

引用格式:李晨,丛睿,邵桂兰. 基于MRIO模型与LMDI方法的中国水产品贸易隐含碳排放转移研究[J]. 资源科学, 2018, 40(5): 1063-1072. [Li C, Cong R, Shao G L. Embodied carbon emissions transfer in China aquatic product trade based on MRIO modeling and LMDI methods[J]. *Resources Science*, 2018, 40(5):1063-1072.] DOI :10.18402/resci.2018.05.18

# 基于MRIO模型与LMDI方法的中国水产品贸易隐含碳排放转移研究

李晨<sup>1,2</sup>, 丛睿<sup>1</sup>, 邵桂兰<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学经济学院, 青岛 266100; 2. 中国海洋大学海洋发展研究院, 青岛 266100)

**摘要:**随着国际贸易强度的日益增加, 隐含碳排放呈现不断增长趋势, 国际贸易已成为隐含碳排放转移的重要方式。本文利用MRIO模型测算中国2005—2014年水产品贸易隐含碳排放转移量, 并采用LMDI方法进行效应分解, 从规模效应、结构效应及强度效应三方面研究水产品贸易发展对隐含碳排放转移的驱动影响。结果表明, 中国水产品贸易隐含碳排放转移量总体呈先降后升特征, 且始终为水产品贸易隐含碳排放净流出。规模效应在水产品进出口贸易隐含碳排放表现拉动作用, 而结构效应和强度效应对水产品贸易隐含碳排放进出口则具有抑制作用。因此, 通过大力发展渔业低碳技术和提高渔业生态效率降低水产品贸易隐含碳排放强度、构建整体海洋生态系统、优化水产品贸易结构, 是减少中国水产品贸易隐含碳排放并提升中国在国际气候谈判中话语权的重要举措。

**关键词:**水产品贸易; 隐含碳排放转移; MRIO模型; LMDI方法

DOI :10.18402/resci.2018.05.18

## 1 引言

进出口碳排放是指进出口商品在原产国的制造、运输等环节所产生的碳排放, 因此当一国进出口碳排放顺差时, 意味着进出口贸易商品在该国产生的碳排放量更多。随着当前国际贸易强度的日益增加, 隐含碳排放量呈现不断增长趋势, 国际贸易已不再是单纯的经济活动, 而成为许多国家实现隐含碳排放转移的重要方式, 国际贸易过程中带来的隐含碳排放也因此成为全球气候变化谈判的重要问题。近年来, 中国的碳排放量一直处于增长趋势, 而且在进出口贸易中长期处于碳排放顺差状态, 美国、日本、欧盟等主要贸易伙伴国都是中国隐含碳出口的主要受益国, 从中获得持续的环境收益。中国进出口贸易隐含碳排放前十名的产业以制造业为主, 其中金属冶炼及压延加工业、电气机

械及通信电子设备制造业、化学工业等都是进出口贸易隐含碳排放较大的行业<sup>[1-3]</sup>。中国渔业发展历史悠久, 水产品生产及水产品贸易已连续多年处于世界首位, 成为推动农产品贸易及国际贸易发展的重要产业。渔业具有明显的碳汇功能, 能促使水生生物进行碳吸收, 并通过收获将水生生物吸收的碳移出水体, 中国的海水养殖每年可以减排二氧化碳120万t, 按照当前中国的需求, 到十几年之后, 每年二氧化碳减排量可达200万t, 唐启升院士由此在全球率先提出了海洋碳汇渔业的发展理念<sup>[4]</sup>。近年来由于近海捕捞强度过大和富营养化现象严重, 发展生态系统水平的低碳化海洋渔业成为中国渔业可持续发展的重要方向<sup>[5,6]</sup>。在中国进出口贸易碳排放总体处于顺差状态下, 中国水产品贸易隐含碳排放状态如何, 主要驱动因素有哪些, 中国如何在保持水

收稿日期: 2017-07-10; 修订日期: 2018-01-05

基金项目: 山东省社会科学规划研究项目(16DJJJ14); 2017年度青岛市社会科学规划研究项目(QDSKL1701012); 山东省社会科学规划研究项目重大理论与实践问题研究专项(18CSJJ01)。

作者简介: 李晨, 女, 山东青岛人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为海洋资源、渔业经济与水产品贸易流通。E-mail: phdlichen@126.com

通讯作者: 邵桂兰, E-mail: shaoguilan@126.com

产品贸易发展的同时逐步减少隐含碳排放,这些问题的研究对中国水产品贸易隐含碳排放责任认定及争取国际气候谈判新话语权具有重要意义。

国内外对贸易隐含碳排放的研究主要从多边和双边角度展开,Odum、Ahmad等、Nakano等基于多边角度对OECD数据库中多个国家的研究指出,应把国际贸易过程中带来的隐含碳排放问题列入考虑,从而提升全球气候协议的减排效果<sup>[7-9]</sup>。从双边角度来看,有关中国与特定贸易伙伴特别是部分发达国家间贸易隐含碳排放的研究较为丰富,门淑莲、Shui等、余慧超等学者的研究均表明,中国对于美国的碳减排所做出的贡献不容忽视,中国有约7%~14%的碳排放是从美国转移过来<sup>[10-12]</sup>。马晶梅等、吴献金等、Liu等、陈楠等对中日贸易的研究表明,中国的碳排放中有一部分是为满足日本消费者的消费需求而产生的,1995年、2000年和2005年,日本向中国转移的碳排放量占中国的3.1%、2.8%和4.3%,主要集中在化工、采掘业等高碳产业以及机械设备制造业等中碳产业<sup>[13-16]</sup>。2004—2007年,欧盟也实现了大规模的碳排放的转移,短短3年间向中国转移的碳排放增加了3491.22万t<sup>[17]</sup>,至2011年向中国转移的碳排放量已达6.4亿t<sup>[10]</sup>,欧盟也成为了中国出口隐含碳排放的主要利益获得者之一。

贸易中的碳排放转移问题普遍存在,发达国家对发展中国家大量的碳排放应负有一定责任,在消费中国等发展中国家商品的同时,发达国家有必要为其中的隐含碳承担相应的义务,实现国家之间在减排问题上权利与义务的统一,因此很多学者对国际贸易中隐含碳排放的责任界定进行研究。李丽平等、闫云凤等都认为不应基于生产基础,而应基于消费基础对国际贸易中的隐含碳排放责任进行认定<sup>[18,19]</sup>。王文举等认为责任单纯由生产者或消费者承担都不是最佳认定方式,应根据隐含碳排放转移分解的各效应不同区别对待<sup>[20]</sup>。张云等建议发展中国家应加强合作,倡导建立新的碳排放责任分担原则及测算指标体系,认为中国作为最大的发展中国家,需转变对外经济发展方式,实现“绿色”贸易发展模式<sup>[3]</sup>,应基于国际贸易隐含碳排放调整的人均累积碳排放作为国际碳排放核算的标准,以在未来的国际气候谈判中更好地维护国家利益<sup>[21]</sup>。

目前对中国贸易隐含碳的研究主要集中在总体规模测算方面,缺少对水产品贸易隐含碳排放的具体研究,但不同行业的资源利用及碳排放情况存在差异,对中国进出口贸易隐含碳排放的影响也不尽相同。因此,本文基于水产品贸易构建MRIO模型,对其隐含碳排放进行测算,并利用LMDI方法对中国水产品贸易隐含碳排放转移的驱动因素进行分解,考察水产品贸易规模效应、贸易结构效应及贸易隐含碳排放强度效应对水产品贸易隐含碳排放的贡献率,为水产品贸易隐含碳排放责任认定及新的碳排放责任分担原则建立提供基础和依据。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 研究方法

#### 2.1.1 贸易隐含碳测算的MRIO模型

MRIO模型(Multi-Region Input-Output Model)在传统投入产出模型基础上,增加了贸易因素。因此,国内最终使用Y可分为国内剩余消费Y<sup>d</sup>与出口Y<sup>ex</sup>两部分,一国的进口一部分用于国内消费,另一部分作为中间投入加工再出口。若A<sup>d</sup>为国内投入的直接消耗系数矩阵,在一个有贸易存在的经济系统中,国内产出X<sup>d</sup>为:

$$X^d = (I - A^d)^{-1} (Y^d + Y^{ex}) \quad (1)$$

根据MRIO模型,将各国的投入产出进行整合,可以得到:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \vdots \\ X_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & \cdots & A_{1m} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & \cdots & A_{2m} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & \cdots & A_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & A_{m3} & \cdots & A_{mm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \vdots \\ X_m \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sum Y_{1j} \\ \sum Y_{2j} \\ \sum Y_{3j} \\ \vdots \\ \sum Y_{mj} \end{pmatrix} \quad (2)$$

公式(2)左边 $m \times 1$ 的矩阵为各国的总产量;等式右边 $m \times m$ 矩阵为各国的投入产出关系,其中对角线上的元素 $A_{ii}$ 代表每一个国家内部的行业投入矩阵,非对角线上元素 $A_{ij}$ 代表各个国家之间的行业投入矩阵;等式右边最后一个 $m \times 1$ 的矩阵代表各国生产供本国最终消费Y<sup>d</sup>以及出口的商品Y<sup>ex</sup>。

根据公式(2)可以得到一国基于生产端和消费端的隐含碳排放CE<sub>i</sub><sup>p</sup>、CE<sub>i</sub><sup>c</sup>:

$$CE_i^p = E_i X_i = E_i (I - A_{ii})^{-1} (Y^d + Y^{ex}) \quad (3)$$

$$CE_i^c = E_i (I - A_{ii})^{-1} Y^d + \sum E_j (I - A_{jj})^{-1} Y^{im} \quad (4)$$

2018年5月

由于基于生产端和消费端的隐含碳排放差额等于出口与进口隐含碳的差额,设 $E_i$ 为一国二氧化碳排放系数,则该国基于国际贸易隐含碳排放转移量为:

$$NCE_i = CE_i^{ex} - CE_i^{im} = CE_i^p - CE_i^c \quad (5)$$

$$= E_i(I - A_{ii})^{-1}Y^{ex} - \sum_j E_j(I - A_{jj})^{-1}Y^{im}$$

### 2.1.2 中国水产品贸易隐含碳排放转移效应分解的LMDI方法

本文采用对数平均迪氏指数法(Logarithmic Mean Divisia Index, LMDI)来分析中国水产品贸易隐含碳排放转移效应。LMDI方法将能源的变化量分解为规模效应、结构效应和强度效应,基于LMDI方法的这一特点,对中国水产品贸易隐含碳排放进行分解,计算规模效应、结构效应和强度效应的贡献值和贡献率。中国水产品进出口贸易隐含碳排放可分解为:

$$CE_{aq}^{ex} = \frac{CE_{aq}^{ex}}{EV} \times \frac{EV}{EV_{aq}} \times EV_{aq} \quad (6)$$

$$CE_{aq}^{im} = \frac{CE_{aq}^{im}}{IV} \times \frac{IV}{IV_{aq}} \times IV_{aq} \quad (7)$$

式中 $CE_{aq}^{ex}$ 、 $CE_{aq}^{im}$ 分别表示水产品出口、进口贸易隐含碳排放量; $EV$ 、 $IV$ 分别表示水产品出口、进口贸易总量; $EV_{aq}$ 、 $IV_{aq}$ 分别表示水产品出口、进口贸易额。同时,用 $EV_{aq}$ 、 $IV_{aq}$ 代表水产品贸易规模特征, $EV/EV_{aq}$ 、 $IV/IV_{aq}$ 代表水产品贸易结构特征,单位贸易量的隐含碳排放 $CE_{aq}^{ex}/EV$ 、 $CE_{aq}^{im}/IV$ 代表水产品贸易隐含碳排放强度。由此将水产品贸易隐含碳排放的驱动因素分解为规模效应、结构效应与强度效应,对进出口隐含碳分别用LMDI的加法形式分解公式如下:

$$\Delta CE_{aq}^{ex} = CE_{aq}^{ex,t} - CE_{aq}^{ex,0}$$

$$= \Delta CE_{EV_{aq}} + \Delta CE_{\frac{EV}{EV_{aq}}} + \Delta CE_{\frac{CE_{aq}^{ex}}{EV}} + \Delta CE_{rsd} \quad (8)$$

$$\Delta CE_{aq}^{im} = CE_{aq}^{im,t} - CE_{aq}^{im,0}$$

$$= \Delta CE_{IV_{aq}} + \Delta CE_{\frac{IV}{IV_{aq}}} + \Delta CE_{\frac{CE_{aq}^{im}}{IV}} + \Delta CE_{rsd} \quad (9)$$

式中 $\Delta CE_{EV_{aq}}$ 、 $\Delta CE_{\frac{EV}{EV_{aq}}}$ 、 $\Delta CE_{\frac{CE_{aq}^{ex}}{EV}}$ 、 $\Delta CE_{IV_{aq}}$ 、 $\Delta CE_{\frac{IV}{IV_{aq}}}$ 、 $\Delta CE_{\frac{CE_{aq}^{im}}{IV}}$ 分别表示各项驱动因素对贸易隐含碳排放的贡献值; $\Delta CE_{rsd}$ 为分解余量; $t$ 期和 $0$ 期分别表示

现期和基期。经计算,若贡献值为正值,则表明对 $\Delta CE_{aq}^{ex}$ 、 $\Delta CE_{aq}^{im}$ 有贡献作用,即对贸易隐含碳排放起到了拉动的作用;反之,若贡献值为负值,则表明对 $\Delta CE_{aq}^{ex}$ 、 $\Delta CE_{aq}^{im}$ 没有贡献作用,即对贸易隐含碳排放起到了抑制的作用。同时,为更清晰地对隐含碳排放进行研究,本文对隐含碳排放驱动因素用LMDI方法进行乘法形式分解,计算各驱动因素的贡献率。贡献率大于1代表拉动作用,小于1代表抑制作用。计算公式如下:

$$CCE_{aq}^{ex} = CE_{aq}^{ex,t} / CE_{aq}^{ex,0}$$

$$= CCE_{EV_{aq}} \times CCE_{\frac{EV}{EV_{aq}}} \times CCE_{\frac{CE_{aq}^{ex}}{EV}} \times CCE_{rsd} \quad (10)$$

$$CCE_{aq}^{im} = CE_{aq}^{im,t} / CE_{aq}^{im,0} =$$

$$= CCE_{IV_{aq}} \times CCE_{\frac{IV}{IV_{aq}}} \times CCE_{\frac{CE_{aq}^{im}}{IV}} \times CCE_{rsd} \quad (11)$$

式中 $CCE_{EV_{aq}}$ 、 $CCE_{\frac{EV}{EV_{aq}}}$ 、 $CCE_{\frac{CE_{aq}^{ex}}{EV}}$ 、 $CCE_{IV_{aq}}$ 、 $CCE_{\frac{IV}{IV_{aq}}}$ 、 $CCE_{\frac{CE_{aq}^{im}}{IV}}$ 分别表示各项驱动因素对贸易隐含碳排放的贡献率, $CCE_{rsd}$ 为分解余量, $t$ 期和 $0$ 期分别表示现期和基期。

### 2.2 数据来源

(1)MRIO模型所需数据包括各国的投入产出数据、中国与其他各国水产品进出口贸易量以及二氧化碳排放系数。本文研究中各国的投入产出数据来自World Input-Output Database(WIOD)<sup>[22]</sup>数据库。所研究的水产品采用Uncomtrade数据库标准国际贸易分类第三次修订版(Standard International Trade Classification SITC Rev.3)进行分类,在此统计口径下,水产品为03类,具体如表1所示,其进出口贸易量来自Uncomtrade数据库<sup>[23]</sup>。

(2)研究所需二氧化碳排放系数 $E_i$ 用公式

$$E_i = \left[ \left( \sum_{g=1}^n CEF_g \times NCV_g \times COF_g \times \varepsilon_{gj} \times D_j \right) / x_j \right] \times (44/12)$$

计算得到,这个公式由于没有考虑到能源的非燃料使用,因而公式测算结果较实际略偏大。其中 $CEF_g$ 为碳排放因子(KJ/kg); $NCV_g$ 为平均低位发热量(kg/GJ); $COF_g$ 为碳氧化因子(缺省值为1); $\varepsilon_{gj}$ 为 $j$ 行业总能源消耗中 $g$ 能源消耗比重; $D_j$ 为 $j$ 行业对燃料的表现消费量; $x_j$ 为 $j$ 行业的总产出。计算中国



表1 标准国际贸易分类下03类水产品的范围(SITC Rev.3)

Table 1 Range of aquatic products under standard international trade classification(SITC Rev.3)

编码	英文产品描述	中文产品描述
034	Fish,fresh,chilled,frozen	鲜的、冷藏或冻藏的鱼
0341	Fish,fresh,chilled,whole	鲜的或冷藏的鱼
0342	Fish,frozen ex.filletts	冻藏鱼
0344	Fish fillets,frozen	冻藏的鱼片
0345	Fish fillets,fish,chilled	鲜的或冷藏鱼片和鲜的、冷藏或冻藏的其他鱼肉
035	Fish,dried,salted,smoked	干制的、盐腌的或烟熏的鱼
0351	Fish,dried,salted	干制的或盐腌的鱼
0352	Fish salted or in brine	盐腌的或盐水渍的鱼
0353	Fish(including fillets),smoked	烟熏的鱼(包括鱼片)
0354	Fish liver and roe,dries,smoked,salted or in brine	干制的、烟熏的、盐腌的或盐水渍的鱼肝和鱼子
0355	Flour,meals and pellets of fish	适于人类食用的鱼的细粉、粗粉和团粒
036	Crustaceans,molluscs etc	甲壳动物、软体动物以及水生无脊椎动物
0361	Crustaceans,frozen	冻藏的甲壳动物
0362	Crustaceans,other than frozen	非冻藏的甲壳动物
0363	Molluscs	软体动物
037	Fish etc.prepared,preserved,nes	鱼、甲壳、软体动物或其他水生无脊椎动物制品
0371	Fish,prepared,preserved,nes	制作或保藏的鱼
0372	Crustacea,molle,prepared,nes	甲壳、软体动物以及水生无脊椎动物制品

二氧化碳排放系数的数据来源于《省级温室气体清单编制指南》<sup>[24]</sup>《中国统计年鉴》<sup>[25]</sup>《中国能源统计年鉴》<sup>[26]</sup>和《2006年IPCC国家温室气体清单指南》<sup>[27]</sup>。

(3)LMDI方法所需数据包括中国水产品进出口贸易隐含碳排放量、中国水产品进出口贸易总量和贸易额,中国水产品进出口贸易隐含碳排放量由本文计算得到,所需水产品进出口贸易数据均来自Uncomtrade数据库<sup>[23]</sup>。

### 3 实证分析

#### 3.1 中国水产品贸易隐含碳排放转移测算与分析

根据《中国能源统计年鉴》<sup>[26]</sup>提供的八种能源分类,利用上文提到的二氧化碳排放系数计算公式,对中国2005—2014年渔业二氧化碳排放系数进行计算。计算中需要的碳排放因子( $CEF_g$ )、平均低位发热量( $NCV_g$ )、碳氧化因子( $COF_g$ )、渔业能源消耗中各能源消耗量和渔业总产出( $x_j$ )的数据整理汇总如表2和表3所示。

中国2005—2014年渔业二氧化碳排放系数计算结果如表4所示,从二氧化碳排放系数表中可以看到,中国渔业二氧化碳排放系数整体呈下降趋势,说明随着国家对环境及能源利用的日趋重视,

二氧化碳排放在一定程度上得到限制。

在计算中国水产品贸易隐含碳排放转移量的过程中,根据公式(5)分别计算出中国水产品出口贸易隐含碳排放量和进口贸易隐含碳排放量。中国水产品出口贸易隐含碳排放量的计算数据来自于表4及WIOD数据库<sup>[22]</sup>。但在计算中国水产品进口贸易隐含碳排放量时,需要获得各贸易伙伴国的投入产出数据和能源消耗情况,由于数据的可获得性以及处理难度较大,大部分研究采用中国的投入产出数据和能源消耗情况予以替代,但这种处理方法误差较大,因此本文没有简单以中国的投入产出数据替代贸易伙伴国,而是选取中国水产品贸易中规模较大的五个贸易伙伴国的投入产出数据进行运算,以减小误差;贸易伙伴国的能源消耗情况由于数据难以获得,本文也采用大多数研究的处理方法,用中国的能源消耗情况进行替代。经计算得到的中国水产品贸易隐含碳排放转移量如表5所示。

从动态变化来看,2005—2014年中国水产品贸易隐含碳排放转移量基本呈现先降后升特点,出口隐含碳排放量与之相似也存在先降后升趋势,进口隐含碳排放量则呈现一个波动的趋势。中国水产

2018年5月

表2 二氧化碳排放系数计算所需数据

Table 2 Data needed for calculation of CO<sub>2</sub> emission factor

能源	碳排放因子 (kg/GJ)	平均低位发 热量/(kJ/kg)	碳氧化 因子	年份	2005—2014年总能源消耗中各能源消耗量/万t									
					2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
原油	20.0	41 816	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
汽油	18.9	43 070	1		159.59	167.75	172.78	160.44	168.06	169.07	185.98	192.86	198.72	216.60
煤油	19.5	43 070	1		1.60	1.54	0.94	1.26	0.76	0.90	1.47	1.19	1.19	0.75
柴油	20.2	42 652	1		1 286.35	1 365.53	1 218.97	1 098.87	1 134.15	1 206.73	1 271.90	1 335.49	1 441.53	1 491.99
燃料油	21.1	41 816	1		0.66	0.69	1.00	1.50	1.05	1.14	1.31	1.97	2.05	1.27
煤炭	26.0	20 908	1		1 802.00	1 871.00	1 957.00	2 023.00	2 081.00	2 147.00	2 207.00	2 266.00	2 451.00	2 579.00
焦炭	29.2	28 435	1		63.00	56.00	57.00	53.00	45.00	47.00	54.00	57.00	69.00	35.00
天然气	15.3	38 931	1		0	0	0	0	0	0.50	0.56	0.64	0.69	0.79

注:表中碳排放因子、平均低位发热量从《省级温室气体清单编制指南》<sup>[24]</sup>中获得,碳氧化因子从《2006年IPCC国家温室气体清单指南》<sup>[27]</sup>获得,2005—2014年总能源消耗中各能源消耗量从《中国能源统计年鉴》<sup>[26]</sup>中获得。

表3 2005—2014年中国水产品产量

Table 3 Aquatic product output of China from 2005 to 2014

(万t)

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
产量	39 450.9	40 810.8	48 893.0	58 002.2	60 361.0	69 319.8	81 303.9	89 453.0	96 995.3	102 226.1

注:表中数据从《中国统计年鉴》<sup>[25]</sup>中获得。

表4 2005—2014年中国渔业二氧化碳排放系数

Table 4 CO<sub>2</sub> emission factor of China's aquaculture from 2005 to 2014(kgCO<sub>2</sub>/万元)

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
CO <sub>2</sub> 排放系数	211.1	213.7	172.8	140.6	138.8	126.2	112.5	106.2	105.7	103.8

表5 2005—2014年水产品贸易隐含碳排放转移量

Table 5 The embodied carbon emissions transfer in aquatic product trade from 2005 to 2014

(万t)

年份	出口隐含碳	进口隐含碳	隐含碳排放转移量
2005	161.18	59.40	101.77
2006	190.91	64.20	126.72
2007	157.80	56.16	101.64
2008	128.38	46.13	82.25
2009	125.20	44.16	81.04
2010	143.50	49.79	93.71
2011	154.59	55.45	99.14
2012	153.94	50.97	102.97
2013	162.60	54.42	108.18
2014	171.94	59.95	111.98

品贸易隐含碳排放转移量从2006年呈现出的最高126.72万t,下降至2009年的81.04万t后持续上升。中国水产品贸易隐含碳排放转移量始终为正

值,即中国始终为水产品贸易隐含碳排放流出国。出口隐含碳排放量从2005年的161.18万t上升至2006年的190.91万t后下降,在2010年后开始增加,到2014年出口隐含碳排放量上升至171.94万t。而进口隐含碳排放量从2005年起的10年间一直在50.00万t上下波动。总的来说,2005—2014年中国水产品出口贸易隐含碳排放量一直大于进口贸易隐含碳排放量,即中国为水产品贸易隐含碳排放的净流出国,也就是说在2005—2014年中国与其他国家进行水产品贸易的过程中,贸易伙伴国获得环境收益。

为了考察中国水产品贸易隐含碳排放的国别流向,本文选择日本、美国、韩国、俄罗斯和加拿大五个水产品主要贸易伙伴国进行研究,近年来中国与这五个贸易伙伴国的水产品贸易量占中国水产品贸易总量的比重近七成,具有较强的代表性,其

他贸易伙伴汇总作为一个虚拟国家进行研究。对中国水产品贸易隐含碳排放量按照日本、美国、韩国、俄罗斯和加拿大五个贸易伙伴进行分解,结果如图1所示。

从中国水产品出口贸易隐含碳排放量来看,近年来中国水产品出口贸易隐含碳排放量集中度比较高,2005年对日本、美国、韩国、俄罗斯和加拿大五个贸易伙伴的水产品出口贸易隐含碳排放量占中国水产品出口贸易隐含碳排放总量的比重高达66.9%,特别是日本、美国和韩国三个水产品出口大国,总比重在五个贸易伙伴国中达63.2%。之后年份比重虽有所下降,但仍呈现集中度较高的态势。具体来看,中国水产品出口美国的隐含碳排放量基本保持在14.3%~17.8%之间,而出口日本与韩国的隐含碳排放量从2005年以来呈现逐年递减的趋势,出口日本的隐含碳排放量从2005年的26.0%下降至2014年的15.6%,10年间下降了10.4个百分点,出口韩国的隐含碳排放量从2005年的20.8%下降至2014年的11.9%,10年间下降了8.9个百分点。出现这一现象的原因主要是日本、韩国对其他国家进口的水产品质量的检验标准越来越高,进口的水产品必须经过严格的检验,水产品进口门槛的提高导致中国与日本、韩国水产品贸易额明显减少。2006年日本相关部门出台了《食品中残留农业化学品肯定列表制度》,对所有的农产品药品残留的规定更加严苛<sup>[28]</sup>,仅在2007年水产品出口贸易隐含碳排放量就下降了7.728万t。

从中国水产品进口贸易隐含碳排放量来看,中

国水产品进口贸易隐含碳排放量集中度也比较高,近年来对日本、美国、韩国、俄罗斯和加拿大五个贸易伙伴的水产品进口贸易隐含碳排放量占中国水产品进口贸易隐含碳排放总量的55.0%以上,在2011年的比重高达67.8%,尤其是从俄罗斯和美国进口水产品的隐含碳排放量一直较高,从俄罗斯进口的隐含碳排放量虽表现逐年下降趋势,但总量依然很大;从美国进口的隐含碳排放量也从2005年的10.8%上升至2014年的17.1%。俄罗斯、美国以其丰富的水产资源,多年来一直为中国水产品进口重要的贸易伙伴,10年间从俄罗斯和美国转移的水产品贸易碳排放占中国水产品进口贸易隐含碳排放的比例在42.8%~53.8%之间。

### 3.2 中国水产品贸易隐含碳排放转移效应分解

中国水产品贸易隐含碳排放转移量较大,呈现先降后升的特点,下面采用LMDI方法从规模效应、结构效应及强度效应三个方面考察主要因素对中国水产品贸易隐含碳排放转移的影响程度。

以2005年为基期,代入前文计算的 $CE_{aq}^{ex}$ 和 $CE_{aq}^{im}$ 值、Uncomtrade数据库中的水产品进出口贸易额 $IV_{aq}$ 和 $EV_{aq}$ 以及进出口贸易总量 $IV$ 和 $EV$ ,可以得到各因素的贡献值和贡献率,结果如表6和表7所示。

中国水产品出口贸易隐含碳排放从2005—2014年增加10.76万t,其中结构效应导致碳排放减少88.49万t,强度效应导致碳排放减少70.88万t,而规模效应导致碳排放增加170.12万t。规模效应对

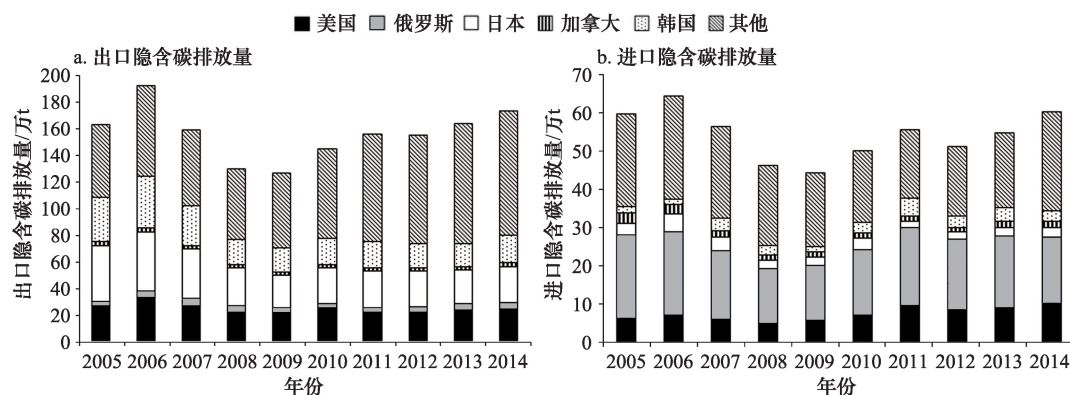


图1 按照贸易伙伴进行分解的进出口隐含碳排放量

Figure 1 The export and import embodied carbon emissions by trading partners

2018年5月

表6 2005—2014年中国水产品出口贸易隐含碳排放各因素分解结果

Table 6 The decomposition results of export embodied carbon emissions in China's aquatic product trade from 2005 to 2014

年份	贡献值/万 t					贡献率		
	规模效应	结构效应	强度效应	逐年总效应	累积总效应	规模效应	结构效应	强度效应
2006	30.77	-3.07	2.04	29.74	29.74	1.191	0.983	1.012
2007	32.86	-5.56	-30.68	-33.11	-3.37	1.229	0.966	0.825
2008	42.52	-22.85	-52.47	-29.43	-32.80	1.343	0.853	0.695
2009	43.90	-24.54	-55.34	-3.18	-35.98	1.361	0.842	0.678
2010	85.77	-44.88	-58.57	18.30	-17.67	1.757	0.745	0.681
2011	128.65	-61.56	-73.68	11.09	-6.59	2.259	0.677	0.627
2012	138.74	-75.48	-70.50	-0.65	-7.24	2.413	0.619	0.639
2013	153.88	-82.23	-70.23	8.66	1.42	2.587	0.602	0.648
2014	170.12	-88.49	-70.88	9.34	10.76	2.778	0.588	0.653

表7 2005—2014年中国水产品进口贸易隐含碳排放各因素分解结果

Table 7 The decomposition results of import embodied carbon emissions in China's aquatic product trade from 2005 to 2014

年份	贡献值/万 t					贡献率		
	规模效应	结构效应	强度效应	逐年总效应	累积总效应	规模效应	结构效应	强度效应
2006	5.78	1.31	-2.30	4.79	4.79	1.098	1.021	0.963
2007	10.82	-0.16	-13.90	-8.04	-3.24	1.206	0.997	0.786
2008	13.12	-3.06	-23.33	-10.03	-13.28	1.284	0.943	0.641
2009	11.81	-4.82	-22.24	-1.97	-15.25	1.258	0.910	0.649
2010	23.34	-9.66	-23.29	5.63	-9.61	1.535	0.837	0.652
2011	39.84	-20.43	-23.36	5.66	-3.96	2.002	0.700	0.666
2012	37.31	-22.51	-23.25	-4.48	-8.44	1.969	0.665	0.656
2013	43.55	-23.42	-25.12	3.45	-4.99	2.150	0.663	0.643
2014	51.61	-28.24	-22.83	5.54	0.55	2.375	0.623	0.682

中国水产品出口贸易隐含碳排放的影响最大,水产品出口贸易规模的扩张对中国水产品出口贸易隐含碳的排放也起到较强的拉动作用,贡献率一直呈现大于1的特征,并且自2005年以来快速上升,说明水产品出口贸易规模的不断扩大,为水产品出口贸易隐含碳排放带来了很强的增长趋势,这意味着随着水产品出口的持续增长,降低水产品出口贸易隐含碳排放总量存在一定的困难。结构效应对中国水产品出口贸易隐含碳的排放具有抑制作用,贡献率自2005年以来持续下降,说明水产品贸易结构对中国水产品出口贸易隐含碳排放的抑制作用在逐步增强,若通过采取进一步进行水产品的精深加工,提高出口产品的附加值等措施优化水产品出口贸易结构,可有效降低中国水产品出口贸易隐含碳排放量。强度效应对中国水产品出口贸易隐含碳

排放也起到抑制的作用,10年来抑制作用从无到有,从小到大,说明水产品出口贸易隐含碳排放强度的降低可以有效地抑制出口贸易隐含碳排放的增长,尽管水产品出口贸易规模的不断扩大导致水产品出口贸易隐含碳排放的增长,但水产品出口贸易隐含碳排放强度的抑制作用可以有效避免水产品出口贸易隐含碳排放与水产品出口贸易规模的同速率扩大。

从中国水产品进口贸易隐含碳排放各因素的分解结果中可以看到,规模效应、结构效应和强度效应对中国水产品进口贸易隐含碳排放的影响与对出口贸易隐含碳排放的影响相同。规模效应对中国水产品进口贸易隐含碳排放具有拉动作用,且拉动作用基本呈现逐年增强趋势,在2011年、2013年和2014年规模效应的贡献率均超过2。结构效应



对中国水产品进口贸易隐含碳排放基本表现抑制作用,并且自2007年表现抑制作用起抑制作用逐年增强。强度效应对中国水产品进口贸易隐含碳排放同样表现抑制作用。由于进口水产品会有隐含碳的排放,因此增加水产品进口贸易隐含碳排放可以使国内隐含碳排放转移量减少,但全球碳排放仍在不断增加,降低中国水产品进口贸易隐含碳排放量也是我们需要努力的方向。

## 4 结论

本文运用MRIO模型测算了2005—2014年中国水产品贸易隐含碳排放,并构建中国水产品贸易隐含碳排放转移效应研究的LMDI模型,从规模效应、结构效应以及强度效应三方面探究水产品贸易隐含碳排放转移效应。主要研究结论如下:

(1)2005年至2014年,中国水产品出口隐含碳排放量均大于进口隐含碳排放量,中国一直是水产品贸易隐含碳排放净流出,贸易伙伴国获得大量环境收益。而且水产品贸易隐含碳排放转移量总体呈现先降后升特征,说明近年来贸易伙伴国从中获得的环境收益逐渐增加。

(2)在中国水产品出口贸易隐含碳排放方面,水产品出口贸易规模对中国出口贸易隐含碳排放的影响最大,起到了很强的拉动作用;水产品出口贸易结构的优化对中国出口贸易隐含碳排放起到了抑制的作用,且抑制作用逐年增强;水产品出口贸易隐含碳排放强度也表现出抑制作用。这说明在水产品出口贸易规模持续扩大的情况下,出口贸易结构的优化以及碳排放强度的降低,可以抑制中国水产品出口贸易隐含碳排放量的增加。

(3)在中国水产品进口贸易隐含碳排放方面,水产品进口贸易规模对中国水产品进口贸易隐含碳排放具有拉动作用,水产品进口贸易结构和进口贸易碳排放强度对进口贸易隐含碳排放具有抑制作用。水产品进口贸易隐含碳排放的增加可以使国内隐含碳排放转移量减少,从而增加中国在水产品贸易中的贸易利得。

因此,作为海洋与渔业大国,未来中国要将降低碳排放强度、优化水产品贸易结构作为减少水产品贸易隐含碳排放的重要途径,要通过大力发展渔业低碳技术和提高渔业生态效率以降低水产品贸

易隐含碳排放强度;通过海洋生态系统的整体构建,推进海洋牧场、立体养殖等现代渔业生态养殖方式发展,逐步发挥海洋渔业的固碳减碳功能;同时从低碳渔业视角优化水产品贸易结构,提高行业能源利用效率,进一步减少中国水产品贸易隐含碳排放,从而提升中国在国际气候谈判中的话语权。

## 参考文献(References):

- [1] 胡剑波,郭风.中国进出口产品部门隐含碳排放测算—基于2002—2012年非竞争型投入产出数据的分析[J].商业研究,2017,59(5):49-57. [Hu J B, Guo F. Measurement of embodied carbon emissions in China's import and export product sectors—an analysis based on non-competitive input-output data from 2002 to 2012[J]. *Commercial Research*, 2017, 59(5): 49-57.]
- [2] 盛仲麟,何维达.中国进出口贸易中的隐含碳排放研究[J].经济问题探索,2016,(9):110-116. [Sheng Z L, He W D. Embodied carbon emissions in China's foreign trade[J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2016, (9): 110-116.]
- [3] 张云,唐海燕.中国贸易隐含碳排放与责任分担:产业链视角下实例测算[J].国际贸易问题,2015,(4):148-156. [Zhang Y, Tang H Y. Research on China's CO<sub>2</sub> emissions embodied in trading and responsibility sharing: an example measurement from perspective of industrial chain [J]. *Journal of International Trade*, 2015, (4): 148-156.]
- [4] 唐启升.碳汇渔业与海水养殖业—战略性新兴产业[EB/OL]. (2010-09-08)[2017-07-10]. [http://www.360doc.com/content/10/0908/12/330538\\_52080847.shtml](http://www.360doc.com/content/10/0908/12/330538_52080847.shtml). [Tang Q S. Fisheries Carbon Sequestration and Marine Aquaculture—Strategic Emerging Industries[EB/OL]. (2010-09-08) [2017-07-10]. [http://www.360doc.com/content/10/0908/12/330538\\_52080847.shtml](http://www.360doc.com/content/10/0908/12/330538_52080847.shtml).]
- [5] 张显良.碳汇渔业与渔业低碳技术展望[J].中国水产,2011,(5):8-11. [Zhang X L. The prospect of fisheries carbon sequestration and fishery low-carbon technology[J]. *China Fisheries*, 2011, (5): 8-11.]
- [6] 李纯厚,齐占会,黄洪辉,等.海洋碳汇研究进展及南海碳汇渔业发展方向探讨[J].南方水产,2010,(6):81-86. [Li C H, Qi Z H, Huang H H, et al. Review on marine carbon sink and development of carbon sink fisheries in South China Sea [J]. *South China Fisheries Science*, 2010, (6): 81-86.]
- [7] Odum H T. Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making [M]. New York: John&Wiley, 1996.
- [8] Ahmad N, Wyckoff A. Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods[J]. *Oecd Science Technology & Industry Working Papers*, 2003, 25(4): 1-22.
- [9] Nakano S, Okamura A, Sakurai N, et al. The Measurement of CO<sub>2</sub> Embodiments in International Trade: evidence from the Har-



2018年5月

- nized Input-Output and Bilateral Trade Database[R]. Paris: OECD, STIW working Paper, 2009.
- [10] 门淑莲. 中国对外贸易中的碳排放转移及其应对之策[J]. 国际融资, 2014, (2): 54-58. [Men S L. Analysis and countermeasures on carbon transfer emissions in China's foreign trade[J]. *International Financing*, 2014, (2): 54-58.]
- [11] Shui B, Harriss R C. The role of CO<sub>2</sub> embodiment in US-China trade[J]. *Energy Policy*, 2006, 34(18): 4063-4068.
- [12] 余慧超, 王礼茂. 中美商品贸易的碳排放转移研究[J]. 自然资源学报, 2009, (10): 1837-1846. [Yu H C, Wang L M. Carbon emission transfer by international trade: taking the case of Sino-U. S. Merchandise trade as an example[J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, (10): 1837-1846.]
- [13] 马晶梅, 王新影, 贾红宇. 中日贸易隐含碳失衡研究[J]. 资源科学, 2016, 38(3): 523-533. [Ma J M, Wang X Y, Jia H Y. Imbalance in the carbon emissions embodied in Sino-Japan trade[J]. *Resources Science*, 2016, 38(3): 523-533.]
- [14] 吴献金, 李妍芳. 中日贸易对碳排放转移的影响研究[J]. 资源科学, 2012, 34(2): 301-308. [Wu X J, Li Y F. Effects of carbon emissions transfer in China-Japan trade[J]. *Resources Science*, 2012, 34(2): 301-308.]
- [15] Dong Y, Ishikawa M, Liu X, et al. An analysis of the driving forces of CO<sub>2</sub> emissions embodied in Japan-China trade[J]. *Energy Policy*, 2010, 38(11): 6784-6792.
- [16] 陈楠, 刘学敏, 长谷部勇一. 中日产业转移及贸易隐含碳的影响因素-基于垂直专业化分工的研究视角[J]. 科技管理研究, 2016, 36(15): 236-241. [Chen N, Liu X M, Chang G B Y Y. Industry transfer and driving facts of trade embodied carbon in China-Japan-based on vertical specialization[J]. *Science and Technology Management Research*, 2016, 36(15): 236-241.]
- [17] 庞军, 张浚哲. 中欧贸易隐含碳排放及其影响因素-基于MRIO模型和LMDI方法的分析[J]. 国际经贸探索, 2014, 30(11): 51-65. [Pang J, Zhang J Z. Carbon emissions embodied in Sino-EU trade and the influence factors: an analysis based on MRIO model and LMDI method[J]. *International Economics and Trade Research*, 2014, 30(11): 51-65.]
- [18] 李丽平, 任勇, 田春秀. 国际贸易视角下的中国碳排放责任分析[J]. 环境保护, 2008, (6): 62-64. [Li L P, Ren Y, Tian C X. Analysis on responsibility of China carbon emissions from perspective of international trade[J]. *Environmental Protection*, 2008, (6): 62-64.]
- [19] 闫云凤, 赵忠秀. 中国对外贸易隐含碳的测度研究-基于碳排放责任界定的视角[J]. 国际贸易问题, 2012, (1): 131-142. [Yan Y F, Zhao Z X. CO<sub>2</sub> emissions embodied in China's international trade: a perspective of allocating international responsibilities[J]. *Journal of International Trade*, 2012, (1): 131-142.]
- [20] 王文举, 向其凤. 国际贸易中的隐含碳排放核算及责任分配[J]. 中国工业经济, 2011, (10): 56-64. [Wang W J, Xiang Q F. Accounting and responsibility analysis on carbon emissions embodied in international trade[J]. *China Industrial Economics*, 2011, (10): 56-64.]
- [21] 王文举, 李峰. 国际碳排放核算标准选择的公平性研究[J]. 中国工业经济, 2013, (3): 59-71. [Wang W J, Li F. Fairness in the selection of international carbon emissions accounting standards[J]. *China Industrial Economics*, 2013, (3): 59-71.]
- [22] World Input-Output Database. National Input-Output Tables [EB/OL]. <http://www.wiod.org/database/wiots13>.
- [23] UN Comtrade Database. Trade Statistics[EB/OL]. <https://comtrade.un.org/data>.
- [24] 国家发展和改革委员会气候办. 省级温室气体清单编制指南([2011]1041号)[EB/OL]. (2011-05)[2017-06-09]. <https://wenku.baidu.com/view/c28d051b52d380eb62946df5.html>. [The National Development and Reform Commission on Climate. Provincial Greenhouse Gas List Preparation Guidelines(NO. [2011]1041)[EB/OL]. (2011-05)[2017-06-09]. <https://wenku.baidu.com/view/c28d051b52d380eb62946df5.html>.]
- [25] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2015. [National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006-2015.]
- [26] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2015. [Department of Energy Statistics, National Bureau of Statistics. China Energy Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006-2015.]
- [27] Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC). Climate Change 2006: Synthesis Report[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [28] 梁晓. 肯定列表制度对中国输日水产品贸易的影响及对策研究[D]. 中国海洋大学, 2010. [Liang X. The Research on the Impact of Positive List System to China's Export of Aquatic Products to Japan and Countermeasures[D]. Ocean University of China, 2010.]

## Embodied carbon emissions transfer in China aquatic product trade based on MRIO modeling and LMDI methods

LI Chen<sup>1,2</sup>, CONG Rui<sup>1</sup>, SHAO Gui Lan<sup>1</sup>

(1. School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2. Institute of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** With increasing international trade, embodied carbon emissions are growing. International trade is no longer a purely economic activity and has become an important way for embodied carbon emission transfer. The embodied carbon emissions in international trade have also become an important issue in global climate change negotiations. Based on the MRIO model, we calculated embodied carbon emission transfer in China's aquatic product trade from 2005 to 2014. We adopted the LMDI method to decompose the effect and explore causes of embodied carbon emission transfer in the aquatic product trade from the effect of scale, structure and intensity. We found that the embodied carbon emissions transfer decreased and then increased in China. China has always been the net exporter of embodied carbon emissions in aquatic product trade. Among influencing factors of embodied carbon emissions in aquatic product trade, the scale effect has a positive effect. Structure and intensity effects have negative effects. Therefore, China should reduce the intensity of carbon emissions and optimize the trade structure of aquatic products as an important way to reduce embodied carbon emissions in the trade of aquatic products, and should improve fishery ecological efficiency and develop low-carbon technology to reduce embodied carbon emission intensity. Across whole marine ecological system construction China should promote the development of marine ranching, farming and other modern three-dimensional fishery ecological culture modes. At the same time, China should optimize the trade structure of aquatic products from the perspective of low-carbon fisheries and improve the utilization efficiency of the energy industry to further reduce embodied carbon emissions transfer in its aquatic product trade. These measures will enhance discourse and rights in international climate negotiations.

**Key words:** aquatic product trade; embodied carbon emissions; MRIO model; LMDI method