

中国科学院“应对气候变化国际谈判的关键科学问题”项目群简介*

丁仲礼 傅伯杰 韩兴国 葛全胜

(中国科学院 北京 100864)

摘要 以人为温室气体排放为核心的气候变化问题已成为国际社会、科技界和社会公众关注的焦点之一,且已深入到国际政治和外交层面。我国在深度参与国际控制CO₂浓度的谈判之前,亟待组织全面系统的科学研究,解决应对气候变化及国际谈判面临的关键科学问题。中科院设立了“应对气候变化国际谈判的关键科学问题”项目群,针对气候变化的原因和机制、影响与适应、生态系统固碳潜力与途径、应对气候变化国际谈判的政策等开展研究,以期在气候变化理论研究上取得突破,并为我国参与国际谈判提供科学保障。

关键词 温室效应,气候变化,碳循环,全球变暖



丁仲礼院士

目前,国际上十分流行的全球气候变暖理论由3个主要环节组成:(1)大气CO₂浓度从工业革命前的280ppmv升至450—550ppmv后,全球平均

气温可能将上升2℃—3℃;(2)若全球平均气温上升2℃以上,将可能给人类带来重大影响,突出地表现为海平面上升、物种灭绝、极端天气事件频率增加、热带传染病北上、

全球粮食短缺、水资源供应不足,地区冲突增加等;(3)世界各主要国家必须立即采取各种行动,减缓全球变暖,使2050年CO₂排放量降低到1990年排放水平的50%,且越早采取行动损失越小^[1,2]。显然,这个理论的核心基础是气温对大气CO₂浓度的高度敏感性,以及地球表层系统在适应气温变化时的极度脆弱性,其最终目的是减少或控制化石能源的使用量。积20余年之努力,这个理论已经走出学术界,被社会公众广泛接受和传播,同时也成为一部分政治家在国际政治、外交博弈中使用的工具。

但是,学术界对这个理论质疑的声音从来就没有中断过。大气CO₂浓度增加1倍后,全球平均气温将上升2℃—3℃,这只是一个模拟值,它由不同的数值模式计算后平均得出,且不同模式输出的增温值可差5℃之多(从1℃左右到6℃以上)。这就提出一

* 本文作者还有:郭正堂、王毅、樊杰、黄耀、于贵瑞、蔡祖聪、史学正、顾行发
收稿日期:2008年12月31日

个问题:数值模式是否已成熟到能够准确评价全球平均气温与大气 CO_2 浓度的关系?工业革命以来,全球气温已增加约 0.74°C ,大气 CO_2 当量浓度已增加 60% 左右,那么,从过去 100 多年的记录中,我们是否可以准确评价气温对 CO_2 的敏感性?如果这个评价同数值模拟不一致,则哪种方法更可靠?气候系统是一个高度复杂的系统,人类对它在不同时间和空间尺度上的变化过程与机制是否已有足够充分的了解?比如,在一些要素的“驱动”下,气候系统也会产生负反馈作用,目前的文献谈了很多正反馈过程,那么科学界对其负反馈过程了解充分吗?围绕南极冰芯所发表的大量文章表明 CO_2 浓度滞后于气温的变化^[3-5],这说明, CO_2 “驱动”气温升高不是简单的线性关系。减少 CO_2 排放必须降低化石能源的使用,而根据一些专业机构的预测,人类在今后 20—30 年间,还将以化石能源为主,这就面临一个如何在扶贫、发展和保护气候中达到平衡的问题,简言之,如果气温对 CO_2 浓度没有那么敏感,人类值得去为之牺牲发展速度吗?

同样,对增温的影响也有很多不确定性。地质学的研究告诉我们,在地球几十亿年的历史,绝大部分时期比目前温暖得多,比如距今 5 000 万年左右的始新世,气温至少比目前高 10°C ;在新生代,全球气温整体变化趋势是降温,如在 3 600 万年前后,东南极首次出现冰盖;到 1 400 万年前后,西南极出现冰盖,东南极冰盖扩张;在 260 万年前后,格陵兰出现冰盖,自此之后,地球反复地经历冰期—间冰期气候振荡,其温度变化幅度可达 6°C — 8°C ^[5-7]。也就是说,过去的气候变化无论在幅度还是在速率上,均比过去 100 年“温室效应期”及今后一段时期内可能会经历的“增暖期”要大得多。那么,为何在有人类活动以后,地球气候系统、生态系统等会变得如此脆弱了呢?又比如,

地质学的常识告诉我们,由于温度对全球水循环的控制作用,地球历史上的暖期往往是湿润期,其生物多样性、生物总产率均显著高于寒冷期。那么,为何在今后的增温期会导致粮食减产、水资源不足呢?同样,温暖期的一个突出现象是地球从赤道到极地的温度梯度减小,整个大气环流趋向稳定,为何未来的增温反而会导致极端天气频率增加呢?地球的温度一直在变,变是绝对的,不变是相对的。那么,对人类和整个生态系统而言,变暖有利还是变冷有利?诸如此类的问题非常之多,只有在多学科合作的前提下,才有可能获得较为正确的认识。

我们必须深刻反思,在“京都议定书”生效以后,气候变化问题已不仅仅是科学问题,而是一个国际政治问题。它变成不同国家或国家集团为各自利益而进行外交博弈的工具,当然也成为各国必须面对的如何构建低碳发展路线的问题。相对于已进入“后工业化”时代的发达国家,多数发展中国家尚处于工业化的初期和中期,必须以较快的速度完成基础设施建设、提高城市化和工业化水平,因而不得不接受高耗能的国际产业分工格局,不得不为提高国民的基本生活水平而使用化石能源。一句话,发展中国家基本不具备“总量减排能力”,只具备减缓“排放增加速率”的能力。如果国际社会认可在 2050 年将大气 CO_2 当量浓度控制在 560 ppmv 的目标,势必会有一个如何在国家间“分配”尚存的“排放空间”的问题。目前谈到的很多“减排方案”,应是针对历史排放量很大且现在人均排放量仍远远高于全球人均水平的国家而言。如果将发展中国家也纳入这个减排体系,势必涉及到公平和人权问题。因此在制度设计上必须从“ CO_2 减排”转变到“排放配额”分配。据初步计算,如果承认排放权是生存权,须人人平等的话,则发达国家早就“超额排放”而形成“赤字”,这又



中国科学院

涉及到如何量化发达国家通过资金、技术等途径向发展中国家“购买”排放配额的问题。

对中国而言,我们必须较为准确地预测高耗能行业的发展趋势和我国在节能方面的总体潜力,才有可能制定出一套切实可行的减排方案,最终形成国家的整体减排战略。比如,我们需要估计我国今后几十年基础设施建设、城市化程度、产业结构、能源总量与结构、公共交通设施、居民基本能源需求等方面的演变趋势,才有可能测算 CO₂ 排放预期,国家才可能通过产业、财政和税收政策,通过行政管理等方面的调整,制定切实有效的减排措施,引导低碳发展模式。但是,无论减排意愿和期待有多大,均应以不妨碍中国的发展为前提。当然,中国作为一个负责任的大国,绝对不应该去“剥夺”别国的“排放权”,一定会承担合理的减排义务。这就需要我们在公平的原则下,计算我国在 2050 年前理应获得多大的排放配额。另外,中国陆地生态系统具有多大的固碳潜力,有什么最简易的固碳方法,中国的低碳发展之路如何设计,中国应如何参与国际碳贸易等,都是亟需研究的课题。

自学术界倡导全球变化研究以来,中科院一直重视对其研究,布置了大量课题,亦取得一些令人鼓舞的成果。但是,研究工作总体上存在较为分散的弊病,不利于在关键科学问题上获得集成性成果;亦不利于发出我们自己的声音。另外,过去的研究工作较多地集中于气候变化本身,而气候变化的影响研究较少;尤其是在应对气候变化的制度设计、政策选择、外交谈判等方面,关注的程度还远远不够。为提高对应对气候变化问题的整体理解,我们特地设计了“应对气候变化国际谈判的关键科学问题研究”项目群,由我院 10 个单位的科研人员共同参与,协同攻关。设立该项目群的另一个目的是形成

一支相互合作的研究队伍,在适当的时候发表应对气候变化的中科院报告。同时,从维护国家利益的角度,我们将对目前国际上已发表的减排方案和今后可能发表的新方案做出评估,并发表自己的排放配额分配方案。

该项目群由 15 个课题组成,内容可归为 4 个大的方面,分别介绍如下。

1 气候变化的原因和机制

在该研究内容中,布置两个研究课题。

上世纪初以来的 100 年间,全球平均气温升高约 0.74℃。这是从观测数据中获得的,争议不至太大。目前的争议主要集中于这 0.74℃ 增温的主要贡献者。IPCC 报告^[1]认为人类活动可能起主要作用,尽管没有给出具体的评价。但也有一派的观点^[2]认为,上述增温主要由自然因素引起,人类活动所起的作用不大,并提出 5 条主要的理由:

(1) 虽然南极冰芯记录的温度变化同大气 CO₂ 浓度变化具有较高的相关性,但相位分析表明气温变化早于 CO₂ 浓度变化,意味着气候变化驱动了 CO₂ 浓度的变化。

(2) 同样是冰芯记录,对时间尺度相对较短(如千—百年级)的变化来说,温度变,CO₂ 浓度一定跟着变;而 CO₂ 浓度变,温度不一定跟着变。

(3) 100 年来的 CO₂ 曲线与气温曲线相关性并不高。CO₂ 浓度呈持续升高的趋势,但温度是波动性变化。从上世纪 50 年代到 70 年代,CO₂ 浓度迅速升高,气温反而呈下降趋势。

(4) 20 世纪初期开始的增温是在“小冰期”的背景下出现的,而根据海平面变化曲线,“小冰期”结束早于人类 CO₂ 排放增加期,说明“小冰期”的结束是自然过程,即一个世纪来的增温是由自然因素造成的,而不是由人类活动引发的。

(5) 1 万年来,气温一直在波动。“小冰期”以前为“中世纪温暖期”,气温高于现在,然后进入“小冰期”,温度最低;“小冰期”自然结束后,应进入下一个相对温暖期。这种自然变化一直存在,并且同太阳活动曲线大致一致,故自然因素是主要原因。今后,随着太阳活动减弱,气温自然会下降。

我们并不否认 CO₂ 的温室效应。因为过去 100 多年的气温变化固然有“波动性”,但还有一个“趋势性”。一方面,“波动性”是温室效应解释不了的,必须用自然变化来解释;另一方面,“趋势性”也是观测到的太阳活动等自然变化所不能说明的,用温室效应更易解释。因此,未来研究的焦点不应集中于有没有人类的影响,而应是人类的影响有多大。也就是说,核心的科学问题是:如果大气 CO₂ 浓度从 280 ppmv 提高到 560 ppmv,全球平均气温将升高多少?这个问题的实质是“气温对 CO₂ 浓度的敏感性”问题。

根据一些数值模拟的平均结果,大气 CO₂ 浓度增加 1 倍后,全球平均气温将增加 2℃—3℃。但是,这个结果与 100 多年来的观测资料存在矛盾。过去 100 多年的人类活动,相当于一次长期的科学实验,用其评估气温对 CO₂ 浓度的敏感性,至少是数值模拟以外的另一个重要途径。100 多年来,大气 CO₂ 浓度从 280 ppmv 增加到 387 ppmv,CH₄ 浓度增加了 1 000 ppbv 以上,加上人类排放的其它温室气体,相当于 CO₂ 当量浓度比工业革命前提高了 60% 左右。如果 0.74℃ 的增温全部由人类活动排放的温室气体所致,则 CO₂ 当量浓度提高 1 倍后,全球增温应在 1.2℃ 左右。如果 0.74℃ 的增温幅度中 30% 由太阳活动等自然过程引起,则 CO₂ 浓度倍增后,增温幅度应在 0.9℃ 以下。以下三条证据可以使我们肯定,自然作用(尤其是太阳活动)在过去 100 多年的增温

中是肯定存在的:(1)100 多年前的小冰期时,全球太阳活动为最弱;(2)太阳活动与气温变化的相关性显著高于气温与 CO₂ 浓度的相关性;(3)高分辨率的地质记录研究^[9]表明,过去几万年来太阳活动变化一直是驱动气温变化的最主要因素之一。

那么,是否在过去 100 多年间,还有什么“致冷”的因素在起作用,掩盖或缩小了气温对 CO₂ 浓度的敏感性?有研究者认为,大气气溶胶是重要的致冷因子。理论上,部分气溶胶(如黑碳)可吸收热量成为致暖因子;而另一部分气溶胶由于对阳光的反射而为致冷因子。气溶胶亦可能增加水汽凝结而致冷。如果气溶胶整体上为致冷因子,则人类将面临一个两难的选择:一方面,从保持空气清洁的角度必须减少人为气溶胶粒子的排放,但另一方面,气溶胶浓度的降低会导致气温跃升,加剧全球变暖。

为评价过去 100 多年气候变化的原因,我们设置了“中国近百年来气候变化分析及其模拟研究”的课题。该课题将从观测记录出发,评价气溶胶对气温的影响。中国在过去几十年中,是气溶胶高排放国家,但排放量的时空差别很大,这就为定量分析和比较不同地区、不同时段气溶胶浓度对气温的影响提供了基础。从现有的资料看,气溶胶的致冷作用即便有,也可能很弱。因为:(1)中国地处中纬度,过去 50 年的增温可能为 1.1℃,高于全球平均值^[9];如果气溶胶起致冷作用,则不应如此;(2)中国长三角地区工业发达,气溶胶浓度高,过去的几十年,似乎有变冷趋势,表面上可作为气溶胶致冷作用的证据;但对数据的深入分析可以看出,该区变冷只发生在夏季,而冬季的增温幅度较大。由于该区为季风区,冬季的大气气溶胶浓度高于夏季,因而很难说夏季的变凉是气溶胶引起的;(3)在全球范围内,北半球气溶



中国科学院

胶排放量远高于南半球,而北半球的增温幅度显著高于南半球,这也不利于气溶胶致冷的假设。

该课题还将利用气候模式,研究中国东部季风区 100 年来气象要素的变化特征,并从农业生态影响的角度,分析一些重要气候参数(如年积温、无霜期天数等)在空间上的变化趋势,为评价双季作物种植北界、冬小麦种植北界的空间移动状况提供基础数据。

在本部分同时设立“过去 2 000 年气候变化幅度、速率与机制综合研究”的课题。它将充分收集整理不同资料来源(包括历史文献、树木年轮、冰芯、湖泊沉积、石笋等)的气候变化重建结果,对中国过去 2 000 年的气候变化历史分区域集成,进而回答在中国疆域内,20 世纪是否为过去 2 000 年最暖的世纪、增暖速率是否最快这两个核心问题;在此基础上评价人类活动对气候变化的影响到底有多大。

2 气候变化的影响

涉及气候变暖对人类生存环境可能造成严重影响的论述很多,但多数是依据数值模式的结果。总结起来,谈得最多的负面影响主要是各种担忧,如海平面上升、物种灭绝、传染病北上、极端天气事件增加、粮食与水资源不足、区域冲突加剧等。中国地处中纬度,主要属季风气候,海岸带漫长,生态系统多样;许多对气候变化敏感的地区,如高原冻土区、草原-沙漠过渡带、沿海低洼地区等,人口都比较集中。因此,客观评价气候变化对环境的影响,是件十分有意义的工作。过去,许多研究者已经围绕该问题做了大量工作,并就一些中国所特有的内容取得一定认识。该项目群的重点将通过已有研究成果的集成,对一些关键问题做更为深入的分析。

在集成性研究中,将主要针对以下 9 方

面的内容。

2.1 对海岸带的影响

如海平面持续升高,需评估有可能被淹没的土地面积以及海水内侵的程度。目前看来,现有的气候变化速率使海平面大幅度上升的可能性很小,因为格陵兰和南极冰盖目前都较为稳定,未出现大幅度融化的迹象。目前每年约 3 mm 的海面上升中,来自冰盖融化的贡献只占约 1/4。另外,从第四纪的气候变化历史看,冰盖融化与扩展的“时间常数”约有数千年到近万年,即使在末次冰期中的一些快速增温期,亦无冰盖快速大幅度融化的确切证据。但是,由于中国特殊的环境,工业重心和大量人口分布在沿海地区,对海平面上升到底会带来多大的影响,仍应予以充分关注。我们的工作将以 6 000 年前的高海面时期为参考点,收集整理当时的各种资料,再运用适当的模拟手段,评价海面上升到哪个时期的高度后有可能淹没多大的面积、咸水入侵对海岸带环境与居民生活会带来多大的影响。

2.2 干旱区面积与环境

中国有广阔的干旱区,其主体在过去数百万年间,无论气候变暖还是变冷,均保持了干旱面貌。但也有一部分区域,尤其是边缘区或过渡区,与环境 and 气温变化有很大相关性。根据地质记录,在冰期一间冰期和千年时间尺度上,贺兰山以东地区一个普遍的规律是随着温度的上升,季风雨带出现往北推移的现象,从而减少了干旱区的面积。但在百年和年代际时间尺度上,这方面还缺乏集成研究,尽管有不少树轮、湖泊沉积等记录。该项目的主要目标是对有关资料做综合与集成,为进一步评价干旱区可能出现的变化提供依据。

2.3 山地冰川变化及其影响

中国西部有大量的山地冰川,对区域水

资源有重要意义。最近几十年来,山地冰川的退缩较快,从而引起极大的关注。有的学者甚至担忧若干年后,山地冰川将消失殆尽,从而引起诸如长江、黄河的季节性干涸、下游数亿人口缺水等问题。实际上,冰川的退缩是在人类活动对环境有实质影响之前就已发生,所谓 100 年来的冰退是在小冰期期间冰进的基础上发生的,今后这样的进退变化还会存在。但对具体的冰川来说,由于积雪面积的不同、高度的不同、水汽来源及数量的不同、局地气候的不同,它们的变化将会有差别,有的对气温变化敏感,有的则不然。所以,我们将关注在整体退缩情景下的差别以及产生这种差别的原因,进而为全面理解山地冰川可能的变化提供基础。同时,也将关注冰川变化对区域水资源和下游生态的影响。此外,由于冰川融水在整个黄河、长江的补给量中只占很小一部分,冰川的变化是否会对这两大河流产生影响,会有多大的影响,也将予以客观评估。

2.4 季风强度的变化

我国东部季风区在全国农业生产中占绝对主导地位。因此,对季风强度的可能变化应予以特别的重视。了解或推测季风强度在变暖背景下的变化,可从两条途径入手,一是地质时期和历史时期气候变化的记录,二是全球或区域数值模拟。从目前已有的模拟结果看,不同的模式给出的结果不同,并且相互间很不一致,甚至完全相反。由此看来,季风的模拟尚是一个难题。从地质记录看,无论是黄土沉积、湖泊沉积,还是石笋沉积,均表明一个共同规律,即在温暖的间冰期和间冰阶,我国的季风降水是相对增加的,降水的范围也有扩大,表现为沙漠的退缩。从这个意义上说,我们有理由相信,在全球变暖的背景下,东亚季风有可能呈增强趋势。但实际情况并非这么简单,我们还需要

更充分地了解不同气候背景下,季风降水的空间差异以及由此带来的影响。另外,在更短的时间尺度上,季风强度的变化特征尚没有明确的结论。这些都将在该项目群中得到关注。

2.5 水资源

中国为缺水国家,尤其在西部地区缺水非常严重。气候变化对我国水资源状况带来的不确定性涉及到几个方面。一是季风强度变化及季风降水格局变化均可影响水资源;二是冰川水补给地区随着冰川融化大于积累的趋势的进一步发展,下游水资源以及青藏高原的诸多内陆湖泊将会随之发生变化;三是在半干旱地区,降水与蒸发之间的现有平衡关系将被改变,相应的净效应如何,尚难预料。随着季风降水的增加,是否会造成洪水发生的频率加大,也有不确定性。此外,中国许多地区水土流失非常严重,在一定程度上同水资源有联系,评价气候变化对水土保持的影响也将纳入我们的研究视野。

2.6 生态格局

从气候变化的角度预测生态格局的变化,重点应放在生态敏感区域,如青藏高原、内陆绿洲区、喀斯特地区、黄土高原、草原-荒漠过渡区等。评价生态格局可能发生的变化,亦有两途径,一是数值模拟,二是地质记录。严格地说,要估测在变暖的条件下,陆地生态系统可能发生的变化,仅用数值模拟手段将不可避免地带来很大的误差,因为这类模拟首先需要对水热条件及其配置有一个很可靠的模拟结果,而在目前的条件下,模拟结果的误差还很大。此外,深入分析我国不同生态系统对气候变化的响应,还需要考虑其他因素,如地形、土壤等。因此,该项目群的工作重点将集中在利用地质资料恢复暖期时我国不同区域的生态格局,进而评价气候变暖会给我国一些敏感的生态系统



中国科学院

带来何种影响。

在这方面,我们设立了一个课题,重点放在黄土高原,因为黄土高原有很好的沉积物,可以用来恢复不同时期植被的空间面貌。工作路线是在黄土高原不同地点选择30—40个剖面,采集3万年来的样品,分析孢粉组合;再选择典型的寒冷时期(如距今2万年左右的冰盛期)、典型的温暖期(如距今5000—6000年前的全新世大暖期)以及从冷到暖的增温时期(如末次冰消期),绘出黄土高原植被空间分布格局。由于全新世大暖期温度比现今高 1°C — 2°C ,该时期的植被格局可作为推测今后变暖后植被状况的重要参考。而从冷到暖的冰消期,黄土高原的增温至少在 8°C 以上,其幅度将远大于今后可能的增温。我们将首先考察在这样的增温条件下,生物种属以及生物多样性的变化,然后评价目前流行的一些理论,如增温 2°C 就可使30%左右物种灭绝的预言^[9]。

2.7 农业

我们将主要从两方面来研究气候变化对中国农业的影响,一是从过去100年的变化入手,二是从增温条件下水热配置可能产生的改变入手。在过去50年中,我国的平均温度增加了 1.1°C 左右^[9],这是气象部门的结果。那么,在这个增温过程中,农业生产受到了怎样的影响,应该是可以评估的。到目前为止,从这个角度的评价工作还没有,大家都是“猜测”今后可能的变化,并且用的手段还是模拟。我们认为这是一个重大的疏漏,既然大气 CO_2 浓度已经增加,发生了增温,要谈影响,当然从历史记录谈起更为可靠。对我国农业影响最大的是水热配置的空间变化,这涉及到我国双季作物、冬小麦和水稻种植的北界以及种植面积等至关重要的问题。显然,对农业的影响评价还得同技术的进步和农业基础设施的改善结合起来,在

完全自然状态下的评价是没有意义的。

2.8 病虫害和传染病

在变暖背景下,一些热带的病虫害及传染病有可能向北迁移,从而影响农业和人类健康,这个问题必须予以重视。目前看来,我们可利用的研究材料不多,但一些湖沼沉积在昆虫组合上的变化记录是可以用作评价基础的。在我国丰富的历史文献中,也可以给出病虫害、传染病与温度变化的关系。此外,病虫害的防治、传染病的预防,关键在于技术的进步与应用,这一点将是我们评价工作首先要考虑的因素。

2.9 高原冻土

青藏高原冻土的变化将对青藏铁路及其他基础设施产生重大影响。因此我们拟在加强定点观测的基础上,定期对青藏高原冻土在气候增暖背景下的变化趋势和影响做出评估。

在这部分,另设立了一专门课题,主要集成研究我国近3万年来人类活动对气候变化的响应及适应机制。我国古人类活动遗迹很多,大量材料的集成有可能使我们对人类活动与气候变化的关系获得更深的理解,也将为今后人类适应气候变化提供启示。

3 生物圈固碳潜力及增加碳汇途径

如果说 CO_2 浓度增高对人类生存环境有较大影响,那么我们将不得不面对这样的现实,即人类在今后很长一段时期内不可能做到零排放,大气 CO_2 浓度增高的趋势不可能逆转。因此,如何将大气圈中更多的 CO_2 固定到生物圈中将成为今后一项重要的工作。中国在过去几千年中,生物圈发生了重大变化,这就给我们提出这样的问题:就我国生物圈在现有自然条件下,若实现更为有序的人类活动,其固碳的潜力有多大?是否存在促使碳固定速率和量增加的低廉而高效的手段?针对这些问题,该项目群分

别以农田、森林、草地生态系统为对象设置了3个研究课题,各课题的工作重点不同。

针对农田生态系统,拟通过一系列定点试验及过去资料的综合,找到通过改变农田管理的方式(如秸秆管理、保护性耕作、水肥管理等)提高农田碳汇的最佳方案。我国农田类型多样,各地自然条件不同,农民长期以来形成的农田管理方式在不同地区差别颇大,农田利用类型也各有不同。因此,必须首先通过对各种典型农田的研究,在得到“点”的数据后,才能依据一定的模型,获得“面”的数据,最终获得全国性的潜力估计值。除这项工作外,该课题还将研究农田温室气体减排技术,以减少稻田 CH_4 排放和旱地 N_2O 排放。

针对草地固碳潜力,课题主要研究在禁牧的前提下,我国不同地区的草地在一段时期内草场如何恢复,最终能恢复到何种程度,在草场恢复过程中,固碳的速率有多大等问题。我国的草地在以往一段时期内破坏比较严重,但这些被破坏的草地在现有气候条件下,均有自然修复的能力。如果加之适当的人工干预,恢复的速度将加快。这一点已被大量野外试验所证实。因此,我国草地的固碳潜力是存在的,但要把这种潜力转变成现实,则需要政策调控,如禁牧、定量载畜等。该课题还将获得在不同草场优化利用的条件下,我国草地固碳的总体潜力。

森林生态系统固碳潜力的研究难度要相对大一些。我们的研究将分3个层次,一是分区域对已有典型林地目前碳固定速率进行评估,以期获得全国性数据;二是从营林方式的角度,评估什么样的林地具最高固碳能力;三是评估我国可增退耕还林面积的潜力,同时评价如果这些土地还林,从经济、生态、固碳的综合目标出发,在不同地区该营造什么样的林地。此外,还将做生物质固

烧固碳方面的示范工作。另一件重要的工作是评价我国多年来实施的“三北防护林工程”、“天然林保护工程”、“退耕还林工程”等在固定 CO_2 方面取得的实际效果。

除以上3个课题外,还设置了两个示范性课题。

第一个示范课题安排在内蒙古浑善达克沙地,拟圈定一个村子计10多万亩沙地做示范工作。其基本考虑是:我国东部4大沙地计有15万平方公里面积,这些沙地的生态破坏程度远高于其它地区,表现为过去1万年来发育起来的地表土壤已基本被风蚀,流沙面积所占比例很大。但过去的研究表明,这些沙地生态系统还有自然恢复的能力。因此,拟通过改变牧民生产方式来促进生态恢复。具体的工作途径是将该地的牲畜从放养变成圈养,把草地用来放养鸡禽,同时组织牧民用已经掌握的固沙技术,对流沙地作加速固定。希望通过该示范工作,获得牧民收入、生态恢复、固碳3方面的最佳综合效果,为大面积推广提供经验。

第二个示范课题安排在江西,主要针对南方单一的人工针叶林改造。这些针叶林存在不少问题,如生态系统不稳定、土壤易酸化、经济效益低。因此,对其改造是一个重大问题。该示范课题首先设计几种理论改造方案,然后开展调查,也将从固碳能力、生态效益、经济效益等几方面评估不同方案的优劣,最后选择样地,对其中较佳的改造方案开展定点试验。

4 对策与政策研究

应对气候变化国际谈判涉及许多政策与措施,对此,我们设计了5个研究课题。

4.1 碳足迹研究

该课题主要针对人的终端消费,确定衣、食、住、行、娱乐等产品的碳足迹,即根据代表性消费产品的制造过程,确定各个生产



中国科学院

环节的碳排放,从而构建碳排放投入-产出表,计算全系列产业链碳排放。在此基础上,区别城-乡人均消费、基本消费-奢侈消费的碳足迹,进而评估不同人类发展阶段碳排放的强度。

4.2 中国碳排放趋势

中国处在工业化中期,与发达国家比尚处于相对落后的发展阶段。可以肯定地说,不管中国如何努力,CO₂排放总量在今后相当长的一段时期内还会增长。因此,中国的“减排”只能是CO₂排放增长速率的减缓,不可能是CO₂排放总量的减少。但是,这并不意味着在国际上采取共同措施时,中国将无所作为。我们认为,中国的作为将发挥在改善能源结构、优化产业结构、采取各种节能技术、发展公共交通等方面。该项目的研究目标是在确定各变量(如能源总需求、能源结构、基础设施建设速度、城市化水平、私人汽车发展速度等)变化趋势的基础上,模拟我国碳排放的趋势,从而为减排政策与措施的制定提供依据。

4.3 各国碳排放配额研究

目前已有不同学者提出控制今后排放的方案。大部分方案是“减排”,即主要国家在某个年份排放的基础上,逐年减少排放量。我们认为,这类方案有两方面的问题,一是不能满足“到2050年将大气CO₂浓度控制在560ppmv”的总目标,二是对处于不同发展阶段的国家来说,不能体现公平正义的原则。我们将从“排放配额分配”的角度,设计到2050年各国还有多大的CO₂排放空间,同时研究那些已经超额排放的发达国家,如何通过资金、技术等方面的转移来补偿给发展中国家,即碳排放补偿机制。我们的“排放配额”设计将遵循以下4条原则:(1)减排与扶贫、发展相统一原则;(2)排放权人人平等原则;(3)碳排放与碳固定分别

计量原则;(4)历史排放与今后排放统一分配原则。

4.4 中国低碳发展路线图

中国是个大国,在发展水平上存在着较大的城乡和区域差别,并且在今后一段时期,高排放、高耗能的产业还将在整个国家工业体系中占较大比重。但是,从发展的路径选择角度看,我国今后不得不选择低碳发展之路。这个课题将在系统剖析中国现实的基本国情、面临的优势与不利条件的基础上,借鉴发达国家发展低碳经济的经验和教训,提出具有中国特色的低碳经济发展路线图及相应的技术路线、配套政策和制度保障体系,为推动中国从高碳经济过渡到低碳经济提供科学依据。

4.5 应对气候变化的碳市场研究

该课题将围绕“京都议定书”中的碳排放权交易市场问题,以“了解碳市场—参与碳市场—利用碳市场”为中心,从研究现有国际碳市场的机制和特征出发,分析国际市场对我国的机遇与挑战,最终提出中国参与和利用碳市场的政策建议。具体研究内容包括:(1)碳市场的基本特征和运行规律;(2)碳市场的经济金融学规律;(3)碳交易市场与能源市场的动态影响规律。

主要参考文献

- 1 IPCC. Climate change 2007: The physical science basis. New York: Cambridge University Press, 2007, 996.
- 2 Stern N. The economics of climate change: the Stern review. New York: Cambridge University Press, 2007.
- 3 Mackenzie F T, Lerman A. Carbon in the Geobiosphere: earth's outer shell. Dordrecht: Springer-Verlag, 2007, 402.
- 4 Robinson A B, Robinson N E, Soon W. Environmental effects of increased atmospheric carbon

- dioxide. *Journal of American Physicians and Surgeons*, 2007, 12: 79-90.
- 5 Singer S F, Avery D T. *Unstoppable global Warming: Every 1500 years*. UK: Rowman & Littlefield Publishers, 2007, 260.
- 6 Crowley T J, North G R. *Paleoclimatology*. UK: Oxford University Press, 1999, 360.
- 7 Ruddiman W F. *Earth's Climate: past and future* (2nd Edition). New York: Freeman W. H. & Company, 2007, 388.
- 8 Finkel R C, Nishiizumi K. Beryllium 10 concentrations in the Greenland Ice Sheet Project 2 ice core from 3-40 ka. *Journal of Geophysical Research*, 1997, 102(12): 26 699-26 706.
- 9 《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2007, 422.
- 10 Thomas C D, Cameron A, Green R E *et al.* Extinction risk from climate change. *Nature*, 2004, 427: 145-148.

Brief Introduction to a Cluster of Projects of “Research in Key Issues of International Negotiation with Regard to Coping with Climate Change” by CAS

Ding Zhongli Fu Bojie Han Xingguo Ge Quansheng *et al.*

(Chinese Academy of Sciences 100864 Beijing)

Climate change with regards to human-induced emission of greenhouse gases has become one of the focuses that draws strong attentions of international society, the scientific community, and the social public, and has been deeply involved in international political and diplomatic levels. Before deeply participating in the negotiation for international control of CO₂ concentration, it is extremely needed for China to organize overall and systematic scientific research, and solve key scientific issues coping with climate change and confronted by international negotiation. Recently, the Chinese Academy of Sciences has launched a cluster of research projects of “key scientific issues of international negotiation with regard to coping with climate change” aiming at the study of the cause and mechanisms of climate change, impacts of climate change and adaptation, the potential and approach of carbon fixation by the ecosystem, and the policy for international negotiation with regard to coping with climate change. This effort is expected to obtain breakthrough in theoretical research in climate change in order to provide scientific guarantee for China to participate in international negotiates on climate change.

Keywords greenhouse effect, climate change, carbon cycle, global warming

丁仲礼 第四纪地质学家, 中科院院士, 中科院副院长。1957年1月出生于浙江省嵊州市, 1982年毕业于浙江大学, 1988年在中科院地质所获第四纪地质与古气候专业博士学位。历任中科院地质与地球物理所助理研究员、副研究员、研究员、常务副所长、所长。2008年1月任中科院副院长。北京市第十届政协常委, 第十届全国政协委员, 中国民主同盟副主席。兼任中国第四纪研究委员会主任, 中国矿物岩石地球化学学会副主任, 国际IGBP-PAGES执委会委员。曾获中科院自然科学奖一等奖和中科院青年科学家一等奖、团中央“中国青年科学家”奖、黄汲清青年地质科技奖、何梁何利科技进步奖等多项奖励。
E-mail: zlding@cashq.ac.cn



中国科学院