

夏季 東海南部海域의 自淨能力 評價

李 錫 謨

釜山水產大學 環境工學科
(1986년 11월 5일 수리)

Evaluation of the Self-purification Capacity in the Southern Waters of the East Sea in Summer

Suk-Mo LEE

Department of Environmental Science and Engineering, National Fisheries University of Pusan, Nam-gu, Pusan 608, Korea
(Received November 5, 1986)

Human wastes are rich in organic matter and therefore affect the dissolved oxygen when they are discharged into the sea. The breakdown of this organic matter liberates nutrients.

The purpose of this study is to evaluate the self-purification capacity in the southern waters of the East Sea during the three cruises in June, July and August, 1986.

Streeter and Phelps' model has been used in this study. Factors in this model, deoxygenation constant and reaeration coefficient, have been determined by applying oxygen consumption method and a closed system model.

Deoxygenation constant and reaeration coefficient are 0.177-0.313/day and 0.025-0.364/day respectively. The self-purification capacity to the DO value of 5 mg/l is found to be 42.29~434.25 g BOD/m², and to a great extent depends on the vertical mixing.

緒 論

해양은 光合成에서 비롯되는 먹이連鎖를 통하여 人間에게 食糧資源을 供給할 뿐만 아니라 海底鑛物資源 등 未開拓資源의 寶庫로 脚光받고 있다. 또한 海洋은 人間活動의 結果로 生成되는 副産物인 汚染物質이 人間の 意志와는 關係없이 흘러드는 最終蓄積地이기도 하다. 陸地에서 發生되는 各種 廢棄物은 여러 經路를 통하여 바다로 들어가게 된다.

바다는 地球表面積의 71%를 차지하며 全體海水量은 1.37×10³⁰리터, 무게로 약 1.40×10³⁰톤(Williams, 1979)이나 되기 때문에 여기에 어느 정도의 汚染物質이 들어갔다 해도 全體海洋에 擴散되어 섞인다면 큰 問題는 되지 않을 것이다. 그러나 陸地에서 發生되는 汚染物質은 주로 特定한 沿岸海域에 集中的으로 流入되기 때문에 海水流動이 매우 느린 沿岸海域에 높은 濃도로 蓄積된다. 또한 陸地로부터의 汚染物質

들은 주로 河川水에 섞여 바다로 流入되기 때문에 海水와의 密度差로 因하여 垂直混合이 어렵게 된다. 결국 汚染物質은 沿岸海域이나 海洋의 表層부근에 集中的으로 分布하게 되어 酸素枯渴, 富營養化, 赤潮 등 여러가지 環境問題를 誘發하고 있다.

따라서, 이러한 問題의 解決을 위해서는 汚染物質이 沿岸으로 流入되기 전에 各種 處理方法을 通해 負荷量을 줄여야 한다. 그러나, 실제 대부분의 國家에서는 處理能力의 不足이나 使用經費의 過多로 이를 제대로 實行치 못하고 부득이한 方편으로 生物分解가 용이한 有機物이나 下水 등을 潮流疏通이 活潑하고 水深깊은 먼 바다에 海洋의 自淨能力을 利用하여 投棄하려는 계획이나 시도를 하고 있다.

先進沿岸國들은 오래 前부터 沿岸으로부터 비교적 멀리까지 海中放流管을 設置하여 下水를 바다에 廢棄해 왔으며, 船舶을 利用하여 各種 廢棄物은 外海에 投棄하고 있다(NOAA, 1982). 3面이 바다인 우리

나라에 있어 東海는 總面積 $1.008 \times 10^6 \text{ km}^2$, 平均水深 $1,361 \text{ m}$ 로 黃海와 南海에 비하여 面積이 넓고 水深이 깊은 것이 特色이며(KORDI, 1982), 또한 表面流速 70 cm/sec , 1 knot 이상의 強한 對馬暖流가 東海로 流入되고 있고(Stommel and Yoshida, 1972; Byun and Chang, 1984), 溶存酸素濃度는 비교적 높은 5 ml/l 이상으로 鉛直分布가 거의 均一한 特性을 가지고 있다(Ichiye, 1954; Park, 1979; Kano, 1980; Hong and Cho, 1983). 한편, 東海를 外海에 연결하는 海峽의 水深이 모두 150 m 이내로 문턱이 높은 地中海的 綠海이기 때문에 營養鹽濃度가 높은 深層海水가 들어오지 못하여 인도양이나 太平洋에 비해 貧營養狀態이며(日本水產學會, 1974; 李, 1984), 그 生産力은 平均 $0.215 \sim 0.285 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ 또는 $80 \sim 150 \text{ gC/m}^2/\text{year}$ (Chikuni, 1985)이고 秋季基礎生産力은 $1.3 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ (Shim and Park, 1986)로 報告되고 있어 이 海域에 生物分解可能한 有機物을 적절히 投棄할 경우 分解副産物로 生成되는 無機營養鹽은 基礎生産力을 向上시킬 수 있을 것으로 기대된다.

그러나, 美國의 海洋投棄海域인 New York Bight의 경우(Ketchum et al., 1981) 계속적인 海洋投棄와 河川水의 流入으로 夏季에는 無酸素狀態에까지 도달하여 問題가 된 적이 있다. 따라서 海洋投棄는 對象海域의 特性을 면밀히 파악하고 廢棄物에 대한 科學的인 自淨能力評價가 先決되어야 한다. 東海의 特性에 관한 研究는 다수의 報告가 있으나 有機物의 分解能力 등 自淨能力評價에 대한 研究는 없다. 그래서 本 研究는 生物分解可能한 有機物에 대한 海域의 自淨能力을 評價하고 그 許容濃度 및 投棄可能量을 算出하여 海洋投棄에 대한 基礎資料를 提供할 目的으로 遂行되었다.

材料 및 方法

1. 調査地點 및 時期

觀測 및 採水地點의 位置는 Fig. 1의 水產振興院 定線觀測點 209線 09點($35^{\circ}24.4' \text{ N}$, $130^{\circ}33.5' \text{ E}$)이며 振興院 調査船 및 釜山水產大學 實習船을 利用하여 1986年 夏季 6, 7, 8月 3個月間 現場觀測 및 各 水深別 採水를 하였다.

2. 評價方法 및 試料分析法

自淨能力은 對象海域을 各 水深까지 完全混合된 閉鎖界로 假定하여 Streeter and Phelps(1925)의 BOD-DO model을 利用하여 評價하였다. 이 model에

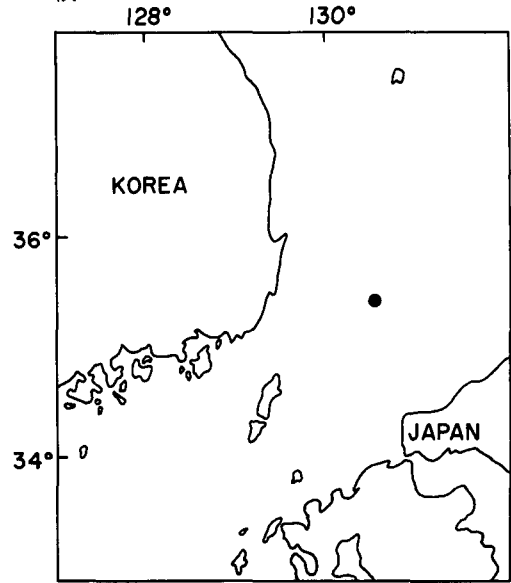


Fig. 1. Location of oceanographic station.

使用된 酸素消耗速度常數는 各 水深別 試水에 150 mg/l 의 glucose와 glutamic acid 混合溶液을 2% 程度 稀釋하여 20°C 에서 5日間 培養하는 微生物 活性檢定法(APHA·AWWA·WPCF, 1985)으로 每日의 酸素消耗量을 測定하여 Thomas(1950)의 slope method로 求하였고 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 求한 다음 各 水深으로 나누어 交換係數($/\text{day}$)를 算出하였다. 이렇게 求한 두 因子를 利用하여 許容濃度를 계산하고 各 混合水深까지의 自淨能力을 評價하였다.

海水의 水溫은 顛倒溫度計를 使用하여 現場測定하였으며, 鹽分은 Inductive salinometer(ES-1)를 利用하였고, 溶存酸素는 Winkler method(APHA·AWWA·WPCF, 1985), 磷酸鹽은 Ascorbic acid method(APHA·AWWA·WPCF, 1985)에 따라 定量하였다.

結果 및 考察

海洋의 自淨能力은 生態界에 미치는 여러가지 影響을 考慮해야 하지만, 本 研究는 生物分解可能한 有機物을 投棄할 경우 溶存酸素濃度에 미치는 影響을 評價하기 위하여 먼저 海域의 酸素消耗速度常數와 酸素交換常數를 求하였다. 그리고 이를 model에 適用할 수 있도록 換算한 다음 各 混合水深까지에 대한 許容可能濃度와 投棄可能量을 算出하였으며, model의 感度를 評價하여 結果를 實際 適用할 경우

夏季 東海南部海域의 自淨能力 評價

에 있어 問題點을 考察하였다.

1. 酸素消耗速度 測定

各水深別 試水の 酸素消耗量을 定量하여 消耗速度를 測定하였다. Table 1은 20°C에서 5日間の 消耗量을 測定하여 各水溫의 값으로 補正(崔와 趙, 1983)한 結果이며, Fig. 2는 現場水溫에서의 消耗量을 月別, 水深別로 圖示한 것이다. 3個月 모두 水深이 깊어짐에 따라 5日間 消耗量이 약간 減少하였으며 表層에

서 30 m까지 1日間の 消耗量이 그 이하의 水深의 消耗量보다 훨씬 적은 것이 特徵이다. Seki(1965)의 相模灣에 있어 水深別 分解細菌의 分布調査에 의하면 表層 부근의 細菌數가 극히 적은 것으로 나타났는데, 이로 미루어 夏季 強한 日射로 인하여 海洋細菌이 陰의 走光反應을 나타내기 때문에 表層부근의 菌數가 적고 아울러 同一消耗에 1日정도의 遲滯期가 必要한 것으로 思料된다.

Table 2는 表層에서 各 水深까지 面積積分한 酸素

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

Depth, m		0		10		20		30		50		75		100		125	
Date	Days	Exp.	Cor.	Exp.	Cor.	Exp.	Cor.	Exp.	Cor.	Exp.	Cor.	Exp.	Cor.	Exp.	Cor.	Exp.	Cor.
June 20, 1986	1	0.46	0.45	0.35	0.34	0.79	0.74	0.87	0.80	1.35	1.22	1.30	1.17	1.68	1.26	1.78	1.29
	2	1.23	1.20	1.37	1.33	1.40	1.31	1.63	1.49	1.36	1.23	1.51	1.36	1.95	1.46	1.89	1.37
	3	1.52	1.49	1.48	1.44	1.62	1.51	1.79	1.64	1.47	1.32	1.51	1.36	1.89	1.41	1.92	1.39
	4	1.75	1.71	1.49	1.44	1.92	1.79	2.02	1.85	1.44	1.30	1.74	1.56	1.93	1.44	1.98	1.43
	5	1.66	1.62	1.66	1.61	2.06	1.92	1.92	1.76	1.50	1.35	1.77	1.59	2.04	1.52	1.93	1.40
July 18, 1986	1	0.13	0.14	0.19	0.20	0.08	0.08	0.67	0.61	1.08	0.95	0.96	0.80	1.05	0.79	1.33	0.92
	2	0.76	0.81	1.12	1.16	0.75	0.71	1.36	1.23	1.50	1.32	1.42	1.18	1.44	1.08	1.62	1.12
	3	1.25	1.34	1.22	1.27	1.58	1.49	1.52	1.38	1.51	1.33	1.52	1.27	1.64	1.23	1.74	1.20
	4	1.36	1.45	1.30	1.35	1.60	1.51	1.55	1.41	1.56	1.37	1.69	1.41	1.69	1.27	1.79	1.24
	5	1.31	1.40	1.39	1.44	1.53	1.44	1.60	1.45	1.63	1.43	1.59	1.33	1.68	1.26	1.85	1.28
August 10, 1986	1	0.20	0.22	0.44	0.49	0.04	0.04	0.99	0.92	1.19	1.04	1.37	1.20	1.19	1.01	1.17	0.81
	2	0.78	0.87	1.00	1.11	0.78	0.81	1.49	1.39	1.51	1.32	1.51	1.32	1.28	1.09	1.21	0.83
	3	1.43	1.60	1.18	1.31	0.99	1.02	1.52	1.42	1.45	1.27	1.51	1.32	1.39	1.18	1.18	0.81
	4	1.32	1.48	1.39	1.55	1.41	1.46	1.47	1.37	1.45	1.27	1.56	1.36	1.49	1.27	1.33	0.92
	5	1.32	1.48	1.35	1.50	1.43	1.48	1.61	1.49	1.54	1.34	1.82	1.59	1.54	1.31	1.64	1.13

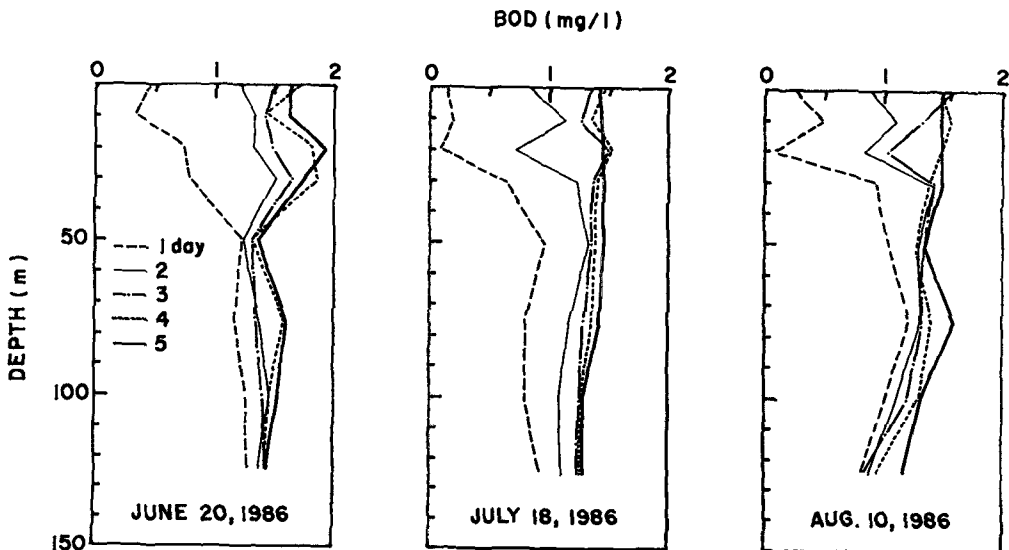


Fig. 2. Vertical profile of BOD at in situ temperature in summer.

Table 2. Deoxygenation constant(K' , day^{-1}) of the water mass by the Thomas slope method

Date	Depth, m	a	b	r	$K', \frac{6b}{2.303a}$
June 20. 1986	0- 10	1.0618	0.0719	0.9838	0.1767
	0- 20	1.0556	0.0729	0.9907	0.1802
	0- 30	1.0362	0.0746	0.9993	0.1879
	0- 50	1.0032	0.0861	1.0000	0.2240
	0- 75	1.0077	0.0897	1.0000	0.2323
	0-100	1.0109	0.0900	1.0000	0.2323
	0-125	1.0025	0.0936	0.9998	0.2324
July 18. 1986	0- 10	1.0169	0.1008	1.0000	0.2587
	0- 20	0.9896	0.1053	0.9996	0.2777
	0- 30	0.9694	0.1092	0.9999	0.2940
	0- 50	0.9780	0.1077	0.9998	0.2874
	0- 75	0.9844	0.1076	1.0000	0.2853
	0-100	0.9852	0.1094	0.9999	0.2898
	0-125	0.9917	0.1100	1.0000	0.2895
August 10. 1986	0- 10	0.9353	0.1122	0.9999	0.3131
	0- 20	1.0416	0.0895	0.9883	0.2243
	0- 30	1.0676	0.0847	0.9913	0.2071
	0- 50	1.0372	0.0941	1.0000	0.2368
	0- 75	1.0454	0.0931	0.9976	0.2324
	0-100	1.0558	0.0914	0.9959	0.2259
	0-125	1.0834	0.0892	0.9953	0.2149

消耗량을 각水深으로 나눈 평균값을 이용하여 Thomas 圖示法에 따라 기울기 b 와 截片 a 그리고 相關係數 r 을 구한 다음 酸素消耗速度常數 K' 를 算出한 結果이다. 6월의 경우는 水深이 깊어짐에 따라 速度常數가 커지나 7, 8월은 뚜렷한 現象을 보이지 않았다. 全體적으로 0.1767~0.3131/day 의 範圍로 나타났으며, 이 값은 家庭下水의 0.152~0.168/day (Benefield and Randall, 1980)와 比較할 때 다소 높은 水準을 보였다. 이는 使用된 glucose 와 glutamic acid 가 分解容易한 物質임을 意味한다.

2. 酸素交換常數 算定

海洋에서의 溶存酸素濃度變化는 大氣와의 交換과 生物學的 作用에 의한 增減으로 區分되며 磷酸鹽濃度變化를 測定하여 Redfield比(Redfield, Ketchum and Richards, 1963)를 利用하면 生物作用에 의한 變化량을 알 수 있고, 나머지는 大氣와의 相互作用에 의한 溶存酸素變化가 된다.

Table 3과 Fig. 3은 現場觀測을 통한 水溫, 鹽分, 溶存酸素, 磷酸鹽濃도와 이를 利用하여 算出한 溶存酸素飽和濃度(EOC)와 결보기酸素減少量(AOU)을 나타낸 것이다. 水溫의 鉛直分布를 보면 6월에 100 m 以深에서 水溫躍層이 形成되며 7, 8월에는 10~30 m

사이에 季節躍層이, 100 m 以深에서 永久躍層이 나타났다. 鹽分은 6월에 50 m 근처에 高鹽層이 形成되거나 7, 8월에는 雨期로 表層에서 50~100 m 까지 低鹽現象을 보였다. 磷酸鹽은 대체적으로 水深이 깊어짐에 따라 增加하였다. 溶存酸素는 鉛直으로 高른 分布를 보이며 30 m 근처의 極大層과 75~100 m 사이의 極小層이 弱하게 나타났다. 溶存酸素飽和濃度는 水溫과 밀접한 關係를 보이며 결보기酸素減少量은 水深이 깊을수록 增加하여 有機物分解에 따른 酸素消耗가 水深增加와 比例함을 알 수 있다.

Table 4는 表層에서의 결보기酸素減少량을 算出한 것이다. 6월에서 8월로 時間이 지날수록 그 값은 減少하는데 이는 水溫增加로 말미암아 飽和濃도가 減少하여 表層水는 溶存酸素가 過飽和되어 있음을 나타낸다.

Table 5는 鹽分, 溶存酸素, 磷酸鹽을 水深 125 m 까지 面積積分하여 水深으로 나눈 平均濃度이며, 편의상 PO 는 다음과 같이 定義하였다.

$$PO = 0 + 3.09P \text{ 그리고 } \Delta PO = \Delta E$$

여기서 0는 ml/cm^2 단위의 溶存酸素量이며 P 는 $\mu\text{g-at/cm}^2$ 단위의 磷酸鹽量이고 ΔPO 는 Δt 期間동안 大氣와의 純酸素交換量이다. PO 값이 시간이 지남에 따라 減少하는 것은 海水表面을 통하여 酸素가

夏季 東海南部海域の 自浄能力 評價

Table 3. Oceanographic data

Date	Depth, m	W. T. °C	Sal. ‰	EOC ml/l	DO ml/l	AOU ml/l	PO ₄ ³⁻ -P μg-at/l
June 20, 1986	0	18.882	34.101	5.202	5.348	-0.146	0.56
	10	18.235	34.135	5.300	5.432	-0.132	0.48
	20	16.696	34.290	5.510	5.488	0.022	0.40
	30	15.755	34.427	5.644	5.467	0.177	0.48
	50	15.059	34.606	5.744	4.949	0.795	0.48
	75	14.912	34.650	5.766	4.676	1.090	0.64
	100	12.282	34.422	6.195	4.886	1.309	0.81
July 18, 1986	125	6.155	34.139	7.386	5.915	1.471	0.81
	0	23.442	32.260	4.697	4.865	-0.168	0.21
	10	21.900	32.370	4.877	5.089	-0.212	0.21
	20	17.010	33.220	5.477	5.264	0.213	0.21
	30	15.812	33.464	5.658	5.163	0.495	0.31
	50	13.892	33.793	5.945	4.970	0.975	0.62
	75	11.670	34.163	6.306	4.599	1.707	0.96
August 10, 1986	100	7.493	34.180	7.100	4.298	2.802	0.89
	125	4.541	34.174	7.682	4.466	3.216	1.17
	0	25.995	32.120	4.434	4.689	-0.254	0.15
	10	25.690	32.034	4.464	5.001	-0.537	0.30
	20	21.732	32.328	4.898	5.765	-0.867	0.44
	30	16.570	32.908	5.560	5.555	0.005	0.37
	50	13.643	34.049	5.979	4.843	1.136	0.62
	75	12.619	34.317	5.976	4.158	1.818	0.89
	100	12.508	34.401	6.157	4.407	1.750	1.11
	125	4.474	34.128	7.769	4.622	3.147	0.30

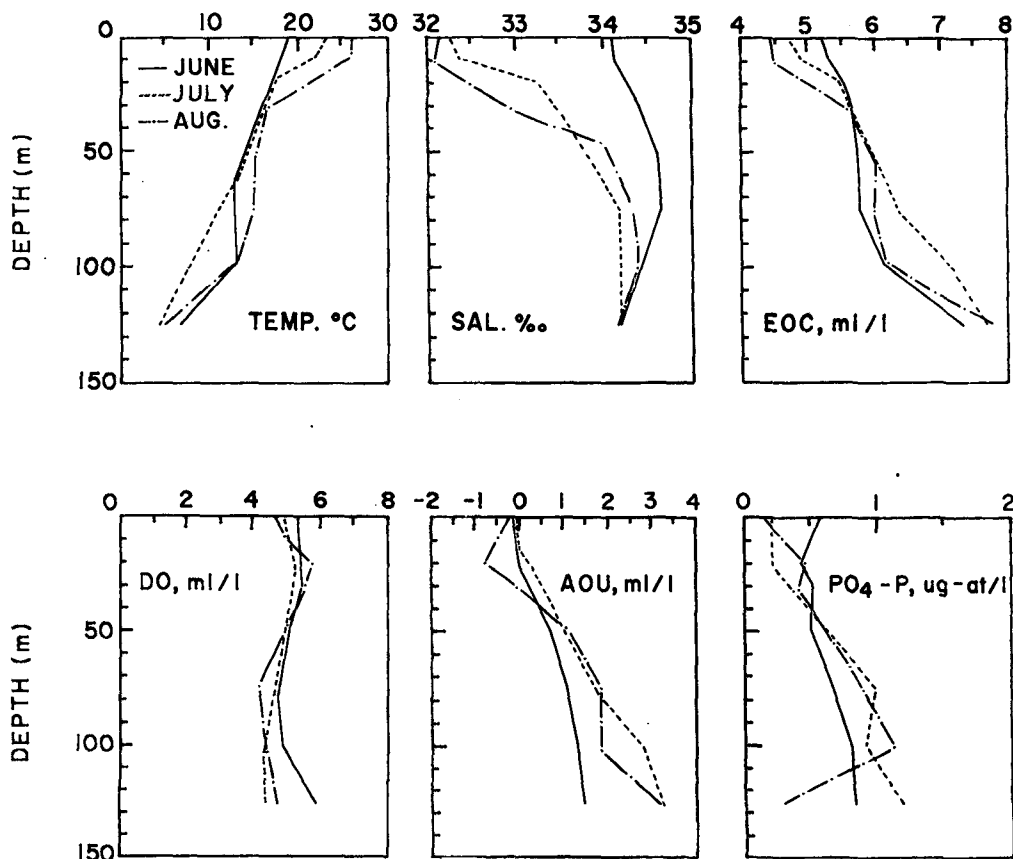


Fig. 3. Vertical profile of temperature, salinity, EOC, DO, AOU and phosphate in summer, 1986.

Table 4. Surface temperature, pressure, salinity, oxygen concentration and the calculated EOC and AOU value

Date	Temp. °C	pressure mb	Salinity ‰	DO ml/l	EOC ml/l	AOU ml/l
June 20, 1986	18.882	1010.5	34.101	5.348	5.202	-0.146
July 18, 1986	23.440	1012.0	32.260	4.865	4.697	-0.168
Aug. 10, 1986	25.995	1014.0	32.120	4.689	4.435	-0.254

Table 5. Mean concentration of salinity, oxygen, phosphate and the calculated PO value

Date	Salinity ‰	Oxygen ml/l	Phasphate µg-at/l	PO = O + 3.09P ml/l
June 20, 1986	34.427	5.138	0.61	7.023
July 18, 1986	33.749	4.763	0.69	6.895
Aug. 10, 1986	33.670	4.762	0.65	6.774

Table 6. Change in oxygen due to gas exchange in the water colum during the period Δt days, flux of oxygen (F) and exchange constant (K̄)

Periods	Δt days	Δc ml/l	ΔE ml/cm ²	F ml/cm ² /day	K̄ m/day
June 20-July 18	28	-0.157	-1.600	-0.057	3.631
July 18-Aug. 10	23	-0.211	-1.512	-0.066	3.128

大氣로放出됨을 뜻하며 이는 水溫上昇에 따른 酸素飽和濃度의 減少와 表層有光層에서의 生物學的 酸素生成에 起因된 것으로 판단된다.

Table 6은 觀測期間(Δt)동안 大氣와의 氣體交換에 의한 酸素變化(ΔE)와 그 變化량을 觀測期間으로 나눈 Flux(F), 그리고 $K = F/\Delta C$ 에 의하여 求한 平均交換常數(K̄)를 算定한 結果이다. 여기서 AOU는 時間에 따라 直線의으로 變化한다고 假定하여 두 觀測값의 平均值를 ΔC로 推定하였다. 觀測期間 동안 1.600(28日間), 1.512(23日間) ml/cm²의 交換量を 보였으며 夏季平均交換常數는 3.128~3.631 m/day로 나타났다.

이 값은 Gulf of Main의 3.12 m/day(Redfield, 1948)와 Funka 灣의 3.35±1.39 m/day (Tsunogai and Tanaka, 1980) 등과 거의 類似한 값을 보이고 있어 外海의 경우는 海域에 따른 큰 差異가 없을 것으로 생각된다.

3. 自淨能力 算出

許容濃度 算出을 위한 Streeter-phelps의 model은 다음 식에 기초를 둔다.

$$D = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t}$$

여기서 L_0 , D_0 은 최초의 BOD(mg/l)와 酸素不足量(mg/l)이며 k_1 과 k_2 는 自然로그로 表現된 酸素消耗速度常數(/day)와 酸素交換速度係數(/day)이다. D 는 飽和濃도와 現場濃도와 의 差異로서 時間 t 에서의 酸素不足量이며 이것을 時間에 대하여 圖示한 것이 溶存酸素曲線(Sag curve)이다. 따라서, 지금까지 求한 酸素消耗速度常數는 自然로그로 表現해야 하며 酸素交換常數는 各 水深으로 나누어 酸素交換係數를 求한 다음 自然로그로 表現해야 한다. 그리고 最初의 有機物濃도와 酸素不足량을 알면 時間에 따른 酸素不足량을 알 수 있으며 다음 식에 의하여

$$D_c = k_1 L_0 e^{-k_1 t_c / k_2}$$

$$t_c = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln \frac{k_1}{k_2} \left(1 - \frac{D_0 (k_2 - k_1)}{L_0 k_1} \right)$$

溶存酸素曲線上에서 臨界點(t_c , D_c)을 求할 수 있다. 實際 臨界點의 溶存酸素量은 飽和濃度에서 臨界不足량을 뺀 값이 된다.

Table 7은 混合水深을 125 m까지로 假定하였을 경우 自然로그로 表現된 酸素消耗速度常數(k_1)와 酸素交換係數(k_2), 그리고 飽和濃度(SOC)와 初期不足量(IOD)을 利用하여 初期有機物濃도를 變化시킬 때 臨界點의 溶存酸素量과 時間을 算出한 것이다. 有機物負荷가 增加할수록 臨界點의 現場濃度は 급격히 減

Table 7. Maximum sag of DO(Ds, mg/l) and critical time (tc, days) showing the influence of the polluting load(Lo, mg/l) on the water mass 0-125 m

Date	k ₁ day ⁻¹	k ₂ day ⁻¹	SOC mg/l	IOD mg/l	Lo mg/l	Ds mg/l	tc days
June 20, 1986	0.5602	0.067	8.450	1.110	1	6.824	2.924
					3	5.353	3.734
					5	3.861	3.944
					7	2.365	4.041
					9	0.868	4.097
July 18, 1986	0.6655	0.062	8.877	2.074	1	6.360	2.180
					3	4.856	3.126
					5	3.305	3.404
					7	1.746	3.538
					9	0.183	3.618
August 10, 1986	0.4940	0.058	8.390	1.587	1	6.362	2.904
					3	4.907	4.034
					5	3.416	4.347
					7	1.917	4.495
					9	0.416	4.581
Mean	0.5732	0.062	8.572	1.590	1	6.517	2.624
					3	5.036	3.594
					5	3.521	3.862
					7	1.999	3.990
					9	0.475	4.065

少하며 그 시간도 지연됨을 볼 수 있다.

Fig. 4는 夏季 平均값을 利用하여 逆으로 臨界濃度を 附與할 경우 算出된 初期有機物의 最大許容濃度を 나타낸 것이다.

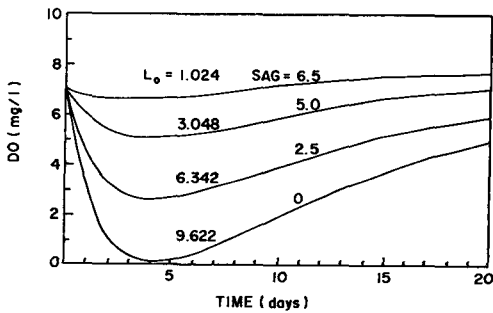


Fig. 4. Maximum polluting load, Lo(mg BOD/l), to each oxygen sag(mg/l).

一般的으로 海域의 경우 溶存酸素는 魚類의 成長을 위하여 4~5 mg/l 이상(US EPA, 1973)으로 維持되어야 하며 우리나라의 環境基準에 있어서도 5 mg/l 이상으로 되어 있다.

Table 8은 溶存酸素臨界濃度を 5 mg/l로 할 경우, 月別, 各 混合水深別 因子를 利用하여 許容濃度와 自淨能力 즉 投棄可能量을 算出한 것이다.

有機物 許容濃度は 月別, 水深別 뚜렷한 差異를 보였다. 月別差異는 水溫上昇으로 初期溶存酸素濃도가 減少한 結果이며, 水深別 差異는 混合水深이 깊어짐에 따른 酸素交換係數의 低下로 因하여 許容濃도가 減少함을 意味한다. 그러나 單位面積에 대한 投棄可能量은 混合水深에 따라 最低 42.29에서 最高 434.25 g BOD/m²의 增加를 보이고 있어 鉛直混合程度에 따라 크게 左右됨을 알 수 있다.

4. model의 感度檢定

酸素消耗速度 測定을 위하여 本 研究에서는 glucose-glutamic acid 混合溶液을 使用하였으나, 實際 投棄될 物質의 分解速度는 다를 수 있으며 酸素交換은 混合水深에 따라 그 率을 달리한다. 따라서 結果에 影響을 주는 各 因子에 대한 感度を 試驗하여 實際適用上의 問題點을 考察하는 것은 重要하다.

Fig. 5는 本 研究結果에 나타난 各 條件에서 混合水深 125 m의 常數를 利用하여 有機物 負荷를 變化시킬 경우(上), 有機物濃度を 5 mg BOD/l로 固定하고 酸素消耗速度常數를 달리할 경우(中), 그리고 有機物이 完全混合될 수 있는 水深을 變化시킬 때(下)의 時間에 따른 溶存酸素濃度變化를 나타낸 것이다.

溶存酸素濃度は 有機物 負荷에 아주 敏感한 變化

Table 8. Maximum allowable BOD (MAB, mg/l) and self-purification capacity (SPC, g/m²) to the DO value of 5mg/l at each mixing depth (m)

Date	Parameter	Mixing depth						
		10	20	30	50	75	100	125
June 20, 1986	k_1, day^{-1}	0.406	0.414	0.432	0.515	0.534	0.534	0.560
	k_2, day^{-1}	0.838	0.419	0.279	0.268	0.112	0.084	0.067
	SOC, mg/l	7.502	7.612	7.730	7.892	8.002	8.137	8.450
	IOD, mg/l	-0.199	-0.138	-0.045	0.251	0.616	0.890	1.110
	MAB	10.393	7.275	6.103	4.721	3.918	3.523	3.474
	SPC	103.93	145.5	183.09	236.05	293.85	352.30	434.25
July 18, 1986	k_1, day^{-1}	0.595	0.638	0.676	0.661	0.6558	0.666	0.666
	k_2, day^{-1}	0.775	0.388	0.258	0.155	0.103	0.078	0.062
	SOC, mg/l	6.839	7.118	7.396	7.753	8.085	8.458	8.877
	IOD, mg/l	-0.271	-0.135	0.079	0.467	0.950	1.518	2.074
	MAB	6.002	4.715	4.263	3.820	3.386	3.042	2.813
	SPC	60.02	94.30	127.89	191.00	253.95	304.20	351.63
August 10, 1986	k_1, day^{-1}	0.720	0.516	0.476	0.544	0.5343	0.519	0.494
	k_2, day^{-1}	0.725	0.363	0.242	0.145	0.097	0.073	0.058
	SOC, mg/l	6.356	6.522	6.838	7.399	7.779	8.001	8.390
	IOD, mg/l	-0.565	-0.784	-0.728	-0.111	0.629	1.109	1.587
	MAB	4.227	4.241	4.397	3.988	3.418	3.001	2.875
	SPC	42.27	84.82	131.91	199.40	256.35	300.10	359.38

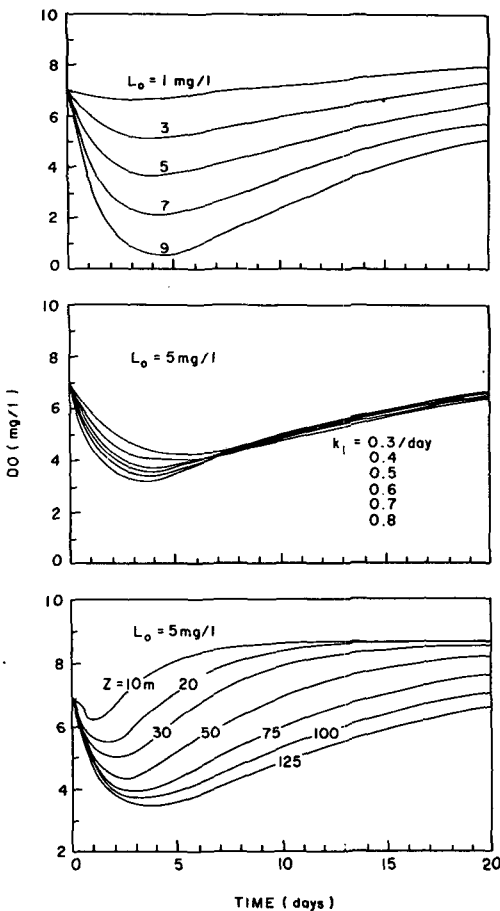


Fig. 5. Oxygen sag curves of each BOD load, $L_0(\text{mg/l})$, rate constant, $k_1(\text{1day})$, and mixing depth, $Z(\text{m})$.

를 보이고 있어 精密한 許容濃度 算出이 可能하며, 有機物 種類에 따라 다를 수 있는 酸素消耗速度常數가 클수록 臨界濃度는 低下되고 臨界點에 도달하는 時間은 短縮되며, 回復이 빨라지는 現象을 볼 수 있으나, 그 程度는 混合水深에 따라 惹起되는 酸素交換係數의 變化에 더 敏感함을 볼 수 있다. 그러나, 實際 算出된 投棄可能量은 무엇보다도 混合水深에 가장 밀접한 關係를 가지고 있으며 (Table 8), 이러한 사실은 Jensen 등(1985)이 檢定한 內容과 잘 일치하고 있다.

그러므로, 海洋에 有機物을 投棄할 경우 이상의 自淨能力 評價에 添加하여 物理的 作用에 의한 混合水深決定에 대한 研究를 必要로 한다.

要 約

人間生活에 의하여 發生되는 有機廢水 및 廢棄物로 因한 沿岸汚染을 低減시키고, 分解副産物로 生成되는 無機營養鹽을 利用하여 海域의 生産力을 높일 수 있도록 이들을 海流疏通이 圓滑하고 水深깊은 外海에 投棄할 境遇 投棄可能量을 算出하기 위하여 1986年 夏季 3個月동안 東海南部海域을 對象으로 觀測 및 實驗을 行하였다.

許容濃度算出은 Streeter-Phelps의 model을 利用하였으며 이 model의 因子인 酸素消耗速度常數는 酸素消耗法으로 求하였고, 酸素交換係數는 閉鎖界 model을 適用하여 現場觀測을 통해 算出하였다.

表層에서 各水深까지의 酸素消耗速度常數는 0.177 ~ 0.313/day 였으며 酸素交換係數는 0.025 ~ 0.364/

day 이었다. 이들 因子를 利用하여 海域의 溶存酸素를 5 mg/l 이상으로 維持할 수 있는 投棄可能量은 42.29~434.25 g BOD/m²의 範圍였으며 結果는 混合水深에 크게 依存됨을 考察할 수 있었다.

謝 辭

本 研究를 指導해 주신 朴清吉 教授님께 感謝드리오며, 試料採取에 協助해 주신 수산진흥원 포항연구소 직원 및 선원 여러분과 수산대학 경양호 선원 여러분, 그리고 水質分析을 도와준 수산대학 環境工學科 水質研究室 연구원 여러분께 深深한 謝意를 表한다.

文 獻

- APHA·AWWA·WPCF. 1985. Standard method for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington.
- Benefield, L.D. and C.W. Randall. 1980. Biological process design for wastewater. Prentice-Hall. Englewood Cliffs N.J., p. 69.
- Byun, S.K. and S.D. Chang. 1984. Two branches of Tsushima warm current in the western channel of the Korea Strait. J. Oceanol. Soc. Korea. 19(2), 200-209.
- Chikuni, S. 1985. The fish resources of the north-west Pacific. FAO Fisheries Technical Paper, 266. Rome, p. 13.
- 崔義昭·趙光明. 1983. 環境工學. 淸文閣, 서울, p. 74.
- Fukuoka, J. 1957. On the Tsushima current. J. Oceanogra. Soc. Japan. 13 (2), 57-60(in Japanese).
- 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), 291-297(in Korean).
- 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.
- Jensen, J.K., A.M. Hansen and P. Mortensen. 1985. Oxygen depletion modelling, Port Shelter, Hong Kong. Preprint of IAOWPRC's first Asian conference. Treatment, disposal and management of human wastes. Tokyo, p. 287-297.
- 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 waters. Plenum Press. New York and London, p. 3-88.
- KORDI. 1982. Water circulation of the East Sea and its applicability to industry. KORDI Rept. BSPE 00042-62-1, p. 145.
- 李光雨. 1983. 海洋化學. 大韓教科書株式會社, 서울, p. 57-60.
- 日本水產學會. 1974. 水產學シリーズ. 5. 對馬暖流—海洋構造と漁業. 恒星社厚生閣. 東京, p. 122-127.
- NOAA. 1982. Marine pollution papers oceans '82. Washington, p. 995-1118.
- Park, C.K. 1979. On the distribution of dissolved oxygen of the east coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea. 14(2), 67-70(in Korean).
- Redfield, A.C. 1948. The exchange of oxygen across the sea surface. J. Mar. Res. 7(3), 347-361.
- Redfield, A.C., B.H. Ketchum and F.A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water. The Sea. 2, p. 26.
- Rich, L.G. 1973. Environmental systems engineering. Mcgraw-Hill, p. 146-155.
- Seki, H. 1965. Microbiological studies on the decomposition of chitin in marine environment XI. J. Oceanogr. Soc. Jap. 21, 253-260.
- Shim, J.H. and Y.C. Park. 1986. Primary productivity measurement using carbon-14 and nitrogenous nutrient dynamics in the south-eastern sea of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea. 21(1), 13-24.
- Stommel, H. and K. Yoshida. 1972. The Tsushima current in Kuroshio its physical aspects. by S. Moriyasu. Univ. of Tokyo Press. Tokyo, 353-369.
- Streeter, H. and E. Phelps. 1925. A study of the purification of the Ohio river. U.S. Publ.

李 錫 謨

- Health Service Bull. No. 146. Washington, D.C.
- Thomas, H. A. Jr. 1950. Graphical determination of BOD curve constants. Water and sewage works. 79, p.127.
- Tsuogai, S. and N. Tanaka. 1980. Flux of oxygen across the air-sea interface as determined by the analysis of dissolved components in sea water. *Geochem. J.* 14, 227-234.
- US Environmental Protection Agency. 1973. Water quality criteria. Ecological Research Series. E A-R. 3. 73.
- Williams, J. 1979. Introduction to marine pollution control. John Wiley & sons. New York, p.1.