

기름오염정화

&

미생물제제에 관하여

주식회사 바이오레인저스

7F Miyanaka building 2-1-17 Iwamoto-cho, chiyoda-ku Tokyo
101-0032 Japan

TEL : 81-3-5833-7181 FAX : 81-3-3863-1520

<http://www.bri.co.jp>

Email:info@bri.co.jp

목차

1. 기름오염토양 정화 사례	
▶ A 중유로 인한 오염	3
▶ 윤활유로 인한 오염	7
▶ 기계유로 인한 오염	8
2. 해외 정화 사례 (발취)	9
3. 정화 시공 예	10
4. 석유제품 등의 분해시험 데이터	
▶ 미생물제제에 의한 각기 다른 석유제품의 분해시험 데이터	3
▶ 석유제품 중의 유해 물질 분해	7
▶ 비교시험 데이터	8
5. 안전성시험	15
6. 발표 자료	16
7. MSDS (제품 안전 데이터시트)	18

1. 기름오염토양 정화 실시 사례

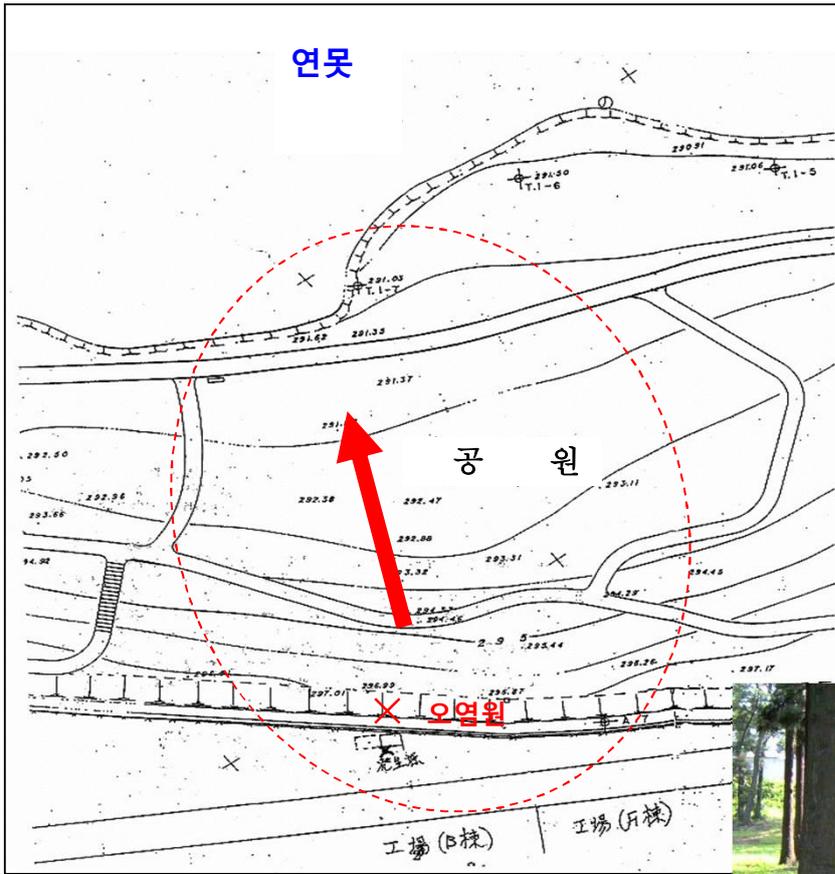
▶ A 중유로 인한 오염

오염의 개요

공장 연료탱크 (A중유)에서 누설. 추정 약 60kL. 인접해 있는 공원 내 연못에 기름막이 나와서 발각됨.

오염토양량: 약 20,000m³

기간: 약 2년 간 (모니터링 기간 포함)



오염 현장 지도 (모형도: 빨간 점선은 오염지역을 의미한다.)



정화종료 후의 공원 모습



정화 중



정화 후



- ◆ 토양경작법 (약 5개월)
- ◆ 트렌치 되메우기 (약 2개월)
- ◆ 원위치정화 (약 2년 간)

○ 토양경작법 처리 (Land farming)

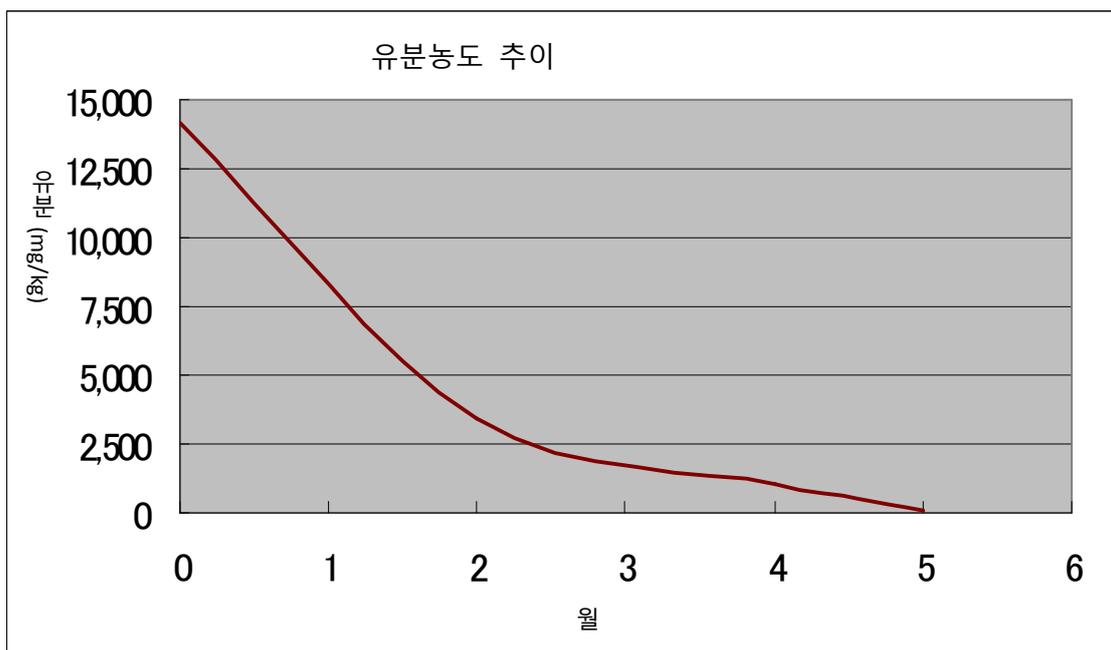
오염토양을 굴착하여 미생물제제 및 영양제를 혼화하고, 정기적으로 교반처리한다.



미생물제제 살포



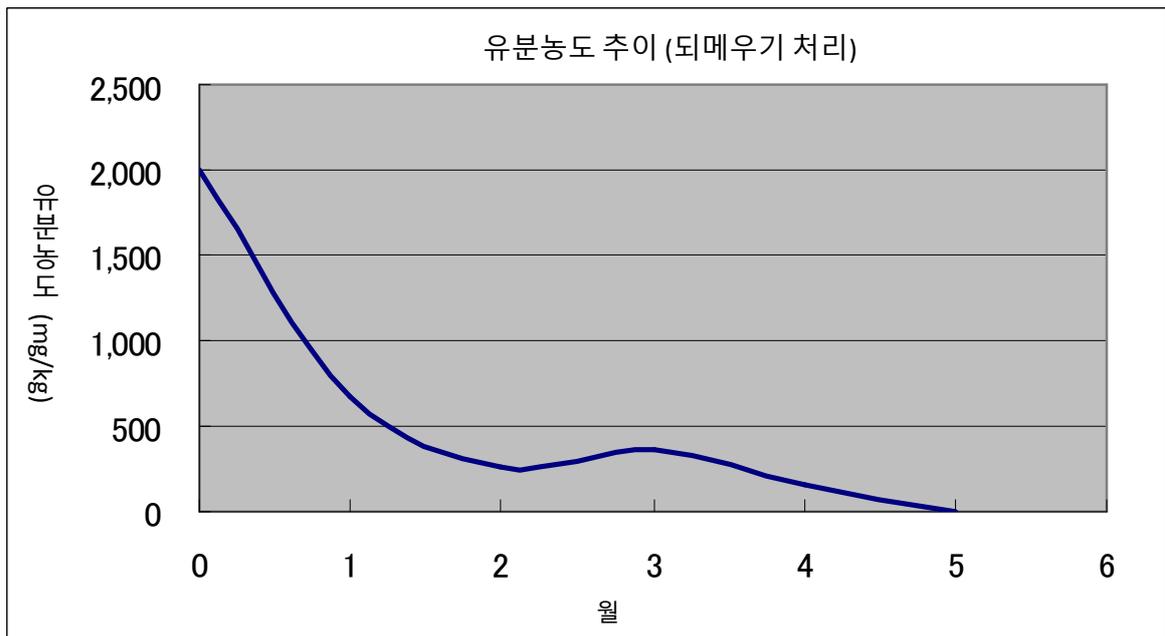
미생물제제와 토양 혼화



○ 트렌치 되메우기 처리

기름 회수 트렌치에서 기름을 회수한 후 오염토양에 미생물제제, 영양제를 혼화하여 트렌치에 되메웠다.

트렌치에는 우물을 설치해, 유분농도를 모니터링했다.



○ 원위치정화 (고압 주입 + 바이오벤팅)

공원내에 있는 나무를 베어내지 않는 것이 정화공사 조건에 포함되어 있었으므로 굴착이 불가능하여 수풀 사이의 토양에는 직접미생물을 주입하여, 원위치에서 정화를 실시하였다. 복합미생물제제는 영양제와 함께 수용액으로서 고압 주입하고 토양중 가스교환을 촉진하기 위해 바이오벤팅을 겸용했다.



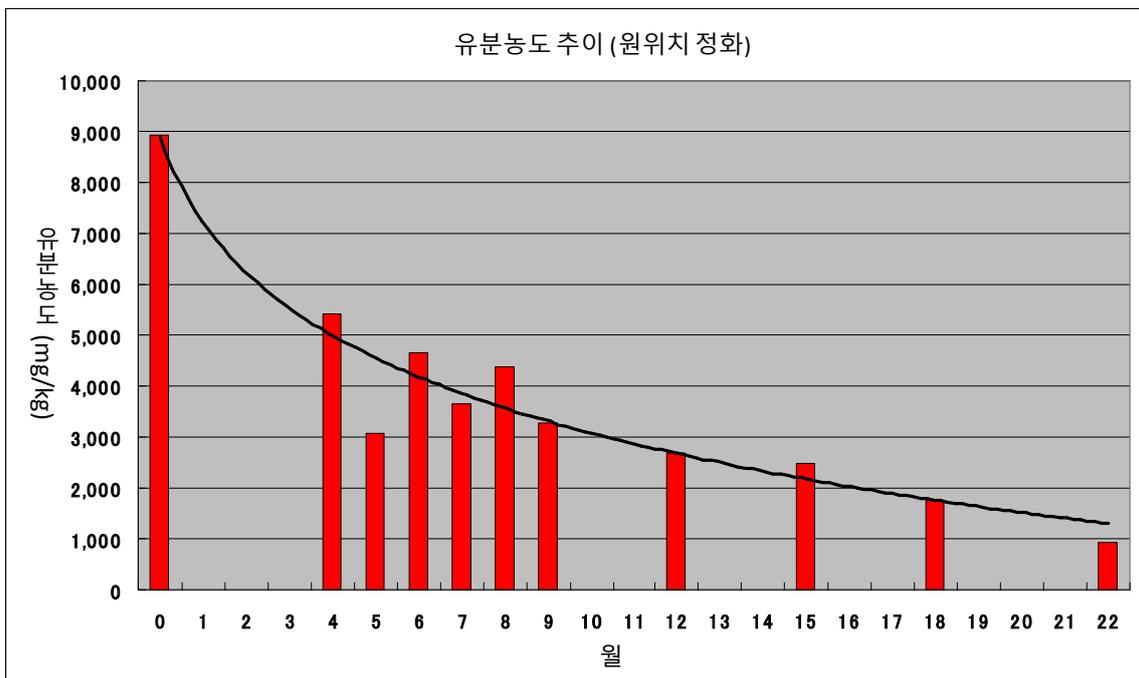
미생물제제 주입



벤팅용 배관



벤팅용 펌프와 배기 청정 장치



▶ 윤활유로 인한 오염

시설형태: 일반공장

공장매각에 동반하여 토양정화를 실시.

정화방법: 바이오레미디에이션 (토양경작법: 교반 1~2회/주)

정화기간: 3개월 (8월~11월)

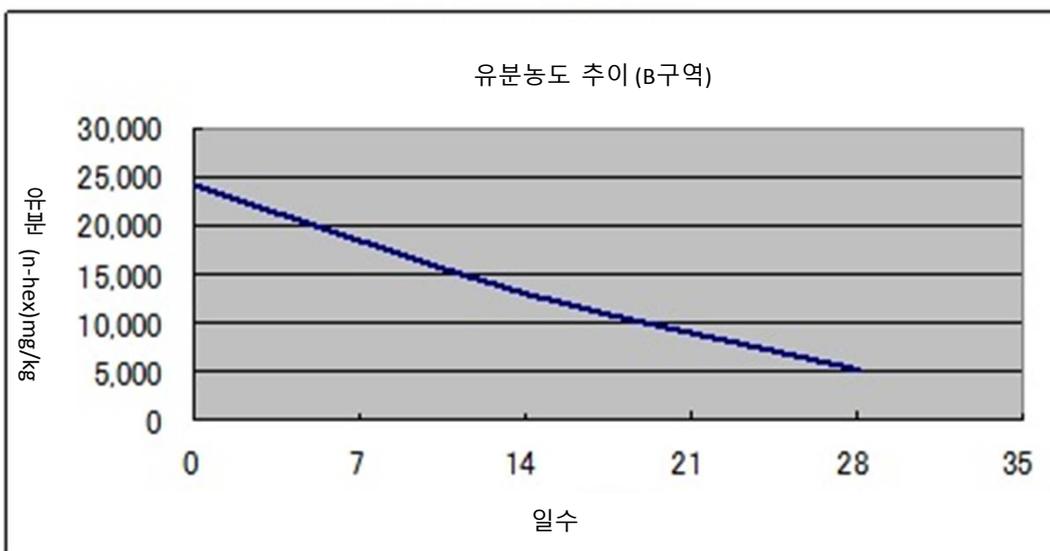
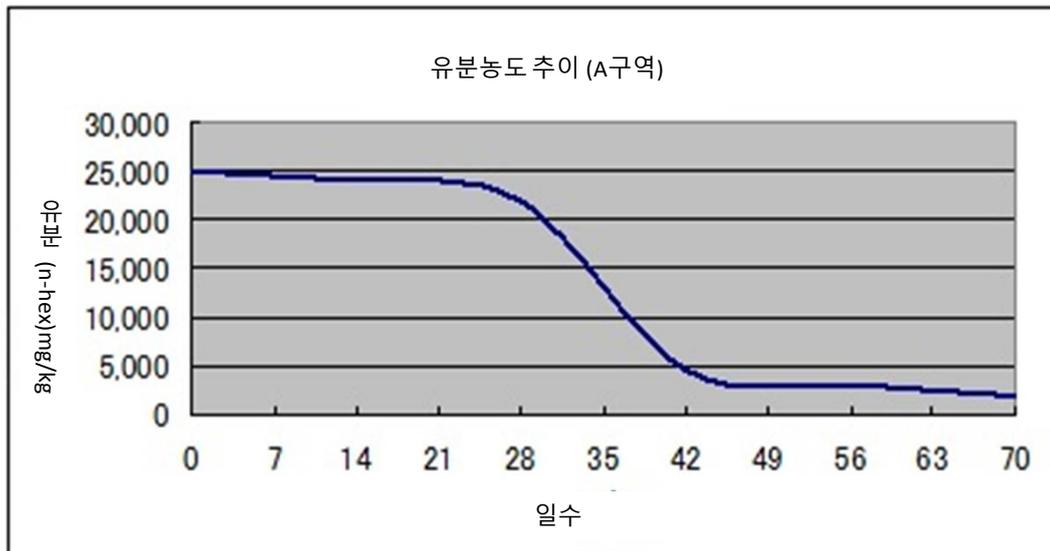
정화대상: 토양

정화 대상 물질: 윤활유

토질: 진흙이 섞인 모래. 롬(loam).

분석방법: 노르말핵산추출법

결과: 예정된 3개월 간 목표치 (5,000mg/kg) 달성.



▶ 기계유로 인한 오염

시설 형태: 일반공장터

공장매각에 동반하여 토양정화를 실시.

정화 방법: 바이오레미디에이션 (토양경작법)

정화 기간: 8개월 (12월~익년 8월)

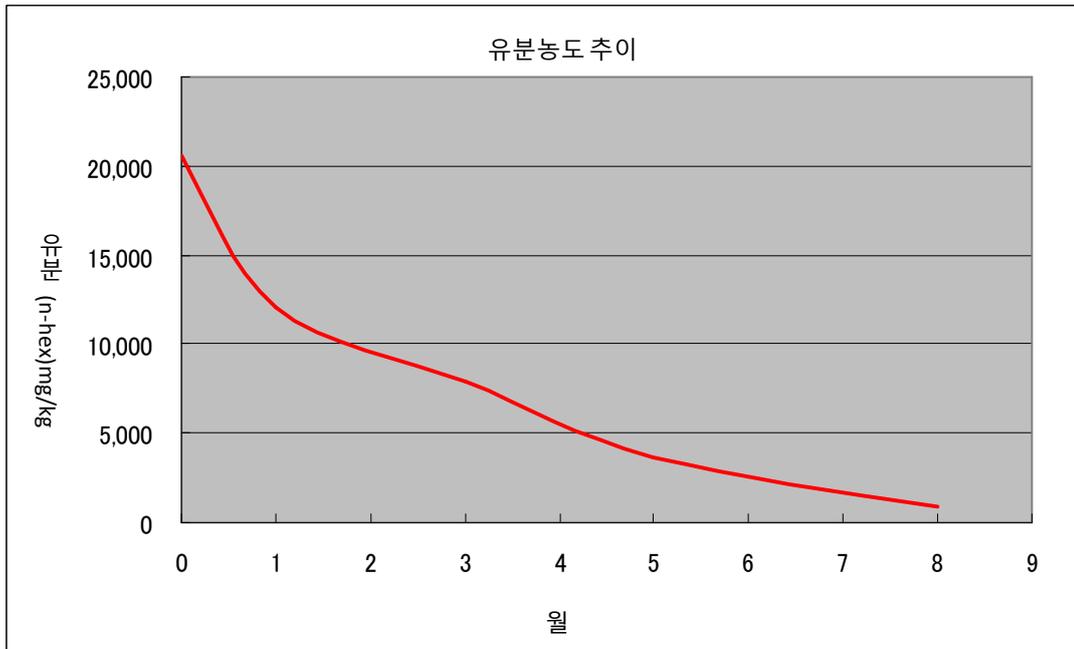
정화 대상: 토양

정화 대상 물질: 기계유

토질: 모래, 자갈 및 실트 섞임

분석 방법: 노르말핵산추출법

결과: 겨울철 정화개시 (온도 저하), 적설 (교반 제한), 2% 이상의 유분농도 (평균치)라는 약조건하에도 불구하고, 정화 개시 후 8개월 만에 목표치 (1,000ppm)를 달성했다.



2.해외 정화 사례 (발취)

프로젝트	장소	정화대상	오염물질	정화방법	정화기간	정화전오염 농도(ppm)	정화후 농도(ppm)	비고
A-1 제조회사		물	등유	원위치	24시간	160	5	
Oil Platform	캘리포니아	물	원유 · 슬러지	원위치	24시간	400,000	80	유분60% 슬러지20% 물20%
폐품회수플 랜트	뉴저지	토양	폐유	원위치	7일	15,000	1,300	누설긴급대응
BAFB	텍사스	토양300m ³	제트연료	이동	21일	900	9	지하탱크누설
Heating Co.	뉴저지	토양	등유	원위치	21일	10,000	<100	지하탱크누설
		물	등유	원위치	24시간	유막	0.5	지하탱크누설
철도	캐나다	토양	경유	바이오파일	22일	20,000	525	점토섞인토양
운송회사	뉴저지	토양	경유	원위치	22일	10,000	<100	
주택지	뉴저지	토양 · 물	등유	원위치	30일	19,050	<100	지하탱크누설
제조회사	뉴저지	토양	경유	원위치	30일	20,000	220	
		물	경유	바이오리액터	48시간	140	<검출한계	
건설회사	텍사스	토양	경유 · 윤활유	원위치	30일	23,329	<500	
주택지	뉴저지	토양	등유	원위치	37일	21,000	<100	
등유탱크	뉴저지	토양	등유	원위치	42일	13,000	<100	탱크누설
원예회사	플로리다	토양	경유	원위치	42일	2,800	<100	
탱크누설	뉴저지	토양	경유	원위치	46일	54,000	<1,000	지하탱크누설
석유제품판 매	텍사스	토양	가솔린 · 윤활유	원위치	120일	86,000	<900	
Chevron	캘리포니아	토양	원유	원위치	530일	600,000	<500	토양경작포함
제유소	멕시코	토양	원유 · 타르오일	토양경작	120일	131,192	<300	
		폐유보관소	타르오일 폐유	바이오리액터		89,650	18,000	원위치처리후 토양경작

3.정화 시공 예



4. 석유제품 등의 분해시험 데이터

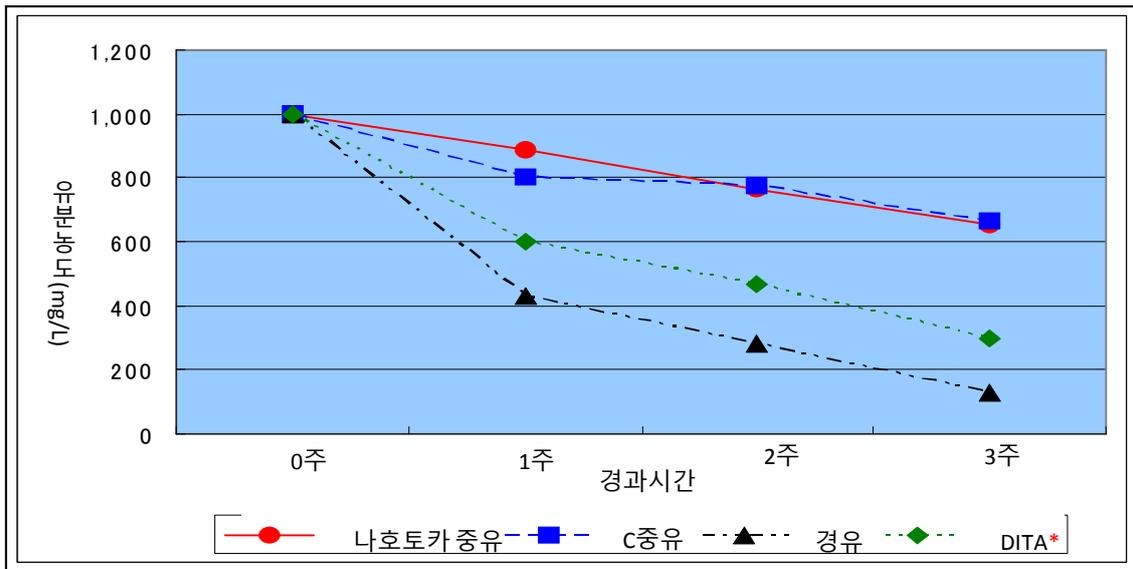
석유제품은 원유를 증류하여 제조된 것으로, 대략적으로는 끓는점의 온도범위에 따라 제품이 분류된다.

석유제품으로서는, 끓는점이 가벼운 순으로 LPG, 가솔린, 등유, 경유, 윤활유, 중유 (증류잔사유에 경유와 등유를 더한 제품) 및 아스팔트 등이 있다.

토양오염원이 되는 석유제품은 LPG와 아스팔트를 제외한 모든 제품이 대상이 된다.

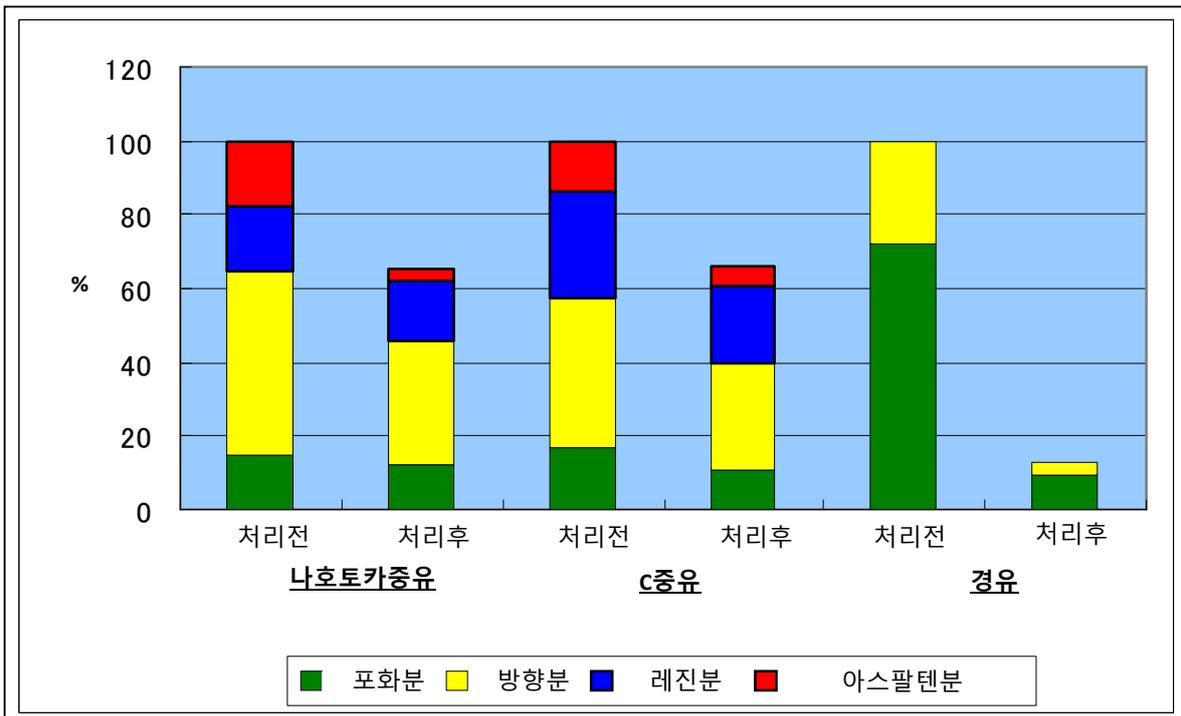
여기서는 본 미생물제제가 어떤 석유제품의 오염에 대해 정화가 가능한지를 보여준다.

▶ 미생물제제에 의한 각기 다른 석유제품의 분해시험 데이터



* Diisotridecyl Adipate (DITA): Coordinating European Council (CEC)가 생분해성시험의 표준물질로서 지정

② 처리 전 후의 조성 변화 (처리 전을 100%로 함)



▶ 석유물질 중의 유해 물질 분해

분해생성물은 분해 대상물의 화학구조에 의존하며, 최종 분해생성물에 유해성이 있는 경우 문제가 된다. 그러나 방향족 화합물의 생분해 경로는 지방족 화합물과 같이 단순하지 않고, 하나의 화합물이라도 복수의 분해중간체를 가지므로 전부의 화합물을 추적조사하는 것은 매우 어렵다. 따라서 오염유 중에 포함되어 있는 다환방향족 소실량 추이로 유해물질의 감소를 확인했다.

디젤유 (11ml), 미생물제제 (포물러1), 무기염류를 수조에 첨가하여 에어레이션을 실시했다. 24시간 경과 후 기름잔유를 분석한 결과는 아래와 같다.

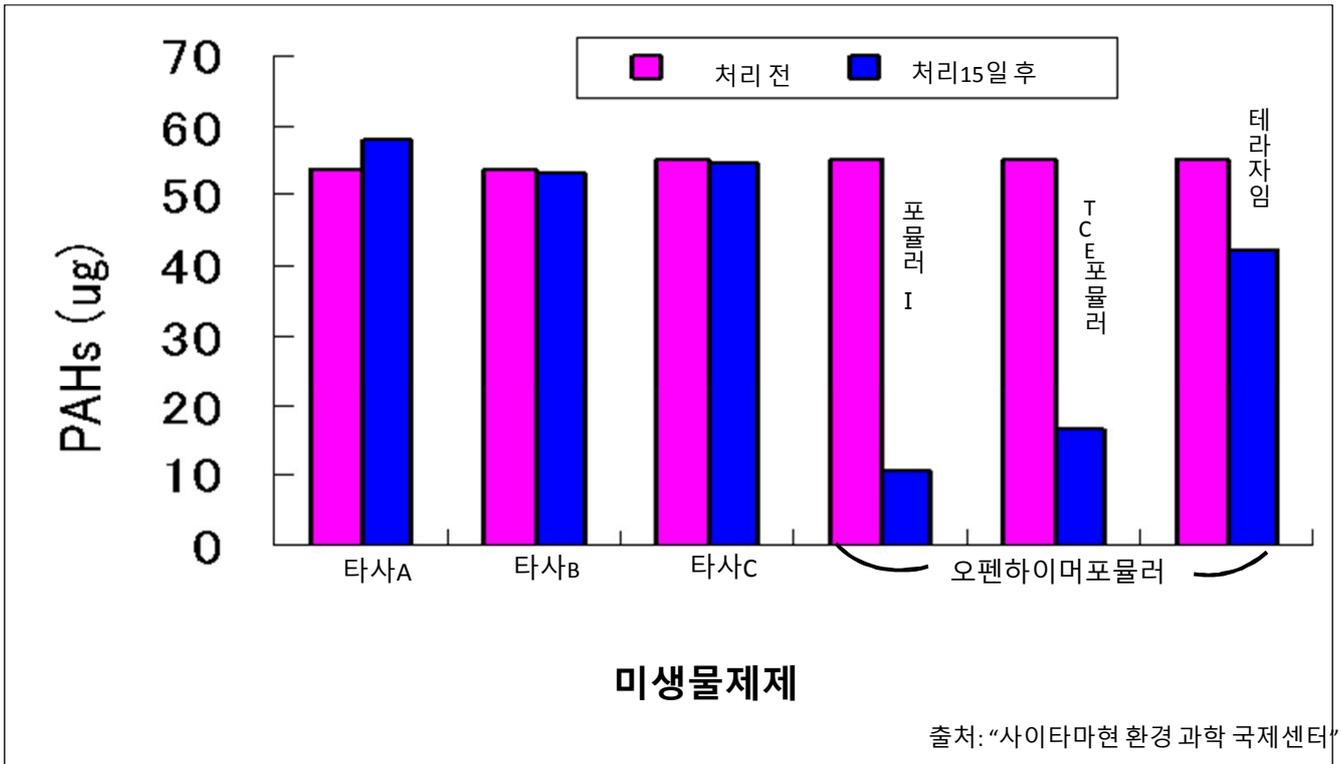
방향족 화합물의 미생물분해

화합물	초기농도(ppb)	처리후농도(ppb)	소실율(%)
Acenaphthene	69,891	4,736	93.22
Acenaphthylene	11,327	67	99.41
Anthracene	4,687	1,159	75.27
Benzo(a)anthracene	28,189	6,204	77.99
Benzo(b)fluoranthene	5,105	8	99.84
Benzo(k)fluoranthene	10,282	303	97.05
Benzo(g,h,l)perylene	5,332	121	97.73
Benzo(a)pyrene	8,722	346	96.03
Chrysene	74,245	4,619	93.78
Dibenzo(a,h)anthracene	8,279	2,166	73.84
Fluoranthene	674,730	132,581	80.35
Fluorene	96,801	6,160	93.64
Indeno(1,2,3-CD)pyrene	22,433	6,306	71.89
Napthalene	54,088	2,991	94.47
Phenanthrene	197,875	110,153	44.33
Pyrene	35,279	7,045	80.00
Total	1,307,265	284,965	78.20

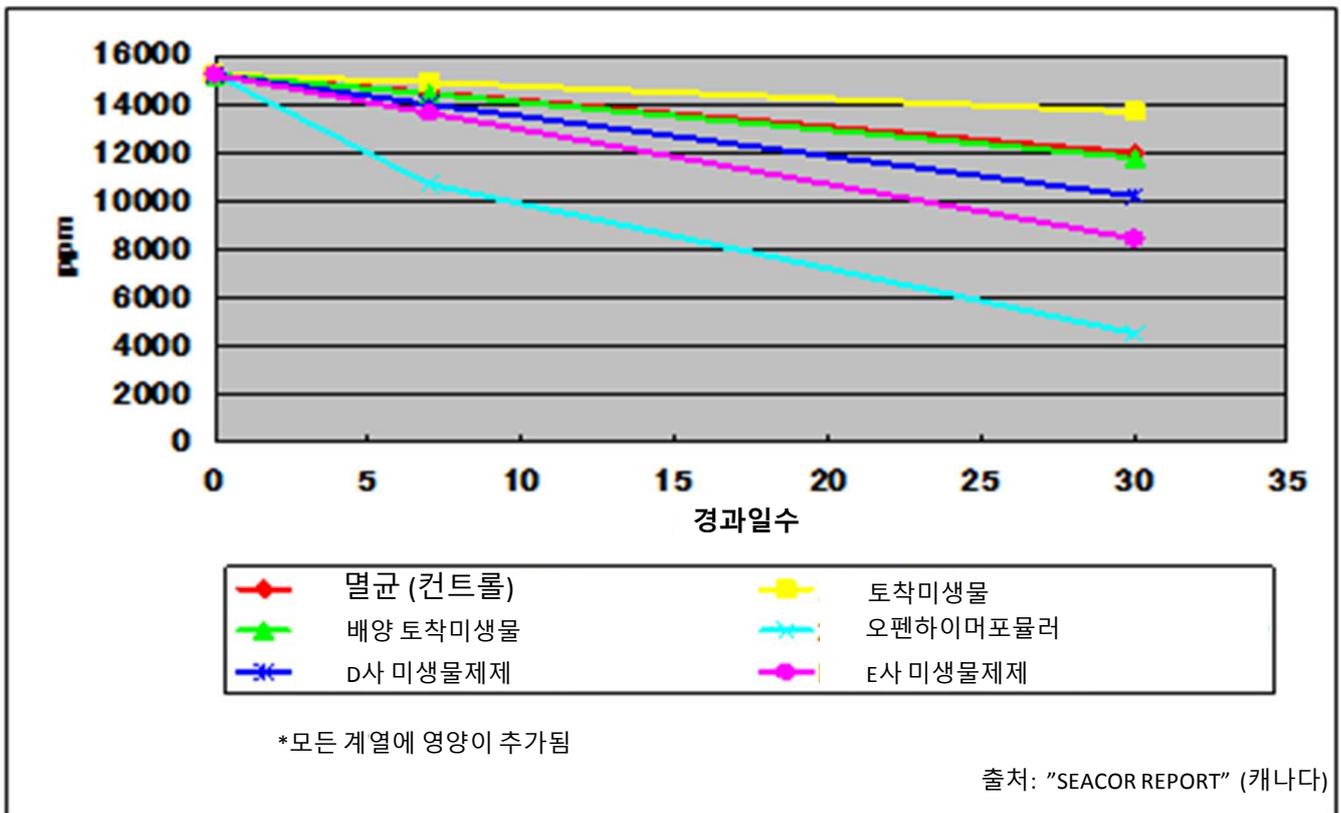
상기의 결과에 의하면 어떠한 화합물일지라도 소실되고 있음이 확인되었고, 전체로 보면 78%가 소실되었다. 또한 48시간 경과 후에는 석유의 미생물분해가 더욱 진행되어 첨가한 기름 대부분이 소실되어 검출한계 이하가 되었다.

▶ 비교시험 데이터

① 다환방향족(PAHs) 비교분해시험 데이터

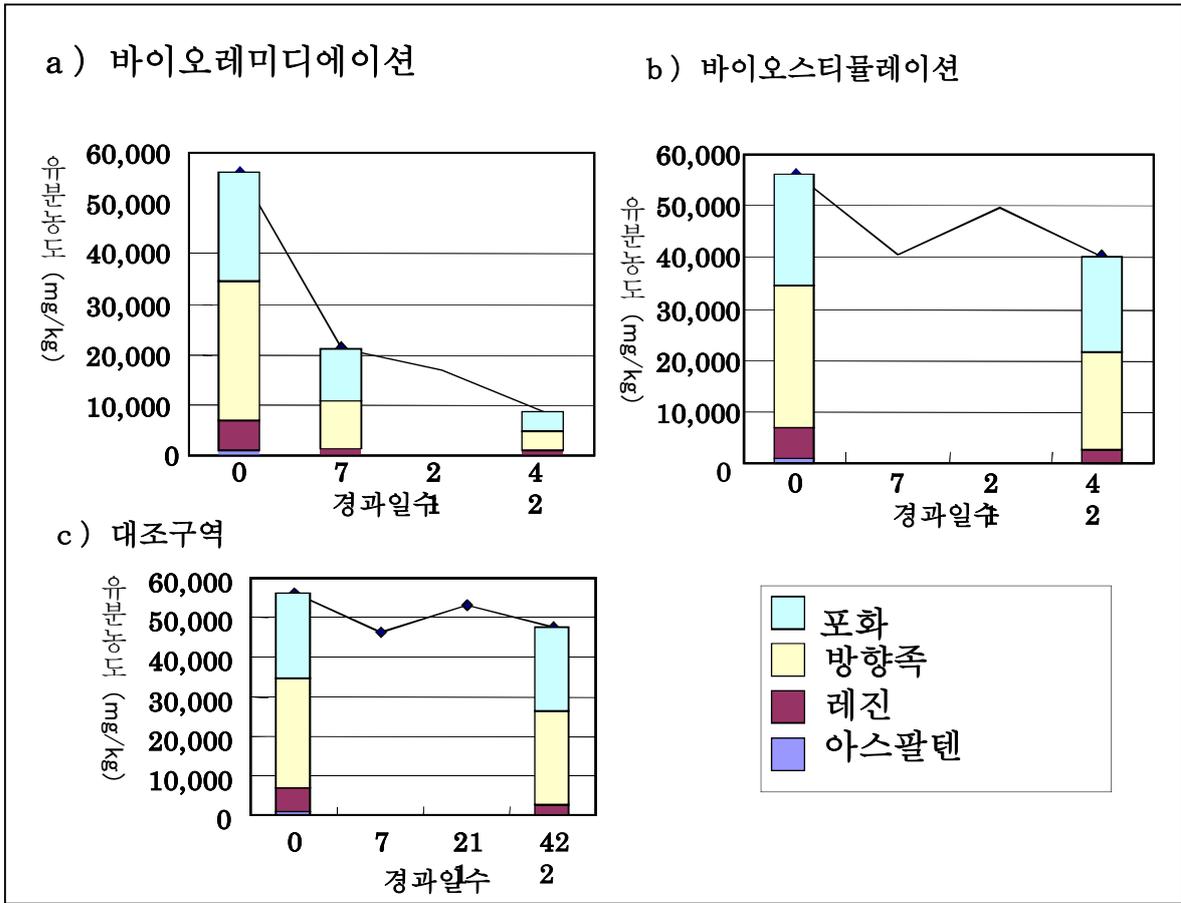


② 복합유 (C중유, 디젤유 등)의 비교분해시험 데이터

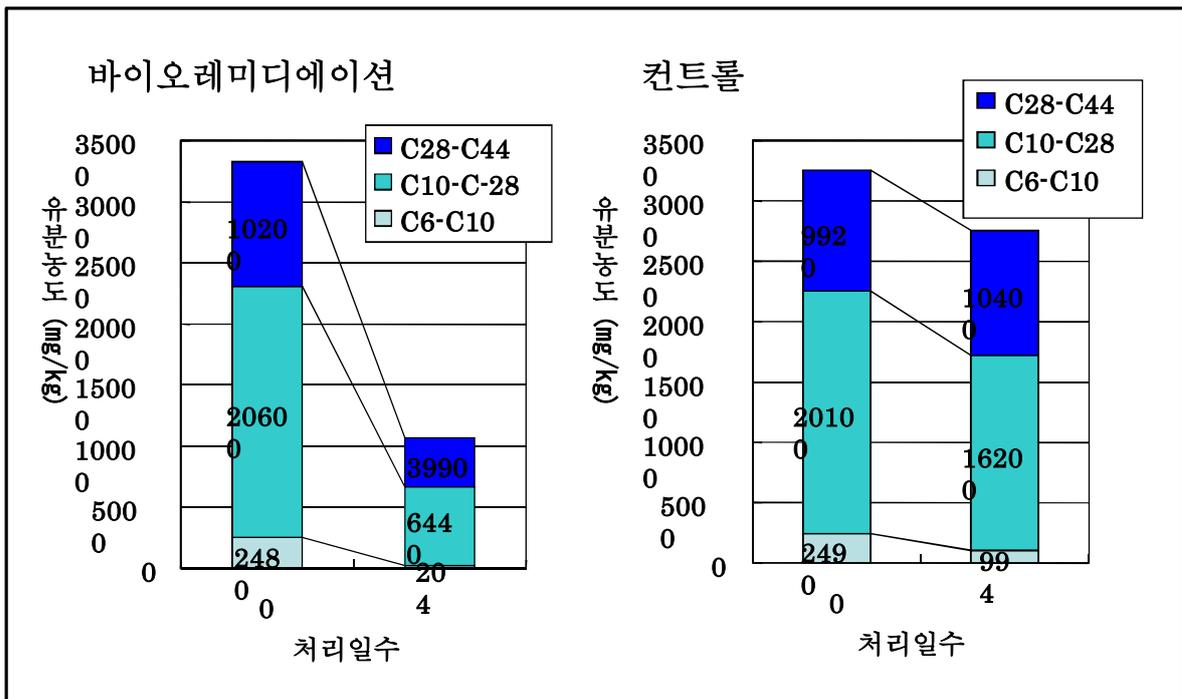


③ 복합유 (B,C중유)의 비교분해시험 데이터

4
2



④ 복합유 (경유, 윤활유)의 비교분해시험 데이터



5. 지금까지 실시된 해당 미생물제제의 안전성시험

시 험 항 목	결과	출전 · 시험기관	
병원성 세균의 유무	무	텍사스주 보호국 accu lab、Delaware,(USA)	
병원성 세균의 유무 (마이크로어레이해석)	무	기후대학 대학원 의과연구과	
대장균의 유무	무	야카이카가쿠 주식회사	
독소 산생시험	무	MICROTOX TEST™ (GRASE Dearborn Inc. ,Canada)	
○수서생물 영향시험	· 담해수 물고기 영향시험	무	
	<u>그 린 크 로 미 스 (Chromis viridis)</u>	무	Marine Pollution Bulletin, 40.308-324 (2000)
	<u>은 어 치 어 (Plecoglossus altivelis)</u>	무	상동 BEAK CONSULTANTS (Canada, 1993)
	<u>단기 사육 시험 · 장기 사육 시험</u>	무	미환경보호국 환경조사연구소
	<u>무지개 송어 (Rainbow Trout)</u>	무	
	<u>토우고로우 정어리(Menidia beryllina)</u>	무	
	·담해수 무척추동물 영향시험	무	
	<u>물벼룩 (Daphnia Magna)</u>	무	BEAK CONSULTANTS (Canada, 1993) 텍사스대학 해양연구소
	<u>윤 충 (Brachionus plicatis Muller)</u>	무	Marine Pollution Bulletin, 308-324 (2000)
	<u>성게 (Toxopneustes pileolus)</u>	무	환경보호국 환경조사연구소
<u>보리새우(Misidopsis bahia)</u>	무		
·조류 영향시험			
<u>규 조 (Skeletonema costatum)</u>	무	환경청 유(油) 바이오레메디에이션 검토조사	

미생물제제를 이용한 정화 지하수 바이오어세이

변이원성시험	음성	사가대학、(재)화학물질평가기구
Umu시험	음성	(재)화학물질평가기구、산업기술종합연구소
송사리의 생육시험	음성	쿠마모토현립대학

6. 발표자료 (논문, 학회발표 등)

① 바이오레미디에이션에 의한 해양 오염 대책

나호토카호 중유유출 오염사고 당시, 일본 효고현 카스미초에서 시행한 실증시험에 대한 보고.
바이오레미디에이션의 유효성을 일본에서 실증한 최초의 사례.
안전성에 대해서도 병행하여 실증하였다.

·“바이오레미디에이션에 의한 해양 오염 대책 - 나호토카호 중유 유출사고에의 적용” 나호토카호 해양오염 바이오레미디에이션 연구회 (1997)

·나호토카호 중유 오염해안의 정화 검토 (제1보) 미생물제제의 생물에 대한 안전성 시험: 히로타 야스시, 히라시마 아카카즈 (야쿠루토 약품공업 (주)), 코우노 마사카즈 ((유) 오픈하이머 · 테크놀로지 재팬), 츠츠미 히로아키 (쿠마모토 현립대), (사) 석유학회 제28회 석유 · 석유화학 토론회 (1998)

·나호토카호 중유 오염해안의 정화검토 (제2보) 유출중유의 성분과 미생물제제에 의한 분해촉진: 츠츠미 히로아키 (쿠마모토 현립대), 코우노 마사카즈 ((유) 오픈하이머 · 테크놀로지 재팬), 타카이 코우지 (후지포장), 아오키 카츠지, 호즈미 토요하루 (쇼와 쉘 석유(주)), (사) 석유학회 제28회 석유 · 석유화학 토론회 (1998)

·유출중유에 오염된 암초역 회복과정의 평가법 - 화상해석수법을 이용한 시도: 츠츠미 히로아키 (쿠마모토 현립대), 제2회 해양 바이오 테크놀로지 학회 대회강연요지집

국제 학회 투고 논문 3편 (영문)

T. Hozumi, H. Tsutsumi & M. Kono, Bioremediation on the Shore after an Oil Spill from the Nakhodka in the Sea of Japan. I. Chemistry and Characteristics of Heavy Oil Loaded on the Nakhodka and Bioremediation Tests by a Bioremediation Agent with Microbiological Cultures in the Laboratory, Marine Pollution Bulletin, 40(4) 308-314, 2000

H. Tsutsumi *et al*, Bioremediation on the Shore after an Oil Spill from the Nakhodka in the Sea of Japan. II. Toxicity of a Bioremediation Agent with Microbiological Cultures in Aquatic Organisms, Marine Pollution Bulletin, 40(4) 315-319, 2000

H. Tsutsumi, M.Kono, M. Haraguchi, C. Oppenheimer *et al*, Bioremediation on the Shore after an Oil Spill from the Nakhodka in the Sea of Japan. III. Field Tests of a Bioremediation Agent with Microbiological Cultures for the Treatment of an Oil Spill, Marine Pollution Bulletin, 40(4) 320-324, 2000

· 국제 심포지엄 발표

H.Tsutsumi, M.Kono, C.H.Oppenheimer, *et al*, FIELD TESTS OF A BIOREMEDIATION AGENT WITH MICROBIAL CULTURES, In Situ and On-Site Bioremediation The 6th International Symposium, Platform Abstract, June 4-7, 2001

② 미생물제제를 적용한 기름오염 정화기술

복합미생물제제 Oppenmer Formula (미 Oppenheimer Biotechnology사 제조)를 적용한 기름오염 정화기술의 사례 소개. 더 나아가 석유오염의 현황과 분석방법, 미생물제제의 시험방법을 해설.

석유에 의한 환경오염과 클린업: 타키구치 요우 (동경대학), 수처리기술, 37, 4, (1996)

석유오염의 분석 및 제거 실시 예: 타키구치 요우 (쇼와대학), 수처리기술, 37, 5, (1996)

석유오염 제거에 있어서의 영향인자: 타키구치 요우 (쇼와대학), 수처리기술, 37,6, (1996)

미생물제제를 위한 시험방법: 타키구치 요우 (쇼와대학), 수처리기술, 37,8, (1997)

미생물제제의 비교검토: 타키구치 요우 (쇼와대학), 수처리기술, 37,9, (1997)

석유오염토양의 바이오레미디에이션에 있어서 미생물군집의 동태 해석: 요코보리 카나리 · 코우노 마사카즈 (주식회사 바이오레인저스) · 우츠미 모토오 (츠쿠바대학 농림공학계)

③ 미생물제제에 의한 다환방향족의 분해

석유제품 중에 함유되어 있는 난분해성 유해 화학물질인 다환방향족(PAHs)에 대해서, 복수의 시판 미생물제제를 사용하여 분해시험을 실시했다. 그 결과 Oppenheimer Biotechnology사가 제조한 제제에 있어서 현저한 분해효과가 있음이 인정되었다.

- 바이오레미디에이션 기술을 활용한 유해 화학물질 오염환경의 고도정화에 관한 연구: 오우 코우교, 스기사키 미츠오, 호소노 시게오, 미노모 코우타로우 (사이타마현 환경과학 국제센터) 보고 제 2호 (2002)
- 바이오레미디에이션 기술을 활용한 유해 화학물질 오염환경 정화: 시판 미생물제제에 의한 PAHs의 분해효과 검토: 오우 코우교, 스기사키 미츠오, 호소노 시게오, 미노모 코우타로우 (사이타마현 환경과학 국제센터), 제5회 재일학자참여 21세기 중국발전연구토론회 요지집 (2002)

④ 휘발성 유기화합물에 의한 지하수오염의 생물복구

트리클로로에틸렌 등의 휘발성 유기화합물에 의해 오염된 지하수를 미생물제제와 바이오리액터를 조합한 정화시스템에 의해 처리했다는 보고. 환경청 “2001년도 지하수정화 범용 장치 개발 보급 조사” 에 있어서 실증시험을 실시하였다. 경제산업성 “2001년도 즉효형 지역신생 콘소시엄 연구개발사업” 에 있어서 복합미생물활용형 토양 및 지하수오염 고효율 정화기술 개발을 실시하였다. (주식회사 바이오레인저스, 토우호쿠대학, 독립행정법인 산업기술종합연구소, 주식회사 인터리스크 총연)

- 유기염소화합물에 의한 토양 및 지하수오염의 생물복원 - 2. 미생물 첨가법 (바이오오그멘테이션)과 실증시험 보고 - : 코우노 마사카즈 ((주) 바이오레인저스), 후쿠다 세이지 (일신공업(주)), 하나시마 히로시, 히시키 아이 (지오텍(주)), 호소카와 코우지, 타키구치 요우 (쇼잉 여자대학), 용수와 배수, 43,10(2001)
- 휘발성 유기화합물에 의한 지하수오염의 생물복원: 후쿠다 세이지, 하나시마 히로시, 히시키 아이, 코우노 마사카즈, 호소카와 코우지, 코가 케이이치, 요코보리 카나리 ((주) 바이오레인저스), 타키구치 요우 (쇼잉 여자대학), 환경과학회 2001년 연회강연요지집 (2001)
- 휘발성 유기화합물에 의한 지하수오염의 수생복원 실증시험: 하라구치 마코토 ((주) 인터리스크 총연), 후쿠다 세이지 (일신공업(주)), 히시키 아이, 코우노 마사카즈, 호소카와 코우지, 요코보리 카나리 (바이오레인저스), 타키구치 요우 (쇼잉 여자대학), 제 36회 수환경학회 연회강연집 (2002)
- 바이오레미디에이션 - VOC오염지하수 정화에서의 적용 - : 복합미생물계 정화연구회, 토양·지하수 오염대책에의 기술개발, 정책종합연구회 (2002)
- 환경성 2001년도 수질관리계획조사 “나가노현에 있어서 지하수 복합오염정화 범용장치개발보급조사” 보고서
- 복합미생물에 의한 오염지하수 정화 효과: 요코보리 카나리 (바이오레인저스), 하라구치 마코토 ((주) 인터리스크 총연), 스토크우 코우이치, 이노우에 치히로 (토우호쿠대학), 카와베베 요시시게, 코마이 타케시 (산중연), 지하수·토양오염과 방지대책에 관한 연구집회 제 9회 강연집 (2003)
- 송사리 생육에 의한 오염처리수 안전성 평가: 도이 마키코, 코우무라 요시유키, 히카츠 카즈히코, 츠츠미 히로아키 (쿠마모토현립대학), 타카하시 세이지 (인터리스크 총연), 코우노 마사카즈 (바이오레인저스), 지하수·토양오염과 방지대책에 관한 연구집회 제9회 강연집 (2003)
- Hyperactive Bioreactor System with Bioconsortia for the Treatment of TCE Contaminated Groundwater: K.SUTO, Y.KAWABE, N.FUJITA, K.YOKOBORI, S.MAEZAWA, M.IKARI, C.INOUE, M.HARAGUCHI, M.KONO, S.TAKAHASHI, T.KOMAI, and T. CHIDA, ASIAN WATERQUAL 2003 (2003)

Material Safety Data Sheet (MSDS)

—제품 안전 데이터시트—

제조사명 : Oppenheimer Biotechnology, Inc.
P.O.Box 5919, Austin, Texas 78763
Tel: 512-474-1016
Fax: 512-472-2909

제품명: 오펜하이머포물리

본 제품은 활성이 높은 천연유래의 호기성 석유분해 미생물군을 천연 점토에 고정시킨 것입니다. 화학적 독성은 없습니다. 폐쇄된 장소에서 사용할 때에는 눈을 보호하고 마스크를 착용할 것을 권합니다. 본 제품은 20년 이상 사용되어 왔지만 인체에 대한 독성은 발견되지 않았습니다.

주의: 본 제품은 결정실리카를 소량 포함하고 있으므로 장시간 흡입했을 경우, 호흡질환의 원인이 될 우려가 있습니다. 분말을 흡입하는 것을 피해주시오.

비점: 해당없음

융점: 해당없음

증기압: 해당없음

물에 대한 용해성: 불용성 (물과 혼합은 가능)

비중: 약 2.5

외관 및 냄새: 회색 또는 크림색의 분말로 약간 석유 냄새가 난다.

인화성: 비가연성

특별한 소화방법: 없음

안정성: 안정

인체에 미치는 영향 (급성 및 만성): 없음 (단, 제품이 분말임을 주의)

섭취경로 : 흡입

흡입했을 경우의 증상: 재채기

눈에 들어갔을 경우의 응급처치: 물로 씻어낸다.

누출했을 경우의 증상: 특별히 없음

폐기할 경우의 처리방법: 특별히 없음 (법으로 정해진 방법)

취급 및 보관에 관한 주의사항: 장시간 흡입하는 것은 피한다.

보호 : 좁은장소 또는 폐쇄된 장소에서 사용할 경우에는 마스크 착용과 눈을 보호할 것

환기 : 법으로 정해진 방법으로 시행할 것

보호장갑 : 특별히 필요없음

눈의보호 : 좁은장소 또는 폐쇄된 장소에서 사용할 때는 필요.

작업 및 위생상의 관례 : 특별히 없음.

그 외의 보호복 및 보호도구 : 특별히 없음.

판매원: 주식회사 바이오레인저스

www.bri.co.jp

7F Mlyanaka building 2-1-17Iwamoto-cho,chiyoda-ku Tokyo 101-0032 Japan

TEL : +81 -3-5833-7181 FAX : +81-3-3863-1520