

图解

光催化技术

大全

TUJIE

GUANGCUIHUAJISHU
DAQUAN

〔日〕桥本 和仁 藤岛 昭 主编
邱建荣 朱从善 译



科学出版社

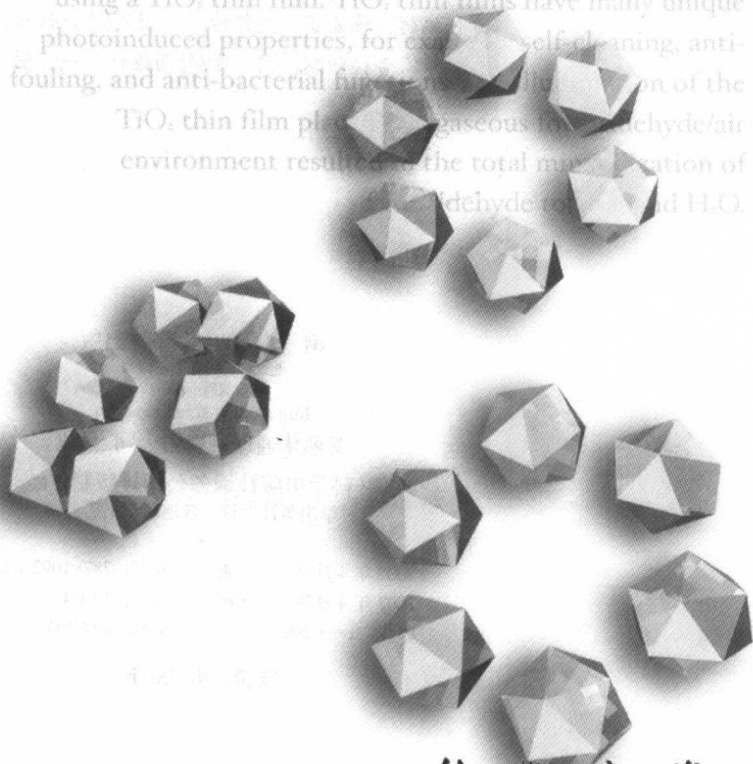
www.sciencep.com

图解光催化技术大全

〔日〕桥本 和仁 藤岛 昭 主编

邱建荣 朱从善 译

The photocatalytic degradation of gaseous formaldehyde—a major cause of sick building syndrome—was studied using a TiO_2 thin film. TiO_2 thin films have many unique photoinduced properties, for example self-cleaning, anti-fouling, and anti-bacterial functions. The degradation of the TiO_2 thin film photocatalytic degradation of gaseous formaldehyde/air environment resulted in the total mineralization of formaldehyde to CO_2 and H_2O .



科学出版社
北京

内 容 简 介

本书是一本有关越来越受到人们普遍重视的光催化技术大全。

本书广泛收集了有关光催化的反应机理、制造方法、各个领域的应用具体例子及今后有望得到发展的最新应用研究成果等。内容涉及光催化材料的合成方法,光催化的反应机理和评价,应用不断扩大的光催化领域,包括自洁净、防雾、抗菌、空气净化、水和土壤净化、有望获得新能源的光催化剂等,全面系统地介绍了世界各国光催化研究开发前沿领域的最新动向。

本书可供相关专业的高等院校师生、科研人员和研究决策人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

图解光催化技术大全/(日)桥本和仁,(日)藤岛昭主编;邱建荣等译. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018703-1

I. 图… II. ①桥…②藤…③邱… III. 光催化-图解 IV. O644.11-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 033098 号

责任编辑:谭宏宇 吴伶伶 王国华/责任校对:刘亚琦

责任印制:刘 学/封面设计:一 明

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

常熟华通印刷有限公司 印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年4月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年4月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—3 200 字数:437 000

定价:44.00 元

序 言

二氧化钛的光化学反应早在 20 世纪 50 年代就为人们所熟知,但其引起世界上众多科学家极大兴趣的契机可以说是 1972 年在 *Nature* 上报道的将二氧化钛作为电极进行水的光分解的本多-藤岛效应。当时正处于第一次石油危机,其作为获取利用太阳能的方法受到了极大关注。在这以后几年又报道了利用二氧化钛粉末的水的完全分解反应,至今用于水分解的各种金属氧化物的开发仍非常活跃。另外,20 世纪 80 年代前后在世界范围内展开了着眼于二氧化钛光催化剂所具有的强氧化能力进行有机物分解反应,特别是水的净化反应方面的探索。但是这些研究最终没有能够实现广泛的应用。其主要原因在于光能是一种非常稀薄的能源,要进行大量处理存在很大难度。

我们在 1990 年前后开始了在各种材料的表面涂上二氧化钛后,对表面的污染及细菌进行光分解新的应用方面的研究探索。这是考虑到,比起在水或空气这样的三维空间来,二维表面对象的物质的量要少很多,即使是分布在生活空间中的稀薄的光能也能充分实现防污、抗菌的功能。1995 年前后我们进一步发现了在二氧化钛表面产生的新的光化学反应、光诱导亲水反应,开始了利用雨水的自洁净功能和防雾功能等新的应用,现在产品已投放市场。

根据有关光催化的产业界团体之一光催化产品研讨会的估计,2002 年,日本国内的光催化相关的市场规模为 200 亿~300 亿日元左右,欧洲为 100 亿日元左右。光催化产品正式投放市场是在 1997~1998 年,当时整个日本经济出现滑坡,这可以说是例外的不断壮大的市场。现在市场规模还在不断扩大,毫无疑问在今后几年内将达到 1000 亿日元。但是,要使市场继续扩大达到人们所期待的 1 万亿日元的规模,则需要持续不断地开发光催化的新的用途。

最近,相继报道了掺氮的二氧化钛等可见光响应型光催化剂有望应用于室内建筑材料,另外还报道了利用太阳能的农用废水净化系统及具有去除大气中 NO_x 功能的道路,以及净化有机氯污染土壤的光催化膜等,光催化技术可能发展成为净化水、大气、土壤的最基本的环境友好技术。

本书广泛收集了这种极具魅力的光催化剂的反应机理、制造方法、各个领域具体的应用实例及今后有望得到发展的应用研究。我们期待不仅从事光催化研究及产品开发的研发人员和技术工作者,而且今后想学习有关光催化知识的人们都能从中受益。

最后,本书能得以和大家见面,是与编写过程中给我们很大帮助的砂田香矢乃博士(东京大学尖端科学技术研究中心),以及一直严格要求催促成稿的工业调查会的芳冈俊史的努力分不开的。在此谨致衷心感谢。

东京大学尖端科学技术研究中心教授 桥本和仁

2003 年 9 月 15 日

● 执笔者一览表(以所执笔文章排列前后
为序)

藤岛 昭 [(财) 神奈川科学技术研究院 理事长]
桥本和仁 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
洼田吉信 [横浜市立大学大学院 医学研究科]
姚 燕燕 [(财) 神奈川科学技术研究院]
工藤昭彦 [东京理科大学 理学院]
坂井伸行 [物资、材料研究机构]
高见和之 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
入江 宽 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
石灰洋一 [石原产业 (株) 无机技术统辖部]
山冈裕幸 [宇部兴产 (株) 宇部研究所]
好永俊宏 [钛工业 (株) 研究开发部]
中村 明 [钛工业 (株) 研究开发部]
栗原得光 [钛工业 (株) 研究开发部]
河本正比吕 [Tayca (株) 冈山研究所]
野浪 亨 [产业技术综合研究所 陶瓷研究部门]
佐佐木高义 [物质、材料研究机构 物质研究所]
松村道雄 [大阪大学 太阳能化学研究中心]
柴田龙雄 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
古南 博 [近畿大学 理工学部]
埴田博史 [产业技术综合研究所 中部中心 瀬户
分部]
若村正人 [(株) 富士通研究所 材料、环境技术研
究所]
一瀬弘道 [佐贺县窑业技术中心 精细陶瓷研究部]
安盛敦雄 [东京理科大学 基础工学部]
井原辰彦 [近畿大学 工学部]
大崎 寿 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
渡部俊也 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
重里有三 [青山学院大学 理工学部]
高林外广 [富山县工业技术中心]
宫本隆志 [(株) 神戸炼钢厂 材料研究所]
赤沼正信 [北海道立工业研究所 材料技术部]
立间 辙 [东京大学 生产技术研究所]
莲觉寺圣一 [富山大学 工学部]
神谷伦代 [富山大学 风险投资实验室]
山下弘巳 [大阪府立大学大学院 工学研究科]
安保正一 [大阪府立大学大学院 工学研究科]
村上裕彦 [(株) Ulvac 筑波超材料研究所]
森川健志 [(株) 丰田中央研究所 第一特别研究
室]
多贺康训 [(株) 丰田中央研究所 第一特别研究
室]
田中 淳 [昭和电工 (株) 研究开发中心]
西川贵志 [石原产业 (株) 无机技术统辖部]

杉原慎一 [Ecodevice (株)]
杉本秀树 [大阪市立大学大学院 理学研究所]
宫内雅浩 [东陶机器 (株) 综合研究所]
村濑隆史 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
横野照尚 [九州工业大学 工学部]
大谷文章 [北海道大学 催化化学研究中心]
池田 茂 [大阪大学 太阳能化学研究中心]
鸟本 司 [北海道大学 催化化学研究中心]
野坂芳雄 [长冈技术科学大学 化学系]
大西 洋 [(财) 神奈川科学技术研究院]
飞松浩树 [东陶机器 (株) 综合研究所]
木村太门 [东陶机器 (株) 综合研究所]
竹内浩士 [产业技术综合研究所 计划本部]
本桥健司 [独立行政法人建筑研究所 材料研究小
组]
中田贵之 [太阳工业 (株) 空间技术研究所]
田中博一 [日本板硝子 (株) 玻璃建材公司]
田中启介 [日本板硝子 (株) 玻璃建材公司]
福井英夫 [YKK (株) 建材制造事业本部]
冲田寿一 [(株) Nichi-bei 商品开发部]
西尾是伸 [积水树脂 (株) 技术研究所]
釜土良则 [日本曹达 (株) 功能化学品事业部]
加藤薰一 [(株) 光催化研究所]
森 和彦 [日本 Parkerraizingu (株) 综合技术研究
所]
齋藤文司 [Bau 建设 (株) 环境开发部]
仙洞田 典雄 [日本 Hydrotect 涂膜株式会社 技
术开发部]
高滨孝一 [松下电工 (株) 新事业推进部]
井村达哉 [川崎重工业 (株) 营业推进部]
木村 肇 [川铁钢板 (株) 技术服务部]
山木健之 [松下电工 (株) 新事业推进部]
足立龙彦 [宇部日东化成 (株) 新型事业推进部]
江岛 力 [日本特殊涂料 (株) 涂料事业本部九
州工厂]
齋藤修一 [光阳电气施工 (株) 环境事业部]
大平 猛 [自治医科大学 消化器普通外科]
永井秀雄 [自治医科大学 消化器普通外科]
高田保之 [九州大学 大学院工学研究院]
大西伸夫 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
砂田香矢乃 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
福島哲弥 [东陶机器 (株) 综合研究所]
小岛荣一 [东陶机器 (株) 综合研究所]
石川 荣 [盛和工业 (株) 研究部]
櫻田 司 [(株) 信州陶瓷]
齋木千惠子 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
龟岛顺次 [东陶机器 (株) 综合研究所]

真柴文教 [(株) Tohpe 关西技术研究所]
 石田太作 [KG Pack (株) 开发商品部]
 原田纯二 [三菱造纸 (株) 功能材料事业部]
 野野山 登 [(株) Fujita 工程统括部]
 村田义彦 [(株) 宇部三菱水泥研究所 埼玉中心]
 瑞庆览章朝 [富士电机 (株) 社会系统事业部]
 间濑茂和 [(株) Noritake 株式会社生产技术中心]
 增田龙司 [日本无机 (株) 事业化推进部]
 藤井八月 [神奈川县畜产研究所 计划经营部]
 村田逞詮 [三井造船 (株) 成套设备工程技术事业本部]
 星野 丰 [宇部兴产 (株) 下一代事业开发室]
 山崎 裕 [Adeca 综合设备 (株) 开发部]
 山田善市 [新东陶瓷 (株) 环境净化材料技术部]
 野口 宽 [(株) 明电舍 综合研究所]
 矶和俊男 [东京大学 尖端科学技术研究中心]
 草野一敬 [神奈川县农业综合研究所 农业环境部]

深山阳子 [神奈川县农业综合研究所 生产技术部]
 加藤英树 [东京理科大学 理学部]
 原 亨和 [东京工业大学 资源化学研究所]
 堂免一成 [东京工业大学 资源化学研究所]
 野村淳子 [东京工业大学 资源化学研究所]
 井上泰宣 [长冈技术科学大学 工学部]
 町田正人 [熊本大学 工学部]
 佐山和弘 [产业技术综合研究所 光反应控制研究中心]
 阿部 龙 [产业技术综合研究所 光反应控制研究中心]
 荒川裕则 [产业技术综合研究所 光反应控制研究中心]
 垣花真人 [东京工业大学 应用陶瓷研究所]
 鎌田 海 [熊本大学 工学部]
 松本泰道 [熊本大学 工学部]

目 录

序言

执笔者一览表

第 1 章 光催化带我们走向美好世界

- 光催化的魅力 藤岛 昭 · 2
- 作为环境保护材料的光催化剂的魅力 桥本 和仁 · 9
- 光催化在医学、医疗领域中的应用——来自
医疗现场的报告 洼田 吉信, 姚 燕燕 · 16
- 制造洁净能源的光催化剂——通过水的光
分解生成氢气的反应 工藤 昭彦 · 21

第 2 章 发展中的光催化技术

- 光诱导亲水性的反应机理 桥本 和仁, 坂井 伸行 · 30
- 光催化的敏化 桥本 和仁 · 33
- 二氧化钛光催化剂的薄膜化 桥本 和仁, 高见 和之 · 36
- 可见光响应型光催化剂 入江 宽, 桥本 和仁 · 38

第 3 章 用于保护环境的光催化剂

- 3.1 材料、合成方法 42
- (1) 向高性能二氧化钛的挑战 42
- 光催化用二氧化钛 石灰 洋一 · 42
- 利用高强度二氧化钛纤维的光催化 山冈 裕幸 · 45
- 光催化用二氧化钛 好永 俊宏, 中村 明, 栗原 得光 · 47
- 光催化用二氧化钛 河本 正比吕 · 50

- 包覆了磷灰石的二氧化钛 野浪 亨 · 54
- 二氧化钛的纳米薄片 佐佐木 高义 · 57
- 金红石——锐钛矿复合型光催化剂 松村 道雄 · 59
- 纳米多孔二氧化钛 入江 宽 · 61
- 光催化剂的应力分布 柴田 龙雄, 入江 宽, 桥本 和仁 · 63
- 溶剂热法制备二氧化钛 古南 博 · 65
- 可适用于纤维和塑料的光催化剂 埜田 博史 · 67
- 掺杂了 Ti(IV)的磷灰石的光催化剂 若村 正人 · 70
- 过氧化钛系涂膜剂 一瀬弘道 · 73
- 利用分相、选择溶解法制备钛系光催化剂 安盛 敦雄 · 75
- 低温等离子体处理的高性能光催化剂 井原 辰彦 · 77
- (2) 向制造光催化膜的挑战 79
- 溅射法制造技术 大崎 寿, 渡部 俊也, 桥本 和仁 · 79
- 用溅射法合成高性能光催化薄膜 重里有三 · 82
- 低反射光催化膜 高林 外广 · 85
- 利用非平衡磁控(UBM)溅射法在树脂基板
上制备光催化膜 宫本 隆志 · 88
- 利用热喷技术制备光催化膜 赤沼 正信 · 91
- 储能型光催化剂 立间 徹 · 93
- 利用先进的溶胶-凝胶法制备高性能光催化剂 莲觉寺 圣一, 神谷 伦代 · 95
- (3) 向可见光响应型二氧化钛的挑战 98
- 采用离子注入法制备可见光响应型光催化剂 山下 弘巳, 安保 正一 · 98
- 利用三氧化钨的可见光响应型光催化剂

重里 有三 · 101	
· 二氧化钛膜可见光响应化处理装置	
村上 裕彦 · 104	
· 掺氮二氧化钛光催化剂的可见光响应	
森川 健志, 多贺 康训 · 107	
· 斜方晶系二氧化钛基可见光响应型光催化剂	
田中 淳 · 109	
· 可见光敏化型光催化剂	西川 贵志 · 111
· 氧缺陷型的可见光响应型二氧化钛	
杉原 慎一 · 113	
· 利用铋络合物特性的光催化剂	杉本 秀树 · 117
· 利用二氧化钛-三氧化钨系光催化剂制备	
高敏化亲水性材料	
宫内 雅浩, 渡边 俊也, 桥本 和仁 · 119	
· Ta-O-N 化合物系光催化剂	
村濑 隆史, 入江 宽, 桥本 和仁 · 121	
· 掺硫的可见光响应型光催化剂	横野 照尚 · 124
3.2 反应机理及评价	127
· 通过复合/表面积控制的光催化剂的高活性化	
大谷 文章, 池田 茂 · 127	
· 利用作用光谱分析对光催化活性的晶相的	
评价	大谷 文章, 鸟 本司 · 130
· 二氧化钛上的光催化活性基的分析	
野坂 芳雄 · 133	
· 非接触氧化反应及光催化刻蚀法	
立间 敏 · 135	
· 利用探针显微镜进行二氧化钛光催化剂的	
表面观察	大西 洋 · 137
· 自洁净性能评价	飞松 浩树 · 139
· 抗菌性能评价	木村 太门 · 141
· 空气净化性能评价	竹内 浩士 · 143
· 水质净化性能评价	埤田 博史 · 145
· 建筑领域中光催化剂的应用和评价	
本桥 健司 · 150	

第4章 应用不断扩大的光催化

4.1 自洁净功能	153
· 具有光催化功能的帐篷	中田 贵之 · 153
· 镀有光催化薄膜的外装用玻璃	
田中 博一, 田中 启介 · 156	
· 光催化防污铝板	福井 英夫 · 159
· 光催化百叶窗	冲田 寿一 · 161
· 道路有关材料用光催化剂	西尾 是伸 · 164
· 光催化涂膜剂	釜土 良则 · 167
· 光催化涂膜剂	加藤 薰一 · 170
· 光催化二氧化钛涂膜	森 和彦 · 173
· 光催化涂膜	齋藤 丈司 · 175
· 水性光催化彩色涂膜	仙洞田 典雄 · 177
· 光催化涂膜材料	高滨 孝一 · 179
· 光催化涂膜材料	井村 達哉 · 182
· 光催化涂膜外装材料	木村 肇 · 185
· 光催化涂膜外装材料	山木 健之 · 187
· 光催化膜	足立 龙彦 · 190
· 外装用光催化涂料	江岛 力 · 193
· 光阴极防腐技术	齋藤 修一 · 195
4.2 防雾功能	198
· 二氧化钛涂膜防雾内窥镜	
大平 猛, 永井 秀雄, 桥本 和仁,	
柴田 龙雄 · 198	
· 利用超亲水性促进传热	高田 保之 · 203
· 利用光诱导超亲水性的冷却系统	
大西 伸夫, 砂田 香矢乃, 桥本 和仁 · 205	
· 利用光催化的不会起雾的汽车反射镜	
福岛 哲弥 · 207	
4.3 抗菌功能	210
· 抗菌效果的反应机理	
砂田 香矢乃, 桥本 和仁 · 210	
· 微弱光下的抗菌效果	
砂田 香矢乃, 桥本 和仁 · 213	

- 砂田 香矢乃, 桥本 和仁 · 213
- 抗菌砖 小岛 荣一 · 215
- 利用二氧化钛光催化剂的浮游菌去除装置 石川 荣 · 217
- 应用光催化的生活用品——“未来布” 樱田 司 · 219
- 4.4 空气净化功能 222
- 对付二噁烷的光催化剂 大崎 寿, 齋木 千惠子, 渡部 俊也, 桥本 和仁 · 222
- 净化 NO_x 的光催化材料 龟岛 顺次 · 225
- 净化 NO_x 的光催化涂料 真柴 文教 · 227
- 光催化二氧化钛蜂窝状除臭过滤器 石田 太作 · 229
- 水洗再生型光催化过滤器 原田 纯二 · 231
- 具有汽车废气净化功能的道路铺设新方法 野野山 登 · 234
- 光催化混凝土 村田 义彦 · 237
- 隧道换气除硝装置 瑞庆览章朝 · 239
- 光催化环境净化装置 石川 荣 · 241
- 光催化除臭装置 间濑 茂和 · 243
- 光催化农产品保鲜装置 增田 龙司 · 246
- 利用二氧化钛薄膜的畜牧业用除臭装置 藤井 八月 · 249
- 4.5 水质、土壤净化功能 251
- 光催化在废水处理中的应用 村田 逞谄 · 251
- 利用光催化纤维的水净化装置 星野 丰 · 254
- 土壤地下水净化系统 山崎 裕 · 257
- 水质净化用的负载二氧化钛光催化剂的硅胶 山田 善市 · 259
- 利用光催化制造食品加工用海水 野口 宽 · 261
- 利用光催化膜的土壤净化系统 矶和 俊男, 砂田 香矢乃, 桥本 和仁 · 263
- 利用光催化减少残留农药的危害 草野 一敬 · 265
- 利用光催化的农药废液处理技术 深山 阳子 · 268
- 利用光催化的西红柿营养液栽培 深山 阳子 · 271
- 第5章 有望获得新能源的光催化剂
- 用于水分解的超高活性氧化物光催化剂 加藤 英树, 工藤 昭彦 · 275
- 用于水分解的可见光响应型氮氧化物光催化剂 原 亨和, 堂免 一成 · 277
- 具有介孔结构的水分解用光催化剂 野村 淳子 · 279
- 具有 d^{10} 电子态的水分解用典型金属氧化物光催化剂 井上 泰宣 · 281
- 可见光照射下可从水溶液生成氢的光催化剂 工藤 昭彦 · 283
- 用于水分解的层状氧化物光催化剂的设计 町田 正人 · 286
- 模仿植物的光合作用机理, 利用可见光进行水的完全分解 佐山 和弘, 阿部 龙, 荒川 裕则 · 289
- 利用络合物凝胶法合成水分解用光催化剂 垣花 真人 · 291
- 利用电泳法制备水分解用光催化薄膜电极 鎌田 海, 松本 泰道 · 293



第 1 章

光催化带我们走向美好世界

本章介绍应用光催化技术已经实现的以及今后将会实现的世界，特别是光催化剂作为环境保护材料的魅力，在医学、医疗领域的应用以及作为产生洁净能源的关键器件的魅力。

光催化的魅力

(财)神奈川科学技术研究院 理事长

藤岛 昭

● 已开始活跃在我们身边的光催化

最近,在电视及报刊的报道中耳闻目睹光催化这个词的机会大增。实际上光催化已开始应用于我们的日常生活。若到街上的电器店去走一趟,你会看到写有“光催化型”字样的电器产品。在销售家庭用空气净化器的地方陈列着各大型厂家生产的“光催化型”商品。

空气净化器的过滤器中使用光催化剂,在室内空气通过后,能去除香烟的味道、宠物的味道以及漂浮在空中的感冒病毒等,使空气得到净化,光催化型空气净化器已经实现了商品化,得到了用户的好评。

在空气净化器上的应用取得成功后,各生产厂家在空调、吸尘器以及餐具干燥器等家电产品上装配光催化过滤器,开发了具有除臭功能的产品。另外光催化也已用于冰箱。已经发现光催化剂除了具有除臭功能外还能实现蔬菜和水果的保鲜。这是由于光催化能分解蔬菜和水果放出的乙烯气体。如果冰箱里的味道能消除,而且储藏的东西能长久保鲜,那么光催化有希望成为受日本家家户户支持的新技术。

另外,我们到电器商店时在照明器具销

售处可看到具有光催化功能的荧光灯等。通常照明器具在使用时表面会不知不觉地慢慢粘上烟油膜及油污,使亮度降低。在表面镀一层二氧化钛(TiO_2),由于照明器具本身的光催化作用,能逐渐地分解附着的污染物,保持灯的亮度。现在这一技术已用于办公室及家庭用的照明器具。由于具有防污性能,污染物很难附着上去,打开灯

就能自然保持清洁状态,在这个意义上可称之为“自洁净”。

● 在公路、建材方面的应用

光催化在应用于家庭之前已经实现了在高速公路的隧道照明上的应用。隧道中的照明器具受到汽车排放的废气的污染,亮度会降低,因此需要定期清洁。这时需要对车辆通行进行限制,这种通行限制会导致交通堵塞,对清洁工而言也是很危险的操作。在这种隧道照明用防护玻璃上镀一层二氧化钛光催化剂,就可以减少清洁的次数。最初实现实用化的是在配合举办 1995 年的长野冬季奥林匹克运动会建设的上信越高速公路上的隧道中。在这之后已有几十万个具有光催化功能的隧道照明器具用于高速公路隧道。

另外,与公路有关的像高速公路上设置的聚碳酸酯制的透明隔音墙也已开始使用光催化镀膜。原先为了确保视线特意采用透明材料的隔音墙,但其很容易一下子就附上脏东西,外表看上去反而有损景观。隔音墙镀上光催化剂,能很好地保持透明。这时不仅光催化能直接分解脏物,而且雨水落在上面后污染物会从表面脱离并被轻易冲洗掉。

这是由于光催化发挥了超亲水性作用,使二氧化钛表面成超亲水性,“自洁净”的功能大幅度提升。现在应用范围已从公路扩展到一般建筑材料,已开发了室外装饰用的砖、铝建材、帐篷材料、镀膜涂料等表面具有光催化洁净功能的产品。最近新建的大楼外壁全部用光催化镀膜的例子在不断增加。

● 除去废气中的 NO_x

另外,在海外光催化的实用化也很显著,美国和英国最大的玻璃生产厂家已大张旗鼓推出用水龙头冲洗后,污染物会很容易脱落的自洁净玻璃。日本的光催化技术和一整套生产设备已向德国的砖瓦生产厂家做了技术转让。从整个世界来说,砖瓦的本家可以说是在欧洲,特别是以意大利、西班牙、德国这三个国家为中心。向这些国家提供日本的技术和设备,说明日本的光催化技术从整个国际范围来看也是非常先进的。

有关室外的光催化应用,还有像在除去汽车尾气中含有的氮氧化合物(NO_x)等的应用。在这种情形下,如何将大气中的 NO_x 有效地收集到二氧化钛光催化剂的表面至关重要。这是由于光催化反应是在二氧化钛表面这样一个二维平面上产生的光化学反应。

● 大型项目的启动

主要应用于外装用建筑材料的光催化技术在 2003 年 8 月被经济产业省采纳为大型国家项目。将超亲水效果应用于外装建材,以解决城市温暖化的工作已经开展。另外已正式开始利用对可见光产生响应的二氧化钛光催化剂进行室内环境净化系统的开发。计划开发出能有效去除甲醛等引发室内不适症(sick house)问题的罪魁祸首以及

引发医院内交叉感染的病菌。

最初确定了光催化具有优异的分解功能和很好实用价值的是将光催化抗菌砖用于医院的手术室。墙面细菌完全消失,连漂游在空气中的细菌数也大大减少。另外,别的实验结果表明,光催化抗菌剂不仅可以灭绝大肠菌,而且菌被杀死后连毒素和细菌的残骸也产生了分解。传统的抗菌剂虽然能灭绝细菌,但不能分解残骸和毒素,因此我们有理由期待光催化在这个领域将大显身手。

● 利用光催化的除臭纤维

光催化的另外一个特征是在杀菌的同时还具有除臭效果。有关除臭效果方面,现正在大力开发商用的空气净化器。将这种设备引进到某大学医学部的法医学研究室后,甲醛气味大大减轻,因此好多地方都希望引进这种设备。另外,纤维生产厂家热衷于利用光催化的除臭纤维的开发,已经有一些新材料和新产品问世。主要以毛巾、睡衣、围裙、床垫为主,据说医院(特别是敬老院)的需求很大。在护理现场如能消除排泄物等的气味,并且使引发院内感染的细菌不再繁殖,创造出令人舒适的护理空间,将是一件非常了不起的事情。

如上所介绍的,二氧化钛光催化剂已活跃在很多领域,如要一一举实例将不胜枚举。作者负责的神奈川科学技术研究院(KAST)有一个光催化产品陈列室,在那儿收集陈列了很多产品,并且准备了各个厂家的产品介绍小册子,得到了参观者的好评。

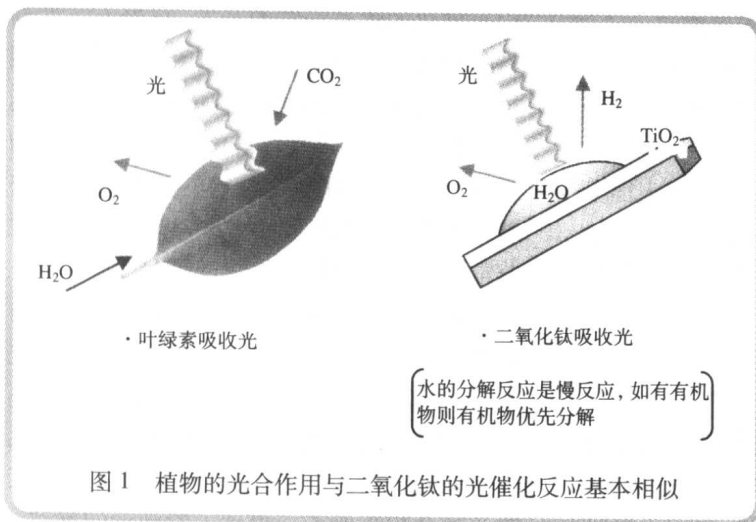
● 反应的基础是二氧化钛和光

那么“光催化剂”究竟是什么呢?催化剂是其本身在反应前后不发生变化,但能有效促进化学反应的一类物质。因此,当“光”

照射时起“催化剂”作用的就是“光催化剂”。

请大家想想植物的光合作用。光合作用是指太阳光作用于二氧化碳和水的反应,最后生成碳水化合物(糖类)和氧气。但单纯只将二氧化碳和水混合再用光照则该反应不会进行。植物的叶绿素吸收太阳光,才产生糖类和氧气,并且反应前后叶绿素不发生任何变化。通过利用叶绿素吸收的光,反应才得以进行。在这种情况下,“叶绿素”可以被恰如其分地称为“光催化剂”。

在二氧化钛光催化反应中,相当于光合作用中叶绿素的是二氧化钛这种物质(图1)。二氧化钛其实不是什么特别罕见的物质。白色的涂料和颜料主要由二氧化钛组成。只是在用于颜料时主要采用了尽可能不与光发生反应的二氧化钛,而在用于光催化时,则反过来使用尽可能提高光反应活性的二氧化钛。



● 二氧化钛仍是最佳的光催化剂

迄今为止已有很多研究人员进行了可作为光催化剂的物质的探索,但不可思议的是还没有找到性能超过二氧化钛的光催化

剂。现在以二氧化钛为基础,通过与其他物质的组合来提高光催化特性的研究正在进行之中。

光催化剂能利用的光在以前主要是波长为 380nm ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 以下的所谓近紫外线。这是由于二氧化钛的能带结构限制了可吸收光的波长。但是最近好几个研究小组成功开发了可见光响应型的光催化剂,成为这个领域的突破口。不仅紫外线,如果单纯可见光也能实现光催化活性,则光催化剂得到应用的可能性将不断增大。如前所述的医院和护理设施等的抗菌、除臭功能将会进一步提高。

● 氧化分解和超亲水性

二氧化钛和光是光催化反应的两个主角,但在实际应用开发这个舞台上,为了使二者能得到最大限度的发挥,需要下很多工

夫。作为舞台导演的研究人员在给它们化妆、穿着服装等方面进行了各种可能的不厌其烦的尝试。但基本表演技术没有什么变化,那就是二氧化钛在吸收光后在表面产生的两种现象。

一种是光催化分解,分解表面或接近表面的物质[图 2(a)]。如有有机物被分解为二氧化碳和水。这种反应在光照时按照光照的量而起相应的反应。与

通常的燃烧反应不同,温度不会上升,反应在室温下进行。

另一种是超亲水化,即与水浸润现象。一般情况下,许多材料在表面滴上水后表面

会形成水滴，镀有二氧化钛的材料表面用光照射，水不会形成水滴，几乎完全扩展形成均匀的膜。这样即使油污等附在表面，用水一冲，水就会渗到污染物下面，很容易地将污染物清洗干净[图 2(b)]。另外由于不会形成水滴，可以用于不起雾的玻璃窗和镜子。已应用于汽车的后视镜，由于在雨天不会附着水滴能确保良好的视野而得到好评。另外二氧化钛光催化剂在光学和医疗等相关领域也有潜在的应用价值。

● 开拓新领域

如图 3 所示，光催化的基本领域现在可分为“空气净化”、“水净化”、“抗菌、杀菌”以及“防污、防雾(自洁净)”这四个

的产品。

图 4 将光催化的应用例子按产业领域分

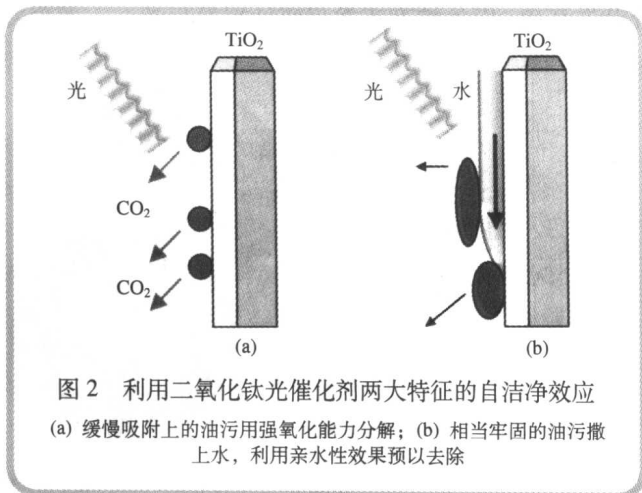


图 2 利用二氧化钛光催化剂两大特征的自洁净效应

(a) 缓慢吸附上的油污用强氧化能力分解；(b) 相当牢固的油污撒上水，利用亲水性效果预以去除

类做了归纳。在住宅相关领域正在进行对外装饰砖、铝建材、涂料、帐篷等外装材料赋予光催化的自洁净效果的产品开发。另外就

内装材料像百叶窗、镜子、荧光灯、内装修用砖等，正开展在发挥光催化的自洁净作用的基础上赋予抗菌、除臭功能的产品开发。

另外在电器产品、汽车、道路、农业、水处理、土壤污染、空气处理、医疗等产业领域正在开展应用光催化的产品开发。近年来光催化剂涂敷形

成薄膜技术的开发使得光催化应用越来越广泛。

方面。那么具体可应用于什么产业领域，譬如自洁净功能在什么产业能开发成功，我认为最终取决于能否开发出为消费者所接受

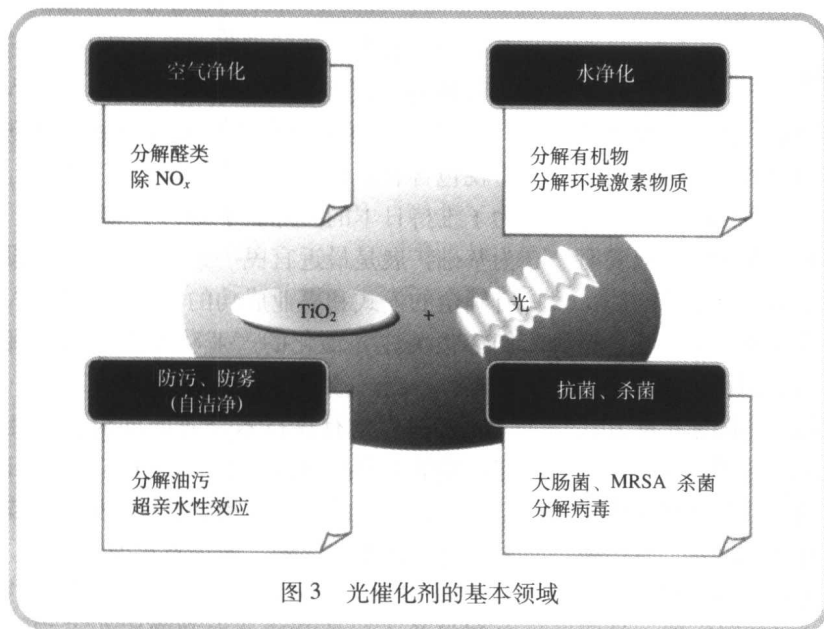
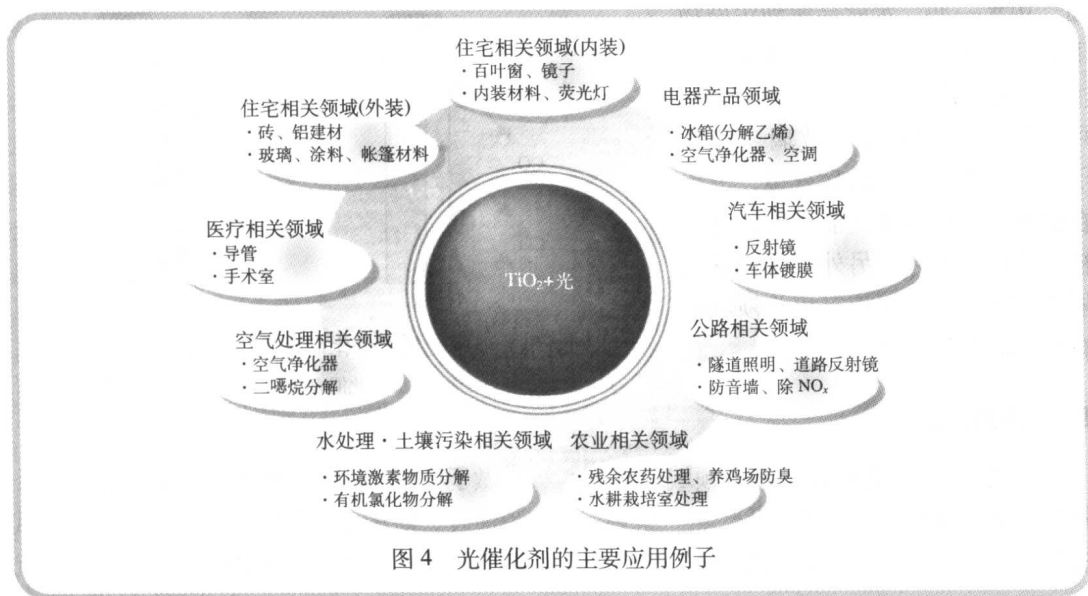


图 3 光催化剂的基本领域

光催化剂镀膜不需要大规模的生产技术,是中小企业也容易参与的领域。包括研究开发在内,以各种方式参与或计划参与光

催化事业的中小企业已达到相当的数量。针对二氧化钛制造厂家的调查表明已有 2000 多个公司购买了光催化用的二氧化钛。



● 日本的专利占有优势

最近各大学已成立将大学的研究技术成果转让给民间的机构(TLO)。有关光催化,大学和公共研究机构在大力推进,今后期待在大学周围产生众多风险投资企业。只要有好的想法,开拓全新的领域已不再是幻想。美国在 20 世纪 80 年代后期成立了好几个有关光催化的风险投资企业,但都不顺利。材料技术开发与生物及信息产业的开发方式不同,需要有适合自己的事业化战略。

有关光催化的事业化,日本专利厅也非常关心,就专利的图案化系列问题,专门编著了《通俗易懂的光催化技术和应用——进一步的使用和活用技术》(专利厅编、社团法人发明协会发行,2001)。

20 世纪 90 年代中期开始,日本也采取了重视专利的政策,在以自己的科学技术为

基础创造新型产业的国家方针指导下,进行了各种专利制度改革和法律的完善。进入 21 世纪,国家政策的对象也由重视专利向重视包含著作权在内的“知识产权”扩展。为了维持日本的国际竞争力,以“知识产权”为基础扩展是最近官民一致的行动,但尚没有确定的模式和事业成功的实例。因此,人们都很关注光催化的产业化能否成为一种模式。

光催化具有在技术开发的同时就有相当严谨的专利战略这一特征。当时正好是日本向重视专利的政策转换的时期。另外,技术本身是日本独创的,这一点也非常重要。

基于这样一种背景,专利厅对光催化的专利很关心。就前述的专利图案化系列工作,分析了有关光催化的专利情况。根据他们的分析结果,从 1971 年到 2000 年 6 月公开的与光催化有关的国内专利申请数就已

超过 1 万件。1995 年以后申请件数急剧增加，近年每年申请数达 800~1000 项，如图

5 所示。

日本在光催化技术开发的初期就有意

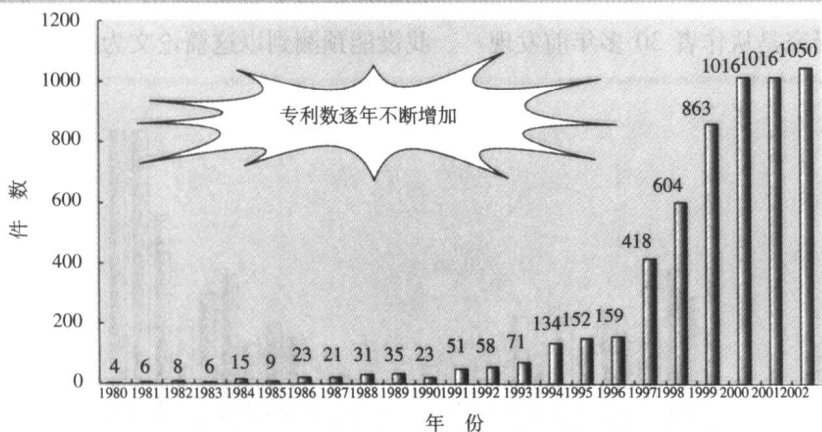


图 5 与光催化剂有关的日本公开专利数

识地采取了重视专利的战略，其结果即使在进行日欧美的专利比较时，日本的专利仍占有非常明显的主导地位。现在日本正向欧美厂家进行光催化技术的转让。有关玻璃与砖等的光催化技术转让就是其中的例子。

由于这些实际效果，日本国内经济界对光催化的期待越来越高。最近出版的岸宣仁的书中详细介绍了光催化技术的发展经过^①。

当时三菱综合研究所发表了预测——光催化产业在 2005 年将达到超过 1 万亿日元的市场规模。确实光催化在 20 世纪 90 年代中期实现了商业化，在 2002 年国内产值已达到几百亿日元的规模。作者认为今后几年达到 1 万亿日元的看法虽然过于乐观，但潜在的市场很大，如有战略地进行组织，也不是不可实现的幻想。

● 性能评价测试方法标准化的重要

那么要使光催化产业发展壮大应该怎么办？今后最重要的课题是确立光催化性能的评价测试方法标准。迄今为止没有统一的性能评价方法，各厂家都在各自进行摸索，因此不能有效防止自称光催化剂但性能可疑的伪劣产品的出现。

2002 年秋，首先在国内成立了光催化标准委员会。笔者作为负责人，设立了“空气净化”、“自洁净”、“水质净化”、“抗菌、防霉”四个性能分会，分别制定了光催化剂性能评价测试方法的规格草案，现在正为实现国内标准(JIS)进行审议和调整。另外正开始为制定国际标准(ISO)作准备。据说能以日本为主导进行国际标准化的课题并不是很多，由于这一点，光催化标准化委员会今后的动向引人注目。作为开发者之一，我希望能日本在这个领域保持领先尽最大努力。通过实现制定国际标准，向国际市场推广就会变得容易，光催化技术有望成为

① 指岸宣仁的《光触媒が日本を救う：日——独創力，その反響》，ブシジレント社出版——译者注

不单是解决发达国家而且也包括亚洲及其他地区发展中国家的环境问题、公害问题的关键技术。

光催化的研究是从作者 30 多年前发现

的“水的光分解”现象发展而来的。这篇 1972 年发表在 *Nature* 上的论文^[3]最近被引用的次数越来越多(图 6), 我个人非常震惊。我没能预测到以这篇论文为基础的光催化

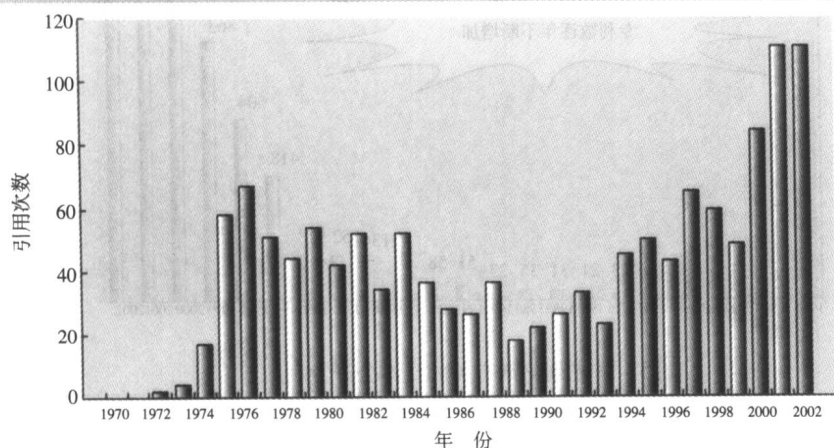


图 6 引用次数

30 年后发展到这种广泛实用化的现状,但在基础研究和应用研究这两方面,我可以毫不惭愧地说日本一直处于世界领先地位。今后作为源于日本的原创技术,我希望光催化能在环境净化、创造舒适空间等领域为世界人民做出贡献。

参考文献

- 1) 本文根据作者在平成 15 年 1 月向文部科学省支援的「S&T ジャーナル」投稿的题目为「光触媒の世界」的文章修改而成,详细请参考该文章。

2) 以下为有关光催化的一般入门书。

- A 藤嶋 昭, 橋本和仁, 渡部俊也: 光クリーン革命, シーエムシー(1997)
 - B 藤嶋 昭, 橋本和仁, 渡部俊也: 光触媒のしくみ, 日本実業出版社(2000)
 - C 竹内浩士, 村澤貞夫, 指宿堯嗣: 光触媒の世界, 工業調査会(1998)
 - D 産業技術総合研究所 竹内浩士, 指宿堯嗣: 光触媒ビジネス最前線, 工業調査会(2001)
 - E 秋山司郎, 峠田博史: 光触媒と関連技術, 日刊工業新聞社(2000)
 - F 峠田博史: 光触媒の本, 日刊工業新聞社(2002)
- 3) A. Fujishima, K. Honda: *Nature*, 238, 37 (1972)