

文章编号: 1007-6301 (2003) 04-0360-09

土地利用/覆被变化对海岸环境演变影响的研究进展

欧维新^{1, 2}, 杨桂山¹

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 土地利用/覆被变化是影响海岸带环境演变的一个重要方面。文章着重从土地利用/覆被变化对温室气体释放、入海物质通量、生物多样性影响以及海岸特有自然覆被的生态环境效应角度评述了土地利用/覆被变化对海岸环境演变影响研究的内容与进展。分析指出该领域未来研究将朝更宏观综合(全球环境影响)与更微观深入(环境生物地球化学过程)两个趋向发展。可持续土地利用评价与调整、海岸环境生物地球化学过程与模拟、海岸生物多样性保护和海岸带综合管理将成为未来研究的重点。

关 键 词: 土地利用/覆被变化; 海岸带; 环境影响

中图分类号: F301.24; X144

目前, 人们已逐渐认识到土地利用/覆被变化是引起全球环境变化的一个重要因素。当今最具国际影响力的科学计划——“国际地圈生物圈计划”(IGBP), 把“土地利用/覆被变化”(LUCC)及“陆地—海洋的相互作用”(LOICZ)均列为其核心计划, 研究全球变化、土地利用等自然和人类活动影响下海岸环境和生态系统变化及其反馈作用的规律性。在过去的研究中, 海岸带研究常被忽视。随着全球变化研究的深入, 海岸带这个受全球气候、海平面变化以及人类活动影响最大的地区开始引起人们的重视。在人类活动特别是土地利用活动影响作用下, 通过大气与水域连续体(河流、湖泊、河口)等物质和能量联系纽带, 使陆地到海洋的物质流动迅速变化, 从而影响海岸环境及其演变。

1 海岸土地利用变化对海岸环境演变影响的重要性

由于海岸土地的多种适宜性以及优越的区位, 使得海岸带土地利用具有土地利用类型多样、利用方式高度集约、土地利用变化显著和空间分异明显等特征^[1]。海岸带土地利用变化对海岸带环境演变影响的重要性, 在于土地利用和覆被变化的过程与结果, 作为影响因子进一步加速了海岸带环境演变, 主要体现在以下几个方面:

(1) 全球变暖与海平面上升。海岸带尤其是热带海岸土地利用变化, 使大面积的雨林

收稿日期: 2003-02; 修订日期: 2003-06

基金项目: 中国科学院全国优秀博士论文基金项目; 中科院知识创新重要方向性项目(KZCX2-310)

作者简介: 欧维新(1974-), 男, 湖南益阳人, 博士生。海岸带资源利用与效应研究。E-mail: w.xou@niglas.ac.cn

与红树林覆被消失、海岸湿地面积减少等, 结果影响大气中温室气体含量变化, 并在累积变化作用下达到全球规模, 使全球气候变暖、海平面上升^[2]。

(2) 海岸变迁与海岸环境变化。一方面, 海岸土地利用/覆被变化加速了全球变暖与海平面上升, 使岸线向陆迁移; 另一方面, 海岸土地利用/覆被变化为海岸带贡献了用于海岸地貌塑造、冲淤演变的丰富泥沙物质来源, 使岸线向海推进。同时, 土地利用变化引起的各种营养元素与污染物质在河口海岸的富集, 导致近海水体富营养化甚至赤潮的发生, 以及地下蓄水层与海岸带水质污染等。

(3) 生物多样性减少。海岸带是生物量最大的生态系统之一, 海岸带土地利用带来的丰富营养虽然有利于提高海岸生物生产力, 但城市扩展、围垦等活动却大大减少或破坏了湿地、滩涂等海岸生物群落的栖息地。此外, 土地利用变化引起入海泥沙、有毒污染物的通量变化, 也是导致海岸带生物多样性减少的另一主要原因。

2 土地利用/覆被变化对海岸环境演变影响的研究现状

目前, 土地利用/覆被变化对海岸环境演变影响的研究, 不只是局限于海岸带的土地利用/覆被变化对局地海岸环境演变的影响, 还包括周边区域甚至全球土地利用/覆被变化对海岸环境演变的影响。其目的是更大限度地了解影响海岸环境的参数及其时空变化, 为实现科学的海岸综合管理提供理论依据。就研究内容来说, 主要在以下几个方面取得了一定的进展。

2.1 研究与全球变暖、海平面上升有关的土地利用/覆被变化

大气中温室气体含量变化是联系土地利用/覆被变化与全球变暖、海平面上升影响的关键环节。与温室气体排放有关的土地利用/覆被变化对海岸带环境演变的影响, 主要是以大气为中介, 经过累积作用达到全球规模, 继而加速气候变化, 导致全球气候变暖与海平面上升。长期以来, 全球土地利用/覆被变化的基本趋势是在人口增长的驱动下, 使高生物量的森林转变为低生物量的生态系统, 例如次生和退化的森林、耕地和牧场, 导致向大气释放的 CO_2 估计有 $0.164 (\pm 0.4) \times 10^{16} \text{ g}$ ^[3~4]。根据 Houghton 的研究^[5], 从农业社会出现至今, 整个撒哈拉的森林和疏林减少了 44%, 拉丁美洲和南亚、东南亚的原始森林与疏林分别减少了 32% 和 34%。这种变化早期主要集中在北半球的中纬度地区, 而 20 世纪以来, 尤其是近几十年则更多地出现在热带地区。1990 年世界粮农组织 (FAO) 对热带森林的砍伐进行了新的评估, 初步结果表明, 整个 80 年代, 热带森林的砍伐速度有所加快, 达到 $17 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占森林总面积的 1%。在非洲、拉美和亚洲, 分别有 38%、38% 和 67% 的热带农业用地来自砍伐森林。森林覆被的减少同时也使森林是温室气体 CO_2 “汇”的功能削弱了, 增加了大气中 CO_2 的含量。 N_2O 也是最重要的温室气体之一, 有研究表明^[6], 1 摩尔 N_2O 的增温效应是 CO_2 的 150~200 倍, 此外 N_2O 在大气中具有较长的滞留时间并参与大气中的许多光化学反应, 破坏 O_3 层。目前, 大气中 N_2O 的浓度正以 0.25% 的年增长率上升, 其中热带土壤和农业土壤是全球最重要的 N_2O 释放源, 其贡献率达 70%~90%。二十世纪七十年代以来, 全球耕地总面积增加 $0.26 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 但耕地质的变化却很大, 其中有很大部分是由砍伐热带森林变为农田而来的, 加上大量化肥投入的影响, 相对增加了 N_2O 释放源。

尽管土地利用/覆被变化与释放到大气中的温室气体通量之间的联系已得到共识, 但是这

些通量的数量级仍然存在着不确定性。因为这些不确定性,导致生物量减少和土地砍伐产生的全球 CO_2 释放量占人为活动 CO_2 释放量的 8% 到 44%^[7~8]。因此土地利用/覆被变化导致的全球或大陆尺度的 CO_2 释放量更精确的估算仅能从可靠的区域估算外推。

2.2 土地利用/覆被变化对入海物质通量的影响

2.2.1 营养元素的入海通量变化

河流是营养元素输入海洋的重要途径,土地利用/覆被变化大大增加了流域河湖的营养元素含量^[9]。有研究表明^[10],全世界溶解 N 总的河流通量为 $35 \times 10^{12} \text{ g N/a}$, 颗粒 N 的通量为 $27 \times 10^{12} \text{ g N/a}$, 总 N 的通量为 0.292×10^{12} 摩尔, 总 P 的通量为 130×10^8 摩尔。

流域是一个复杂的生态系统,人类活动赋予它不同的土地利用方式和不同的地表覆被类型。不同的土地覆盖类型及其组合由于其特定的系统结构与组成要素,对营养元素的吸收、固定、分解、输出及其时空分布都有不同的影响。土地利用造成这些营养元素的输出,并经过一系列的生物物理化学反应后被河流输入海洋。Taylor 等^[11]的研究表明,混合农田单位面积的溶解 N、P 输出量分别是邻近林地的 2.5 与 1.6 倍。张权等研究了青岛海岸带陆源氮素入海通量,发现流经村庄的入海河流, $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量变化较未流经村庄河流要大得多^[12]。Leo J. H.^[13]就美国东北部 Upper Hudson 流域感潮河段以上的区域,研究了营养元素的输入输出平衡,发现占全区面积 76% 的森林使大气沉降成为主要的 N 输入源,同时森林也是流域 N 流失的主要因子,占输入总 N 量的 37%。由自然植被如森林控制的流域,大气沉降占优势,而在城市化发展的流域,废水是主要 N 源。I. Valiela^[14]模拟了流域进入马萨诸塞州 Waquoit 湾的 N,发现 1938 年到 1990 年从自然生长到人为改变的地表覆被变化发生的同时,进入到流域的 N 含量一直在增加,这相对巨大的增长得益于流域的城市与工业废水、农业化肥、以及依赖土地覆盖斑块的大气沉降。土地利用/覆被变化引起的营养元素的输移与流域水文/生态的关系密切^[15], Robert R. T.^[16]分析 Guayas 河口三个区域从红树林到虾池的转变,并用三种不同的流量来模拟了土地利用/覆被变化对悬浮物与营养元素的输移变化。发现因季节性高流量与潮汐进退使得河口水体滞留时间缩短(11 天)而得以维持好的水质。因建虾池导致红树林减少了 90% 的河口总 N 丰度增加五倍。但是当河流流量减到 10% 时,同样的建设能使总 N 丰度增加 60 倍。湿地也是入海营养元素流失的一种重要的覆被类型,李秀珍等从滨海湿地景观结构角度模拟了芦苇地对养分去除的影响^[17~18]。David R. T.^[19]研究了 17 个面积为 $100 \sim 10 \text{ km}^2$ 的流域(各种土地利用类型),发现暴雨降水(190mm)所带来的总磷,若在 72 小时内被湿地吸收或净化所需的湿地面积约约为流域面积的 2.3% ~ 10.8%。总的来说,林地、湿地等自然覆被是流域营养元素特别是氮的主要输入源,同时又因为它们的输出相对较少而成为营养元素的汇,农业用地与城市用地是营养元素的输出地。

2.2.2 悬浮物、沉积物的入海通量变化

由于人类对土地资源的不合理利用与开发引起流域土地覆被变化,导致水土流失、土地退化,在一定的天气、气候条件下进而引发洪水使河流含泥沙量剧增。河流携带的悬浮物与沉积物最终淤积于河口或进入海洋并影响海岸形态、动力条件。

全世界入海泥沙每年有 $200 \times 10^8 \text{ t}$,其中 $120 \times 10^8 \text{ t}$ 是由河流供给。中国每年有 $22 \times 10^8 \text{ t}$ 泥沙入海,由于人类不合理的土地利用特别是历史时期以来黄河中上游黄土高原地区的自然覆被的破坏造成了该区域严重的水土流失,据三门峡站观测,黄河多年平均输沙量为 16

$\times 10^8 \text{ t}$, 多年平均含沙量为每立方米 35 kg , 是世界之最^[20]。Jagdish K.^[21]研究了哥斯达黎加 Terraba 流域土地利用与沉积物输出动力间的特征, 发现森林砍伐率和农业用地的面积百分比分别与泥沙供应因子存在明显的线性相关性 (R^2 分别为 0.76 、 0.68)。Erin J. N.^[22]对正在迅速城市化的流域土地利用和河流沉积物悬浮物的相对影响研究表明, 流域的人类活动尤其是城市发展, 使河流年含沙量增加了 50% , 达 $44 \text{ t km}^2/\text{a}$ 。J.M. Garcia-Ruiz^[23]研究了西班牙比利牛斯山中西部山区传统土地利用与泥沙输出的特点, 得出在没有植被保护的农闲地泥沙含量最高, 种植谷物的坡耕地尤其是在轮耕时加剧了土壤侵蚀, 泥沙输出量也很多, 而灌丛地输出量最少。Christopher W. C.^[24]模拟比较了海岸带林地流域 (38 hm^2) 与城市流域 (15 hm^2) 流入毗连河口的径流量和泥沙含量, 结果显示城市流域流出的径流量与泥沙含量分别是林地流域的 $5.5 (\pm 2.7)$ 倍与 $5.5 (\pm 2.3)$ 倍。Robert R. T.^[14]也发现在红树林地转变为虾池的同时潮间带的泥沙沉积作用加强 (虾池比红树林更利于泥沙的沉积)。

总之, 土地利用/覆被变化对流域泥沙产出及其输移的过程影响虽然是在一定的气候、地形等自然背景产生的, 但它仍是最主要的驱动因子。农业作物植被对泥沙输出有一定的抑制作用, 但长期的耕作与农业用地的利用方式变化却能大大地促进泥沙的产出^[25]。城市流域产沙相对较少, 而市区基础设施建设却能对泥沙输出有很大的影响。森林是涵水固沙最好的土地覆被类型, 但大面积的森林砍伐往往是流域泥沙含量增加最主要的原因。

2.3 土地利用/覆被变化对海岸带生物多样性的影响

海岸带是生物量最大的生态系统之一。生境多样性是生态系统多样性形成的基本条件, 生物栖息地的破坏和片段化已成为影响海岸生物多样性的的重要因素。人类的土地利用活动, 如围垦滩涂湿地、砍伐红树林等直接改变了海岸生境状况, 减少了海岸生物的栖息地, 导致海岸生物多样性减少^[26], 但也有研究表明^[27], 合理的利用和管理方式也有利于海岸生物多样性保护, 如吕士诚等人在江苏盐城海岸带研究发现, 针对鸟类栖息与觅食条件建立的 220 hm^2 人工湿地 (鱼塘) 后先后招引了包括丹顶鹤在内的 55 种水鸟来此栖息, 而此前只有少量的普通燕行鸟、灰头麦鸡、苍鹭、白鹭、斑嘴鸭、丹顶鹤等在此作短暂停息。

另一方面土地利用/覆被变化产生的泥沙、营养物质等也对海岸带生物多样性有很大的影响 (如对珊瑚礁与红树林等)。在一定程度上它们丰富了生物所需的养分, 有利于生物的生长, 但过量的物质或有害的物质能破坏平衡的生物食物网, 从而不利于海岸生态系统的生物多样性^[28~29]。如珊瑚礁是生物多样性和高生产力的中心, 是 CO_2 的汇和 CaCO_3 的源。海岸带的土地利用/覆被变化导致水土流失, 使河口和海湾淤泥沉积、悬浮物增加, 在风力或沿岸流的作用下, 被带到珊瑚礁附近从而降低了该区海水能见度 (影响珊瑚礁生态系统内藻类的光合作用), 或覆盖在珊瑚礁上抑制了珊瑚的呼吸作用致使珊瑚的生产力降低甚至死亡^[30]。研究表明澳大利亚大堡礁附近的 Cairns 海岸在过去 100 年里, 由于自然覆被大面积减少引起入海泥沙增加, 海水中悬浮固体的浓度最高可达 1000 mg/l , 能见度为 0 ^[31]。Eric Wolanski 也研究了 Cairns 机场附近红树林的泥沙沉积物, 发现损失 8.22 km^2 的红树林导致每年 $122.5 \times 10^4 \text{ t}$ 泥沙流失, 严重污染了大堡礁的海岸水体环境^[32~33]。红树林在世界上属于高产生态系统之列, 是营养物质的储存地也是源地, 同时具有提供多种生境的特性^[34~35]。而由土地利用引起的污水排放对红树林植物的影响也一直存在争议, 红树林植物对恶劣环境的特殊抗性使它们能够忍受并捕获大量污水负载的营养物^[36~37], 这对红树林植

物本身无害,实际上还能促进它们的生长,特别在底泥营养较为贫乏的红树林地区,而 Navalkar^[37]认为,污水是导致印度孟买附近的红树林群落慢慢消失的重要因素。

2.4 海岸带特有自然覆被及其变化的生态环境效应

由于土地利用和其他人类活动导致海岸带特有的自然植被覆被(红树林、潮沼湿地)的变化,这些覆被类型及其组合又因各系统的结构与功能的复杂性与差异性表现出不同的生态环境效应。

红树林是生长在热带亚热带沿海潮间带的木本植物群丛,除经济价值外,更重要的贡献在于它的环境生态效应(防风固堤、净化大气、抵御温室效应造成海平面上升的影响、浓集 Hg 等放射性物质、净化水质等)^[38]。红树林不仅是天然的防风屏障,还因其对水流的滞缓作用,使漫溢和排泄的速度减慢,有利于泥沙沉积从而促淤保滩保护岸堤。红树林生态系统能积聚泥炭和淤泥,这使它们有可能适应海平面的上升,只有当气候变化导致海平面上升速率达到 9~12cm/100a 时或超过红树林底质沉积速率时,红树林才会受到威胁或死亡^[39]。海岸带的沼泽湿地也是该区特有的自然覆被类型,其生态环境效应主要有两个:抵御海平面上升的影响和养分截留。潮滩盐沼植物覆被层对动力沉积作用的影响(潮沼植被对波浪、水流的衰减)研究意义,就是通过研究反映潮沼的功能是否能抵消海平面上升的影响。在植冠被淹没以前,风很难触及水面,因而沼泽里很少有风浪^[40]。研究表明^[41]美国互花米草可使波高降低 71%,波能降低 92%。曾有人报道^[42]澳大利亚库纳湾潮间带海草群落使近底层流速降低 40%~60%,悬沙浓度降低 65%~80%。李秀珍等人通过对湿地养分截留功能的模拟研究^[17~18],发现 8 万 hm² 的苇田,每年灌期大约可去除 3200~4000t 总 N、80t 活性 P,且这仅相当于其潜力的 1/10。因此,运用河口湿地作为富含营养物质河水入海前的最后过滤屏障,对于防止近海水体富营养化具有重要意义。

以上就土地利用/覆被的典型类型从形态与生态的角度介绍了当前国内外土地利用/覆被变化对海岸带环境演变影响的研究现状。不论是哪种空间尺度下的土地利用/覆被变化,在大气、水域连续体的转载和累积变化作用下,都能直接或间接影响海岸带环境演化。广义的看,这是陆-海相互作用的一种主要形式。我国这方面的研究起步较晚,已有研究主要以江河河口为重点,而与土地利用变化相结合的研究很少。

3 研究趋向与重点研究方向

3.1 研究趋向

关于土地利用/覆被变化对海岸环境演变的影响研究,许多国际间的研究计划及其科学家已制定了不同的研究计划与研究方向,各学科从不同的角度、侧面与层次上对其已进行了不少研究与尝试。在 IGBP 各核心计划中的土地利用/覆被变化的研究重点,许多都与海岸带环境演变有关联^[10,43~47],如全球变化与陆地生态系统(GCTE)中研究土地利用对 C、N 和其它元素的生物地球化学循环的影响;国际全球大气化学计划(IGAC)中研究涉及热带土地利用变化和痕量气体的释放等;LOICZ 的研究重点则更多的涉及到海岸环境演变,主要包括:外部作用力和外部边界的变化对海岸通量的影响——汇水带土地利用与植被变化的评价以及它们对沉积物和养分输送的影响;海岸带生物化学和海平面上升——海岸生态系统与土地利用在确定海岸地貌中的作用;碳通量和痕量气体释放——海岸系统内的有

机物循环、海岸带净 N_2O 及 CH_4 净通量的计算与二甲基硫(DM S)全球沿岸释放量的计算。欧洲陆-海相互作用研究(ELOISE)科学计划中重点研究不同土地利用类型以及海岸系统中人类制约的生物地球化学循环评估等。总的来说,该领域的研究主要趋向表现为两个极端。一是研究更趋向于宏观综合,特别关注土地利用/覆被变化对全球环境影响——与气候变暖与海平面上升有关的研究;二是更趋向于微观深入,更加重视土地利用/覆被变化对入海物质影响——入海物质的环境生物地球化学过程与通量的机理和定量研究。

3.2 重点研究方向

近年来海岸带环境演变及其区域响应的研究取得了明显的进展,不仅适应了全球变化研究的发展,而且体现了针对区域特点开展了集成研究和与人类活动相结合的思想。但随着海岸带资源开发与环境保护矛盾日益突出,海岸带环境演变研究应更多开展与土地利用变化相结合的研究,在揭示海岸环境演变规律的同时,探求适应演变规律的可持续开发利用之路。

(1) 海岸带可持续的土地利用评价与调整。海岸带生态环境变化及其土地、水、食物等资源的丰缺都会受到土地利用/覆被变化的直接或间接的影响,与海岸带社会经济的联系更是尤为密切。为了实现不同海岸带的可持续发展目标(保护或开发或共同进化),首先面临与迫切需要解决的问题就是海岸带可持续土地利用评价与调整的课题,包括海岸带土地的生态、经济或综合的评价等^[48~49]。海岸带土地具有重要的生态功能和经济价值,海岸带土地可持续利用评价应遵循生态经济学的基本原理,研究最有利于海岸社会经济发展与自然生态系统演变相协调的土地利用调整方案,确保海岸带生态经济系统的可持续性。目前国内外在这方面已开展相关研究^[31,50~51],如对辽河三角洲滨海湿地景观规划预案研究。

(2) 海岸环境生物地球化学过程与模拟。海岸带的生物地球化学过程是全球性的研究热点,土地利用/覆被变化对海岸生物地球化学过程的影响研究也一直为人们关心和重视^[52],如对营养元素、沉积物、生物种群的分布与迁移规律的影响,对化学物质的迁移和富集规律影响。但未来的研究重心将更多偏向海岸生物地球化学的界面过程研究,即物质在水体、大气、土壤(底泥)、植被之间的界面动态过程研究,且向更深入的层次水平发展(分子水平),如植被从水体或土壤吸收营养/有毒元素等界面过程及其影响研究。建模是预测未来海岸环境变化下物质能量变化的重要手段。随着计算机的普及、应用数学的理论与方法的不断完善以及多学科共同努力条件下,研制物理、化学、地质、环境、生物等学科的综合动态模拟模型已成为现实可能^[53],如物质输运和物质平衡模型、营养吸收动力学模型等等。我国关于海岸生物地球化学过程动态研究尚处在起步阶段,最近几年,我国科学工作者追踪国际前沿的发展趋势,在这方面已取得一些进展。

(3) 海岸土地利用变化与生物多样性。土地利用实现了对海岸生态环境的利用与改造,在改变海岸带自然景观的同时,往往对生物多样性产生了消极的破坏性影响,如海岸带湿地的围垦、工农业生产与城市化的发展带来的“三废”与有毒物质使生物多样性受到污染,破坏了海岸自然界各种生物的生存条件,许多物种的生存受到威胁甚至灭绝。目前,人们已经认识到地球生物多样化锐减的严重趋势,以及保护生物多样性也就是保护地球的生态环境和人类本身这一事实,开始采取各种措施保护生物多样性^[54]。从土地利用对海岸环境演变影响的角度来看,将重点从替代生境、补偿生境研究入手,在兼顾发展需要的情况下,最大限度地降低土地利用对生物多样性的破坏程度,实现对生物多样性的保护。

(4) 海岸带综合管理。海岸带是世界上人口最稠密的地区, 世界各海岸国家都面临着海岸地区土地开发利用与环境保护的矛盾, 这就是近年来海岸综合管理成为全球研究热点的根本原因。但目前绝大多数的海岸带综合管理研究过于偏重政策管理研究, 为综合管理提供有力理论与决策支持的基础实证研究不够。将来应重点开展以土地可持续利用为核心的“海岸带管理决策支持系统”研究, 即针对海岸带的不同土地利用模式与方案, 结合各种影响模型的构建, 预估不同土地利用模式或方案的资源、环境与经济效益, 并据此提出优化调整方案, 有效实现土地资源在种植、养殖、工业、城市、生态保护等用地之间的合理配置, 为海岸带综合管理提供科学的决策支持。

4 结语

土地利用/覆被变化不仅改变了海岸带的自然景观面貌, 而且还影响着海岸带环境演变过程和物质循环, 其对温室气体释放、入海物质通量、生物多样性的影响极其深刻。深入认识和研究土地利用/覆被变化对海岸环境演变的影响, 对建立海岸可持续的土地利用模式和实现科学的海岸带综合管理都具有重要的意义。

参考文献

- [1] 彭建, 王仰麟, 刘松等. 海岸带土地可持续利用景观生态评价. 地理学报, 2003, 58(3): 363~ 371.
- [2] 摆万奇, 柏书琴. 土地利用和覆被变化在全球变化研究中的地位与作用. 地域开发与研究 1999, 18(4): 14~ 16.
- [3] William B. Meyer. and B. L. Turner II. Changes in land use and land cover: A Global Perspective, Cambridge University press. 1994: 66~ 90.
- [4] Dixon R. K., Brown S., et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science, 1994, 263: 185~ 190.
- [5] Houghton R A. The worldwide extent of land-use change. Bioscience, 1994, 44(5).
- [6] 蒋静艳, 黄耀. 农业土壤 N_2O 排放的研究进展. 农业环境保护, 2001, 20(1): 51~ 54.
- [7] Schimel, D. S., Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. Global Change Biol. 1995, 1: 77~ 91.
- [8] Ben H. J., De Jong, Susana Ochoa-Santiago, et al. Carbon flux and patterns of land use/land cover change in the Selva Lacandona, Mexico. AMBIO, 2000, 29(8): 504~ 511.
- [9] R. W. Howarth, G. Billen, D. Swaney, et al. Regional Nitrogen Budgets and Riverine N and P Fluxes for the Drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and Human Influences. Biogeochemistry, 1996, 35(1): 75~ 139.
- [10] 杨平, 傅伯杰. 土地利用变化与陆地—海洋的相互作用. 地球科学进展, 2000, 15(6): 723~ 728.
- [11] Stephen V. Smith R. M. Chambers et al. Dissolved and particulate nutrient transport through a coastal watershed-estuary system. Journal of Hydrology, 1996, 176: 181~ 203.
- [12] 张权, 邱汉学, 祝陈坚等. 王哥庄湾陆源硝酸盐氮输送通量研究. 海洋环境科学, 2002, 21(2): 14~ 18.
- [13] Leo J. Hetling, Norbert A. Jaworski. Comparison of nutrient input loading and riverine export fluxes in large watersheds. Wat. Sci. Tec., 1999, 39(12): 189~ 196.
- [14] I. Valiela, J. L. Bowen. Nitrogen sources to watersheds and estuaries: role of land cover mosaics and losses within watersheds. Environmental Pollution, 2002, 118: 239~ 248.
- [15] Alka. Jain S. C. Rai, E. Shama. Hydro-ecological analysis of a sacred lake watershed system in relation to land-use/cover change from Sikkim Himalaya. Catena, 2000, 40: 263~ 278.
- [16] Robert R. Twilley, Robert R. Gottfried. An approach and preliminary model of integrating ecological and economic constraints of environmental quality in the Guayas River estuary, Ecuador. Environmental Science & Policy, 1998, 1: 271~ 288.
- [17] 李秀珍, 肖笃宁等. 湿地养分截留功能的空间模拟 I 模型的概念和方法. 生态学报, 2002, 22(3): 300~ 310.

- [18] 李秀珍, 肖笃宁等. 湿地养分截留功能的空间模拟 II 模型的完善和应用. 生态学报, 2002, 22(4): 486~ 495.
- [19] David R. Tilley, Mark T. Brown. Wetland networks for stormwater management in subtropical urban watersheds. *Ecological Engineering*, 1998, 10: 131~ 158.
- [20] 齐矗华, 甘枝茂等. 黄土高原侵蚀地貌与水土流失关系研究. 陕西人民教育出版社, 1991, 45~ 46.
- [21] Jagdish Krishnaswamy Patrick N.H. Daniel D.R. Dynamics of sediment discharge in relation to land-use and hydro-climatology in a humid tropical watershed in Costa Rica. *Journal of Hydrology*, 2001, 253: 91~ 109.
- [22] Erin J. Nelson, Derek B. Booth. Sediment sources in an urbanizing, mixed land-use watershed. *Journal of Hydrology*, 2002, 264: 51~ 68.
- [23] J.M. Garcia-Ruiz, T.Lasanta et al. Sediment Sources During the Traditional Land-Use System in the Spanish Pyrenees. *phys. chem. Earth*, 1997, 22(3~ 4): 351~ 354.
- [24] Christopher W. Corbett, Matthew Wahl, et al. Nonpoint source runoff modeling A comparison of a forested watershed and an urban watershed on the South Carolina coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1997, 213: 133~ 149.
- [25] Laila Rhazi, Patrick Grillas, et al. Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporary pools. *Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie / Life Sciences*, 2001, 324: 165~ 177.
- [26] 王磊, 刘敏等. 上海滨岸潮滩生物多样性及其利用与保护. 长江流域资源与环境, 2001, 10(2): 132~ 137.
- [27] 吕士成, 陈浩, 杜进进. 盐城自然保护区人工湿地对水鸟分布的影响. 农村生态环境, 1996, 12 (3): 15~ 17.
- [28] Gopinatha Pillai, C. S. . A brief resume of research and understanding of the reef corals and coral reefs around India. Proc. of the workshop on coral reefs. organized by M. S. Swaminathan, Research Foundation and BOBP of FAO/UN. (ed) Vineeta Hoon, 1997 13~ 21.
- [29] L. Kannan, R. Kannan. Exploitation of marine resources of the Tamil Nadu Coast : R. Sudarshana et al. *Subtle Issues in Coastal Management*. 2000, 2: 125~ 132.
- [30] Peter K. Weber (王小红 译). 救救珊瑚礁. 世界科学, 1994, 3: 25~ 27.
- [31] Wachenfeld, D., J. Oliver, J. and K. Davis (ed.). State of the Great Barrier Reef World Heritage Area. Workshop, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville. 1997.
- [32] Eric Wolanski, Norman Duke. The threat mud poses to the Great Barrier Reef of Australia. *LOICZ Newsletter*, 2000, 14: 1~ 4.
- [33] Furukawa, K., E. Wolanski and H. Mueller. Currents and sediment transport in mangrove forests. *Estuarine, Coastal & Shelf Science*, 1997, 44: 301~ 310.
- [34] Alongi, D. The role of bacteria in nutrient recycling in a tropical mangrove and other coastal ecosystems. *Hydrobiologia*. 1994, 285: 19~ 32.
- [35] Helena. S., Camilla. P., Ron. J. . 坦桑尼亚桑给巴尔过度砍伐的红树林区内大型底栖动物区系和营养动力学的空间变异. *AMBIO*, 1998, 27(8): 730~ 735.
- [36] Nedwell, D.B. Sewage treatment and discharge into tropical coastal waters. *Search.*, 1974, 5(5) : 187~ 190.
- [37] 黄立南, 蓝崇钰, 束文圣. 污水排放对红树林湿地生态系统的影响. 生态学杂志, 2000, 19(2) : 13~ 19.
- [38] 陈映霞. 红树林的环境生态效应. 海洋环境科学, 1995, 14(4): 51~ 56.
- [39] Ellison, J. E Stoddart D. R. . Mangrove ecosystem collapse during predicted sea-level rise: Holocene analogues and implications. *Journal of Coastal Research*, 1991, 7: 151~ 165.
- [40] 杨世伦, 时钟, 赵庆英. 长江口潮沼植物对动力沉积过程的影响. 海洋学报, 2001, 23(4): 75~ 80.
- [41] Frey, R.W., Basan P.B. . Coastal salt marshes. Davis R.A. *Coastal Sedimentary Environment*. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer Verlag, 1985. 101~ 159.
- [42] 庄武艺, 谢佩尔. 海草对潮滩沉积作用的影响. 海洋学报, 1991, 13(1): 230~ 239.
- [43] 李凡. 海岸带陆海相互作用(LOICZ)研究及我们的策略. 地球科学进展, 1996, 11(1): 19~ 23.
- [44] 李明, 施永辉. 欧洲陆—海相互作用研究(ELISE)科学计划及研究领域. 地球科学进展, 1996, 11(5): 475~ 485.
- [45] 刘瑞玉, 胡敦欣. 中国的海岸带陆海相互作用(LOICZ)研究. 地学前缘, 1997, 4(1~ 2): 194.

- [46] 刘瑞玉, 胡敦欣. 海岸带陆海相互作用 (LO ICZ) 研究重点. 地学前缘, 1997, 4(1~ 2).
- [47] 刘瑞玉, 胡敦欣. 海岸带陆海相互作用 (LO ICZ) 研究目标. 地学前缘, 1997, 4. (1~ 2).
- [48] 许月卿. 区域耕地动态变化及其可持续利用评价——以河北省黑龙岗地区为例. 地理科学进展, 2002, 21(1): 35~ 42.
- [49] 陈百明. 基于区域制定土地利用可持续利用指标体系的分区方案. 地理科学进展, 2001, 20(3): 247~ 253.
- [50] S. T. K. Thanomkiat et al. Using multiple-use criteria for coastal zone planning for marine shrimp culture in Thailand—An international workshop on the rehabilitation of degraded coastal system: Phuket Marine Biological Center Special Publication 1999 20: 101~ 112.
- [51] 李晓文, 肖笃宁, 胡远满. 辽河三角洲滨海湿地景观规划预案设计及其实施措施的确定. 生态学报, 2001, 21(3): 353~ 364.
- [52] 沈焕庭, 时伟荣. 国外河口最大浑浊带生物地球化学研究的动态. 地球科学进展, 1999, 14(2): 205~ 206.
- [53] 杨东方, 詹滨秋, 陈豫等. 生态数学模型及其在海洋生态学中的应用. 海洋科学, 2000, 24(6): 21~ 24.
- [54] 王斌. 生物多样性与人类可持续发展. 生物学杂志, 1996, 5: 9~ 19.

Progress in the Study on Coastal Environment Evolvement Consequence of Land Use/Cover Change

OU Weixin^{1,2}, YANG Guishan¹

(1. Nanjing Institute of Geography and L in nology, CA S, Nanjing 210008;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Abstract: Worldwide concern about global change is resulting from the land use/cover change (LUCC). LUCC is also an important aspect of its effects on the coastal environment evolvement, which has led governments and researchers to consider international actions to address the issue, such as IGBP and its LO ICZ project. This paper reviews the recent achievements of studies on LUCC's impact on coastal environment from four aspects: (1) LUCC's impact on greenhouse gases release; (2) LUCC's impact on nutrient and sediment fluxes flowing into ocean; (3) LUCC's impact on coastal biodiversity; (4) Ecological effects of the special vegetation cover on the ecological-environment. On the base of summarizing and analysis, the paper brings forward the research trend and the future developing directions. The research trend of coastal environment evolvement consequence of LUCC is going to be extremes, namely, to more macroscopical (study of global environmental change) and to more microcosmic (study of coastal environmental biogeochemistry process). The developing directions of the research in the future are introduced: Evaluation and the regulation of land-use based on sustainable development; Study of biogeochemistry process and its simulation model of coastal environment; Coastal biodiversity conservation; coastal zone integrated management.

Key words: land use/cover change; coastal zone; environmental consequence