

海水中에서 油處理劑 및 油處理劑/Bunker-C油 混合物의 生分解도와 溶存酸素消費에 관한 研究(I)

— 유처리제의 생분해도와 용존산소소비 —

김광수 · 박청길 · 유선재*

부산수산대학교 환경공학과 · *군산대학교 해양환경학과

Study on the Biodegradability of Dispersants and Dispersant/Bunker-C Oil Mixtures and the Dissolved Oxygen Consumption in the Seawater(I)

— The Biodegradability of Dispersants and the Dissolved
Oxygen Consumption in the Seawater —

Gwang-Su KIM · Chung-Kil PARK and Sun-Jae YOU*

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

**Department of Marine Environment, National Kunsan University, Kunsan 573-400, Korea*

As the dispersants and the dispersant/oil mixtures are degraded naturally by the microorganisms in the seawater, the consumption of dissolved oxygen may cause marine organisms to be damaged especially in the waters where the dissolved oxygen level is low due to the pollution and the restriction of seawater flow.

The biodegradation experiment, the TOD analysis and the element analysis for three dispersants(SG, GL and WC) and a nonionic surfactant(OA-5) were conducted for the purposes of evaluating the biodegradability of dispersants and studying the effect of dispersants on dissolved oxygen in the seawater.

The results of biodegradation experiment showed 1mg of dispersants to be equivalent to 0.403~0.595mg of BOD₅ and to 0.703~0.855mg of BOD₂₀, and 1mg of nonionic surfactant to be equivalent to 0.50mg of BOD₅ and to 0.97mg of BOD₂₀ in the natural seawater.

The results of TOD analysis showed 1mg of dispersants to be 2.37~2.80mg of TOD and 1mg of nonionic surfactant to be 2.45mg of TOD.

The results of element analysis showed carbon content and hydrogen content to be 67.6~76.5% and 10.2~12.2% for dispersants, and 65.3% and 10.3% for nonionic surfactant, respectively. No nitrogen element was detected in dispersants and a nonionic surfactant.

The biodegradability of dispersants shown as the ratio of BOD₅/TOD was found to be in the range of 17~21%, and that of nonionic surfactant was found to be about 20%. This means that dispersants and nonionic surfactant belong in the organic matter group of

middle-biodegradability.

The deoxygenation rates(K_1) and ultimate oxygen demands(L_0) obtained through the biodegradation experiment and Thomas slope method were found to be 0.121~0.171/day and 3.155~3.810mg/l for 4mg/l of dispersants and to be 0.181/day and 1.911mg/l for 2mg/l of nonionic surfactant in the seawater, respectively.

緒 論

연안해역에서 유류오염으로 인한 피해는 점점 커지고(환경처, 1991), 해양생물에 미치는 영향도 복잡, 다양하고 지속적이어서 타격을 받은 생태계의 회복에는 오랜 시간이 소요된다(해양경찰, 1988).

해양에 유출된 기름이 확산, 증발, 분산, 유화, 용해, 산화, 침강 및 생물분해 등의 변화과정을 겪으면서(Stocker *et al.*, 1976) 自淨되는 데에 많은 시간이 필요하기 때문에, 유출유의 영향 및 피해를 받기 전에 유출상황 및 기상·해상조건 등에 가장 적합한 처리방법을 선택하여 신속히 유출유를 처리해야 한다.

유출유 처리 방법으로는 보통 물리적 처리와 화학적 처리를 많이 이용하고 있으나, 경우에 따라서는 생물학적 처리 및 소각 처리 등도 이용하고 있다(Brown, 1987).

일반적으로 비교적 평온한 해면상의 유출사고는 기름울(oil fence) 등으로 유출유의 확산을 막은 후, 유회수장치(oil skimmer) 및 흡착제를 사용하여 기름을 흡인 및 흡착하여 제거하는 물리적 처리 방법이 바람직하다.

그러나 물리적 처리 후에도 해면에 남아있는 얇은 유막이나 외양에서 얇은 유막으로 광범위하게 확산되어 버린 유출유는 유처리제를 이용하여 화학적으로 처리한다. 유처리제(dispersant)는 계면활성제의 유화·분산작용을 이용하여 해상의 유출유를 해수중에 미립자로 분산시키는 화학적 처리제이며, 보통 용제(60~90%)와 계면활성제(10~40%)로 이루어져 있다(Canevari, 1969; 界面活性劑研究會, 1986), 근래에는 생분해를 촉진시키기 위해서 질소와 인을 첨가한 유처리제도 개발되었다(Brown, 1987).

波濤나 潮流 등이 강한 해역에서는 물리적 처리의 효과를 그다지 기대할 수 없으나, 유처리제를 이용한 분산처리는 파랑에 의한 지장도 비교적 적으며, 복잡한 기기도 필요치 않는 등 작업이 간단하기 때문에 긴급을 요하는 유출유 사고에 대해서 신속한 처리작업이 가능하다. 이 처리방법은 독성의 문제점이 있음에도 불구하고, 작업의 簡易性,

迅速性, 經濟性 등이 인정되어 급속히 발달해서 규모가 큰 유출유 사고의 경우에 대부분 이 처리방법을 이용하고 있다. 그러나 단지 작업의 簡易性만을 이유로 해서 유처리제를 이용한 처리 방법에 전적으로 의존하는 것은 바람직하지 않다(tanker油濁研究會, 1976; 해양경찰, 1987).

국내의 해양오염 방제체제상 대부분의 유류오염 사고시 방제작업을 유처리제에 의존하고 있으므로 해양의 유류오염사고의 증가에 따라 유처리제의 연간 사용량이 1981년의 약 106kl에서 1990년의 약 1,126kl로 급속히 증가하는 실정인바, 과다한 유처리제의 사용으로 인하여 해양에서 각종 환경변화가 야기될 수 있다(해양경찰, 1987).

유처리제와 관련하여 Tarzwell(1969), Wilson *et al.*(1973), 大久保(1976) 및 Stromgren(1986) 등은 유처리제의 독성에 대하여, Beynon(1969) 등은 유처리제의 유화율에 관하여 연구하는 등 많은 발표가 있었다. 한편, Dewling *et al.*(1971)은 수질관리적 측면에서 유처리제의 생분해와 최종산소요구량에 근거하여 유처리제의 사용여부 및 사용량을 결정할 것을 주장하였다.

국내에서 박 등(1988)과 박 등(1989)이 해양에서 Bunker-C유를 분해하는 균체가 생산하는 유화제 및 유화분산에 미치는 영향을 연구하였고, 제 등(1991)은 유출유 및 유처리제가 생물에 미치는 영향에 관해서 발표하는 등 유처리제에 관련된 다수의 연구가 있었으나 해수중에서 생분해시 수중의 용존산소를 소비하는 산소요구물질(oxygen-demanding wastes)로서 유처리제를 연구한 발표는 지금까지 없었다.

특히 해수유동이 제약을 받는 폐쇄성 해역이나 오염된 연안수역에서는 유출유를 처리하기 위해 유처리제가 다량으로 사용될 때, 유처리제 자체가 수중의 미생물에 의해서 분해되면서 수중의 용존산소 수준을 저하시켜 생물군에 대하여 급성 치사 효과를 일으키고, 잠재적으로 지속적인 영향을 야기시킬 수 있다(Dewling *et al.*, 1971).

따라서 본 연구에서는 유처리제의 생분해도와 유처리제가 해수중의 용존산소에 미치는 영향을 究明할 목적으로 국내에서 시판 중인 유처리제와

유처리제의 구성물질인 비이온 계면활성제에 대해서 TOD분석, 원소분석 및 천연해수를 이용한 생분해 실험을 행하여 생분해도, 탈산소계수 및 최종산소요구량을 산출하고 평가하였다.

材料 및 方法

1. 材料

油處理劑

실험에 사용한 유처리제는 세 종류의 제품, SG, GL, WC로서 Table 1에 나타난 유처리제의 성능시험기준(해운항만청, 1979; 한국공업규격, 1984)에 합격하여 해운항만청 형식승인을 득한 제품으로, 시중에서 수거하였다.

Table 1. Test criteria for dispersant efficiency

Items	Criteria
Flash point	> 75°C
Emulsification rate at 30 sec after shaking	> 60%
Emulsification rate at 10 min after shaking	> 20%
Sedimentation: oil particulates to be dispersed in the seawater, and not to be precipitated	
Kinematic viscosity at 30°C	< 50Cst
Biodegradability of surfactant for 7 days and 8 days	> 90%
Toxicity to organisms <i>Skeletonema costatum</i>	> 100ppm
<i>Orizias latipes</i> (24h-TLm)	> 3000ppm

界面活性劑

실험에 사용한 계면활성제는 유처리제의 구성 성분인 비이온 계면활성제 중의 한 종류로서 제품명이 KONION OA-5이며, 특성은 Table 2와 같다.

天然海水

1991년 5월 17일 부산의 해운대 앞바다에서 채수한 후, 신속히 실험실로 운반하여 실험에 이용하였으며, 해수의 특성은 Table 3과 같다.

2. 實驗方法

1) 試驗物質의 分析

생분해 측정

식물 플라크톤망(mesh 50~60)으로 여과한 후,

Table 2. Properties of surfactant, OA-5 used in experiment

Items	Properties
Composition	Polyoxyethylene oleyl ether
Formula	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}\cdot\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_5\text{H}$
Appearance	Thin yellow liquid state
Color(APHA)	< 500
Water(%)	< 0.5
CP*(%)	-
pH*	5.0~8.0
Hydroxyl value	112~120
HLB	9.1

* 1% aqueous solution

Table 3. Properties of natural seawater used in experiment

Items	Values	Items	Values
Temp.(°C)	16.5	$\text{NH}_4^+-\text{N}(\text{mg/l})$	0.30
pH	8.1	$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}(\text{mg/l})$	0.02
Salinity(‰)	34.21	TSS(mg/l)	4.00
$\text{NO}_2^--\text{N}(\text{mg/l})$	0.10	VSS(mg/l)	1.10
$\text{NO}_3^{2-}-\text{N}(\text{mg/l})$	0.30	COD(mg/l)	1.10

20l의 유리수조에서 폭기시킨 천연해수에 각 시험 물질을 무게를 달아서 첨가하고 혼합하여 각 시험 농도의 시료를 조제하였다. 이렇게 조제한 시험물질의 시료를 약 300ml의 BOD병에 기포가 생기지 않도록 분주한 후, 20°C로 유지된 항온 부란기에 넣고, 동시에 여과 및 폭기된 천연해수의 공시료를 넣어 20일간 생분해 실험을 행하였다. DO의 측정에는 Winkler-아지드화 나트륨 변법을 이용하였다.

각 시료 및 공시료에 대한 초기 및 매일의 DO를 2번 측정치의 평균값을 취하였다. 각 시료의 초기 DO에서 매 측정일의 DO를 공제하여 산출한 BOD값으로부터, 동일한 방법으로 산출한 공시료의 BOD값을 공제함으로써 각 시험농도의 시험물질에 대한 BOD값을 산출하였다.

유처리제의 생분해 측정 방법은 세 종류의 유처리제 SG, GL 및 WC의 무게를 각각 달아서 시험 농도가 천연해수 중에서 각각 4mg/l되게 시료를 조제하여 제3일, 제5일, 제7일, 제10일 및 제20일의 BOD를 측정하였다.

계면활성제의 생분해 측정 방법은 비이온 계면활성제 OA-5의 무게를 달아서 시험농도가 천연해수 중에서 2mg/l되게 조제하여, 제1일부터 제8일까지 매일의 BOD와 제20일의 BOD를 측정하였다.

TOD 분석

Total Oxygen Demand Analyzer(IONICS Model 225)를 이용하였으며, 측정조건은 다음과 같다.

Furnace Temperature: 900℃

Air Pressure: 27psig

Carrier Gas 유량

Primary Nitrogen Flow: 0.12 CFH

Secondary Nitrogen Flow: 120 bubbles/min

Potassium Biphthalate(C₈H₄(COO)(COOH))

0.8509g을 증류수 1l에 용해하여 1000mg/l의 표준원액을 조제한 후, 각 농도를 50mg/l, 100mg/l, 250mg/l, 500mg/l, 750mg/l로 희석한 표준용액을 사용하여 검량선을 작성하였다.

1000mg/l의 glucose표준원액을 조제한 후, 각 농도를 50mg/l, 100mg/l, 250mg/l, 500mg/l, 750mg/l로 희석한 표준용액을 이용하여 검정하였다.

증류수으로써 비이온 계면활성제를 100mg-(OA-5) /l, 각 유처리제를 100mg-SG/l, 100mg-GL/l, 100mg-WC/l의 시험농도로 조제하여 각 시험물질 시료의 TOD를 측정하였다.

원소 분석

CHN CORDER(YANAGIMOTO Model MT-2)를 이용하였으며, 측정조건을 다음과 같다.

He gas second pressure : 4kg/cm²

He rotameter : 180cc/min

O₂ second pressure : 3kg/cm²

O₂ rotameter : 7cc/min

Heating Furnace Temp. : 500℃

Combustion Furnace Temp. : 800℃

Antipyrine(C₁₁H₁₂ON₂) 표준물질 2.0mg의 무게를 달아서 검출감도, 즉 검량치(μg/mm)를 구했으며, 각 시험물질의 무게 1.5mg을 달아서 시험물질을 분석하였다.

2) 生分解度の算定

생분해 측정 결과로부터 얻어진 시험물질의 BOD₅값을 TOD분석 결과로부터 얻은 시험물질의 TOD값에 대한 비, 즉 BOD₅/TOD로써 나타내었다(井上, 1972).

3) 脫酸素係數(K₁) 및 最終酸素要求量(L₀)

각 시료에 대해 20일간 측정된 BOD값에 근거하

여 Thomas slope method를 이용하여 산출하였다(Thomas, 1950).

結果 및 考察

1. 試驗物質의 BOD(Biochemical Oxygen Demand)

1) 試驗海水의 生分解度

시험해수 중의 미생물에 의한 생분해도를 검정하기 위해서, 표준물질인 Glucose와 Glutamic acid를 각각 150mg/l가 되도록 조제한 혼합용액을 2%의 농도가 되도록 시험해수로서 희석한 후, 이 용액의 BOD₅를 측정된 결과, 각 150mg/l로 혼합된 Glucose-Glutamic acid용액의 BOD₅는 217.0mg/l로서, Standard Methods(APHA-AWWA-WPCF, 1989)의 197 ± 30.5ppm 및 竹本 등(1978)이 제시한 220 ± 10ppm과 잘 일치하였다.

2) 油處理劑의 BOD

4mg/l의 유처리제 SG, GL 및 WC가 시간의 경과에 따라 소모한 산소소비량을 Table 4 및 Fig. 1에 나타내었고, 또한 1mg의 유처리제가 유발하는 산소소비량으로 환산하여 Table 4에 나타내었다.

1mg의 유처리제가 유발하는 BOD₅를 살펴보면, SG는 0.595mg, GL은 0.518mg, WC는 0.403mg으로서 Dewling 등(1971)의 실험 결과치인 0.410mg에 비하여 SG와 GL의 경우는 크게 나타났지만, WC의 경우는 약간 작게 나타났다.

1mg의 유처리제가 유발하는 BOD₂₀를 살펴보면, SG는 0.855mg, GL은 0.703mg, WC는 0.715mg로서 Dewling 등(1971)의 실험 결과치인 0.799mg에 비하여 SG의 경우는 크게 나타났지만, GL과 WC의 경우는 작게 나타났다.

따라서, 1mg의 유처리제가 유발하는 BOD₅는 0.403~0.595mg, BOD₂₀는 0.703~0.855mg으로서 유처리제가 해수중의 미생물에 의해서 분해될 때 다량의 산소를 소모하는 산소요구물질임을 알 수 있다.

3) 계면활성제의 BOD

2mg/l의 비이온 계면활성제 OA-5가 시간의 경과에 따라 소모한 산소소비량을 Table 5와 Fig. 2에 나타내었고, 또한 1mg의 OA-5가 유발하는 산소소비량으로 환산하여 Table 5에 나타내었다.

2mg/l의 OA-5가 유발하는 BOD₅는 1.00mg/l였다. 이것을 환산해 보면, 1mg의 OA-5는 0.50mg의 BOD₅를 유발하여 岡澤(1970)이 발표한 자료 중에서 계

Table 4. Biochemical oxygen demands of dispersants(4.0mg-SG/l, 4.0mg-GL/l and 4.0mg-WC/l) in mg/l and in mg-O₂/mg-dispersant.

Day t	SG		GL		WC	
	BOD mg/l	BOD (mg-O ₂ /mg-SG)	BOD mg/l	BOD (mg-O ₂ /mg-GL)	BOD mg/l	BOD (mg-O ₂ /mg-WC)
3	1.51	0.378	1.08	0.270	0.97	0.243
5	2.38	0.595	2.07	0.518	1.61	0.403
7	2.52	0.630	1.91	0.478	1.71	0.428
10	2.94	0.735	2.45	0.613	2.39	0.598
20	3.42	0.855	2.81	0.703	2.86	0.715

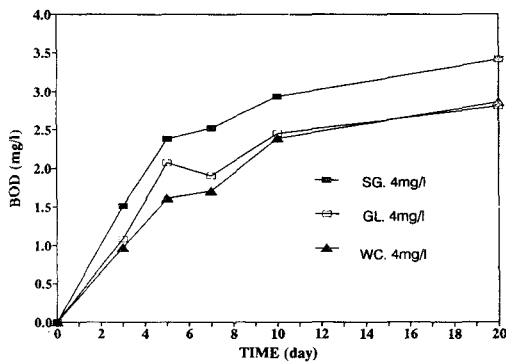


Fig. 1. BOD curves of dispersants(SG, GL, WC).

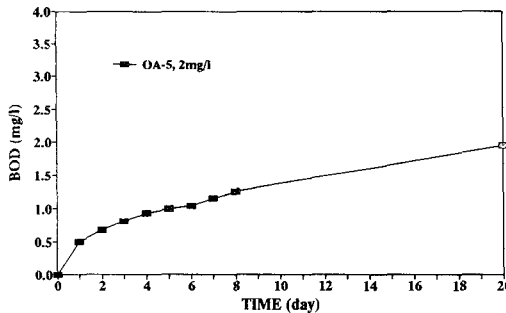


Fig. 2. BOD curve of surfactant, 2mg-(OA-5)/l.

면활성제 ABS-Na 1mg이 유발하는 0.52mg의 BOD₅와 유사한 값을 보였으며, 또한 Table 4에 나타난 유처리제 1mg의 BOD₅값 0.403~0.595mg과 유사한 값을 나타내었다.

2. 試驗物質의 TOD(Total Oxygen Demand)

비이온 계면활성제(OA-5) 및 유처리제(SG, GL, WC)에 대한 TOD 분석 결과를 나타낸 Table 6에서 100mg/l의 시험물질에 대한 TOD의 평균값을 살펴

Table 5. Biochemical oxygen demand of surfactant, 2mg-(OA-5)/l in mg/l and in mg-O₂/mg-(OA-5).

Day(t)	BOD(mg/l)	mg-O ₂ /mg-(OA-5)
1	0.50	0.25
2	0.68	0.34
3	0.81	0.41
4	0.93	0.47
5	1.00	0.50
6	1.04	0.52
7	1.16	0.58
8	1.26	0.63
20	1.94	0.97

보면, 표준물질 Glucose는 107.1mg/l, OA-5는 245.1 mg/l, SG는 280.0mg/l, GL은 244.4mg/l, WC는 237.4 mg/l였다.

TOD분석 결과를 요약하여 나타낸 Fig. 3에서 각 시험물질 1mg의 TOD를 살펴보면, Glucose는 1.07 mg, OA-5는 2.45mg, SG는 2.80mg, GL은 2.44mg, WC는 2.37mg이었다. 따라서, 유처리제 TOD는 Glucose TOD의 2.2~2.6배, OA-5의 TOD는 Glucose TOD의 약 2.3배에 해당함을 알 수 있다.

(CH₃(CH₂)₇CH=CH(CH₂)₇COO(CH₂CH₂O)₅H의 분자식에서 계산한 OA-5 1mg의 ThOD(Theoretical Oxygen Demand)가 2.42mg이고, 분석하여 얻은 OA-5 1mg의 TOD가 2.45mg이므로 OA-5의 ThOD와 TOD는 상대오차가 1.24%로 거의 일치하였고, Glucose 1mg의 TOD는 1.07mg으로서 ThOD 1.07 mg과 잘 일치하였다. 따라서 시험물질의 TOD와 ThOD는 일치함을 알 수 있다.

유처리제(SG, GL, WC) 1mg의 TOD가 2.37~2.80 mg이고, OA-5 1mg의 TOD가 2.45mg이므로 유처리

Table 6. Total oxygen demands of glucose, surfactant(OA-5) and dispersants(SG, GL, WC) in mg/l

	Glucose	Surfactant (OA-5)	Dispersants		
	100mg/l	100mg/l	100mg-SG/l	100mg-GL/l	100mg-WC/l
TOD	107.5	239.5	280.0	245.0	233.0
(mg/l)	106.5	249.0	276.5	241.0	241.0
	107.2	246.5	283.0	247.0	239.0
	107.0	245.5	280.5	244.5	236.5
Mean	107.1	245.1	280.0	244.4	237.4

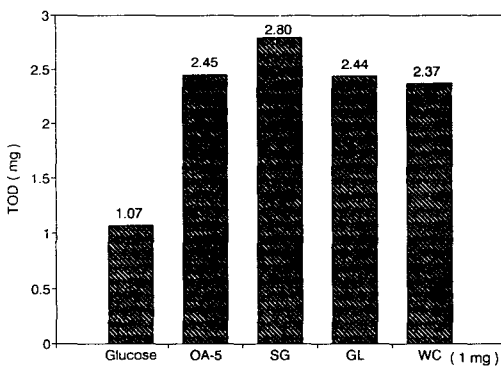


Fig. 3. TOD values per 1mg of glucose, surfactant (OA-5) and dispersants(SG, GL, WC).

제와 비이온 계면활성제는 TOD에 있어서도 유사하였다.

3. 試驗物質의 元素分析

비이온 계면활성제(OA-5) 및 유처리제(SG, GL, WC)에 대한 원소 분석 결과를 나타낸 Table 7에서 OA-5는 탄소가 65.26%, 수소가 10.28%였으며, 유처리제는 탄소가 67.59~76.48%, 수소가 10.16~12.23%인 것으로 나타났다. 또한 모든 시험물질에서 질소는 검출되지 않았다.

분자식 $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7CO \cdot O(CH_2CH_2O)_5H$ 로부터 계산한 OA-5의 이론적인 성분비는 탄소가 66.90%, 수소가 10.83%이므로 이론적인 값에 대한 실측값의 상대오차는 탄소의 경우 2.45%, 수소의 경우 5.08%였다.

4. 生分解度

비이온 계면활성제(OA-5) 및 유처리제(SG, GL, WC)에 대한 생분해도를 BOD_5/TOD 로써 Table 8에 나타내었다.

Table 7. Element analysis of surfactant(OA-5) and dispersants(SG, GL, WC). (Unit: %)

Elements	Surfactant	Dispersants		
	OA-5	SG	GL	WC
C	65.26	76.48	69.99	67.59
H	10.28	12.23	10.16	10.96
N	ND	ND	ND	ND

Table 8. Biodegradability(BOD_5/TOD) of dispersants (SG, GL, WC) and surfactant(OA-5). (Unit: %)

	Dispersants			Surfactant
	SG	GL	WC	OA-5
	21.25	21.21	16.98	20.40

井上(1972)은 각종 유기물의 생화학적 분해정도를 BOD 값으로 조사하여 $BOD_5/ThOD$ 값이 40% 이상인 경우를 고율 분해군, 10~40%인 경우를 중간 분해군, 10% 이하인 경우를 저율 분해군으로 각종 유기물을 대별하였다. 천연해수 중의 생분해도에 있어서, 유처리제와 계면활성제는 각각 17~21%와 약 20%로 비슷한 값을 나타내어 중간 분해군에 속하였으며, 中西 등(1978)이 BOD_5/TOD 값을 20~27%로 보고한 석유·석탄 제품 제조업 폐수와 유사하였다. 유처리제는 또한 岡澤(1970)이 純有機化合物의 BOD 를 검토하여 $BOD_5/ThOD$ 를 18%로 보고한 초산인부틸 및 21%로 보고한 acetone과 비슷하였고, 김과 박(1982)이 단일 표준물질의 산화율을 약 25%의 $BOD_5/ThOD$ 로 조사한 oxalic acid와 거의 유사하였다. 한편, 비이온 계면활성제는 岡澤(1970)이 조사하여 $BOD_5/ThOD$ 를 22%로 보고한 계면활성제 $ABS-Na(C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na)$ 와 유사한

생분해도를 나타내었고, BOD₅/ThOD를 39%로 보고한 계면활성제 LAS-Na(C₁₂H₂₅C₆H₄SO₃Na)보다 작은 생분해도를 나타내었다.

유처리제의 성능시험기준(해운항만청, 1979; 한국공업규격, 1984)에 의하면 유처리제 내의 비이온 계면활성제의 생분해도는 90% 이상이지만, 본 연구에서 비이온 계면활성제의 생분해도가 약 20%인 것은 생분해도 측정방법의 차이 때문이다. 즉 유처리제의 성능시험기준은 활성오니방식의 하수처리장의 반응오니(10,000~20,000mg MLSS/l)로써 약 30ppm의 비이온 계면활성제를 첨가한 기초배양액에 72시간 순화배양을 2회 행한 후, 이 균주를 다시 비이온 계면활성제의 농도가 30ppm인 배양액에 접종한 다음, 25 ± 3℃로 7일간 및 8일간 진동배양하여 유처리제내의 비이온 계면활성제의 생분해도를 7일간 생분해도와 8일간 생분해도의 평균값이 90% 이상이 되도록 정하고 있다. 그러나 본 연구에서의 생분해도는 비이온 계면활성제(OA-5)가 20℃의 천연해수 중에서 해양 미생물에 의해서 분해되면서 유발되는 산소소비를 측정된 것으로 BOD₅의 TOD(=ThOD)에 대한 비(BOD₅/TOD)로써 나타내었다(井上, 1972; 芳倉, 1979; 界面活性劑 研究會, 1986).

5. 脫酸素係數(K₁)와 最終酸素要求量(L₀)

시간에 따른 산소소비량에 근거하여 비이온 계면활성제 및 유처리제에 대한 탈산소계수와 최종 산소요구량을 산출하기 위해서 Thomas slope method에 의한 회귀직선을 Fig. 4에 나타내었고, 그 결과를 Table 9에 나타내었다.

시험농도 4mg/l인 유처리제의 탈산소계수(K₁)의 범위는 0.121~0.171/day였고, 최종산소요구량(L₀)의 범위는 3.155~3.810mg/l로서 실측값인 2.81~3.42mg/l의 BOD₂₀보다 다소 높게 나타났다. 또한 시험농도 2mg/l인 계면활성제의 탈산소계수는 0.181/day였고, 최종산소요구량은 1.911mg/l로서 실측값인 1.94mg/l의 BOD₂₀와 비슷하였다.

Table 9의 값을 환산하여 보면, 유처리제 1mg/l의 최종산소요구량은 0.789~0.953mg/l로서 계면활성제 1mg/l의 최종산소요구량 0.956mg/l와 비슷하였으며, Glucose 1mg/l의 TOD값 1.07mg/l에 접근하는 값이었다. 그러나 탈산소계수(K₁)가 유처리제의 제품 종류에 따라 약간의 차이가 있는 것은 유처리제의 성상 차이로 인하여 분해속도가 서로 다르기 때문인 것으로 판단된다(ZoBell, 1969).

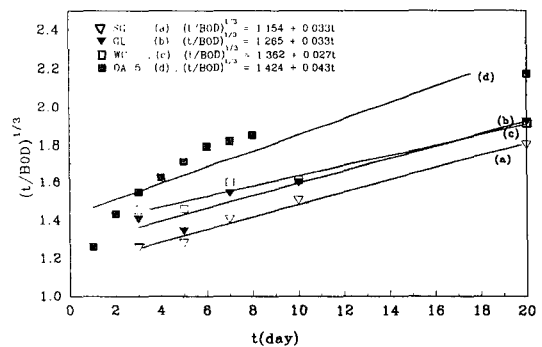


Fig. 4. Regression lines of dispersants(SG, GL and WC) and surfactant(OA-5) for Thomas slope method.

Table 9. Deoxygenation rates(K₁, day⁻¹), ultimate oxygen demands(L₀, mg/l), correlation coefficient(r), intercept (a) and regression coefficient(b) of dispersants(SG, GL, WC) and surfactant(OA-5).

	Dispersants			Surfactant
	SG(4.0mg/l)	GL(4.0mg/l)	WC(4.0mg/l)	OA-5(2.0mg/l)
K ₁	0.171	0.156	0.121	0.181
L ₀	3.810	3.155	3.286	1.911
r	0.994	0.971	0.984	0.912
a	1.154	1.265	1.362	1.424
b	0.033	0.033	0.027	0.043

要 約

유처리제의 생분해도와 유처리제가 해수중의 용

존산소에 미치는 영향을 究明하기 위해서 세 제품의 유처리제(SG, GL, WC)와 비이온 계면활성제(OA-5)에 대한 TOD분석, 원소분석 및 해수중에서

의 생분해 실험을 행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 1mg의 유처리제는 2.37~2.80mg의 TOD, 1mg의 비이온 계면활성제는 2.45mg의 TOD를 나타내었다.

2. 유처리제는 탄소가 67.6~76.5%, 수소가 10.2~12.3%였고, 비이온 계면활성제는 탄소가 65.3%, 수소가 10.3%였으며 어느 것에서도 질소는 검출되지 않았다.

3. 유처리제는 생분해시 제품에 따라 다소 차이가 있었으나 1mg의 유처리제가 0.403~0.595mg의 BOD₅ 및 0.703~0.855mg의 BOD₂₀를 유발하였다. 또한 1mg의 비이온 계면활성제는 0.50mg의 BOD₅ 및 0.97mg의 BOD₂₀를 나타내었다.

4. 해수중에서 탈산소계수(K₁)는 유처리제(4.0 mg/l)의 경우 0.121~0.171/day, 비이온 계면활성제(2.0mg/l)의 경우 0.181/day로 나타났다. 또한 유처리제 1mg의 최종산소요구량(L₀)은 0.789~0.953mg로서 계면활성제 1mg의 최종산소요구량 0.956mg과 비슷하였으며, Glucose 1mg의 TOD값 1.07mg에 접근하는 값이었다.

5. 해수 중의 생분해도(BOD₅/TOD)에 있어서, 유처리제는 17~21%, 비이온 계면활성제는 약 20%로서 모두 중간 분해군에 속하였다.

參 考 文 獻

김성재 · 박청길. 1982. 식품공장폐수의 BOD, COD, TOD 및 TOC값들 간의 상관관계에 관한 연구. 대한환경공학회지, 4(2), 8~21.

박중연 · 박민식 · 서근학 · 홍용기. 1988. 해양세균 *achromobacter* sp. M-1220 균주에 의한 Bunker-C유의 유화. Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng., 16(5), 384~388.

박중연 · 홍용기. 1989. 해양세균 *achromobacter* sp. M-1220 균주를 이용한 생물유화제 물질의 생산. Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng., 17(3), 252~256.

제종길 · 강성현 · 오재룡 · 양동범. 1991. 유류오염과 유처리제를 이용한 정화작업이 조간대에 서식하는 고등류에 미치는 영향. 한국해양학회지, 26(4), 350~357.

한국공업규격. 1984. KSM 2800.

해양경찰. 1987. 유처리제 성상변화에 관한 조사연구. 시험연구보, (3), 92~116.

해양경찰. 1988. 유출사고 피해지역의 해양생물피해 기초조사에 관한 연구. 시험연구보, (4), 63~89.

해운항만청. 1979. 해운항만청고시 217호.

환경처. 1991. 해양환경보존편람. 254p.

タンカー油濁研究会. 1976. 流出油事故の對策と處理. 成山堂. 東京. 143p.

大久保勝夫. 1976. 油處理劑(乳化分散劑)の影響. 石油汚染と水産生物. 日本水産學會編. 恒星社厚生閣. 128~145.

界面活性劑研究会. 1986. 新界面活性劑の機能作用の解明とその應用製品の開發. 經營開發センタ出版部. 大阪. 日本. 489~496, 980~997.

竹本修明 · 三谷悅朗 · 松下千明 · 田吹伸朗 · 久下芳生 · 淺田眞吾. 1978. 海水を合む工場排水の BODについて. 公害と對策, 14(9), 77~85.

井上善介. 1972. 各種有機物の化學構造と生物分解性. 用水と廢水, 14(12), 142~166.

中西弘 · 河合泰治 · 淨田正夫. 1978. 瀬戸内海域の TOD, TOC 汚濁負荷量について. 水處理技術, 19, 304p.

岡濁和好. 1970. 各種有機物の生分解性. 第6回 衛生工學研究討論會論文集, 1.

芳倉太郎 · 福永勳 · 小田國雄 · 宇野源太. 1979. 有機汚濁指標の現状と動向 - BOD, COD, TOC, TODについて. 水處理技術, 20(1), 3~21.

APHA-AWWA-WPCF. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th Ed. Washington. USA. 5-2~5-10.

Beynon, L. R. 1969. Evaluation of dispersants. Proceedings of joint conference on prevention and control of oil spills, API/FWCPA, USA., 209~215.

Brown, L. R. 1987. Oil-degrading microorganisms. Chemical engineering progress, 35~40.

Canevari, G. P. 1969. General dispersant theory. Proceedings of joint conference on prevention and control of oil spills, API/FWCPA, USA., 171~177.

Dewling, R. T., J. S. Dorrlor and G. D. Pence. 1971. Dispersant use vs water quality. Proceedings of joint conference on prevention and control of oil spills, API/EPA/USCG, USA., 271~277.

Stoker, H. S. and S. L. Seager. 1976. Environmental chemistry air and water pollution. Scott, Foresman and Co., USA. 180p.

- Stromgren, T. 1986. Effect of oil and dispersants on the growth of mussels. *Marine environmental research*, 21, 239~246.
- Tarzwel, C. M. 1969. Standard methods for determination of relative toxicity of oil dispersants and mixtures of dispersants and various oils to aquatic organisms. *Proceedings of joint conference on prevention and control of oil spills*, API/FWCPA, USA., 179~186.
- Thomas, H. A. 1950. Graphical determination of BOD curve constants. *Water and Sewage Works*, 97, 123p.
- Wilson, K. W., E. B. Cowell and L. R. Beynon. 1973. The toxicity testing of oils and dispersants; a European view. *Proceedings of joint conference on prevention and control of oil spills*, API/EPA/USCG, USA., 255~261.
- ZoBell, C. E. 1969. Microbial modification of crude oil in the sea. *Proceedings of joint conference on prevention and control of oil spills*. API/FWCPA, USA., 317~316.

1993년 8월 11일 접수
1993년 9월 10일 수리