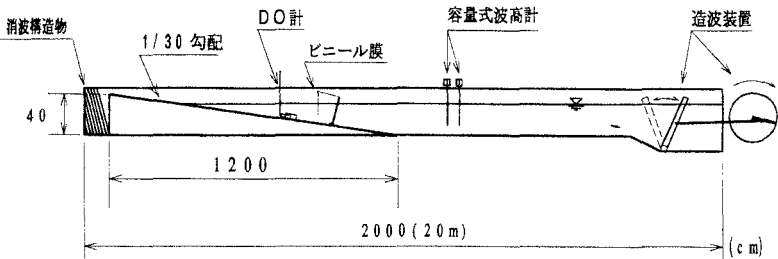


図-2 実験装置 (1/30 勾配)

4. 実験結果 本実験で得られた溶存酸素濃度の時間回復曲線の一部を図-3 に示す。ただし、1/30 勾配の場合であり、溶存酸素は無次元化されている¹⁾。図に示すように、1/20 勾配の実験¹⁾と同様に、実験の初期段階で溶存酸素の対数は時間とともに線形的に回復し、その傾きから再曝気係数を容易に決定できる曲線が得られている。このような曲線から得られる再曝気係数と先に示した曝気容積、曝気面積を式(3)に代入することによって得られる本研究で定義した物質移動係数 (nK_L) を、これまでと同様に換算沖波波高の自乗値 ($H_0'^2$) との関係で整理した。その結果を図-4(a)~(c) に示す。図中の r は相関係数値を示し、SP は崩れ波砕波、PL は巻波砕波を表している。また、1/20 勾配の図中の直線は、他の勾配の結果を勘案して前回のものを修正した。

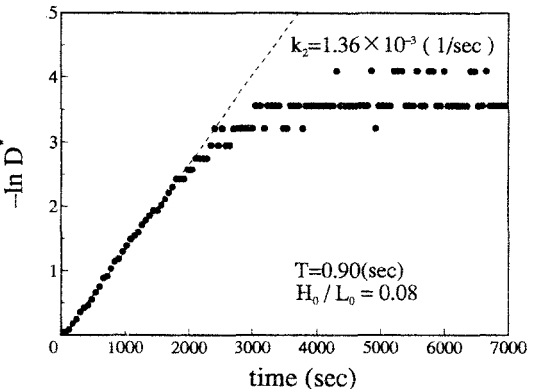


図-3 無次元溶存酸素濃度曲線 (1/30 勾配)

これらの図によれば、1/10 勾配の場合には多少ばらつきが見られるものの、いずれの場合にも nK_L と $H_0'^2$ の間には線形的関係が認められる。また、海底勾配が小さくなるにつれて、 nK_L の値とその $H_0'^2$ に対する勾配は小さくなる傾向にあり、同じ沖波エネルギーでも海底勾配が急なほど酸素の取り込まれ方が大きいことが示されている。

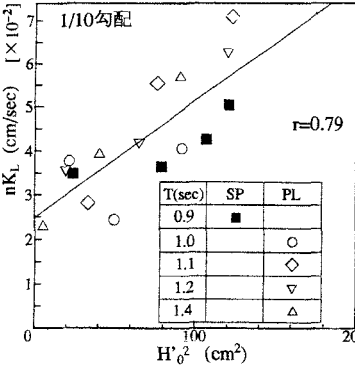


図-4(a) nK_L と $H_0'^2$ の関係

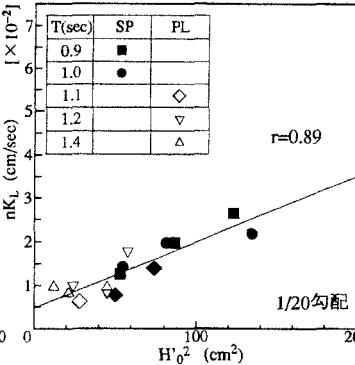


図-4(b) nK_L と $H_0'^2$ の関係

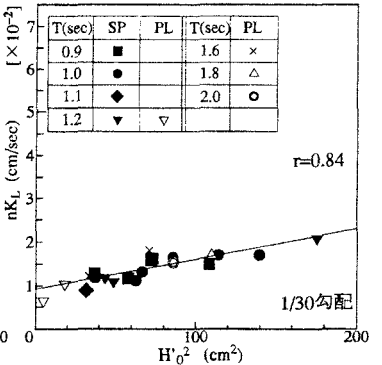


図-4(c) nK_L と $H_0'^2$ の関係

参考文献

1) 角野昇八ほか, 海岸工学論文集, pp1181-1185, 1995.