J. Korea Saf. Manag. Sci. Vol. 18 No. 4 December 2016
http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2016.18.4.39

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

두만강지역 경제성장과 물류업탄소배출의 관계분석

지 택 항* · 이 광 수* · 이 용 진**
*연변대학교 경제관리학원 · **홍익대학교 국제경영(중국, 일본)학과

A study on the relationship between economic growth and carbon emission of logistics industry in Tumen River region

Chi zehang* · Li Guangzhu* · Li Longzhen**
*Economics Management College, Yanbian University
**College of Business Management, Hongik University

Abstract

In this paper, the relationship between energy consumption in the logistics industry and economic growth of Tumen River region from 1995 to 2014 is empirically analyzed by using the EKC model theory. The results show that there is a turning point in the Kuznets curve of carbon emission in TumenRiverregion. And it has the characteristic sof "invertedU" curve, which conforms to the environmental Kuznets curve hypothesis. Meanwhile it is stil lintherisingstage. According to the analysis results, it is proposed to set up the concept of low carbon logistics, optimize the energy structure, strengthen the information construction, and establish low-carbon development mechanism and so on.
Keywords: Carbon emissions, the EKC Curve, Low Carbon Logistics

1. 서 론

최근 글로벌 산업화의 가속화로 인해 온실 가스 배출이 증가하고, 에너지의 과소모현상이 심화되고 있다. 글로벌 온실 가스 배출 중, 이산화탄소의 배출이 가장 큰 비중을 차지한다. 그중 화석 연료사용에 따라 배출되는 이산화탄소의 량은 인류활동에 따른 이산화탄소 배출량의 80% 이상을 차지하고 있다. 기후변화와 관련된 전 지구적 위험을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 설립된 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)는 각국 정부의 강력한 탄소배출감축을 강조하고 있다.

중국은 지난 20년간 급속한 경제발전에 따라 온실 탄소 배출량이 가장 많은 나라로 되었다. 따라서 중국 정부는 에너지 절약 및 탄소 배출감소를 국가의 중요한 발전 전략으로, 중앙정부와 각 지방정부(성, 자치구, 광역도시 등)는 저탄소 발전 전략의 탐색과 실행에 주목하고 있다. 그러나 중국의 탄소배출에 관한 연구는 급속하게 이뤄지고 있으나 지역적인 발전전략에 활용할 검증된 이론이 상대적으로 많이 이뤄지지 않은 것이 현실이다.

지역의 경제성장과 탄소배출간의 관계에 관한 이론을 살펴보면 경제성장과 환경오염간의 관계를 연구한 Grossman & Krueger(1991)의 EKC(Environmental Kuznets Curve)이론이 많은 실증적인 연구가 이뤄져 왔으며, 이에 기반하여 2008년 Wagner가 제기한 탄소 EKC 즉 CKC(Carbon Kuznets Curve)가 최근의 연구이슈로 주목되고 있다. 현재까지의 연구를 살펴보면 CKC가설은 연구자와 지역 및 산업에 따라 상이한

†Corresponding Author : Li Guangzhu, Economics Management College, Yanbian University
E-mail:gzli@ybu.edu.cn
Received October 20, 2016; Revision Received December 01, 2016; Accepted December 15, 2016.

결과를 제시하고 있다. 예를 들면 Apergis & Payne(2009), Ang(2007), Jalil & Mahmud(2009)의 연구는 CKC가 입증되나 Martinez & Bengochea(2004), Wagner(2008)의 연구는 CKC가 입증되지 않고 있다.

중국의 산업 중, 물류업은 국민경제발전의 새로운 경제 성장점이며 생산성적 서비스업의 중요한 구성부분이다. 물류업은 탄소를 배출하는 주요 산업중의 하나이면서 또한 저탄소경제발전을 실현하는 주요 산업중의 하나이다. 이러한 특징으로 물류업은 저탄소경제를 발전시킴에 있어서 중요한 의미를 가지고 있다.

현재까지 중국의 CKC연구를 살펴보면 중국의 물류업에 CKC가설이 성립되는지에 대한 명확한 결론이 이뤄지지 않았다. 그 이유중의 하나는 중국의 물류업 발전이 지역과 지역사이에 큰 차이가 존재하는것과 관련된다. 이와 관련하여 党士超·杨建州(2014)는 중국 각성의 EKC에 대한 연구를 통해 각 성시의 CKC형태가 상이한것을 발견하고 연구에서 지역적인 범위가 너무 크면 연구 결과에 대한 해석이 제한된다는 것을 주장하였다. 그리고 许广月·宋德勇(2010)의 중국 CKC연구에 의하면 중국의 동부지역은 CKC가설이 성립되지만 서부지역은 CKC가설이 성립되지 않았다. 따라서 특정 지역에 대한 좀 더 심도있는 연구는 이러한 단점을 피할수 있다고 주장할 수 있다. 이러한 주장에 기반하여 본 연구는 두만강 지역을 연구대상으로, 두만강 지역의 물류업에서 CKC가설을 검증하고, 연구의 결과에 따라 정책성적인 건의를 제기하고자 한다.

2. 두만강지역 물류업 탄소 배출 현황 분석

두만강 지역의 물류업은 2009년 중국국무원의 "중국두만강지역합작개발기획강요-창지투개발개방선도구" 의 정책적인 지원으로 지역경제의 급속한 발전과 함께 빠르게 성장되고 있다. 이러한 물류업의 급속한 발전은 탄소배출을 포함한 환경문제를 발생시키고 있다. 특히 두만강지역 물류기업들의 규모가 작고 장기적인 전략보다는 단기간 큰 이익이라는 마인드가 자원낭비, 환경파괴 등의 심각한 환경문제를 조성하고 있다.

2.1 탄소 배출량 추산 방법

현재 중국은 탄소배출에 대한 표준화된 모니터링시스템이 갖추어져 있지 않다. IPCC의 평가 보고서에 의하면 탄소배출은 주로 화석 연료의 연소에 의해 발생한다. 이에 따라 본 연구는 에너지 종류의 소비량을 각자의 기준탄계수, 각자의 탄소 배출계수를 곱해 물류업의 탄소 배출량을 계산하였다. 구체적인 공식은 다음(1)과 같다.

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \delta\theta E_i \qquad (1)$$

C: 총 탄소 배출량;

i: i번째 에너지;

C_i i번째 에너지의 탄소 배출;

δ_i :i번째 에너지의 탄소 배출계수단위 에너지 소모에 배출된 탄소량 (<Table 1>);

θ_i :i번째 에너지의 기준탄계수 (<Table 2>), 단위에너지가 기준탄으로 환산한 량;

E_i :i번째 에너지 소모량

<Table 1> All kinds of energy carbon emission coefficient unit: tons of carbon / ton of standard coal

Ener-gy	Raw Coal	Gaso line	Kero sene	Heav y Oil	Bunk er Oil	Liquefi-ed Petrol eum Gas	Natura l Gas	Elect ricity
Coef ficie nt	0.75 59	0.55 38	0.57 14	0.58 21	0.61 85	0.5042	0.4438	2.2132

Data source: IPCC (2006)
< National greenhouse gas emission inventory Guide >

<Table 2> Standard coal reference: coefficient of all kinds of energy

Name	Standard Coal Reference
Raw Coal	0.7143
Gasoline	1.4714
Kerosene	1.4714
Heavy Oil	1.4571
Bunker Oil	1.4286
Liquefied Petroleum Gas	1.7143
Natural Gas	1.3300 kg/M3
Electricity	0.1229 kg/kw

Data source: China Statistics Press
< China energy statistical yearbook >,

2.2 에너지 소비상황과 탄소 배출량의 추산과 분석

길림성은 두만강 개발사업의 핵심지역으로서 중국의 자동차, 석유화학, 광전자 등 산업의 중요한 기지이다. 또한 창지투 개발개방 사업의 전역을 포함하고 있으며 동시에 중국동북구공업기지를 진흥시키는 전략의 중요

한 구성 부분이기도 하다. 이에 따라 본 연구는 두만강 지역의 연구를 길림성의 데이터로 활용하였다. 현재까지 중국의 물류업에 대한 지표적 체계와 통계 정산방법이 수립되지 않았기에, 본 연구는 길림성 통계국의 교통운수업, 창고업과 우정업의 데이터로 물류업의 데이터로 대용하였다.

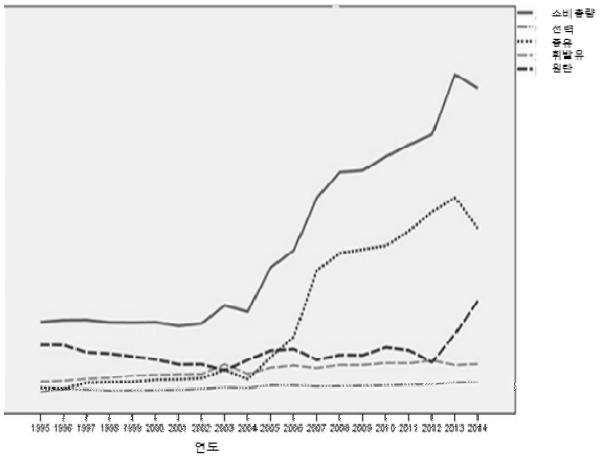
본 연구의 데이터는 1996-2015년의 관련된 통계연감의 데이터를 계산하여 얻은 것이다. 구체적인 에너지 소비 데이터는 《길림성 통계연감》 종합에너지대조표, 석유대조표, 석탄대조표, 전력대조표에서 통계하였고 각 품종별 에너지 소비량은 1995-2014 《중국 에너지 연감》을 참고하여 통계하였다. 마지막에 각 에너지에 대한 기준탄계수에 따라 길림성 물류의 에너지 소비 상황을 계산하였다 (<Table 3>, [Figure 1]).

<Table 3> 1995-2014 logistics industry energy consumption in Jilin province (unit: million tons of standard coal)

Year	Raw Coal	Gasoline	Kerosene	Heavy Oil	Natural Gas	Electricity	Total amount of Consumption
1995	93.89	23.29	3.31	11.21	0.00	2.31	137.46
1996	93.78	25.18	3.72	8.87	0.00	8.87	141.04
1997	79.82	29.03	3.88	21.00	0.00	7.79	141.52
1998	77.33	31.27	0.00	22.60	0.00	5.52	136.72
1999	71.81	35.33	0.00	22.92	0.00	6.27	136.32
2000	66.39	37.01	0.00	27.29	0.00	6.50	137.19
2001	56.86	38.29	0.00	27.87	0.00	7.02	130.04
2002	57.03	38.39	0.00	30.42	0.00	8.85	134.69
2003	45.42	56.94	7.56	46.93	0.00	12.13	168.99
2004	65.34	38.87	13.6	28.62	0.00	10.62	157.04
2005	83.06	50.63	21.1	70.83	0.00	15.95	241.57
2006	85.92	54.87	7.65	109.59	0.00	15.90	273.93
2007	65.54	49.87	8.83	235.92	0.00	13.70	373.86
2008	74.75	55.94	9.15	268.30	0.00	14.22	422.36
2009	74.32	55.81	0.35	275.68	4.95	14.85	425.96
2010	89.50	59.49	0.34	282.76	4.02	15.68	452.38
2011	83.55	59.25	0.34	310.97	2.69	17.13	474.49
2012	60.94	64.02	0.37	347.63	2.95	17.78	494.27
2013	115.1	55.69	0.37	374.10	2.97	21.42	607.87
2014	178.3	57.47	0.37	315.21	0.05	21.96	582.17

Data source: according to the statistical yearbook of Jilin province in 1995-2014

<Table 3>와 [Figure 1]에서 1995년부터 2014년까지 두만강 지역 물류산업의 에너지 소비량은 증가하는 추세를 보이고 있는데, 그 소비 상황은 다음의 3단계로 나뉠 수 있다. 1단계는 1995년부터 2004년까지 년평균증가율이 1.85%로써 물류산업의 에너지 소비량의 평온기라 할수 있겠다.



[Figure 1] Time sequence diagramof a variety of energy and total consumption

2단계는 2005년부터 2008년까지 고속성장기이며 이 단계중 물류산업의 에너지 소비량의 증가폭은 매우 뚜렷하다. 2005년의 에너지 소비량은 241.57만톤으로써 2004년보다 84.53만톤보다 증가하였으며 2008년에는 422.36만톤에 달하였으며 년평균증가량이 66.33만톤으로써 년평균증가율이 29.17%로써 1단계의 16배에 달한다. 3단계는 2009년부터 2014년까지인데 이 시기의 년평균증가율은 5%수준으로써 2단계보다 증가폭이 뚜렷하게 줄어든 것을 확인 할 수 있다.

또한 각종 에너지 소비량도 비교적 큰 차이점이 존재하는 것을 발견할 수 있다. 전력과 휘발유의 소비량은 상대적으로 안정된 수준을 유지하고 있으며 낮은 성장률을 보이고 있다. 중유와 원탄의 보유량의 변화가 주로 두만강지역의 에너지 소비량의 추세에 많은 영향을 주었다고 할 수 있다. 1단계에서 중유와 원탄의 소비량은 큰 변화를 보이지 않고 있었는데 2단계,3단계에 이르러 중유의 소비량은 대폭적으로 증가하였고 원탄도 1단계에 비해서 큰 변화추세를 보였다. 또한 중유와 원탄이 동시에 증가하는 년도는 에너지소비총량이 고속으로 증가하는 해임을 알수 있는데 이는 중요와 원탄이 물류업의 주요한 에너지원이라는 사실을 반영한다.

탄소 배출공식 $C = \sum_i C_i = \sum_i \delta\theta E_i$ 에 따라, 길림성 물류 1995-2014년의 탄소 배출량을 계산하고, 또한 이에 따라 두만강 지역 탄소 배출량 변화 상황을 표시하였다 (<Table 4>, [Figure 2]).

<Table 4> Total amount of energy consumption and carbon emission in Jilin Province

Year	Total amount of energy	Total amount of carbon emission
1995	137.46	99.54
1996	141.04	112.14
1997	141.52	108.10
1998	136.72	101.14
1999	136.32	101.06
2000	137.19	100.96
2001	130.04	95.94
2002	134.69	101.66
2003	168.99	124.36
2004	157.04	118.84
2005	241.57	179.42
2006	273.93	198.69
2007	373.86	249.86
2008	422.36	280.36
2009	425.96	282.82
2010	452.38	302.18
2011	474.49	316.57
2012	494.27	325.05
2013	607.87	413.22
2014	582.17	404.21

<Table 4>를 살펴볼 때 두만강 지역의 1995-2004년간 물류 산업의 탄소 배출은 3단계로 구분할 수 있다. 1단계는 1995년부터 2014년이다. 이 단계에서 물류 산업 탄소 배출량은 안정적이며 연평균증가율은 2%정도의 낮은 수준을 유지하고 있다. 2단계는 2005년부터 2008년까지 고속발전단계인데 이 단계의 탄소 배출 연평균증가량은 40만톤좌우이며 연평균증가율은 24.95%에 달한다. 3단계는 2009년부터 2014년까지인데 년평균증가율은 6%수준으로써 탄소배출량의 증가속도가 2단계에 비해서는 약화추세를 보이고 있다.

3. 두만강지역 물류업성장 및 탄소배출 관계 분석

3.1 EKC이론 및 두만강 지역 물류 탄소 배출 Kuznets 모델의 수립

본 연구는 길림성 물류 탄소 배출량과 길림성 1인당 GDP 두개의 변수을 사용하여 두만강 지역 물류 탄소 배출량을 연구하였다. 두만강 지역 물류 탄소 배출과 두만강 지역 1인당 GDP의 관계가 확정되지 않았기에, 선행 연구를 기준으로, 두만강 지역 물류업 탄소 배출량과 두만강 지역 1인당 GDP사이의 3차 곡선 방정식을 아래 식 (2)와 같이 가정하였다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \varepsilon \quad (2)$$

(2)중Y는 두만강 지역 물류의 탄소 배출량, X는 두만강 지역 1인당 GDP, β_0 , β_1 , β_2 , β_3 는 모델의 파라미터, ε 는 확률 오차계수이다. 두만강 지역 물류 탄소 배출과 1인당 GDP의 관계는 모델 파라미터 β_0 , β_1 , β_2 와 β_3 의 수치로 반영한다. 구체적인 상황은 아래와 같다:

1.만약 $\beta_1 \neq 0$, $\beta_2 = 0$, $\beta_3 = 0$, 두만강 지역 물류 탄소 배출량과 두만강 지역 1인당 GDP는 선형 관계이다.

2.만약 $\beta_1 > 0$, $\beta_2 > 0$, $\beta_3 = 0$, 두만강 지역 물류 탄소 배출량과 두만강 지역 1인당 GDP는 "U자" 형 관계이다.

3.만약 $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 = 0$,두만강 지역 물류 탄소 배출량과 두만강 지역 1인당 GDP는 "역 U자" 형 관계이다.

4.만약 $\beta_1 \neq 0$, $\beta_2 \neq 0$, $\beta_3 \neq 0$,두만강 지역 물류 탄소 배출량과 두만강 지역 1인당 GDP는 3차곡선관계이다.

<Table 5> Related data of per capita GDP and carbon emission in Jilin Province during 1995-2014

Year	1995	1996	1997	1998	1999
LRGDP	8.38981	8.55217	8.62891	8.69668	8.76124
TPF	99.54	112.14	108.10	101.14	101.06
Year	2000	2001	2002	2003	2004
LRGDP	8.90259	8.97373	9.07269	9.19563	9.35331
TPF	100.96	95.94	101.66	124.36	118.84
Year	2005	2006	2007	2008	2009
LRGDP	9.49912	9.66269	9.87215	10.06565	10.18848
TPF	179.42	198.69	249.86	280.36	282.82
Year	2010	2011	2012	2013	2014
LRGDP	10.36088	10.55737	10.67856	10.76697	10.82297
TPF	302.18	316.57	325.05	413.22	404.21

3.2 데이터 검증

본 연구에서 사용하는 데이터가 더욱 진실하고 객관

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

성을 지니기 위하여 본문에서는 1인당 GDP를 사용할 때 인플레이션의 영향을 제거한 것을 실제 GDP로 계산에 활용하였고 또한 중국 경제의 발전의 빠른 성장을 감안하여 데이터의 변화폭이 너무 큰 것을 방지하기 위하여 1인당 GDP를 자연로그 처리를 하여 시계열 LRGDP를 생성하였다 (<Table 5>참조).

본 연구에서 사용한 데이터가 가지는 특성을 분석하기 위하여 확장된 ADF검증을 하기 위하여 Trend and Intercept 모형으로 시계열들이 단위근을 가지고 있는지를 분석하였다. Eviews 7.2를 사용하여 분석결과 LRGDP와 TPF는 모두 단위근을 가지고 있었고 따라서 1차차분 단위근 검증을 하였다
([Figure 2], [Figure 3], [Figure 4], [Figure 5]).

Null Hypothesis: LRGDP has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-0.330682	0.9799
Test critical values:	1% level	-4.728363	
	5% level	-3.759743	
	10% level	-3.324976	

[Figure 2] Per capita GDP original sequence unit root test results

Null Hypothesis: TPF has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=4)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.709566	0.7068
Test critical values:	1% level	-4.532598	
	5% level	-3.673616	
	10% level	-3.277364	

[Figure 3] Carbon emission original sequence unit root test results

Null Hypothesis: D(LRGDP) has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-4.261172	0.0237
Test critical values:	1% level	-4.800080	
	5% level	-3.791172	
	10% level	-3.342253	

[Figure 4] Per capita GDP first order difference sequence unit root stability

Null Hypothesis: D(TPF) has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 4 (Automatic - based on SIC, maxlag=4)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.853245	0.0454
Test critical values:	1% level	-4.800080	
	5% level	-3.791172	
	10% level	-3.342253	

[Figure 5] Carbon emission first order difference sequence unit root stability test

1차 차분후의 1인당 GDP와 탄소배출량 계열은 5%의 수준에서 원 가설을 거절하였으며 양자의 유의확률도 모두 5%수준에서 유의하다. 따라서 LRGDP와 TPF는 모두 5%유의수준에서 공적분되어있다. 그리고 자기상관 검증을 진행한 결과 모두 공적분되어 있음을 확인할 수 있다([Figure 6]).

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.838853	38.17514	25.87211	0.0009
At most 1	0.429080	8.968088	12.51798	0.1823

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.838853	29.20705	19.38704	0.0014
At most 1	0.429080	8.968088	12.51798	0.1823

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -26.81869

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LRGDP	TPF	@TREND(96)
1.000000	-0.002857	-0.091306
	(0.00010)	(0.00220)

[Figure 6] Johansen co integration test of LRGDP and TPF time series

VAR 모델을 기초로 벡터수정모형(VECM)을 이용하여 공적분을 진행하여 공적분 벡터 계수로 한 다음의 식을 얻을수 있다.

$$LRGDP = 0.007192\mathrm{TPF} + 8.183157 \quad (3)$$

이 방정식에 관하여 단위근 검정을 진행한 결과 장기적인 균형관계가 존재함을 확인하였다.

또한 두 변수 사이에 인과관계가 존재하는 지에 대하여 Glenn Jain인과검증을 진행하였다.

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 08/14/16 Time: 07:38
Sample: 1995 2014
Lags: 3

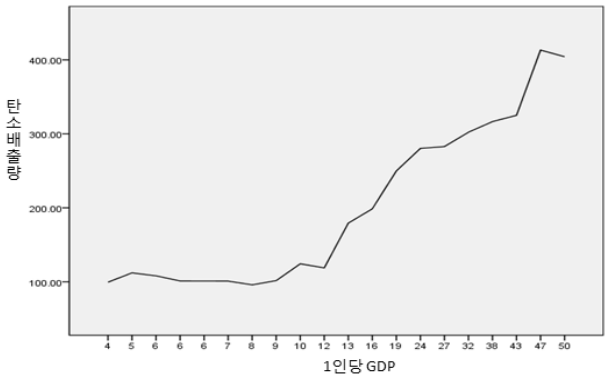
Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
TPF does not Granger Cause LRGDP	20	0.51038	0.6841
LRGDP does not Granger Cause TPF		2.82752	0.0092

[Figure 7] Glenn Jain test results

[Figure 7]에서 LRGDP는 TPF의 Glenn Jain 원인으로써 이는 지역경제의 발전이 그 지역의 탄소배출에 일정한 영향을 주고 있음을 표시한다.

3.3 계량분석

두만강 지역 물류업의 1995-2014년간 탄소 배출량은 위의 연구결과로 산출된 길림성 데이터로 변화 추세를 대신하며 단위는 만톤이다. 1인당 GDP는 1996-2015년의 《길림성 통계 연감》의 수치로 두만강 지역의 GDP변화 추세를 대신한다. 좀 더 진실하게 현재의 통화 가치를 반영하기 위해 1인당 GDP를 사용할때 인플레이션의 영향을 제거한 후 다음과 같은 [Figure 8]를 얻을수 있다.



[Figure 8] The relationship between the amount of carbon emission in the logistics industry of Jilin province and the per capita GDP of Jilin Province

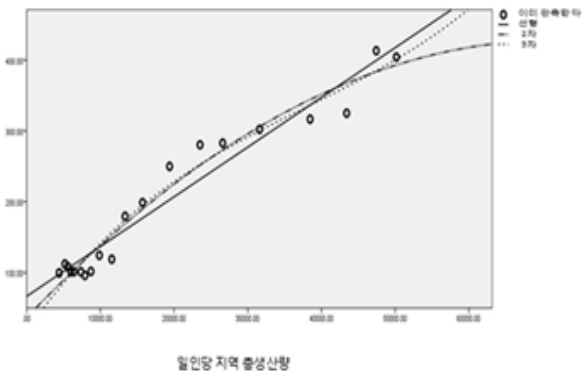
[Figure 8]에서 1995-2014년간, 길림성 물류 산업의 탄소 배출량은 지역 1인당 GDP 성장에 따라 단계적으로 성장하고 있는것을 볼수 있다. 진일보로 두만강 지역 물류업탄소배출량과 1인당 GDP의 관계를 분석하기 위하여 본 연구는 일차 방정식, 2차 다항식과 3차 다항식 EKC 모델로 1995-2014년간 데이터에 대해 곡선 피팅 분석을 진행하였다. SPSS 20.0을 사용하여 1995-2014년간 데이터를 피팅 분석한 최종 결과는 다음의 <Table 6>, <Table 7>, [Figure 9]과 같다.

<Table 6> Curve fitting model and variance

Equation	R	R^2	Adjust R^2	F	Sig.
Liner	0.973	0.947	0.944	320.536	0
Two polynomial	0.980	0.961	0.957	210.151	0
Three polynomial	0.981	0.963	0.958	137.431	0

<Table 7> EKC model curve fitting results

Model	β_0	β_1	β_2	β_3
Liner	66.583	9.007	0	0
	t=7.003	t=17.904		
	Sig.= .000	Sig.= .000		
Two polynomial	36.533	.011	-7.639	0
	t=-2.495	t=6.813	t=-2.500	
	Sig.= .000	Sig.= .001	Sig.= .000	
Three polynomial	18.075	0.15	-2.053	-2.207
	t=-.663	t=3.008	t=-1.149	t=-.431
	Sig.= .008	Sig.= .268	Sig.= .459	Sig.= .517



[Figure 9] Linear, two polynomial and three polynomial curve fitting

<Table 6>를 통해 알 수 있듯이 일차 방정식, 2차 다항식과 3차 다항식의 회귀 분산 F의 값은 비교적 크며, 1%의 신뢰수준에서 F검증을 통과하였기에 3개의 방정식은 모두 성립된다. 최적의 피팅 곡선을 선택하기 위하여 각 방정식의 판정계수에 대해 분석하였다. <Table 6>의 수치로부터 볼 때 3차다항식의 판정계수 0.963이 제일 크며, 또한 조정후의 판정계수 0.958도 2차다항식과 1차 방정식의 조정후의 판정계수보다 크다. 따라서 3차다항식의 피팅효과가 제일 좋다고 할 수 있다. <Table 7>과 결합하여 보면 1차 방정식과 2차 다항식의 sig.수치는 0.05보다 훨씬 낮은 수준으로 t검증을 통과하였기에 두 모델의 통계효과가 선명하며 실제의의가 크다는 것을 알수 있다.

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

하지만 3차다항식의 β_3 의 sig.수치 0.517와 β_1 의 sig.수치0.268은 모두 0.05보다 높은 수준인데 이는 3차다항식의 β_1 와 β_3 는 t검증을 통과하지 못하였다는 것을 의미한다. 비록 앞 분석에서 3차다항식의 판정계수 0.958은 2차다항식의 판정계수 0.957보다는 크지만 모델의 파라미터 통계 중요성과 실제의의로부터 볼 때 2차 다항식의 전체적인 적합효과는 3차다항식보다 우수하다고 판단한다. 따라서 본 연구는 두만강지역 물류산업 탄소배출과 1인당 GDP의 관계를 설명함에 있어서 2차 곡선모델이 비교적 적합하다고 판단하며 회귀방정식은 다음과 같이 표현할수 있다.

$$Y = 36.533 + 0.110X - 7.639X^2 \quad (4)$$

3. 결과분석

위의 분석을 통해 2차다항식 EKC 모델중 β_2 <0, β_1 >0은 위 EKC모델의 세 번째 경우로써 두만강지역의 물류업의 탄소배출과 1인당 GDP사이에는 "역U자형"관계임을 알 수 있다. 또한 현재 두만강지역 물류산업의 탄소배출량은 변곡점의 왼쪽에 있으며 아직도 상승단계에 있다고 볼수 있다.

앞의 분석과 연관하여 보면 1994년부터 2004년까지는 두만강 지역의 경제수준이 낮았기에 물류업에 대한 수요 또한 많지 않았고 물류업의 탄소배출도 비교적 낮은 수준에서 발생하였지만 전체적으로 물류업의 탄소배출은 경제발전에 따라 증가하는 것을 알 수 있다. 2005년부터 2008년까지는 경제발전의 고속성장에 따라 탄소배출도 높은 수준으로 발전하는 것을 확인할 수 있다. <Table 4>에서 보면 알 수 있듯이 연평균탄소배출량은 40만톤 좌우씩 증가하였으며, 증가율은 24.92%에 달한다. 2009년부터 2014년까지 경제발전이 중·고속으로 발전할 때 물류업의 탄소배출량은 앞단계처럼 고속성장을 하지 않고 증가추세도 완화되는 양상을 보이고 있다. 두만강지역의 탄소배출량과 경제성장의 피팅 곡선에서 추정하건대 두만강지역의 물류산업의 탄소배출추세는 아직도 안정적인 상승단계에 있다고 보여주지만, 상승폭은 그렇게 크지 않을 것으로 추정되며 변곡점을 지나 오른쪽부분으로 넘어갈 때 탄소배출량은 하강추세로 넘어 갈 것으로 판단된다.

4. 결론과 건의

물류업의 1995-2014년 에너지소비데이터 분석으로부터 두만강 지역 물류 에너지 소모는 처음의 원탄 위주로부터 중유와 원탄에너지에 의존하고 있는 추세를 확인할 수 있다. 물류 사업의 에너지 소모량으로 물류사업의 탄소배출을 추산한 결과에 의하면 두만강 지역 물류 최근 20년간의 탄소 배출량과 에너지 소모량의 변화 추세는 일치하며 매년 증가추세를 보이고 있다.

SPSS 20.0을 이용하여 두만강지역 물류업 1995-2014년의 탄소 배출량과 1인당 GDP를 회귀 분석 결과 2차 곡선 모델이 길림성 물류 사업 탄소 배출량과 1인당 GDP사이의 관계를 더욱 잘 설명할 수 있다. 따라서 CKC 모델 이론에 따라 두만강지역 물류탄소배출량과 경제성장은 역U자형곡선 관계에 부합되며 현재 두만강지역 물류탄소배출량은 "변곡점"의 왼쪽에 있으며, 여전히 상승 단계라고 할 수 있다. 따라서 공업화와 도시화의 급속한 발전에 따라 물류 업에 대한 수요가 커질 것이며, 탄소배출량도 늘어날 것이다. 경제성장을 보증하는 동시에 탄소배출량 감소 문제가 시급한 이 시점에서 연구 결론에 따라 두만강지역 저탄소 물류 발전은 다음 몇 가지에 착수해야 한다.

첫째, 물류업에서의 저탄소물류이념을 수립해야 한다. 저탄소물류에 대한 중국의 대응이 늦었기에 두만강지역의 경영자가 저탄소물류에 대한 인식이 부족하다. 따라서 저탄소 의념을 수립해야 저탄소물류방식으로 운영하고 저탄소방식을 한층 더 발전시킬 가능성이 높다. 그러므로 점차 저탄소 물류의 발전의 중요성과 필요성을 강조할 수 있도록 다양한 채널을 통해 저탄소물류에 대해 널리 홍보해야 한다.

둘째, 청정에너지 비중을 높인다. 원탄과 중유의 비중이 비교적 높은데 이는 탄소배출량을 줄이는데 악영향을 미친다. 따라서 에너지의 소비구조를 조정하여 효과적으로 물류 에너지 수요와 탄소 배출속도를 완화시킬 수 있도록 하며 물류기업은 앞으로의 발전과정에서 청정에너지 개발에 더욱더 심혈을 기울여야 한다. 예를 들어 전력, 천연가스, 액화석유가스 등 청정에너지의 사용을 늘리며, 저탄소산업에서의 자신의 경쟁력을 높여야 한다. 또한 정부는 감시와 투명도를 강화하여 청정에너지 사용을 적극 권장하고 관련정책을 제정하여 운영과정 중 청정에너지 사용 행위를 적극 장려하는 등의 조치를 취해 물류기업의 에너지 사용 구조개선 목적을 달성해야 할 것이다.

셋째, 정보화 건설을 강화해야 한다. 정보화는 물류 운용효율을 높임에 있어서 중요한 수단중 하나로써 저탄소물류를 실현하는 중요한 기술보장이다. 물류정보공공플랫폼을 건설함으로써 물류단지와 물류업체의 정보자원을 통합하여 물류시설의 이용률을 높이고 제3자물류, 제4자물류를 이용하여 물류비용을 절감하고 저탄소배출을 실현하여야 한다. 또한 RFID, GPS, GIS, 바코드시스템, 빅데이터 등을 이용하여 종합교통운수시스

템의 구축을 가속화하며 물류장비의 이용률을 높임으로써 두만강지역의 저탄소물류발전에 기여하여야 한다.

넷째, 정부의 저탄소발전 체제를 수립하여야 한다. 정부는 저탄소 물류의 발전 과정에서 주도 역할을 맞고 있으며 물류기업의 발전에 규제역할을 하고 있다. 정부에서는 이미 많은 에너지이용률을 제고하고 환경을 보호하며 에너지를 절약할데 관한 정책이나 법규를 발표하였다. 하지만 이러한 정책들은 기업의 이익과 어긋나는 경우가 종종 발생한다. 예를 들면 기업의 에너지 다소비 장비를 업그레이드를 하려면 기업의 고정비용이 증가하게 된다. 따라서 물류기업들이 장원한 발전을 고려하지 않고 배합하지 않으면 정책의 집행력이 떨어지게 된다. 따라서 정책적인 측면에서 두만강지역의 저탄소물류발전의 구체적인 대책을 정리하면 다음과 같다. (1) 물류관련 법률, 법규를 빨리 제정해야 한다. 현재 가장 시급한 문제는 물류업의 규범화하게 발전할 수 있도록 저탄소 물류발전의 법률법규를 개선하여야 한다. (2) 세금정책을 강화하여야 한다. 기업의 목표는 이윤최대화이기 때문에 대부분의 기업은 사회적 책임의 각도에서 저탄소물류개혁을 주도할 수는 없다. 따라서 정부는 정책을 책정함에 있어서 기업의 재정 보조금과 세금우대정책으로써 기업들이 청정에너지를 이용하고 저탄소 기술을 개발하게끔 유도하여야 한다. (3) 탄소세를 징수한다. 즉 경제 수단을 이용하여 에너지 소비 절약의식을 기업에 수립하도록 한다. 오염이 심하고 에너지 소비량이 많은 기업에 관하여 탄소세를 징수하여 기업에서 자체이익에서 출발하여 저탄소발전을 하게끔 한다.

5. References

[1] Friedl, B., & Getzner, M. Determinants of CO2 Emissions in a Small Economy. Ecological Economics, 45:133-148.

[2] Jalil, A., & Mahmud, S. F.(2009). Environment Kuzinets Curve for CO2 Emissions: A Co-integration Analysis for China. Energy Policy, 37(12):5167-5172.

[3] Wager, M.(2008). The Carbon Kuznets Curve: A Cloudy Picture Emitted by Bad Econometrics Resource and Energy Economics, 30(3):388-408.

[4] 党士超·杨建州. (2014). 环境库兹涅茨曲线-中国省际研究述评. 『现代商贸工业』,15 : 18-20.

[5] 李虹·亚琨. (2012).我国产业碳排放与经济发展的关系研究基于工业`建筑业`交通运输业面板数据的实证研究. 『宏观经济研究』, 11:46-66.

[6] 陆虹. (2000). 中国环境问题与经济发展的关系分析-以大气污染为例, 『财经研究』, 第10期, 53-59.

[7] 孙作人,周德群,周鹏.工业碳排放驱动因素研究:一种生产分解分析新方法[J].数量经济技术经济研究, 2012(5):63-74.

[8] 辛文昉. (2010). 物流业在低碳经济发展中的责任和措施.International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2010).

[9] 许广月·宋德勇. (2010). 中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究. 『中国工业经济』,5:37-47.

[10] 张位付·周长富. (2011).我国碳排放轨迹呈现库兹涅茨倒U型吗-基于不同区域经济发展与碳排放关系分析. 『经济管理』, 6 : 14-23.

저 자 소 개

지 택 항

동북대학교 관리학사 취득
현재 연변대학교 경제관리학원 대학원 재학중.
관심분야: 물류와 공급망관리

이 광 수

인하대학교 대학원 산업공학과 박사학위 취득.
현재 중국 연변대학교 경영정보학과에서 교수로 재직중.
관심분야 : SCM, ERP, 물류관리, 사물인터넷 등

이 용 진

서울대학교 경영학 박사학위 취득.
현재 홍익대학교 상경대학 글로벌경영학과 부교수로 재직 중
관심분야: 국제인사관리, 동북아 경제 등