

关于温室气体浓度变化及其引起的气候变化的几个问题

王明星

(中国科学院大气物理研究所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室, 北京 100029)

摘要 阐述了当前全球温室气体浓度的增加及其引起的气候效应, 讨论了气候变化研究中存在的许多不确定性, 如未来温室气体的浓度如何变化, 未来气候如何变化, 以及气候影响的评价问题等。最后, 强调了未来气候变化基础研究中需要注意的问题。

关键词: 温室气体; 温室效应; 气候变化

1 大气温室气体浓度确实增加了

观测和研究证明, 主要大气温室气体浓度确实已经发生了全球尺度的变化, 而且正在继续增加。观测和理论研究还证明, 温室气体浓度变化的主要原因是人类活动。人类活动对大气温室气体浓度的影响主要表现在两个方面: 一是直接向大气排放温室气体, 例如化石燃料燃烧和生物质燃烧直接向大气大量排放 CO_2 、 CH_4 和 N_2O , 工业生产过程向大气排放 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 和 CFCs 等; 二是人类活动改变了大气温室气体的源和汇, 例如森林砍伐直接减少了 CO_2 的汇, 农业活动改变了土地利用状况而增加大气 CH_4 和 N_2O 的源, 大气污染排放降低了 CH_4 的汇等。

2 大气温室气体浓度增加确实会使地表温度升高

经典物理和辐射理论能够准确地证明, 地球表面如果没有温室气体, 全球平均地表温度将比现在实际测到的全球地表平均温度低 33°C 。一个正确而直接的推理是大气温室气体浓度增加将会使全球地表温度升高, 即通常所说的造成全球气候变暖。为了准确计算大气温室气体浓度增加引起的地表升温量, 在过去 30 多年里人们进行了大量的研究, 所使用的工具是数值模拟。综合当今主要模式的结果, 可以得到如下结论:

大气 CO_2 加倍, 平衡态气候变化为全球地表平均温度升高 $1.5\sim 3.5^\circ\text{C}$, 考虑到海洋的巨大作用, 如果人类不采取任何控制措施, 则下世纪全球地表温度变化速率将是 $0.1\sim 0.3^\circ\text{C}/10\text{a}$ 。用海-气耦合模式进行的温室气体浓度渐变实验结果与此相同。

最近几年, 人们开始注意到人类活动造成的大气气溶胶 (主要是硫酸气溶胶) 浓度上升, 将会使地表温度降低, 部分抵销温室气体增加引起的增温效应。考虑到气溶胶

的降温作用, 下世纪人为活动造成的气候变化速率可能只有 $0.05 \sim 0.2^{\circ}\text{C} / 10 \text{ a}$ 。

3 科学上的不确定性确实非常大

如前所述, 人类活动确实已经造成了全球尺度的温室气体浓度增加, 而温室气体浓度增加确实会引起全球气候变暖。问题在于在未来几十到 100 年, 温室气体浓度增加及其引起的气候变化到底有多快, 换言之, 下世纪末全球地表平均温度到底能上升多少? 其他气候变量(特别是降水)怎样变? 气候变率会发生明显变化吗? 极端气候事件会增加吗? 气候变化的区域分布任何? 气溶胶浓度的增加到底在多大程度上抵销温室效应的增强? 气候系统的自然变化与人类活动造成的变化之间的关系如何? 现在的科学研究对上述问题还不能做出确切的回答。即使对于已观测到的过去 100 多年的气候变化, 我们也还不能肯定是否是 CO_2 增加的影响, 更不知道这种影响到底占多大比重。“全球变暖”问题在科学上的不确定性确实非常大, 而且是多方面的。归纳起来, 当前迫切需要解决的科学问题有以下几个方面。

3.1 关于未来温室气体浓度变化的预测

对未来温室气体浓度变化的预测是最不确定的。到目前为止, 世界上还没有做出关于未来温室气体浓度变化的有严格科学意义的“预测”。全球气候变化研究的依据是“建立在一系列假定条件基础上的对未来温室气体浓度变化的一系列‘推测方案’”。严肃的科学家都强调指出, 关于未来温室气体浓度变化的这些推测方案不是关于未来大气温室气体浓度变化的科学预测。当前的作法是, 依据假定的未来世界人口、经济、社会发展情景构造未来温室气体排放的“设想方案”, 然后利用简单的温室气体浓度变化模式针对每一种“设想方案”推算未来温室气体浓度变化。这里存在两个严重的问题。第一个问题是关于温室气体未来排放的“设想方案”的问题。对于 CO_2 , 人们对其目前和过去的源和汇大致有了定量的认识, 未来排放“设想方案”有一定的依据, IPCC 推荐的 6 种“设想方案”可以认为都是可能的, 但都是不确定的, 问题在于这些“设想方案”之间的差别太大了。如果都是可能的, 到底相信哪一个? 对于其他温室气体, 问题就更严重, 科学家对于它们当前的状况尚无定量的认识, 关于它们未来排放的设想还会有什么意义呢? 第二个问题是温室气体浓度变化模式本身的问题。对于 CO_2 , 全球碳循环模式能大体描述过去有记录以来的大气 CO_2 浓度变化, 问题在于人为活动干扰条件下许多碳库库的响应速率还不能正确模拟; 对于其他温室气体, 因其现在的源和汇尚不能定量描述, 相应的模式也就没有坚实的科学基础, 它们模拟未来变化的能力就更值得怀疑。

3.2 关于未来气候变化的预测

对温室气体浓度变化引起的气候变化的预测主要靠数值模拟。现在世界上已经发展了几十个气候模式, 特别是最近, 已经出现了一些较好地海-气耦合模式。这些模式大都能较好地模拟当代气候。在给定未来 CO_2 浓度变化条件下, 大多数模式给出的未来全球平均地表温度的变化是大致一致的, 是可以接受的。但是, 如果采用另一种“设想方案”, 则结果完全是另一回事。更严重问题在于, 不同模式给出的温度变化的区域分布差别是巨大的, 不同模式给出的降水变化差别更大。这就不光使人们怀疑模式结果的实用价值, 也使人们对当代气候模式的正确性产生怀疑。首先, 当代气候模式都没有很

好地解决反馈过程,即在地表温度上升后,地面蒸发增加,在高空气温略有下降的情况下,天空云量将随地表蒸发增加而增加,而云量增加将会使地表温度下降,正确模拟这一过程至关重要;其次,当代气候模式对许多引起 10 年以上时间尺度气候变化的因子,如太阳辐射的变化,地球轨道的变化,固体地球的变化,地表状况(包括冰雪圈、生物圈、水圈)的变化等尚未包括在内,或尚未正确描述。模式对气溶胶的辐射过程和气溶胶本身的物理化学特性的描述也还远远不够。因此,严格说来,当前关于人为活动引起的全球气候变化的数值模拟结果,只是对气候模式的一种敏感性实验结果;绝不能视为对未来气候变化的预测。影响未来气候变化的因子很多,人类活动造成的大气温室气体浓度增加只是诸多因子中的一个,而且现在还不能断言,它是最重要的因子。例如,有的模式研究结果表明,到目前为止,人类活动造成的气溶胶浓度增加,引起的地表温度降低可以全部抵销温室气体浓度增加引起的升温效果。人类活动造成的地表状况变化,人类活动直接的热效应的影响都可能与大气温室效应增强的效应有大致相当的量级。引起长期气候变化的自然因子的变化也有大致相当的效果。

3.3 关于气候变化的影响评价和对策

毫无疑问,对于气候变化的影响的评价问题更多。这首先表现为,到目前为止,还没有形成统一的客观的科学评价体系。气候变化的影响是多方面的,“影响评价”的尺度标准是十分复杂而难以量化的。当前研究较多的是气候变化对农业生产、森林和其他生态系统的影响。研究结果基本上都是定性的描述,有些定量结果也都是很粗的估计值。

关于气候变化影响评价的不确定性的另一原因是所依据的气候变化预测结果的巨大不确定性。如前所述,关于未来气候变化预测结果中只有全球平均地表温度一项是可以接受的,有应用价值的。关于气温变化的空间分布,降水变化及气候极端事件的预测都是很不确定的。然而,对于气候变化的影响评价来说,恰恰需要各地区的气温变化,更需要降水变化,气候极端事件变化。很容易理解,对于气温很高降水丰富的热带和亚热带地区,气温上升 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 对农业和其他生态系统的影响可能并不明显,而对于气温偏低,降水相对较多的冷温带地区,气温上升对农业和生态系统的影响总体上反而是有利的;而对于气温适中,降水相对偏少的暖温带大多数地区,气候变化的影响显然主要取决于降水的变化,在这些地区如果气温上升,伴随着较大幅度的降水增加则气候变化对农业和其他生态系统显然是有利的,反过来,气温上升降水不增加甚至减少,气候变化对农业和其他生态系统将造成灾难性结果。

4 基础性研究亟待加强

地球气候系统极为复杂,气候变化的原因很多,气候变化预测是一个十分困难的科学难题,可能需要全世界科学家几代人的努力。这里不系统论述这方面的优先研究领域,只想特别强调两点供决策者和有关科学家参考。

(1) 气候变化预测研究应当遵循科学研究自身发展规律,不要被 CO_2 问题所左右。已经有许多证据表明,引起不同时间尺度气候变化的起因是很多的。大气温室效应增强只是其中之一,它只是引起 10 年到几十年时间尺度气候变化的重要原因,而且不一定是最重要的原因。对气候变化预测的研究决不应由于对 CO_2 问题的过分强调而倍

受重视,也不应因证明 CO_2 影响不那么严重而被忽视。气候变化毕竟是和人类生存息息相关的生存环境变化的原动力之一和重要方面,气候变化预测研究任何时候都不应放松。在各种时间尺度气候变化预测中,季度、年际变化预测更为迫切需要。与全球平均状态变化相比区域气候变化更为重要;与温度变化相比,降水变化预测更为重要;与平均气候状态变化相比,气候变率和气候极端事件的变化更为重要。这些变化固然都和 CO_2 等温室气体浓度变化有关,但切不可一叶障目,忽视了其他可能是更重要的因素。

(2) 气候变化预测是一个科学难题,是一项长远的基础性工作,决不可因国际上 CO_2 问题闹得沸沸扬扬而蜂拥而上,甚至一些非专业人员也硬要放弃熟悉的本行而来啃这块硬骨头。另一方面,既然是难题就不能指望在三五年内解决问题,不应急功近利,提出不切实际的目标,而应该组织精干力量,脚踏实地,一步一步地攻关。

参 考 文 献

- 1 J. T. Houghton et al. (ed.), *Climate Change 1990*, Cambridge University Press, 1990.
- 2 J. T. Houghton et al. (ed.), *Climate Change 1992*, Cambridge University Press, 1992.
- 3 J. T. Houghton et al. (ed.), *Climate Change 1994*, Cambridge University Press, 1995.

Change of Green House Gases and Its Effect on Climate Change

Wang Mingxing

(State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry,
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract Firstly, the present increasing of green house gases and its effects on climate change are explicated, some uncertainties that exist in present climate research, such as how the concentrations of green house gases will change in the future, how the future climate change and evaluation on climate change effect are discussed. At last, the problems that should be paid much attention in future climate change research are proposed.

Key words: green house gases; green house effect; climate change