

嫌気バイオによる土壌・地下水浄化とは

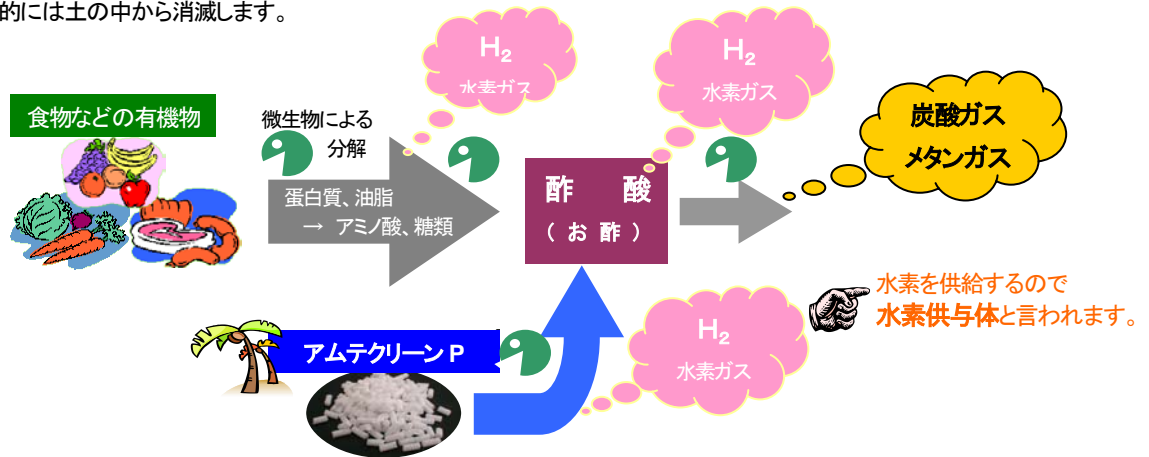
アムテクリーンPによるVOCの浄化は、土壌・地下水中で起こる嫌気反応(酸素の無い状態で微生物が起こす反応、これを嫌気バイオという)を利用していますが、そのメカニズムは大変複雑です。本資料ではアムテクリーンPを例にした嫌気バイオによる浄化メカニズムを、できるだけ易しく説明します。

有機物を地下へ埋めると

まず、食物などの有機物を酸素の無い土の中へ埋めると、酸素を嫌う微生物が分解を始めます。次に、大きな分子の蛋白質や油脂などは、徐々に分解されてより小さな分子のアミノ酸などに変わり、最終的には酢酸などを経て炭酸ガスとメタンガスに変わること、土の中から消滅します。この一連の反応を「生分解反応」といい、この反応の途中で水素ガスが発生します

アムテクリーンPを土壌・地下水中へ入れると

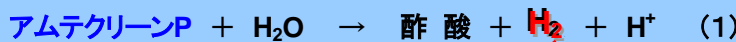
アムテクリーンPは天然ヤシの実が主成分ですので、食物と同じように水素ガスを発生しながら、酢酸を経由して炭酸ガスとメタンガスに変わり、最終的には土の中から消滅します。



水素に着目して反応を考える

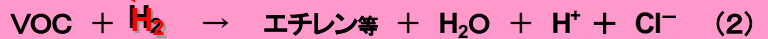
アムテクリーンPは(1)式によって水素を供給します。その水素を(2)式によってVOCが消費し、VOCの塩素と水素を一つずつ交換して、最終的に無害なエチレン等になります。このときに大切なことは、(1)式で一度に大量の水素が発生すると、消費する側が追いつかず、水素が溜まった状態*になり、全体の反応を阻害します**。つまり、水素に着目すると、供給者と消費者のバランスを土壌・地下水中でとることが浄化のポイントで、そのためにはできるだけゆっくりと水素を供給する技術が最も重要になります。

水素
供給者



*水素分圧が高いといえます。
**VOCの浄化ではなくメタン醗酵が起こると
言われています。

水素
消費者



嫌気バイオに最適な材料とは

- ・ゆっくり水素を出す材料
- ・たくさん水素を出す材料
- ・pH変化の少ない材料
- ・土壌中で確実に分解する材料

水素供給、消費のバランスを整え、一度の添加で長持ちします。
1グラムあたりの水素発生量が高いと、長期間浄化をすることができ、コストパフォーマンスに優れます。
特に地下水を酸性にすると土壌中の鉄、アルミの溶出を招き、有用な微生物を殺してしまうという弊害があります。
生分解性が高く、浄化後に副生成物などを残さないことが基本です。

アムテクリーンPはこれらの条件を目標に設計された材料で、従来にない優れた浄化性能を示します。詳しくは当社発行のカタログ、技術資料などをご覧ください。



パナソニックは、調査・コンサルティングから浄化施工、モニタリングまでトータルでご提案いたします。

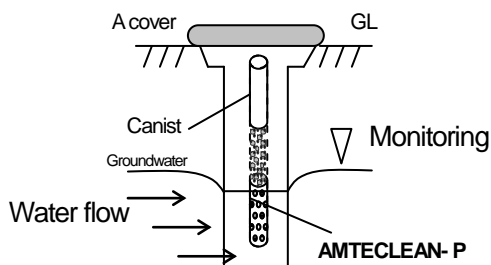
アムテクリーンによる原位置 (In situ) 土壌・地下水浄化について

天然のヤシから抽出したアムテクリーンを用いて、土壌の原位置浄化を行いました。水に殆ど不溶なアムテクリーンは土壌中に長期間止まり、極めてゆっくり炭素を放出することで原位置に生息する微生物(揮発性有機塩素化合物分解菌、脱窒菌など)を活性化させます。

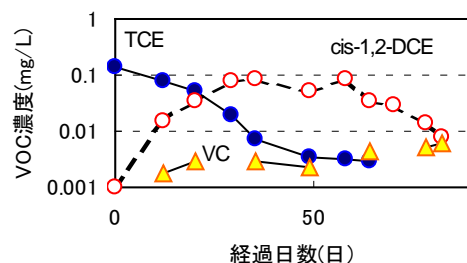
アムテクリーンは一般式 $C_rH_{2r}O_2$ または $C_rH_{2r+1}O$ で表される高級脂肪酸または高級アルコールを主成分としています。揮発性有機塩素化合物向けのアムテクリーン-P、窒素向けのアムテクリーン-Nのグレードがあります。

■ トリクロロエチレン(TCE)の原位置浄化

アムテクリーン-P SL18 1.4kg を割石とともに長さ 4.5m、直径 15cm のエンビ管に入れ、観測井戸より地下水へ添加した。測定データより、TCE の嫌気分解反応が原位置で進んでいることが推測された。



実験井戸

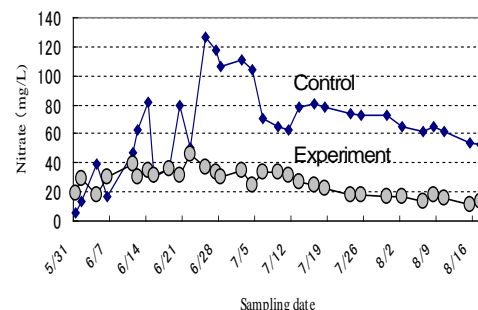
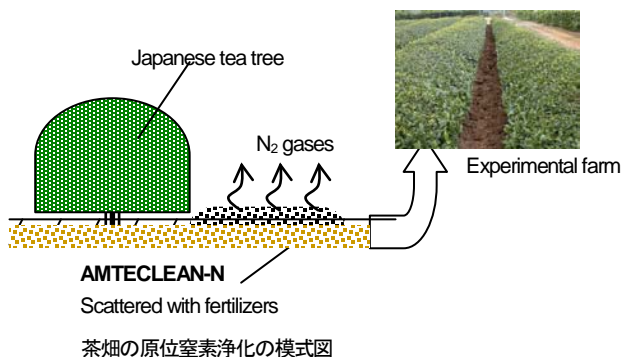


TCE、DCE、VCの変化

地下水中へ直接添加する方法と土壌中へ混合する方法で使用されており、地上に浄化機器類が全く不要なため、操業中の工場などの浄化や、全体浄化後のポスト浄化(外部からの流入に対するリスク低減)で用いられています。

■ 硝酸性窒素の原位置浄化

500g/m² のアムテクリーン-Nを 茶の試験ほ場に窒素肥料とともに散布した。ライシメーターから採取した地下水の硝酸性窒素濃度は比較区にくらべ大幅に低減された。またアムテクリーン近傍の土壌に、脱窒菌が優先種となっていることが確認された。



ライシメーターによる原位置脱窒効果

地上から散布するだけで表層部での脱窒反応が期待できるため、畑作地帯での原位置脱窒、浚渫(しゅんせつ)汚泥の原位置脱窒、焼酎粕廃棄場での原位置脱窒、土壌浄化機能を利用した簡易トイレの窒素処理などで検討されています。

アムテクリーンPのグレード紹介

アムテクリーンPは以下の表に示します幾つかの一般グレードを取り揃えております。また、特定溶解度の選択や有機物以外の成分との複合などのカスタムグレードにも対応いたします。

■ 一般グレード

一般式: $C_nH_{2n}O_2$ 形状: 1mm顆粒状、低融点品は夏場に液化

品名	平均炭素数	比重	融点(°C)	溶解度(g/100g水)
SL18	17.1	0.85	60	0.0003
SL16*	16.7	0.85	54	0.0007
SL14*	13.9	0.86	53	0.0020
SL12*	12.1	0.87	35	0.0050
SL10*	9.9	0.88	30	0.0160

溶解度: 油脂便覧(1985)、20°Cでの純水中への化学溶解値 * : 製造中止品

■ ゲル状品 (例)

一般式: $C_{17.1}H_{34.2}O_2$, $C_3H_8O_3$ 有効成分: 高級脂肪酸、グルセリン、炭酸カルシウム 形状: 白色ゲル状

品名	平均炭素数	比重	流動点(°C)	粘度(Pa·S)	備考
SL18-10LG	4.1	1.27	10~15	8.5	一般グレード
SL18-01LG*	3.8	1.32	10~15	2.2	高流動グレード

* : 製造中止品

■ 液状品 (例)

一般式: $C_6H_{14}O_6$, $C_3H_8O_3$ 有効成分: ソルビトール、グリセリン、ポリソルベート 形状: 透明液状

品名	平均炭素数	比重	粘度(Pa·S)
SL6-90SR	6.6	1.29	0.5

【主な用途】

- 一般グレード : 敷地境界付近の浄化、反応性浄化壁、土壌への原位置攪拌混合 など
- ゲル状、液状品 : 井戸、プローブからの直接加圧添加(Direct Push)、短期に嫌気雰囲気確保のプレ処理 など

【溶解度について】

アムテクリーンは炭素数や可溶化手法の選択により、有機物としての化学的溶解度を選択することが可能です。一般的に土壌・地下水中で生分解反応が起こると、有機物の化学的溶出に加えて生分解生成物(通常低分子量のため可溶性が高い)の溶出が加算されます。また、好気的環境に比べ嫌気的環境下ではアムテクリーンPの溶出および消費が少ないことが実験的に確認されております。



お客様ご指定配合のカスタムグレード、OEM供給に対応いたします。お問い合わせください。

アムテクリーンPの概要、有効成分について

■ 固 形 品

- 原位置攪拌, 反応性浄化壁工法に
- 本浄化後のポスト処理に
- 長期*の徐放性炭素, 窒素, リン源に

原位置にとどまり、長期間浄化します



有効成分と機能

名 称	内 容	主な他の用途
高級脂肪酸 ステアリン酸 パルミチン酸 など	油脂, 炭素源 主に植物(ヤシ)から抽出	化粧品 石鹼, ローソク など
ポリソルベート類	乳化, 分散, 界面活性材 溶出補助, 生体親和性補助	化粧品 食品(米国) など
炭酸カルシウム	天然無機物, 比重調整 弱アルカリ化	食品, 医薬品, 紙, 飼料 など
窒素/リン	硫酸アンモニウム 第二リン酸カリウム	肥料, 食品 など

窒素/リンは事前の水質調査により増減または削除することがあります

■ ゲル 状 品 、 液 状 品

- 直接注入工法に
- 浄化初期の嫌気性確保に
- 中期*の徐放性炭素, 窒素, リン源に

土 壌 ・ 地 下 水 中 に 広 範 囲 に 広 が り ま す

ゲル状品→



液状品↓



有効成分と機能

名 称	内 容	主な他の用途
高級脂肪酸 ステアリン酸 パルミチン酸 など	油脂, 炭素源 主に植物(ヤシ)から抽出	化粧品 石鹼, ローソク など
ポリソルベート 類	乳化, 分散, 界面活性材 溶出補助, 生体親和性補助	化粧品 食品(米国) など
グリセリン	炭素源, 流動化材	化粧品, 食品 など
ソルビトール	炭素源, 流動化材	食品 など
炭酸カルシウム	天然無機物, 流動性制御	食品, 医薬品, 紙 等
窒素/リン	リン酸水素二アンモニウム	肥料 など

窒素/リンは事前の水質調査により増減または削除することがあります



お客様ご指定配合のカスタマグレード、OEM 供給に対応いたします。お問い合わせください。

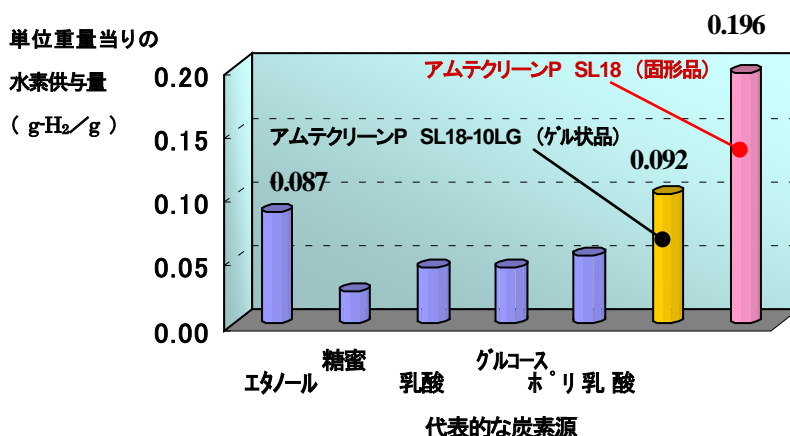
*ここで「長期」「中期」とは、液体または水溶性炭素源の有機物溶出速度から考えた有効期間を「短期」と定義した場合の、当社実験値からの相対比較表現です。
●ここに記載された事項は、細心の注意を払って行った実験事実または当社の最善の文献調査などに基きますが、実際の現場結果を保証するものではありません。ご使用、ご評価に際しましては当社発行の製品安全データシート(MSDS)をよくお読みのうえ、正しくお使いください。

土壌・地下水浄化に用いる最適な水素供与体について

アムテクリーンPは土壌・地下水浄化用の水素供与体として専用に設計されたもので、従来の水素供与体にはない優れた特長と、従来の水素供与体が有する課題を効果的に解決した材料です。

■ 高い水素供与量

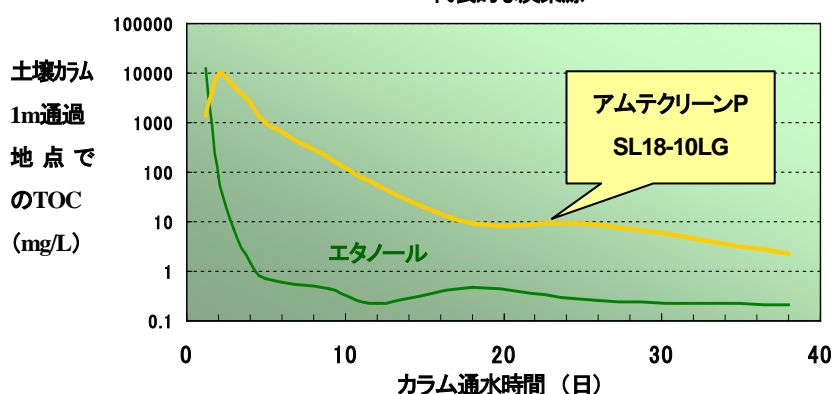
アムテクリーンPは炭素・酸素比(C/O)を大きくとった分子構造を持ち、単位重量当りの水素供与量が他の代表的な水素供与体に比べて高く、次項の徐放性と相まって、一度の添加で長期間*浄化を行うことが可能です。



■ 高い徐放性

アムテクリーンPは土壌・地下水中で固体またはゲル状で存在し、液状または水溶性の水素供与体の様に、地下水の流れなどで系外へ流出することが少ない設計をしています。また、前項と相まって一度の添加で長期間*浄化を行うことが可能です。

一方、高い徐放性は比較的ゆっくりとした水素供給特性を生み出すため、地下水中の炭酸成分を用いたメタンへの転換を防ぎ、VOCへ安定して水素を供給することが期待できます。



■ 少ない pH 変化

酸性の物質を土壌中へ添加すると、土壌中の鉄成分を溶解することが知られており、この鉄イオンの溶出はVOC中のcis-1,2-DCE 以降の脱塩素反応を阻害するといわれています。アムテクリーンPは非水溶性の弱酸性および弱アルカリ性に調整されているため、このような阻害反応を回避することが期待できます。

■ 優れた浸透性

アムテクリーンPの高溶出グレード及び、液状品は界面活性を有しており、シルト付近やVOCの溜り部分(DNAPL)への高い浸透性が期待できます。

* 液体または水溶性炭素源の有機物溶出速度から考えた有効期間を「短期」と定義した場合の、当社実験値からの相対比較表現です。

アムテクリーンPの原位置適用性試験について

嫌気バイオ法を用いた有機塩素化合物(VOC等)浄化は、原位置に浄化を促進する微生物が生息するか否かに大きく左右されます。アムテクリーンPを用いた適用性試験は、観測井戸から専用カゴでアムテクリーンPを添加するだけの手軽さでご評価いただけます。(現在、専用カゴの販売はしておりません)

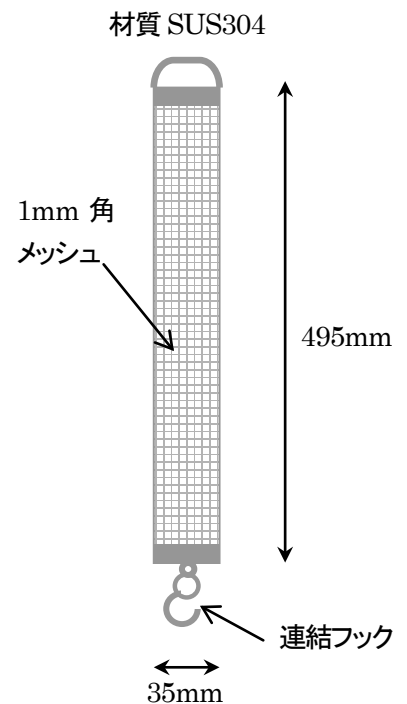
■ 特徴

- 実サイトでの効果が明確
- 低コスト、低リスク、エネルギー不要
- 既存インフラ(観測井戸等)の利用可能
- 地下環境からの撤去が可能で現状復帰が容易

■ 試験手順

- 1 地下水の水質分析、分解生成物確認
PCE,TCE等がDCE等へ変化していることを確認します
- 2 観測井戸等の設定、境界線状況等の確認、添加量の計算
例) φ50mmの観測井戸で帯水層5mの場合:
専用カゴ10本を連結し、計3kgのアムテクリーンP(高溶出グレード)を添加します
- 3 専用カゴによりアムテクリーンP(高溶出グレード)の設置
- 4 地下水の水質分析、分解生成物確認
地下水中の浄化微生物DNA分析を行うことで、より正確に適用性が判断できます
- 5 適用性判定、全体浄化への計画立案
全体浄化向け、パナソニックがトータルでご提案いたします

専用カゴの仕様



■ 使用例



カゴ連結状態



観測井戸への添加状況

適用性評価セット



【最小単位】

アムテクリーンP	20kg
専用カゴ	10本



DNA分析により直接原位置微生物を観測することで、更に精度の高い浄化提案を実施いたします。
また、調査・コンサルティングから浄化施工、モニタリングまでトータルでご提案いたします。

アムテクリーンPを用いた浄化加速のコスト比較について

■ 浄化の加速とは

従来の地下水浄化に広く用いられている揚水曝気法は、比較的高濃度の VOC 汚染に対しては効果的ですが、低濃度(環境基準の 10~100 倍程度)になると浄化効率が著しく低下し、いわゆる「下げ止まり現象」を起こします。

この状態のまま揚水曝気を続けていると、環境基準に達するまでに数十年を要する場合があります。汚染拡大のリスクを抱えた状態が継続するのみならず、揚水ポンプの連続運転によるエネルギーコストの負担や、CO₂ガスの継続的な発生など、企業としての負担は解消されません。

アムテクリーンによる浄化加速は、比較的低濃度の汚染浄化に有効であり、低コスト・省エネルギーで作業中の工場等でも浄化が行えるために、少ない投資で効果的なリスク回避が計れます。

■ 揚水曝気法とのコストメリット

典型的な仮モデルケースでコスト比較を行います。

【仮定】

対象地下水: 40m × 40m × 3m(帯水層)
 対象汚染: PCE 最高汚染濃度: 約 10mg/L
 揚水井戸: 3 本 揚水ポンプ: 計 15.6kw
 アムテクリーン注入点: 9 本(3 × 5m ピッチ)

揚水曝気法

● **イニシャルコスト**

井戸形成: ¥600 万/本 × 3 本 = ¥1,800 万
(排水処理設備含む)

● **ランニングコスト**

年間電気代: ¥18/kwh × 15.6kw × 24 × 365 ≒ ¥250 万

● **年間CO₂発生量**

15.6kw × 24 × 365 × 0.4ton-CO₂/kwh = 54.5ton-CO₂

アムテクリーンによるパイオ法

● **イニシャルコスト**

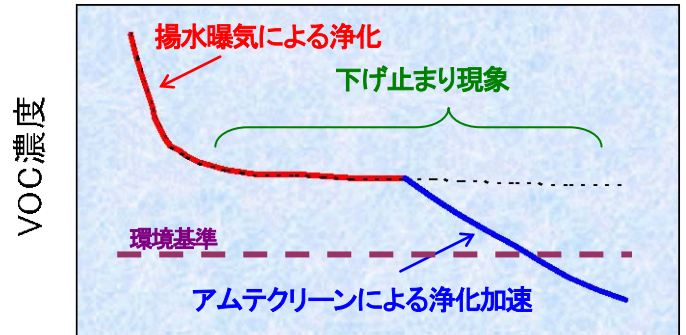
注入井戸形成: ¥45 万/本 × 9 本 = ¥405 万
 アムテクリーン P(ゲル): ¥5,000/kg × 0.8ton = ¥400 万

● **ランニングコスト**

1 年後再注入: ¥5,000/kg × 0.2ton = ¥100 万

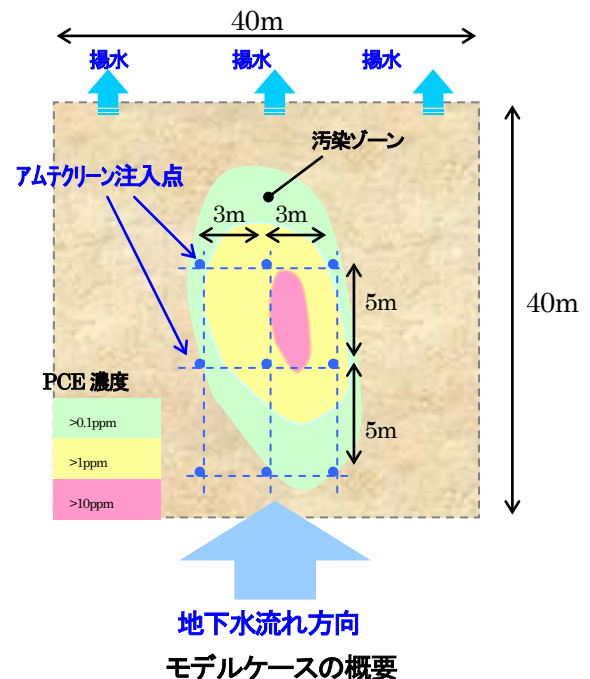
● **年間CO₂発生量**

事実上発生なし

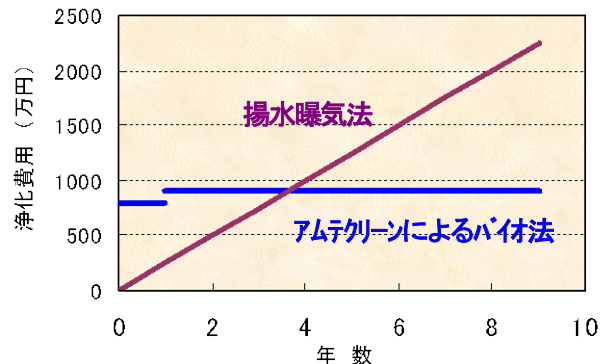


浄化時間

VOC の浄化加速イメージ



モデルケースの概要



浄化費用推移の比較

●ここに記載された事項は、信頼できる複数の事例から得られた基礎データを基に作成された仮モデルケースであり、従来技術と相対比較するために作成されたものです。ここで得られた結果は、実際の現場結果を保証するものではなく、各種数値は実際の現場状況によって千差万別であり、結果が大きく異なることがあります。ご使用、ご評価に際しましては当社発行の製品安全データシート(MSDS)をよくお読みのうえ、正しくお使いください。