

次生林经营基础研究进展*

朱教君 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

【摘要】 次生林是中国森林的主体, 在结构组成、林木生长、生产力、林分环境等诸多方面与原始林和人工林有着显著的不同. 因此, 经营好次生林对中国天然林保护等林业工程实施及国家生态安全建设具有重大意义. 本文在广泛收集国内外有关次生林研究结果的基础上, 探讨了次生林经营领域中基础研究所涉及内容, 揭示出次生林经营研究中所关注的基础问题, 提出了次生林经营基础研究的主要内容与方向, 对今后次生林经营研究和天然林保护等林业工程建设具有参考价值.

关键词 次生林 次生林经营

文章编号 1001-9332(2002)12-1689-06 **中图分类号** S757.1 **文献标识码** A

A review on fundamental studies of secondary forest management. ZHU Jiaojun (*Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2002, 13(12):1689-1694.

Secondary forest is also called as natural secondary forest, which regenerates on native forest that has been disturbed by severe natural or anthropogenic disturbances. The structural and dynamic organizations, growth, productivity and stand environment of secondary forests are significantly different from those of natural and artificial forests. Such significant differences make secondary forests have their own special characteristics in forestry. Secondary forests are the main body of forests in China. Therefore, their management plays a very important role in the projects of natural forest conservation and the construction of ecological environment in China or in the world. Based on a wide range of literature collection on secondary forest research, the fundamental studies of secondary forest management were discussed. The major topics are as follows: 1) basic characteristics of secondary forest, 2) principles of secondary forest management, 3) types of secondary forest, 4) community structure and succession dynamics of secondary forest, including niches, biodiversity, succession and so on, 5) main ecological processes of secondary forest, including regeneration, forest soil and forest environment. Additionally, the research needs and tendency related to secondary forest in the future were also given, based on the analyses of the main results and the problems in current management of secondary forest. The review may be helpful to the research of secondary forest management, and to the projects of natural forest conservation in China.

Key words Secondary forest, Management for secondary forest.

1 引言

次生林(Secondary forest)相对于原始森林而言,是原始林经过干扰后在次生裸地上形成的森林.它既保持着原始森林的物种成分与生境,又与原始森林在结构组成、林木生长、生产力、林分环境和生态功能等诸多方面有着显著的不同.次生林可以理解为是原始森林生态系统的一种退化^[10].即于一定的时空背景下,在自然、人为或二者共同干扰下,导致生态要素和生态系统整体发生的不利于生物和人类生存的变化,生态系统的结构和功能发生与原有平衡状态相反的位移(Displacement).具体表现为生态系统的基本结构和固有功能的破坏或丧失,生物多样性下降,稳定性和抗逆能力减弱,系统生产力低等^[7,37].

我国天然林面积为 $8.726 \times 10^7 \text{hm}^2$, 占森林总面积的 70%; 除自然保护区、森林公园、未开发的西藏林区、已实施保护的热带雨林和零散分布的原始林外 ($3.769 \times 10^7 \text{hm}^2$), 其余全为次生林^[56]. 次生林是中国森林资源的主体, 是森林资源的重要基地. 因此, 次生林的经营问题是中国林业发展中最重要的主题之一^[19]. 面对森林退化、次生林面积的快速增加, 这一问题更显突出. 作为一个经历了帝国主义列强的

掠夺破坏以及建国后对森林资源长期不合理经营与开发而导致森林资源更加贫乏的国家, 政府已把森林经营方向由过去以木材利用为主转向以发挥森林的生态服务功能为主^[58]. 以天然林保护等林业重点工程为标志的这一转变形成了全国生态防护与国土保安的生态安全建设体系, 确定了林业在生态建设中的主体地位, 并基本树立了天然林为防护性森林的理念. 因此, 经营好次生林对天然林保护等林业重点工程实施及国家生态安全建设具有重大意义.

在次生演替中, 由于演替进程不一, 群落结构千变万化. 次生林如继续遭到破坏, 必向退化的方向发展, 但如能根据其结构特点实施合理经营, 则可使其得到迅速恢复^[19,25]. 为使次生林向顶极演替方向发展, 在天然林保护新的理念下, 未来次生林经营的成功与否可能完全取决于对次生林生态学和森林经营学理论与现状是否有足够的认识. 为此, 本文在广泛收集国内外有关次生林研究结果的基础上, 探讨次生林经营基础研究所注重的内容, 并论述了典型次生林经营基础研究所关注的内容及发展趋势; 旨在对今后次生林经营研究和天然林保护等林业工程建设有一定的指导作用.

* 中国科学院知识创新工程资助项目(SCXMS0201).
2002-06-26 收稿, 2002-09-03 接受.

2 次生林的基本特征

2.1 无性繁殖起源的林分多, 实生繁殖起源的林分少

次生林是通过系列次生演替所形成的, 具有多代萌生的特点, 尤其是阔叶树种组成的次生林, 大部分为无性繁殖起源的林分。另外, 人为的反复干扰使这一特点更为突出。

2.2 中、幼龄林多, 成、过熟龄林少

现有次生林大部分是1949年后经过封育或改造而形成的。因此, 大部分为中、幼林, 而只有少部分是成、过熟林。以阳性或中性的阔叶树种形成的次生林多为同龄林, 而经过反复干扰或以针叶树种为主的次生林则多为异龄林。

2.3 群落种类成分呈镶嵌性分布

次生林形成之初, 由于原始林生境消失, 动植物种类锐减, 只有适应当时环境的树种生存, 从而形成了与原始林有着显著区别的次生林^[46]。但由于外界干扰作用的时间、强度及形式不同, 使得次生林在分布上呈现出很大的镶嵌性。

2.4 林分水平结构多样、复杂, 垂直结构简单

干扰是原生林退化的直接原因。因此, 次生林的发展速度、趋势、阶段及产生的次生林类型主要取决于干扰方式、强度、频率、持续时间和立地条件。由于演替阶段不同, 形成的次生林呈多种多样^[19, 26, 46]。但无论是演替的哪一阶段, 次生林的垂直结构均比原生林简单。

2.5 生长迅速、衰退早, 林分动态演替稳定性低

次生林特别是萌生林、阔叶林具有初期生长快、衰退早的特性, 如杨桦类次生林的生命周期约50年。由于次生林多分布在交通方便之处, 易受人为干扰(乱砍滥伐、过度放牧、垦荒、火灾等)而发生逆向演替, 干扰程度越强, 退化越严重。

3 次生林经营原理与类型划分

3.1 次生林经营原理

次生林如果任其自然发展, 有可能顺向演替为原来的状态。这就是植被自然趋同的结果, 也是次生林经营的基础。但这一趋同的发展过程所需时间相当漫长, 如果根据生态学原理采取抚育、改造、更新、封育等经营措施, 将促进自然趋同, 缩短自然演替过程^[6]。因此, 次生林经营的真正内涵是: 在人为有意识、有目的的作用下对低质量次生林进行改造, 对高质量次生林进行维护并促进其稳定, 从而使次生林的发展既符合自然演替的基本规律, 又满足人类为取得生态和经济效益的基本目的。次生林经营一般遵循以下生态学基本原理:

1) 生态位原理: 生态位指包含生物生存与生殖所需的全部生活条件^[11, 15, 26, 39]。根据生态位理论, 了解种间关系、群落结构、多样性及种群进化原理, 从而进行树种优化, 提高林分质量^[28]。

2) 生态经济原理: 在对次生林经营过程中, 首先要充分重视次生林的生态服务功能, 在保持次生林平衡和稳定的前提下下来获得经济效益。

3) 边缘效应原理: 边缘效应是自然界中普遍存在的一种自然现象。边缘效应的产生是由于种间关系的加成效应和切

合效应, 使生态系统交界处的环境发生改变, 某些种群获得较适宜的生存环境, 从而导致种群数量和生产力发生变动产生效应。在林分中带状或岛状开拓效应区, 形成边缘界面层, 改变了下垫面环境^[57], 使林分产生边行优势。

4) 树种混交原理: 根据现有次生林树种特性, 运用树种混交原理进行人工搭配, 营造不同类型的混交林^[39], 可促进次生林生长、增加物种多样性, 形成较稳定的林分。

5) 林隙更新原理: 林隙是广泛存在于森林, 具有特殊性质的微结构, 其形成与发育对植被的更新具有重要作用^[3]。充分利用人工或天然形成的林隙, 人工促进、诱导天然更新的形成。

6) 适地适树、因地制宜原理: 充分发挥各类型地域的生产力, 提高综合效益。

3.2 次生林类型划分

次生林类型划分主要有两大类: 一是依自然条件为主的自然类型分类, 二是依经营措施为主的经营型分类。在自然类型分类中, 主要按优势种、立地类型、环境因子或综合这些因子进行分类。如综合因子分类法: 山脊蒙古栎林、山地阔叶林、丘陵杨桦林、河谷硬阔叶林等^[28]; 优势树种分类法: 巴山冷杉次生林、华山松次生林、红桦次生林^[31], 丝栗栲木荷次生林^[53]; 针叶次生林、落叶阔叶次生林、针阔叶混交次生林等^[5, 33]。在经营型分类中, 将次生林经营类型归纳为: 抚育间伐类型、林分改造类型、更新造林类型、采伐利用类型、封育保护类型、封禁防护类型和特殊利用类型^[30, 46]。

4 次生林群落动态演替研究

4.1 次生林生态位研究

次生林生态位研究对分析与解释次生林群落结构形成机制、植物种类数量随演替进程变化规律具有十分重要的意义^[39]。生态位宽度和重叠是次生林生态位研究中的主要内容, 一般认为, 生态位宽度能很好地反映种群的生态适应性和资源利用的能力; 生态位重叠主要用来表示两个物种对资源的共同利用程度或对环境因子适应的相似性。利用群落综合梯度定量研究生态位宽度和重叠能很好地反映种群的分布范围和对资源利用、环境适应的趋向和分异^[39]。郭全邦等^[15]在对缙云山次生林优势种群实际生态位研究中发现, 种群增长和资源利用之间存在着如下关系: 当种群大小与资源的可利用程度相对平衡时, 资源可满足种群的需要不表现出生态位释放和压缩; 当种群大小超过资源的可利用程度时, 资源短缺, 种群衰退。同时, 种群的增长将加快它对环境的影响, 资源的耗损迅速, 限制其原有种群的发展, 压缩其实际生态位, 为其他物种的生态位释放奠定基础; 这个过程可认为是群落演替的机理之一。顶级种群能够维持较宽的实际生态位, 这与其采取k生态对策有关^[27]。李德志等^[26]对天然次生林种群的生态位在多个资源维度上的研究表明, 多维计测比单维计测具有更强的生态学意义; 在多维空间内, 各种群的生态位宽度有扩大的趋势, 且各种群间的分化程度有所减缓, 种群间的生态位重叠也比单维空间时有所降低。

4.2 次生林的生物多样性研究

次生林在演替过程中,开始时物种多样性逐渐升高,之后逐渐下降^[44]。如张建国等^[53]对丝栗栲次生林树种多样性研究表明,16年后,多样性指数随林龄的增大而提高,当林龄在23年时达到最大,林龄超过36年时,多样性指标又开始下降。从群落不同层次来看,次生落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林的物种丰富度均表现为:草本层>灌木层(幼树与幼苗)>乔木层。各类群落乔木层的物种丰富度、多样数指数则表现为针阔混交林>落叶阔叶林>针叶林^[4,33]。次生林树种多样性还表现在林地单位面积上树种数量,即树种优势度也是反映树种多样性的一个重要因子^[5]。经营措施对次生林物种多样性也有影响。一般认为,不同于干扰强度的经营在一定程度上使物种多样性呈降低趋势^[20]。任立忠等^[38]对冀北山地次生山杨不同强度抚育后群落物种多样性变化的调查表明,弱度、中度抚育提高了群落物种多样性,强度抚育降低了群落物种多样性。江明喜等^[20]通过对人为干扰与次生林木本植物多样性关系研究,得出物种多度分布符合对数级数规律;不同于干扰强度对多样性和均匀度有一定影响,但对物种多度分布没有影响。孙德宙等^[42]观测到封山育林后常绿阔叶次生林的生物多样性指数、群落均匀度、物种丰富度均高于在相同立地条件下杉木纯林。

次生林群落的物种多样性与其空间结构也有密切关系,单层结构群落,树种单一,冠形相似,适光性弱,植物多样性指数低。复层结构的群落,乔木层常由不同树种组成,在垂直结构上有分化,有利于光线进入群落内部,物种多样性相应较高。翟大才等^[51]对次生林物种多样性研究表明群落均匀度、种间相遇机率与多样性指数呈正相关关系,而生态优势度与多样性指数呈负相关关系。群落多样性可分为群落内多样性(α 多样性)和群落间多样性(β 多样性),多用于群落内物种多样性和沿环境梯度变化的物种多样性研究^[59]。

4.3 种群的动态演替

次生林的演替过程大体可分为3个阶段。1)初期:原始林被破坏,先锋树种侵入形成次生林;2)中期:林分形成后改变了原来环境条件,一些更适宜树种再次侵入,并逐渐形成新的林分,相反,林分进一步破坏,则向着结构简单,组成单一,生态条件愈趋恶化的方向发展;3)后期:林分向着原地带性植被方向发展,或向着编极顶极方向逆行发展。杨小波等^[50]对海南山区次生林枫香种群动态研究表明,枫香种群处于演替的中期,尚缺少自我更新能力,不具备原生种群的特征,因此,枫香种群表现出随林龄增大而逐渐衰退的典型演替系列过渡种的生物学特性,最终会被群落中的后期演替种代替。一般认为,次生林的自然演替趋势大都符合次生演替中自然趋同规律^[23];但由于人为反复干扰,使各类型均有逆行发展的趋势。如南方原生耐阴常绿阔叶林经轻度采伐破坏,演变为针阔混交林,再经采伐破坏,可变为杉木、马尾松、毛竹林;再继续破坏,就会退化为草坡、灌丛^[8]。相反,若在某一阶段上停止破坏或实施一定措施,就会或快或慢地向原生群落复生。如东北东部山区次生林经营中的“栽针保阔”

等营林措施,可促进林分恢复接近“阔叶红松林”地带性顶极群落^[8,54];杨桦中壮龄林实施综合抚育间伐(强度为30%、40%),不仅大大提高林分的生长率,而且提早种群进展演替30年以上;如果在抚育间伐同时进行林冠下针叶树种的人工更新,可使种群进入顶极群落提早60~100年^[47]。包维楷等^[4]通过定位研究,发现中亚热带湿性常绿阔叶林次生群落自然恢复15年后,乔木层的物种丰富度基本达到稳定,树种多样性得以动态维持和发展。这一结果表明,自然恢复的常绿阔叶林仍具有较高的树种多样性^[2,17]。

如果把种群演替型分为增长型、稳定型及衰退型3种,种群由一个演替型发展到下一演替型所需时间为^[47,48]:

$$A = a(M_2 - 30)/(M_1 - M_2)$$

式中, A 为种群发展为下一演替型所需时间; M_1 为种群调查初比重最大径阶占本种群比例; M_2 为调查终年原最大径阶所占比例; a 为由 M_1 到 M_2 所经历的时间。

5 次生林主要生态过程研究

5.1 次生林更新过程研究

5.1.1 影响更新因子 次生林冠下天然更新随立地条件(地形、坡向、坡位、坡度、土层厚度、海拔等)、林分条件(郁闭度、蓄积量、植物层盖度、密度、树种组成等)及干扰方式(采伐、封禁、抚育等)的变化而不同^[16,32,45]。一般认为,林分郁闭度对更新的影响最大^[13,29]。如郭树平等^[16]对红松次生林的更新研究表明,耐荫性很强的树种如红松、云杉、冷杉等在10~20年内更新保存率较高,随着郁闭度增加、光线不足,死亡率逐年增加。在山地环境条件下,坡向、坡度、坡位对更新的影响较大;一般规律为阴坡好于阳坡,坡度小好于坡度大,坡下好于坡上^[45]。干扰对更新的影响有两方面,一是促进更新,如经过渐伐和封育保护的林分天然更新良好^[32,45];二是影响更新,如皆伐迹地上的更新效果最差^[45]。

5.1.2 林窗更新 林窗形成是植物构成的关键过程。从某种意义上讲,森林演替便是冠层乔木死亡,形成林窗,林窗内幼苗幼树竞争、发展的种群行为的积累。在原生植被中,林窗的边界和大小比较容易确定,但在次生植被中,群落稀疏,林间空地多,很难将冠层乔木死亡后让出的空间与林间空地区别开来,因此,有关次生林内林窗更新过程研究较少^[3,35,36]。安树青等^[3]对紫金山次生林林窗植被和环境研究表明,林窗植被的物种多样性和更新密度远高于非林窗区;林窗内的光、温湿度、土壤水分和元素均有明显的空间变化。Mesquita^[36]通过在10年生次生林皆伐区建立了倒木林窗模拟试验,观测了不同程度的林冠开阔度对更新苗生长的影响,结果表明,林冠开阔度对幼苗出现、死亡率和幼树群落的形成没有影响,但对其生长有显著的正效应;50%林冠开阔度的苗木高生长是对照区的3倍,但与80%以上林冠开阔度没有显著差异。这一结果表明,中等水平的林冠开阔度对于苗木生长具有正向影响,全部伐除是没有必要的。

5.1.3 种子库与更新 次生林地的土壤种子库与林地上的幼苗库是检验次生林种群更新行为的主要指标^[1,18]。Higo

等^[18]基于种子埋藏、幼苗和幼树数量,将日本赤松和栎树次生林的更新层分为3组:前进更新型、埋藏种子型和新扩散型。唐勇等^[43]在西双版纳白背桐次生林土壤种子库、种子雨组成及动态研究中,明确了种子雨是土壤种子库种子的直接来源,土壤种子库和种子雨的种类组成在某种程度上具有一致性;确定了该类林地的种子雨的输入高峰出现在旱季,与地面植被种子的成熟时间一致。由于森林破碎化导致的隔离效应阻碍了种子的传播途径,使土壤种子库储量下降,种子雨和土壤种子库中鸟类传播的种子比例增大,从而改变了种子库和种子雨的种类构成,植被的演替受到阻碍,如不排除干扰,植被将很难达到气候顶级^[60,61]。

5.1.4 人工促进天然更新 人为干预对次生林更新具有决定性作用。Aiba等^[2]对伐除原生林后41~64年的次生林更新与老龄林进行了比较,结果表明,虽然次生林与老龄林的林木密度和最大直径不同,但林木断面积和地上生物量并无差异。在低海拔处,具有较强萌生力老龄林的建群种同样在次生林中出现。次生林与老龄林的种类组成十分相近;在高海拔处则相反,老龄林中缺少萌生力的建群种在次生林中很少出现。付恒良等^[8]在白桦假树次生林和次生裸地上针叶树进行了更新试验,对树种分布、种类组成、多样性和种子扩散机制等调查表明,次生林内引进针叶树可加快次生林更新;对次生林进行透光伐将使更新有所提高^[12,13]。

5.2 次生林土壤生态过程

土壤养分及共生微生物等对次生林群落的生态过程有重要意义^[17,19],有关次生林土壤生态过程的初步研究大都集中在热带次生林凋落物分解和土壤养分含量分析^[6,14,22,24,34]。这些初步研究表明,过度砍伐和不合理利用,严重影响次生林地土壤的物理性质。许炼烽等^[49]对热带次生林利用与土壤性质变化进行定位观测发现,不同间伐强度(对照、50%、70%择伐、皆伐)和利用方式(垦植橡胶、甘蔗、蕃茨和刀耕火种)对土壤温度、含水量、团聚结构、机械组成、容重、孔隙度和土壤持水性等有不同程度的影响;尤其是过度间伐(大于70%)和刀耕火种,导致土壤表层温度升高,温差加大,土壤含水量和持水能力下降,土壤结构受破坏,粘粒流失和向砂砾化发展。张萍等^[55]对西双版纳7年生和20年生热带雨林次生林的养分循环进行了比较,发现次生林和原始林内的细菌、放线菌、真菌、纤维素分解菌等各类微生物主要集中在0~10cm的土壤表层;随着演替年限的增加,微生物的数量、土壤呼吸强度、土壤酶的活性以及纤维素分解强度、归还/吸收率和物质循环速度均呈增加趋势,说明演替改善了土壤的物理、化学和生物学状况,提高了土壤的活力。沙丽清等^[41]对西双版纳次生林火烧前后土壤养分研究表明,次生林砍伐后再火烧对0~10cm土层的pH、有机质、全氮、磷、钾和有效氮、磷、钾都有显著提高;但10~30cm土层及各土层的碳/氮比的变化却不显著。曾思齐等^[52]在探讨低质低效次生林改造途径中发现,次生林土壤微生物数量主要集中在0~20cm的土层中,随土层加深,其数量迅速减少,形成土壤肥力自上而下减弱的趋势;阔叶林、针阔混交林的

微生物数量多、土壤肥力高,而针叶林的微生物数量少、土壤肥力一般;土壤酶的活性以针阔混交林、阔叶林为强。Guggenberger等^[14]对哥斯达黎加原生林、草原和次生林土壤有机质组成的研究发现,以往是原生林的农用土壤有机质库处于损耗状态,但粘土部分未受影响;在弃牧草原上18年生次生林提高了土壤的碳总量,有的甚至高于原生林。这与Komiyama等^[24]对海岸区次生红树林生物量研究所得结果相似。McDonald等^[34]对牙买加次生林与原生林养分循环研究表明,虽然由于刀耕火种、飓风以及不断增长人口对土地的压力,使原生林变成次生林,但如果停止破坏和农业活动,经过20年的次生演替,次生林的断面生长可恢复到原生林的81%。

5.3 次生林环境变化过程 关于次生林生态环境的研究主要集中在次生林的水文作用上。这方面的研究在我国“七五”至“九五”科技攻关中研究较多,结果表明,一旦地面迳流冲刷力超过土壤临界应力,径流就将剥蚀土壤颗粒,引起水土流失。枯枝落叶层作为覆盖地面的保护层,具有分散径流,不断消耗径流冲刷力的作用,使其速度减缓,从而对剥蚀土壤和搬运泥沙的能力产生重大的影响^[40]。朱丽晖等^[62]通过对辽东山区次生林枯落物层对降雨拦蓄特征研究,确定了枯落物层最大拦蓄量可达30.1~53.3t·hm⁻²,有效拦蓄量相当于1.58~3.89mm的降水,降雨截留率为21%。这与高鹏等^[9]对密云水库上游次生林研究的结果相一致。姜培坤等^[21]对千岛湖次生林地枯落物与土壤状况调查分析得出,林地枯落物营养成分含量和总贮量均呈N>Ca>K>Mg>Mn>P>Zn的排序。关于次生林环境的其它方面研究相对较少。

6 存在的问题与发展趋势

6.1 次生林经营基础研究中存在的问题

1)研究方法上,以流动或临时调查为基础的研究多,持续定位长期观测研究少。虽然一次性调查的研究方法效率高,但持续定位观测对于次生林经营基础研究,尤其是在环境随机性影响即时观测结果的条件下仍至关重要。

2)研究方式上,单项研究多,综合研究少,林分水平研究多,区域尺度研究少;单项、林分水平的研究是综合、区域尺度研究的基础,但目前的研究缺少系统性数据积累,因此,使综合协调、区域尺度研究得不到应有的发展。

3)研究对象上,以演替早期次生林为对象的研究多,对次生林长期演变规律研究少,以次生林现状为基础的研究多,以受干扰次生林为对象的研究少。

4)研究内容上,以木材利用为主的次生林经营基础研究多,以生态服务功能为基础的研究少,表象研究多,过程、机制研究少,经营技术研究多、基础理论研究少。

6.2 次生林经营基础研究的发展趋势

1)在研究方式、方法上,将以试验观测站(点)为基地,通过长期定位观测开展对次生林经营基础的研究;并以长期定位观测资料为基础,从单项研究向综合研究发展;利用GIS/

RM 等手段从系统水平向区域尺度方向发展。

2) 开展次生林经营的基础理论研究。国家已把森林经营方向由过去以木材利用为主转向以发挥森林生态服务功能为主, 因此, 以往木材利用为主的经营理论不能指导现实次生林的经营。而要实现保育健康的次生林系统, 阻止非健康次生林系统的继续退化并引导其向进展演替发展, 最终恢复到健康的森林生态系统的经营目标, 必须把次生林经营研究从单一的林学观点转变为生态学、健康学与林学的交叉; 提出适合于现代次生林经营的新理论。

3) 加强次生林生态系统的生态过程与机制研究。研究次生林生态系统形成机制、主要生态过程, 净初级生产力、物种多样性、水分平衡, 光、水、热环境在季节上的不协调性与次生林生态系统稳定性(抗逆性)和脆弱性的相互关系; 研究在多大程度的扰动下不影响次生林进展演替, 评价次生林生态系统构造对功能的影响; 研究次生林生态系统退化的原因、恢复与重建的理论、技术以及防止次生林生态系统退化的对策等都是该领域急需解决的关键问题。

6.3 次生林经营基础的研究重点

1) 次生林生态系统经营的理论基础——健康与成熟理论研究。建立次生林生态系统健康或质量评价体系, 明确次生林成熟理论。研究次生林生态系统健康、成熟概念、评价/确定方法、诊断指标, 分类标准等, 同时对次生林的生态效益和经济效益作出客观的评估, 为健康次生林生态系统保护、退化次生林生态系统恢复奠定经营理论基础。

2) 次生林生态系统主要生态过程研究。包括次生林土壤生态、生理生态、水文生态、次生林演替(更新)过程及各过程中的种间关系、种群生态和 C、N 等循环过程。

3) 干扰或土地利用模式对典型次生林形成机制和演化过程影响研究。探讨在人类活动和全球变化背景下, 次生林的起源类型、形成的历史及其控制因子, 未来演化的可能情景及控制因子可能对次生林生态系统演替产生的影响。

4) 不同生态类型区典型次生林生态系统经营原理研究。主要包括生态位原理、边缘效应原理、树种混交原理、林隙更新原理和适地适树原理。

5) 成熟、健康次生林生态系统的保育和非健康次生林生态系统的恢复、改造与重建研究。重点研究保障稳定健康次生林生态系统稳定性的维持和系统功益的连续以及从次生林个体、群体的成熟与更新到区域次生林体系的稳定、持续与健康; 探讨非健康次生林生态系统的衰退原因、健康风险诊断指标, 提炼集成抑制衰退、维持健康的综合对策。

6) 天然次生林生态系统演替动态管理模型研究。应用 GIS/RS 等现代管理技术和模型理论等手段, 研究建立次生林生态系统各级经营管理单元的动态模型监测与恢复、健康管理。

参考文献

1 Adjers G, Hadenggan S, Kuusipalo J, et al. 1995. Enrichment planting of dipterocarps in logged-over secondary forests effect of width direction and maintenance method of planting line on selected

- Shorea* species. *For Ecol Manag*, **73**: 259~270
- 2 Aiba S, Hill DA, Agetsuma N. 2001. Comparison between old-growth stands and secondary stands regenerating after clear-felling in warm-temperate forests of Yakushima, southern Japan. *For Ecol Manag*, **140**: 163~175
- 3 An S-Q(安树青), Hong B-G(洪必恭), Li Z-Y(李朝阳), et al. 1997. Environmental and vegetation studies of the gaps of secondary forests on Zijin Mountain. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **8**(3): 245~245(in Chinese)
- 4 Bao W-K(包维楷), Liu Z-G(刘照光), Liu C-L(刘朝禄), et al. 2000. Fifteen-year changes of tree layer in secondary *Castanopsis schima* humid evergreen broad-leaved forest in central subtropics of western China. *Acta Phytocol Sin(植物生态学报)*, **24**(6): 702~709(in Chinese)
- 5 Chen X-J(陈喜军), Xing S-Z(邢树名), Zang J(臧军), et al. 1997. Species diversity of forest types in natural secondary forests. *For Sci Tech(林业科技)*, **20**(5): 13~14(in Chinese)
- 6 Dezzotti A. 1996. *Austrocedrus chilensis* and *Nothofagus dombeyi* stand development during secondary succession in northwestern Patagonia Argentina. *For Ecol Manag*, **89**: 125~137
- 7 Finegan B. 1996. Pattern and process in Neotropical secondary rain forests: The first 100 years of succession. *Trends Ecol*, **11**: 119~124
- 8 Fu H-L(付恒良), Wang S-M(王树明). 1997. Characteristics of succession and natural regeneration for natural secondary forest in Muling forest region. *For Sci Tech(林业科技)*, **22**(2): 18~21(in Chinese)
- 9 Gao P(高鹏), Li J(李金), Liu J-M(刘建民). 1998. Hydrological functions of natural secondary forests. *Soil Water Conser Sci Tech Shanxi(山西水土保持科技)*, (3): 10~12(in Chinese)
- 10 Grau HR, Arturi MF, Brown AD, et al. 1997. Floristic and structural patterns along a chronosequence of secondary forest succession in argentinean subtropical montane forests. *For Ecol Manag*, **95**: 161~171
- 11 Green RH. 1971. A multivariate statistical approach the Hutchinson niche. *Ecology*, **54**: 543~556
- 12 Guariguata MR, Chazdon RL, Denslow JS, et al. 1997. Structure and floristics of secondary and old-growth forest stands in lowland Costa Rica. *Plant Ecol*, **132**: 107~120
- 13 Guariguata MR. 1999. Early response of selected tree species to liberation thinning in a young secondary forest in Northeastern Costa Rica. *For Ecol Manag*, **124**: 255~261
- 14 Guggenberger G, Zech W. 1999. Soil organic matter composition under primary forest, pasture, and secondary forest succession, Region Huetar Norte, Costa Rica. *For Ecol Manag*, **124**: 93~104
- 15 Guo Q-B(郭全邦), Ma P-A(马平安), Liu Y-C(刘玉成). 1998. Dynamics of niches for dominant species in Jinyunshan secondary forests. *Res Geogr National Land(地理学与国土研究)*, **14**(1): 49~51(in Chinese)
- 16 Guo S-P(郭树平), Zhang X-W(张晓巍), Lü Q-Y(吕秋银), et al. 1995. Evaluation of regeneration for natural secondary forest of Korean pine. *For Sci Tech(林业科技)*, **20**(6): 12~14(in Chinese)
- 17 Herrera B, Campos JJ, Finegana B, et al. 1999. Factors affecting site productivity of a Costa Rican secondary rain forest in relation to *Vochysia ferruginea*, a commercially valuable canopy tree species. *For Ecol Manag*, **118**: 73~81
- 18 Higo M, Shinohara A, Kodama S. 1995. The regeneration behavior of major component species in the secondary forest dominated by *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* in central Japan. *For Ecol Manag*, **76**: 1~10
- 19 Huang S-N(黄世能), Wang B-S(王伯荪). 2000. Study on community dynamics of secondary tropical forests: Review and prospects. *World For Res(世界林业研究)*, **13**(6): 7~13(in Chinese)
- 20 Jiang M-X(江明喜), Jin Y-X(金玉兴), He J-S(贺金生), et al. 1995. The effects of man-made disturbance on woody species diversity of secondary growth Masson pine forest in Three Gorges region. *Resou Environ Yangtze Vall(长江流域资源与环境)*, **4**(4): 256~261(in Chinese)
- 21 Jiang P-K(姜培坤), Qian X-B(钱新标), Yu S-Q(余树全), et al. 1999. Investigation and analysis on litter and soil under natural secondary forests in Qiandaohu lake area. *J Zhejiang For Coll(浙江林业学院学报)*, **16**(3): 260~264(in Chinese)
- 22 Kobayashi M, Kamitani T. 2000. Effects of surface disturbance and light level on seedling emergence in a Japanese secondary deciduous

- forest. *J Veg Sci*, **11**:93~100
- 23 Kohyama T, Aiba S. 1997. Dynamics of primary and secondary warm-temperate rain forests in Yakushima Island. *Tropics*, **6**:383~392
- 24 Komiyama A, Havanond S, Srisawatt W, et al. 2000. Top/root biomass ratio of a secondary mangrove (*Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Rob.) forest. *For Ecol Manag*, **139**:127~134
- 25 Lacaze JF. 2000. Forest management for recreation and conservation. *Forestry*, **73**:137~142
- 26 Li D-Z (李德志), Li G-X (李广祥), Sun S-Y (孙淑艳), et al. 1995. The measurements and analyses of niches of main tree populations in natural secondary forest communities of eastern mountain areas in northeast China. *J Jilin For Inst* (吉林林学院学报), **11**(2):69~74 (in Chinese)
- 27 Li D-Z (李德志), Qin A-L (秦艾丽), Yang M-L (杨茂林), et al. 1996. Study on the interconnections among main tree populations in natural secondary forest communities. *Acta Phytocool Sin* (植物生态学报), **20**(3):263~271 (in Chinese)
- 28 Li R-X (李茹秀), Ren Q-S (任青山), Guo S-A (郭水安). 1996. Approach of land classification with spatial niche of main types of secondary forests. *J Northeast For Univ* (东北林业大学学报), **24**(5):43~49 (in Chinese)
- 29 Lin Q-Y (林全业). 1996. Principal components analysis and factor analysis on natural regeneration of secondary forest of Japanese red pine. *J Shandong Agric Univ* (山东农业大学学报), **27**(4):445~450 (in Chinese)
- 30 Liu D-Z (刘德章), Hou Q (侯 箕), Jin L-Y (金烈谊), et al. 1996. Grey correlation analysis for *Quercus* variables natural secondary forest in south of Taihang Mountain. *J Hebei For Coll* (河北林学院学报), **11**(2):165~169 (in Chinese)
- 31 Lou A-R (娄安如). 1996. A study on the population structure and syndynamics of three kinds secondary forest of Shennongjia. *J Beijing Normal Univ* (Nat Sci) (北京师范大学学报(自然科学版)), **32**(1):124~128 (in Chinese)
- 32 Li T (李 涛), Zhao C-L (赵春玲), Lü H-J (吕海军), et al. 2000. A survey of regeneration of natural secondary forest in Helanshan Mountain in Ningxia. *Ningxia Agric For Sci Tech* (宁夏农林科技), (supp.):23~25 (in Chinese)
- 33 Ma T-W (马丹炜). 1999. The analysis of community species diversity of secondary forest in Jiuzhaigou valley natural reserve. *J Sichuan Normal Univ Nat Sci* (四川师范大学学报(自然科学版)), **22**(1):83~87 (in Chinese)
- 34 McDonald MA, Healey JR. 2000. Nutrient cycling in secondary forests in the Blue Mountains of Jamaica. *For Ecol Manag*, **139**:257~278
- 35 Mesquita RCG. 1995. The effect of different proportions of canopy opening on the carbon cycle of a central Amazonian secondary forest. Ph. D. Dissertation, University of Georgia, Athens, Georgia, USA, 1~5.
- 36 Mesquita RCG. 2000. Management of advanced regeneration in secondary forests of the Brazilian Amazon. *For Ecol Manag*, **130**:131~140
- 37 Nelson BW, Mesquita R, Pereira, JLG, et al. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *For Ecol Manag*, **117**:149~167
- 38 Ren L-Z (任立志), Luo J-C (罗菊春). 2000. Influence of tending and cutting on biodiversity of *Populus davidiana* secondary forest. *J Beijing For Univ* (北京林业大学学报), **22**(1):14~17 (in Chinese)
- 39 Ren Q-S (任青山). 1998. Study on niche structure of dominant population in natural secondary forest. *J Northeast For Univ* (东北林业大学学报), **26**(2):5~10 (in Chinese)
- 40 Sanchez RG, Alvarez-Sanchez J. 1995. Litterfall in primary and secondary tropical forests of Mexico. *Trop Ecol*, **36**:191~201
- 41 Sha L-Q (沙丽清), Deng J-W (邓继武), Xie K-J (谢克金), et al. 1998. Study on the changes of soil nutrient before and after burning secondary forest in Xishuangbanna. *Acta Phytocool Sin* (植物生态学报), **22**(6):513~517 (in Chinese)
- 42 Sun D-Z (孙德宙), Zhan Y-S (詹有生), Sheng W-T (盛伟彤), et al. 1998. The analysis of biodiversity of even-green broad-leaved second growth and plantation in Damaoshan Mountain, Jiangxi province. *For Sci Res* (林业科学研究), **11**(4):402~406 (in Chinese)
- 43 Tang Y (唐 勇), Cao M (曹 敏), Zhang J-H (张建俊), et al. 1998. Study on the soil seed bank and seed rain of *Mollotus paniculatus* forest in Xishuangbanna. *Acta Phytocool Sin* (植物生态学报), **22**(6):505~512 (in Chinese)
- 44 Turner IM, Wong YK, Chew PT. 1997. Tree species richness in primary and old secondary tropical forest in Singapore. *Biodiv Conserv*, **6**:537~543
- 45 Wang B-X (王百兴), Liang J-B (梁金彪), Gao Q-C (高庆春). 2000. Discussion on regular pattern of natural regeneration in secondary forest zone. *Inner Mongolia For Sci Tech* (内蒙古林业科技), (2):33~35 (in Chinese)
- 46 Wang D-H (王迪海), Tang D-R (唐德瑞), Li G-Q (李根前), et al. 1995. Management techniques for *Pinus massoniana* secondary forests. *J Jiangxi For Sci Tech* (陕西林业科技), (4):52~54 (in Chinese)
- 47 Wang H-Z (王辉忠), Xie Z-G (谢遵国), Huang Y (黄 昊), et al. 1999. Effects of cutting and caring on structure and succession for secondary forests of poplar and birch. *For Sci Tech* (林业科技), **24**(3):17~19 (in Chinese)
- 48 Wen Y-G (温远光), Li X-X (李信贤). 1996. Community structure and dynamic of dominant species for natural secondary forest in cutting area of Tianping, Damingshan. *J Guangxi Agric Univ* (广西农业大学学报), **15**(2):118~124 (in Chinese)
- 49 Xu L-F (许炼烽), Zhu W-K (朱伍坤). 1996. The utilization of tropical secondary forest and the change of soil physical properties. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **16**(6):652~659 (in Chinese)
- 50 Yang X-B (杨小波), Wen H-B (文洪波), Wu Q-S (吴庆书), et al. 1999. Study on the ecological characters of secondary forest in the central mountain area of Hainan island. *J Hainan Univ* (Nat Sci) (海南大学学报(自然科学版)), **17**(4):343~347 (in Chinese)
- 51 Zai D-C (翟大才), Xiang B-L (项百林). 2001. Species diversity of secondary forests in Xiuning County, Anhui Province. *For Reso Manag* (林业资源管理), (1):39~43 (in Chinese)
- 52 Zeng S-Q (曾思齐), Zhou G-Y (周国英), Yu J-Y (余济云). 1998. Ecological distribution of soil microorganisms and soil enzyme activity in hilly secondary forests in esat Hunian. *J Central South For Univ* (中南林学院学报), **18**(2):20~23 (in Chinese)
- 53 Zhang J-G (张建国), Ye F (叶 芬), Sheng W-T (盛伟彤), et al. 1998. Studies on type classification and tree species diversity for the *Castanopsis fargesii* secondary forest in the Hongdong forest farm of Fujian Province. *For Sci Res* (林业科学研究), **11**(1):45~51 (in Chinese)
- 54 Zhang L-J (张龙俊), Wang W-P (王卫平). 2000. Cultivation and climax succession of natural secondary forests. *For Sci Tech* (林业科技通讯), (8):38~39 (in Chinese)
- 55 Zhang P (张 萍), Feng Z-L (冯志立). 1997. Biological natural cycling of secondary forests in Xishuangbanna. *Acta Pedol Sin* (土壤学报), **34**(4):419~426 (in Chinese)
- 56 Zhang P-C (张佩昌), Wang Q-L (王庆礼). 2000. Protection/ Conservation Project for Natural Forests. Beijing: China Forestry Press. 11~26 (in Chinese)
- 57 Zhang Q-B (张其保), Fang L (方 亮). 1998. A Study of problems of planting fast-growing and high-yield plantation in secondary forest site on the south slope in Great Xingan Mountain. *J Inner Mongolia For Coll* (内蒙古林学院学报), **20**(3):37~42 (in Chinese)
- 58 Zhao H-X (赵惠勋), Zhou X-F (周晓峰), Wang Y-H (王义弘), et al. 2000. Quality of forest evaluation standard and evaluation target. *J Northeast For Univ* (东北林业大学学报), **28**(5):58~61 (in Chinese)
- 59 Zhou H-C (周厚诚), Ren H (任 海), Peng S-L (彭少麟). 2001. Community structure of three secondary forests in Nan'ao island, Guangdong. *Guthaia* (广西植物), **21**(3):209~214 (in Chinese)
- 60 Zhuang X-Y (庄雪影), Richard TC. 1999. Study on seed ecophysiological characteristics of tree species in secondary forest of HongKong. *Ecol Sci* (生态科学), **18**(1):1~6 (in Chinese)
- 61 Zhuang X-Y (庄雪影), Richard TC. 2000. Survival and growth of native tree seedlings in secondary forest of Hong Kong. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), **8**(4):291~300 (in Chinese)
- 62 Zhu L-H (朱丽晖), Li D (李 冬). 2001. Hydrological functions of litterfall of natural secondary forests in Liaodong Mentone. *Liaoning For Sci Tech* (辽宁林业科技), (1):35~37 (in Chinese)

作者简介 朱教君,男,1965年生,博士,研究员,博士生导师,主要从事森林生态与经营、防护林生态、林业生态工程研究,发表论文50余篇。E-mail:jiaojun@agr.niiigata-u.ac.jp