海洋生物技术研究开发新进展

罗明典
（国务院发展研究中心国际技术经济研究所　北京）

生物技术应用于海洋资源、能源的开发和保护海洋环境免遭污染有着巨大的潜力。下面几个方面的研究已取得重大成就和进展。

1　海洋食品农业

目前，海洋只提供人类2%的食物，预计21世纪海洋将成为人类"第二粮仓"，可耕面积约是陆地的15倍，丰富的海洋藻类资源就是食物的宝库，以海洋蓝藻（又称蓝细菌）而言，一种聚球藻(Synechococcus)繁殖快，代时短，只需9小时，蛋白质含量丰富，高达74.8%，还可从中提取超氧化物歧化酶（SOD）及其他成分等。其他海藻资源也极为丰富，据报道近海区域自然生长繁殖的海藻年产量相当于目前世界所产小麦总产量的15倍以上。只要用1公顷水面繁殖海藻，所获藻体经加工后可获20吨蛋白质，还有多种维生素及人体必需的矿物质，相当于40公顷耕地每年产大豆的含量。日本东京农工大学还成功地利用海藻生产谷氨酸和新的生理活性物质。实验结果表明，每小时1毫升约可生产2.1毫克谷氨酸，所用培养海藻装置（高密度培养）比以往的提高效率15倍，光的利用率也提高5～6倍，现扩大容积为30升，有助于提高产率。用途广泛的海藻糖也得到开发。英国剑桥一家公司将海藻糖（两个葡萄糖分子构成的）用于食品工业，如用该糖处理蔬菜、肉类、脱水保存，再复水时仍保持原鲜和风味；水果在脱水前加入该糖，则可使水果存放寿命几乎无限，经复水后恢复原来的色、味和组织，脱水期间维生素仍保留。他们正在研究把控制海藻糖生成的遗传基因转移到植物中去，以培育出在干旱情况下不致旱死的农作物新品种。

另据报道，海洋不仅富有各种藻类提供各种食物资源，还有其他的海洋生物资源也是富有的，总计有20万种以上，其资源的合理开发有赖高新技术的渗入，或与常规技术有机结合。这不仅仅使海洋食品农业兴起与发展有着巨大潜力，而且也确实为提供丰富的各类海洋食物展现出更为广阔的前景。

2　海洋生物能源

海洋不仅为人类提供各种食物来源，而且为解决世界未来能源不足提供具有关键意义的潜在可能性，利用海洋中的水索取能源是取之不尽的，是未来开发的方向。然而，海洋中丰富的海藻提供巨大的生物量就是一种"储能库"，积极开发它是行之有效的。在英国已把它作燃料使用，因此，大量养殖海藻以获取生物量占有重要地位，其关键意义在于这些藻类廉价地利用太阳能进行充足的光合作用，合成有机物，通过把太阳能的生物转化而大量储藏起来，生物量的大量累积，既能直接用作燃料，又能为生物质能的生产提供丰富的原料。为了大量人工索取这种原料，在英国组建"100平方米的光生物反应器原型"，由一组平放的透明管子组成，管子中流动着海藻悬浮液，重要的是有足够CO_2浓度，这种光生物反应器原型实行人工控制十分有

利，可是所获生物量的生产成本较高，每吨要1400美元，需要进一步研究改进。近年又研制陆上特制水箱，专用于培养单细胞水藻，其成本降低。所获能源用于发电，其成本比核能发电便宜得多，与煤炭、石油、天然气发电成本相当。由于水藻靠 CO_2 和阳光增长繁殖，也可以把它制成干燥燃料储存待用。由于它吸收 CO_2 与释放 CO_2 相当，所以它是一种无污染的中性环境燃料，这种藻类（包括淡水藻）燃料是一种成本低、无害的新型燃料，有"绿色能源"之称。正因为如此，一些发达国家很重视海洋微型藻类的研究开发，日本利用这些藻类的快速繁殖而形成庞大的生物量，可从中获取更多的能源；为提高其更大的生产能力，美国用甲醇作刺激剂，可使藻类生长速度成倍增长，藻体生物量的累积更为丰富，生物能源则源源不断供应。又由于海藻大量吸收 CO_2，不仅大量合成有机物包括烃类化合物，同时对维持地球气象变化之平衡起重要作用。为此，美国对海洋大型藻类的研究开发更为注视，发现海洋中一种特大的束毛藻（浮游植物，直径3毫米）像叶型植物一样，能有效吸收太阳能，使 CO_2 和氮素转化成有机物，提供极其丰富的海藻生物量；还培养另一种巨型海藻如马尾藻，可收获大量海藻生物量。这些庞大海藻生物量的丰产丰收已显示其巨大的资源性，既可直接作燃料，又可成为能源供应的"仓库"，对于解决能源不足，维持生态平衡有着十分重要的意义，从长远看，积极开发海洋绿色新能源是必然的。

3 海洋生物药物

这些年来，从海洋生物中索取药物的研究取得一些进展，如从热带珊瑚中提取的前列腺素具有治哮喘、降血压之功效；从软珊瑚、海鞘、海胆中提取的化合物能抑制细胞分裂，有可能用于抑制癌细胞的药剂；从海绵中获得的化合物可用于治疗关节炎、营养不良及肠道寄生虫等病症；用于艾滋病防治的产品也已有上市。近有报道，美国加州大学研究人员从南太平洋环珊瑚上生息的橙色海绵中提取一种药物，可用于医治肿瘤和肾癌，试管试验已确认该药物能有效杀死癌细胞。乌克兰从黑海西部浅滩的贻贝（每年可供50吨）中获得的水解产物为基本原料研制成治疗受辐射患者的有效药物，不仅有效预防和治疗中毒和紫外线的强烈作用，而且对免疫系统有良好刺激作用和提高机体超负荷时的耐性，对贫血也有疗效。

海洋微生物是开发药物的重要来源，从海蘑菇可提取抗癌物质；从某些与软体动物共生的微生物及一些单胞藻中可获取各种不同的生理活性物质，把它研制成药剂用于抗癌试验，所获结果表明，其抗癌活性比目前广泛使用的抗癌抗生素丝裂霉素高1 400倍。这样看来，海洋生物不论是真核的或原核的，也不论是绿色的浮游植物（藻类）或非绿色的动物，特别是某些海洋微生物均有可能为生产某些重要药物提供"活体工厂"。美国海洋研究所研究人员从海床淤泥中获得一种细菌在实验室里生产一种化学物质叫Macrolacline，具有抑制皮肤癌、结肠癌细胞以及疱疹病毒、艾滋病毒（HIV）增殖能力；还从水母中得到一种细菌产生的有效成分，研制成一种药物叫盐生酰胺（salinamides），对人体癌细胞具杀死作用，还有极强的消炎作用。日本海洋生物工程研究所（MBRI）研究人员从海洋微生物区系中分离到一株黄杆菌（Flavobacterium N81106），能产生一种吡唑嘧啶化合物，能抑制黄嘌呤氧化酶活性50%，该酶能催化黄嘌呤分解成尿酸，在人体血液中尿酸过量会引起痛风症。现可大量生产这种酶抑制剂，并进入商业性开发。目前，美国每年对制药工业投入研究经费约100亿美元，把注意力开始面向海洋中各类微生物，把它看作是未来制造抗炎（如关节炎等）和抗癌药物的新来源，预计今后5～10年将会有海洋微生物生产的新药可供使用，有着良好的开发前景。

4 海洋生物毒素

该毒素在药物中占有重要地位，凡海洋生物毒素如神经毒、心脏毒、细胞毒等都有强烈的生理效应。曾有报道，从河豚提取的毒素实际上由其弧菌和交链孢菌（Alteromonas）产生的一类毒素，把

它制成镇痛药物比可卡因镇痛剂的效果高几千倍。80年代初国外也报道，从一种海绵（Latrunculia magnifica）中分离到一种细胞毒素（latrunculin-A具有抗癌作用；日本东京大学一个研究组也从一种海绵中获得一种新的强力毒素，经毒力试验证明，极微量的浓度能杀死50%的哺乳动物细胞。此新毒素与早先从加勒比海海绵中所分离的毒素在结构上类似，其含量比它要高，每毫克海绵组织提取物中可产150微克（原文为毫克）新毒素，已用于临床可有效医治疱疹和脑炎；还用于治疗关节炎，肠道寄生虫病以及艾滋病等。美国一家Sera基因公司将白细胞介素-2（IL-2）研制成一种融合毒素（杂种蛋白）能杀死艾滋病毒（体外）感染的细胞，而不伤害周围活细胞，展现出这种融合毒素治疗恶病的潜力。还有某些与海洋无脊椎动物共生的微生物也能产生某种毒素，其作用功能需进一步研究。这类海洋生物毒素如同陆地微生物毒素一样有它的实用价值，与其他生物毒素不同的是，可通过发酵途径进行生产，为实现海洋毒素的大量生产成为可能。

5 新型海洋生物肥料

多途径开发新型生物肥源更有利于农业的发展。海藻肥料成为一类新肥源开始引起注意，我国是海藻生产大国，如海带人工养殖年产量超过20万吨，占世界海藻产量的50%，碘含量丰富（一般为0.5%左右），包括海带在内的其他一些褐藻类如裙带菜、海添子、马尾藻、鼠萱藻、囊藻等含钾化合物一般为7%，高的达15.2%；还含有氮、磷元素、多种微量元素及有机物等，这是其他肥料不可比拟的。因此，利用某些海藻体及其加工后的废弃物使其资源化，把它研制成海藻肥料是有前途的；同时为海藻实行综合利用开辟新途径。

6 海洋生物新材料

来自海洋生物材料是多方面的，用途极其广泛，有两条途径可大力开发海洋生物材料，一是从某些海洋生物（如海藻等）直接索取；二是从海洋生物废弃物（如蟹、贝壳等）索取。(1) 海凝胶(seagel)：美国一家国家实验室研究人员用大型海藻的琼脂制成一种比空气还轻的固体材料，命名为海凝胶，50℃易被生物降解，燃烧后只生成CO_2和水。此轻型生物材料可用于医药缓释胶囊，也可取代诸如聚亚氨脂类和聚苯乙烯等固体泡沫绝缘材料，实践证明，这种轻型生物材料安全、无毒无害，可为生物代谢。(2) 甲壳素和壳聚糖：这类生物材料主要来自海洋甲壳类动物废弃物如贝壳、蟹虾壳等，仅次于纤维素类废弃物的第二大类，完全有可能把它资源化，从中提取甲壳素或壳聚糖。国内外都有工厂生产，我国浙江、江苏、上海、山东等地均有生产，大部分为出口创汇产品，很有开发价值。至少有如下的用途：①研制防腐、保鲜剂，把甲壳素（壳聚糖）与一氯代醋酸一起反应制成NO。羧甲基脱乙酰壳聚糖（NOCC），可用于水果保鲜至少6个月。②研制富集剂：利用壳聚糖与各类金属离子生成各种有色络合物的功能来达到捕集的目的，如它的磷酸脂衍生物磷酸脱乙酰壳聚糖可从海水中回收铀，其吸附量可达2.6毫克／克，吸附后可用稀磷酸钠溶液解析即可较容易地回收铀。③研制人造皮肤：由于壳聚糖能促进伤口愈合，将它制成试剂可使伤口愈合率提高75%以上。我国青岛海洋大学和山东医科大学把它研制成人造皮肤用于临床。山东医大以壳聚糖为原料制成适用于烧伤的人工皮肤，同样也适用于医用吸收性缝合线的制造。青岛海洋大学对壳聚糖进行化学修饰后制成与透明质酸类似的甲壳质衍生物叫类透明质酸，用于人造皮肤，可促进皮肤细胞生长、延缓细胞衰老，还可抑制皮肤真菌侵染，对手术刀口不愈合、感染外伤、烫伤、溃疡等有显著疗效。④研制无纺布料：传统布料由棉纱纺织而成，来自蟹壳等壳聚糖可制成像布一样的生物材料，用它制作生物衣（如运动衣等）具有多种功能，有吸水性，扩散性、抗菌性和防臭性的多种优点，试验证明，它的吸水性是纤维素布料的1.8～2倍。⑤研制植物生长激活剂：由于甲壳素和壳聚糖可诱发植物甲壳酶和壳聚糖酶活性增加几倍，用它制作"植物生长活化

剂"，可促进植物生长发育，还可抑制许多植物致病菌如镰孢、腐霉菌等的繁殖，并在植物体内产生抗体以提高植物自身的免疫力。在农业生产中可使豆类，胡萝卜、小麦产量增加 7%～13%，有的达到 20%以上。⑥研制新型薄膜材料：已用于反渗透膜、渗透蒸发膜和仿生膜等膜材料，这些膜可用于酶固定化，并缓慢释放，以及在水果、食品保鲜方面得到应用，我国天津纺织工学院膜分离工程研究所和复旦大学已开始这方面工作。

7 海藻新物质

前面已提到海藻的资源性，是未来索取各类物质财富的"仓库"。日本农工大学等单位研究人员从近海丝状蓝藻中发现一种新物质，它能吸收紫外线，并分离到这种物质，胞内含量少，但随着紫外线照射剂量的增加而扩大其含量，如照射强度为 0～1200 瓦／厘米^2 时，每克干藻可增加到 200 微克新物质。有报道类胡萝卜素有吸收紫外线的能力。美国还从另一种蓝绿藻中获取 22 碳六烯酸（系不饱和脂肪酸）成分，它正是人体大脑和眼视网膜的主要材料之一，在母乳中这种物质含量丰富，有母乳精华之称，而海藻中这种不饱和脂肪酸所具有的功能及其生理活性与母乳所含的这种成分基本一致，正在开发之中。从这些海藻中发现的新物质及其功能作用正是为医药工业、食品工业提供潜在的资源、也是进一步开发的对象。

8 防治海洋污染

据联合国环境规划署的报告说，每年约有 6500 万吨垃圾抛进大海，在太平洋里投入的垃圾 80%是塑料。一些工业发达国家如美国、西欧、日本等每年用作工业上的滑润剂、热传导介质，变压器中的耐火绝缘介质等等的产量达 110 多万吨，约 1／3 出口不发达国家，使用后无法安全处理，流入海洋，还有清洗机器用的三氯乙烯等废弃后入海，性质很稳定的有毒化合物多氯联苯（PCB）流入海洋，导致水体严重污染，成为海洋动物的杀手，在海洋中形成带毒食物链，危害更大，这种物质易溶于内脂，并残留在动物内脂肪层，尽管含量甚微，但在体内长期累积会导致海洋生物中毒死亡，由于这类物质能破坏机体免疫系统，并可诱发肿瘤发生，造成生殖缺陷等多种疾病，其后果是严重的，因此，严格防制这种污染源显得格外重要，而保护海洋免遭污染乃是全人类共同关注的问题。面对现实，如何借助生物技术途径来消除海洋污染物？这也是一大类重大研究课题。有些污染物如多氯联苯尽管在自然界有其性质的稳定性，但也遭受一些细菌的降解。美国通用电器公司工业研究开发中心研究人员发现河床淤泥中常见的两种细菌可降解多氯联苯，一种是厌氧细菌，在其作用下可使多氯联苯部分降解；然后在另一种细菌作用下将其完全分解成 CO_2 和水，这种细菌的"合作"似有天然净化作用。然而在海洋水域条件下是否也有某些特殊微生物类型对那些有毒废弃化合物起降解作用而达到天然净化呢？需要做些实验研究，当然也有两种可能：一是从海洋污染水域寻找这种降解有毒物质的微生物，二是借助生物工程技术定向诱变或改造降解毒物的那种淡水微生物，以增强对海洋水域生态环境的适应能力，需要进行开发性研究。

9 展望

上面介绍八个方面的一些研究成果和进展，反映海洋生物技术发展的一个侧面，它预示着人类未来必将向海洋进发，迎接海洋经济时代的到来。我国地处亚太地区，有 18 000 公里的海岸线，大小岛屿 6 000 多个，浅海滩涂 133.4 万公顷，这些海岸带区以及深海区域都蕴藏着极其丰富的资源，远远没有得到有效利用、开发，有赖高新技术的渗入，海洋生物技术大有用武之地。最重要的是，要使海洋生物技术服务经济建设做出贡献，必须形成产业化，使产品商业化，面向国内外两大市场，才能显示出海洋生物技术的生命力。