

탄소 배출량에 대한 중국 저탄소 경제의 분석

진사가, 안종창*
한양대학교 정보시스템학과

Analysis of the Low-Carbon Economy of China on the Emissions of Carbon

Si Jia Chen, Jong-Chang Ahn*
Department of Information Systems, Hanyang University

요약 본 연구는 중국이 저탄소 경제를 제안한 지 10 여년이 지난 1985년부터 2016년까지의 중국의 탄소 배출과 탄소 배출에 영향을 주는 요인에 대해 분석한다. 중국은 동 기간 동안 산업 발전이 빠르게 진행되었으며 탄소 배출과 관련된 여러 가지 문제가 나타났고, 이제 저탄소 경제가 중국 경제 발전의 주요 과제가 되었다. 본 연구는 저탄소 경제 이론 및 산업계에 영향을 미치는 요인을 바탕으로 중국의 조사 연감에서 관련 데이터를 선택하였다. 시계열 모형을 사용하여 중국의 탄소 배출에 대한 영향요소를 분석하였다. 관련 산업의 혁신이 계속되면서 전기와 같은 그린에너지의 사용을 증가시켰지만, 석탄은 여전히 소모된 에너지에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 에너지 사용효율이 증가하고 산업연구 개발 투자 강도가 해마다 증가하였지만 탄소 배출도 매년 증가하고 있다. 탄소 배출에 영향을 미치는 가장 큰 요인은 산업이라는 고정관념이 있으나, 본 논문을 통해 중국의 탄소 배출에 대한 산업의 영향이 점차 감소하고 있음을 발견했다. 또한 공업에서의 탄소 배출을 통제하는 동시에 기술개발을 계속 향상시키고, 다른 업종의 탄소 배출도 증시해야 하는 것이 전체 탄소 배출을 감소시키기 위해 필수라는 점을 발견하였다. 실증연구 결과를 기반으로, 데이터의 본질부터 시작하여 고정관념을 바꿀 수 있다면 저탄소 지속발전 경제에 좀 더 빨리 도달하게 될 것이다.

Abstract This study analyzes the factors affecting China's carbon emissions from 1985 to 2016. In recent years, the whole industries of China are in the midst of industrialization and have several problems. Now, the low-carbon economy has become the main task of China's economic development. This study analyzes the factors affecting China 's carbon emissions by selecting relevant data onto the Chinese yearbook and using a time series model. The analysis shows that related industries continue to innovate and increase the use of green energy such as electricity, but coal is still the largest share of the energy consumed. As energy use efficiency increases and industrial R&D investment increases year by year, carbon emissions are increasing every year. In addition, there is a stereotype that industry is the biggest factor affecting carbon emissions. The research found that the impact of the industry on China's carbon emissions is declining gradually. While controlling industrial carbon emissions, keeping continue to improve technology development and focusing on carbon emissions from other industries are critical to reduce overall carbon emissions. Based on the empirical results, if we can change stereotypes starting from the nature of the data, we will quickly reach a low carbon sustainable development economy.

Keywords : Carbon Emissions, Low-Carbon Economy, Industrial Scale, R&D of Green Energy, Energy Transfer Efficiency, Energy Consumption

*이 논문은 한양대학교 교내연구지원사업으로 연구되었음(HY-2018년도)

*Corresponding Author : Jong-Chang Ahn(Hanyang Univ.)

email: ajchang@hanyang.ac.kr

Received April 1, 2109

Revised April 30, 2019

Accepted July 5, 2019

Published July 31, 2019

1. 서론

온실가스의 배출은 전 지구 온난화를 야기해서 인류의 생존과 발전을 위협하고 있다. 이러한 상황은 전 세계적인 문제로 이산화탄소의 배출량을 감소하는 문제는 국제 사회의 초점이 되어 왔다. 저탄소 경제는 저소모성, 저오염성과 저배출성을 기반으로 형성한 경제모델이다. 저탄소 경제는 인류사회가 지속적으로 농업문명, 공업문명 이후에 도달한 중대한 발전이다. 저탄소 경제의 본질은 에너지를 고효율로 사용하는 것이고 청정에너지의 개발과 그린 생산의 달성에 대한 요구이다. 핵심 문제는 에너지 기술의 실현과 탄소배출 기술을 부단히 높이는 것이다[1]. 전 지구의 온난화가 심각해져서 인류 사회의 생존과 발전에 심각한 도전이 되고 있으며, 화석에너지의 에너지 최대치가 다가오고 있는 것도 뚜렷하다. 이에 따라 저탄소 경제의 발전은 전 세계의 주목을 받고 있다. 또는 저탄소 경제는 온실가스의 배출을 감소시키고 전 지구 온난화 문제의 최적 대응방안이 된다.

중국의 지속적이고 빠른 산업발전에도 불구하고 국민 총생산액(GDP: Gross Domestic Product)당 에너지소모량과 이산화탄소 배출량은 대폭 하락하고 있다. 이는 생태환경시스템의 안정성이 강화되는 동시에 사람의 거주환경 역시 향상되고 있음을 반증하는 현상이다. 이처럼 향후에도 중국의 산업발전은 에너지 절약을 동반한 경제 발전이 요구된다[2].

최근 몇 년간 중국의 공업 발전의 속도는 빠른 편이지만 공업의 발전은 에너지를 소모하는 양도 많아지게 하였다. 중국의 탄소 배출 총량은 1985년의 14.57억 톤(표준석탄 기준)은 2016년 82.85억 톤으로 증가했다[3]. 중국은 산업체제화를 기본적으로 형성했지만 산업기반이 아직 약한 편이다.

전통 공업 사회시기부터 탄화수소를 많이 사용해서 지금까지 '고탄소 경제' 체계가 형성되었다. '고탄소 경제'는 경제의 발전과 물질적인 자산을 이루었는데 이산화탄소의 배출량의 증가가 전 세계 온난화를 유발하여 인류의 생존을 위협하고 있다. 중국이 에너지 소모를 줄이는 것은 피할 수 없는 추세이다.

강철, 석탄, 철 화합물 등의 전통적인 산업은 중국의 지주 산업이다. 동시에 중국 탄소 배출량이 많아지는 중요 원인이기도 하다. 그러므로 중국은 저탄소 경제로 발전하면 고에너지 소모와 탄소 배출량 문제를 근본적으로 해결할 수 있다. 저탄소 경제는 선진국이나 개발도상 국가 모두 발전하고 있는 경제모델이다.

본 연구는 중국 탄소 배출량에 영향을 주는 요소를 선별하고 영향을 주는 비중에 대한 분석을 통해 탄소 배출량을 줄이는 가장 효율적인 방법을 알고자 한다. 그리고 중국이 고 에너지 소모적인 경제에서 저 에너지 집약적인 경제로 전환하는 계기가 될 것이다. 본 연구를 통해 국가나 정부가 저탄소 경제로 발전할 때 어떤 요소를 더 중시해야 하는지를 파악할 수 있고 탄소배출량을 줄이는 전략을 잘 조정하는데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구는 먼저 선행 연구를 분석한다. 문헌을 수집하고 정리한 다음에 지금까지 탄소 배출량에 영향을 주는 사항에 대한 내용을 파악한다. 이를 통해 탄소 배출량과 저탄소 경제의 관련도를 파악할 수 있다. 이어서 실증분석 방법을 사용하여 중국 연감에서 나온 데이터 중에서 1985-2016년간의 데이터를 중심으로 시계열 회귀분석을 이용해서 탄소배출량의 요소를 분석하게 된다. 통계 프로그램으로 EVIEWS를 통해서 결과를 도출하게 된다.

2. 선행연구

2.1 저탄소 경제 개념의 제시

저탄소 경제(Low carbon economy) 용어는 1992년 Manne와 Richels가 작성한 책의 서문에서 제일 먼저 나왔다. 그 때는 저탄소 경제의 개념에 대한 자세한 설명이 없었지만 정부의 정책을 통해 이산화탄소 배출을 줄여야 한다고 하였다[4]. 1998년에 Kinzig와 Kammen가 "국가 탄소배출의 궤도: 저탄소 경제를 실행한 도로의 분석"에서 저탄소 경제의 개념을 처음으로 구체적으로 제시하였다. 저탄소 경제는 인간의 발전능력과 단위 탄소 배출량의 경제적 산출을 동시에 일정한 수준에 도달할 수 있게 하는 것으로, 온실 가스 배출을 제어하는 것을 실현한다는 뜻이다[5]. 2003년 영국 에너지 백서 "우리 에너지의 미래: 저탄소 경제의 창립"에서 저탄소 경제는 자연 자원을 적게 소모하고 환경오염에서 경제적 효과를 더 많이 얻을 수 있다는 경제 모델을 밝혔다. 이것은 저탄소 경제의 개념을 처음으로 정부에서 제시한 사항이다. 이후 다른 국가들이 이러한 제시사항을 잘 이해하게 되고 받아들이게 되었다[6].

중국 환경과 국제 협조 발전 위원회(CCICED: China Council for International Cooperation on Environment and Development)는 저탄소 경제의 개념을 정의 하였다. 저탄소 경제는 일종의 후기 공업화 사

회의 경제 형태다. 이것의 목적은 온실가스를 줄이고 전 세계 온난화를 방지하고 인류의 생활수준을 보장하고 궁극적으로 지속적인 발전을 실현할 수 있다는 뜻이다. 2009년에 중국의 동 위원회는 “중국 저탄소 경제를 발전하는 경로에 대한 요구”를 출간 하였다. 이 책에서 저탄소 경제는 새로운 경제, 기술과 사회 체계라고 하였다. 전통 경제 체계보다는 생산과 소비 중에 에너지를 절약할 수 있고, 온실가스의 배출을 줄일 수 있고, 경제와 사회의 발전도 유지할 수 있다는 발전 모델이다[7]. 푸가봉(付加峰)은 저탄소 경제모델은 저에너지 소모, 저 오염, 저 배출과 친환경의 모델이라고 하였다[8].

2.2 중국 저탄소 경제 발전 현황

2003년에 중국은 과학 발전관을 제시하고 녹색 발전을 선도하였다. 2006년~2010년에 중국에서는 6.3 억 톤 표준 석탄의 에너지를 누적 절약하였는데, 이는 이산화탄소 배출량을 14.57 억 톤 감소한 것에 해당된다. 하지만 중국 경제의 다년간의 고속 성장은 심한 생태 환경 문제를 유발하여 경제의 발전이 심각한 자원 환경의 병목현상에 직면하고 있다. 녹색성장은 지속적인 발전의 필요조건이다. 자원 에너지가 경제 시스템에서의 이용 효율을 향상 시키고 탄소 배출량이 감소하는 것으로 생태환경 문제를 해결할 수 있다. 또한 경제 발전을 위해 큰 공헌도 할 수 있고 녹색산업을 새로운 지주 산업으로 육성 발전시켜 경제의 지속적이고 건강한 발전을 촉진할 수 있다. 녹색소비란 효과적이고 친환경적인 제품과 서비스를 선택하고 소비 과정 중에서의 자원 소비와 오염 배출을 줄이는 것을 뜻한다. 그리고 중국은 전력, 생물에너지, 그린에너지도 크게 발전시키고 있다. 전력 시설, 전력 교통 등의 전력공업은 큰 발전이 되고 있다. 단 수력, 풍력, 원자력의 대형 발전 항목은 많이 있지만 국가 통계국의 데이터를 통해 73%이상의 전력이 화력발전을 이용한 후에 생긴 것이다[9]. 그린 에너지 이슈도 중국 저탄소 경제의 중요한 문제 중의 하나다.

2.3 탄소 배출에 영향 주는 요소

Ramanathan은 2006년에 자료포락 분석(DEA: Data Envelopment Analysis) 방법을 이용하여 프랑스 공업에서의 에너지 소모와 원재료의 탄소 함유 비중이 탄소 배출에 미치는 영향분석을 수행했다. 결과는 1980년에 탄소 배출이 최대치이었고 그 후에 7년 동안 급속감소했지만, 이후 1996년까지 계속 증가와 감소를 반복하였

다. 이 데이터를 기반으로 DEA 분석을 통해 공업에너지 소모와 탄소 배출의 상관관계 곡선을 제시하였다[10].

Puliafito와 Dalton은 2008년에 기술적으로 인구와 GDP의 탄소배출량과의 상관관계에 대한 분석을 수행했다. 인도의 탄소배출을 GDP 변화 영향, 산업구조 영향, 에너지 강도 영향으로 분해하여 분석을 통해 산업구조가 탄소배출에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 현재 인도 제조업의 규모가 점점 커지고 있어 탄소배출량을 심화시킬 수 있다. Dalton은 2008년에 PET모델을 이용해서 생산총액과 탄소 배출량에 대한 연구를 하였다. 이러한 결과는 모두 인구와 GDP는 탄소 배출량과 정비례 관계가 있다는 것을 보여 주었다[11].

2008년에 김수이 외는 저탄소 경제 시스템의 실현을 위한 에너지 수급에 관한 다양한 정책이 있다는 것을 연구했다. 그리고 기술개발에 있어서 효과적인 것은 온실가스 배출을 줄이는 것이라고 하였다. 저탄소 경제를 실현하기 위해 에너지 공급과 저탄소기술에서의 연구개발이 중요하고 기술혁신이 필수적이라고 하였다[12]. 장진규 외는 2009년에 다시 김수이 외[12]의 결론을 증명했다[13].

서우쉐(邵帅)는 2010년에 수정된 STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology) 모델로 전 세계에 석탄 소비 비중과 에너지품질이 탄소 배출량을 증가시키고 연구개발은 현저히 감소시키는 효과가 있다고 하였다[14]. 연구개발 강도와 에너지 효율은 억제 작용을 나타낸다고 하였다. 그 대신, 투자 규모는 탄소 배출 규모와 강도에 각각 현저한 촉진과 억제 작용을 한다는 점을 밝혔다.

루만포(鲁万波) 등(2013)은 LMDI (Logarithmic Mean Divisia Index)모델의 “이층완전분리법”을 기반으로 중국의 탄소배출량의 영향 요소를 분석했다. 결과를 보면 에너지 강도와 에너지 구성은 제1과 제2의 제한 요소가 된다[15]. 호정의(胡宗义) 등(2013)은 공간 동태 패널(dynamic panel) 오차모델을 설정하고 탄소 배출량과 경제 증가치의 관계에 대해 분석했다. 결과를 보면 탄소 배출량은 공간의존성과 동태적 효과가 있고 환경쿠즈네츠곡선(EKC; Environmental Kuznets Curve) 전환점이 있다. 단, 탄소 배출량과 경제 증가치의 관계는 EKC전환점의 좌측 만에 있다. 이와 같이 지금은 탄소 배출량과 경제 증가치가 정의 상관관계가 있다[16].

3. 실증분석

3.1 변수의 선택과 평가 기준

본 연구에서 탄소 배출에 영향을 주는 여러 요인을 연구하기 위해서 중국국가 연감(Year Book)에서 나오는 32년간의 데이터를 이용한다. 중국국가연감은 중국국가 통계국(National Bureau of statistics)이 출판하는 정기 간행물이다. 중국 및 신흥국가의 거시 경제 데이터 및 산업 데이터를 집계하며 권위성과 신뢰성 있는 데이터를 제공한다. 업종별 상세하게 분류되었는데 본 연구를 진행하기 위해 연감에서 나온 데이터를 정리하고 계산하는 것이 필요하다.

이미 진행된 선행연구를 통해 선정된 변수는 다음과 같다. 종속변수는 연간 최종 탄소 배출량(EC: Emission-Carbon, 이하 EC)으로 정한다. 독립변수는 공업에너지 소비구조(Energy-Structure, 이하 Energy-S), 공업경제의 규모변화(Scale), 에너지의 품질(Transfer Efficiency, 이하 Transfer-E), 기술개발 정도(Technical), 공업에너지 소비강도(Energy-Consumption 이하 Energy-C)의 5가지 요소이다. 추가로 국민생산총액(Macro-Economy)을 통제변수로 사용한다.

변수의 평가 기준은 종속변수(EC)로 각종 에너지를 소모한 다음에 배출된 탄소배출량의 총액을 계산한다. 독립변수로 Energy-S(공업에서 소모된 에너지에서 석탄의 비중), Scale(공업산업의 전년대비 증가규모), Transfer-E(에너지 원재료를 가공한 다음에 탄소의 함유비율), Technical(그린 에너지와 그린 기술연구에 대한 투입), Energy-C(공업에 소모된 에너지가 전체 소모한 에너지 중 차지하는 비율)가 설정되었다. 통제변수 Macro-Economy는 전년 대비 GDP의 증가비율로 평가한다.

선정된 변수에서 Technical, Transfer-E, Energy-S, 및 Energy-C는 연감에서 대응하는 데이터가 있어 서 이용이 가능하다. Macro-Economy와 Scale는 전년 대비 하여 계산이 가능하다. 종속변수 EC는 연감에서 에너지 별 탄소배출량을 제공하고 있는데, 최종 탄소 배출량 합계를 구해야 하기 때문에 32년간의 모든 데이터를 정리하고 탄소 배출 표준 계산식을 (1)식과 같이 이용해서 해마다 계산하게 된다. 식과 각 계수의 의미는 Table 1과 같다.

$$EC = \sum_{i=1}^n E_i \times NCV_i \times CC_i \times COF_i \times 44/12 \quad (1)$$

Calculation formula of EC

Table 1. Meaning of EC's Calculation formula

Formula	Meaning
EC	Emissions of Carbon
E _i	Consumption of i-Energy
NCV	Net Calorific Value
CC	Coefficient of Carbon Content
COF	Carbon oxidation factor
44/12	Molecular ratio of CO ₂

매 연도의 총 탄소 배출량을 구한 다음에 시계열 분석을 하게 된다.

3.2 시계열 분석

$$\ln ec_t = c + \sum_j \delta_j \times X_{jt} + Control_t + \epsilon_t \quad (2)$$

Equation of Time series analysis

시계열 분석을 하기위해 각 변수를 (2)식에서 명명하였고, 예상되는 상관관계의 부호는 Table 2와 같다.

Table 2. Representation Symbol and Expected relevance

Representation Symbol	Symbol	Expected relevance
EC	Y	
Energy-S	X1	+
Scale	X2	+
Transfer-E	X3	+
Technical	X4	-
Energy-C	X5	+
Macro-Economic	X6	+

3.2.1 정상성 확인

시계열 분석을 통해 정상 시계열인지를 확인해야 하고 이분산성을 피하기 위해 모든 변수는 대수(log)로 처리한다. ADF (Augmented Dickey-Fuller Test)(Unit root test)를 통해 가성회귀(spurious regression)를 피할 수 있고, 단위근 검증을 통해 정상성 테스트(stationarity test)를 수행할 수 있다.

Table 3. Stationarity Test Result

	ADF	10%	5%	1%	ST
lny	-0.282	-3.679	-2.967	-2.622	N
D ² (lny)	-3.939	-3.679	-2.967	-2.622	Y
lnx1	-1.707	-4.309	-3.574	-3.221	N
D ² (lnx1)	-11.36	-4.309	-3.574	-3.221	Y
lnx2	-2.740	-3.661	-2.960	-2.619	N
D ² (lnx2)	-8.320	-3.689	-2.971	-2.625	Y
lnx3	-0.207	-3.670	-2.963	-2.621	N
D ² (lnx3)	-7.685	-3.689	-2.971	-2.625	Y
lnx4	-1.646	-3.670	-2.963	-2.621	N
D ² (lnx4)	-7.466	-3.679	-2.967	-2.622	Y
lnx5	-2.604	-3.689	-2.971	-2.625	N
D ² (lnx5)	-3.586	-3.699	-2.976	-2.627	Y
lnx6	-2.480	-3.661	-2.960	-2.619	N
D ² (lnx6)	-8.528	-3.689	-2.971	-2.625	Y

Table 3를 통해 5%의 유의성 검정에서 모든 변수의 ADF통계량이 10%의 임계값이 보다 커서 각 변수는 단위근이 있다고 할 수 있다. 즉 비정상성(non-stationary)이다. 2차 계차(second order difference) 처리한 다음에 결과를 따라 2차 계차 상황에서 5%의 유의성에 시퀀스는 5%의 임계값 보다 작다. 즉 2차 계 시퀀스는 단위근이 없고 정상성이 있다.

기술통계(descriptive statistics) 결과는 다음 Table 4와 같다.

Table 4. Descriptive Statistics Result

	Mean	Median	Maximum	Minimum	Std. Dev.
LnY	12.76	12.568	13.6274	11.889	0.583
LnX1	-0.33	-0.334	-0.2369	-0.478	0.057
LnX2	-2.10	-1.851	-0.9729	-4.480	0.773
LnX3	4.246	4.2446	4.31026	4.1774	0.036
LnX4	7.311	7.1705	9.40796	4.6086	1.615
LnX5	-0.35	-0.347	-0.3102	-0.406	0.021
LnX6	-1.95	-1.934	-1.0113	-2.754	0.462

3.2.2 시계열 분석결과

정상성과 기술적 통계 결과를 통해서 시계열 회귀분석이 가능하다. 식(2)를 이용해서 모델을 구성한다. LnY는 종속변수로, 각 독립변수(LnX₁, LnX₂, LnX₃, LnX₄, LnX₅)와 통제변수 LnX₆ 까지 모두 도입한 다음에 회귀 방정

식을 구성하고 다음 식(3)과 같은 선형 모델을 구성하였다.

$$\text{LnY} = c_1 + b_1 * \text{LnX}_1 + d_1 * \text{LnX}_2 + e_1 * \text{LnX}_3 + f_1 * \text{LnX}_4 + g_1 * \text{LnX}_5 + h_1 * \text{LnX}_6 + u_1 \quad (3)$$

Eviews를 통해 다음의 추정 결과를 얻었다. 독립변수 중에서 LnX₁, LnX₂, LnX₄, LnX₅와 통제변수 LnX₆가 유의한 변수로 검정되었다.

Table 5. Analysis Results of Time Series_1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.92786	3.44816	0.849106	0.403
LN1	1.71220	0.64993	2.634430	0.014*
LN2	-0.1222	0.05221	-2.341015	0.027*
LN3	1.60809	0.84034	1.913604	0.067
LN4	0.37087	0.02350	15.77664	0.000***
LN5	-2.8582	0.93666	-3.051447	0.005**
LN6	0.20199	0.08624	2.342138	0.027*

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 6. Analysis Results of Time Series_2

R-squared	0.9853	Mean dependent var.	12.76463
Adjusted R-squared	0.9818	S.D. dependent var.	0.583452
S.E. of regression	0.0785	Akaike info criterion	-2.05860
Sum squared resid	0.1543	Schwarz criterion	-1.73797
Log likelihood	39.937	Hannan-Quinn criter.	-1.95232
F-statistic	280.62	Durbin-Watson stat	1.062422
Prob(F-statistic)	0.0000***		

***p<0.001

분석결과에 따라 추정 결과 방정식을 다음 식(4)와 같이 정리할 수 있다.

$$\text{LnY} = 2.9278 + 1.7122 * \text{LnX}_1 - 0.1222 * \text{LnX}_2 + 1.6081 * \text{LnX}_3 + 0.3708 * \text{LnX}_4 - 2.8582 * \text{LnX}_5 + 0.2019 * \text{LnX}_6 \quad (4)$$

3.3 결과분석

분석 결과를 보면, 조정된 결정계수(Adjusted

R-squared)=0.98이며, 유의확률 p-value가 0.000으로 나와서 모형(방정식)의 적합성(fitting)이 우수한 것으로 나타났다. 전체 5%의 임계값에서 다른 변수가 일정하면 1) 공업에너지 소비구조, 3) 에너지의 품질, 4) 기술개발 정도, 6) 국민생산총액이 탄소 배출량과 정비례가 된다.

공업에서 소모된 에너지에 석탄소비 비중이 1% 올라가면 탄소 배출량이 1.71% 올라가고, 에너지 원재료 가공한 다음에 탄소의 함유비율이 1% 올라가면 탄소 배출량이 1.61% 올라가고, 기술개발에 투입이 1% 올라가면 탄소 배출량이 0.37% 올라간다. 국민생산총액이 1% 올라가면 탄소 배출량이 0.20% 올라간다고 할 수 있다.

예상과 다르게 공업규모, 공업에너지 소비강도는 탄소 배출량과 반비례 관계가 있었다. 공업규모가 1%증가하면 탄소 배출량이 0.12% 감소하고, 공업에 소모된 에너지는 전체 소모한 에너지 중 차지하는 비율이 1% 증가하면 전체 탄소 배출량이 2.86% 감소한다.

Table 7. Coefficient and Expected Relevance

Representation Symbol	Symbol	coefficient	Expected relevance
EC	Y	2.927860	
Energy-S	X1	1.712204	+
Scale	X2	-0.122239	-
Transfer-E	X3	1.608090	+
Technical	X4	0.370874	+
Energy-C	X5	-2.858183	-
Macro-economic	X6	0.201988	+

4. 결론

본 연구는 32년간의 데이터를 통해 분석하였지만 예상된 상관성과 분석결과에서 다른 점이 있었다. 첫째, 현재까지 그린기술개발에 대한 투입과 연구는 탄소 배출량을 줄이지 않았다. 혹은 탄소 배출에 영향이 별로 없다고 할 수 있다. 심지어 다른 업종에 도움을 주었지만 어느 정도 탄소 배출을 증가 시켰다. 둘째, 현재 고정관념으로 공업은 탄소 배출에 제일 큰 영향을 준다고 생각한다. 그러나 실증분석을 통해 공업규모가 1%증가하면 탄소 배출량을 0.12% 줄이고 공업에너지 소비강도가 1%증가하면 탄소 배출이 상응하게 2.86% 줄어든다. 이를 통해 공업은 탄소 배출에 대한 영향의 비중이 감소하고 있다는 것을 알 수 있다. 탄소 배출이 점차적으로 증가 하고 있

는 사실도 있기 때문에 다른 업종이 탄소 배출에 주는 영향이 점진적으로 가중되고 있다고 할 수 있다. 예를 들어 투여, 운송업, 통신업, 특히 중국 사람이 매우 중시하는 요식업 등이다.

본 연구의 분석을 통해 중국의 저탄소 경제로 발전하는 과정에서 석탄 등 1급 에너지 재료를 최대한 줄여야 한다. 특히 중국에서 지금 전력시설이 매우 발달했지만 사용하는 전력의 73.93%가 화력발전이다. 천연가스를 사용하면 탄소 배출을 줄일 수 있지만 풍력, 수력, 원자력 등 그린 에너지를 사용하는 것이 필수이다. 뿐만 아니라 화학공업, 중공업 등의 업종에서의 탄소 배출을 통제하는 동시에 다른 업종의 탄소 배출도 중시해야 하는 것은 전체 탄소 배출을 감소하기 위해 필수라고 할 수 있다.

본 연구는 한계점을 가지고 있다. 먼저 32년의 데이터를 정리하고 적합성(fitting)이 좋은 방정식을 도출하였지만, 중공업, 화학공업, 경공업, 제조업 등 여러 업종을 분리하지 않고 전체적인 공업으로 분석했다는 점이다. 둘째, 지역별 패널 데이터 분석을 수행하지 못하고 중국 전체의 거시적인 분석을 수행하였다. 마지막으로, 중국의 저탄소 경제로의 발전이 오래 되지 못해 단순히 본 연구에 나온 기술 발전과 투입이 탄소 배출에 대한 정비례라는 것은 참고 수준으로만 활용할 수 있다. 향후 이러한 점들을 고려하여 추가적인 연구가 필요하다.

References

- [1] K. M. Zhang, J. H. Pan, and D. P. Cui, Low Carbon Economy Research, pp.12-14. China Environmental Science Press, 2008.
- [2] X. Si Lee, X .Y. Lee, D. R. Wang, "Evaluation of Low Carbon Economic Development in Hebei Province Based on DPSIR Model", *Journal of Hebei University of Economics and Trade*, Vol.2, No.3, p.11, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14178/j.cnki.issn1007-2101.2014.02.007>
- [3] National Bureau of Statistics of China (NBSC), China Yearbook 1985-2017 [Internet]. China Statistical Press, c2018 [cited 2018 April 10], Available From: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/> (accessed Apr. 25, 2018).
- [4] A. S. Manne, R. G. Richels, "Buying Greenhouse Insurance: The Economic Costs of CO2 Emission Limits", *Journal of the Operational Research Society*, Vol.45, No.4, pp.479-480, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1057/jors.1994.67>
- [5] A. P. Kinzig, D. M. Kammen, "National Trajectories of

- Carton Emissions Analysis of Proposals to Foster the Transition to Low Carbon Economies", *Global Environmental Change*, Vol.8, No.3, pp.183-208, Oct. 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0959-3780\(98\)00013-2](https://doi.org/10.1016/s0959-3780(98)00013-2)
- [6] Department of Trade and Industry (DTI), Our Energy Future-Create a Low Carbon Economy, Energy White Paper Report, Department of Trade and Industry, U. K. pp.3-21.
- [7] Jing Bei, International Experience and Practice of Low Carbon Economy, Feasibility Study Report, International Cooperation Committee on Environment and Development of China, China, pp.6-8.
- [8] J. F. Fu, G. Y. Zhuang, Q. X. Gao, "Concept Identification and Evaluation Index System Construction of Low Carbon Economy", *Population, Resources and Environment of China*, Vol.20, No.8, p.22, Nov. 2010.
DOI: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-2104.2010.08.007>
- [9] National Bureau of Statistics of China (NBSC), China Electricity Report [Internet]. China Statistical Press, c2018 [cited 2018 February 10], Available From: <http://data.stats.gov.cn/search.htm?s=2017%E7%94%B5%E5%8A%9B%E6%8A%A5%E5%91%8A> (accessed Apr. 20, 2018).
- [10] R. Ramanathan, "A multi-factor efficiency perspective to The relationships among world GDP, energy consumption and carbon dioxide emissions", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.73, No.5, pp.483-494, Jun. 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.06.012>
- [11] S. E. Puliafito, J. L. Puliafito, M. C. Grand, "Modeling population dynamics and economic growth as competing species: An application to CO2 global emissions", *Ecological Economics*, Vol.65, No.3, pp.602-615, Apr. 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.010>
- [12] S. Y. Kim, S. J. Yoo, I. H. Oh, K. Y. Cho, Strategies for Building a Low-Carbon Economy System: Development of Economic, Energy and Environmental Integration Policy, p.12. Energy Economics Institute, 2008.
- [13] J. G. Jang, E. S. Yoo, Y. S. Lee, Direction of Science and Technology Policies for Responding to Economic Environment Changes and Expanding National Growth Engines, p.12, Science and Technology Policy Institute, 2009.
- [14] S. Shao, L. L. Yang, J. H. Cao, "Research on the Influencing Factors of Carbon Emission from Industrial Energy Consumption - Empirical Analysis of Dynamic Panel Data of Shanghai Sub-industry Based on STIRPAT Model", *Financial research*, Vol.11, No.4, pp.16-27, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.16538/j.cnki.jfe.2010.11.003>
- [15] W. B. Lu, T. T. Chou, L. Du. "Study on the Influencing Factors of Carbon Emissions in Different Stages of Economic Growth in China", *Economic Research*, Vol.4, No.7, pp.11-13, 2013.
- [16] Z. Y. Hu, L. W. Tang, J. Su, "Carbon Emissions and Economic Growth: Spatial Dynamic Effects and EKC Re-test", *Journal of Shanxi University of Finance and Economics*, Vol.12, No.5, pp.30-37, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.13781/j.cnki.1007-9556.2013.12.001>

진 사 가(Si Jia Chen)

[준(학생)회원]



- 2017년 8월 : 한양대학교 한중통번역학과 (문학학사)
- 2017년 8월 : 한양대학교 융합전자학과 (공학학사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : 한양대학교 정보시스템학과 석사과정

<관심분야>

지식경영, Big data, IT 경영 및 전략

안 중 창(Jong-Chang Ahn)

[정회원]



- 1994년 2월 : 고려대학교 경제학과 (경제학사)
- 2002년 8월 : 세종대학교 소프트웨어대학원 인터넷S/W학과 (공학석사)
- 2007년 8월 : 한양대학교 일반대학원 정보기술경영학과 (공학박사)
- 1996년 1월 ~ 2010년 8월 : (주)데이콤, SK브로드밴드 매니저
- 2010년 9월 ~ 현재 : 한양대학교 정보시스템학과 부교수

<관심분야>

정보시스템 사용자 행태, 지식경영, 전자상거래, IS감사