

# 国际贸易中的隐含碳排放核算及贸易调整后的国家温室气体排放

周 新

(日本地球环境战略研究所(IGES),神奈川县葉山町 240-0115)

**摘要:** 国家温室气体排放清单的制定中没有考虑国际贸易中附加的碳排放。根据《京都议定书》,发达国家承诺以 1990 年排放量为基础的 5% 的削减目标,发展中国家没有减排义务。通过国际贸易,发达国家实现减排的同时,可能引起发展中国家碳排放量增加,影响《京都议定书》实施的有效性。针对国际贸易所引起的“碳泄漏”问题,本文应用多区域投入产出分析,对包括中国在内的十个国家或地区的国际贸易中隐含的碳排放(embodied emissions)进行了核算。分别通过“消费者污染负担”原则,及“生产者与消费者共同负担”原则,重新试算了各国或地区的温室气体排放量。结果表明,美国为贸易中隐含碳排放的最大净进口国(464 Mt-CO<sub>2</sub>),日本次之(191 Mt-CO<sub>2</sub>),中国为最大净出口国(452 Mt-CO<sub>2</sub>)。

**关键词:** 隐含碳排放;国际贸易;“碳泄漏”;“生产者污染负担”原则;“消费者污染负担”原则;多区域投入产出模型

## 引 言

要实现《联合国气候变化框架公约》(以下简称《公约》)中规定的“将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上”的总体目标<sup>[1]</sup>并监测实现目标的进展情况,就需要对各国的温室气体排放进行评价。目前国家温室气体清单是按照政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)制定的指南编制的。1996 年及 2006 年的指南中定义“国家清单包括在国家领土和该国拥有司法管辖权的近海海区发生的温室气体排放和清除”<sup>[2-3]</sup>。因此国家温室气体清单的编制是按照“国家领土内的排放责任”或者“生产者污染负担”原则<sup>[4]</sup>。

按照“生产者污染负担”原则评价各国的温室气体排放有以下优越性:(1)由生产过程中直接排放的温室气体便于估算和监测;(2)按照国家领土内发生的温室气体排放和清除进行核算符合《公约》中规定的关于国际合作中国家主权的原则;(3)早在 1974 年由经济合作与发展组织(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)提出的“污染者付费”原则(polluter-pays-principle)为“生产者污染负担”原则提供了有力的依据<sup>[5]</sup>。

然而依据“国家领土内的排放责任”或者“生产者污染负担”原则会产生以下问题。首先,根据“污染天堂

收稿日期:2010-03

基金项目:日本地球环境战略研究所战略研究基金;日本学术振兴会科学研究费补助金。

作者简介:周新,日本地球环境战略研究所经济与环境研究组副主任,主任研究员。

致 谢:感谢浜中裕德先生和森秀行先生对该研究项目的提议及对研究计划提出的宝贵意见。感谢潘洪涛在计算方面对本研究的贡献。

的假设”(pollution heaven hypothesis), 一个国家或地区在该项原则下综合优化经济和环境战略时, 很可能将污染排放强度高的产业或其部分生产过程转移到环保法规要求较宽松的国家或地区, 同时进口相应的产品或原料。一些研究表明许多发达国家变得环境清洁是由于从国外“外购污染”<sup>[6-11]</sup>。从全球可持续发展的角度而言, 这些国家的发展并不是可持续的<sup>[12-13]</sup>。

其次, 依据《京都议定书》, 37 个发达国家及欧共体共同承诺在 2008-2012 年期间实现以 1990 年排放量为基准的 5% 的削减目标。美国虽是发达国家却弃离了《京都议定书》, 不实行国际约束型减排。根据《公约》中“共同但有区别的责任”的基本原则, 发展中国家不承担减排义务。由于减排需要一定的经济成本, 国际减排义务的差别会改变国家之间的进出口交换比率, 使实施减排政策的国家在国际竞争中处于不利的地位<sup>[14-16]</sup>。连同其他经济因素, 碳排放强度高的产业或生产过程将有可能转移到发展中国家。通过国际贸易, 发达国家实现国内减排目标的同时, 可能引起发展中国家碳排放量增加, 从而导致全球排放量增加, 影响《京都议定书》实施的有效性<sup>[17-18]</sup>。由于各国国际减排义务的差别, 通过国际贸易而产生的“碳泄漏”问题, 在学术界引起了很多讨论。然而关于气候变化与国际贸易关系的问题, 至今在气候变化的国际体制下或国际贸易体制下还未得到正式关注。

另外, 一些碳排放的净出口国(如丹麦)和一些发展中国家(如中国和巴西等)对“国家领土内的排放责任”原则的公正性提出质疑。这些国家的产品出口到其他国家供消费, 而隐含的碳排放却被计算在这些国家的排放清单中。这一问题也被认为是发展中国家不愿承担减排义务的原因之一。近 20 年, 一些新兴的发展中国家, 如中国、印度、巴西和东南亚等国家, 经历了快速的经济增长, 而经济发展主要是依靠出口, 导致了这些国家的温室气体排放增长很快。

基于以上原因, 在未来国际气候变化政策中应考虑国际贸易以及其他的污染负担原则。在大量文献中, “隐含碳排放”作为一个环境指标, 用来描述产品供应链从上游生产过程到下游生产过程, 直到消费者的各个环节所产生的直接的和间接的全部污染。这一指标体现了从“摇篮到坟墓”的全过程控制思想。由于消费是引起环境压力的主要驱动因素之一, 一些学者提出了与隐含碳排放相关的“消费者污染负担”原则<sup>[4, 18-24]</sup>。基于这种原则计算的国家温室气体排放包括国家领土内的总排放和清除, 加上进口中的隐含碳排放, 减去出口中的隐含碳排放。此外, 还有一些文献提出了污染责任分担的原则, 如在进口国和出口国之间进行分担<sup>[4, 22, 25]</sup>, 或者生产者和消费者之间进行分担<sup>[26]</sup>, 还有产品供应链的上游和下游各环节之间进行分担等<sup>[4, 27-29]</sup>。

自 90 年代以来许多文献对国际贸易中的隐含碳排放进行了估算。几乎所有研究表明国际贸易中隐含了大量的碳排放, 并且发达国家是贸易中隐含碳排放的净进口国。例如其中一项研究<sup>[18]</sup>表明 2000 年全球 420 亿吨的等价二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排放中, 约有 53 亿吨(约 1/8)的隐含碳排放。然而, 既存的研究主要以发达国家为研究对象, 以发展中国家为对象的研究尚且缺乏。由于发展中国家的减排对有效控制全球变暖趋势起着至关重要的作用, 因此评价发展中国家的隐含碳排放是非常重要的。

基于以上背景, 本文的研究目的是评价和比较基于不同污染负担原则的国家温室气体排放。污染负担原则包括: (1) “生产者污染负担”原则; (2) “消费者污染负担”原则; 以及(3) “生产者和消费者共同负担”原则。本研究应用多区域投入产出模型对十个国家和地区之间的国际贸易中隐含的碳排放进行了核算, 并对其来源和去向进行分解, 同时对各国进出口贸易中隐含的碳排放平衡进行了计算。这十个国家和地区以亚洲为主。包括三个 OECD 国家(日本, 韩国和美国), 五个东盟国家(印度尼西亚, 马来西亚, 菲律宾, 新加坡和泰国), 以及中国和中国台北。本文的研究成果可供各国气候变化政策的制定者和国际气候变化谈判者在解决国际贸易中产生的“碳泄漏”问题时参考。

本文的撰写结构如下: 第二部分介绍了利用多区域投入产出模型对国际贸易中隐含的碳排放进行核算的方法以及污染负担原则; 第三部分是经过贸易调整后的各国温室气体排放和国际贸易中隐含的碳排放平衡的有关结果; 第四部分提出了结论及相关政策影响。

## 研究方法

### 1、多区域投入产出模型

本研究应用 2000 年亚洲国际投入产出表,计算多边贸易中隐含的碳排放。该投入产出表是发展经济研究所开发的<sup>[20]</sup>,包括亚太十个国家及地区,二十四个行业。关于各国各行业的单位 CO<sub>2</sub> 排放强度的计算,有关数据来源于 GTAP-E 数据库<sup>[21]</sup>。该数据库包括从八十七个国家和地区、六十个行业以及六种燃料燃烧所排放的 CO<sub>2</sub>。将 GTAP-E 数据库中六十个行业与亚洲国际投入产出表的二十四个行业相对应,利用 GTAP 数据库中各行业的总产出,计算出各国家各行业单位产值的 CO<sub>2</sub> 排放量。

基于亚洲国际投入产出表所建立的多区域之间以及各行业之间的供需平衡关系可以概括为如下方程:

$$X=AX+F+E \quad (1)$$

在区域层次上,式(1)可表达如下:

$$\begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^{11} & A^{12} & \cdots & A^{1n} \\ A^{21} & A^{22} & \cdots & A^{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A^{n1} & A^{n2} & \cdots & A^{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sum_s F^{1s} \\ \sum_s F^{2s} \\ \vdots \\ \sum_s F^{ns} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} E^{1ROW} \\ E^{2ROW} \\ \vdots \\ E^{nROW} \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中, X<sup>r</sup>: 区域 r 的总产出; A<sup>rs</sup>=X<sup>rs</sup>/X<sup>s</sup>: 各区域之间的交易系数矩阵,表示区域 s 的单位投入中,从区域 r 进口的部分所占的份额; F<sup>rs</sup>: 由区域 r 生产的供区域 s 的最终消费量; E<sup>rROW</sup>: 区域 r 向 n 个国家和地区之外的其它区域的出口。

下式(3)表示最终消费驱动下的产量。其中的 B=(I-A)<sup>-1</sup>=[B<sup>rs</sup>]<sub>n×n</sub> 矩阵是多区域间的 Leontief 乘数矩阵,表示由区域 s 生产的单位最终产品所驱动的区域 r 的生产。

$$\begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B^{11} & B^{12} & \cdots & B^{1n} \\ B^{21} & B^{22} & \cdots & B^{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B^{n1} & B^{n2} & \cdots & B^{nn} \end{pmatrix} \left[ \begin{pmatrix} \sum_s F^{1s} \\ \sum_s F^{2s} \\ \vdots \\ \sum_s F^{ns} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} E^{1ROW} \\ E^{2ROW} \\ \vdots \\ E^{nROW} \end{pmatrix} \right] \quad (3)$$

## 2、两种污染分担方案

考虑到国际贸易中隐含的碳排放,本研究利用两种污染负担方案通过对贸易进行调整来重新计算各国的温室气体排放量。两种分担原则分别为:“消费者污染负担”原则(方案一);和“生产者与消费者共同负担”原则<sup>[28,32]</sup>(方案二)。

给定行向量 c<sup>r</sup>,其中每一个元素代表区域 r 中各行业单位产值所排放的 CO<sub>2</sub>。因此,按照生产者负担全部污染责任的原则,“国家领土内的排放”C<sub>prod</sub><sup>r</sup>表示如下:

$$C_{prod}^r = c^r X^r + C_{hh}^r \quad (4)$$

C<sub>hh</sub><sup>r</sup>表示从区域 r 的家庭所产生的直接排放。由此方法计算出的国家温室气体排放量同以下因素有关:各行业单位产值的碳排放量、各行业的产值,以及碳排放强度高的行业在国民经济中的比重等。国际贸易中隐含的排放在这种方法中没有被考虑。

### (1) 方案一:“消费者污染负担”原则

在消费者负担全部污染责任的原则下,利用式(3)重新计算各国最终消费中隐含的碳排放量(式(5)),其中包括四部分:A.由国内供给的最终消费中隐含的碳排放(P1);B.从其它九个国家和地区进口的最终消费中隐含的碳排放(P2);C.从九个国家和地区之外的其它国家和地区(简称 ROW)的进口中(既包括中间使用也包括最终使用)所隐含的碳排放(P3);D.家庭所产生的直接排放(P4)。

$$C_{con}^s = \underbrace{(\sum_r c^r B^{rs}) F^{ss}}_{P1} + \underbrace{\sum_{n \neq s} [(\sum_r c^r B^{rn}) F^{ns}]}_{P2} + \underbrace{C_{in}^s}_{P3} + \underbrace{C_{hh}^s}_{P4} \quad (5)$$

式(6)中,利用 ROW 各行业单位产值的碳排放强度和 Leontief 乘数矩阵,来计算各国从 ROW 进口中所隐含的碳排放。

$$C_{in}^s = c^w B^w M^{ROWs} \quad (6)$$

其中,c<sup>w</sup>:行向量,其中每一个元素代表 ROW 各工业单位产值所排放的 CO<sub>2</sub>; B<sup>w</sup>:从 GTAP 数据库算出的 Row 的 Leontief 乘数矩阵; M<sup>ROWs</sup>:区域 s 从 ROW 的进口。

区域  $s$  的总出口中隐含的碳排放的计算包括两部分:一部分是区域  $s$  向其它九个国家或地区的出口中隐含的碳排放( $P5$ );另一部分是区域  $s$  向 ROW 的出口中隐含的碳排放( $P6$ )。其中  $E^{s,ROW}$  表示区域  $s$  向 ROW 的出口。

$$P5 = \sum_{n \neq s} [(\sum_r c^r B^{rs}) F^{sn}] \quad (7)$$

$$P6 = (\sum_r c^r B^{rs}) E^{s,ROW} \quad (8)$$

国际进出口贸易中各个国家的隐含碳平衡的计算如式(9):

$$C_{is}^c = (P5 + P6) - (P2 + P3) \quad (9)$$

(2) 方案二:“生产者与消费者共同负担”原则

在方案二下,从某一个行业产生的碳排放按照一定的比例在该行业( $C1$ )、该行业的所有下游行业( $C2$ )以及最终消费者( $C3$ )之间进行分担<sup>[27,32]</sup>。利用投入产出模型进行计算如下:

$$cX = c(A X + F + E) = c \underbrace{[(I - \alpha)(A X + F + E)]}_{C1: \text{下游生产者}} + \underbrace{c(\alpha A X)}_{C2: \text{下游生产者}} + \underbrace{c[\alpha(F + E)]}_{C3: \text{最终消费者和出口}} \quad (10)$$

$\alpha$  是一个对角线矩阵,对角线上每一个元素  $\alpha_i$  表示的是从其它行业投入的非要素中间投入量占某一行业外部总投入量(即其它行业投入的非要素中间投入量加上要素投入量之和)的比例。 $(1 - \alpha_i)$  表示要素投入量(即附加值)占某一行业外部总投入量的比例(见式(11))。

$$1 - \alpha_i = v_i^r / (x_i^r - \alpha_{ii}^r x_i^r) \quad (11)$$

其中,  $v_i^r$ : 区域  $r$  中  $i$  行业的附加值,代表要素投入量;  $(x_i^r - \alpha_{ii}^r x_i^r)$  表示区域  $r$  中  $i$  行业的外部总投入量。

利用多区域投入产出模型推导出的供给和需求关系如下:

$$cX = [c(I - \alpha A)^{-1}] \times \{ [(I - \alpha)(A X + F + E)] + \alpha F + \alpha E \} \quad (12)$$

$c(I - \alpha A)^{-1} [(I - \alpha)(A X + F + E)]$  表示的是作为生产者所分担的碳排放责任( $S1$ );  $c(I - \alpha A)^{-1} \alpha F$  表示十个国家和地区的最终消费者所分担的碳排放责任( $S2$ );  $c(I - \alpha A)^{-1} \alpha E$  则是向 ROW 的出口部分所分担的碳排放责任( $S3$ )。

## 计算结果

### 1、贸易调整后的国家温室气体排放

本研究利用多区域投入产出模型通过对贸易进行调整,重新计算了各国的温室气体排放量,并同目前根据“生产者污染负担”原则编制的国家排放清单进行比较。其中十个国家和地区之间的国际贸易是研究重点,与世界其它国家和地区(ROW)之间的贸易也进行了估算,但仅作为参考。在方案一的设定条件下,计算结果表明(见表1):同现行国家排放清单相比,贸易调整后的国家温室气体排放量的变化幅度是-525 Mt-CO<sub>2</sub>(中国)到 543 Mt-CO<sub>2</sub>(美国)。按照百分比,变化幅度为-25%(马来西亚)到 42%(新加坡)。方案二设定下的计算结果见表2。贸易调整后的国家温室气体排放的变化范围是-327 Mt-CO<sub>2</sub>(中国)到 386 Mt-CO<sub>2</sub>(美国)。按照

表1 贸易调整前后国家温室气体排放量的比较(方案一,2000年)

国家/地区	P1	P2	P3	P4	调整后的排放( $C_{con}^s$ )/Mt-CO <sub>2</sub>	调整前的排放( $C_{prod}^r$ )/Mt-CO <sub>2</sub>	差异 <sup>1</sup> /Mt-CO <sub>2</sub>	差异 <sup>2</sup> %
印度尼西亚	133	4	25	53	215	273	-58	-21%
马来西亚	47	7	19	15	88	118	-30	-25%
菲律宾	36	3	11	17	67	69	-2	-3%
新加坡	36	7	38	4	85	60	25	42%
泰国	92	6	25	21	144	155	-11	-7%
中国	2,252	9	79	311	2,651	3,176	-525	-17%
中国台北	94	14	46	56	210	217	-7	-3%
韩国	267	11	76	88	442	435	7	2%
日本	862	82	189	310	1,443	1,179	264	22%
美国	4,318	163	659	1,105	6,245	5,702	543	10%
总和	8,137	306	1,167	1,980	11,590	11,384	206	2%

注:1 等于  $C_{con}^s - C_{prod}^r$ ; 2 等于  $(C_{con}^s - C_{prod}^r) / C_{prod}^r \times 100\%$ 。

表2 贸易调整前后国家温室气体排放量的比较(方案二,2000年)

国家/地区	S1	S2	S3	S4	调整后的排放/Mt-CO <sub>2</sub>	调整前的排放( $C_{prod}$ )/Mt-CO <sub>2</sub>	差异/Mt-CO <sub>2</sub>	差异/%
印度尼西亚	131	41	25	53	250	273	-23	-8%
马来西亚	45	18	19	15	97	118	-21	-18%
菲律宾	30	12	11	17	70	69	1	1%
新加坡	29	12	38	4	83	60	23	38%
泰国	79	24	25	21	149	155	-6	-4%
中国	1,891	568	79	311	2,849	3,176	-327	-10%
中国台北	86	26	46	56	214	217	-3	-1%
韩国	197	78	76	88	439	435	4	1%
日本	658	193	189	310	1350	1,179	171	15%
美国	3,097	1,227	659	1,105	6,088	5,702	386	7%
总和	6,243	2,199	1,167	1,980	11,589	11,384	205	2%

百分比,其变化幅度为-18%(马来西亚)到38%(新加坡)。

2、国际贸易中隐含的碳排放平衡

表3表示了多边贸易中隐含的碳排放的来源与去向(在方案一的设定下)。其中每一行表示出口中的隐含碳排放,每一列表示进口中的隐含碳排放。倒数第三行代表各国或地区全部进口中所隐含的碳排放,倒数第二行表示各国或地区全部出口中所隐含的碳排放。倒数第一行则是各国或地区在国际贸易中所隐含的碳排放平衡。结果表明,美国、日本和新加坡为国际贸易中隐含碳排放的净进口国,而其他国家则为净出口国。

表3 多边贸易中隐含碳排放的来源与去向 (单位:Mt-CO<sub>2</sub>, 2000年)

国家/地区	印度尼西亚	马来西亚	菲律宾	新加坡	泰国	中国	中国台北	韩国	日本	美国	ROW
印度尼西亚	133.2	0.8	0.2	0.6	0.4	0.2	0.6	0.4	2.6	6.4	32.4
马来西亚	0.3	47.2	0.3	1.8	0.6	0.5	0.9	0.4	3.5	6.7	27.8
菲律宾	0.0	0.1	36.5	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	1.5	4.1	9.3
新加坡	0.1	0.8	0.3	35.7	0.3	0.3	0.4	0.3	1.1	2.9	25.6
泰国	0.3	0.5	0.2	0.5	91.8	0.3	0.4	0.2	3.1	5.3	31.3
中国	1.3	2.0	0.4	1.9	2.0	2,252.2	3.6	4.8	51.6	103.6	369.1
中国台北	0.3	0.5	0.3	0.2	0.4	2.1	94.4	0.4	3.1	8.3	50.2
韩国	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	1.4	1.0	267.5	4.0	9.8	77.1
日本	0.5	1.0	0.4	0.8	0.9	1.7	2.6	1.6	861.9	15.4	55.2
美国	0.4	1.0	0.5	0.9	0.8	2.3	4.1	2.6	11.3	4,318.5	333.8
ROW	25	19	11	38	25	79	46	76	189	659	
总进口中隐含的碳排放	29	26	14	45	31	88	60	87	271	822	
总出口中隐含的碳排放	45	43	15	32	42	540	66	95	80	358	
隐含碳排放的净出口量	16	17	1	-13	11	452	6	8	-191	-464	

表4 双边贸易中隐含的碳排放量 (单位:Mt-CO<sub>2</sub>, 2000年)

国家/地区	印度尼西亚	马来西亚	菲律宾	新加坡	泰国	中国	中国台北	韩国	日本	美国	ROW
印度尼西亚	0.0	0.5	0.2	0.5	0.1	-1.1	0.3	0.1	2.1	6.0	7.4
马来西亚	-0.5	0.0	0.2	1.0	0.1	-1.5	0.4	0.1	2.5	5.7	8.8
菲律宾	-0.2	-0.2	0.0	-0.3	-0.1	-0.3	-0.2	-0.2	1.1	3.6	-1.7
新加坡	-0.5	-1.0	0.3	0.0	-0.2	-1.6	0.2	0.0	0.3	2.0	-12.4
泰国	-0.1	-0.1	0.1	0.2	0.0	-1.7	0.0	0.0	2.2	4.5	6.3
中国	1.1	1.5	0.3	1.6	1.7	0.0	1.5	3.4	49.9	101.3	290.1
中国台北	-0.3	-0.4	0.2	-0.2	0.0	-1.5	0.0	-0.6	0.5	4.2	4.2
韩国	-0.1	-0.1	0.2	0.0	0.0	-3.4	0.6	0.0	2.4	7.2	1.1
日本	-2.1	-2.5	-1.1	-0.3	-2.2	-49.9	-0.5	-2.4	0.0	4.1	-133.8
美国	-6.0	-5.7	-3.6	-2.0	-4.5	-101.3	-4.2	-7.2	-4.1	0.0	-325.2
ROW	-7.4	-8.8	1.7	12.4	-6.3	-290.1	-4.2	-1.1	133.8	325.2	0.0

2000年,在十个国家和地区中,美国的贸易中隐含的碳排放的逆差最大(464 Mt-CO<sub>2</sub>),日本次之(191 Mt-CO<sub>2</sub>),而中国贸易中的隐含碳排放的顺差最大(452 Mt-CO<sub>2</sub>)。美国隐含碳排放的净进口量占未调整前的国家温室气体清单(5,702 Mt-CO<sub>2</sub>)的8%,日本隐含碳排放的净进口量占未调整前的国家温室气体清单(1,179 Mt-CO<sub>2</sub>)的16%。中国隐含碳排放的净出口量占未调整前的国家温室气体清单(3,176 Mt-CO<sub>2</sub>)的14%。

表4表示的是方案一下的各国或地区双边贸易中隐含的碳排放的平衡关系。其中美国和日本同所有其他国家和地区的双边贸易中的隐含碳排放均为逆差,而中国同所有国家和地区的双边贸易中的隐含碳排放均为顺差。特别是美中双边贸易中的隐含碳排放的逆差相当大,约为101 Mt-CO<sub>2</sub>,占美国贸易中的隐含碳排放总逆差(464 Mt-CO<sub>2</sub>)的22%。日中双边贸易中的隐含碳排放的逆差也很大,约为50 Mt-CO<sub>2</sub>,占日本贸易中的隐含碳排放总逆差(191 Mt-CO<sub>2</sub>)的26%。

## 结论和政策影响

《联合国气候变化框架公约》要求各国编制温室气体清单,并以此为依据制定减排目标和监测实施状况。在《京都议定书》下各个国家的国际减排义务不同,依据“生产者污染负担”原则进行核算的方法会引起碳排放强度大的生产从发达国家向发展中国家转移,从而导致发生“碳泄漏”问题。国际贸易中的隐含碳排放在有国家温室气体清单的编制中没有被考虑。针对这一问题,本文提出了依据“消费者污染负担”原则或“生产者与消费者共同负担”原则,对贸易进行调整,重新计算国家温室气体排放的方法。

在十个国家和地区多边贸易中隐含的碳排放量相当大,约为1,473 Mt-CO<sub>2</sub>,占十个国家和地区调整后的总排放量(11,590 Mt-CO<sub>2</sub>)的13%。在国家层次上,贸易中隐含的碳排放量可占调整后的国家排放量的53%(如新加坡)。另外,美国和日本等发达国家是贸易中隐含碳的净进口大国。这说明通过贸易造成的“碳泄漏”问题不容忽视,它会对实现全球减排目标产生负面影响,这个问题应得到国际气候变化体制的适当重视。

解决该问题可以应用多种政策方式。例如要求所有排放国家根据“共同但有区别的原则”及“相应的国家能力”实施减排。又如美国和欧盟等国家提出了边境关税调整等措施。本文提出了根据国际贸易中的隐含碳排放,对国家温室气体清单进行贸易调整,重新核算国家温室气体排放的方法来解决“碳泄漏”问题。比较不同政策方案的利与弊可作为今后的研究方向。

根据国际贸易中的隐含碳排放,对国家排放清单进行调整,需要大量有关双边贸易和各国各行业或者有关产品碳排放强度的数据。后者很难从有关国家或者权威的国际组织获得。提供地理标识,产品的能源使用强度和碳排放强度的信息,对于引导消费者进行低碳消费非常重要。这些信息的提供,需要国际气候变化体制和国际贸易体制开展合作。

在分配国际贸易中隐含碳排放的责任时,生产者负担全部责任和消费者负担全部责任是两种极端的分配方法。生产者与消费者共同承担责任可以作为一种有效的激励机制,同时促使生产者和消费者都改变其环境行为。本文应用了附加值占外部总投入的比例作为责任分担率,当然还有其他的分担方法,例如进口与出口的比例等。选择一个公平、有效的分配方法还需要做进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)[EB/OL]. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convchin.pdf>, 1992
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1 Reporting Instructions[EB/OL]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs4.html>, 1996
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC). 2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1 General Guidance and Reporting[EB/OL]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/chinese/vol1.html>, 2006
- [4] Eder, P., Narodoslawsky, M. What Environmental Pressures Are a Region's Industries Responsible for? A Method of Analysis with Descriptive Indices and Input-Output Models[J]. Ecological Economics, 1999, 29: 359-374
- [5] Neumayer, E. In Defence of Historical Accountability for Greenhouse Gas Emissions[J]. Ecological Economics, 2000, 33:185-192
- [6] Rothman, D. S. Measuring Environmental Values and Environmental Impacts: Going From the Local to the Global[J]. Climate Change,

2000, 44:351-376

- [7] Aldy, J. E. An Environmental Kuznets Curve Analysis of US State-Level Carbon Dioxide Emissions[J]. *Journal of Environment and Development*, 2005, 14: 48-72
- [8] Cole, M. A., Elliott, J. R. FDI and the Capital Intensity of "Dirty" Sectors: A Missing Piece of the Pollution Haven Puzzle[J]. *Review of Development Economics*, 2005, 9: 530-548
- [9] Ekins, P. *Resource Productivity, Environmental Tax Reform and Sustainable Growth in Europe*[R]. London: Anglo-German Foundation for the Study of Industrial Society, 2009
- [10] Sustainable Europe Research Institute(SERI), *Global 2000, Friends of the Earth Europe. Overconsumption? Our Use of the World's Natural Resources*[R]. Germany: Sustainable Europe Research Institute, 2009
- [11] Weber, C. L., Peters, G. P. Climate Change Policy and International Trade: Policy Considerations in the US[J]. *Energy Policy*, 2009, 37: 432-440
- [12] Pearce, D. W., Atkinson, G. Capital Theory and the Measurement of Sustainable Development: An Indicator of Weak Sustainability[J]. *Ecological Economics*, 1993, 8: 103-108
- [13] Proops, J. L. R., Atkinson, G., v. Schlotheim, B. F., Simon, S. International Trade and the Sustainability Footprint: A Practical Criterion for its Assessment[J]. *Ecological Economics*, 1999, 28: 75-97
- [14] Kemfert, C., Lise, W., Tol, R. S. J. Games of Climate Change with International Trade[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2004, 28: 209-232
- [15] van Asselt, H., Biermann, F. European Emissions Trading and the International Competitiveness of Energy-Intensive Industries: A Legal and Political Evaluation of Possible Supporting Measures[J]. *Energy Policy*, 2007, 35: 497-506
- [16] United Nations Environment Programme(UNEP). *Climate and Trade Policies in a Post-2012 World*[R]. Geneva: UNEP, 2009
- [17] Weber, C. L., Matthews, H. S. Embodied Environmental Emissions in U.S. International Trade 1997-2004[J]. *Environmental Science & Technology*, 2007, 41: 4875-4881
- [18] Peters, G. P., Hertwich, E. G. CO<sub>2</sub> Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy[J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 42: 1401-1407
- [19] Peters, G.P., Hertwich, E.G.. Post-Kyoto Greenhouse Gas Inventories: Production Versus Consumption. *Climatic Change*, 2008 86: 51-66
- [20] Lenzen, M., Pade, L. L., Munksgaard, J. CO<sub>2</sub> Multipliers in Multi-Region Input-Output Models[J]. *Economic Systems Research*, 2004, 16: 391-412
- [21] Munksgaard, J., Pedersen, K. A. CO<sub>2</sub> Accounts for Open Economies: Producer or Consumer Responsibility[J]. *Energy Policy*, 2001, 29: 327-334
- [22] Kondo, Y., Moriguchi, Y., Shimizu, H. CO<sub>2</sub> Emissions in Japan: Influences of Imports and Exports[J]. *Applied Energy*, 1998, 59 (2-3): 163-174
- [23] Proops, J. L. R., Faber, M., Wagenhals, G. *Reducing CO<sub>2</sub> Emissions: A Comparative Input-Output Study for Germany and the UK*[M]. New York: Springer, 1993
- [24] Rose, A. Reducing Conflict in Global Warming Policy: The Potential of Equity as a Unifying Principle[J]. *Energy Policy*, 1990, 18: 927-935
- [25] Peters, G. P. From Production-Based to Consumption-Based National Emissions Inventories[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65: 13-23
- [26] Ferng, J. J. Allocating the Responsibility of CO<sub>2</sub> Over-emissions from the Perspectives of Benefit Principle and Ecological Deficit [J]. *Ecological Economics*, 2003, 46: 121-141
- [27] Lenzen, M., Murray, J., Sack, F., Wiedmann, T. Shared Producer and Consumer Responsibility-Theory and Practice [J]. *Ecological Economics*, 2007, 61: 27-42
- [28] Gallego, B., Lenzen, M. A Consistent Input-Output Formulation of Shared Producer and Consumer Responsibility[J]. *Economic Systems Research*, 2005, 17: 365-391
- [29] Bastianoni, S., Pulselli, F. M., Tiezzi, E. The Problem of Assigning Responsibility for Greenhouse Gas Emissions[J]. *Ecological Economics*, 2004, 49: 253-257
- [30] Institute of Developing Economics, Japan External Trade Organization(IDE-JETRO). *Asian International Input-Output Table 2000, Volume 1, Explanatory Notes*[M]. Tokyo: IDE-JETRO, 2006
- [31] Dimaranan, B. V. *Global Trade, Assistance, and Production: GTAP 6 Data Base*[M]. West Lafayette: Center for Global Trade Analy-

sis, Purdue University, 2006

- [32] Lenzen, M. Aggregation(In-)Variance Of Shared Responsibility: A Case Study of Australia[J]. *Ecological Economics*, 2007, 64: 19-24

*Emissions Embodied in International Trade and Trade Adjustment to National GHG Inventory*

Zhou Xin

(Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa 240-0115)

**Abstract:** Current national GHG inventory does not consider emissions embodied in international trade. According to the Kyoto Protocol, industrialised countries have committed to collectively reduce their GHG emissions to an average of 5% against 1990 levels. The Protocol does not commit developing countries to do so. Emissions reduced in Annex I countries through offshore carbon-intensive production and international trade will, however, generate elsewhere, in particular from developing countries. This potential trend of relocation will influence the effectiveness of the implementation of the Kyoto Protocol. To address the issue of carbon leakage caused by international trade, we apply a multi-region input-output model to calculate emissions embodied in ten selected economies including China. Based on two responsibility principles, viz. consumer responsibility and shared producer and consumer responsibility, national GHG inventories are adjusted for trade to generate national responsible emissions account. The results indicate that the USA had the biggest net imports of embodied carbon (464 Mt-CO<sub>2</sub>), followed by Japan (191 Mt-CO<sub>2</sub>). China had the biggest net exports in terms of embodied emissions(452 Mt-CO<sub>2</sub>).

**Key words:** embodied emissions, international trade, carbon leakage, producer responsibility, consumer responsibility, multi-region input-output model

(上接第 33 页)

*The Impact of Carbon Motivated Border Tax on China:  
An Analysis Based on Computable General Equilibrium Model*

Bao Qin<sup>1,2</sup>, Tang Ling<sup>2,3</sup> and Yang Liexun<sup>4</sup>

- (1. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039;
3. Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;
4. National Natural Science Foundation of Department of Management Sciences, Beijing 100085)

**Abstract:** Carbon motivated border tax adjustments have been proposed by the USA against the countries without emissions reduction commitments which include China and other developing countries. This paper investigates the size of impact of this carbon motivated border tax on China's foreign trade, macro economy and environment. Based on the 2007 data, we build a computable general equilibrium model which contains 37 production industries and 4 foreign accounts. The numerical simulation is carried out in ten scenarios, and the results suggest that the carbon motivated border tax will cut off large quantity of the profit from China's exports, bring lots of loss to China's foreign trade, and have strongly negative effect on China's economy. Although the tax adjustments will somehow decrease the energy intensity and reduce the overall carbon emission, the positive effect on environment will be limited.

**Key words:** carbon motivated border tax, foreign trade, impact analysis, computable general equilibrium model