



# オツペンハイマー バイオレメディエーション

— 複合微生物製剤を適用した  
汚染物質の分解 —

株式会社 バイオレンジャーズ



# 汚染処理方法

- 掘削除去(=置換)
- 熱処理(加熱、焼却)
- 化学的処理(中和、化学反応)
- 紫外線、オゾン、過酸化水素
- 移動回収(洗浄)
- 不溶化/固化封じ込め
- 海洋投棄
- バイオレメディエーション
- 再利用



## 原理

汚染物質の分解に予め効果が確認されている複合微生物製剤を汚染現場に適用し、それら微生物に栄養、水、酸素などを与えて活性化させ、汚染物質の分解を促進する。

## Bio + Remedy (治癒)



# メリット・デメリット

- メリット:

- 1.低コスト
- 2.二次処理が不要(移動ではなく分解)
- 3.廃棄物が出ない
- 4.原位置での浄化が可能(掘削の必要がない)
- 5.物理的／化学的処理に比較し、エネルギー投入量が少なく、環境負荷が小さい

- デメリット:

- 1.浄化期間が比較的長い(工法による)
- 2.浄化期間の確定が難しい




バイオレメディエーション

オーグメンテーション

VS

スティミュレーション？



# バイオレメディエーションの必要条件

## ● SNOW

1. 微生物と汚染(対象)物質との接触 (Substrate)
  2. 無機栄養 (Nutrients)
  3. 酸素 (Oxygen)
  4. 水(海水も可) (Water)
- その他、pH、温度、汚染物質の種類・・・

## ● 複合微生物系コンソーシア

十分な微生物量とそれら微生物の多様性

# 微生物の必要条件

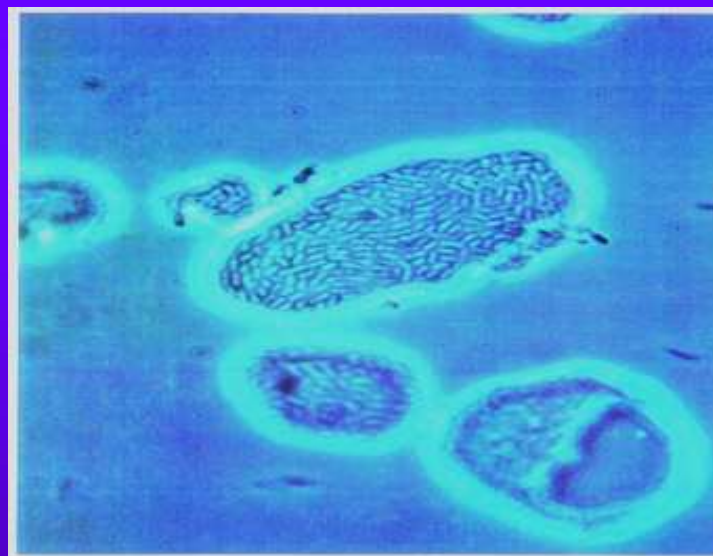
- 多様性

→ 複合微生物

- 有効性の確認

汚染物質の分解

有害副生成物の有無



オッペンハイマー・フォーミュラ

- 安全性の確認

病原性(ヒトに対する)の有無

毒性(水生生物等に対する)の有無



# 多様性

- ◆ 油の主成分は炭素と水素からなる化合物で、炭化水素の混合物 油＝複合

(製品としてはガソリン、灯油、軽油、重油、潤滑油などがあるが、それらの成分は異なっている)



- ◆ それら複雑に混合された油を分解するためには、様々な多様性を持った複合微生物が必要

油(複合) VS 複合微生物



Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)

## フォーミュラ I & テラザイム

### 特長

- 外観: 灰色の乾燥粉末
- 構成: 自然環境から採取した複合微生物群
- 親油性
- 有効温度: 0~50℃
- 有効pH: 5.0~10.0
- アメリカ環境保護局(EPA)の国家緊急対応計画(NCP)製品目録登録
- 国土交通省NETIS登録

# Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)

## National Contingency Plan Product Schedule (March 2010)

**ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY  
NATIONAL CONTINGENCY PLAN  
PRODUCT SCHEDULE**

September 2010  
(9/1/2010)



Prepared by:

U.S. Environmental Protection Agency  
Office of Emergency Management (OEM)  
Regulation and Policy Development Division  
Ariel Rios Building

1200 Pennsylvania Avenue, NW (Room 6450EE, Mail Code 5104A)  
Washington, DC 20460

BULLETIN NUMBER	PRODUCT TYPE LISTED	PRODUCT NAME	SUBMITTER	DATE LISTED, RELISTED*, REMOVED#
<b>BIOREMEDIATION AGENTS (continued)</b>				
B-36	MC	OPPENHEIMER FORMULA (aka, THE OPPENHEIMER FORMULA I, NATURAL ENVIRO 8000 BIOREMEDIATION, GENESIS WE-F, MIGHTY MIKE BPT, PETRO-TREAT)	Oppenheimer Biotechnology, Inc. P.O. Box 5919 Austin, TX 78763 PHONE: (512) 474-1016 FAX: (512) 472-2909 E-MAIL: <a href="mailto:jen.neve@obio.com">jen.neve@obio.com</a> WEB SITE: <a href="http://www.obio.com">http://www.obio.com</a> (Ms. Jen Neve)	07/17/91 10/06/96*
B-41	MC	MICRO-BLAZE®	Verde Environmental, Inc. P.O. Box 8706 Houston, TX 77249-8706 PHONE: (713) 691-6468 (800) 626-6598 FAX: (713) 691-2331 E-MAIL: <a href="mailto:bscogin@micro-blaze.com">bscogin@micro-blaze.com</a> WEB SITE: <a href="http://www.micro-blaze.com">www.micro-blaze.com</a> (Mr. William L. Scogin)	12/18/91 01/21/97*
B-42	NA	VB591™, VB997™, BINUTRIX® (formerly MYCOBAC TX-20)	BioNutraTech, Inc. P.O. Box 2342 Branson, MO 65615 PHONE: (417) 858-1150 FAX: (417) 858-1152 E-MAIL: <a href="mailto:shruza@bionutratech.com">shruza@bionutratech.com</a> WEB SITE: <a href="http://www.bionutratech.com">www.bionutratech.com</a> MOBILE: (713) 301-0254 (Ms. Sandra L. Hruza)	01/03/92 02/05/97*
B-43	MC	STEP ONE (aka, B&S INDUSTRIAL)	B&S Research, Inc. 4345 Highway 21 Embarass, MN 55732 PHONE: (218) 984-3757 FAX: (218) 984-3212 E-MAIL: <a href="mailto:soilplus@2z.net">soilplus@2z.net</a> (Mr. H.W. Lashmett)	03/12/92 03/21/97*
B-45	MC	SYSTEM E.T. 20 (formerly MCW.B.20)	Environmental Restoration Services 9211 Lakewood Drive Mendocino, CA 95402	01/28/93 11/14/95*
		ENERSPERSE 700	OMNI-CLEAN USD (SW-13)	NO TREN
		ENERSPERSE 1100	PETRO TITE M.M.E. (SW-7)	PES-31
		FINASOL OSR-7	RUFFNEK (SW-4)	PETRO
		FORMULA 98	SX-100 (SW-27), Voluntary Removal	PETRO
		GOLD CREW DISPERSANT		PETRO

# Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)

## 国土交通省NETIS登録



**NETIS 新技術情報提供システム**  
New Technology Information System

NETISとは | 新技術の検索 | 新技術の最新情報 | 新技術の申請方法 |

**NETISとは**

国土交通省は、新技術の活用のため、新技術に関する情  
Technology Information System:NETIS)を整備しました。N  
るデータベースシステムです。

パンフレット: [公共工事等における新技術活用システム](#)  
パンフレット: [公共工事等における新技術活用システム](#)

新技術情報  
の登録件数他

評価情報: 454件 申請情報: 3849件  
推奨技術(2件) 準推奨技術(18件) 活用促

**新技術の検索**

キーワード入力

AND条件  OR条件  AND条件

評価情報  申請情報

有用な新技術の選択

推奨技術  準推奨技術  活用促進技術

概要 従来技術との比較 特徴・審査証明 申請・施工方法 問合せ先・その他 詳細説明資料

副題	複合微生物製剤を適用した土壌・地下水汚染対策	区分	材料
分類1	環境対策工 - その他		

**概要**

①何について何をやる技術なのか?  
油類による汚染に対して、複合微生物製剤を適用することにより、汚染物質の分解・無害化をやる技術である。(土壌再生)  
の従来はどのような技術で対応していたのか?  
・生石灰などを添加し反応熱で油類を揮発させる化学的処理。  
・場外搬出・洗浄・焼却などの物理的処理。  
いずれも油を土壌・地下水より分離・移動するものであるため、別途油の処理を必要としたり、大気中へ揮散させるなどの、二次的な環境負荷が懸念されている。  
③公共工事のどこに適用できるのか?  
・土壌・地下水の油汚染対策  
・道路事故などでの漏洩対策  
・河川や海洋の油流出事故への対応など

**複合微生物製剤オッペンハイマー・フォーミュラの特徴**

外観	乾粒した、灰色の粉末
主成分	100%天然由来の複合微生物群
微生物	好気、あるいは微好気性、淡水または海水の添加により活性化。
適正温度	0~50℃
適正pH	5.0~10.0
毒性	なし、病原性細菌なし
登録	EPA(アメリカ環境保護局)の「NCP(国家緊急計画)製品目録」に登録

**バイオレメディエーションのイメージ図**

**新規性及び期待される効果**

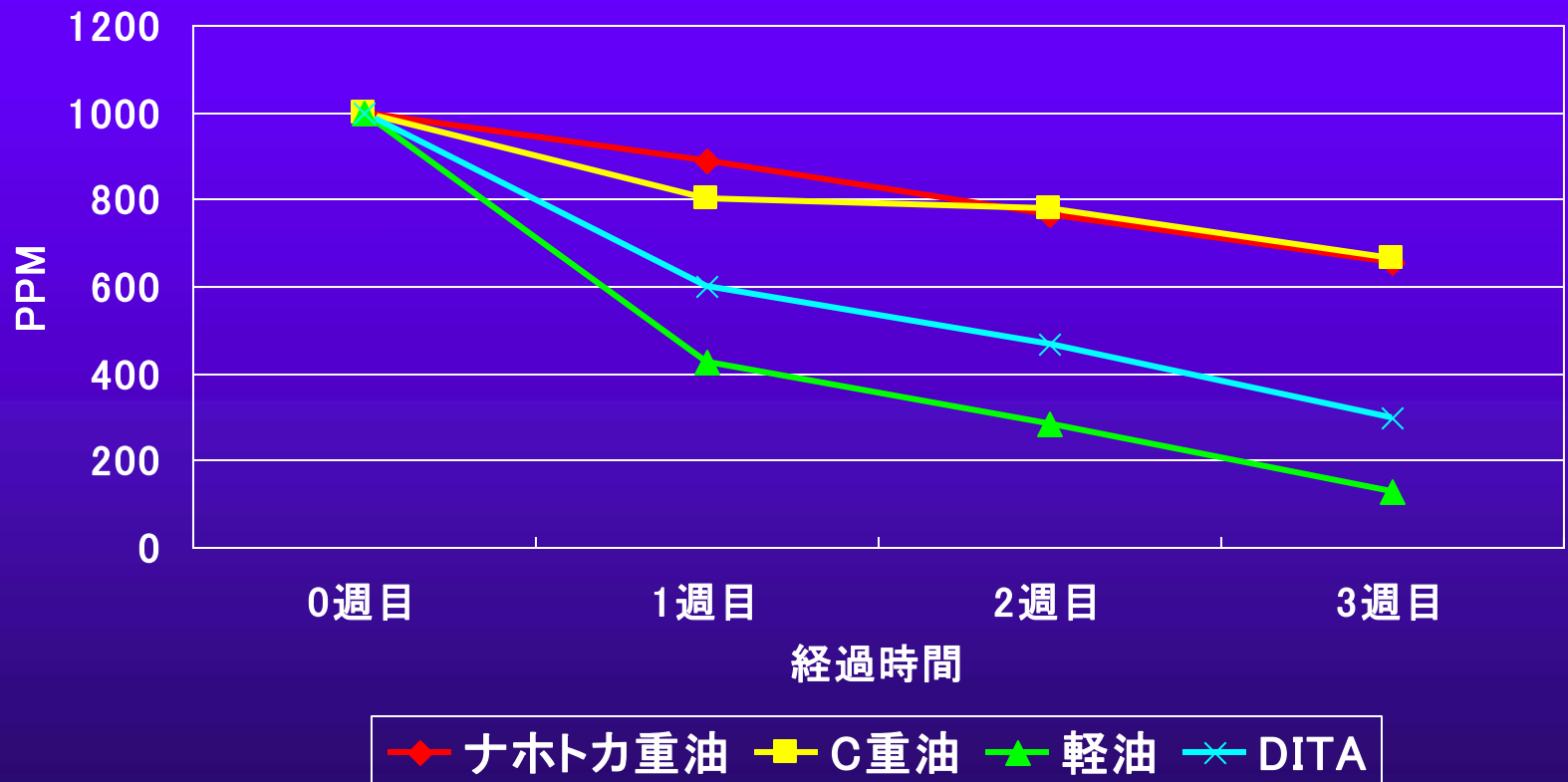
①どこに新規性があるのか(従来技術と比較して何を改善したのか)?

- ・汚染物質の移動や分離などによる処理ではなく、汚染物質を分解し無害化する技術である。
- ・汚染土壌の掘削や地下水の汲み上げができない場合でも、原位置での浄化が可能。

Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
有効性①-1

# 分解試験データ(燃料油)

各種燃料油の分解試験



「ナホトカ号海洋油汚染バイオレメディエーション研究会」より

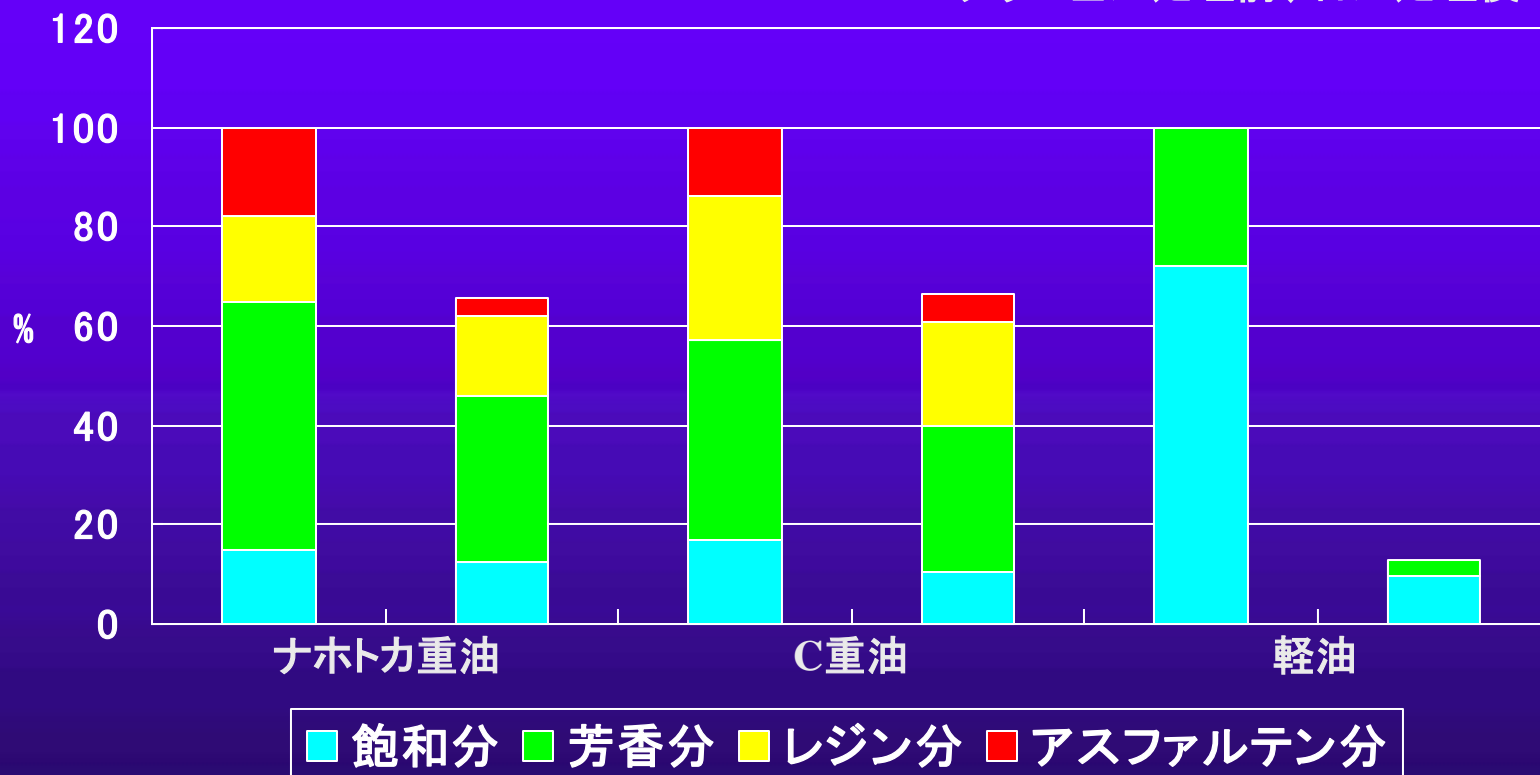


# Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ) 有効性①-2

## 分解試験データ(燃料油)

処理前後の組成変化(処理前を100%とする)

\*グラフ左が処理前、右が処理後

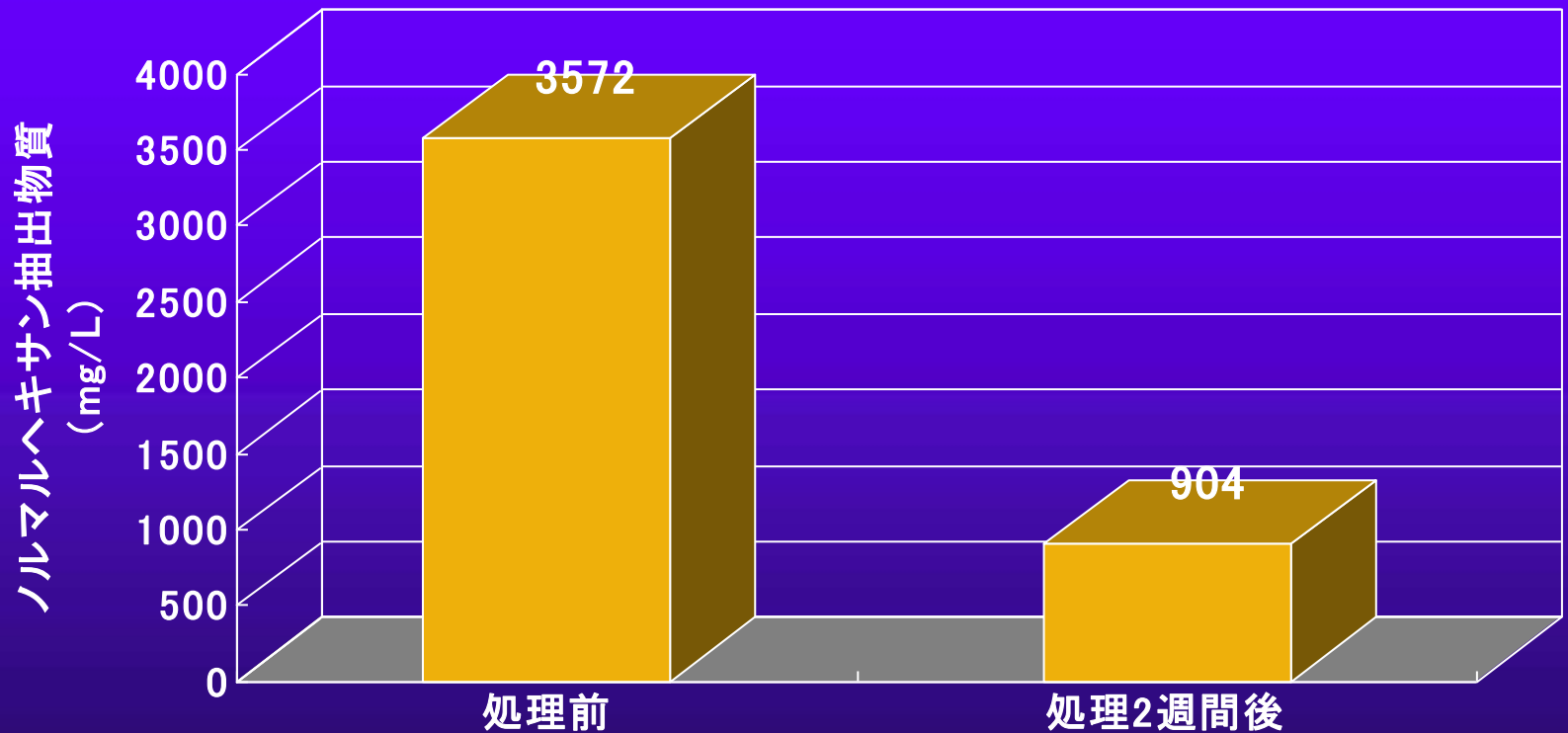


「ナホトカ号海洋油汚染バイオレメディエーション研究会」より

Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
有効性②

分解試験データ(潤滑油)

潤滑油の分解試験





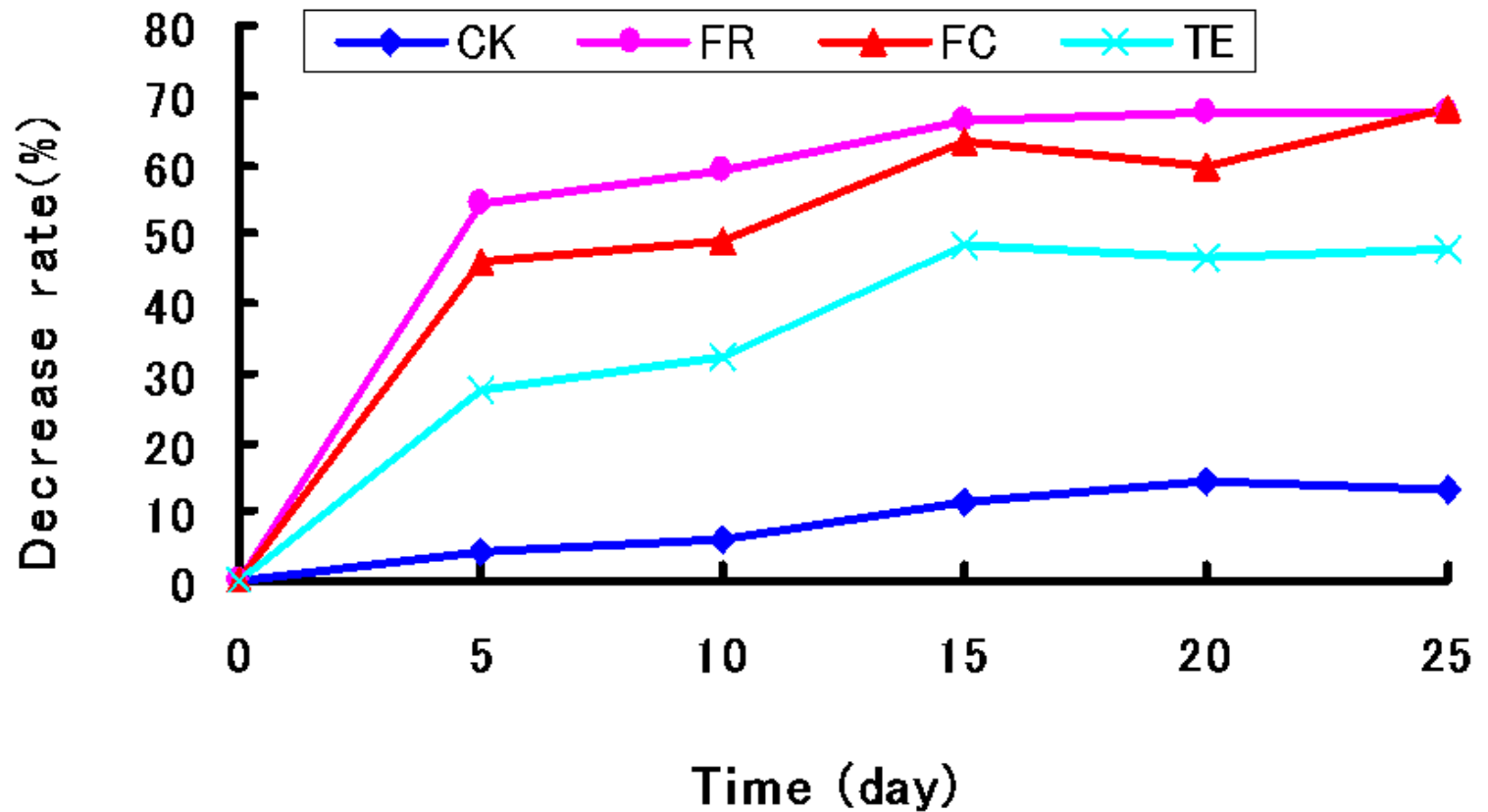
Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
有効性③

分解試験データ(多環芳香族)

化合物	処理前(ppb)	処理後(ppb)	消失率(%)
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,i)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

Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
有効性④-1

分解試験データ(多環芳香族)



「埼玉県環境科学国際センター」より

Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
有効性④-2

## 分解試験データ(多環芳香族)

処理15日後の微生物製剤による異なる化合物の減少率

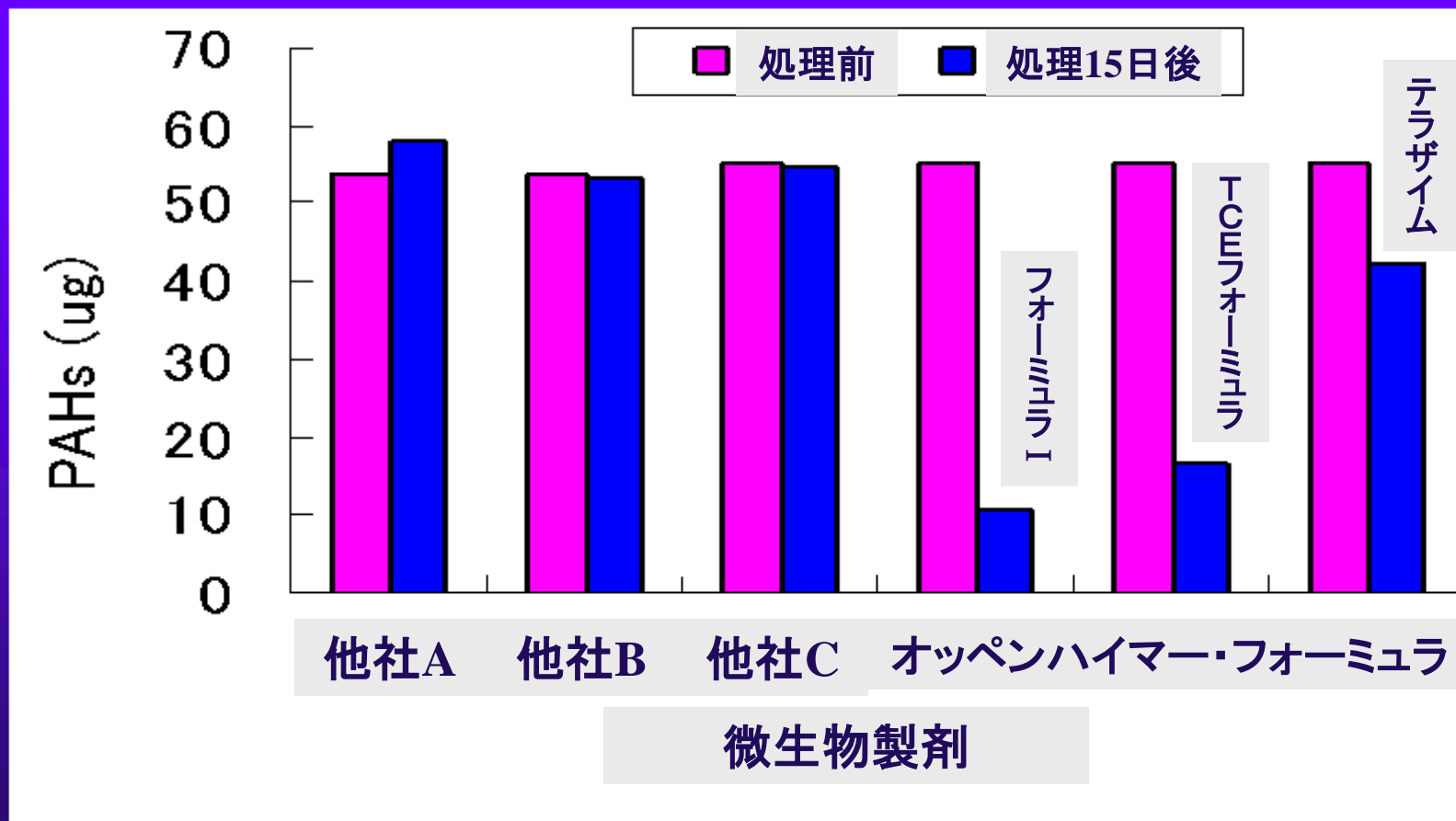
(%)化合物	フォーミュラ I	TCEフォーミュラ	テラザイム	コントロール
Acenaphthylene(3)	45.4	50.2	49.9	19.1
Fluorene(3)	23.1	43.5	22.5	2.6
Phenanthrene(3)	29.6	19.6	21.7	3.9
Anthracene(3)	48.1	56.5	44.2	30.0
Pyrene(3)	65.3	50.2	28.8	6.7
Benzo(a)anthracene(4)	81.4	73.2	49.4	18.1
Chrysene(4)	78.9	69.7	50.6	11.7
Benzo(b)fluoranthene(4)	88.5	82.8	66.8	18.1
Benzo(k)fluoranthene(5)	86.7	79.8	58.6	2.2
Benzo(a)pyrene(5)	87.9	81.5	67.8	24.4
Dibenzo(ah)anthracene(5)	83.6	76.8	54.7	-0.8
Benzo(ghi)perylene(6)	85.2	79.0	57.5	6.4
Indeno(1,2,3-cd)pyrene(6)	89.6	85.4	80.1	-0.8

\*()内はPAHsの環の数

「埼玉県環境科学国際センター」より

Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
有効性⑤

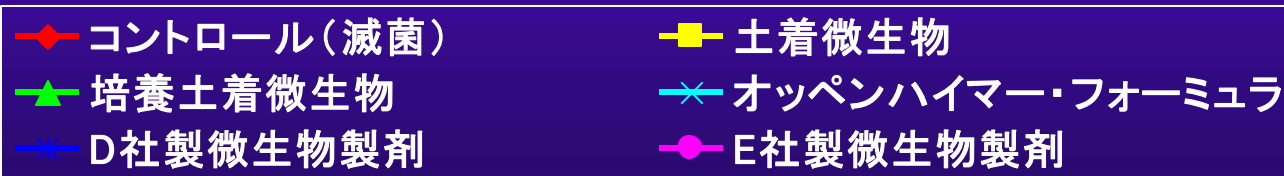
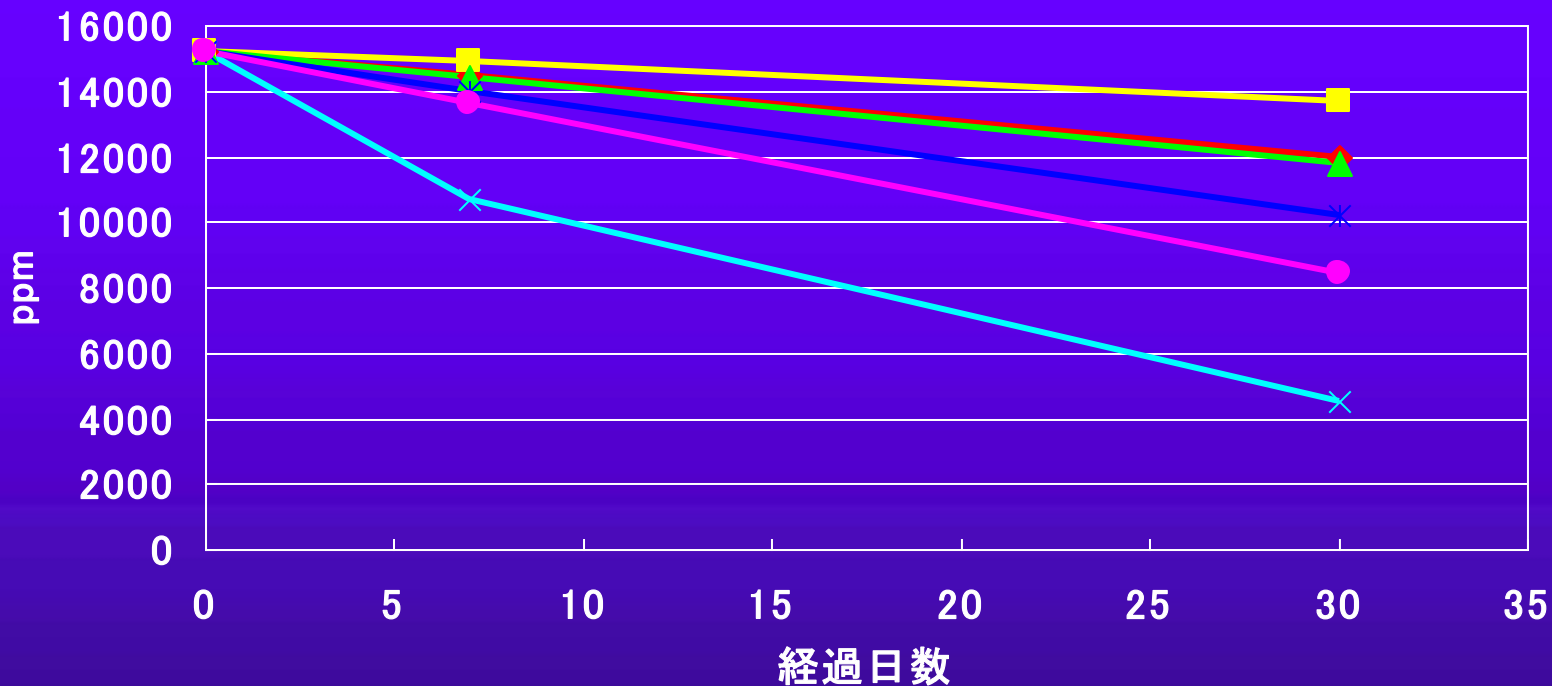
比較分解試験データ(多環芳香族)



「埼玉県環境科学国際センター」より

# Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ) 有効性⑥

## 比較分解試験データ(複合油:C重油、ディーゼル油他)



\*全ての系列に栄養を添加

「SEACOR REPORT」(カナダ)より

## 安全性

(各種試験による確認)

- 病原性試験(テキサス州保健局など)
- マイクロアレイ解析(岐阜大学)
- 毒素産生試験(Microtox™ Test) (カナダ環境省)
- ワムシ(*Brachionus plicatilis muller*): 96時間毒性試験(テキサス大学海洋研究所)
- アミ(*Mysidopsis bahia*): 96時間毒性試験(EPA)
- トウゴロウイワシ(*Menidia beryllina*): 96時間毒性試験(EPA)
- ミジンコ(*Daphnia magna*): 48時間毒性試験(カナダ環境省)
- ニジマス(Rainbow trout): 96時間毒性試験(カナダ環境省)
- デバスズメダイ(*Chromis viridis*): 7日間毒性試験(ナホトカ号海洋油汚染売オレメディエーション研究会)
- アユ稚魚(*Plecoglossus altivelis*): 7、30日間毒性試験(ナホトカ号海洋油汚染売オレメディエーション研究会)
- ウニ(*Toxopneustes pileolus*): 発生試験(ナホトカ号海洋油汚染売オレメディエーション研究会: 熊本県立大学)
- 藻類(*Skeletonema costatum*): 増殖阻害性試験(環境省) etc...



## 各種施工方法



ランドファーミング処理

掘削した土壤に  
製剤をミキシン  
グし、定期的に  
攪拌。



(ミキシング)埋め戻し処理

掘削した土壤に  
製剤をミキシン  
グし、埋め戻し。



原位置処理(ベンティング)

土壤を掘削せ  
ず、製剤、酸素  
を供給し、原  
置で浄化。



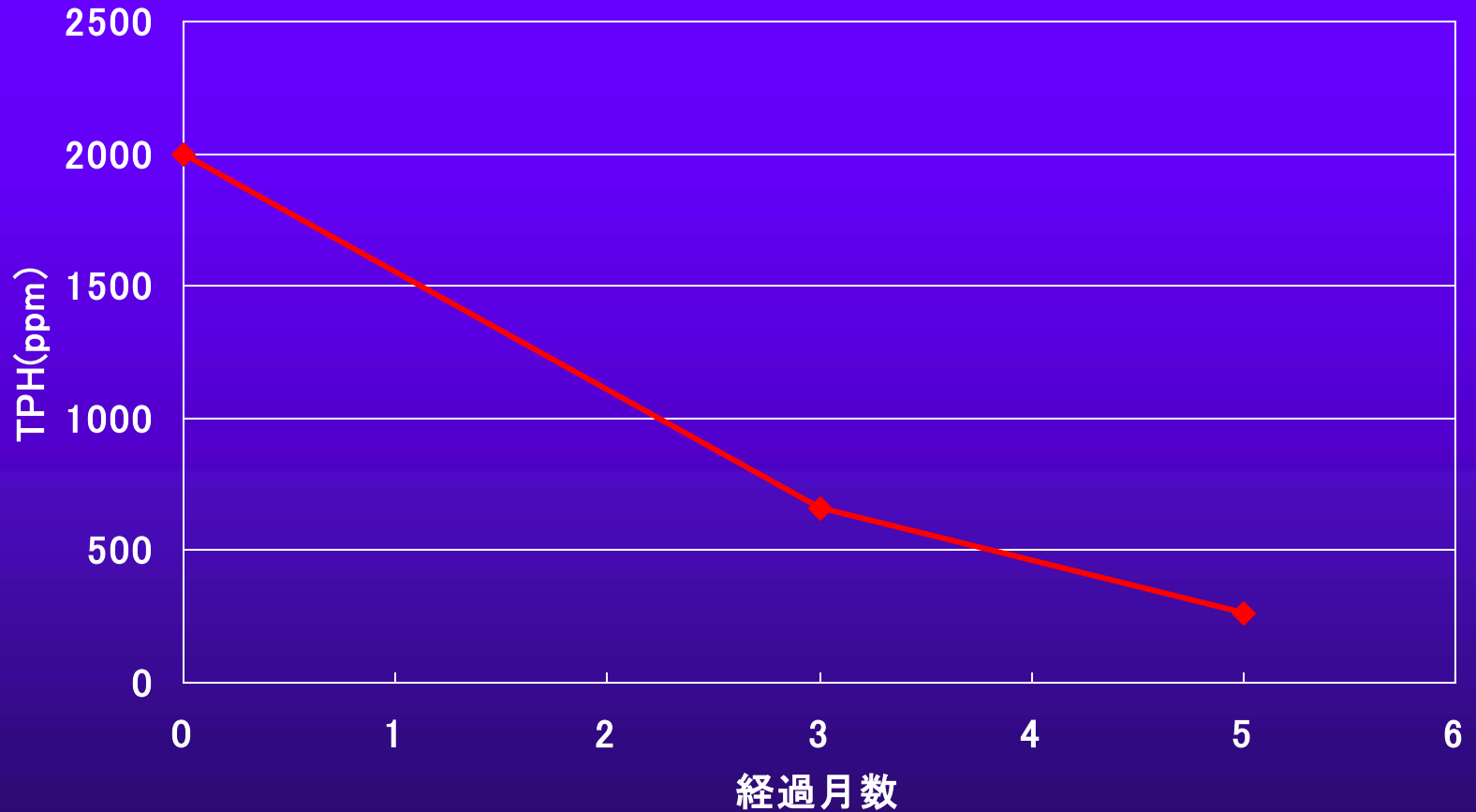
オンサイトミキシング処理

掘削した土壤に  
製剤をミキシン  
グし、原位置で  
定期的に攪拌。

# Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)

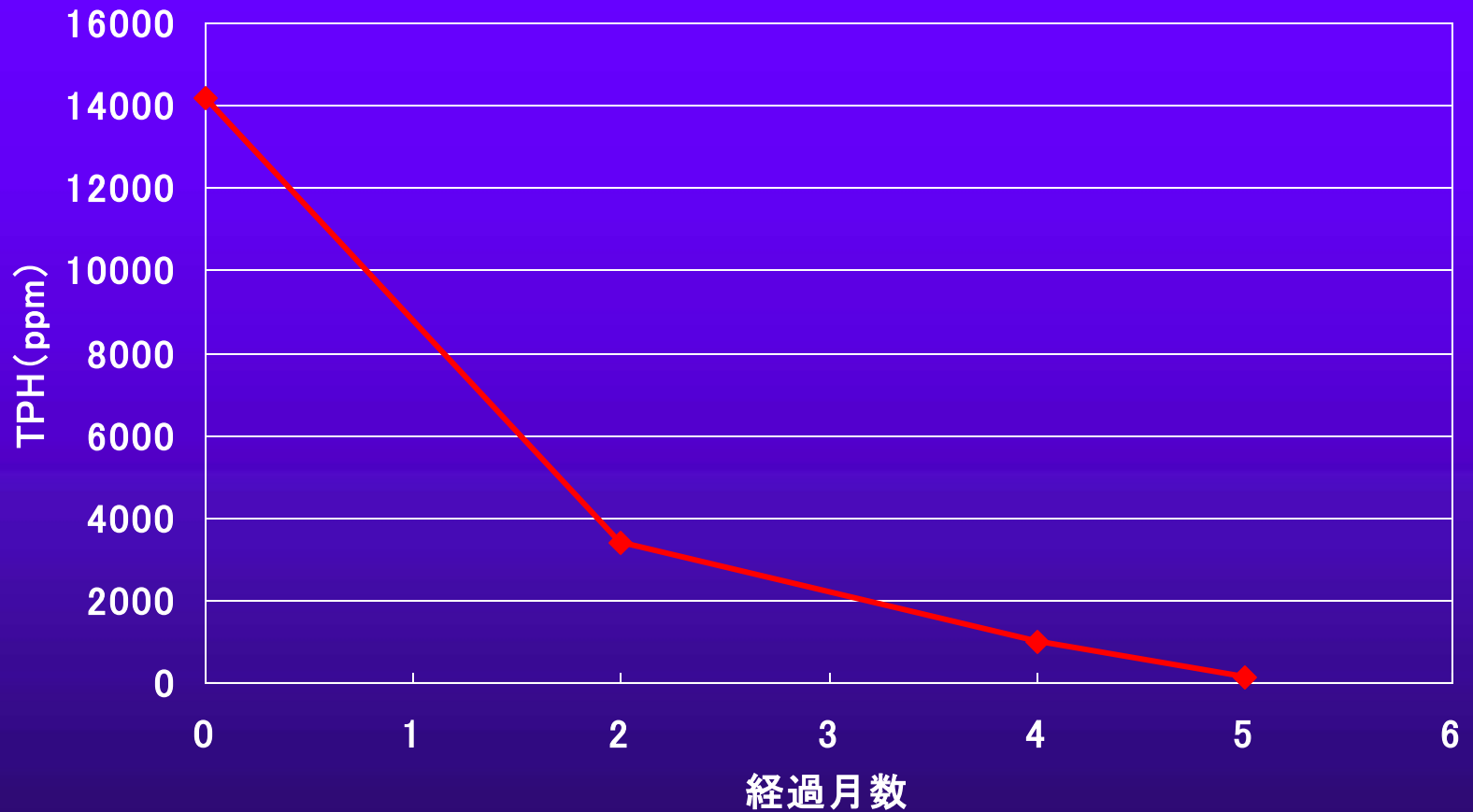
現場適用データ①-1

## 埋め戻し処理(A重油)



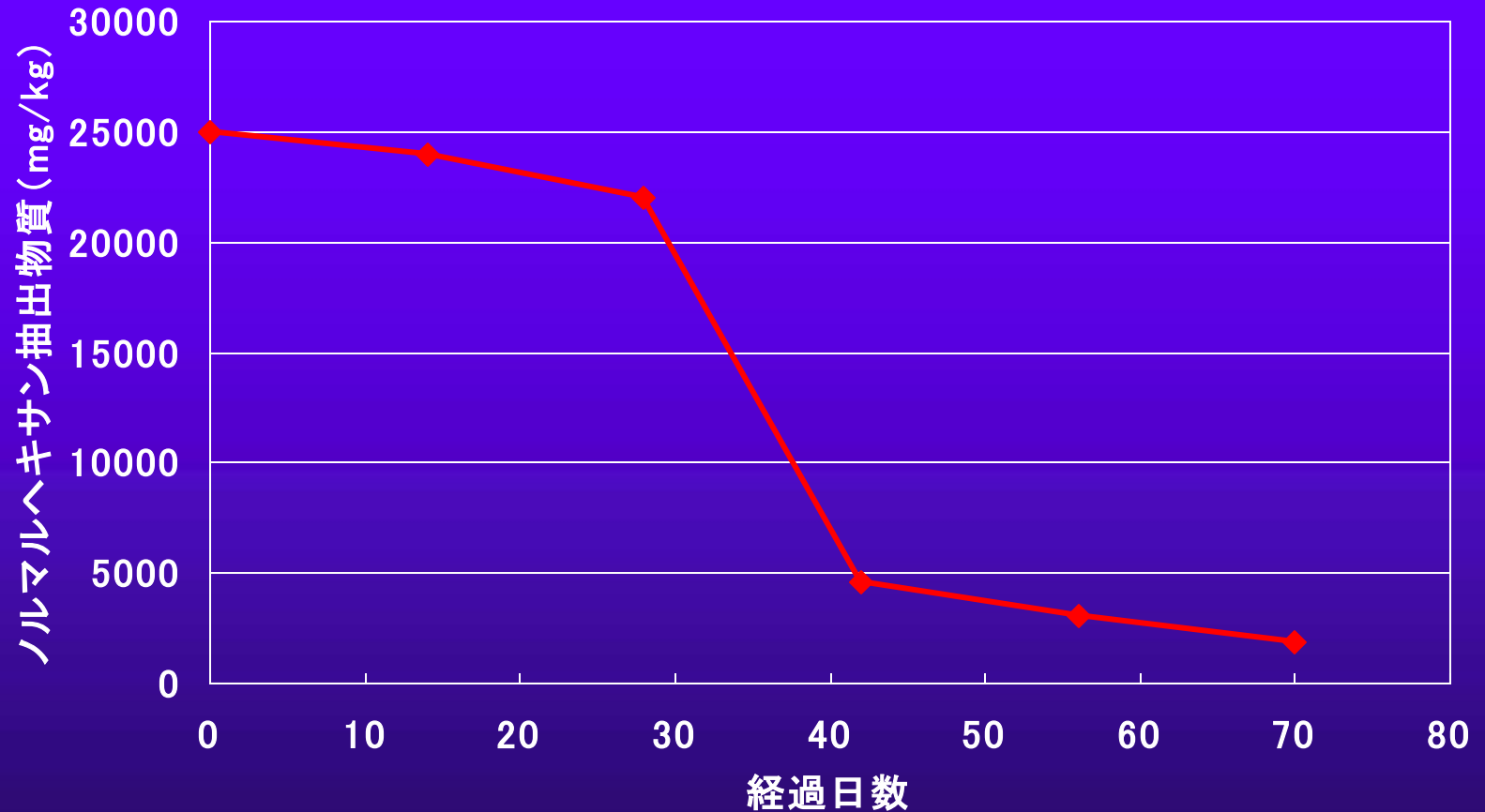
Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
現場適用データ①-2

ランドファーマーミング処理(A重油)



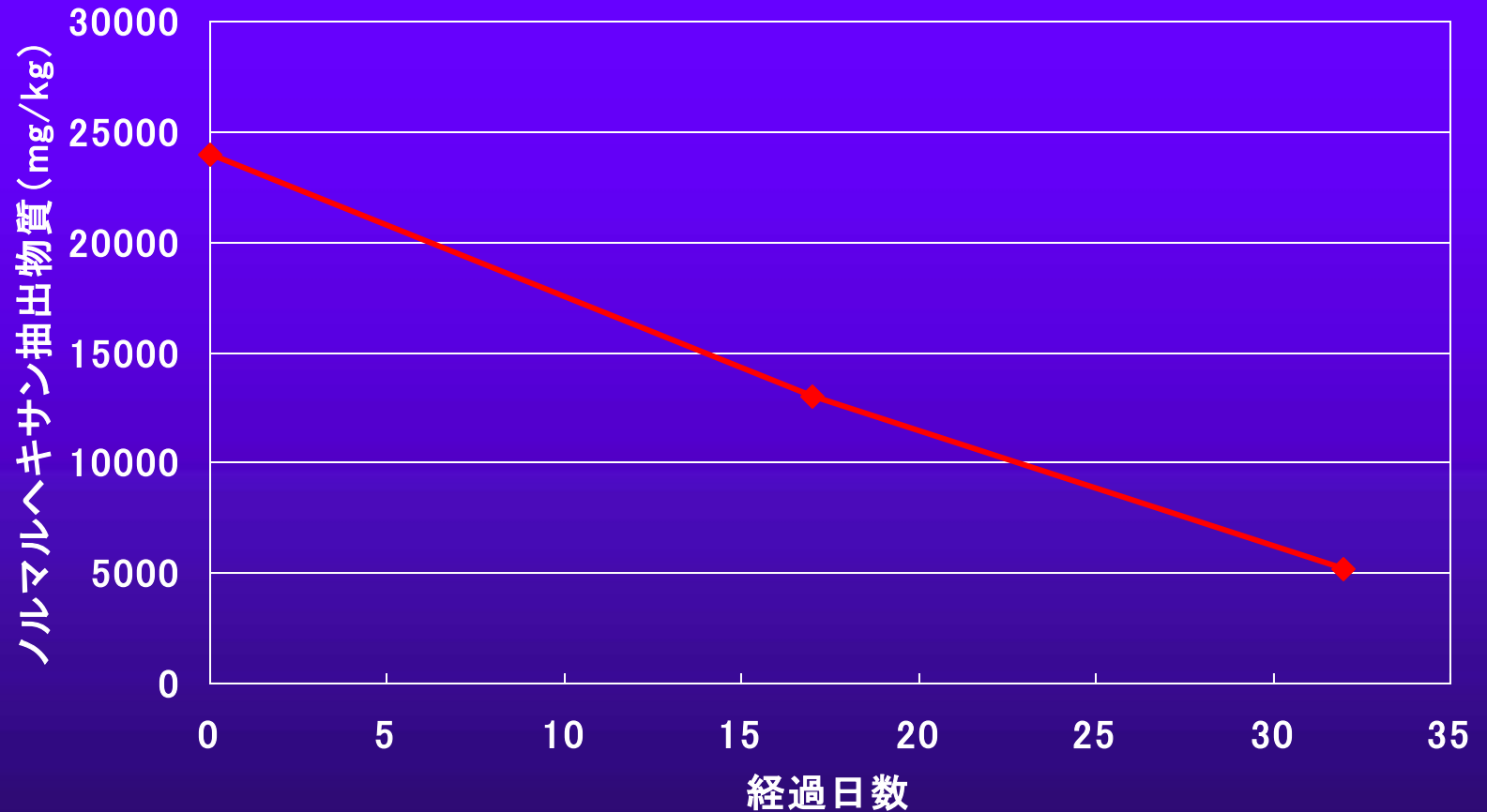
Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
現場適用データ②-1

ランドファーミング処理(潤滑油)



Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
現場適用データ②-2

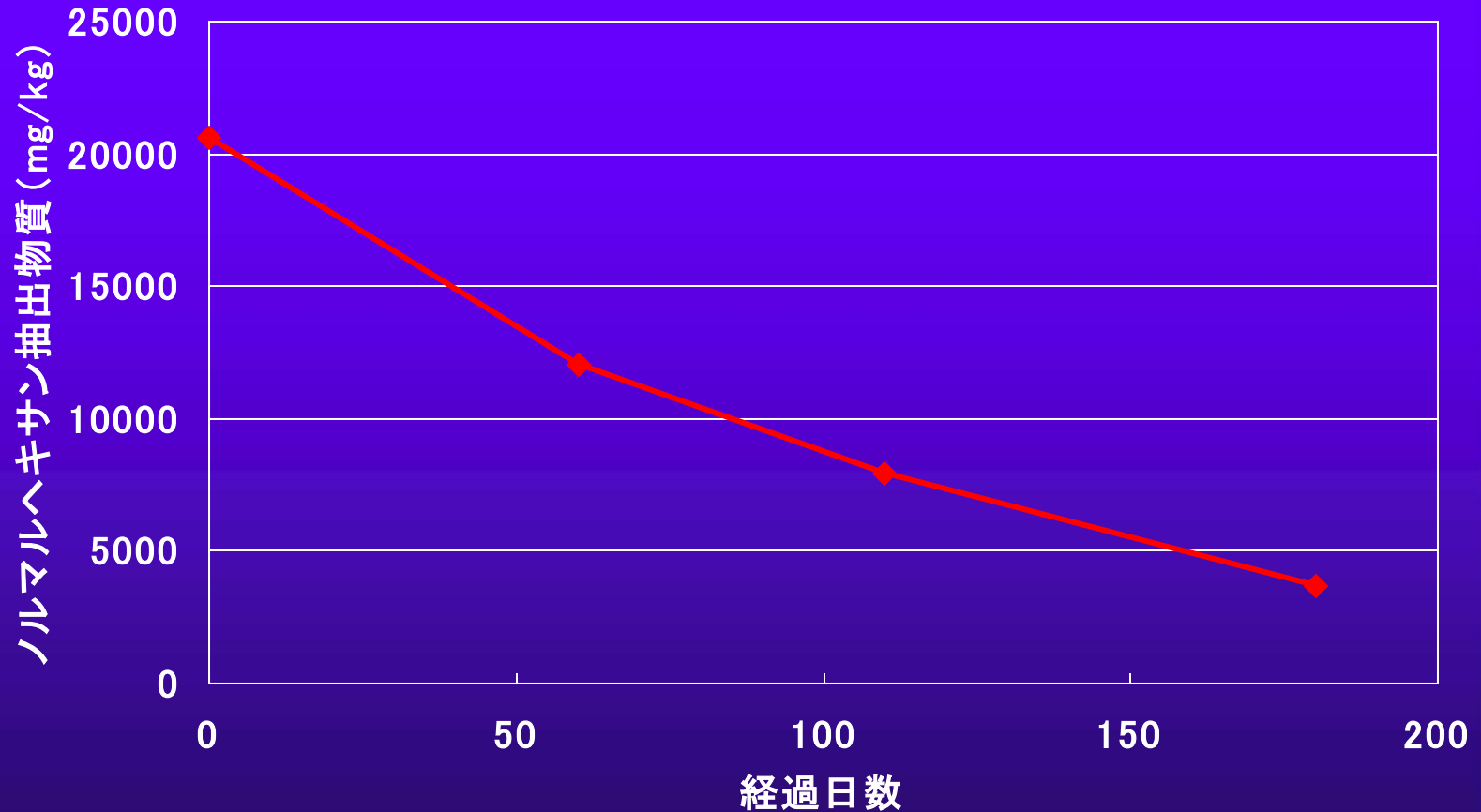
ランドファーミング処理(潤滑油)





Oppenheimer Formula (オッペンハイマー・フォーミュラ)  
現場適用データ③

ランドファーミング処理(機械油)





## 共同研究、研究開発助成事業

- 「バイオレメディエーションによる海洋汚染対策—ナホトカ号重油流出事故への適用」(1997) ナホトカ号海洋油汚染バイオレメディエーション研究会(兵庫県、熊本県立大学など)
- 環境省「平成13年度地下水浄化汎用装置開発普及調査」(2002) (BRI)
- 「バイオレメディエーション技術の活用による有害化学物質汚染環境の高度浄化に関する研究」(2002) (埼玉県環境科学国際センター)
- 「石油汚染土壌のバイオレメディエーションにおける微生物群集の動態解析」(筑波大学、BRI)
- 経済産業省「平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業」(2003) (産業技術総合研究所、東北大学、インターリスク総研、BRI)
- 環境省「平成15年度環境技術実証モデル事業—小規模事業場向け有機性排水処理技術」(2004) (BRI)
- etc

## 発表論文、学会発表

### 発表論文

- 「バイオリミディエーション技術(13)～(17)」水処理技術(1996～1997)5報
- 「Bioremediation on the Shore after an Oil Spill from the Nakhodka in the Sea of Japan ( I )～( III )」Marine Pollution Bulletin(2000)3報
- 「有機塩素化合物による土壌および地下水汚染の生物修復」用水と廃水(2001)

### 学会発表

- (国内)マリンバイオテクノロジー学会、石油学会、環境科学会、水環境学会、地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会
- (海外)In Situ and On-site Bioremediation The Sixth International Symposium(アメリカ:2001)、Asian Waterqual(タイ:2003)











### バイオレメディエーション効果の一例



**汚染状況 (1994年7月11日)**  
作業中の現場から原油が漏れ、その水田の稲が枯れた。



**修復後の現場状況 (1994年9月6日)**  
実施されたバイオレメディエーションにより、その水田の稲が健全に育ち、約2週間後には水田中の原油は検出されなくなった。



**1年後の現場状況 (1995年6月22日)**



(1994年7月18日付 奈良新聞)



(1994年7月21日付 奈良新聞)

## MICROBES IN OIL DROP

