

油类生物修复中的微生物活化 ——生物催化剂（生体催化剂）——

室内培养试验验证——供氧、微生物活性与生物催化剂的有效性

概要

在油类生物修复中，微生物与油类接触并获得水、氧气、养分（氮·磷·钾）是降解的前提。由于油类的降解为氧化降解，因此偏好好氧环境，而供氧往往成为限速因素。为此，我们聚焦供氧，通过室内试验探讨缓释氧剂与生物催化剂（生体催化剂）能否活化微生物。

关注点 左右微生物活性的供氧	比较对象 缓释氧剂（钙系） / 生物催化剂
指标 pH·溶解氧·微生物总数·油膜	结论 催化剂对微生物的活化作用最强
氧气 (Oxygen) 好氧氧化降解所必需。供氧易成为限速因素	水 (Water) 代谢与物质迁移的介质
养分 (Nutrients) 氮·磷·钾（N·P·K）	微生物与油类的接触 降解反应得以成立的前提条件

缓释氧剂与生物催化剂

油类的降解为氧化降解，需调整环境使供氧不致成为限速因素（理论上，微生物降解1kg苯约需3kg氧气）。

缓释氧剂有镁系与钙系之分，两者均需注意pH会偏向碱性。本试验使用由过氧化钙（含量30%前后）·氢氧化钙·二水硫酸钙构成的非危险品产品。生物催化剂（生体催化剂）是由天然有机物精制而成的富氧水，通过催化作用从水分子中分离出氧原子，同时使氧被摄取至微生物的细胞表面。由于并非游离态，故无法以溶解氧形式测得。

室内试验方法

在预试验中，向1L自来水中加入营养剂与复合微生物制剂「Terrazyme」，并分阶段添加缓释氧剂，同时测定pH与溶解氧的变化。据此确定用量，并使用柴油进行培养试验。测定pH·溶解氧·微生物总数，最后观察油膜。

试验系列	水	柴油	缓释氧剂	Terrazyme	营养剂(N·P·K)	必需元素水溶液
① 空白	自来水 400mL	0.4g	未添加	0.8g	0.8g	0.2mL
② 催化剂	催化剂 400mL	0.4g	未添加	0.8g	0.8g	0.2mL
③ 缓释氧剂 1.5g/L	自来水 400mL	0.4g	0.6g	0.8g	0.8g	0.2mL
④ 缓释氧剂 3.0g/L	自来水 400mL	0.4g	1.2g	0.8g	0.8g	0.2mL

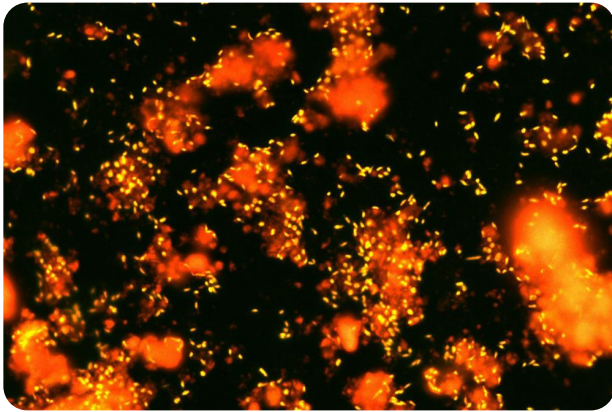
试验结果

在预试验中，向1L自来水中添加3.0g缓释氧剂时pH即超过9.0，因此培养试验设定了3.0g/L及其一半1.5 g/L两个系列。在培养试验中，添加了缓释氧剂的③④随试验天数推移pH上升，3.0g/L的④在5天后pH超过10.0。③④的溶解氧虽略高，但未达到2倍。

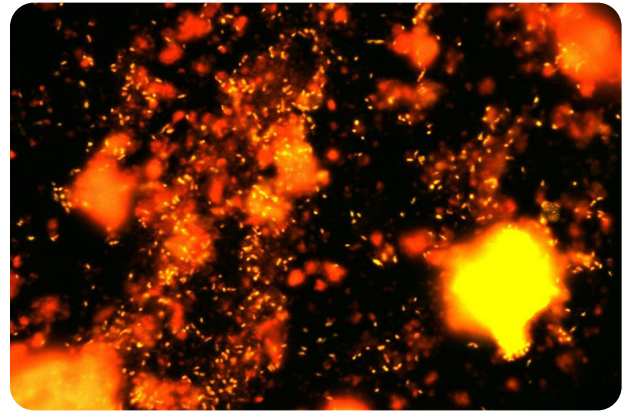
系列	项目	即时	1天后	3天后	5天后
① 空白	pH	6.31	6.62	6.72	6.34
① 空白	溶解氧 (mg/L)	4.87	4.39	5.36	5.23
② 催化剂	pH	6.40	7.10	7.13	6.70
② 催化剂	溶解氧 (mg/L)	7.63	8.87	9.02	8.94
③ 缓释氧剂 1.5g/L	pH	5.56	4.10	7.78	5.30
③ 缓释氧剂 1.5g/L	溶解氧 (mg/L)	5.89	4.29	7.78	5.30
④ 缓释氧剂 3.0g/L	pH	8.25	9.51	9.83	10.09
④ 缓释氧剂 3.0g/L	溶解氧 (mg/L)	6.44	5.09	5.90	5.70

微生物总数方面，以催化剂培养的②增殖最为显著，1天后约达8.8倍，3天后接近100倍。其增殖速度比以自来水培养的①快10倍；3天后趋于平缓，被认为是柴油已被降解殆尽所致。另一方面，添加了缓释氧剂的③④未见增殖反而减少，③在5天后变为0 cells/ml。

系列	即时	1天后	3天后	5天后
① 空白	1.01E+06	1.39E+06	1.02E+07	2.39E+08
② 催化剂	1.31E+06	1.16E+07	1.19E+08	2.43E+08
③ 缓释氧剂 1.5g/L	6.25E+05	2.56E+05	2.72E+05	0.00E+00
④ 缓释氧剂 3.0g/L	6.41E+05	1.60E+05	2.88E+05	3.21E+04



① 空白 (荧光显微镜)



② 催化剂: 菌体密集增殖



① 空白: 油膜呈点状残留



② 催化剂: 无油膜, 水质澄清



③ 缓释氧剂 1.5g/L: 油覆盖整个水面



④ 缓释氧剂 3.0g/L: 油覆盖整个水面

考察与结论

微生物活性最高的是②催化剂。其微生物总数多，油被迅速降解，油膜消失。溶解氧低于其他系列，被认为是活跃的微生物相应地消耗了更多氧气所致。缓释氧剂在增大添加量时，pH会超出微生物的最适范围，无法确保具有优势的溶解氧。③④中微生物数减少的原因，可能在于pH或二水硫酸钙的影响等，但本试验尚未查明。①空白虽比②耗时更长，但也可以说具有充分的活性。

提高微生物的活性，有助于提升净化的速度与可靠性。本次试验表明，生物催化剂是一种有效手段：它营造出有助于微生物增殖的环境，防止伴随增殖而来的氧气枯竭，且不会大幅改变pH。在日本，即便只是为消除油臭与油膜，也往往采用挖掘清除或石灰混合等环境负荷高且高成本的工法；我们希望使用生物催化剂的生物修复能够对这一现实投下一石。