

# 分解性 液狀廢棄物의 海洋處理時 最適 投棄率

李 錫 謨

釜山水產大學校 環境工學科

## Optimum Dumping Rate of Biodegradable Liquid Waste in Ocean Disposal

Suk-Mo LEE

*Department of Environmental Science and Engineering,  
National Fisheries University of Pusan,  
Nam-gu, Pusan 608-737, Korea*

Among the biodegradable liquid waste treatment and disposal methods, ocean dumping is a cost-effective and productive manner considering reuse point of view. However, when biodegradable liquid waste is dumped in the ocean, oxygen consumption by the decomposition of organic matter must be considered.

The purpose of this study is to determine the maximum allowable concentration and dumping rate in the southern waters of the East Sea based on dissolved oxygen level.

Streeter and Phelps' model has been used to determine the maximum allowable concentration. Factors in this model, deoxygenation constants and reaeration coefficients, have been determined by applying oxygen consumption method and closed system model.

Deoxygenation constants and reaeration coefficients from surface to each standard depth are

0.24~0.29/day and 0.03~0.39/day in summer,

0.17~0.20/day and 0.04~0.56/day in winter,

respectively. The allowable organic matter concentration( $mgBOD/l$ ) to the dissolved oxygen sag value of  $5mg/l$  is represented  $17.23 \times (H)^{-0.37}$  in summer, and  $64.96 \times (H)^{-0.52}$  in winter by mixing depth( $H, m$ ).

Csanady's experiment has been applied to estimate the optimum dumping rate. The optimum dumping rate( $R, m^3/sec$ ) can be written as a product of the beam( $b, m$ ) and the draft( $h, m$ ) of vessel, and biochemical oxygen demand of waste( $L_n, mg/l$ )

$$\begin{aligned} R &= 275 \times bh^{0.63} L_n^{-1} \text{ in summer} \\ &= 745 \times bh^{0.48} L_n^{-1} \text{ in winter.} \end{aligned}$$

The difference of dumping rate between in summer and winter is due to the oxygen distribution.

### 緒 論

糞尿 및 飮食料品 製造工場 또는 事業場에서 발생하는 水溶性의 液狀廢棄物은 處理費用의 過多와

處理施設의 不足으로 隣近河川 및 沿岸海域의 汚染을 加重시키고 있다. 그러나 이들을 海洋處理한다면 陸上에서 발생되는 環境問題를 해결할 수 있고, 또한 自然分解 후에 再生되는 無機營養鹽은 그

양이 적절히 조절될 경우 海洋의 生産力도 높일 수 있어 廢棄物의 自然再循環이라는 측면에서도 적절한 방법으로 평가된다.

그래서 우리나라 海洋汚染防止法 施行規則에는 생물의 먹이가 되거나 海洋環境汚染에 큰 영향을 주지 아니하는 飲食料品 製造過程에서 발생하는 水溶性 液狀廢棄物은 港灣의 境界線으로 부터 30 km 밖의 丁海域에 배출하도록 규정하고 있다.

그런데 海洋投棄는 限定된 指定海域에 局限되어 實施되기 때문에 美國의 New York Bight처럼 계속적인 廢棄物의 海洋投棄와 Hudson江으로 부터의 淡水 流入으로 夏季에 無酸素 상태에 이르러 海洋生態系에 큰 영향을 미칠 수도 있다(Ketchum et al., 1981). 따라서 海洋投棄는 海洋生態系를 파괴하지 않는 범위에서 이루어 져야하며 이를 위하여 稀釋, 擴散 등의 물리적 측면 뿐만아니라 有機物의 分解速度와 같은 生化學的인 過程 그리고 大氣로부터의 酸素交換 등 對象物質과 海域의 特性에 따른 生化學的 自淨能力을 고려하여 적절한 海洋投

棄를 실시하여야 한다.

海洋投棄에 관한 연구는 北美와 西歐 先進沿岸國들이 중심이 되어 産業廢棄物의 海洋投棄(Ketchum et al., 1981), 投棄物質의 物理的 現象(Draxler, 1979; Guarino and Nelson, 1979; O'Connor, 1985), 化學的 過程(Jackson, 1982; Iseki et al., 1984), 海洋生物에 미치는 影響(Brooks et al., 1980; Eleftheriou et al., 1982; Wildish and Thomas, 1985) 등 많은 보고가 있으며, 國內에서는 東海南部海域의 自淨能力 評價(李, 1987) 등의 연구가 있으나 海洋에 許容possible한 濃度를 이용한 投棄率 算定에 관한 연구는 없다.

따라서 본 연구는 液狀廢棄物의 海洋投棄가 試圖되는 時點에서 適地로 판단되는 東海南部海域을 對象으로 有機物의 自淨能力과 직접 관련되는 溶存酸素 濃度에 根據하여 許容possible한 有機物 濃度를 決定하고 이를 이용한 最適投棄率 算出을 目的으로 하였다.

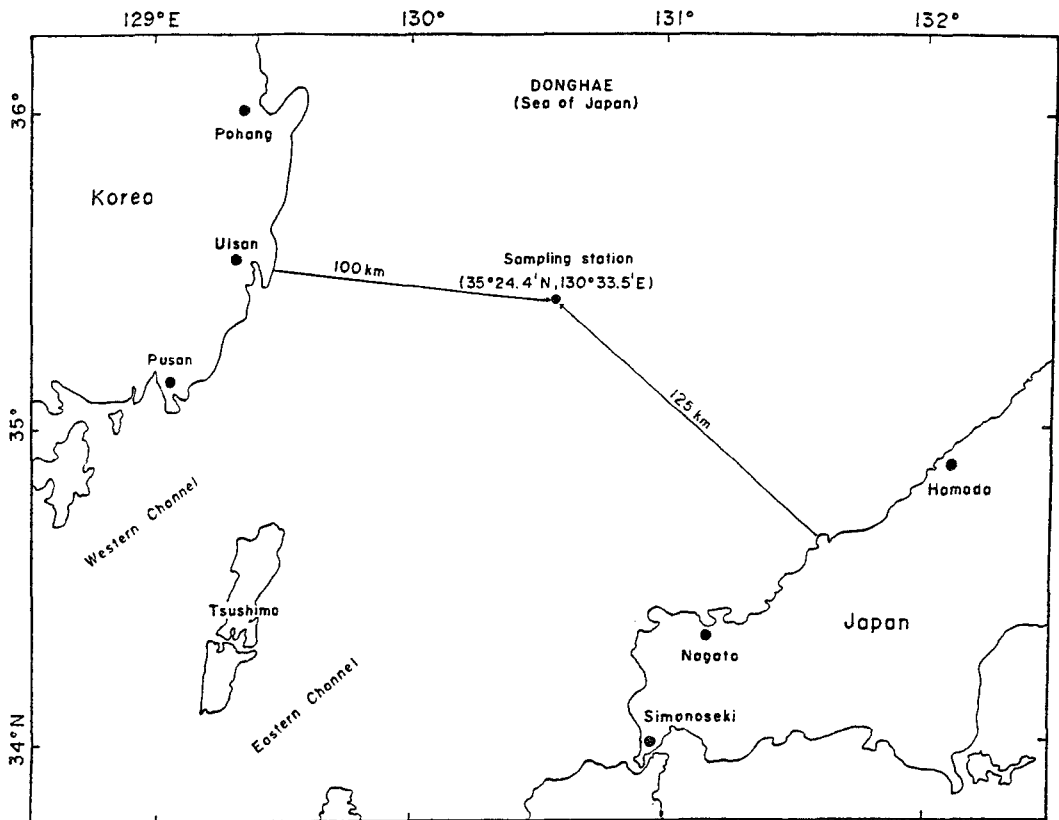


Fig. 1. Location of oceanographic station

## 材料 및 方法

### 1. 採水地點 및 時期

對象海域인 東海南部海域은 表面流速 70cm/sec 이상의 강한 對馬暖流가 東海로 流入되고 있고 (Stommel and Yoshida, 1972), 溶存酸素가 5ml/l 이상의 濃度로 深層까지 거의 均일한 特性을 가지고 있다 (Ichiye, 1954; Park, 1979; Kano, 1980; Hong and Cho, 1983). 調査地點은 Fig. 1의 水産振興院 定線觀測點 209線 09點(30°24.4'N, 130°33.5'E)으로 정하여 水産振興院 포항연구소 調査船을 이용하여 1986년 6월부터 2개월 간격으로 1987년 4월까지 現場 觀測 및 각 수심별 採水를 행하였다.

### 2. 許容濃度 算出

許容濃度는 對象海域을 각 수심까지 완전혼합된 閉鎖界로 假定하여 Streeter and Phelps(1925)의 BOD-DO model을 이용하여 算出하였다. 이 model에 사용된 酸素消耗速度 常數는 각 수심별로 採水한 試水에 150mg/l의 글루코즈와 글루탐산 混合溶液을 2% 되게 稀釋하여 20℃에서 5일간 培養하는 微生物 活性檢定法(APHA et al., 1985)으로 매일의 酸素消耗量을 測定하여 Thomas(1950)의 slope method로 구하였고, 酸素交換係數는 Redfield(1948), Tsunogai and Tanaka(1980)의 閉鎖界 model을 適用하여 交換常數(m/day)를 구한 다음 각 混合水深으로 나누어 交換係數(/day)를 算出하였다.

### 3. 最適 投棄率 算定

Csanady(1981)는 여러가지 廢棄物을 海洋에 投棄할 경우 投棄船舶의 航跡에 의한 初期稀釋을 보고하였다. 船舶이 進行할 경우 航跡에 의한 攪亂現象이 발생하며 이 混合의 정도는 船舶의 크기와 航速에 의하여 결정된다. 그러므로 初期稀釋率은 混合水塊의 크기와 投棄할 물질의 양으로 나타낼 수 있다.

$$D_w = AL/W \quad \dots\dots\dots (1)$$

여기서,  $D_w$  = 初期稀釋率

$A$  = 混合水塊의 斷面積( $m^2$ )

$L$  = 混合水塊의 길이( $m$ )

$W$  = 投棄된 廢棄物의 容積( $m^3$ )

일반적으로 海洋投棄의 경우 初期稀釋 效果를 높이기 위하여 投棄船舶은 약 6knot 정도의 航速을 유지하고 있는데 이럴 경우 다음과 같은 경험적인 관계를 가진다.

$$A = BH = 8bh \quad \dots\dots\dots (2)$$

여기서,  $B, H$  = 混合水塊의 幅과 水深( $m$ )

$b, h$  = 船舶의 幅과 吃水( $m$ )

그리고 船舶의 速度가  $u(m/sec)$ , 投棄繼續時間이  $t_d(sec)$ 라면 混合水塊의 길이(wake length),  $L(m)$ 은

$$L = ut_d \quad \dots\dots\dots (3)$$

따라서 式 (1), (2), (3)으로 부터

$$D_w = 8bhut_d/W \quad \dots\dots\dots (4)$$

그리고 投棄率,  $R(m^3/sec)$ 은 投棄物質의 量과 投棄繼續時間으로 算出된다.

$$R = W/t_d \quad \dots\dots\dots (5)$$

또한 許容濃度,  $L_o(mgBOD/l)$ 는 稀釋倍率을 適用하여 다음과 같이 표현된다.

$$L_o = L_n/D_w \quad \dots\dots\dots (6)$$

여기서,  $L_n$  = 投棄物質의 BOD( $mg/l$ )

그러므로 式 (4), (5), (6)으로 부터 許容濃度에 따른 投棄率은 다음과 같다.

$$R = 8bhuL_o/L_n \quad \dots\dots\dots (7)$$

이상과 같은 결과는 Rhodamin B를 追跡子로 사용하여 측정할 수 있으며 航跡에 의한 稀釋은 아주 효과적이어서 海水보다 比重이 10% 이상이나 큰 廢棄物의 경우에도 投棄된 후 수시간 동안 沈降되지 않은 채 10~15m의 上層水塊에 殘留하는 현상을 보이고 있음이 보고되었다(Csanady, 1981).

### 4. 試料分析法

海水의 水溫은 顛倒溫度計를 사용하여 現場測定하였으며, 鹽分은 Inductive salinometer(ES-1)를 이용하였고, 溶存酸素는 Winkler method(APHA et al., 1985), 磷酸鹽은 Ascorbic acid method(APHA et al., 1985)에 따라 定量하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 溶存酸素 濃度에 基礎한 許容濃度 算出

#### 1) 酸素消耗速度

글루코즈-글루탐산 混合溶液을 實驗方法과 같이 첨가한 海水의 酸素消耗量을 월별, 수심별로 5일간 측정된 결과는 Table 1과 같다. 월별로 보면 夏季에는 수심별로 酸素消耗量이 시간에 따라 큰 변동을 보였으나, 冬季에는 비교적 鉛直으로 일정하였다. 수심별로는 대체적으로 20m 근처에서 많은 消耗量을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 微生物의 最大 活性은 上部 水溫躍層에서 나타나며 이 水層에서 光合成, 濁度, 生體發光 그리고 微生物의 生體量이 최대로 발견된다는 Sorokin(1971)의 보고와 일치한다.

Table 1. Experimental data relating BOD(mg/l) and time at each depth

Depth (m)	Time (days)	Date					
		June 20, 1986	Aug. 10	Oct. 16	Dec. 20	Feb. 9, 1987	Apr. 14
0	1	0.46	0.20	0.73	0.27	0.98	0.41
	2	1.23	0.78	1.42	1.61	1.55	1.12
	3	1.52	1.43	1.67	1.65	1.67	1.44
	4	1.75	1.32	1.87	1.86	1.86	1.69
	5	1.66	1.32	2.10	2.05	1.89	1.93
10	1	0.35	0.44	1.21	1.12	1.20	0.79
	2	1.37	1.00	1.59	1.47	1.72	1.33
	3	1.48	1.18	1.75	1.67	1.79	1.91
	4	1.49	1.39	1.96	1.85	2.01	2.13
	5	1.66	1.35	2.03	1.99	2.11	2.35
20	1	0.79	0.04	1.12	1.57	1.52	1.29
	2	1.40	0.78	1.63	1.73	1.67	1.67
	3	1.62	0.99	1.84	1.87	1.83	2.01
	4	1.92	1.41	2.13	2.05	2.02	2.43
	5	2.06	1.43	2.20	2.14	2.06	2.47
30	1	0.87	0.99	1.11	1.31	0.98	0.91
	2	1.63	1.49	1.72	1.57	1.64	1.10
	3	1.79	1.52	1.76	1.75	1.66	1.35
	4	2.02	1.47	2.08	1.88	1.79	1.77
	5	1.92	1.61	2.24	1.94	1.87	2.01
50	1	1.35	1.19	1.72	1.35	0.98	0.65
	2	1.36	1.51	2.14	1.66	1.60	1.04
	3	1.47	1.45	2.23	1.88	1.62	1.31
	4	1.44	1.45	2.38	2.14	1.88	1.45
	5	1.50	1.54	2.49	2.21	2.06	1.64
75	1	1.30	1.37	1.39	1.29	1.19	0.88
	2	1.51	1.51	1.96	1.56	1.64	1.24
	3	1.51	1.51	2.03	1.71	1.78	1.59
	4	1.74	1.56	2.01	1.89	1.81	1.76
	5	1.77	1.82	2.24	2.15	1.98	2.02
100	1	1.68	1.19	1.73	1.32	0.99	0.97
	2	1.95	1.28	1.99	1.44	1.44	1.22
	3	1.89	1.39	1.93	1.70	1.60	1.33
	4	1.93	1.49	2.19	1.98	1.55	1.48
	5	2.04	1.54	2.21	2.10	1.79	1.67
125	1	1.78	1.27	1.65	1.44	1.55	0.90
	2	1.89	1.21	1.69	1.56	1.82	1.20
	3	1.92	1.18	1.79	1.74	1.98	1.45
	4	1.98	1.33	1.81	1.96	2.04	1.78
	5	1.93	1.64	2.13	2.20	2.18	1.98

水深에 따른 酸素消耗量을 비교하기 위하여 表層混合層(0~20m), 中層(20~50m) 그리고 低層(50~125m)으로 나누어 각 水層別로 面積積分한 平均값을 Fig. 2에 나타내었다. 1일 消耗量의 경우 夏季에 表層混合層이 中, 低層에 비해 뚜렷이 낮은

값을 보이는 것이 특징이다. 이는 夏季 강한 日射量으로 인하여 表層混合層의 微生物들이 陰性 走光反應을 보여 活性 뿐만 아니라 個體數도 적기 때문이다. Ward(1985)는 光이 암모니아 酸化率에 미치는 영향을 조사한 결과 眞光帶에서는 窒酸化

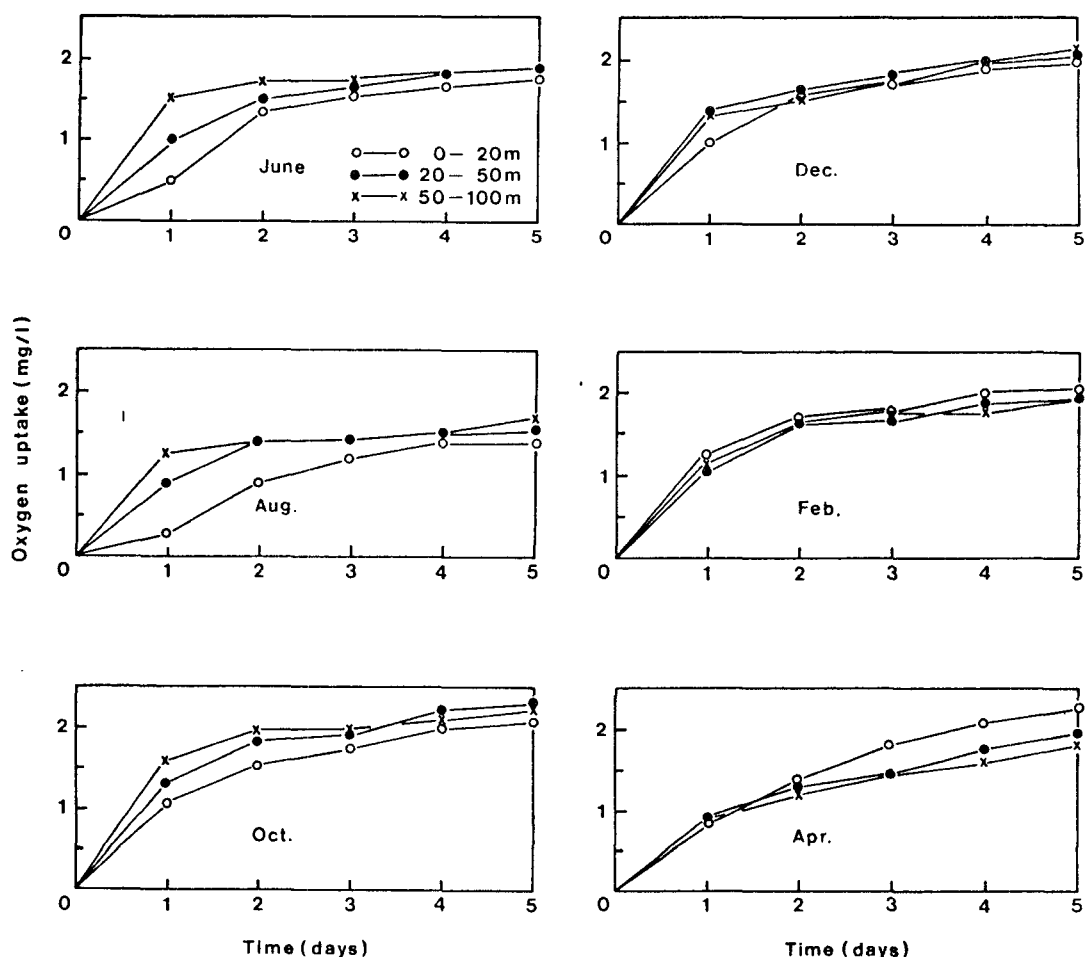


Fig. 2. Oxygen uptake of a mixture of glucose-glutamic acid in the three different depth of water columns

細菌이 光에 대한 저항으로 암모니아 酸化率이 光과 陰의 相關을 나타낸다고 보고한 바 있다. 5일간의 消耗量을 볼 때에 이상과 같은 이유로 夏季에 表層混合層이 다소 적은 消耗를 보이며 나머지 水深과 季節에는 뚜렷한 差異가 없었다.

한편 吉田秀見 등(1983)은 噴火灣의 表層水를 이용하여 粒子狀有機物의 分解過程을 실험한 결과 1일 정도의 誘導期가 발생함을 보고하였다. 본 결과에서도 酸素消耗은 대부분이 對數的으로 증가하고 있으나 6월과 8월의 경우는 表層混合層에서 1일 정도의 誘導期가 소요됨을 볼 수 있다.

表層부터 각 수심까지의 脫酸素係數를 구하기 위하여 Thomas(1950) slope법으로 구한  $a$ ,  $b$ ,  $r$  및  $L_0$ ,  $k_1$ ,  $K_1$ 은 Table 2와 같다.

現場水溫에서의 酸素消耗 速度常數는 0.09~0.32

/day 범위이며 평균  $0.22 \pm 0.05/\text{day}$ 로 Ishikawa and Nishimura(1983)의 光合成 有機物의 分解速度常數 0.132~0.434/day, Ogura et al.(1975)의 溶存有機物의 初期 分解速度常數 0.045~0.26/day 그리고 吉田秀見 등(1983)의 粒子狀 有機物의 分解速度常數 0.19~0.38/day 등과 거의 비슷한 수준이었다.

## 2) 大氣와의 酸素交換

C. S. K(Cooperative Study of the Kuroshio) 및 國立水產振興院(1967~1970) 資料와 現場觀測 및 海水分析을 통한 水溫, 鹽分, 溶存酸素, 磷酸濃度 그리고 이를 이용하여 算出한 溶存酸素飽和量(EGC, Equilibrium oxygen contents)과 겉보기 酸素消耗量(AOU, Apparent oxygen utilization)을 이

Table 2. Values of a, b, r,  $L_0$ ,  $k_1$  and  $K_1$  by Thomas slope method

Month	Depth	a	b	r	$L_0$	$k_1$ (e base) 20 °C	cor.*	$K_1$ (10 base) 20 °C	cor.
June, 1986	0~10	0.9661	0.0961	0.9994	1.86	0.60	0.56	0.26	0.24
	20	0.9695	0.0910	0.9967	1.95	0.56	0.51	0.24	0.22
	30	0.9685	0.0860	0.9982	2.07	0.53	0.47	0.23	0.20
	50	0.9757	0.0860	0.9974	2.04	0.53	0.45	0.23	0.20
	75	0.9150	0.1030	0.9976	1.93	0.68	0.57	0.29	0.24
	100	0.8717	0.1115	0.9944	1.97	0.77	0.62	0.33	0.27
	125	0.8388	0.1165	0.9931	2.03	0.83	0.64	0.36	0.28
Aug.	0~10	1.1095	0.0838	0.9530	1.62	0.45	0.59	0.20	0.26
	20	1.1398	0.0769	0.9792	1.67	0.40	0.50	0.18	0.22
	30	1.1056	0.0815	0.9963	1.67	0.44	0.50	0.19	0.22
	50	0.9972	0.1022	0.9971	1.64	0.61	0.60	0.27	0.27
	75	0.9478	0.1097	0.9956	1.69	0.69	0.62	0.30	0.27
	100	0.9140	0.1163	0.9916	1.72	0.76	0.65	0.33	0.28
	125	0.9044	0.1194	0.9871	1.71	0.79	0.63	0.34	0.27
Oct.	0~10	0.9537	0.0789	0.9905	2.32	0.50	0.52	0.22	0.23
	20	0.9033	0.0897	0.9935	2.28	0.68	0.70	0.26	0.27
	30	0.8996	0.0887	0.9937	2.32	0.59	0.60	0.26	0.27
	50	0.8607	0.0934	0.9903	2.41	0.65	0.65	0.28	0.28
	75	0.8288	0.0987	0.9913	2.46	0.71	0.68	0.31	0.30
	100	0.8385	0.0903	0.9630	2.63	0.65	0.60	0.28	0.26
	125	0.8027	0.1064	0.9879	2.43	0.80	0.72	0.35	0.32
Dec.	0~10	0.9379	0.0858	0.9846	2.21	0.55	0.45	0.24	0.20
	20	0.9100	0.0907	0.9947	2.22	0.60	0.49	0.26	0.21
	30	0.8723	0.0993	0.9919	2.21	0.68	0.55	0.30	0.24
	50	0.8593	0.1012	0.9889	2.23	0.71	0.57	0.31	0.25
	75	0.8557	0.1008	0.9860	2.26	0.71	0.57	0.31	0.25
	100	0.8604	0.0982	0.9805	2.30	0.68	0.54	0.30	0.24
	125	0.8555	0.1009	0.9786	2.25	0.71	0.55	0.31	0.24
Feb., 1987	0~10	0.8817	0.0975	0.9947	2.20	0.66	0.50	0.29	0.22
	20	0.8504	0.1032	0.9916	2.23	0.73	0.56	0.32	0.24
	30	0.8495	0.1045	0.9917	2.21	0.74	0.56	0.32	0.24
	50	0.8716	0.1007	0.9923	2.18	0.69	0.52	0.30	0.23
	75	0.8745	0.1004	0.9924	2.17	0.69	0.52	0.30	0.22
	100	0.8736	0.1019	0.9954	2.14	0.70	0.51	0.30	0.22
	125	0.8662	0.1034	0.9945	2.15	0.72	0.51	0.31	0.22
Apr.	0~10	1.0671	0.0519	0.9949	2.82	0.29	0.21	0.13	0.09
	20	1.0159	0.0564	0.9983	2.86	0.33	0.24	0.14	0.10
	30	0.9860	0.0647	0.9891	2.65	0.39	0.28	0.17	0.12
	50	1.0096	0.0684	0.9815	2.39	0.41	0.30	0.18	0.13
	75	1.0183	0.0709	0.9842	2.27	0.42	0.30	0.18	0.13
	100	1.0064	0.0757	0.9842	2.17	0.45	0.31	0.20	0.14
	125	1.9989	0.0790	0.9801	2.11	0.49	0.33	0.21	0.14

\* correction to in situ temperature

용하여 酸素交換常數를 算定한 결과는 Table 3과 같다.

본 방법에서  $\Delta C$  값이 양의 경우에는 過飽和狀態를 나타내며 따라서 酸素는 大氣로 방출되어야 하고, 음의 부호일 경우에는 그 반대이다. 그러나 실

제자료를 분석한 결과  $\Delta C$ 와 交換量에서 일치하지 않는 자료가 있었으며 이는 2개월 週期の 긴 관측 간격과 또 같은 계절이라도 하루 중 晝夜의 대기 조건에 따라 표층의 수온이 변화할 수 있어 일정하지 않은 採水時間 그리고 對象海域을 閉鎖界로

Table 3. Change in oxygen due to gas exchange in the water column during the period t days, flux of oxygen (F) and exchange coefficient ( $\bar{K}$ )

Periods	$\Delta t$ (days)	$\Delta C$ (ml/l)	$\Delta E$ (ml/cm <sup>2</sup> )	$\Delta F$ (ml/cm <sup>2</sup> /day)	$\bar{K}$ (m/day)	Direction
1967						
Mar. 11~Apr. 25	45	0.23	2.00	0.04		
Apr. 25~Jun. 23	59	0.43	-5.38	-0.09	2.09	Evasion
Jun. 23~Aug. 15	43	0.36	-5.50	-0.13	3.61	Evasion
Aug. 15~Oct. 30	76	0.45	3.00	0.04		
1968~1970						
May 9~Jun. 16	38	0.39	-12.50	-0.33	8.46	Evasion
Jun. 16~Aug. 1	47	0.57	-4.00	-0.09	1.58	Evasion
Aug. 1~Oct. 15	75	0.42	-7.13	-0.10	2.38	Evasion
Oct. 15~Dec. 17	63	0.19	6.88	0.11		
Dec. 17~Feb. 11	55	-0.01	19.50	0.35		
Feb. 11~Apr. 19	67	-0.10	5.25	0.08	8.00	Invasion
Apr. 19~Jun. 14	57	0.21	-4.13	-0.07	3.33	Evasion
Jun. 14~Aug. 15	62	0.42	-11.50	-0.19	4.52	Evasion
Aug. 15~Oct. 28	74	0.23	-8.50	-0.11	4.78	Evasion
Oct. 28~Dec. 28	61	-0.14	28.63	0.47		
Dec. 28~Feb. 18	52	-0.21	-6.25	-0.12		
Jun. 7~Aug. 24	78	0.41	-16.13	-0.21	5.12	Evasion
1986~1987						
Jun. 20~Jul. 18	28	0.16	-1.50	-0.05	3.13	Evasion
Jul. 18~Aug. 10	23	0.21	-1.63	-0.07	3.33	Evasion
Aug. 10~Oct. 14	65	0.17	-7.00	-0.11	6.33	Evasion
Oct. 14~Dec. 17	61	-0.12	8.75	0.14	11.70	Invasion
Dec. 17~Feb. 9	54	-0.29	1.88	0.03	1.03	Invasion
Dec. 9~Apr. 14	62	-0.27	2.88	0.05	1.72	Invasion
Apr. 14~Jun. 11	58	0.04	-12.50	-0.22		
Average					4.44 ± 2.82	
Summer					3.85 ± 1.80	
Winter					5.61 ± 4.44	

가정한 것에서 온 誤差로 볼 수 있다. 특히  $\Delta C$ 의 부호가 바뀌는 즉 大氣로의 放出과 海面으로의 流入이 交替되는 春季와 秋季에는 서로 다른 부호로 인하여 평균  $\Delta C$ 값이 상대적으로 낮아지기 때문에 交換常數의 算定이 불가능하였다(Redfield, 1948). 그래서 모든 자료 중 본 방법의 이론에 일치하는 자료만 발췌하여 여름형과 겨울형의 평균을 구해보면  $3.85 \pm 1.80$ ,  $5.61 \pm 4.44$  m/day이었다. 이 값은 Tsunogai and Tanaka(1980)가 噴火灣에서 조사한 평균 값  $3.35 \pm 1.39$ ,  $10.3 \pm 2.9$  m/day와 비교할 때 夏季에는 類似하나 冬季에는 다소 낮으며 그 偏差도 크게 나타났다.

### 3) 許容濃度算出

許容濃度 計算을 위해 각 採水水深까지 夏季(6, 8, 10월)와 冬季(12, 2, 4월)로 구분하여 평균한  $k_1$ ,

$k_2$ , EOC, IOD(Initial oxygen deficit) 값은 Table 4와 같다. 여기서  $k_2$ 는 混合水深까지의 값으로 나누어 산출하였다.

각 因子를 이용하여 對象海域의 溶存酸素가 臨界點에서 5mg/l로 되는 初期有機物濃度を BOD값으로 算出한 결과( $L_0$ )와 臨界値가 나타나는 시간( $t_c$ )은 Table 5와 같다. 有機物 許容濃度は 年平均因子를 이용하면 溶存酸素濃度の 臨界値가 5mg/l 일 때  $3.76 \sim 11.34$  mgBOD/l로 混合水深이 깊어짐에 따라 許容濃도가 減少함을 볼 수 있는데 이러한 현상은 混合水深 즉 曝氣水深이 깊어짐에 따라 再曝氣係數( $k_2$ )가 低下되기 때문이다. 한편 臨界値가 나타나는 시간( $t_c$ )은 대부분이 1~4일 정도이며 수심이 깊어질수록 遲延되고 있는데 이 또한  $k_2$ 값이 감소함에 따라 나타나는 현상이다.

季節別 許容濃度を 보면 夏季의 경우 許容濃度는 2.83~7.33mgBOD/l이고, 冬季는 4.97~18.38mg BOD/l로 夏季 許容濃도가 冬季의 약 1/2정도의 수준을 보이고 있다. 이러한 결과는 溶存酸素 現場濃도가 夏季는 平均 6.89mg/l인데 비하여 冬季는 7.98 mg/l로 夏季가 1.09mg/l나 적은 분포를 보이며 酸素交換常數(K)도 夏季 平均 3.85m/day에 비해 冬季 5.61m/day로 같은 飽和不足量의 경우 冬季에 많은 量의 酸素가 流入될 것이고, 脫酸素係數도 夏季가 125m까지 平均 0.66m/day로 冬季 0.46m/day에 비해 크기 때문에 酸素消耗速度가 빠른 이유 등에 따른 현상임을 판단할 수 있다.

Table 4. Mean values of variables and parameters used in the Streeter-Phelps' model( $k_1$ ,  $k_2$ , Napierian-based values)

Season	Mixing depth (m)	$k_1$ day <sup>-1</sup>	$k_2$ day <sup>-1</sup>	EOC mg/l	IOD mg/l
Summer (Jun.~ Oct.)	0~10	0.56	0.89	7.01	-0.33
	20	0.57	0.44	7.10	-0.34
	30	0.52	0.30	7.25	-0.24
	50	0.57	0.18	7.52	0.17
	75	0.62	0.12	7.74	0.65
	100	0.62	0.09	7.91	0.98
Winter (Dec.~ Apr.)	125	0.66	0.07	8.18	1.29
	0~10	0.39	1.29	8.47	0.43
	20	0.43	0.65	8.45	0.42
	30	0.46	0.43	8.43	0.40
	50	0.46	0.26	8.45	0.44
	75	0.46	0.17	8.52	0.52
Mean	100	0.45	0.13	8.61	0.62
	125	0.46	0.10	8.79	0.81
	0~10	0.48	1.02	7.74	0.05
	20	0.50	0.51	7.78	0.04
	30	0.49	0.34	7.84	0.08
	50	0.52	0.20	7.99	0.31
	75	0.54	0.14	8.13	0.59
	100	0.54	0.10	8.26	0.80
	125	0.56	0.08	8.49	1.05

Table 5. Maximum polluting load,  $L_0$ (mgBOD/l) and critical time,  $t_c$ (days) to oxygen sag value of 5mg/l

Mixing depth(m)		0~10	0~20	0~30	0~50	0~75	0~100	0~125
Summer	$L_0$	7.33	5.38	5.00	4.12	3.41	3.04	2.83
	$t_c$	1.48	2.10	2.59	2.88	3.00	3.18	3.22
Winter	$L_0$	18.38	11.27	8.61	6.80	5.78	5.35	4.97
	$t_c$	1.27	1.79	2.15	2.71	3.24	3.63	3.91
Mean	$L_0$	11.34	7.59	6.42	5.12	4.42	3.97	3.76
	$t_c$	1.39	1.97	2.41	2.87	3.14	3.49	3.61

## 2. 投棄率 決定

Streeter-Phelps(1925)의 모델을 통하여 許容濃度を 算出하였으므로 投棄率은 이 濃度を 넘지않는 범위에서 결정되어야 한다. 일정한 航速을 유지하는 船舶에서 投棄된 液狀廢棄物은 船舶의 航跡에 의하여 最初로 稀釋되며 계속되어 형성되는 해양자체의 亂流擴散의 영향은 여기에 비하면 적은 편이다(Csanady, 1981).

Csanady(1981)는 船舶이 약 6 knot(3m/sec)의 航速을 유지할 때 混合水塊의 幅(B)은 船幅의 2.5배 그리고 混合水深(H)은 船舶吃水の 3배로 될을 보고하였다. 그리고 許容濃度( $L_0$ )는 投棄된 物質의  $k_1$ 값이 글루코스-글루탐산 混合溶液의 값과 類似하다면 Fig. 3에서처럼 混合水深(H, m)과의 相關關係로 표시할 수 있다. 따라서 許容濃度는 船舶의 吃水만 알면 결정이 되며 投棄率도 式 (7)에 따라 Table 6과 같이 投棄物質의 BOD농도( $L_0$ )와 投棄船舶의 幅(b) 그리고 吃水(h)의 函數로 표시된다.

夏季와 冬季가 각각 다른 投棄率로 계산되는 것은 夏季와 冬季의 許容濃度差에 기인한 것이다.

## 要 約

河川과 沿岸의 극심한 汚染을 誘發하고 있는 液狀廢棄物을 東海南部海域에 投棄할 目的으로 溶存酸素分布에 基礎하여 許容濃度와 最適投棄率을 決定하였다.

許容濃度 算出은 Streeter-Phelps 모델을 이용하였으며 이 모델의 因子인 脫酸素係數는 2개월 간격으로 1년동안 각 수심별 海水에 有機物을 주입한 후 酸素消耗量을 측정하여 Thomas slope method에 따라 구하였고, 再曝氣係數는 Redfield의 閉鎖界 모델을 適用, 1년간의 現場觀測資料와 C. S. K 資料를 이용하여 算出하였다. 投棄率은 Csanady의 初期稀釋 理論을 適用하였다.



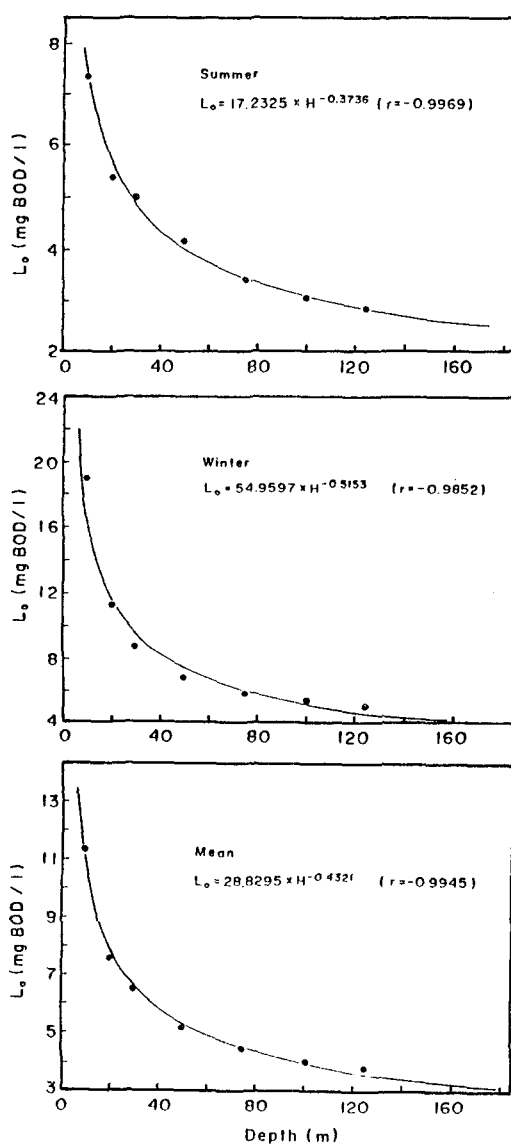


Fig. 3. Regression equation between mixing depth(H, m) and allowable organic matter concentration (L<sub>o</sub>, mgBOD/l)

Table 6. BOD loads(L<sub>o</sub>, mg/l) expressed by mixing depth (H, m) and dumping rate (R, m<sup>3</sup>/sec) by the beam (b, m), draft (h, m) of the barge and BOD (L<sub>n</sub>, mg/l) of wastes

Season	Maximum BOD load(L <sub>o</sub> )	Dumpint rate (R)
Summer	$17.23 \times H^{-0.37}$	$275 \times bh^{0.63} L_n^{-1}$
Winter	$54.96 \times H^{-0.52}$	$745 \times bh^{0.48} L_n^{-1}$
Mean	$28.83 \times H^{-0.43}$	$431 \times bh^{0.57} L_n^{-1}$

研究結果 表層에서 각 수심까지의 脫酸素係數는 夏季 0.24~0.29/day, 冬季 0.17~0.20/day였으며, 再曝氣係數는 夏季 0.03~0.39/day, 冬季 0.04~0.56/day이었다. 이들 因子로써 初期稀釋水塊의 溶存酸素를 5mg/l 이상으로 維持할 수 있는 각 수심까지의 許容濃度는 夏季 2.83~7.33mgBOD/l, 冬季 4.37~18.83mgBOD/l이었다.

混合水深(H)과의 關係를 利用하여 算出된 許容濃度(mgBOD/l)는 夏季  $17.23 \times (H)^{-0.37}$ , 冬季  $54.96 \times (H)^{-0.62}$ 으로 表現할 수 있었다. 이 許容濃度에 基礎하여 最適投棄率(m<sup>3</sup>/sec)은 船舶의 幅(b, m), 吃水(h, m) 그리고 廢棄物의 BOD(L<sub>n</sub>, mg/l)의 函數로 夏季에는  $275 \times bh^{0.63} / L_n$ , 冬季에는  $745 \times bh^{0.48} / L_n$ 으로 算出되었다. 이러한 差異는 夏季와 冬季의 溶存酸素濃度 分布와 이를 左右하는 각 因子에 起因한 것이다.

## 文 獻

- APHA · AWWA · WPCF. 1985. Standard method for the examination of water and wastewater, 16th ed., Washington, pp. 265~619.
- Brooks, E. A., J. Trefry, T. Sauer, C. Schwab, B. Bernard, J. Schofield, C. S. Giam and E. R. Meyer. 1980. Environmental aspects of ocean dumping in the western Gulf of Mexico. J. WPCF, 52(2), 329~350.
- Csanady, G. T. 1981. An analysis of dumpsite diffusion experiments. In Marine science, Vol. 12, Plenum Press, New York and London, pp. 109~129.
- Draxler, A. F. J. 1979. Transient effects of ocean wastewater sludge dumping. J. WPCF, 51(4), 741~748.
- Eleftheriou, A., D. C. Moore, D. J. Basford and M. R. Robertson. 1982. Underwater experiments on the effects of sewage sludge on a marine ecosystem. Neth. J. Sea. Res., 16, 465~473.
- Guarino, C. F. and M. D. Nelson. 1979. Ocean disposal as an ultimate disposal method. J. WPCF, 51(4), 773~782.
- Hong, C. H. and K. D. Cho. 1983. The relationship between the characteristics of dissolved oxygen and the Tsushima current in the Japan Sea in summer. Bull. Korean Fish. Soc., 16(3), 191~297.

- Ichiye, T. 1954. On the distribution of oxygen and their seasonal variations in the adjacent seas of Japan(I)~(II). *Oceanogra. Mag.*, 6(2), 41~99.
- Iseki, K., R. W. MacDonald and C. S. Wong. 1984. Effects of wood waste dumping on organic matter in seawater and surficial sediments of Alberni Inlet, British Colombia. *J. Oceanogr. Soc. Jap.*, 40, 213~220.
- Ishikawa, M. and H. Nishimura. 1983. A new method of evaluating the mineralization of particulate and dissolved photoassimilated organic matter. *J. Oceanogra. Soc. Japan*, 39, 29~42.
- Jackson, G. A. 1982. Sludge disposal in Southern California Basins. *Environ. Sci. Technol.*, 16, 746~757.
- Kano, Y. 1980. The annual variation of the temperature, salinity and oxygen content in the Japan Sea. *Oceanogra. Mag.*, 31(1-2), 15~26.
- Ketchum, B. H., D. R. Kester and P. K. Park. 1981. *Marine science 12. Ocean dumping of industrial wastes*, Plenum Press, New York and London, pp. 1~525.
- O'Connor, T. P. 1985. A strategy for monitoring of contaminant distributions resulting from proposed sewage sludge disposal site. *Mar. Environ. Res.*, 16, 127~150.
- Ogura, N., A. Kamatani, N. Nakamoto, M. Funakosh and S. Iwata. 1975. Fluctuation of dissolved organic carbon in seawater of Sagami Bay during 1971~1972. *J. Oceanogra. Soc. Japan*, 31, 43~47.
- Park, C. K. 1979. On the distribution of dissolved oxygen of the east coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 14(2), 67~70.
- Redfield, A. C. 1948. The exchange of oxygen across the sea surface. *J. Mar. Res.*, 7(3), 347~361.
- Sorokin, Yu. I. 1971. On the role of bacteria in the productivity of tropical oceanic waters. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 56, 1~48.
- Stommel, H. and K. Yoshida. 1972. The Tsushima current. *In Kuroshio its physical aspects*, Uni. of Tokyo Press, Tokyo, pp. 353~369.
- Streeter, H. and E. Phelps. 1925. A study of purification of the Ohio river. *In Scientific stream pollution analysis*, Scripta Book Company. Washington D. C., pp. 117~162.
- Thomas, H. A. 1950. Graphical determination of BOD curve constants. *In Water Chemistry*, John Wiley and Sons Inc., New York, pp. 59~51.
- Tsunogai, S. and N. Tanaka. 1980. Flux of oxygen across the air-sea interface as determined by the analysis of dissolved components in seawater. *Geochem. J.*, 14, 227~234.
- Wildish, D. J. and M. L. H. Thomas. 1985. Effect of dredging and dumping on benthos of Saint John Harbour, Canada. *Mar. Environ. Res.*, 15(1), 45~57.
- Ward, B. B. 1985. Light and substrate concentration relationships with marine ammonium assimilation and oxidation rates. *marine chemistry*, 16, 301~316.
- 國立水產振興院. 1967. 海洋調查年譜, 16.
- 國立水產振興院. 1968. 海洋調查年譜, 17.
- 國立水產振興院. 1969. 海洋調查年譜, 18.
- 國立水產振興院. 1970. 海洋調查年譜, 19.
- 吉田秀見, 米田義昭, 深瀬茂. 1983.  $^{14}\text{C}$ -標識珪藻 (*Skeletonema costatum*)を用いての粒狀有機物の分解過程について. 北大水産彙報, 34(2), 148~167.
- 李錫謨. 1987. 夏季 東海南部海域의 自淨能力 評價. 韓水誌, 20(1), 69~78.

1990년 5월 26일 접수

1990년 6월 23일 수리