

应用复合微生物制剂净化 挥发性有机氯化物造成的污染

在不产生二次废物的前提下将三氯乙烯等VOC污染无害化的生物强化技术



BioRangers

前言 — VOC污染的背景

挥发性有机氯化物是以三氯乙烯、四氯乙烯为代表的、在常温常压下易挥发且结合有氯的致癌性有机化合物。在我国，地下水的大范围污染于1980年代被查明；平成21年度（2009年度）将氯乙烯、1,2-二氯乙烯列入地下水环境标准，平成29年（2017年）4月将氯乙烯列入土壤环境标准。这些都是可能由三氯乙烯等的分解所生成的物质。

对象物质 三氯乙烯等VOC	使用制剂 Oppenheimer TCE Formula™
反应方式 （微）好氧条件下的氧化分解	特点 不产生二次废物的无害化

采用复合微生物制剂的净化

生物修复是利用微生物的代谢来分解污染物质的技术，与传统的挖掘清除或热处理相比，投入的能量更少。不过，激活现场土著微生物的生物刺激法在有效性和净化周期上仍存在不确定因素。为应对多种多样的污染物质，本公司采用复合微生物制剂（微生物菌群）。

「Oppenheimer Formula™」是由海洋微生物学权威、美国得克萨斯大学Carl Oppenheimer名誉教授开发的菌群，并已登录于EPA（美国环境保护局）的NCP产品目录。其中「Oppenheimer TCE Formula™」可高效地对有机氯化物进行脱氯，并将生成的烃类再次作为碳源，最终分解为水和二氧化碳。由于分解特性各异的多种微生物连续发挥作用，因此不会蓄积有害的中间代谢物，也不产生二次废物。

三氯乙烯等的分解，普遍以Dehalococcoides属细菌的厌氧脱氯反应（图1）而为人所知，但脱氯至乙烯较为困难，且令人担忧氯乙烯单体等有害中间代谢物的蓄积。从本公司迄今的实验结果可知，本公司制剂更接近于在（微）好氧条件下的氧化反应，这与厌氧反应有所不同（图2）。

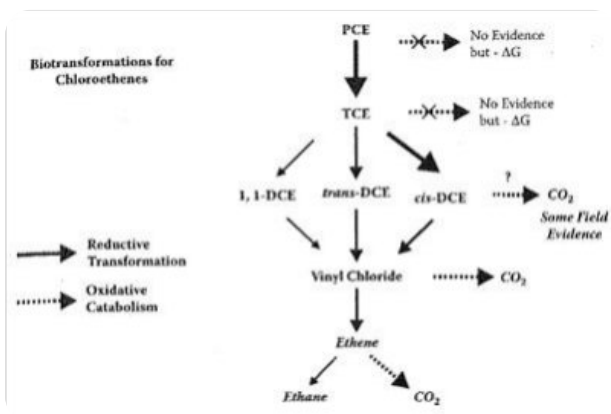


图1：厌氧微生物的脱氯反应

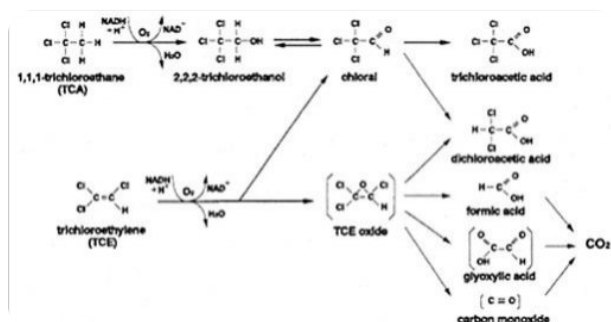


图2：好氧微生物的共代谢

模拟污染水分解试验

向250ml容量的培养基瓶中各分取200ml三氯乙烯模拟污染水，设定对照系列与添加了营养剂、必需元素水溶液及Oppenheimer TCE Formula的生物处理系列。经振荡培养后，于第1天、第7天由第三方分析机构分析三氯乙烯与cis-1,2-二氯乙烯，并测定微生物总数（直接显微镜法）与pH。

系列 / 项目	初始值	第1天	第7天
对照 TCE (mg/L)	0.19	0.2	0.14
生物处理 TCE (mg/L)	0.19	0.08	0.06
cis-1,2-DCE (mg/L · 两系列)	<0.004	<0.004	<0.004
生物处理 微生物总数 (cells/ml)	3.22E+07	4.69E+07	2.65E+08

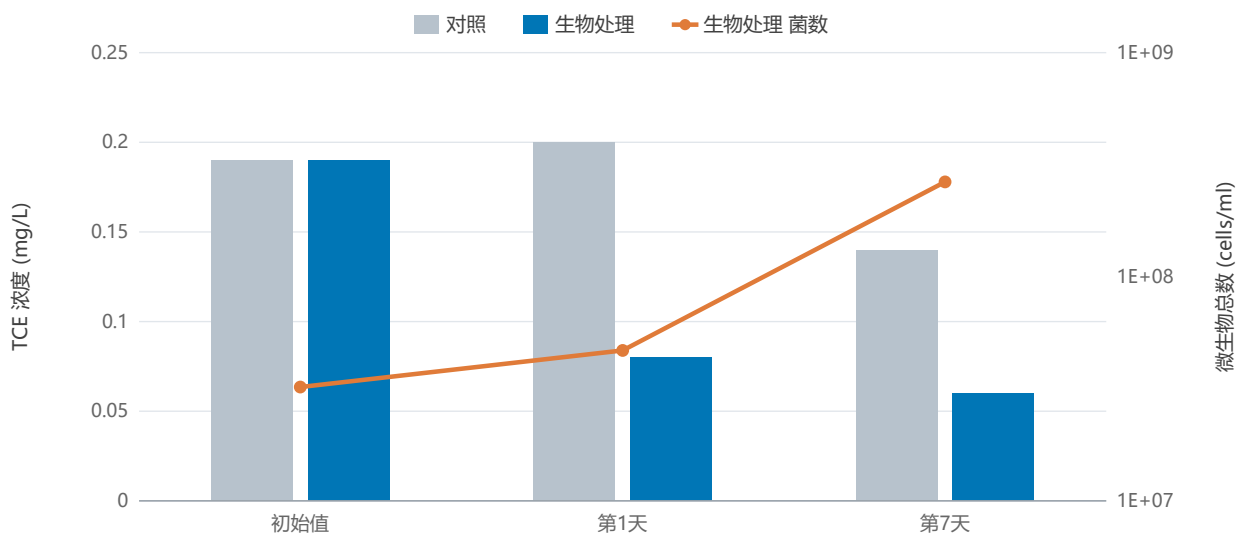


图3：三氯乙烯浓度与微生物总数的变化

通过添加制剂，初始平均浓度0.19mg/L的三氯乙烯在第7天降至平均0.06mg/L。相对于对照为0.14mg/L，生物处理系列随着微生物总数的增加，确认到了明确的分解。

N县某地 地下水实证试验

针对在N县某地查明的三氯乙烯造成的地下水污染，采用将复合微生物制剂与最大限度发挥微生物分解能力的装置（生物反应器）相结合的系统进行净化。原水经氧化槽→沉淀槽→砂滤槽后作为放流水排出，并将污泥回流加以循环。



运行中的生物反应器情形

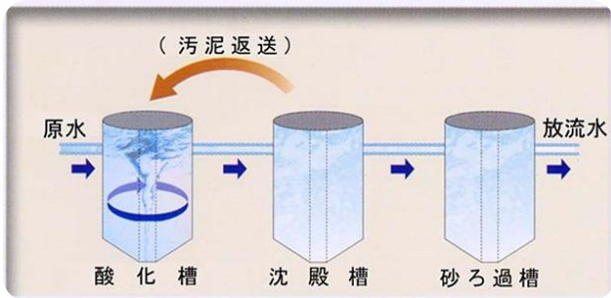


图4：生物反应器系统概略图

项目 (mg/L)	原水	处理水
三氯乙烯	400	0.17
1,1,1-三氯乙烷	9.9	0.0026
1,1,2-三氯乙烷	0.17	0.0017
1,1-二氯乙烯	0.3	<0.001
cis-1,2-二氯乙烯	130	0.15
二氯甲烷	14	<0.001
1,2-二氯乙烷	0.62	0.0039
四氯乙烯	1.2	<0.0005
苯	0.36	<0.001

如处理前后的分析结果（表）所示，所有物质均低于废水标准值。三氯乙烯由原水的400mg/L大幅降至处理水的0.17mg/L。

结语

在干洗业及制造业的工业用地（旧址）中，预计今后仍会出现三氯乙烯等造成的土壤与地下水污染。即使是在运营中或临近停用的工业用地，若能尽早采取原位净化措施，亦有望降低净化成本。本公司将以擅长的生物强化为核心，通过与各种工法、添加剂的混合化以及新产品的开发，致力于确立更高效的净化工法。

环境省官网 (<https://www.env.go.jp/>)

Jeffrey W. Talley, Bioremediation of Recalcitrant Compounds.

Hashimoto, A. et al. (2002) Degradation pathways of trichloroethylene and 1,1,1-trichloroethane by *Mycobacterium* sp. TA27.