

기술보고

선박폐수 처리공정의 개발에 관한 사례

최상모* · 허인석** · 양석준**

* 해양환경관리공단 해양환경기술센터설립팀, ** 해양환경관리공단 해양보전팀

A Case Study on the Development of New Process for Treatment of Waste Waters from Ships

Sang-Mo Choi* · In-Seok Heo** · Seok-Jun Yang**

* Marine Environment Technology Center, Korea Marine Environment Management Corp., Seoul, 135-870, Korea

** Marine Conservation Team, Korea Marine Environment Management Corp., Seoul, 135-870, Korea

요 약 : 해양환경관리공단은 MARPOL 73/78에 따른 해양환경 보전을 위하여 1998년 정부로부터 전국 13개 주요 항만에 위치한 선박폐수 처리시설을 위탁받아 운영해왔다. 이 시설은 선박폐수를 처리함에 있어 단순히 해양환경관리법에서 정한 유분농도(n-H 광유류) 15ppm을 충족할 수 있도록 설계되어 운영되어 왔다. 그러나 선박폐수에는 n-H 광유류 뿐만 아니라 유기물에 의한 악취와 각종 불순물이 함유되어 있기 때문에 이들이 처리되지 않고 그대로 해양에 배출됨으로써 해양오염은 물론 주변 인가 등으로부터 민원의 대상이 되었다. 이에 따라 공단은 지난 2007년 선박폐수 처리공정 개선 작업을 시행하여 새로운 수처리 약품을 개발하여 적용하고, 오존을 이용하여 기존의 공정을 3~4 단계 줄이면서도 배출수의 유분농도 뿐만 아니라 콜로이드물질, ABS, 인, 질소 등 난분해성 유기물질과 미생물 분해에 의한 악취를 효과적이고 혁신적으로 저감시킬 수 있는 새로운 공정을 개발하여 현장에 적용시켰다. 새로운 공정은 각종 오염물질과 악취를 획기적으로 제거할 뿐만 아니라 공정의 단순화를 통해 시설 유지비 10% 이상 절감 등 13개 선박폐수 처리시설 운영비를 매년 1억6천만원 이상 줄일 수 있는 획기적인 공정으로 방법특허를 출원하였다.

핵심용어 : 해양환경관리공단, 선박폐수, 유분, 악취, 오존

Abstract : Korea Marine Environment Management Corporation (KOEM) has waste oil facilities in 13 ports to collect and treat waste oil, bilge, etc. from ships based upon the Marine Environment Management Act of Korea and MARPOL 73/78 convention. Those facilities were designed and have been operated simply to discharge water under the level 15 ppm of oil contents. However, bad smells occurred from rotten organic matters in waste water and direct discharge of harmful substances to receiving water caused civil appeals. Therefore, KOEM tried to develop new process for treatment of oily waste water from ships, which could mitigate harmful substances, save cost, calm down civil appeals and contribute to marine environment preservation. This process consists of 3 steps to remove oil contents via gravity variation at first, O₃ input to contact water and organism deposition by inputting condensate deposits. Then finally upper water will be discharged, and the deposited substances in the bottom will be compressed through spinning machine to transfer to the designated contractors for treatment of wastes. This is very effective and innovative in that it could reduce 3 or 4 steps compared with existing process and mitigate not only waste oil concentration but also hard resolving materials such as colloid, ABS, phosphorus, nitrogen and bad smells. This method is expected to minimize bad smells and harmful gases, to save more than 10% of maintenance cost, and to arrange the good base for garbage treatment business dealing with waste water and bad smell.

Key Words : KOEM, Waste oil from ships, Oil contents, Bad smell, Ozon(O₃)

1. 서 론

해양환경관리공단(구 한국해양오염방제조함)은 해양환경관리법(구 해양오염방지법) 및 해양오염방지를 위한 국제협약(MARPOL 73/78)에 근거하여, 선박폐수 등의 배출에 의한 해양오염방지 및 해양환경보전을 위하여 전국 13개 항만에 설치한 선박폐수 수용시설을 1998년에 국토해양부(구 해양수산부)로부터 위탁받아 운영하고 있다.

선박폐수 수용시설은 폐수 등 액상 폐기물 저장탱크와 이들 유성 혼합 폐기물의 처리시설과 관련 부속 설비를 갖추고, 선박에서 발생하는 폐유활유, 빌지 등 각종 유성 혼합물과 고상 폐기물(기름걸레 및 폐 휠타)을 수거, 저장, 처리하고 있다.

본 시설은 해양환경관리법상의 해양시설로서 관련 법규에 따라 선저폐수류(빌지)가 시설 내 자체 유수분리장치에 의하여 유분농도(n-H 광유류)¹⁾ 5ppm 이하가 되면 방류할 수 있는 시

1) 해양시설의 법적 배출기준 : n-H 광유류 15ppm이하 배출(선박폐유수용시설은 해양시설로 등록)

* 대표저자 : 정희원, smchoi@koem.or.kr , 02-3498-8671

시스템으로 설계되어 운영되어 왔다. 즉 폐수에서 일반적으로 발생하는 유기물의 부패로 인한 악취와 기타 불순물에 대해서는 별다른 처리과정을 거치지 않고 그대로 해양에 배출해 왔던 것이다.

동 시설은 해양시설로서 계획되어 위치를 선정하였기 때문에 건립 당시 시설부지 주변에는 민가와 상가가 없는 지역에 위치하여 폐수처리 시 단순히 범규상에 정한 유분농도(n-H 광유류) 15ppm 이하 기준만을 준수하여 처리수를 방류하여도 별다른 문제가 없었다. 그러나 시일이 경과되어 시설 주위에 민가와 상가가 들어서게 되었고, 2006년부터는 방류수에서 처리되지 않은 암모니아, H₂S 등으로 인한 악취와 유해가스 때문에 주변 민원이 발생하기 시작하였다.

이에 따라 해양환경관리공단은 2007년 선박폐유 수용시설의 민원을 근본적으로 해결하고 또한 해양환경 보전에 기여하고자 선박폐유 처리과정에서 범규상의 규정 이외에 각종 환경 유해물질을 최대한 줄일 수 있는 비용 효율적인 폐수처리 공정 개발을 시도하게 되었다.

따라서 본 원고에서는 선박폐수처리를 위한 새로운 공정개발의 사례를 제시하고자 한다.

2. 기존의 처리공정

2.1 폐수처리 과정

기존의 선박폐유 수용시설은 해양환경관리법에 규정된 유분농도 15ppm 이하 배출 기준만을 충족할 수 있는 단순한 유수분리 배출 공정이었다. 그럼에도 불구하고 기존의 폐수처리과정은 Fig. 1과 같이 유수분리 전처리장치, 부상식 유수분리시설, 폐수여과탱크 사용 등 대단히 복잡할 뿐만 아니라 유수분리 효율성이 매우 떨어져 작업능률 저하에 따른 작업자의 업무 부담이 컸으며, 또한 공정 과정에서 발생하는 악취 및 유해가스는 처리가 불가능하였다.

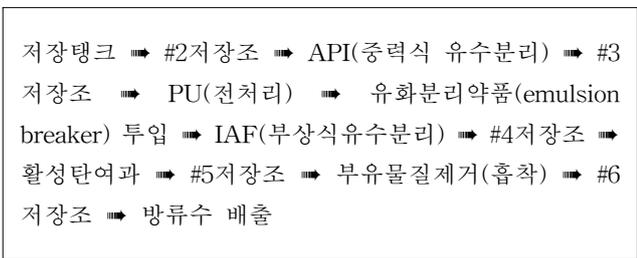


Fig. 1. Existing process for oily waste water treatment.

2.2 문제점

선박폐유 수용시설은 선박폐수를 관련 법규에서 정한 유분농도(n-H 광유류) 15ppm 이하의 기준으로 단순 처리하여 해상에 배출하고 있으나, 향후 해양환경관리법(제15조 등)에 규정되

어 있는 오염물질 총량규제가 적용될 경우 COD 등 일반적인 수질 배출기준에는 크게 미흡하므로 방류량 제한에 따른 일부 시설의 가동 중단 등의 문제발생 가능성이 우려되었다. 본 시설 설치 당시에는 단순히 오염된 폐수의 유분 제거만을 목적으로 하였으나, 해양환경을 적극적으로 보전해야 하는 해양환경관리공단으로서는 선박폐수 처리에 보다 만전을 기하기 위하여 규정된 배출기준을 준수해양 함은 물론 정화되지 않은 오폐수의 해양 배출을 차단해야 하는 의무감에서도 자유로울 수 있는 상황이 아니었다.

또한 선박폐유 수용시설은 산업안전보건법에 의하여 연 2회 작업환경측정을 실시하고 있으며, 그동안 측정결과 사업소 내 작업환경에서 약간의 유해인자가 발생되어 직원건강에 위협을 초래할 수 있는 등 근무환경을 악화시키는 요소로 작용되고 있는 것으로 밝혀졌다. 동 시설 가동시에 작업장내에서 발생하는 유해 요소는 가스상 물질류(암모니아, 황화수소, 일산화탄소 등)와 유기화합물(메탄, 톨루엔, 크실렌 등) 그리고 약간의 소음과 진동 등이었다.

3. 새로운 공정의 개발

3.1 새로운 처리과정

새로운 선박 폐수처리 공정은 과거에 비해 3~4 단계의 공정을 줄이면서도 관련 법규에서 정한 폐수의 유분농도 뿐만 아니라 콜로이드물질, ABS, 인, 질소 등 난분해성 유기물질과 미생물 분해에 의한 악취 등 각종 유해물을 효과적이고 혁신적으로 저감시킬 수 있다.

새로 도입된 공정은 기존의 시설에 전혀 변형을 주지 않고 오존 발생기와 약품 교반기와 투입기를 추가 설치하고, 필요 없는 공정을 배제하여 전체 처리공정을 대폭 줄일 수 있었으며, 폐수 처리 효율은 획기적으로 개선시켰다. 신규 폐수처리 공정을 요약하면, Fig. 2와 같이, 기름 및 염분을 다량 함유하고 있는 폐수에 대하여 우선적으로 기름성분을 제거하기 위해 비중차를 이용한 중력식 유수분리장치로 폐수 표면에 부상하는 기름성분을 제거한 후, 강력한 산화작용을 하는 오존(O₃)을 폐수중에 투입·접촉시켜 유화된 기름 및 각종 오염성분을 산화·제거하고, 산화된 잔여 유기물질은 응집침전제를 투입하여 교반 및 침전시킨 후 상수는 방류하고 하부 침전된 슬러지는 탈수기로 압축하여 지정폐기물 처리업체에 위탁 처리한다.

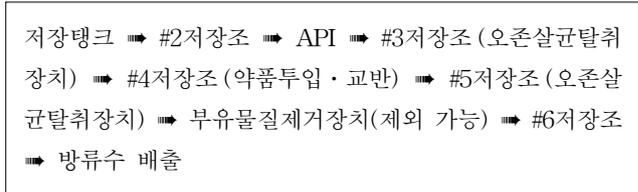


Fig. 2. New process for oily waste water treatment.

3.2 응집침전제 개발

신규 폐수처리 공정에 적용할 수 있는 새로운 약품을 개발하기 위해 수처리 전문업체와 접촉하였으나 처리 대상 원수가 선박에서 발생하는 염분을 다량 함유한 바닷물인 관계로 대부분의 업체가 참여를 기피하였다. 이러한 과정 끝에 참여한 특정 업체와 많은 시행착오와 반복 실험을 통해 해수(염분) 중에 다량의 미생물과 각종 유해물질을 포함하고 있는 선박폐수를 정화할 수 있는 응집 침전제를 개발하게 되었다.

새로 개발된 응집침전제는 미세하고 무취의 회색분말제품이며 폐수 중의 콜로이드물질, 난분해성 유기물질, 약취물질, 유분이나 유해물, 수용성 n-H, ABS, 기타 오염물질 등에 작용하여 탁도제거 및 흡착작용을 하며 동시에 급속한 응결작용을 함으로 폐수 중에 오염물질을 신속하게 제거할 수 있는 신규약품이다.

본 응집침전제의 MSDS에 명시된 구성성분의 명칭 및 함유량은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical components and contents of coagulants

구성 성분의 명칭 및 함유량			
명칭	이명	CAS번호	함유량(순도)
MONTMORILLONITE	-	1302-78-9	
ACTIVATED CLAY	흡착토	6888-91-5	
ACTIVATED COAL	carbon	7440-44-0	100%
WATER	-	7732-18-5	
기타성분 4종 (비공개)	-	-	

탁도 개선을 위한 약품 투입시점, 약품투입량 및 슬러지 발생량을 조사하기 위하여 해양환경공정시험방법에 따라 해양환경관리공단의 마산 선박폐수 수용시설에서 실험을 실시하였다.

본 실험은 먼저 마산 시설의 #3, #4, #5번 저장조(pond)에서 비이커에 시료를 채취하여 신규약품과 일반 폐수처리장에서 사용하는 약품(황산알루미늄, 고분자응집제, 가성소다)을 각각 2,000ppm 및 3,000ppm의 농도에서 처리효과를 비교한 것으로써 실험 결과 신규 약품의 오염물질 응집력이 탁월하였으며 육안으로 관찰한 탁도 개선효과도 기존 약품에 비하여 월등히 높다는 사실을 알 수 있었다(Fig. 3).

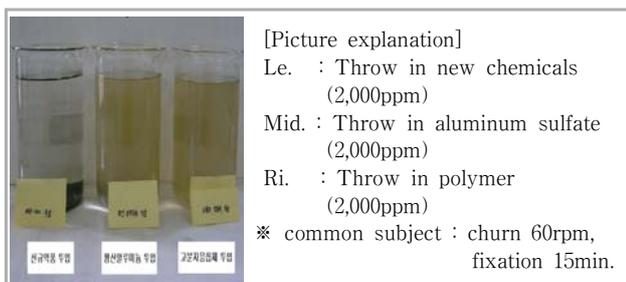


Fig. 3. Comparison of turbidity between samples treated with different coagulants.

이와 같이 간이 실험에서 나타난 신규약품의 효과가 실제 작업환경에서도 동일할지를 확인하기 위하여 #3 저장조(pond)에서 현장 적용실험 실시하였다. 약 5톤의 폐수에 신규 약품 10kg(처리농도 2,000ppm)을 투입하여 교반기를 이용 15분간 교반후, 약품과 교반한 처리수를 IAF(부상식 유수분리 장치)를 통과시킨 후 #4 pond에서 정치시켜 관찰하였다. 탁도 비교를 위해 교반 및 슬러지 정치 후, 상층수를 채취하여 관찰한 결과 과거 방류수보다 탁도가 월등히 개선되었고 약취발생량은 줄었다. 이때, 기존 공정에 포함된 IAF(Induce Air Flotation)설비를 통과할 경우 슬러지 플록이 깨져 탁도가 혼탁해졌다.

지속적으로 #3, #4, #5번 저장조에서 현장 적용실험을 한 결과, 약품의 농도, 교반속도, 부대환경 등에 따라 응집 반응결과가 달랐고 2,000ppm 농도의 약품, 60rpm 내외의 교반속도 및 플록보호를 위해 IAF 등 기타설비를 통과하지 않을 경우 최상의 응집효과를 나타내고 있었다. #2번, #3번 저장조에서는 유분의 영향으로 약품 응집반응에 지장을 초래하므로 #4번 저장조 이후 약품을 투입하여 교반하는 것이 효율적이었으며 약성 원수의 경우, 약품농도를 증가시키거나 1차 교반(약 3,000ppm) 후 약품을 추가 투입할 경우 효과적인 것으로 확인되었다 (Table 2).

Table 2. Result of jar-test at each pond

구 분	탁 도	약 취	슬러지 비율
#2번 저장조	개선율 90%	관능법 (5도 → 3도)	4%
#3번 저장조	개선율 90%	관능법 (5도 → 3도)	3%
#4번 저장조	개선율 95%	관능법 (4도 → 3도)	3%
#5번 저장조	개선율 95%	관능법 (4도 → 2도)	3%

* 약취 공정 시험방법에 근거한 공기회석 관능법(후각측정)

3.3 약취제거설비 도입(오존살균탈취장치 적용)

약취제거를 위하여 도입된 오존살균탈취장치는 오존살균원리를 이용한 장비로써 오존살균원리란 기본적으로 오존(O₃)이 가지고 있는 발생기산소(자외선 64배, 염소 6배)의 산화력에 기인한다. 살균력이 가장 강한 253.7nm²⁾ 파장의 자외선과 에너지가 강한 184.9nm파장의 자외선을 발생시키는 저압수은램프에 의해 공기 중의 산소분자를 인위적으로 분해하여 오존을 생성시키고 생성된 오존으로 선박폐수 수용시설 내 약취 및 유해가스를 효과적으로 제거할 수 있다.

오존살균탈취장치의 살균 및 탈취효과를 확인하기 위하여 완도 및 속초시설에서 현장적용실험을 실시하였다.

각 시설에 도입한 오존살균탈취장치의 용량을 감안하여 오존발생량 5g/hr, 폐수 용량 5m³의 조건에서 오존반응시간 경과

2) 1nm → 10억분의 1m

에 따른 악취변화, 탁도변화 등을 관찰하였고 가스측정기로 황화수소 농도치를 측정하여 비교하였다.

또한 화학적 분석방법을 통한 방류수질 개선효과를 확인하기 위해서 샘플을 채취한 방류수에 대하여 10개 항목(pH, BOD, COD, SS, n-H 광유류, n-H 동식물, 페놀, ABS, T-P, T-N)의 수질분석을 실시한 결과는 Table 3 및 Table 4와 같다.

'07년 6월에서 9월 사이 속초 및 완도 시설에서 오존살균탈취장치의 성능에 대하여 테스트한 결과, 오존살균에 의한 악취 및 유해가스 제거효능은 탁월했다. 신규약품과 오존살균탈취장치를 사용한 새로운 공정에 대하여 방류수질을 분석한 결과, 속초시설의 경우 COD 등 10개 항목의 수질이 당초 '수질 및 수생태계 보전에 관한 법률'상 "나"지역 이하의 수준에서 "가"지역으로, 완도 시설의 경우 "청정"지역에 육박하는 개선효과를 나타냈다. 이는 과거 "나"지역 이하의 수질을 "가"지역 이상으로 향상시키는 월등한 결과라고 평할 수 있다.

한편 복합가스측정기로 황화수소 농도를 측정한 결과 완도 및 속초 시설 모두 테스트 전, 10ppm내외에서 테스트 후, 0ppm으로 측정되었다.

속초 및 완도 시설에서 신규약품과 오존살균탈취장치를 병행하여 실험한 결과 육안으로 관찰된 방류수의 탁도는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.

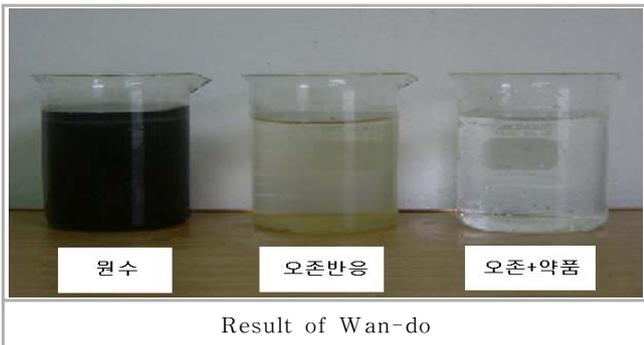


Fig. 4. Comparison of turbidity between samples untreated, treated with ozone(O₃) only, and treated with ozone(O₃) plus newly developed coagulant in Wan-do facility.

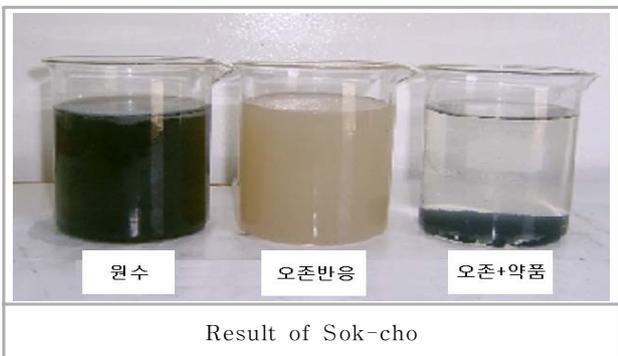


Fig. 5. Comparison of turbidity between samples untreated, treated with ozone(O₃) only, and treated with ozone(O₃) plus newly developed coagulant in Sok-cho facility.

Table 3. Water quality of effluents from Wan-do waste oil treatment facility (Unit: mg/ℓ)

구분	pH (수소 이온 농도)	BOD	COD	SS	n-H	n-H	ABS (계면 활성제)	TP (총인)	TN (총질소)	적용약품 장비		
				(부유 물질)	(광유 류)	(동식 물)						
배출 기준	청정	5886	40	50	40	1	5	1	3	4	30	-
	가	5886	80	90	80	5	30	3	5	8	60	-
분석 결과	1차	688	158	1263	1315	12	불검출	불검출	불검출	348	1180	기준공정
	2차	788	1401	1476	182	02	불검출	불검출	불검출	078	1627	신규공정 (약품)
	3차	788	1209	11011	42	784	불검출	불검출	불검출	039	060	신규공정 (약품)
	4차	763	628	4004	799	04	불검출	불검출	불검출	207	672	신규공정 (약품+약품)
	5차	766	475	1800	1030	08	불검출	불검출	불검출	188	4611	신규공정 (약품+약품)

Table 4. Water quality of effluents from Sok-cho waste oil treatment facility (Unit: mg/ℓ)

구분	pH (수소 이온 농도)	BOD	COD	SS	n-H	n-H	ABS (계면 활성제)	TP (총인)	TN (총질소)	적용약품 장비		
				(부유 물질)	(광유 류)	(동식 물)						
배출 기준	청정	5886	40	50	40	1	5	1	3	4	30	-
	가	5886	80	90	80	5	30	3	5	8	60	-
분석 결과	1차	729	30	1085	122	34	18	009	148	369	124	기준공정
	2차	730	30	53	200	32	19	016	344	387	2154	신규공정 (약품)
	3차	716	150	221	350	68	26	108	1755	402	1964	신규공정 (약품)
	4차	766	40	36	150	30	23	006	054	511	2104	신규공정 (약품+약품)

Table 5. Water quality of effluents from 13 waste oil facilities (Unit: mg/ℓ)

구분	pH (수소이온농도)	BOD	COD	SS (부유물질)	n-H (광유류)	n-H (동식물)	페놀	ABS (계면활성제)	T-P (총인)	T-N (총질소)	판정 등급	
배출기준	청정	5.8~8.6	40	50	40	1	5	1	3	4	30	-
	가	5.8~8.6	80	90	80	5	30	3	5	8	60	-
분석결과	광양	7.44	9.50	29.53	20.43	2.10	불검출	불검출	2.25	2.31	14.73	“가”지역
	마산	7.70	49.80	77.60	21.20	1.70	0.20	-	2.54	2.43	11.36	“가”지역
	진해	7.60	85.70	104.00	11.90	0.70	4.10	0	6.09	11.14	2.33	“나”지역이하
	통영	7.60	34.20	48.00	12.00	1.30	0.20	0.11	2.20	3.73	15.15	“가”지역
	사천	7.60	52.00	83.60	42.83	1.70	0.30	0.34	1.16	3.09	21.55	“가”지역
	옥계	7.47	48.08	79.20	43.30	1.28	0.88	0.01	0.81	0.41	35.43	“가”지역
	속초	7.35	14.52	37.81	21.30	0.67	0.33	0.05	2.58	2.48	13.60	“청정”지역
	군산	7.68	36.25	23.20	18.50	1.40	불검출	불검출	불검출	0.06	8.89	“가”지역
	평택	5.80	-	29.60	5.00	1.60	2.80	불검출	9.74	9.31	11.18	“나”지역이하
	목포	7.74	26.46	24.40	21.50	1.34	불검출	불검출	0.02	0.61	4.12	“가”지역
	완도	7.54	191.10	125.00	22.20	3.58	불검출	불검출	0.03	0.58	15.48	“나”지역이하
	제주	7.80	52.30	20.80	11.00	2.20	6.10	-	0.80	0.52	12.34	“가”지역
	서귀포	8.10	10.10	14.40	8.40	0.40	1.70	-	0.70	3.05	69.34	“나”지역이하

3.4 새로운 공정의 적용

신규 응집침전제와 오존살균탈취장치를 병행 사용한 1차 실험결과를 토대로 잔여 11개 시설을 포함한 13개 시설에 대하여 신규공정을 적용 확대하여 '08년 1월에서 9월까지 방류수질을 분석·비교한 결과, 13개 시설 중 9개 시설은 “가”지역 또는 “청정”지역 수질 수준³⁾이었고 4개 시설은 “나”지역 이하의 수준에 그쳤다(Table 5).

Fig. 6과 같이 COD의 경우, 대부분의 시설에서 “가”지역 이하의 양호한 수준으로 수질이 개선되었으나 일부 시설(진해, 완도)에서는 신규 공정을 적용하였음에도 “나”지역 이하의 수준으로 평가되었기에 이에 대한 원인을 분석한 결과, 도출된 공통점은 첫째 폐수 보관중(선박/저장탱크 내) 원수 부패에 따른 COD 증가(악성원수), 둘째 약품 및 오존의 사용 환경(투입량, 반응시간) 차이로 나타났다.

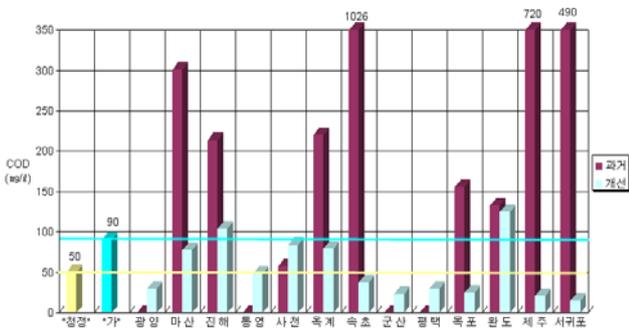


Fig. 6. Comparison of COD between effluents from 13 waste oil facilities before and after application of newly developed process.

일반적으로 육상의 수질을 분석할 경우에는 BOD를 주로 측정하지만 해수의 경우 조류발생에 따른 탄소동화작용으로 산소 발생량이 증가되는 등 문제점이 있어 BOD측정치가 정확하지 않기에 COD를 측정한다. COD를 측정하기 위해서는 일반적으로 과망간산칼륨(KMnO₄) 또는 중크롬산칼륨(K₂Cr₂O₇)을 사용하며 화학적으로 산화시킬 때 소비되는 산소량을 측정하는데 주로 사용되는 KMnO₄법은 시약의 불안정성, 산화의 불완전, 반응조건에 따른 차이가 크다는 결점이 있어 측정치의 오류가 발생하기도 한다. 따라서 COD가 높게 측정된 2개 시설은 상기 3가지 차체원인 외에도 측정상의 오류발생 가능성을 간과해서는 아니 된다. 일부 시설의 COD측정 결과가 신규 공정의 수질 개선 효과에 반(反)하는 것이 아니라 것은 측정이 반복될수록 COD수치가 낮아졌음이 이를 증명한다(Table 6).

Table 6. COD of effluents from Jin-hae waste oil facility

구분	1차 측정결과	2차 측정결과
진해시설	104 mg/L ('08.9.25)	58 mg/L ('08.10.21)

해수내의 총인과 총질소량은 수질의 부영양화에 밀접한 관련이 있다. 총인, 총질소 증가의 의미는 플랑크톤 증가에 따른 부영양화가 진행되어 녹조류 활성화 및 산소부족으로 어족자원이 줄어드는 결과를 초래한다. 13개 시설별 총인과 총질소의 수질결과는 과거 수질결과 대비 신규공정에서 전반적으로 개선되었다(Fig. 7 및 Fig. 8). 특히 총인의 경우는 개선공정 적용 전 과거 수치와 비교하여 진해, 제주, 서귀포 시설에서 개선효과가 상당히 컸다.

3) 수질수준 : “수질 및 수생태계 보전에 관한 법률”

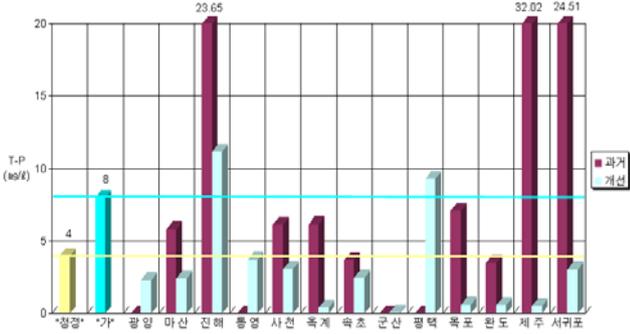


Fig. 7. Comparison of T-P between effluents from 13 facilities.

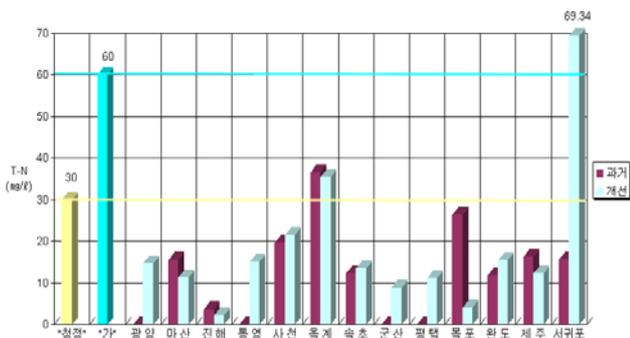


Fig. 8. Comparison of T-N between effluents from 13 facilities.

합성세제에 의한 해양오염도의 지표로 활용되는 ABS의 분석결과(Fig. 9)를 볼 때, 본 개선공정을 통하여 과거 ABS 값에 비하여 전반적인 개선효과를 확인할 수 있었다.

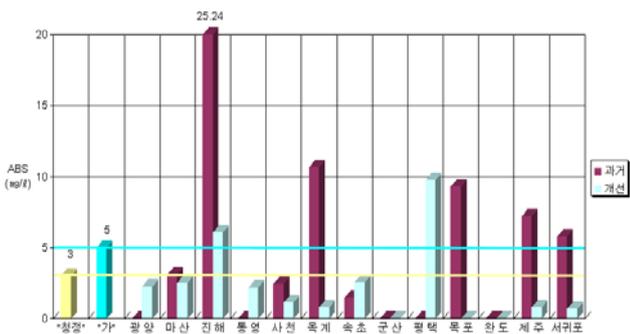


Fig. 9. Comparison of ABS between effluents from 13 facilities.

신규 공정을 통한 전반적인 방류수질 개선효과 확인은 1차 육안으로 판정할 수 있고, 2차 후각으로 판정할 수 있으며, 3차 공인측정기관에서 측정된 수질분석결과를 통해 입증할 수 있었다. 상기 실험결과에서 언급하였듯이 육안으로 비교하였을 경우 과거에 비하여 깨끗한 탁도를 유지하고 있고, 후각판정은 약취공정시험방법에 의한 공기희석관능법으로 측정하여 약취를 거의 느끼지 못하며, 수질개선효과는 수치상으로 과거 방류수질과 비교하여 상당부분 개선됨을 확인할 수 있었다.

3.5 응집침전제 추가 개발 시도

응집침전제와 오존살균탈취장치 도입으로 폐수 처리 효율이 획기적으로 개선되었으나, “나”지역 이하 판정 등급을 받은 4개 사업소를 기준으로 수질을 분석해 본 결과, 타 항목에 비하여 COD, n-H광유류, 질소, 인의 수치가 상대적으로 높아 추가 이를 개선하기 위한 방안이 검토되었다.

업체 2곳에서 약품 테스트 요청이 있어, 우리 공단의 마산 선박폐유수용시설에서 기존의 응집침전제와 대체용 응집침전제 약품A, B의 효과를 비교하기 위한 간이실험을 실시하였다.

본 실험은 1차 오존처리를 한 원수를 비이커에 채취하여 기존 응집침전제와 대체용 약품 2종을 2000ppm의 농도로 투입하여 그 결과를 비교·분석하였다. 탁도와 응집 속도 비교를 위해 정지 후 1시간, 5시간, 20시간 경과 시마다 침전상태를 지속적으로 관찰하였다. 육안으로 관찰한 결과, 플록이 형성되어 침전되는 속도는 기존약품이 약 10분가량 소요된 반면, 약품A, B는 완전히 침전되기까지 하루 이상 소요되었으며 탁도 개선 효과 역시 기존의 약품이 가장 우수하였다(Fig. 10).

약품A는 SS, T-N의 제거효율이 높았으며, 약품B는 BOD, COD, T-P 등의 제거효율이 높은 결과를 보였다(Table 7). 그러나 약품A의 경우, 약품 투입 후 pH값이 상대적으로 많이 떨어져 약산성의 범위에 속하였으며 약품사용량을 늘릴 경우 pH를 조정하기 위한 후속 공정이 도입되어야 했다. 또한 약품 투입과정에서 다량의 거품이 발생하여 거품 제거를 위한 기기가 추가로 필요하였다.



Fig. 10. Comparison of turbidity between samples treated by 3 kinds of coagulants with the lapse of time (1 hour and 20 hours) after agitation and settlement.

Table 7. Water quality of effluents after addition of newly developed coagulants (Unit: mg/ℓ)

구분	pH (수소이온농도)	BOD	COD	SS (부유물질)	n-H (광유류)	n-H (동식물)	페놀	ABS (계면활성제)	T-P (총인)	T-N (총질소)	
“가지역”	5.8~8.6	80	90	80	5	30	3	5	8	60	
분석 결과	원수	7.82	167.50	239.40	38.50	36.80	2.40	0.933	14.711	16.979	13.122
	EB-100	7.60	31.10	72.60	11.50	2.00	0.20	0.258	6.417	8.524	15.531
	약품A	6.40	34.90	72.00	8.20	1.40	0.10	0.407	7.863	9.781	8.944
	약품B	8.20	14.30	35.20	27.20	0.50	불검출	0.080	0.209	2.682	13.721

대체용 약품A, B는 실공정에 투입할 경우 플록 형성 시간이 매우 길어 장시간 침전시켜야 하므로 2차적인 악취를 유발할 우려가 존재하였고, 최종방류수의 탁도가 높아 향후 민원을 초래할 가능성이 높을 것으로 사료되었다. 제반 사항을 검토한 결과, 기존의 약품을 유지하는 것으로 판단하였으며, 실험 결과를 약품 제조업체에 통보하여 문제점이 보완된 약품이 개발될 수 있도록 조치하였다.

4. 개선 공정에 대한 평가

신규 응집침전제와 오존살균탈취장치를 도입한 개선공정의 개요를 Fig. 11에 제시하였다. 선박 및 해양시설 등에서 탱크로리 등 수거용 차량을 이용하여 수거한 폐수는 저장탱크 내에서 자연 침하에 의한 1차 유수분리를 시키고 격벽으로 구성된 저장조실로 이송 후 Fig. 2의 공정과정으로 유수 분리하여 배출하는 것이다.

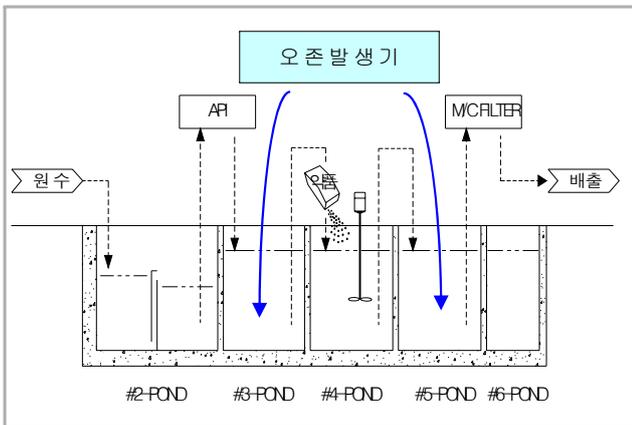


Fig. 11. Schematic diagram for newly developed process of waste oil treatment.

이러한 개선공정의 적용을 평가하면, 첫째, 기존 공정에서 발생되어 작업환경에 악영향을 주던 황화수소, 암모니아 등의 악취를 악취공정시험방법에 의한 공기희석관능법으로써 확인한 결과 거의 느낄 수 없었고, 2007년과 2008년의 작업환경측정결과를 비교해 볼 때 황화수소, 암모니아, 유기화합물의 측정수치가 2008년에 전반적으로 낮아졌다. 둘째, 과거 공정에서 방류수

탁도는 불투명한 옅은 황색을 보였으나 신규공정에서는 수돗물과 비슷한 투명한 탁도를 유지했다. 셋째, COD를 포함한 10개 항목의 수질은 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 상 평균적으로 과거 “나”지역 이하에서 “가”지역 이상으로 개선되었다.

5. 요약

선박폐수 수용시설 운영은 선박 및 해양시설 등에서 발생하는 기름 등 폐기물을 적절하게 처리하여 무분별한 해상투기를 사전 차단하고 해양보전을 위해 정부에서 추진하는 사업이므로 본 시설에서 나오는 방류수는 대내외적으로 볼 때 깨끗한 수질을 유지하여야 한다.

이 시설은 10여년 전(1996~1997년) 일본의 낡은 구형시설을 모델로 하여 그와 유사한 형태로 준공되었으며 10여년이 경과된 현 시점에서 시설의 노후화 및 구 공정방법상 문제 등으로 악취 및 유해가스 발생이 심화되어 민원이 수시 발생하는 등, 여러 문제점을 야기하였다.

신규 처리공정을 통해서 이러한 문제점을 개선 및 보완시킴과 동시에 친환경적인 시설로 거듭남으로써 해양환경보전에 일조할 수 있는 계기를 마련했다는 것이 소기의 큰 성과라 평할 수 있다.

새로 개발된 개선공정에 대하여 기대되는 역할과 효과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 환경적 기여 측면에서 보면, 기존 공정에서 발생한 악취·유해가스를 근본적으로 제거하고 오염된 배출수의 해상방류를 차단, 해양환경관리법상 폐기물 배출 총량규제 적용에 따른 능동적인 배출규제 적용이 가능하며 악취·유해가스 제거를 통한 작업자의 안전보건과 청결 위생에 큰 역할을 하는 의미가 있다.

둘째, 비용 절약을 고려한 경제적 가치에서 보면, 기존 공정에서 사용한 PU(전처리장치), IAF(부상식유수분리시설), 활성탄여과탱크 등을 사용하지 않고 공정을 간소화함으로써 전력비, 활성탄 여재 교체비용, 시설 교체·수리비 등을 절약할 수 있어서 전국의 13개 시설에서 연간 1억 6천만원의 예산을 절감할 수 있다. 물론, 방류수질 개선을 위해 당초 고려되었던 고가설비의 추가 설치 및 현 설비의 대폭적인 수정을 배제하고 간단한 오존 발생기와 교반기만을 추가 설치함으로써 신규 설비 투자를 억제한 점을 고려하여 산정한다면 그 경제적 효과는 더욱 크게 평가될 수 있다.

셋째, 이 개선공정에 대한 방법특허 출원이 완료되면 본 특허 공정을 사회적으로 활용함으로써 염분을 함유한 폐수를 처리하는 업체(음식물쓰레기 처리업체 등)에서 적용 가능성에 대한 기본 토대를 마련하였다는 점에서 큰 의의가 있다.

참고문헌

1. 해양환경공정시험방법(2005.9.8), 해양수산부 고시 2005-61호
2. 악취공정시험방법(2007.10.4), 국립환경과학원 고시 2007-17호
3. 오의경(2003) 대기공정시험법, 東和技術, pp. 247-251
4. 길주형(2008) 수질환경과 프로세서분석기기, 自動制御計測社, pp. 88-92
5. OHS MSDS, MDL Information System Inc사 (한국산업안전공단번역본)

원고접수일 : 2008년 12월 10일

원고수정일 : 2009년 02월 11일(1차)

2009년 03월 10일(2차)

게재확정일 : 2008년 03월 23일