



国外环境微生物学研究概况

杨惠芳

(中国科学院微生物研究所)

环境微生物学是六十年代末兴起的新学科。随着实践的需要,环境微生物学研究内容逐渐增多,但至今尚无成熟的定义。从研究内容来看,有广义和狭义的区别,前者指整个自然环境与微生物种群之间的相互关系;后者仅为污染环境与微生物菌群之间的相互关系,即阐明各种污染物对微生物生命活动及其菌群的影响,以及由此引起的微生物变化而导致的环境变化。

此外,应用自然界生物自净原理,开展生物治理的研究,从而利用微生物的功能保护和控制环境,这一点日益受到人们的重视。

一、污染微生物学的研究

主要研究污染水体中微生物的生态学、污染化合物的微生物转化机理及其在自然界的循环规律。这些研究为生化处理废水、废料奠定理论基础。

(一) 无机污染物引起的微生物变化

1. 营养化过程中氮、磷的作用

来自生活和工农业污水中的无机氮、磷化合物排入江河湖泊以后,表面水和底泥的生物群体随之变化,尤其是微生物大量繁殖,破坏了水体中氮、磷的自然平衡规律,造成了水体的富营养化。美国正在研究好氧生物与厌氧生物,光合作用和异养作用与氮磷循环的生态平衡规律,研究湖泊忍受氮、磷的负荷量以及化学状态的变化,为恢复技术提供理论依据。

2. 矿山排出水污染的微生物学

黄铁矿、斑铜矿、含砷黄铁矿等无机矿床都含有硫和铁,矿山开采后硫、铁矿石暴露于空气,经化学氧化矿水变酸,一般 pH 为 4.5—2.5。在此酸性条件下耐酸细菌繁殖,例如氧化硫硫杆菌能氧化硫生成硫酸,氧化硫铁杆菌和氧化铁铁杆菌能使硫酸亚铁氧化成硫酸高铁,因而加剧了矿水的酸化,有时 pH 下降到 0.5。酸矿水造成危害。美国、加拿大等国家对这些细菌的生命活动进行了研究,研究了它们的能量代谢、产酸的部位及其细胞的亚纤维结构,并利用这些细菌的生理特性,回收细菌产生的硫酸。应用更广泛的是把细菌产生的硫酸高铁用于开展细菌冶矿。尽管如此,美国的酸矿水危害极大,有些矿山改变采矿方法,改用地面采矿,层层覆盖,以免酸矿水的形成。

3. 其他金属元素与微生物的关系

耐汞微生物在水体汞污染中起着一定的作用,近年来瑞典、美国和日本在汞的微生物转化作用方面作了不少基础理论研究,瑞典等国的微生物工作者,从汞污染的河泥中分离出各种类型的耐汞细菌,研究水体中汞的微生物转化规律,发现湖泊底泥在厌氧条件下引起污泥甲烷发酵的甲烷,细菌使汞甲基化而形成甲基汞,再经耐汞细菌作用在好氧条件下转化成元素汞,从此初步提出汞的微生物循环假设途径。依据这一理论,日本准备设计生物处理矿山含汞废水的装置,应用耐汞细菌(假单胞杆菌 *Pseudomonas* K62) 细胞表面可吸收水中的汞化合物,如: 甲基汞、乙基汞、硝酸汞、乙酸汞、硫酸汞等汞化合物转

化成还原性的金属汞。生成的金属汞一部分气化入空气,用活性炭吸收,另一部分汞沉淀在反应器底部,回收。菌体可连续使用三次,金属汞的回收率在80%以上。

此外,还有关于硒(Se)的微生物转化,用酵母菌沉淀硫化铜和用耐铜真菌(青霉菌)吸收重金属以及耐锌细菌的生态分布等的报导。

(二) 有机污染物引起的微生物变化

1. 河流自净作用的研究

河流自净作用的因素一般有以下几种:物理作用——河流自身的稀释作用,水中无机或有机颗粒物质的下沉;化学作用——酸、碱反应,氧化还原过程,吸附沉淀等作用,使悬浮物质转移成沉积物;生物化学反应——生物有机体对无机和有机化合物的同化和异化作用。有机物质大都经生物化学降解而除去。美、英等国研究河流中异养生物的数量、种类及其分布规律,并开展关于生物有机体分解有机物质的热力学和动力学的研究,从分解有机物质放出的能量,解释自然界的能量平衡。还根据微生物的生长速度,细菌细胞的死亡时间和酶的动力学判断分解有机物的强度和速度。此外,还研究自净的因子,如温度、pH、物质浓度等不同条件下河流自净的能力。用自净的数量和自净的速度作为测定自净的单位。

2. 有机污染物的微生物降解

研究有机污染物的微生物降解种类、同化和异化作用的机制,有助于开辟生化处理的范围,进一步掌握和改善控制技术。根据微生物降解的能力,有机物可分为三类:(1)可生化的物质,(2)较难生化的物质,(3)不可生化的物质。一般来说,低分子化合物较易生化,各种有机酸、氨基酸、蛋白质、醇、脂、醛等很易被微生物生化。厌气条件下经厌氧微生物如梭状芽胞杆菌、甲烷菌等厌气发酵,产生大量甲烷。甲烷是细菌制作的能源,可用于照明、取暖或发电。废水、废料的厌气处

理,剩余污泥的甲烷发酵,目前已广泛应用。好氧微生物在通气条件下利用这些化合物作为良好的碳源、氮源和能源,一方面同化成细胞物质,细菌生长、繁殖,另一方面进行异化作用放出 CO_2 和水,污物得到净化,从而衍生出各种各样生化处理构筑物,已在世界各国应用于处理生活污水和工业废水。

某些高分子化合物和有毒物质是微生物较难生化的化合物。目前,日本和欧美等国对这些化合物的微生物降解研究甚广,如瑞典、美国等国从土壤中分离到一些纤维素和木质素分解菌,用它们制取微生物蛋白。瑞典乌布萨拉大学企图在纸浆水处理中应用球形生孢纤维粘细菌和红黄纤维弧菌分解纤维素。

应用微生物法处理酚、氰废水已被人们所熟知,但由于酚、氰对微生物有毒性,忍受浓度不易过高,往往受不住冲击负荷的袭击。日本、美国等国从土壤和活性污泥中分离到各种分解酚、氰能力较高的菌种,这些细菌不仅能利用酚或氰作为碳源或氮源,还具有较高的氧化能力,这些微生物有细菌、酵母菌、原放线菌和分枝杆菌等,日本把一种高效氰分解菌加入到活性污泥中,以强化处理效果。此外,还研究酚、氰的代谢途径、诱导酶的特性和多酶系统,并根据米氏常数推算酶作用的动力学数学模式,确定降解速度和强度。

碳氢化合物的微生物降解早已被人们所重视,美国 Z₀Bell 1946 年已报导,有 100 多种微生物能在碳氢化合物的基质上生长,这个数目还在不断增长,能分解的微生物有细菌、酵母菌和霉菌等。有人报导,大部分霉菌都能分解链烷或烷基化合物。有意义的报导是有些固氮菌(*Azotobacter*)、假单胞杆菌(*Pseudomonas*)和分枝杆菌(*Mycobacterium*)利用甲烷、正-丁烷、甲苯、正-十四烷、环烷酸作为碳源和能源,并能固定分子氮。目前欧美等国很注意海洋微生物区系的研究,其中包含着许多分解碳氢化合物的有机体。这些研究将为

开辟治理海面油污提供途径。

DDT、666、马拉硫磷等农药的微生物降解研究,可为农药废水的生物处理提供理论依据。降解农药的微生物种类已发现有土壤真菌——绿色木霉(*Trichoderma veride*)、土壤细菌——假单胞菌(*Pseudomonas*)、节细菌(*Arthrobacter sp*)和某些根瘤细菌(*Rhizobium*)等。但生物降解的活性不太高,其降解的中间产物和最终产物还不太清楚。美国马里兰农业中心等研究单位,正在加强微生物降解农药机制的研究,深入了解农药生物降解产物的毒性问题。

近年来,国外进一步开展了难生化的有机化合物的研究,找到了能分解硝基化合物、杂环烃以及多环芳香石油化合物的微生物有机体。特别对过去认为不可生化的高分子聚合物进行研究,日本报导了一种能分解聚氯联苯的红酵母,打破过去认为聚氯联苯不能生物分解的观点。随后又有报导,从土壤中分离一株青霉(*Penicillium 14-3*)能分解合成聚酯化合物,这种青霉能利用聚乙烯已二盐作为碳源,也能同化其他的脂族聚酯。

二、水处理和微生物学

(一) 水处理的生态学研究

弄清处理技术中生物群落的种类和作用,有利于掌握生物的活动规律,以提高和稳定处理效果。水处理的生态学研究包括好氧细菌、厌氧细菌、真菌、藻类、原生动物以及昆虫等在处理构筑物中的分布及作用。现较明确细菌是水处理中除去有机物的主要成员,它们大都以菌胶团的形式存在,菌胶团形成的好、坏直接影响出水质量,因此,国外较注意菌胶团形成菌的种类、菌胶团形成的机制以及污泥膨胀的条件和控制技术等研究。已知的菌胶团形成菌已有二、三十种,已提出了五种菌胶团形成的理论:(1)胶状物质或细菌夹膜学说,认为菌胶团形成菌 *Zoogloea* 能形成夹膜;(2)电荷学说,在通气条件下细菌细

胞表面的电荷受到冲击而改变,失去了相互吸引能力;(3)离子结合学说,认为钙、镁离子的存在对菌胶团的形成有很大影响;(4)嗜苏丹颗粒状学说,有人在菌胶团细菌细胞分裂时用苏丹黑染色,见到一种颗粒状物质,该颗粒状物质由多- β -羟丁酸和酯结合而成,如加入抑制剂阻碍颗粒形成,则菌胶团的形成也受到抑制;(5)纤维学说,用冰冻法作电子显微镜观察,菌胶团细菌细胞之间由细小的纤维所联结,这些理论是否完善尚待继续研究。污泥膨胀的起因也有各种论断,初步确定有丝状菌的膨胀和非丝状菌的膨胀。因此,除了加强管理防止非丝状菌膨胀外,对污泥膨胀菌——丝状菌进行了较深入的研究。美国杜邦公司提出加过氧化氢以防止污泥膨胀的方法。

(二) 水处理中数学模式的研究

近年来美国和苏联很重视数学模式的研究,他们根据微生物反应器的特点,获得一系列生化处理参数,列成数学模式,为处理工程提供合理可靠的依据,为处理深度化提出方案。苏联研究炼油废水和石油化工废水生化处理的数学模式,建议合理通气,保证处理效率,降低处理成本。瑞典水气研究所研究微生物反应器的数学模式,提出脱氮、脱硝的新方案。

(三) 分解毒物高效菌在生化处理中的应用

应用分解毒物高效菌处理特定有毒废水,有耐毒物浓度高,活力强等优点。日本在加拿大发表专利,把分解腈、氰细菌——无色杆菌(*Achromobacter nitriloclastes*)和产碱杆菌(*Alcaligenes viscalactis*)加到活性污泥中处理含氰、腈废水,获得显著效果。还报导用热带假丝酵母连续处理含酚废水等。

(四) 酶学在工业废水中的应用

酶在水处理中的作用日益被人们所重

视。国外用酶制剂净化工业废水的工作进展很快,从菌种筛选、酶的制取和纯化,酶活力测定和实际应用以及酶动力学研究等方面都取得了显著成绩。如采用酶法制革、造纸可改革工艺,处理废料、废液。最近,美国、日本、瑞士等国正在研究把固定化酶制成酶布、酶片、酶粒、酶粉和酶柱处理工业废水,其优点:(1)可连续使用,(2)性能稳定,(3)处理能力强。根据废水的特点还可配成多酶柱使用。日本把诱导的脱氨酶固定在淀粉——铸型柱上,处理初始浓度达100—2000毫克/升的氨,此外还可利用固定化乳糖酶提高废水的经济价值。为了降低水中的病毒和细菌,把脲酶、溶菌酶、核酸酶固定在多孔玻璃和陶器材料上,去除病毒和细菌以提高出水质量。

(五) 遗传学在废水处理中的应用研究

运用遗传变异的新理论新方法得到新菌种处理工业废水,将为生化处理开辟新途径。最近美国酵素公司试验在各种有机物中驯化细菌,并使用突然变异得到几千种变异菌,从几千种变异菌中选出300多株菌种,提高有机物的分解能力,还把这些变异菌制成干燥粉末,这种干粉末状态下的休眠细菌溶解在30℃温水里,经过30分钟浸泡即能恢复活性。为了适应废水处理可制成变异细菌掺合剂,能很好地分解合成表面活性剂、卤代芳烃、酚类和氰类化合物。在实践中的应用:如用变异菌处理有机废水,稳定处理效果;用变异菌来控制污泥膨胀,在发生膨胀的污泥里接入变异菌,变异菌就会占优势,丝状菌逐渐减少;用变异菌进行接触氧化处理,其优点能使污泥不易解体,剩余污泥产生量少,可能获得更高的处理效率。

目前,欧美的一些公司和研究实验室,如美国通用电气公司、英国帝国化学公司以及欧洲分子生物学组织的中心实验室都在考虑用遗传工程技术来解决某些工业问题,已有研究把降解芳烃的质体、降解萘烃的质体和

降解多环芳烃的质体,转移到能降解酯烃的细菌体内,获得能同时降解四种烃类的新菌种(称为“超级菌”——Superbacteria)。这种杂种菌种能把原油中约2/3的烃消耗掉,比其他已知的任何微生物的消耗速度要快,效率又高,自然菌种分解转化海上浮油要一年以上,而新的杂种则只要几小时。据报导这些新型的菌种不能繁殖,要在实践上得到应用还需要有相当的时间。

(六) 生化处理技术中其他微生物学的研究

为了解决河流的富营养化问题,国外对脱氮、脱磷的研究较为重视。如瑞典在研究微生物反应器的数学模式基础上提出了一些脱氮的处理方案。他们设想在一个较深的生化处理槽中,下部放有挡板,在池上部好气处有硝化细菌进行硝化作用,下部挡板上厌气部位有脱氮弧杆菌进行反硝化作用,由此,除去水中的氨。另外可用天然吸附剂吸收氨,连续曝气使吸附柱上的氨经硝化细菌作用生成硝酸根,再连续通进有机废水经反硝化细菌作用生成氮而排出。瑞典水气研究所还在研究用厌气法处理废水,可处理有机物浓度高的屠宰废水,光能是取之不尽的能量来源,利用光合作用细菌在光照和厌氧条件下分解有机物的能力,处理BOD高达1000毫克/升的废水,最近已提出该方法的工艺流程图。

美国认为发展化学-生物联合处理是较有前途的处理方法。美国杜邦公司把粉末活性炭加到活性污泥中处理工业废水和生活污水,可节省处理步骤,减少活性炭用量,提高处理效能和出水质量。另外,还发现处理废水的活性炭柱上生长有生物膜,通过生物膜的作用可延长活性炭的处理年限。这些发现被人们认为是化学—生物联合处理的新动向。