

# 三论自然科学奖的评奖标准

盛 祖 嘉

(复旦大学生物系)

**【摘要】** 本文通过生命科学研究中的一些实例来讨论自然科学奖评审的两个方面:一是对于科研成果的评价,主要包括创造性、在开拓新的研究领域或推动学科发展中所起的作用以及对人类社会进步或国民经济建设中所起的推动作用;二是科学研究活动的内容,主要包括研究手段的建立、资料 and 数据的积累、新事物的发现、自然规律的发现和科学理论的创立。

可以把自然科学奖的评价标准看成是一个经纬交织的框架。“经”是对于科学研究成果的评价指标,主要包括:(1)创造性,(2)在开拓新的研究领域或推动学科发展中所起的作用,(3)对人类社会进步或国民经济建设中所起的推动和指导作用。“纬”是科学研究活动的内容,主要包括:研究手段的建立、资料 and 数据的积累、新事物的发现、自然规律的发现和科学理论的创立。对这些研究内容分别从上述三个评价指标去评价便能较为合理地评定研究成果的水平和得奖等级。本文试用生命科学中的一些实例来说明这一评价标准。

## 一、科研成果的评价

**创造性** 作者曾论述在自然科学奖的评定中应以创造性作为主要准则<sup>(1)</sup>,这是因为从根本意义来讲,自然科学研究是一项探索未知的活动,对此,过去已有论述,所以这里只就另外两个方面的评价加以论述。

**开拓研究领域和推动学科发展** 科学进步一方面是对某些事物逐步加深理解的过程,另一方面是不断开拓新的研究领域的过程。因此,一项科学研究成果是否起到开拓新的研究领域的作用以及它所开拓的领域的广度,可作为对该成果评价的重要指标。开拓新的研究领域有横向和纵向两个方面,这可用生命科学中的一项重要的发现为例来说明细菌的“有性”生殖以及通过“有性生殖”的基因重组的发现,开拓了细菌、放线菌、真菌等以及人类体细胞遗传学研究等领域,这是横向的开拓。60-70年代中,分子遗传学开创时期的研究材料几乎全部是大肠杆菌和它的噬菌体,这一事实充分说明细菌“有性”生殖和基因重组的发现开拓了分子遗传学。接着在分子遗传学研究中,而且也在细菌中,发现了与细菌的耐药性有关的质粒,以后又发现了限制酶,在这些发现的基础上终于出现了遗传工程。所以,可认为继分子遗传学以后这一发现又开拓了遗传工程,这便是纵向的开拓。从这一发现所起到的对于新的研究领域的横向和纵向开拓的广度,可以看到它的重要意义(因此发现者获得了诺贝尔奖)。而且,这一发现所开拓的新的研究领域也是新的学科,而许多研究成果开拓的新的研究领域只限于本学科范围,对后者的评价当然不如前者,不过同样可以按照它开拓的领域的广度给以适当的评价。至于起不到开拓作用的研究成果,那只能看它在推动学科发展中所起的作用,它所推动的是本分

支学科或本学科甚至其他学科来加以评价了。

达尔文的进化论的影响可以认为超出了生命科学。在生命科学的早期研究中,人们从比较解剖学、胚胎学、分类学、动植物分布等等学科中寻找生物进化的证据。在现代生命科学研究中,人们又在分子水平上探讨生物进化的规律。生物进化观点是贯穿整个生命科学的中心观点,也是许多生命科学分支学科研究的共同焦点。非但如此,进化观点也影响社会科学研究,影响人们对本身在自然界的地位的认识。

另外,还可举一例来说明一项科学研究成果是怎样推动本身以及其他分支学科发展的。操纵子理论是细菌遗传学研究中的一个重要突破,也是遗传学研究中的一项重要突破。它的要点是说一个细胞中具有某一基因并不保证它必然产生它所编码的蛋白质。这一蛋白质的产生与否决定于另一些控制这一基因的基因,这些基因称为调节基因,受它控制的基因称为结构基因。这一创见大大地推进了遗传学的进展。此外,它还推动了生命科学中一些其他学科的发展。例如发育生物学,那是因为在现在已经普遍地认识到个体发育是在各个发育阶段中某些基因被控制而处于活泼状态,另一些基因则被控制而处于不活泼状态的结果。又如内分泌生理学,那是因为现已普遍认识到许多激素可以促使某些细胞中的某些基因处于活泼状态而发挥作用。当然多数研究成果只能起到推动本分支学科发展的作用,而且所起的作用大小不一。总之,可根据研究成果对推动学科的面和作用的面的大小来进行评价。能推动本身以外的学科的发展者理当得到高的评价,正因如此,操纵子学说的创立者获得了诺贝尔奖。

**对人类社会进步或国民经济建设的指导和推动作用** 关于基础研究和国民经济建设的关系,本文作者已另有论述<sup>(2)</sup>。概括起来,自然科学中的创新可以三种形式有效地推动工程和技术的发展:(1)某些自然规律的认识可使产品更新换代,(2)某些自然规律的认识可影响许多种类的产品,(3)许多似乎无关的规律的认识汇合在一起可产生意想不到的效果。前两者可以举遗传工程为例,后者可用 DNA 体外扩增反应(PCR)为例,它是 DNA 体内复制机制研究和嗜热细菌研究这两项基础研究汇合出现的一项新技术。

把自然科学研究成果应用到国民经济建设中去往往也需要创新,不过它和自然科学研究中的创新性质不同。自然科学研究着眼于原理上的创新;而工程、技术中的创新是对已有原理的创造性的运用,包括发明在内。自然科学研究中的创新往往不具有直接的社会或经济效益,但对人类社会进步或国民经济建设常具有指导和推动作用。因此对于自然科学研究成果的评价着眼于后者而不是前者。对人类社会进步或国民经济建设具有重大的指导和推动作用的研究成果应给以高度评价,但是一项有重要学术意义的研究成果不应由于对人类社会进步或国民经济建设暂时看不到任何指导和推动作用而被低估。

青霉素的发现纯属偶然且非常简单:在培养细菌的培养皿上看到长有青霉菌的四周没有细菌生长。这一发现在学术意义上无非说明生物之间的颞颞现象,说不上是重要的创见,可是这一发现开创了一代新药,它的社会效益和经济效益十分巨大,理应得到高度评价,发现者因而获得诺贝尔奖。

自然科学研究重在创新,所以,一般来讲首创比改进应得到更高的评价。可是,如果后者对于人类社会进步或国民经济建设有重大意义,那么恐怕对于两者的评价又当另行考虑了。说明这一观点的一个极好的例子便是 PCR 技术。1985 年美国 Cetus 公司的研究人员首先应用大肠杆菌的 DNA 多聚酶进行 DNA 的体外扩增。由于这种酶是不耐热的,使这一技术的

推广应用受到局限。1988年在改进的PCR中采用了来自嗜热细菌的耐热的DNA多聚酶,于是这一技术引起广泛的重视和迅速的推广。从1985年到1987年有关PCR的论文不到十篇,而从1988年到1990年间这方面的论文不下千篇。它除了在分子遗传学和遗传工程研究中已显示出巨大的生命力外,在病毒学、动物学、古生物学、人类学等等学科的研究中也都有用。至于在国民经济建设中应用价值更广泛,例如在医学中应用在遗传病的产前诊断、潜伏性病毒的检测、早期胎儿的性别鉴定、传染病的诊断等等;在畜牧业中,可用它来进行胚胎的早期性别鉴定,使胚胎分割等新技术的应用更见成效。此外,还可应用在司法和罪犯的侦察等领域。由此可见,从对人类社会的进步和国民经济建设的指导和推动作用来看,改进的PCR重要意义远远超过原始PCR。不过,虽然前者的创造性不如后者,也应给以较高的甚至相等的评价。

## 二、评价内容

自然科学的研究内容包括研究方法的建立、新事物的发现、数据和资料的积累、自然规律的发现和理论的创建。它们之间的关系可以用一些事例来说明:

### 1. 关于细胞分裂的研究

显微镜的发明→细胞分裂的发现→众多生物中的观察→细胞分裂周期的发现→细胞分裂机制  
(研究手段) (新事物的发现) (资料的积累) (规律的发现) (理论的创建)

### 2. 关于DNA分子结构的研究

化学分析方法→DNA的四种碱基→众多生物的DNA分析→四种碱基含量之比→DNA双螺旋模型  
(研究手段) (新事物的发现) (数据的积累) (规律的发现) (理论的创建)

### 3. 关于昆虫分类学研究(一般不需要特殊研究手段)

某种昆虫的发现→大量同类昆虫的研究→分类检索系统建立→种系发育系统和生物进化观点  
(新事物的发现) (资料的积累) (规律的发现) (理论的创建)

下面将就这些内容分别进行讨论。

**研究手段** 自然科学的研究对象是自然,严格的讲,研究手段不属于自然科学研究对象。可是进行自然科学研究必须要有一定的手段,而且研究手段的创新能推动研究工作的发展,甚至开拓新的研究领域。自然科学研究中不乏独立的方法学研究,诺贝尔奖获得者中也有一些因方法学上的重大创新而获奖的,例如放射免疫标记和单克隆抗体技术便是。

研究手段包括研究方法和技术,后者也包括仪器的创新,例如华勃氏呼吸器。生命科学研究的最早阶段完全依靠对自然现象和生物对象的观察,而且是整体水平的观察。现代的生命科学研究则很少不用到仪器,而且仪器日益精密复杂。不过在自然科学研究中仪器的重要意义在于解决问题而不在于它的复杂性。微生物学中应用最广的“仪器”是培养皿,一种有盖的玻璃碟子。它是如此简单,以至于一般并不把它称为仪器。但迄今没有一种仪器可以取代它的位置(即配合特定成份的培养基的应用可以在上亿的细菌中检出某些生理生化特性有别于其他的个别细菌),而且甚至很难设想今后有怎样的仪器会取代它。一般的仪器的复杂程度当然和培养皿有天壤之别,不过它们在自然科学研究中的重要性同样取决于它解决问题的效率而不在于它的复杂性。

研究手段有不凭借于仪器者。这类方法学上的创新的一个极好的例子是细菌的“有性”生殖所赖以发现的方法。细菌能否进行“有性”生殖这一问题在30年代早已有人提出而且试行

通过实验来回答,可是直到40年代中才取得确切的正面答案,其原因便是采用了合理的方法。该方法的操作非常简单,所用的“仪器”便是培养皿,然而如果没有这一创新便没有微生物遗传学、分子遗传学和遗传工程,或者至少它们的出现要推迟若干年。

研究手段的评价当然仍以创造性为首,但是重要的改进又当别论,例如PCR便是。

对于研究手段的评价还应考虑它的应用范围。培养皿广泛应用于微生物学研究,而且在人类和动植物体细胞遗传学研究中也常应用,但是它所起的作用比较局限,不象示踪元素那样在生命科学研究的许多方面都有重要的用途。细菌的染色方法的应用范围只限于细菌,但是不同的染色方法的应用范围不同。革兰氏染色对于鉴别每一种细菌都属必要,它的重要性显然高于只用于鉴别某些特性的染色方法,例如专用于鞭毛的染色方法。

对于研究手段的评价还应考虑由它衍生的研究手段。例如由最原始的柱层析衍生出纸层析、薄板层析、离子交换、亲和层析、凝胶过滤以至气相层析等等。又如由示踪元素的应用衍生出放射免疫标记和酶标记等等。这些事实说明柱层析和示踪元素方法的创新的重要意义不限于这些方法本身。

在生命科学研究中实验仪器的创新有时带来研究工作的飞跃发展。例如华勃氏呼吸器、显微操纵器等等。这些实验仪器的创新使人们可研究已往无法进行研究的自然现象,使人们可以回答已往无法回答的问题,它们属于方法学上的创新,但不同于无非使实验更为省事的器械方面的创新。例如最初的PCR都是手工操作,现已有自动化的PCR仪器,使操作大为简化,可是它在原理上没有任何创新之处,这种创新可申请专利,但不属于自然科学奖范畴。

**新事物的发现** 新事物的发现主要指具体事物的发现,在生命科学范围内包括新的生物种类,亚细胞、细胞、器官、个体等各个层次上的形态、结构、成份等等方面的发现。

发现意味着首创。除此以外,一项发现的重要性还取决于它的科学意义,下面将举诱变剂的发现为例来说明。最先发现的诱变剂是X射线。除了这是第一个发现诱变剂以外,这一发现还说明虽然基因世代相传,其实却是可以改变的(因此发现者获得了诺贝尔奖)。接着发现了氮芥是一种诱变剂。除了这是首次发现的化学诱变剂以外,这一发现还暗示人们基因突变必定是一种化学变化。接着又发现天然碱基的结构类似物是诱变剂,这一发现的意义在于说明基因突变所涉及的化学变化的性质。这些发现逐步地引导我们认识基因突变的本质,它们在科学发展中所起的作用十分明显。至今,已知的诱变剂已经不下数百。在这数百种以外若再加上一种,其科学意义,一般来讲则是微不足道了。

自然科学研究中的重要发现往往能改变人们的传统观念,所以也常有开拓新的研究领域的作用。X射线诱发基因突变的发现是一个例子。此外,如神经传导通过乙酰胆碱的发现,改变了人们认为神经传导是物理现象而与代谢作用无关的传统观念;核酶(ribozyme)的发现改变了人们认为只有蛋白质才具有催化作用的传统观念等等。这些发现者都获得了诺贝尔奖,足以说明这些发现的重要意义。以上种种事例都说明同是发现,对它的评价应作具体分析。

**数据和资料的积累** 数据和资料的积累在自然科学研究中的意义在于一方面它为基础研究提供依据或素材,另一方面为国民经济建设提供资料或数据。

在分子遗传学研究中DNA核苷酸顺序分析方法的建立是研究手段的一个十分重要的创新。今天已经测定核苷酸顺序的基因数以千计,所以除非有特殊的意义,否则测定一个基因的核苷酸顺序并不能认为是一种创新而只能认为是资料的积累。现在国际上已经有这方面的数

数据库可供查用。这类资料不只是对于理论的探讨有用,而且在生产实践中也有用。例如在胚胎分割这一新技术的应用中要求及早知道胚胎的性别。应用 PCR 技术可以鉴定早期胚胎的性别,而它的先决条件便是家畜的有关性别的 DNA 核苷酸顺序。

动植物种类的调查研究是生命科学研究中的一项重要资料性工作。它一方面为分类学、生态学、生物进化等基础研究提供资料,另一方面它在国民经济建设中资源利用、环境保护、国土整治起着重要的作用。我国生物物种丰富,家养动植物的某些野生种如野生大豆资源等更是举世瞩目。

生命科学有别于其他自然科学的是生物具有个性。地球上不同地区的同一种化合物具有相同的性质,可是不同地区的同一种生物却不一定相同。所以虽然在资料调查工作中新种的发现是创新,即使没有发现新种也有一定的创新意义。由于资料工作的特殊性,对它的评价除了创造性以外还应该考虑工作量、系统性甚至工作的艰苦性。

**自然规律的发现** 自然规律也象具体事物一样是自然界所固有的,只是它往往必须通过一定的数据或资料积累,或者通过实验和观察并加以理性归纳才能完成。

生物界和生命活动中的规律体现在群体、整体、细胞或亚细胞水平上,也体现在历史发展过程中。植被的更替是历史过程中,也是群体水平上的自然规律,候鸟的迁徙和鱼的迴游是群体水平上的自然规律,动物的 24 小时节律是整体水平上的自然规律,细胞分裂的周期性是细胞水平的自然规律,酶活性在一定条件下的体现是亚细胞水平的自然规律。这些自然规律都出现在特定的生物对象上。不同生物对象上出现的同一种现象可能具有不同的生物学意义,所以在一种动物中发现的 24 小时节律是创新,在另一种动物中发现的 24 小时节律也可能会有创新意义,不过对于自然规律的认识的创新性来讲,当然前者远远超过后者。这一观点也适用于其他方面的评价。如果换一生物,重复前人工作而一无新意,那么对它的评价又当别论。总之,创造与模仿有天壤之别。

**理论的创建** 理论是对于自然的认识的高度深化、系统化和概括化。现象发现所回答的是“是什么”,规律发现所回答的是“怎样”,理论创建所回答的是“为什么”,这便是认识的深化。理论可以把貌似无关的事物纳入一个共同的认识框架中,这便是认识的系统化。理论能从令人眼花缭乱的现象中抽提出它的要领,这便是认识的概括化。由于科学理论的这些作用,使它具有另一重要作用,那便是它的预见性,包括在自然科学中的预见性以及国民经济建设中的预见性,后者也就是对生产实践的指导作用。自然科学中的理论常以定理、模型、学说、假设等等形式出现。定律则实质上是规律而不是理论。

理论不是自然界所固有的,它是人们对于自然的认识和理解。因此理论有正确或错误之分,片面或全面之分,甚至有真正或假冒之分。在遗传学的发现史中曾出现融合性遗传学说和颗粒性遗传学说之争。现在已经普遍地认识到颗粒性遗传学说(具体地讲是染色体遗传学说)是正确的,任何融合性遗传学说都是错误的。对于一个学说的评价当然首先衡量它的正确性,然后衡量它的对自然认识的深化、系统化和概括化的程度,同时恐怕也得看名为学说的一种见解是不是应该称为学说。例如植物的雄性不育有起因于核和起因于细胞质的,也有的是两者相互作用的结果:把水稻的雄性不育的原因归纳为两种而称之为两型学说,这“学说”显然不是真正的学说。

与上述情况完全不同的是假设。假设是在已有研究工作基础上提出的未经充分验证的理

论。对于假设的评价首先在于已有工作基础和所提出的假设之间的逻辑性,其次是这一假设对于科学发展的推动作用,包括验证这一假设的实验工作,至于这一假设以后是否被实验所验证则是次要的。遗传学中“一个基因一种酶”的假设是40年代初提出的,该假设的实验根据是假设提出者本人长期以果蝇和脉孢菌为材料的研究结果。从实验结果到假设的提出之间的逻辑思维在生物学中是经典性的(因此假设提出者获得了诺贝尔奖),可是对于它的真实性,在50年代初还有争论。通过约50年来多方面的工作才终于验证了这一假设的真实性,使它成为分子遗传学的一个奠基石。回顾这一段历史可以看到,即使它的真实性终于被否定,它的推动科学发展的作用并不因此而减色。

### 三、总结性的讨论

虽然在上文中尽量把科学研究的各个方面做了分析,希望有利于准确地对自然科学研究成果进行评价,而实际情况远比本文所举的实例更为复杂。下面将对一些共同性的问题作进一步的分析。

**长期评价问题** 目前我国国家自然科学奖的评奖制度是每两年一次。虽然参加评审的成果并不排除是多年工作的积累,不过经过几次评奖以后,这类成果将逐渐减少。可是从上文看来,许多科研成果的评价需经长时间的考验,理论的错误与正确是这样,一项发现对于开拓研究领域所起的作用是这样,一项研究手段是否衍生出其他有用的研究手段也是这样等等。转座因子是分子生物学中的一项重要发现(发现者因此获得诺贝尔奖),但在40年代末到50年代初,在玉米中所发现的转座因子在当时并没有引起人们的注意,直到60年代末在许多其他生物中开始陆续发现了转座因子,它才受到重视,终于使第一个发现转座因子者在30余年以后才获得诺贝尔奖。这是一个十分典型的例子。在实行现行评奖制度中如何克服这方面的困难这里不再深入讨论。

**各项内容的相对比重问题** 在自然科学研究中一般是事物的发现在先,接着是资料 and 数据的积累,自然规律的发现,然后才是理论的创建。理论是对于自然认识的高度深化、系统化和概括化,而且理论具有预见性和对于生产实践的指导作用。但这是否意味着理论高于一切呢?作者认为至少在自然科学奖的评审中这一观点是不可取的。姑且不论一个学说可以是假冒的或是错误的。即使是正确的理论,它的系统性和概括性以及对自然的认识的深度仍然可以千差万别。另外从创造性这一角度来看,一项研究手段的创新性不一定低于任何一个理论。再就对国民经济建设和人类社会进步的影响来看,一个自然现象的发现可以远远超过一个理论的创建,青霉素的发现便是一个例子。单纯地从学术意义来看,恐怕地球外生命的发现的重要意义决不下于一些并不具有突出科学意义的理论,更不用说地球外智力的发现了。大体上来讲,各项内容可以分别在各自同类成果中比较高下,而一项研究成果如果涉及各方面的内容,则可按最高档次论。

**关于评价用语问题** 在关于科学、技术的评价中常用国际水平、国际先进、国际领先、国内首创等用语。这些用语的麻烦是各人对它们的理解往往并不一致。有一些人把国际水平理解为外国人能做的事我们也能做。现代生命科学研究往往需要价值昂贵的仪器设备,因此也有一些人甚至把仪器设备也包括在研究工作的评价中。当然一定的装备以及使用这些装备的技术都有必要,而且要把科学推向前进也往往先要做到别人能做的事。不过引进设备或者进口

零件进行组装以生产合格的产品,只要为了满足正当的生活需要或者为了创汇都有积极的意义。可是从工业现代化角度来讲,还得问一问吸收、消化如何?经济效益如何?管理水平如何?布局合理性如何?是否造成环境污染等等。更何况自然科学研究贵在创造性。在这个意义上,应该说只有创造性达到国际水平才是研究成果达到国际水平。

对于国际领先一词同样有不同的理解。一种理解是这一项工作世界上只有我在做,但这也并非别人忽视了它的重要性,而是它的意义太不重要。另一种理解是这一种生物只有我国才有,所以研究它便是国际领先,严格地说,只能讲这一资源是国际领先。至于关于这一生物的研究工作是否国际领先仍得用上述的指标去评价。

再说国内首创。所谓国内首创在一些鉴定会上常是仿制成功的代用语。科学进步是没有国界的,所以只有首创与模仿之别,没有国际首创与国内首创之别。仿制在工业中有一定的重要性,可是在科学研究中一无意义。

因此,在评价科学研究成果时,与其用这一类各人对它可能有不同理解的评语,不如明确地指出它的创造性何在,它在学科发展或推动或指导国民经济建设中有什么意义。

本文所举例子都是国外的研究成果,这并不是厚彼薄此,而是因为本文无意为国内的研究成果作出评价。对于已经获奖的研究成果既无意再加评论,对于还没有评奖的研究成果的评价也是今后的评审委员会的事。本文的个人见解至多只能提供评审委员们参考。希望能在评审专家中间取得比较一致的认识和比较合理的标准,这将对我国自然科学奖的评审工作不无裨益。

本文写作过程中曾与复旦大学的周德庆教授和周纪伦教授进行有益的讨论,深表感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 盛祖嘉,练永宁,再论自然科学奖的评奖标准,《中国科学基金》,1990,第2期。  
[2] 盛祖嘉,基础研究为生物工程高技术发展铺路,《中国科学基金》,1989,第4期。

## FURTHER DISCUSSION ON THE CRITERIA FOR THE EVALUATION OF AWARDS FOR NATURAL SCIENCES

Sheng Zujia

(Fudan University)

### Abstract

The system of evaluation of awards for natural sciences may be considered as a two dimensional framework. One dimension is the criteria of evaluation including initiativeness, the opening of new fields of investigation, and the promotion of social progress and economic development. The other dimension is the components of scientific investigation including the development of methodology and technique, the discovery of new phenomena and law of nature, and the verification of hypothesis and theory. The scientific achievement of a piece of work may be divided into these components and their relative importance may be evaluated with the forementioned criteria.