

美国国会技术评价局

生物技术的商品化

化学工业出版社

内 容 提 要

《生物技术的商品化》是美国国会技术评价局就生物技术商业化问题所做的国际技术经济综合分析报告。全国着重对美国、日本、联邦德国、英国和瑞士等国的生物技术商业化状况作了全面的比较和评价。并对未来的发展形势作了全面的预测和分析,指出在研究和开发中应予优先采取的措施。这份报告是为美国有关当局决策服务的,对我国从事生物技术研究、开发及其评价和决策的技术人员而言,亦不失为一份有益的参考资料。

CONGRESS OF THE UNITED STATES

Office of Technology Assessment

COMMERCIAL BIOTECHNOLOGY

生物技术的商品化

王作明 王善国 等 译

责任编辑:徐世峰

封面设计:许立

*

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $11^{5/8}$ 字数319千字

1990年6月第1版 1990年6月北京第1次印刷

印 数 1-1,500

ISBN 7-5025-0280-7/Q·1

定 价 8.00元

译 者 的 话

现代生物技术（即生物工程学），是随着生物学及其他有关学科的研究而发展起来的新兴技术领域。它对人类未来的影响，决不亚于微电子技术、宇航工程、海洋工程等新技术。它将有助于解决能源、粮食、疾病和环境污染等一系列重大问题。科学家们认为，生物技术在其发展过程中已经度过了它的“婴儿时期”，即已从基础研究进入实用阶段。随着生物技术在各有关产业领域中的日益广泛的应用，生物技术在商业上的影响逐渐成为举世瞩目的问题。生物技术不可避免地将导致新产品和新市场的开发，有关国家为占据这一部分市场的竞争也将激烈起来。

《生物技术的商业化》是美国国会技术评价局就生物技术商业化问题所做的国际技术经济综合分析报告。全书着重对美国、日本、联邦德国、英国和瑞士的生物技术商业化状况做了全面的比较和评价，并对未来的发展趋势进行了预测和分析，指出在研究与开发中应优先采取的措施。这份报告是为美国有关当局决策服务的。它力图在占有大量资料的基础上，说明在生物技术商业化问题上如何寻求技术、经济和社会诸因素之间的合理关系。在阐述这些问题的同时，本书还介绍了有关生物技术应用的基础知识。

现在奉献给读者的是这份报告的节译本。原书引言、概要（节译本第一章）、第一部分（“技术”，节译本第二章）、第三部分（“生物技术在特定产业部门中的应用”，节译本3—8章）保持原样不变；我们将原书第二部分（“从事生物技术商业化的公司”）和附录“国家概述”部分合并节译成“世界各国生物技术商业化概况及发展趋势”，作为节译本的第九章。鉴于原书第四部分（“美国在生物技术方面的竞争力的分析”）的主要观点在“概要”中已做了扼要的论述，故将其大部分省略，只把“卫生、安全和环境法

规”照样译出，算作节译本的第十章。

我国对生物技术的发展十分重视。这种重视体现在国家对生物发展的技术政策和技术措施的制定上；同时，如何选择经济上合理的技术方案和建立有效的管理制度等也都成了迫切需要解决的问题。希望本书的出版，对广大读者在学习、研究这些问题时有所裨益。

由于本书涉及内容很广，译者水平有限，讹误之处，还望读者不吝斧正。

最后，我们要向推荐、指导、关心并支持本书翻译出版的美国纽约州立大学教授、沈阳化工研究院原生物工程室顾问王大栋先生和原沈阳化工研究院院长王大翔同志表示衷心的感谢。

译者

一九八五年一月

目 录

引言		(1)
第一章	概要	王作明 (5)
第二章	技术	张维才 (34)
第三章	医药	王善国 (70)
第四章	农业	王作明 (136)
第五章	特殊化学品和食品添加剂	王作明 (187)
第六章	环境应用	赵昕欣 (221)
第七章	通用化学品和能源生产	王作明 (246)
第八章	生物电子学	王善国 (268)
第九章	世界各国生物技术商业化概况及发展趋势	王善国 (276)
第十章	卫生、安全和环境法规	单凤平 (331)

引 言

王作明 译 王碧澄 校

本报告评价了美国在新生物技术产业应用的开发和商业化方面的国际竞争地位。新生物技术被解释为用新的技术(DNA重组技术、单克隆抗体技术和用于生物过程工程的新技术)来开发商业化产品和利用生物系统的工艺。

尽管本报告只着眼于新生物技术的相当窄的一个方面,它仍然可以被看作是生物技术这个总题目的一篇导论,生物技术这一领域在今后的几十年中在产业生产中将显得日益重要。与新生物技术相联系的进展会激起传统生物技术的复兴。例如,新生物技术盈利的诱惑力似将吸引学生们去学习生物过程工程。在此领域工作的工程师数量的增加将可能改善适用于传统生物技术的生物过程技术。使生物技术的重要性得以提高的另一个原因是应用可再生性资源这股潮流,尽管其来势并非很迅速。已经有各种微生物能把生物量转化为有用的化学品,其中某些化学品可作为能源,对这些微生物还需要进行更充分的研究和探讨。而且,应用传统生物技术的产业对上述新生物技术正表现出兴趣。由于这些新技术有着广泛的可利用性,许多这类产业会在它们将来的经营范围内的某些环节中应用这些新技术。

生物技术对研究领域的冲击

有一点与本报告并没有直接的关系,但要加以说明的是,新生物技术,特别是DNA重组技术对生物研究领域的冲击。DNA重组技术已经使得人们大大地增进了对生命的基础,因而也包括对疾病的遗传基础的了解。今后十年的研究将使人们对癌症的机制,对疾病的遗传敏感性,免疫系统的功能,使人衰竭的疾病(如糖尿病与关节炎)的病因和大脑功能的某些知识,获得进一步了解。此

外，基因转移技术会达到这样的阶段，致使某些遗传病可能会得到治愈。看来新生物技术的主要益处将在于新生的基础知识的进展。因此，即使没有得自新生物技术的商业化产品，这些技术仍会对生活质量产生重大的冲击。

生物技术的多学科性质

生物技术与大多数技术的不同之处，在于它跨越了多种学科。想在生物技术的应用中有所造诣的人必须经受多学科的训练。例如，生物过程工程师需掌握某些生物化学和微生物知识以及工程设计知识，这样才能确保使微生物与反应器得到最有效的结合。同样地，植物分子生物学家要懂得植物生理学和分子遗传学这两种学科。从事用微生物强化石油回收的人们，需要进行应用于特定地理环境中的微生物学的训练。

生物技术的多学科性质，对教育和产业结构来说，有着广泛的涵义。为了在生物技术方面取得优势，大学需要吸取几个系的力量。从事多种经营的公司较之其他公司可能拥有其固有的优势，这是因为适于生产某一产品（例如一种药物产品）的成熟技术，可能经过改造而用来生产其他产品（例如食品添加剂）。

发展中国家的生物技术

尽管在本报告中没有详尽阐述，生物技术肯定也冲击了发展中国家。经遗传操纵的可适于在热带与沙漠气候中生长的植物可能会改善农业生产。不需要冷藏的疫苗对人类及其饲养的牲畜可能会有广泛的影响。小的地方工厂把生物量转化为酒精，会有助于解决作为能源的昂贵的石油进口问题。

由国家科学院和美国国际开发署召集的专题讨论会上讨论了生物技术在发展中国家的应用问题^[1]。这次会议的会议录，包括了建议优先研究的项目和开发各种对于发展中国家极为重要的各种生物技术产品的时间安排。此外，联合国工业开发组织（UNIDO）已建议成立一个生物技术国际中心^[2]。拟建立的中心将有50名任职科

学家，26个博士后学者和100名访问学者。每年预算将有860万美元，并且研究工作将集中在发展中国家的特殊问题上。

本报告不拟包括发展中国家的内容是由于两个原因：第一，发展中国家在较近的将来似不会与美国竞争市场。第二，所有处于竞争地位的国家，一般来说，在发展中国家里都具有相等的占有市场的机会，这就允许它们享有同样的占据国际市场的机会。某些发展中国家对第一个在其国内出售某一产品的国家给予优惠待遇，但是所有的国家都有同样的首次打入的机会。

地方为促进生物技术在美国发展所做的努力

许多州政府正在积极促进地方高级技术中心的建立，以刺激地方经济的发展，其中大多数包括生物技术中心，这些生物技术中心中最老的及最有名的是北卡罗里纳生物技术中心，在美国国会技术评价局的另一份预定于1984年发表的题为“技术革新和地方经济发展”的报告中已就这些中心的发展问题做了分析，本报告就不拟再做分析了。但值得指出的重要问题是，要花几年的时间才能偿还一个这样的中心所花费的成本。不能把地方生物技术中心看作短期内解决经济问题的手段。

本报告的内容编排

本报告分四部分。第一部分介绍新技术的科学背景，从而为生物技术的商业化问题的讨论打下基础。在这一章里讨论了重组DNA的构建，单克隆抗体的形成，与微生物大规模培养和起着特殊转化作用的固定化酶的应用有关的工程原理。每一节都着重于技术在产业中的应用，并指出了有待解决的问题。

第二部分概述了美国应用生物技术的公司和它的五个在生物技术方面的竞争者（日本、联邦德国、英国、瑞士和法国），讨论了老公司与新生物技术公司的合作程度对于决定竞争优势的相对重要性。这部分也讨论了生产供生物技术商业化应用的必需试剂和设备的公司，并分析了国内外的公司间的联合冒险。

第三部分的各章介绍了各个特殊产业部门应用生物技术的情

况。讨论的产业部门有医药、农业、特殊化学品和食品添加剂、环境应用、基础化学品和能源以及生物电子学。各章编排次序大体上与各个部门产品与工艺开发的时间顺序保持一致。大体上领先开发的部门被排在前面。在每一章的末尾概述了每一个特殊产业部门的未来发展的优先安排。

第四部分 析了据信是影响一个国家在生物技术方面竞争地位的一些特殊因素。这里只考虑了政府的政策可能发挥作用的那些因素。这部分的第一章介绍了分析的轮廓，其后的各章分析了特殊的因素，基本上是按其重要性顺序来分析的：私营部门的资金筹措和税收刺激，基础与应用研究的政府基金，人才的来源和培训，卫生、安全和环境法规，知识产权法，大学与产业的关系，反垄断法，国际技术转移和贸易政策，在生物技术方面的对策，以及公众的感受。本书第一章概述了每一个因素对于决定国家在生物技术竞争中的地位相对重要性和美国所处的地位。在整个第四部分，就如何改善美国在生物技术方面的竞争地位，审查了国会所关注的争议和一系列的政策抉择。

本报告是美国国会技术评价局1981年4月标题为“应用遗传学：微生物、植物和动物”^{〔3〕}的那篇报告的续篇。在那篇报告中已包含的大量有用的资料，此处就不再重复了。奉劝读者阅读那篇较早的报告，以求掌握更多的有关生物技术和市场预测的资料。

第一章 概 要

王作明 译 孙以宽 校

引言

技术

调查结果

生物技术国际竞争力的分析

在生物技术国际竞争中,可能产生重要影响的一些因素

争议和选择

引 言

在过去的十年中,选择和操纵遗传物质的能力的奇迹般的新进展,激发了人们空前地去关注生物体在产业中的应用。继1973年首次成功地把外源DNA定向地移植到寄生微生物之后,美国及其他国家的科学研究者们开始认识到有可能把细胞机制引向多种产业的产品和工艺的创新与改良上去。这些新的遗传技术在产业中可能的应用包括新的药物、食品和化学品的生产,有毒废物的降解,以及农产品的改良。因此,这些新技术从经济方面对整个世界的产业有很大的冲击。

大约从1976年开始,在美国兴建了许多小的企业公司,这些公司特别地依赖于分子生物学基础知识的进展,并利用它达到营利的目的。继而,美、日和欧洲的各种产业中的大的老公司扩展了它们的研究与开发计划,以便把新的遗传技术包括到里边去。在美国,1983年私人为这些新技术商业化的投资超过了10亿美元。

本报告估评了美国在与日本及四个欧洲国家(联邦德国、英国、瑞士和法国)竞争中的地位,这五个国家被确认为是下文所述的

“新生物技术”商业化开发的主要竞争者。虽然，美国在新生物技术的基础科学和商业化开发两方面当前都居世界领先地位，但在新生物技术商业化方面能否继续保持起始的优势，是不能确定的。日本和其他国家已经把新生物技术看作对经济发展是大有前途的一个领域，并因此对此领域的研究与开发给予大量的投资。本报告是对国会为改善美国在新生物技术发展中的竞争力所做政策抉择的鉴定。

定 义

广义的生物技术包括任何一种以活的生物机体（或机体的一部分）制作或改进产品，改良植物或动物，或培育专用微生物的技术。有史以来，人类一直在成功地利用生物过程和生物机体，而在这些年代中日臻完善。从文明史一开始，人类就特意选择生物机体来改善农业、畜牧业、烘焙和酿造业。较近期由于对遗传学有了进一步的了解，使得传统遗传学在诸如抗生素和化学品生产这样一些领域中得到了更有效的应用。

本报告着重于DNA重组、细胞融合和新生物过程技术的工业应用。为区别应用这些新技术的生物技术和比较传统的生物技术，本报告分别采用了“新生物技术”和“旧生物技术”这样两种提法。因此。例如，传统葡萄酒生产是旧生物技术，而以DNA重组改造了的酵母生产出含酒精度更高的葡萄酒，则是新生物技术。在下文中，单用“生物技术”一词而未特别做出区分的地方，则指的是新生物技术。

生物技术是把生物机体应用于实用目的的发展过程的新阶段。而且，目前生物技术的进展正为其他技术的兴起打下基础，而新技术甚至在短期内即可能使现在具有最大潜在用处的技术过时。当然，这一估计是在一个特定的时间内来描述生物技术的发展的，但必须强调的是在过去的十年里，不断的变化和进步一向是生物技术的特征。由图1可以了解到过去十年间能表明生物技术迅速发展的某些主要事件。这种进度很可能会持续到21世纪。

- 1973 基因首次克隆化成功。
-
- 1974 来自不同种的克隆化的基因在细菌中首次得到表达。
重组DNA技术首次在公共论坛(Gordon Conference) 上讨论。
-
- 1975 美国重组DNA研究规则草成 (Asilomar Conference)。杂交瘤首创成功。
-
- 1976 第一个开发DNA重组技术的公司在美国建立(Genentech)。
英国发起遗传操作咨询组 (U.K)。
-
- 1980 Diamond V. Chakrabarty——美国最高法院裁定微生物可按现行法获取专利。
Cohen/Boyer 关于用DNA重组技术构建生物的专利发表。
英国发布生物技术对策(Spinks' report)。
联邦德国发布生物技术对策。(Leistungspian)。
基因技术公司证券首次上市, 创华尔街股票价值增长最快记录 (20分钟 内 从每股35涨到89美分)。
-
- 1981 美国首次批准单克隆抗体诊断盒付诸使用。
首批基因自动合成仪出售。
日本发布生物技术对策 (通产省认定1981年为“生物技术年”)。
法国发布生物技术对策(Pellssolo report)。
Hoescht/Massachusetts General Hospital协定。
Cetus 公司证券首次公开上市, 创证券首次公开销售量的最高纪录 (1.15亿美元)
工业生物技术协会成立。
杜邦公司拨出1.2亿美元用于生命科学的研究与开发。
到年底已有80多个NBFs*成立。
-
- 1982 欧洲首次批准用DNA重组技术制作的动物疫苗 (抗球虫病) 付诸使用。
美国和英国首次批准用DNA重组技术生产的医药产品(人胰岛素)付诸应用。
第一个为临床试验提供资金的研究与开发合资有限公司成立。
-
- 1983 植物基因首次在不同种的植物中得到表达。
NBFs在公开市场集资达 5 亿美元。
-

资料来源: 美国国会技术评价局。

- * NBFs, 新生物技术公司 (专门从事生物技术的甘冒风险的新型公司) 的英文缩写, 在本书的大部分场合均用此缩写。与此相对应的是“Established companies”, 即有成就的公司 (在传统工业领域内从事多种产品的生产), 本书中一律译成“老公司”。

图 1 生物技术商业化大事记

技 术

把新技术应用于生物技术中，其功效卓著，因为它们可以对生物系统进行多方面的控制。作为新技术之一的 DNA 重组技术，可以直接操纵单个细胞中的遗传物质。定向地让细胞采用目的基因的能力，使我们对生物分子的生产的控制胜过以往任何时候。DNA 重组技术可以应用到广泛的产业领域中，构建微生物，由它生产出新产品，更有效地生产出现有的产品，或大量生产其他稀有产品。这一技术也可以只用来构建本身就有用的生物体，例如能降解有毒废物的微生物体或农业上的一些重要作物的新品系。

细胞融合，细胞的人工结合，把不同类型细胞的有用特性组合到一个细胞里。近来已有人用这一技术把某些癌细胞的不死和迅速增殖的特性与免疫系统的特定细胞产生有用抗体的能力结合在一个细胞里。由这一融合过程产生的细胞系，即所谓杂交瘤，会产生大量的单克隆抗体（MAbs）。之所以如此称谓，是因为它们是由单一的杂交瘤细胞的后代（即克隆）产生的。单克隆抗体可能有许多用途，包括疾病的诊断和治疗以及蛋白质的纯化。

DNA 重组和细胞融合技术在某些特定工业上应用能否成功地实现商业化，将取决于生物过程工程技术的进展水平。生物过程技术虽然不是一门新的遗传技术，却可以使生物生产方法适应于大规模工业应用。现在的大多数工业化生物合成都是单独地分批进行的，而且要从大量的细胞组分、营养物、废物和水中回收少量的产品。最近在固定化细胞或固定化酶和生物反应器设计方面的技术改进，正在促进着生产的增长，并使许多物质的回收更为便利了。此外，新的遗传技术可能有助于设计更有效的生物反应器、传感器和回收系统。在今后十年里，与生物技术有关领域里的竞争优势，既要取决于遗传学、免疫学和其他基础科学的革新，同时也在同样程度上取决于生物过程工程学的进展。

能够产生商业化产品的同一技术也会提供新的研究工具。上述新的遗传技术业已引发了基础知识的爆炸。DNA 重组和细胞融合

技术在植物、动物、微生物和病毒的各种生物现象的研究中的广泛应用，明显地反映出这些技术对基础科学研究和由其促成的基础知识进展所产生的影响。这种新知识反过来又可能提供新的商业化机会。

产 业 开 发

生物技术可能影响到任何一种现代产业的生物过程，或者任何一种可用生物催化剂来取代化学催化剂的工艺过程。如同在本报告中所讨论的那样，生物技术的产业应用将出现在几个产业领域中，包括医药、畜牧业和种植业、特殊化学品和食品添加剂、环境领域、通用化学品和能源的生产以及生物电子学。

最早应用新生物技术的产业领域是医药，新技术在医药领域中之所以迅速扩展是由于以下几个原因：

- DNA 重组和单克隆抗体技术是借助生物医学研究的资金而发展起来的，最初的生物技术产品，例如应用 DNA 重组技术生产的人胰岛素、干扰素和单克隆抗体诊断盒，都是生物医学性质的基础研究的直接结果，这种研究导致了这些新生物技术的出现。
- 医药公司对生物生产方法已有多年经验，这些经验使得它们能够发挥新生物技术的优势。
- 医药产品加工的增值是很高的，产品的作价可以收回研究与开发中所花费的成本，所以医药领域是着手开发耗资巨大的新生物技术过程的好地方。

因为新遗传技术向医药研究与开发计划迅速渗透，目前生物技术的商业化在医药领域中是最为活跃的。由于这个原因，在本报告的大部分篇幅中，它成了生物技术产业开发的典范。但重要的是要认识到生物技术在其他产业领域的开发总是有别于在医药领域中的开发。法规与行业的障碍，医药领域所独有的销售与分配系统，都限制了它作为典范的作用。而且，它向其他产业，如化学工业领域的技术扩展，可能不会那样迅速，这是因为化学公司在回收用于研究与开发和转用生物方法生产所需实际设施的投资方面存在着

困难。

调 查 结 果

生物技术的产业应用

生物技术在产业方面最早的(即在今后的 5—10 年内)的应用,可能出现在医药、畜牧业和特殊化学品上。生物技术在医药中的应用,当前有蛋白质(例如,胰岛素、干扰素和人血清蛋白)的生产,抗生素,单克隆抗体诊断以及防治病毒、细菌和寄生性疾病的疫苗。随着对于激素生长因子、免疫控制和神经多肽的进一步了解,它们在疾病治疗方面的重要性,会有奇迹般的增长。最后,这样的调节蛋白的生产,可能就是生物技术在医药工业中的最大应用。美国把生物技术应用于医药的公司包括许多老的医药公司和大量小的创业性的新生物技术公司(NBF)。此外,其他领域中的许多老公司也在把生物技术作为转向医药生产的一种途径。

在畜牧业中,正在用生物技术开发那些类似于在医药工业中所开发的产品。但是,由于动物生产者买不起用新生物技术制做的昂贵的产品,所以用生物技术生产的产品最初只能局限于供“高价”动物(例如,宠爱动物和种畜)所用的产品。最重要的产品很可能是疫苗和生长促进剂。

与医药生产不同,用传统的技术所进行的动物保健产品的生产,并没有被少数几个大公司所控制。此外,畜牧业不同于医药工业之处在于对动物保健产品,特别是对疫苗和诊断药剂的法规要求,明显地不象对人的保健产品那样严格。动物产品的市场较小,因而比较好销售,但分配与送货系统不同。由于这些特点,许多 NBFs 发现畜牧业是应用生物技术的一个富有吸引力的领域。

近期内生物技术在特殊化学品(即价格高于每磅 1 美元的化学品)和食品添加剂方面的有待开发的应用大概比任何其他产业领域都更具有多样性。这些待开发的应用包括对现有生物过程(例如氨基酸的生产)的改进。其他产品,例如维生素和类固醇化合物,现在是通过包括化学合成在内的多步骤生产过程生产的。生物技术可

能提供一个或多个酶促转化过程，来提高现在采用的化学转化的专一性。一般来说，复杂的产品（例如酶和某些生物多糖）只能用生物过程经济地生产出来。由于待开发的应用名目繁多，因而特殊化学品的生产为生物技术的应用提供了广阔的用武之地。几家美国公司正在竞相研究特殊化学品的生物法生产，但是目前大多数用生物法生产出来的特殊化学品几乎无一例外地是日本和欧洲出品的，而这些国家正打算探索生物技术在特殊化学品生产方面的新应用。

三、四年前，谁也未能料到 DNA 重组技术在种植业中应用的进展会如此之快。某些重要的植物性状，包括抗逆、抗除草剂、抗病虫害等性状，在遗传上看来都是相当简单的，在近年内可能将这些性状转移到作物中去。另一些性状，如提高生长速率，增强光合作用能力，以及促发固氮作用，在遗传上是复杂的，看来得等些年之后才能用以 DNA 重组技术来培育的、具备这些性状的植物进行田间试验。那些与植物相互作用的微生物，可望在近期内对其进行遗传操纵。例如，可以控制微生物，使其生产农药，或防止霜降。从事这类应用开发的公司包括许多 NBFs 和农业化学及种子生产方面的老公司。

生物技术在环境方面的应用，包括矿物质的浸取、金属的富集、污染的控制和有毒废物的降解以及强化石油的回收。由于人们对大多数待开发利用的微生物的遗传性所知甚微，因而这些方面的应用要兑现其价值，还得经过较长的一段时间。此外，可以预见，法规会成为影响这一领域进展的一个主要因素，因为在这些方面的应用中要将所用的那些微生物有意地放到环境中去。这种法规的性及范围尚不能确定，而这种来确定因素可能会妨碍某些公司进入这一领域，从而减缓了其发展。

现在以石油为原料生产的通用化学品，可采用生物量原料，如玉米淀粉及木质纤维素，利用生物法来生产。以玉米为原料的通用化学品，其生产的发展可能将先于以木质纤维素为原料的生产，这是因为要消耗很高的能量才能将木质纤维素增溶。虽然现在已有某些用成本低廉的生物法生产通用化学品（如乙醇）的技术，通用化学品

工业的复杂的内在结构，至少在20年内将成为采用生物技术方法生产来取代大量通用化学品的生产主要障碍。之所以会有这样遥远的时间间隔，除了生物技术应用中的技术问题以外，更主要的是由于化学工业的整体结构，它对石油原料的依赖性，以及它的盈利太低造成的。

在生物电子学领域，生物技术可用来开发先进的生物传感器，或新的所谓生物集成电路块的导电装置。现已有用酶来检测特殊物质的传感器，但由于其所能检测的物质范围狭窄和对温度的不稳定性，它们的应用受到了限制。生物技术手段可能有助于研制出更完善的用酶或单克隆抗体做成的传感器。较好的传感器在工业生物过程控制中总是特别的有用。应用生物技术也有可能组建一种元件，其中包括以蛋白质为骨架的，作用相当于半导体的分子。预料这些生物集成电路块的优点是体积小，可靠性强，并具有自我装配的潜力。但是，生物集成电路块的生产，是生物技术应用中最遥远的事项之一。

美国的竞争地位

由于美国有很发达的生命科学基础，由于它能冒着很大的风险而投资和具有创业精神，它已迈入了生物技术商业化的前沿。在大多数情况下，这个国家的法律和政策使实业家和科学家有可能迅速利用在大学系统和政府实验室中获取的生物技术基础研究成果，使之获得投资。美国产业在从事各种产品开发过程中的相对自由性，也为美国提供了一个较好的优势。由富有创业精神的 NBFs 及老公司所体现的美国产业系统的灵活性及手段的多样性，已经促进了生物技术在美国的迅速发展。

日本看来是美国的头号竞争者，这是由于两个原因。首先，日本在许多产业部门的公司，在生物过程技术方面拥有广泛的经验。日本并没有高超的生物过程技术，但是和美国相比，它有较多应用旧生物技术的工业生产经验，较多已有成效的生物过程装置和较多生物过程工程师。第二，日本政府已认准目标，以生物技术为将来的关键技术，正在对商业化开发进行投资，并正在协调来自产业、