热点地区与 GAP 分析研究进展*

李迪强¹ 宋延龄²

1(中国林业科学院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

2(中国科学院动物研究所, 北京 100081)

摘 要 生物多样性保护的优先性研究是目前资助机构和保护专家关注的热点,热点地区分析和 GAP 分析是进行生物多样性优先性分析的两种方法。热点地区分析是根据物种丰富度和特有度,探讨怎样以最小的代价,最大限度地保护区域的生物多样性。GAP 分析综合考虑区域陆生脊椎动物物种、土地覆盖类型及土地所有权和保护状况等方面信息,在保护土地管理实践中,使具有代表性的植被类型、重要物种都得到保护。本文介绍了热点地区和 GAP 分析的概念、基本假设、步骤以及在生物多样性保护中的应用。

关键词 热点地区, GAP 分析, 生物多样性保护

Review on hot spot and GAP analysis/LI Di-Qiang¹⁾, SONG Yan-Ling²⁾

Abstract Priority setting for biodiversity conservation is a major concern for funding agencies and conservationists. Hot spot analysis and GAP analysis are two kinds of methods for priority setting. Hot spot analysis attempts to protect maximum biodiversity under limited funding supports based on species richness and endemism. GAP analysis was developed as a coarse-filter approach to protect biodiversity, provided an overview of the distribution of terrestrial vertebrates and land cover types, relative to special management areas and land ownership. GAP analysis seeks to identify "gaps" (i. e., vegetation types or species not adequately represented in areas managed for long-term maintenance or natural system) that may be filled through changes in land management practices. This concepts, assumptions, basic steps and applications of hot spot analysis and GAP analysis were discussed in this paper.

Key words hot spot analysis, GAP analysis, biodiversity conservation

Author's address 1) Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

2) Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100081

物种灭绝是一个世界性的问题,也是保护生物研究的焦点。有报告表明每年约有 1000 个物种灭绝,并且在不久的将来灭绝速率可能达到每年 5000 种(Franklin, 1993 ;Noss & Cooperrider, 1994)。目前有些物种即使数量很大,也可能因为人类活动和气候变化而迅速灭绝。如果这些估计是正确的,单纯确定哪个是濒危物种就是一件难以应付的工作(Meffe & Carrol, 1994 ;Olson & Dinerstein, 1998)。近年来,保护生物学家已经注意到,人类活动导致生境丧失是对生物多样性的最大威胁,保护单一物种的作用是十分有限的,所以应该从更大尺度上来进行研究,即充分利用已有的信息,在多物种水平与生态系统水平研究保护对策,至少保证所有生态系统类型和生境出现在区域保护区系统中(Scott et al. ,1993 ;Noss & Cooperrider , 1994)。生物多样性保护的地区和国家的优先性研究受到人们的高度重视。地球上生物的分

布并不是均匀的,所以保护学家首先应该确定要保护的最重要的地区。热点地区分析(hot spot analysis)就是探讨怎样以最小的代价,最大限度地保护区域的生物多样性。在热点地区分析的基础上进行就地保护,保护野生生物栖息地,在热点地区建立自然保护区与国家公园(Meffe & Carroll ,1994)。

GAP 分析即保护生物多样性的地理学方法(A Geographic Approach to Protect Biological Diversity) ,综合考虑区域植被、重要濒危物种适宜生境的分布、土地所有权和保护区等方面的空间信息,利用地理信息系统进行空间分析,找出不同植被类型、单个重要物种分布与保护区之间的间隙,在较大空间尺度上,提供一个地区的生物多样性组成、分布与保护状态的概况,寻求没有出现在生物多样性保护区网中的植被型和濒危物种的保护空白地区,以便在土地管理实践中或通过新建保护区来填补。在保护实践中力求达到既保护濒危物种,又保育一个地区的生物多样性的双重目标,从而保证在保护计划中,有代表性的植被类型、重要物种、生物多样性高的生态系统都得到保护(Scott et al. ,1993 ;Noss & Cooperrider ,1994)。GAP 分析为区域热点地区分析提供了一种方法框架。

1 热点地区分析

确立生物多样性保护行动的优先序列一直受到人们关注,对于有效使用和节省人力、物力和时间具有重要的意义。生物多样性的热点地区被认为是本地物种多样性最丰富的地区或是特有物种集中分布地区(Myers ,1990 ;Noss & Harris ,1986 ;Bibby ,1992)。生物多样性分布中心的概念与生物多样性的热点地区有相似的定义(王献溥,刘玉凯,1994)。在水文、地质、景观、野生动植物等方面具有突出价值的区域称为生态敏感区(“ 东亚保护区行动纲要 ”编写组,1994),在进行保护优先性排序时,要求受到特别重视,也被称为热点地区,要求得到保护。热点地区是生物多样性最丰富、最敏感的地区,这些地区生物多样性具有不可替代性与不可恢复性,所以经济发展造成热点地区生物多样性损失是不可接受的。在土地管理实践中,热点地区是保护最优先的地区,代表性地点和生物多样性最丰富地区受到最好的保护(Austin & Margules ,1986)。建立保护区系统捕获热点地区,是为了保证一个地区的所有典型的物种和生态系统得到保护。

1.1 热点地区研究的方法

进行热点地区的研究,一般包括以下几个步骤:首先确定需要研究的区域,根据研究目的确定分区的边界,然后对各区收集资料,选择考虑的物种类群和指标。

热点地区边界的确定根据研究目的而定。一个是利用已有的行政边界,进行国家之间或省之间的保护优先性比较。由于一定的行政边界内资料,特别是人口、社会经济方面的资料比较完整,因此物种调查资料容易获得,所以该方法得到普遍应用。如通过国家之间的比较得出生物多样性特别丰富的国家(Mittermete & Werner ,1990 ;Myers ,1988 ,1990);中国不同省之间的比较(马敬能等 ,1988),得到不同省之间的生物多样性丰富程度,对确定国家生物多样性行动计划具有指导意义。然而该方法没有反映出自然保护中最关键的实际急需保护的地区,行政边界常常掩盖了真正需要投资保护的地区。生物多样性的热点地区研究应该在相对比较完整的生态系统之间进行。WWF 组织了全球和中国的热点地区的研究,以自然生态区(ecoregion)或生物地理单元(biounit)作为边界,对它们之间进行比较(Olson & Dinerstein ,1998)。

探讨生物多样性保护的优先地区及其优先次序的文章很多,主要标准是物种多样性高、特

有物种多、受到灭绝威胁严重的地区(Moran et al. ,1996 ;Myers ,1988 ,1990 ;Tear et al. ,1993)。在考虑物种时有不同的选择 ,一般选择资料比较齐全的如高等植物或高等植物中的一个类群 ,脊椎动物和特别昆虫类群(如蝴蝶)等 ,用来进行热点地区的分析。为了将生物多样性的保护与投资结合起来 ,提出了投资的费用 - 效益指数(CEPII) ,将生物多样性保护行动的成功概率、生物多样性的受威胁程度结合起来 ,并对全球部分地区的优先性进行了分析(Moran et al. ,1996)。

1.2 全球的生物多样性热点地区研究

热带雨林是物种分类单元最为丰富的地区 ,同时也是物种损失最严重的地区。热带生物学研究优先性委员会根据生物多样性的丰富度、物种特有性及森林破坏速度等综合分析提出了 11 个需要特别重视的热带地区。Mayers 利用类似的方法也确定了 10 个关键森林地区 ,称之为热点地区 ,利用植物物种作为指示。这 10 个地区约占原始热带森林总面积的 3.5% ,全球陆地面积的 0.2% ,却拥有 27% 的高等植物 ,其中 13.8% 是特有物种。在此之后又补充了 8 个陆地热点地区 ,包括 4 个热带森林区、4 个地中海气候类型的地区 ,在这点总面积 0.5% 的陆地面积上集中了 20% 的植物种。该方法强调高生物多样性的热带生态系统。有人认为 ,国际保护优先研究的第一步应该是确立生物多样性较丰富的国家 ,保护计划必须由主权国家来制定。因而根据种或更高级的分类单元类群、物种总数、特有种数目等提出了“生物多样性特丰国家”(Megadiversity Countries)的概念 ,发现巴西、哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁、中国等 12 个生物多样性特丰的国家 ,占全球 60% ~ 70% 的多样性(Mittermeete & Werner ,1990)。多样性特丰国家对各生物类群的生存有关键性的作用。特丰多样性的研究使高度特化、具有战略意义的多样性特丰国家成为关注的中心。世界自然保护基金会(WWF)在全球尺度上 ,利用主要的生态区为边界 ,为保护代表性生物多样性和生态过程 ,将全球特别具有代表性的生物多样性丰富地区划分出 200 个热点地区(Olson & Dinerstein ,1998)。

1.3 中国生物多样性热点地区研究

在不同地理尺度水平会出现各自的生物多样性热点地区 ,在热点地区研究中至少要在区域、国家和地区三个层次进行研究 ,所以自然保护优先性的评价也应在从全球到地方的不同尺度上进行(Noss & Cooperrider ,1994)。在较小的尺度上 ,人们强调在不同的生物区内进行热点地区研究。在以国家为边界的热点地区研究中 ,中国被认为是全球生物多样性特丰的国家之一。在全球 200 个热点地区中 ,有陆生生态区 10 个 ,包括印支亚热带湿润森林 ,中国东南亚热带森林 ,台湾山地森林 ,海南岛森林 ,东北、新疆、中国中部、东喜马拉雅山针叶阔叶林 ,东喜马拉雅山高山草甸 ,青藏高原草原等。海洋、海岸带和淡水生态区有 5 个(Olson & Dinerstein ,1998)。在《中国生物多样性行动计划》和《中国生物多样性国情研究报告》中 ,根据物种丰富度和特有种的数量等提出了包括横断山、新、青、藏交界的高原山地、滇南的西双版纳、海南岛中南部、秦岭、长白山、天山等 11 处陆地、4 个沿海滩涂、东北三江平原和长江中下游地区湖区的湿地以及三个海洋类地区为生物多样性的关键地区。

1.4 热点地区分析的局限

热点地区分析方法主要适用于大尺度的研究。由于多方面的限制 ,一方面在进行大范围的生物多样性分析时 ,只是利用已有的物种编目资料 ,并且这些数据具有一定局限性 ,用于热点地区研究的有些资料能够精确到 5% ,而有些则是有关地区多年从事这方面研究的专家估计出来的。另一方面因为生物多样性出现在不同的组织水平 ,所以热点地区分析也应该在从基因、物种、群落生态系统和景观的组织层次进行。热点地区研究对于生物多样性的保护战略

制定具有十分重要的意义。

在考虑物种和生态系统多样性时,应在不同尺度上进行。应考虑在全球、洲、国家、地区等不同尺度的特有动植物区系、生境和生态过程。特有性与物种丰富度不是完全相关的,特有性高的地区是那些真正的岛屿、隔离山峰、沙漠绿洲等特殊生境。因为这些地方面积有限,所以具有高的灭绝危险,应该包含在保护区之内。在实践中,敏感种和特有种受到特别注意后,植被可作为其它生物多样性的代表(Noss & Cooperrider, 1994 ;IUCN, 1993)。

热点地区分析只是提供了一个分析方法,并没有告诉人们如何去进行保护,也并不是所有的热点值的大小都与需要保护的度直接相关(Ginsberg, 1999)。目前针对不同的生物分类单元分别进行热点地区分析仍受到人们重视,如特定生物类群关键生境的保护,如鸟类保护的关键地区、迁徙鸟类的保护网络等。热点地区的提出,为人们指出了生物多样性保护的注意方向。在研究中,人们进一步发展了该思想,而 GAP 分析则是将寻找热点地区与保护对策结合起来,提供了有效的研究方法。GAP 分析认为在地区尺度上探讨生物多样性保护时,应该找出物种多样性高、对人类活动敏感地区、特有物种集中分布地区和代表性的生态系统,使之得到充分保护。在每一个特定生物区内,最大限度地保护生物多样性的先决条件是尽可能确定一个包括每一个物种的保护区网(Margules et al., 1988 ;Pressey et al., 1994)。

2 GAP 分析

1988 年, GAP 分析作为一个国家项目得到美国国会批准,各州都分别开展了这项工作。从此以后,与 GAP 分析相类似的研究在整个北美、欧洲、东南亚和澳洲的很多国家和地区展开(Scott et al., 1993 ;Noss & Cooperrider, 1994)。我国在地区生物多样性研究中也把 GAP 分析概念用于保护区的设计。因为 GAP 分析不仅根据种和生境确立了热点地区,而且提供了一个确定如何进行土地管理的框架。GAP 分析使用实际植被型的分布(利用卫星影像资料),利用脊椎动物(也可加上其它分类单元,如蝴蝶)作为生物多样性保护的指示或代表,利用地理信息系统(GIS)中的数字地图层来确定单个物种的分布、物种丰富度高的热点地区以及现存生物多样性保护区中有和没有的植被型。在本质上, GAP 分析奠定了与保护物种相一致的生物多样性保护策略,将人类土地利用、土地保护与濒危物种保护相结合,确立保护水平和管理技术相一致的生物多样性保护对策(National Gap Analysis Program, 1994)。

2.1 GAP 分析基本假设

GAP 所作的最基本的假设是:保护一个物种的最佳时间是当一个物种还是非常普通的时候。而等到一个物种实际濒危或濒临灭绝时,再进行应急性的管理活动是非常昂贵的,成功的可能性很低。避免灭绝危机的有效方式是许多不同机构一起工作,发展一些能反映生物多样性的指示者的大尺度的地理信息的方法,然后应用到土地管理和资源利用决策中。

在 GAP 分析中,将脊椎动物物种和植物群丛作为生物多样性的代表。选择脊椎动物物种是因为其内在的重要性和在群落格局和过程中的作用(Terbourg, 1988),而且该方法实用且易操作。利用优势植被类型(群丛)是因为它是一个给定地区内影响环境的物理、化学因子的综合反应(Whittaker, 1965)。它们的结构和组成明显影响物种水平的相互作用,所以它们是所有生物多样性的决定者(Frankin, 1993 ;Noss et al., 1990)。群丛是能够利用遥感影像作图和描述的最小的生物群的水平。优势植被型是景观的构成成分,在保护评价中可以作为物种的生境类型(Austin & Margules, 1986)。

当集中在种和优势植被类型时与考虑所有生物多样性的组成时得出的结论有时并不是一

致的。该方法为专题描述和空间分辨率的更细和更粗的信息之间的联系,提供了一个简要的空间框架。发展 GAP 分析能够提供快速生境丧失信息,而这些信息是自然资源管理机构所急需的。GAP 分析是对大区域的脊椎动物物种和生境类型的保护现状的快速可行的评估,对土地管理和景观规划的协调提供了目标和方向。

2.2 GAP 分析一般步骤(Scott et al. ,1993)

(1) 植被作图:植被图是进行 GAP 分析的基本数据层。植被图通过现有的植被图合并、卫星影像图解译或是数字图像资料分类而得到。

(2) 物种分布图:通过确定适宜于该物种生存的植被类型多边形来确定物种的分布范围。利用数量化生境与物种关系模型建立物种与一定的植被型的联系,再从已知物种的 GIS 图与植被图衍生出来的适宜生境图,来建立目前该物种的分布图。特别是对调查很少的地区,基于 GIS 的分布预测图可能比经验数据更加准确。

(3) 物种丰富度图:在进行叠加物种分布图时, GIS 显示每一植被多边形中的期望物种数,或一个网格数据通过叠加,显示出物种丰富度沿着环境梯度的变化。这一分析结果可以清晰地显示物种丰富度高的热点地区。而且物种丰富度图可以任意地根据研究目的产生,如与爬行类、哺乳类、啮齿类、狩猎种或其它任何已研究清楚的物种分布图合并。典型情况是热点地区就是生境多样性高的区域,如陡的海拔梯度或土壤镶嵌体。

(4) 土地所有权和管理状态图:土地被保护状态与土地所有者、管理方法、支出、利用的政治或经济压力以及其它因素相关。目前在美国进行的 GAP 项目的研究常用到 4 个级别:管理状态 1:大多数的国家公园、自然保护区、国家级的野生动物庇护所、科学研究研究自然区和具有特殊自然价值的管理区。管理状态 2:大多数的荒野地、国家野生动物庇护所、环境关注区、其它一般的自然价值管理区,这些地区受到部分利用。管理状态 3:大多数没有指明的公众土地如国家森林、公园及有些虽然有地方法规保护,但存在潜在破坏性利用的地区。管理状态 4:没有法律约束的自然保护和管理,主要指被人类高强度利用的私人或公众用地。

(5) 寻找空白地区:将建立的生物多样性热点地区和其它需要优先保护的地区相比较,显示出保护上的空白地区。至少应该使每一物种和植被类型在保护区系统中出现一次。没有被保护的和没有代表的植被型和热点地区是需要立即采取保护行动的地区。在任何情况下,确定生物多样性管理区更应该注意用生态区特征来分析生物多样性的分布,而不是以行政区。对省际的生物多样性地理信息系统应与地区、全国或全球的相合并,然后探讨保护区的设立位置。

2.3 GAP 分析的限制与进展

GAP 分析是在较大的尺度上进行的,所以分辨率较粗,所提供的生物多样性状态图或自然图不能包括太多的细节,小于作图单位的信息不能显示。生境的多样性只能通过植被多边形描述的属性而取得。GAP 分析的其它限制包括(1)不能判别植被的演替阶段(2)不能显示植被类型间的过渡带(3)物种的分布图是预测性的,而不是野外严格证实的(4)没有指示生境质量。

目前 GAP 分析项目在分析技术上得到了很大的发展,在美国建立了全国 GAP 分析项目网,提出了技术手册(Jennings et al. ,1996 ;National Gap Analysis Program ,1994 ;Jennings ,1995)。特别有意义的将 GAP 概念发展到生物多样性的其它成分如陆地土地覆盖和陆生脊椎动物物种的方法,再发展到水生环境和单个植物物种。GAP 分析提出的近年目标是利用 GAP 分析数据检验脊椎动物自然保护区确定、选择和设计的假设,发展更可靠的从粗到细的空间分

分辨率水平的脊椎动物物种分布的预测性分布图。如澳大利亚一些科学家利用 GAP 分析的基本思路,就热点地区的划分及其计算方法进行了探讨,并就如何在热点地区建立保护区在模型、算法等进行了研究(Margules et al. ,1988 ;Pressey et al. ,1994)。Faith 和 Walker 等就如何利用环境数据寻找热点地区提出了“ 环境多样性 ”概念及其测度方法(Faith & Walker ,1996)。在如何进行生物多样性保护优先地区选择方面也发展了不同的指数来进行测度(Moran et al. ,1996)。生物多样性的就地保护即生境保护研究日益受到人们的重视。

3 热点地区分析和 GAP 分析在生物多样性保护中的应用

为进行生物多样性的保护建立了各种资助机构,如全球环境基金(GEF)。如何将有限的资金最有效地利用起来,进行优先性分析是必需的一步。热点地区分析主要基于物种丰富度和特有度进行分析,结果对生物多样性的保护资金的投入选择起到了很大的指导作用,其主要研究是在全球或地区尺度进行的。GAP 分析是对热点地区分析的进一步发展,它将物种与生境相结合进行考虑,是对国家或区域范围内的生物多样热点地区分析与保护状况的初步评估。在进行保护区规划时,不应理解为 GAP 分析结果表明保护工作是容易的,只要求保护相对少的土地就可以达到目的。例如美国依达荷州的 GAP 研究显示该州 96% 的脊椎动物物种分布于 1.8% 的土地上,但在实际的保护计划中,对该土地的保护并不能达到保护它们的目的。对某一物种而言,要想得到长期的保护,保护区的设计还必须满足种群的最小生存面积。

GAP 分析的第一个项目是在夏威夷进行的,集中在森林濒危鸟类的保护上。结果显示现有保护区几乎没有包括主要濒危物种集中分布的热点地区,研究提出的多数关键地区后来被联邦或州政府划为保护区,得到有效保护。该项目证明了一个关键而实用的规则,即由数据产生的一个可视化的图,比任何多的文字描述更能刺激保护行动,这给生物多样性保护提供了指导。第二个项目是在美国的爱达荷州进行的,是基于卫星影像和 GIS 产生植被图来进行进一步的分析,其方法被当作标准格式在美国的各个州进行推广(Caicco & Scott ,1995 ;Scott et al. , 1993)。

Margules 等分析了澳大利亚的湿地植物群落,发现在现存的 4.6% 的湿地中就能找到所有生活在湿地生态系统的植物种类(Margules ,1988)。Scott 等人对美国爱达荷州脊椎动物多样性热点地区的分析表明,在约 6.6% 的国有土地上包括了所有分布于该州的陆生脊椎动物。尽管该州设立保护区的总面积大大超出这一比例,但由于建区时选址不对,许多濒危物种和特有物种未能被包括在保护区中(Scott et al. ,1993)。

随着 GAP 分析项目的开展,GAP 分析数据库在项目完成后已经变成基础的生物地理和自然信息资源。如土地覆盖图,每一种当地脊椎动物物种分布图,土地所有格局和土地管理的 GIS 数据库,评估土地覆盖类型、脊椎动物物种保护现状、方法和结果的最后报告资料。GAP 分析的方法已经应用到植物和水生环境。GAP 数据库对保护规划应用有 3 个基本类型 (1) 特定位置决策的作出 (2) 与现有计划和规划过程综合 (3) 系统的土地利用规划。项目最多的应用是直接用于土地利用决策,以很低的花费就能提供满足要求的生态学信息,并可以利用物种和植被分布变化分析对管理状况进行快速评估(Jennings ,1995)。

参 考 文 献

“ 东亚保护区行动计划纲要 ”编写组 ,1994. 东亚保护区行动纲要. 见 :李渤生 ,詹志勇(主编) ,绿满东亚. 北

京:中国环境科学出版社,27~60

王献溥,刘玉凯,1994. 生物多样性保护的理论与实践. 北京:中国环境科学出版社

《中国生物多样性保护行动计划》编写组,1994. 中国生物多样性保护行动计划. 北京:中国环境科学出版社

《中国生物多样性国情报告》编写组,1997. 中国生物多样性国情报告. 北京:中国环境科学出版社

Austin M P, Margules C R, 1986. Assessing representativeness. In: Usher M B (ed.), *Wildlife Conservation Evaluation*. London: Chapman and Hall Ltd., 1~394

Bibby C J, 1992. Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. International Council for Bird Preservation. Cambridge

Caicco S C, Scott J M, 1995. A GAP analysis of management status of the vegetation of Idaho. *Conservation Biology*, **19**(3): 498~511

Faith D P, Walker P A, 1996. Integrating conservation and development incorporating vulnerability into biodiversity assessment of areas. *Biodiversity and Conservation*, **5**: 417~429

Franklin J F, 1993. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? *Ecological Applications*, **3**(2): 202~205

Ginsberg J, 1999. Global conservation priorities. *Conservation Biology*, **13**(1): 5

IUCN, 1993. World Conservation Strategy. Gland, Switzerland

Jennings M D, Brackney E, Crist P, Sorbel R, 1996. GAP Analysis Program 1994 and 1995 Status Report. USGS Gap Analysis Program, Moscow, Idaho, USA

Jennings M D, 1995. A confluence of biology, ecology, and geography for the management of biological resources. *The Wildlife Society Bulletin*, **23**(4): 658~662

Margules C R, Nicholls A O, Pressey R L, 1988. Selecting network of reserves to maximize biological diversity. *Biological Conservation*, **43**: 63~76

Meffe G K, Carroll C R, 1994. Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Pub.

Mittermeier R A, Werner T B, 1990. Wealth of plants and animals unites "megadiversity" countries. *Tropics*, **4**(1): 4~5

Myers N, 1988. Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. *The Environmentalist*, **8**: 187~208

Myers N, 1990. The biodiversity challenge: expanded hot-spots analysis. *The Environmentalist*, **10**: 243~256

Moran D, Pearce D, Wendelaar A, 1996. Global biodiversity priorities. *Global Environment Change*, **6**(2): 103~119

National Gap Analysis Program, 1994. A Handbook for Gap Analysis. Moscow, Idaho, USA

Noss R F, Harris L D, 1986. Nodes, networks, and MUMs: preserving diversity at all scales. *Environment Management*, **10**: 299~309

Noss R F, 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, **4**: 355~364

Noss R F, Cooperrider A Y, 1994. Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity. Washington, D. C.: Island Press

Olson D, Dinerstein E, 1998. The Global 200: a representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology*, **12**(3): 502~515

Pickett S T A, Parker V T, Fiedler P L, 1992. The new paradigm ecology: implications for conservation biology. In: Fiedler P L, Jain S (eds.), *The Theory and Practice of Nature Conservation Preservation and Management*, New York: Chapman and Hall, 65~68

Pressey R L, Bedward M, Keith D A, 1994. New procedures for reserve selection in New South Wales: maximizing the chances of achieving a representative network. In: Forey P I, Humphries C J (eds.), *Systematics and Conservation Evaluation*, 351~373

Scott J M, Davis F, Csuti B, Noss R, Butterfield B, Groves C, Anderson H, Caicco S, D'Erchia F, Edwards T, Ulliman J, Wright G, 1993. Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Journal of Wildlife Management*, **57**(1) supplement: *Wildlife Monographs*, No. 123

Tear T H, Scott J M, Hayward P, Griffith B, 1993. Status and prospects for success of the Endangered Species Act: a look at recovery plans. *Science*, **262**: 976~977

Terbourgh J, 1988. The big things that run the world. *Conservation Biology*, **2**: 402~403

Whittaker R H, 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science*, **147**: 250~259