

文章编号: 1001-1498(2006)04-0517-06

张家界景区 1990—2000年生态系统服务功能变化研究

阳柏苏¹, 赵同谦², 尹刚强³, 郑华⁴, 欧阳志云⁴, 何平⁵

(1. 怀化学院, 湖南 怀化 418008; 2. 河南理工大学, 河南 焦作 454000; 3. 国家林业局, 北京 100714;
4. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 5. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004)

摘要:以张家界景区森林公园为例,对景区 1990—2000年各项服务功能进行了分析评价。结果表明:从总评价结果看,1990—2000年 10年间,景区生态系统的服务功能提高了近 2倍。从价值构成来看,2000年与 1990年相比,提供产品功能和支持功能有不同程度的增加,从单一功能指标来看,2000年与 1990年相比,景区生态系统服务功能价值增加的有林副产品及农产品、土壤保持、涵养水源、净化环境、休闲旅游、维持生物多样性 6类功能指标;减少的有林木产品、固定 C、营养物质循环、光合释氧 4类功能指标。上述变化趋势,一方面反映了随着人们生活水平的提高,景区以其独特的自然条件和景观特征吸引着越来越多的游客前来参观旅游,其文化功能得到充分发挥,总价值得到大幅度增长;另一方面,随着旅游收益的快速增长,景区的发展由林木、农产品开发转移到自然资源保护和旅游开发,一定程度上促进了景区生态系统的保育,使得区域森林生态系统整体生态环境质量得以改善。

关键词:张家界景区;生态系统;服务功能;评价

中图分类号: S718.55 文献标识码: A

Study on Ecosystem Service Function Change of Zhangjiajie Scenic Area in 1990—2000

YANG Bo-su¹, ZHAO Tong-qian², YIN Gang-qiang³, ZHENG Hua⁴, OUYANG Zhi-yun⁴, HE Ping⁵

(1. Huaihua University, Huaihua 418008, Hunan, China; 2. Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, Henan, China;

3. Department of Science and Technology, State Forestry Administration, Beijing 100714, China;

4. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;

5. Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China;)

Abstract: Taking the forest park of Zhangjiajie scenic area as an example, the study analyzed and appraised each service function in the area from 1990 to 2000. The result indicated that according to the evaluation result, the service function of the ecosystem in the scenic area was enhanced nearly doubled during the ten years; from the value constitution, compared 2000 with 1990, the function of providing product and supporting increased to different extents. From the sole function target, compared 2000 with 1990, there were six kinds of function targets—forest by-products and agricultural products, maintenance of soil, conservation of water, purification of environment, leisure tourism, and maintenance of biodiversity—whose service function value of the ecosystem in the scenic area was added; while forest product, fixed C, circulation of nutrients and photosynthesis reduced. The above tendency of the change, on the one hand, reflected that with the people's living standard improved, the scenic area attracted more and more tourists due to its unique natural condition and landscape. Its cultural function obtained the full display and the total value got a great growth. On the other hand, with tourist income increasing rapidly, the development of the scenic area was shifted from forest product and agricultural product to the protection of the natural resources and the tourist development. To some extents, it promoted the ecosystem conservation in the scenic area and caused the improvement of the regional forest ecosystem and the quality of the overall ecological environment.

Key words: Zhangjiajie scenic area; ecosystem; service function; evaluation

收稿日期: 2006-05-10

基金项目: 国家林业局重点项目(2003-056-L56),湖南省科技计划项目(2003-10)

作者简介: 阳柏苏(1955—),男,湖南常宁人,博士,主要从事生态环境评价与规划的研究。E-mail: ybsydy@126.com

生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[1-3],它也被部分研究者称作生态系统服务、生态服务、自然服务、自然系统服务、环境服务等^[3-6],按照 MA (Millennium Ecosystem Assessment)^[7]的分类方法,包括提供产品功能、调节功能、支持功能和文化功能四大类。生态系统服务功能价值评价是指在特定尺度下对生态系统为人类提供的服务进行定量研究。随着国际科学联合会环境问题科学委员会 (SCOPE) 1991 年生物多样性间接经济价值定量研究会议的召开,关于生物多样性与生态系统服务功能经济价值评估方法的研究和探索逐渐多了起来^[8-17]。2000 年世界环境日由联合国秘书长安南正式宣布启动千年生态系统评估计划^[7],其中,生态系统服务功能评价作为 MA 的核心内容之一。

本文以我国第一个国家级森林公园——张家界国家森林公园为例,以景区 1990 年和 2000 年自然环境、社会经济发展基础资料为基础,通过构建旅游景区各主要生态系统类型服务功能评价指标体系,采用物质质量和价值量评价的方法对各生态系统服务功能进行评价,研究 10 a 间景区生态系统服务功能的变化趋势,深入分析旅游开发活动对景区生态系统服务功能的影响,以期为旅游景区的合理开发和生态系统管理提供参考。

1 研究地概况

张家界国家森林公园位于湖南省西北部的武陵山脉中段,地理坐标为 110°24'~110°28' E, 29°17'~29°21' N,距张家界市城区 32 km,公园总面积 4 768 hm²。园内最高峰兔儿望月海拔 1 334 m,最低

点水绕四门海拔 426 m,相对高差 908 m。

张家界国家森林公园植被覆盖率达 98%,茂密的森林形成了独特的小气候环境。该区气候温和,降水充足,空气湿润,多云雾,少日照,风速小,属典型的山地气候,是开展旅游活动的理想气候环境。与市区相比,森林公园内各测点的太阳辐射低 23%~70%,日照时数减少 30%~70%,光照强度减弱 4%~89%,风速减小 30%~70%,日平均气温降低 5.7~6.6℃,气温日较差减小 0.5~5.0℃。

公园内土壤母岩以红色砂岩为主,夹有少量的白色砂岩、石灰岩及砂页岩和紫色页岩,形成以轻砂质中厚层黄壤为主的土壤类型。海拔 500 m 以下为红壤区,海拔 500~800 m 为黄红壤区,海拔 800~1 000 m 为山地黄壤区,海拔 1 000 m 以上为黄棕壤区。

张家界国家森林公园植物区系属中国-日本植物区的华中植物地区武陵山系植物区,有木本植物 107 科 700 种,其中乔木 191 种。

2 研究方法

利用景区 1990 年和 2000 年空间数据,首先结合景区森林生态系统服务功能特征,构建评价指标体系;其次分别进行上述物质质量和价值量评价,最终将评价结果进行对比分析,得出张家界森林公园 1990—2000 年 10 a 间的保护与生态旅游开发,对景区生态系统服务功能的影响。

2.1 评价指标体系

本次研究根据千年评估工作组 (MA) 提出的生态系统服务功能分类方法^[6],提出张家界森林公园生态系统服务功能价值评价指标体系,见下表 (表 1)。

表 1 张家界森林公园生态系统服务功能指标体系

类型	功能指标	指标评价内容	评价与否
产品提供	林木产品	森林生态系统提供木材、薪材等功能的价值	
	林副产品及农产品	森林提供主要果品、油料等食用植物资源,以及提供工业原料及药用植物资源等产品的价值,以及农田产值	
调节功能	气候调节土壤保持	森林生态系统在气温、湿度、风力调节等方面的功能及价值	—
	水源涵养	截留降水、净化水质、削洪补水、调节河川径流等功能及其生态效益	
	固定 C	光合作用固定 C、减缓温室效应的生态经济价值	
	净化环境	吸收污染物质、阻滞粉尘、杀灭病菌和降低噪声,改善环境质量的功能及其价值	
文化功能	营养物质循环	森林生态系统促进生物地化循环的功能及其生态效益	
	文化多样性	文化多样性及其由此产生的教育、美学等知识系统及价值	—
支持功能	休闲旅游	以森林生态系统及其景观为主题的生态旅游效益	
	光合释氧	光合作用释放氧气、维持大气平衡的功能及其生态经济价值	
	维持生物多样性	森林生态系统维持生物多样性功能的生态经济价值	

注:“—”表示具备该类生态效益并可以进行价值评估;“—”表示由于评价方法、机制研究或数据等原因暂时无法进行此项功能的价值评估。

2.2 评价方法

生态系统服务功能评价主要包括物质质量评价与价值量评价,物质质量评价主要是从物质的角度对生态系统提供的各项服务进行定量评价;价值量评价方法主要是利用一些经济学方法将服务功能价值化的过程,许多专家在这方面做了研究^[18-29]。现将本研究中用到的主要评价方法介绍如下。

2.2.1 产品提供功能 景区生态系统的产品提供功能主要包括林木及其副产品和农产品两大类。

(1) 林木产品

本研究用森林活立木年增长量的价值作为景区森林生态系统林木产品提供的内在价值。计算公式如下:

$$V = \sum_{i=1}^n G_i T_i (P_i - C_i - F_i)$$

式中: V 为森林生产木材的效益值(元); G 为森林年净生长量(m^3); T 为出材率(%); P 为每 m^3 木材平均销售价(元); C 为每 m^3 木材平均生产成本费(元); F 为每 m^3 木材平均生产利润(元), $i = 1, 2, \dots, n$, n 为主要树种数

(2) 林副产品及农产品

根据评价年份的历史统计资料,得到评价区林副产品和农产品产量及产值。

2.2.2 调节功能 对照 MA 关于调节功能的定义,调节功能主要包括:气候调节、土壤保持、涵养水源、固定 C、净化环境、营养物质循环等,除气候调节外,其他 5 种功能的评价方法如下。

(1) 土壤保持

土壤保持的效用价值体现在保土和减少下游水库淤积两个方面。

保土效用的价值评价采用机会成本法,具体方法如下。

$$E_s = A_s \cdot B / (0.5 \cdot \rho)$$

式中: E_s 为减少土地废弃产生的生态经济价值; A_s 为土壤保持量; B 为单位农田年均收益; ρ 为土壤密度。

减少下游水库淤积效用的价值评价采用替代工程法,具体方法如下。

$$E_t = A_t / r$$

式中: E_t 为减少土壤淤积体积, A_t 为土壤保持量, ρ 为土壤密度 ($1.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), r 为水库建造成本。

(2) 涵养水源

主要考虑森林生态系统截留降水、削减径流的功能和效用,以水库建造成本来进行功能价值量评价^[30]。

$$E_w = Q \cdot r$$

式中: E_w 为减少土壤淤积体积, Q 为水源涵养量, r 为水库建造成本。

(3) 固定 C

参照 RCG/Bailly 给出的每吨 C 排放量损害估计值 8.64 ~ 19.43 美元进行评价^[30],取平均值得到每吨 C 排放量损害估计值为 14.04 美元,折合人民币为 116.22 元 ($\cdot \text{t}^{-1}$) (1 美元兑换人民币 8.278 元)。

(4) 净化环境

本次选择森林吸收二氧化硫和滞尘两种功能进行评价。

二氧化硫净化

据测定,二氧化硫通过一条高 15 m、宽 15 m 的法国梧桐 (*Platanus orientalis* L.) 林带,浓度可降低 25% ~ 75%;一般地,阔叶林吸收二氧化硫的能力为 $88.65 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;柏类 (*Cupressus* spp.) $411.60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,杉类 $117.60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,松 (*Pinus* spp.) 林 $117.60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,平均为 $215.60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[17]。

采用替代工程法,以二氧化硫的处理成本估算景区森林净化二氧化硫的生态经济价值。

滞尘

研究表明,一公顷松林每年可吸附尘埃 36.0 t,杉林 30.0 t,栎类 (*Quercus* spp.) 林 67.5 t;一个位于绿化良好地区的城镇,其降尘量只有树木缺乏城镇的 1/9 ~ 1/8。一般,针叶林的年滞尘能力为 $33.20 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,阔叶林为 $10.11 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[17]。

采用替代工程法,以除尘运行成本估算景区森林生态系统滞尘功能的生态经济价值。

(5) 营养物质循环

评价过程中,参与评价的营养元素仅考虑含量相对较大的 N、P、K。

采用影子价格法进行价值量评价,以我国平均化肥价格为依据,估算景区森林生态系统营养物质循环功能的价值。

2.2.3 文化功能 本研究采用旅行费用法 (TCM)^[32]。

$$T_C = R + G + F + E + O$$

$$E = t \cdot s$$

式中: T_C 为旅行费用, R 为交通费用, G 为门票, F 为餐饮费用, E 为旅行时间成本, O 为其他费用 (包括摄影费用、购买纪念品和土特产费用、停车费等); t 为游客旅行总时间, s 为游客单位时间的机会工资。

2.2.4 支持功能 本研究中,支持功能评价主要考虑森林生态系统光合释氧、维持生物多样性功能的价值。

光合释氧

根据光合作用方程式,生产 1.00 g植物干物质能释放 1.20 g氧气,计算得到景区森林生态系统的年总释放氧气量。

本次评价中,释氧效益采用替代成本法进行评价,即以氧气工业成本 $0.4 \text{元} \cdot \text{kg}^{-1}$ 来估算评价年景区森林生态系统释放氧气的生态经济价值。

(2)维持生物多样性

本次评价采用机会成本法,即以因森林生态系统与景观多样性保护而丧失的林木产业收益作为其生态经济价值的一部分。

$$E_d = A \cdot p$$

式中: E_d 为维持生物多样性的生态经济价值; A 为评价区林地面积; p 为评价区单位面积机会成本(单位面积林地产值)。

3 结果分析

3.1 1990年景区服务功能特征分析

根据 1990年景区生态系统服务功能评价结果,整理得出不同功能类型的价值构成见表 2。

评价结果中,产品提供功能仅占总价值的 6%,而调节功能是产品提供功能价值的 12倍多,这充分说明了景区生态系统对于维系区域生态安全的重要性,其意义远比提供木材、林副产品和农产品大得多。

3.2 2000年景区服务功能特征分析

根据 2000年景区生态系统服务功能评价结果,整理得出不同功能类型的价值构成见表 3。

表 2 1990年景区生态系统服务功能物质质量及价值评价结果

服务类型	功能	物质质量评价结果	物质质量单位	价值量评价结果 / 万元	价值小计 / 万元	价值构成百分比 / %
提供产品	林木产品	21 548.90	m^3	812.92	905.50	6
	林副产品及农产品	-	-	92.58		
调节功能	气候调节	-	-	-	11 295.91	75
	土壤保持	2 749 283.29	t	776.14		
	涵养水源	892.79	10^4m^3	598.17		
	固定 C	10 766.32	t	125.13		
	净化环境	332.64 (SO_2) / 70 491.86 (尘)	t	1 218.33		
	营养物质循环	33 652.97	10^4t	8 578.14		
文化功能	生物多样性	-	-	-	1 703.00	11
	休闲旅游	229 491	人	1 703.00		
支持功能	光合释氧	29 062.46	t	1 162.50	1 233.05	8
	维持生物多样性	-	-	70.55		
总计	-	-	-	15 137.46	15 137.46	100

表 3 2000年景区生态系统服务功能物质质量及价值评价结果

服务类型	功能	物质质量评价结果	物质质量单位	价值量评价结果 / 万元	价值小计 / 万元	价值构成百分比 / %
提供产品	林木产品	22 077.84	m^3	760.13	1 027.18	3
	林副产品及农产品	-	-	267.05		
调节功能	气候调节	-	-	-	11 273.89	25
	土壤保持	2 788 254.06	t	1 285.29		
	涵养水源	910.60	10^4m^3	610.10		
	固定 C	9 978.95	t	115.98		
	净化环境	353.57 (SO_2) / 75 330.91 (尘)	t	1 301.84		
	营养物质循环	31 230.62	10^4t	7 960.68		
文化功能	生物多样性	-	-	-	26 760.85	67
	休闲旅游	596 154	人	26 760.85		
支持功能	光合释氧	26 937.05	t	1 077.48	1 820.20	5
	维持生物多样性	-	-	742.72		
总计	-	-	-	40 882.12	40 882.12	100

2000 年的评价结果中,产品提供功能仅占总价值的 3%,调节功能是产品提供功能价值的 8 倍多。随着景区知名度的不断提升,其文化功能得以充分体现,达到产品提供功能价值的 11 倍多,说明了景区生态系统的文化功能、调节功能已经成为区域生态系统服务功能的主体。

3.3 对比分析

从总评价结果看,1990—2000 年 10 a 间,景区生态系统的服务功能提高了近 2 倍。这一方面反映了随着人们生活水平的大幅度提高,旅游休闲消费的需求不断升温,景区以其独特的自然条件和景观特征吸引着越来越多的游客前来参观旅游,其文化功能得到充分发挥,总价值得到大幅度增长;另一个方面,随着旅游收益的快速增长,景区的发展由林木、农产品开发转移到自然资源保护和旅游开发,一定程度上促进了景区生态系统的保育,使得区域森林生态系统结构、功能和整体生态环境质量得以改善。

从价值构成来看,2000 年与 1990 年相比,提供产品功能和支持功能有不同程度的增加,反映了随着经济结构的调整林副产品和农产品的质量和产值大幅度攀升,而林木砍伐减少、森林保育的增强使其景区生物多样性保护能力有了一定的提高;调节功能略有降低,主要体现了随着林木砍伐的减少,林龄增大,植被生产力稍有降低,固 C、营养物质循环功能相对减弱,这与实际情况是相符合的;文化功能增加了近 15 倍,反映了景区独特的自然条件和景观特征越来越受到世人关注,其文化功能得到充分发挥。

从单一功能指标来看,2000 年与 1990 年相比,景区生态系统服务功能价值增加的有林副产品及农产品、土壤保持、涵养水源、净化环境、休闲旅游、维持生物多样性 6 类功能指标;减少的有林木产品、固定 C、营养物质循环、光合释氧 4 类功能指标。其中,林副产品及农产品、休闲旅游、维持生物多样性三种功能指标增加显著;土壤保持、涵养水源、净化环境、固定 C、营养物质循环、光合释氧 7 类功能指标略有增减。其原因在前面已有分析,这里不在赘述。

4 结论

上述研究结果表明,森林生态系统除为社会提供直接产品价值外,还具有巨大的间接使用价值,而且这种价值对人类的贡献比林产品的提供价值更

著。客观地衡量森林生态系统的服务效能,对于森林资源保护及其科学利用具有重要意义。

综合上述评价和对比分析结果,1990 年、2000 年景区生态系统服务功能的生态经济价值分别为 15 137.46、40 882.12 万元;2000 年与 1990 年相比,景区生态系统服务功能价值有了显著的增加,其中变化幅度最大的是文化功能中的休闲旅游功能指标,反映了随着人们生活水平的提高,景区以其独特的自然条件和景观特征吸引着越来越多的游客前来参观旅游,其文化功能得到充分发挥,总价值得到大幅度增长;同时,随着旅游收益的快速增长,景区的发展由林木、农产品开发转移到自然资源保护和旅游开发,一定程度上促进了景区生态系统的保育,使得区域森林生态系统整体生态环境质量得以改善。

本研究在分析森林生态系统服务功能的基础上,通过建立其评价指标体系,对景区生态系统的生态经济价值进行了尝试性评价。应该说明的是,这只是一个不完全的估算,在指标的选取、定量化评价方面还有待进一步深入、完善,随着人们对森林生态功能认识的深入,其生态经济价值将会更加明确。

参考文献:

- [1] Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Island Press, Washington D C, 1997
- [2] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607~613
- [3] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. 生态学报, 2004, 24(6): 1101~1110
- [4] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253~260
- [5] Carins J. Protecting the delivery of ecosystem service[J]. Ecosystem Health, 1997, 3(3): 185~194
- [6] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等. 草地生态系统服务功能分析及其评价指标体系[J]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 155~160
- [7] MA (Millennium Ecosystem Assessment) Ecosystems and Human Well-being—A Framework for Assessment[C]. American Island Press, 2003
- [8] Tobias D, Mendelsohn R. Valuing ecotourism in a tropical rainforest reserve[J]. Ambio, 1991, 20(1): 91~93
- [9] Munasinghe M. Biodiversity protection policy: environmental valuation and distribution issues[J]. Ambio, 1992, 21(3): 227~236
- [10] Brown T C, Daniel T C. Landscape aesthetics of riparian environments: relationship of flow quality to scenic quality along a wild and scenic river[J]. Water Resources Research, 1991, 27: 1787~1796
- [11] Pearce D M, Moran D. The Economic Value of Biodiversity[M]. IUCN, Cambridge, 1994

- [12] Pimental D. Economic benefits of natural biota [J]. *Ecol-Econ*, 1998, 25: 45 ~ 47
- [13] Creedy J, Wurzbacher A D. The economic value of a forested catchment with timber, water and carbon sequestration benefits [J]. *Ecol-Econ*, 2001, 38: 71 ~ 83
- [14] Kreuter U P, Harris H G, Matlock M D, *et al* Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas [J]. *Ecol-Econ*, 2001, 39: 333 ~ 346
- [15] Lockwood M. Integrated value assessment using paired comparisons [J]. *Ecol-Econ*, 1998, 25: 73 ~ 87
- [16] Wilson M A, Carpenter S R. Economics valuation of freshwater ecosystem services in the United State: 1971—1997 [J]. *Ecological Applications*, 1999, 9(3): 772 ~ 783
- [17] Kongtogianni A, Skourtsos M S Integrating stakeholder analysis in non-market valuation of environmental assets [J]. *Ecol-Econ*, 2001, 37: 123 ~ 138
- [18] 李金昌. 生态价值论 [M]. 重庆:重庆大学出版社, 1999
- [19] 欧阳志云, 赵同谦, 赵景柱, 等. 海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究 [J]. *应用生态学报*, 2004, 15(8): 1395 ~ 1402
- [20] 周晓峰, 蒋敏元. 黑龙江省森林效益的计量、评价及补偿 [J]. *林业科学*, 1999, 35(3): 97 ~ 102
- [21] Zhongwei G, Xiangming X. Ecosystem functions, services and their values—a case study in Xingshan County of China [J]. *Ecol-Econ*, 2001, 38: 141 ~ 154
- [22] 薛达元. 生物多样性经济价值评估——长白山自然保护区案例研究 [M]. 北京:中国环境科学出版社, 1997
- [23] 薛达元, 包浩生, 李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估 [J]. *中国环境科学*, 1999, 19(3): 247 ~ 252
- [24] 蒋延玲, 周广胜. 中国主要森林生态系统公益的评估 [J]. *植物生态学报*, 1999, 23(5): 426 ~ 432
- [25] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值 [J]. *科学通报*, 2000, 45(1): 17 ~ 22
- [26] 宗跃光, 陈春红, 郭瑞华. 地域生态系统服务功能的价值结构分析——以宁夏灵武市为例 [J]. 2000, 19(2): 148 ~ 155
- [27] 赵景柱, 肖寒, 吴刚. 生态系统服务的物质质量与价值量评价方法的比较分析 [J]. *应用生态学报*, 2000, 11(2): 290 ~ 292
- [28] 肖寒. 区域生态系统服务功能形成机制与评价方法研究 [D]. 北京:中国科学院生态环境研究中心, 2001
- [29] 赵同谦, 欧阳志云. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价 [J]. *自然资源学报*, 2003, 18(4): 443 ~ 452
- [30] Asia Development Bank (ADB). *Economic Evaluation of Environmental Impact: A Work Book* [M]. Manila: ADB, 1996
- [31] Weaver. Trampling effects of bikes, motorcycles and horses in meadows and forests [J]. *Journal of Applied Ecology*, 1978, 15: 451 ~ 457