

自然海浜の曝気機能に関する一考察

大阪市立大学工学部 正 員 角野 昇八
 大阪市立大学工学部 学生員 ○ 仲田 義弘
 西松建設(株) 松下 圭志
 東洋建設(株) 正 員 藤原 隆一

1. まえがき 自然海浜を模した傾斜面上における曝気機能測定の実験を行えば、通常、実験開始直後に急激な溶存酸素回復がみられるのに対して、一定時間経過後はそれが緩くなるような時間変化曲線が得られる(図1)。このような結果は堀江¹⁾らによる実験結果にもみられ、曲線の勾配が途中で変化する理由として彼らは沖合いへの拡散作用を挙げている。本研究では、著者らによる同様の実験結果に対して、この溶存酸素回復特性について二、三の考察をくわえるとともに、それより導き出される自然海浜での曝気現象に関する知見について述べる。

2. 実験方法と実験条件 実験は、長さ20m、幅50cm、高さ50cmの2次元水槽で、水深を30cmとして規則波を用いて行った。水槽端部に長さ8mにわたって勾配が1/20の傾斜面を設置し、DO計は碎波点位置を含む3点に55cmの間隔を空けて設置し、水面下7cmでの値を計測した。曝気実験に関する手法については堀江らと基本的に同様である。実験ケースは全19ケースで、表には実験の条件と碎波の状態(S:崩れ波、P:巻き波)などを示した。

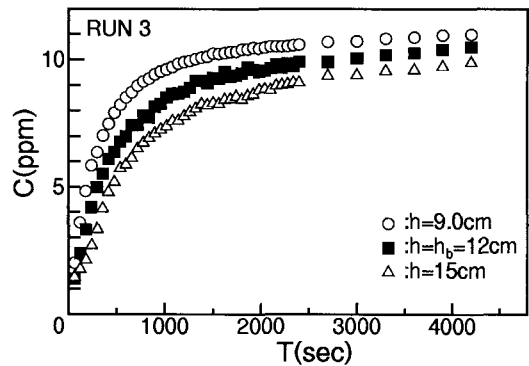


図1 溶存酸素濃度の時間回復曲線

表 実験条件および結果

RUN	周期 T (sec)	深海波高 H ₀ (cm)	波形勾配 H ₀ /L ₀	反射率 K _R	碎波水深 h _b (cm)	碎波波高 H _b (cm)	碎波 状態	測定点水深 (cm)	k _{2F} (×10 ⁻⁴) (1/sec)	k _{2L} (×10 ⁻⁴) (1/sec)	K _L × n (cm/sec)	h* (cm)	h*/h _b
1	0.88	5.9	0.049	0.08	6.5	6.0	S	6.5, 9.3, 12	15, 7.9, 3.5	2.6	0.0099, 0.011, 0.0077	15	2.4
2	0.88	7.0	0.058	0.05	8.5	6.5	S	8.5, 11, 14	27, 11, 5.7	2.3	0.023, 0.017, 0.013	26	3.0
3	0.88	8.9	0.074	0.05	12	8.0	S	9.0, 12, 15	29, 19, 14	2.7	0.026, 0.022, 0.025	29	2.5
4	0.88	11	0.092	0.07	17	11	S	14, 17, 20	23, 16, 9.0	2.8	0.033, 0.027, 0.020	37	2.2
5	1.0	6.3	0.040	0.08	7.3	6.9	S	7.3, 10, 13	8.9, 5.5, 3.4	2.5	0.0066, 0.0077, 0.0076	15	2.0
6	1.0	8.2	0.053	0.11	10	7.9	S	10, 13, 15	12, 7.4, 2.9	2.6	0.012, 0.012, 0.0069	22	2.2
7	1.0	9.9	0.063	0.11	13	10	S	10, 13, 16	20, 14, 5.4	2.6	0.020, 0.018, 0.010	25	2.0
8	1.0	12	0.075	0.10	15	11	S	12, 15, 18	25, 19, 13	3.3	0.030, 0.029, 0.027	33	2.2
9	1.1	4.8	0.027	0.13	6.6	5.5	P	6.6, 9.4, 12	12, 9.0, 3.2	2.7	0.0078, 0.012, 0.0071	15	2.2
10	1.1	5.4	0.030	0.12	7.4	6.1	P	7.4, 10, 13	14, 8.6, 3.4	1.9	0.011, 0.012, 0.0077	21	2.8
11	1.1	7.5	0.042	0.12	9.0	7.5	S	9.0, 12, 15	20, 6.2, 2.8	1.2	0.018, 0.0095, 0.0066	24	2.7
12	1.1	9.1	0.050	0.13	12	8.3	S	9.1, 12, 15	36, 19, 7.2	2.0	0.033, 0.023, 0.013	32	2.7
13	1.2	4.8	0.020	0.17	6.3	5.8	P	6.3, 9.1, 12	14, 8.1, 3.4	1.9	0.0091, 0.011, 0.0076	18	2.8
14	1.2	6.3	0.026	0.17	8.1	6.9	P	8.1, 11, 14	18, 5.2, 3.0	1.1	0.015, 0.0076, 0.0069	23	2.8
15	1.2	7.9	0.033	0.16	9.3	8.7	P	9.3, 12, 15	29, 17, 6.1	1.7	0.027, 0.027, 0.014	35	3.8
16	1.2	9.4	0.039	0.16	10	11	S	7.6, 10, 13	31, 19, 16	2.3	0.024, 0.019, 0.026	28	2.7
17	1.4	5.0	0.016	0.21	6.9	6.0	P	6.9, 9.7, 12	15, 6.6, 3.3	1.4	0.011, 0.0089, 0.0073	21	3.0
18	1.4	6.1	0.019	0.18	7.8	6.3	P	7.8, 11, 13	18, 4.9, 2.1	0.71	0.014, 0.0070, 0.0047	26	3.3
19	1.4	8.2	0.026	0.19	11	9.6	P	7.8, 11, 13	36, 16, 4.0	1.2	0.028, 0.017, 0.0068	39	3.7

3. 結果 実験のどのケースでも、溶存酸素濃度Cの時間的回復状況は図1に示すようであり、実験開始直後の急な勾配と一定時間経過後の緩い勾配の曲線群が得られた。再曝気係数k₂は曲線の勾配として求めることができるので、これらの曲線から求められるk₂は前半と後半とで異なることになる。堀江ら

は曝気点(碎波点)のみの1点で測定したこの特性をもつ曲線に対して、実験開始直後では拡散の影響が小さく、曝気の効果があつとも強く現れているはずであるとの理由から前半の k_2 を採用することを提案し、データの整理を行った。

3点で溶存酸素濃度の測定を行った本実験の結果によれば、前半の急勾配は最浅部測点でのものがもっとも大きく、最深部測点のものはもっとも小さかった。このことは曝気点の位置に関係なくみられ、曝気点が最浅部測点や中央測点のいずれに一致していても同様であった。つぎに、後半の緩勾配は、3測点でほぼ同じ値となり、勾配変化後はどの曲線もほぼ同じ勾配で溶存酸素濃度を回復する状況がみられた。また、この勾配の変曲が生ずるのは、実験開始後ほぼ20分程度経過後であり、水深:60cm、斜面勾配:1/30の条件下の堀江らの結果と一致した。以上の結果より、表には、3つの各測点での前半の勾配から算定される値 k_{2F} ならびに後半の値 k_{2L} の値の3測点での特異値を除く平均値を記した。なお、各 k_2 の値は20℃の値に温度補正後の値である。

4. 考察 以上の結果よりまず、各測点での前半の勾配の大小は、汀線から測定点までの傾斜面上の水塊の容積の大小と大きな相関をもっていることが推察できる。そこで、物質移動係数 K_L および曝気が生じている面積 A 、混合容積 V と k_2 を関係づけている

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

において、 V は各測点とその直下の点と汀線で形成される三角形相当の容積、 A は曝気点から汀線までの距離相当の静水面面積の n 倍であるとして K_L の値を逆算した。波形勾配や斜面勾配の関数であると考えられる係数 n を考える理由は、曝気が生じている面積が碎波によって上記面積よりも大きくなると考えられるからである。結果は、表中にも記したように3測点でほぼ同じ値となり、このような V および A の見積り方がほぼ妥当なものであることを示している。つぎに図2には、このようにして得られた $K_L \cdot n$ の3測

点にわたる平均値(特異値を除く)と深海波波形勾配 H_0/L_0 との関係を表した。図には、碎波の状態およびその限界²⁾も1/20、1/30の勾配各々について示した。図示のように、堀江らのデータから同様の計算で求めた値も含めて、 $K_L \cdot n$ と波形勾配の間には碎波状態別に一定の関係があることがうかがわれ(曲線は2次曲線)、ここで考えた曝気現象のモデルおよびその中の諸量の評価法の妥当性が示されていると考えられる。

最後に、ここに求められた K_L と変曲後の k_2 から上記のモデルに従って逆算される水深の値 h^* およびその碎波水深に対する比を求めた。表に示されるようにその値はほとんどのケースにおいて碎波水深のほぼ2~3倍となっている。

5. あとがき 以上の議論でみたように、自然海浜の溶存酸素時間回復曲線の変曲は拡散作用自体よりはむしろそれに関わる混合・拡散容積の大きさに大きく影響されているといえよう。また、この特性より、曝気機能は結局、 k_2 よりも K_L で評価すべきと考えられる。今後、 K_L と n が正確に評価できれば曝気機能の全般的な予測が可能となろう。

本研究に関わる費用の一部は「地球環境財団」より援助を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1) 堀江ほか、港研資料、No.573、1987. 2) 岩垣、最新海岸工学、森北出版、1987.

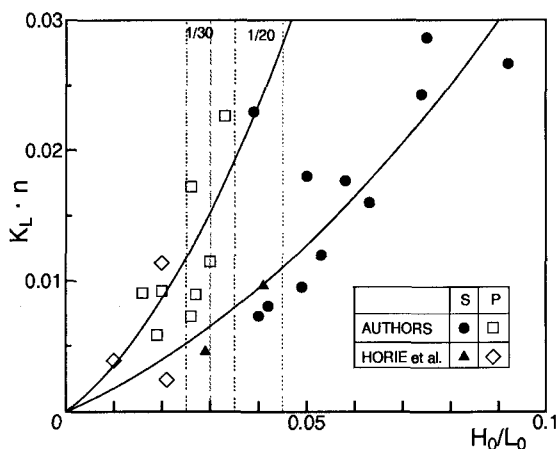


図2 $K_L \cdot n$ と波形勾配との関係