

인구 고령화가 에너지 사용과 탄소 배출에 미치는 영향

김동구^{1)*} · 박선영^{2)**}

The Impact of Population Aging on Energy Use and Carbon Emissions in Korea

Dong Koo Kim¹⁾ · Sunyoung Park²⁾

1) 삼성경제연구소(Samsung Economic Research Institute)

2) 포스코경영연구소(POSCO Research Institute)

제출: 2014년 2월 10일 수정: 2014년 5월 28일 승인: 2014년 6월 18일

국문 요약

한국의 인구 고령화가 가계소비구조의 변화를 통해 에너지 사용과 탄소 배출에 어떠한 영향을 미치는지를 2035년 까지 에너지원별·산업부문별로 전망하였다. 이를 위해 가구주 연령별 소비지출구조를 통해 산출된 가계소비지출의 양상 변화를 에너지 및 환경 산업연관표에 연계하여 분석하였다. 분석 결과에 따르면, 인구 고령화에도 불구하고 가계 소비지출로 인해 유발되는 에너지 사용량과 탄소 배출량은 2026년까지 증가세를 지속하며, 이후에도 상당 기간 높아진 에너지 사용 및 탄소 배출 수준을 유지할 것으로 전망된다. 에너지원별로는 천연가스 사용량의 증가가 두드러지는 반면, 원유 사용량은 상대적으로 이른 시기에 하락세로 돌아서는 것으로 분석된다. 산업부문별로는 주로 고령가구의 소비 비중이 높은 의료보건, 주거광열, 농림수산물 및 식품 등의 부문에서는 탄소배출량 증가가 두드러지나, 교육, 교통, 외식, 외박 등의 부문에서는 탄소배출량이 상대적으로 빨리 감소세로 전환될 전망이다. 아울러 최근 인구 고령화에 대비해 도입 논의가 활발한 기초연금제도와 유사한 정책 도입 시 에너지 사용과 탄소 배출에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서도 정책시뮬레이션으로 분석하였다.

■ 주제어 ■ 산업연관분석, 인구변화, 에너지 사용, 탄소 배출

Abstract

This research estimates the impact of population aging on energy use and carbon emissions by energy sources and by industrial sectors in Korea until 2035. For the estimation, the structural change in household consumption expenditure identified by the age-specific consumption pattern was analyzed in conjunction with energy and environment input-output tables. The estimation result presents that, despite the population aging, energy use and carbon emissions induced by household consumption continue to increase until 2026, and then that elevated levels of energy use and carbon emissions will be maintained for a considerable period of time. According to the estimation by energy sources, the use of natural gas will show substantial increase while the use of crude oil will switch to a downturn

* 제1저자: eastnine09@gmail.com

** 교신저자: psy0906@gmail.com

본고의 내용은 집필자들의 개인 의견으로 소속기관의 공식 견해와는 무관함을 밝혀둡니다.

at a relatively early period. According to the estimation by industrial sectors, carbon emissions in the sectors with relatively high consumption share of old households such as medical health, dwelling, lighting, heating, air-conditioning, and food will have substantial increase, whereas those in the sectors associated with education, transport, catering, and accommodation services will turn downward relatively early. In addition, the study analyzes through policy simulation the impact of aging-related policy similar to the basic pension system, which is recently being discussed for legislation, on energy use and carbon emissions.

■ **Keywords** ■ Input-output Analysis, Demographic Change, Energy Use, Carbon Emissions
JEL Codes: D57, J11, Q47, Q54

I. 서론

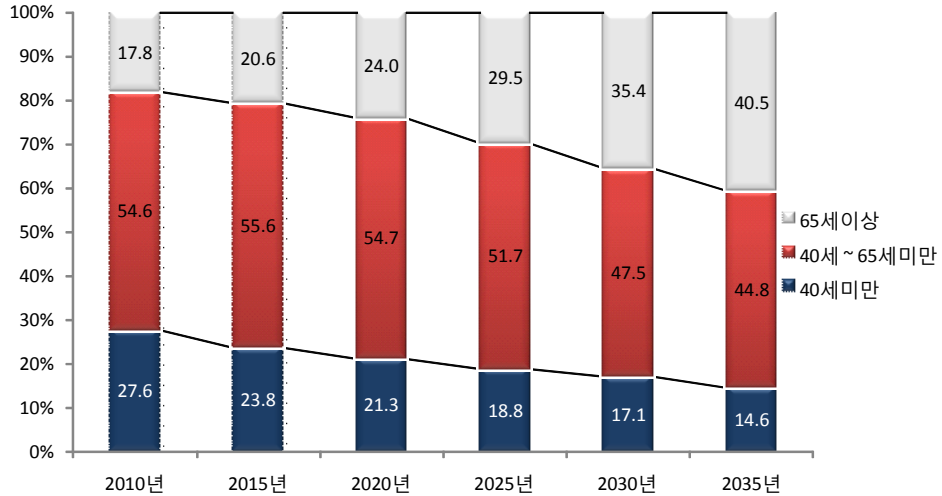
한국은 전세계에서 유례없는 경제적 고도성장을 이룩한 반면, 인구구조의 변화 측면에서도 세계에서 가장 빠른 고령화가 진행되고 있는 국가이다. 경제성장의 결실로 증대된 소득수준과 의료기술 및 제약산업의 발달에 힘입어 기대수명이 1970년 여성 65.6세, 남성 58.7세에서 2010년 현재 각각 84.1세와 77.2세까지 늘어났다. 이는 향후에도 지속적으로 늘어나 2060년에 이르면 여성의 기대수명은 90.3세, 남성은 86.6세까지 증가할 전망이다¹⁾. 반면, 여성 1명이 평균적으로 출산하는 아기의 수를 의미하는 합계출산율은 2010년 현재 1.23명에 불과해 현재의 인구수준을 유지하는 데 필요한 출산율 2.1명에 비해 현저히 낮은 수준을 기록하고 있다. 통계청(2011b)에 따르면, 출산율 저하 현상은 앞으로도 상당기간 크게 개선되기는 어려울 전망이다.

이처럼 기대수명의 증가와 낮은 출산율의 지속이라는 두 인구학적 변화는 한국의 사회와 경제를 비롯해 다양한 분야에 심대한 영향을 미칠 전망이다. 특히, 인구 고령화는 <그림 1>에 제시된 바와 같이 가구주의 연령이 65세 이상인 고령가구(old household)의 비중을 2010년 17.8%에서 2035년 40.5%까지 증가시킬 전망이다. GDP의 절반 이상을 구성하는 가계소비지출은 일반적으로 가구의 구성형태에 따라 다양한 지출특성을 보인다. <표 1>에 제시된 것과 같이 고령가구는 가구주 연령이 만 65세 미만인 청장년가구에 비해 소비지출액의 절대적인 규모가 작고, 주로 식료품, 보건 및 주거 등과 관련된 부문의 지출비중이 상당히 높은 특징을 보인다. 이러한 측면에서 인구 고령화는 소비지출의 3/4 이상을 차지하는 가계소비지출 구조에 변화를 가져오고, 이는 다시 부

1) 통계청(2011b), 『장래인구추계: 2010년~2060년』의 중위전망 기준.

문별 생산구조의 변화를 통해 부문별·에너지원별 에너지사용 및 탄소배출량의 변화를 초래할 것으로 예상된다.

그림 1 가구주 연령그룹별 가구의 비중변화 전망



자료: 통계청, 2012, 「장래가구추계: 2010년~2035년」의 중위전망을 토대로 저자가 계산.

표 1 가구주 연령그룹별 연평균 소비지출 규모와 비중(2010년 기준)

(단위: 천 원, %)

구분	40세미만		40세~65세미만		65세이상	
	금액	비중	금액	비중	금액	비중
1. 식료품및비주류음료	3,060	11.9	3,666	13.7	2,715	22.0
2. 주류및담배	335	1.3	336	1.3	168	1.4
3. 의류및신발	1,795	7.0	1,706	6.4	533	4.3
4. 주거및수도광열	2,757	10.8	2,701	10.1	2,135	17.3
5. 가정용품및가사서비스	1,136	4.4	908	3.4	594	4.8
6. 보건	1,543	6.0	1,614	6.1	1,870	15.2
7. 교통	3,414	13.3	3,081	11.6	1,010	8.2
8. 통신	1,548	6.0	1,659	6.2	558	4.5
9. 오락·문화	1,591	6.2	1,433	5.4	549	4.5
10. 교육	2,180	8.5	3,922	14.7	193	1.6
11. 음식·숙박	3,381	13.2	3,469	13.0	1,093	8.9
12. 기타상품및서비스	2,914	11.4	2,160	8.1	900	7.3
합계	25,652	100	26,657	100	12,317	100

자료: 통계청, 2011a, 「2010년 가계동향조사」 미시자료를 토대로 저자가 계산.

그간 국내에서는 하이브리드(에너지 및 환경) 산업연관표를 활용해 산업별 에너지 사용량과 이산화탄소 배출량을 파악하고 이를 구조분해분석한 연구가 많이 있었다(박준영, 허은녕, 2002; 심상렬, 2005; 최한주, 이기훈, 2006; 박창귀, 2009; 박창귀, 이기훈, 2011; 김윤경, 2006, 2011 등). 최근에는 이러한 탄소배출량 산출결과를 다양한 분야에 접목해보려는 연구들도 증가했다. 대표적으로 표학길 외(2010)는 탄소배출량이 경제성장에 미치는 영향을 고려한 녹색성장회계 분석을 통해 한국의 탄소배출 저감노력이 경제성장에 도움이 됨을 보였고, Park and Kim(2011)은 탄소배출권에 대한 초기배분을 어떤 규칙에 의해 결정하느냐에 따라 경제성장에 미치는 영향이 다르다는 점을 분석했다. 정용훈, 김수이(2012)는 한국의 탄소배출량과 경제성장 간의 관계가 역의 U자 형태로 나타남을 보여 환경쿠르네즈곡선이 한국에서도 확인된다는 점을 분석했으며, Park and Lee(2013)은 환경사회계정행렬(e-SAM)을 구축하여 한국의 산업별 생산활동이 화석에너지 소비와 이산화탄소 배출에 미치는 파급효과를 분석했다.

그러나 인구고령화가 에너지사용 또는 탄소배출에 미치는 영향에 대한 연구는 찾아보기가 어렵다. 원두환(2012)이 인구고령화를 고려해 2025년까지 가정용 전력수요를 전망하였고, 공성용, 장현정(2010)이 고령화 사회가 야기시킬 환경이슈에 대해 파악하기는 하였으나, 전자는 가정용 전력수요만을 다루었고 후자는 기존 연구와 보고서, 통계자료 정리에만 그쳤다는 한계가 있다.

외국에서도 관련 연구는 그리 많지가 않은데, Dalton et al.(2008)은 인구고령화를 PET(Population-Environment-Technology) 모형에 적용해 미국의 인구구조 변화가 에너지사용 및 탄소배출에 미치는 영향을 2100년까지 추정하였다. 그 추정결과에 따르면, 인구고령화는 탄소배출량을 최대 40%까지 감소시키는 것으로 제시되었다. Kronenberg(2009)는 인구구조 변화에 따른 독일의 소비구조 변화가 에너지사용 및 온실가스 배출에 미치는 영향에 대해 2030년까지 분석하였으며, 인구구조 변화에도 불구하고 상당기간 에너지사용 및 온실가스 배출 감소는 발생하지 않을 수도 있다는 결과를 제시했다.

본 연구에서는 Kronenberg(2009)에서 사용된 방법론과 에너지 및 환경 산업연관표 구축을 통해 한국의 인구고령화가 가계소비구조의 변화를 통해 에너지원별·산업부문별 에너지사용 및 탄소배출에 어떠한 영향을 미치는지를 파악해보고자 한다. 아울러 인구고령화에 대비해 최근 도입이 활발히 논의되고 있는 '기초연금제도'와 같은 정책이 시행될 경우, 에너지사용 및 탄소배출에 어떠한 파급효과를 가져오는지에 대해서도 정책시뮬레이션 결과를 제시하였다.

II. 분석방법 및 이용자료

인구구조 변화가 에너지 사용량과 탄소 배출량에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위해 본 연구는 다음과 같이 두 가지 연구방법을 단계적으로 이용하였다. 먼저, 가구주의 연령에 따라 가계의 소비지출양상이 바뀌는 점에 주목해 인구구조의 변화에 따른 장래 소비구조의 변화를 분석하였다. 이를 산업연관표의 부문별 가계 최종소비지출액으로 변환해주는 작업까지가 1단계 분석에 해당한다. 2단계 작업은 에너지 및 환경 산업연관표를 구축하고, 1단계에서 도출된 부문별 가계 최종소비지출액을 이 표들에 연동해 인구구조 변화에 따른 기간별·부문별·에너지원별 에너지사용 및 탄소배출량의 변화를 분석하는 것이다.

구체적으로 1단계 작업에서는 Kronenberg(2009), Albuquerque and Lopes(2010), 김동구, 박선영(2013) 등에 이용된 방법론을 활용하였다. 우선, 통계청(2011a)의 가계동향조사 미시자료(micro data)에서 가구주의 연령에 따라 다음의 세 그룹으로 나누어 소비지출의 특성을 파악하였다. 연령그룹은 만 40세와 65세를 기준으로 가구주 연령이 만 40세 미만인 경우에는 청년가구(young household), 40세~65세 미만은 중년가구(middle-aged household), 65세 이상은 노년가구(old household)로 구분하였다. 국제 COICOP(Classification Of Individual CONsumption by Purpose) 기준에 따라 g 연령 그룹에 속한 가구들이 소비지출의 12개 목적별²⁾ 소비지출한 금액(C_j^g)은 아래와 같이 구성된다.

$$C_j^g = H^g \gamma_j^g c^g \quad (1)$$

여기에서, C_j^g : g연령그룹에 속한 가구들이 j목적에 소비지출한 총액

H^g : g연령그룹에 속하는 가구수

γ_j^g : g연령그룹에 속한 가구가 j목적에 소비지출하는 비율

c^g : g연령그룹에 속한 한 가구의 소비지출액

2) COICOP 12개 부문: 1) 식료품및비주류음료, 2) 주류및담배, 3) 의류및신발, 4) 주거및수도광열, 5) 가정용품및가사서비스, 6) 보건, 7) 교통, 8) 통신, 9) 오락·문화, 10) 교육, 11) 음식·숙박, 12) 기타상품및서비스.

이렇게 연령그룹별로 산출된 소비지출목적별 지출액을 전체 연령그룹에 대해 합산하면, 아래와 같이 12개 목적별 소비지출총액(C_j)이 도출된다.

$$C_j = \sum_{g=y,m,o} C_j^g \quad (2)$$

분석에 이용된 자료들은 특별한 경우를 제외하고는 2010년을 기준으로 하였는데, 이는 통계청(2012)의 장래가구추계가 2010년을 전망의 기준연도로 삼고 있고 한국은행의 최신 산업연관표가 2010년을 기준으로 하고 있기 때문이다. 분석 자료로 사용된 각 변수들의 2010년 기준값은 <표 2>에 제시되어 있다.

표 2 가구주 연령그룹별 가구 수 및 소비지출 특성(2010년 기준)

(단위: 가구, %, 원, 10억 원)

구 분		청년가구(y)	중년가구(m)	노년가구(o)
g그룹 가구 수(H^g)		4,799,512	9,473,248	3,086,573
g그룹의 j목적 지출비중(γ_j^g)	1.식료품및비주류음료	11.9	13.7	22.0
	2.주류및담배	1.3	1.3	1.4
	3.의류및신발	7.0	6.4	4.3
	4.주거및수도광열	10.8	10.1	17.3
	5.가정용품및가사서비스	4.4	3.4	4.8
	6.보건	6.0	6.1	15.2
	7.교통	13.3	11.6	8.2
	8.통신	6.0	6.2	4.5
	9.오락·문화	6.2	5.4	4.5
	10.교육	8.5	14.7	1.6
	11.음식·숙박	13.2	13.0	8.9
	12.기타상품및서비스	11.4	8.1	7.3
g그룹 한 가구의 소비지출액(c^g)		25,652,379	26,657,453	12,316,543
g그룹의 j목적 지출액(C_j^g)	1.식료품및비주류음료	14,688	34,732	8,379
	2.주류및담배	1,608	3,186	518
	3.의류및신발	8,615	16,165	1,645
	4.주거및수도광열	13,231	25,587	6,589
	5.가정용품및가사서비스	5,453	8,603	1,834

인구 고령화가 에너지 사용과 탄소 배출에 미치는 영향

구 분	청년가구(y)	중년가구(m)	노년가구(o)
6.보건	7,403	15,292	5,771
7.교통	16,384	29,188	3,117
8.통신	7,430	15,720	1,722
9.오락·문화	7,634	13,577	1,694
10.교육	10,462	37,150	595
11.음식·숙박	16,226	32,867	3,374
12.기타상품및서비스	13,985	20,466	2,778
계	123,119	252,533	38,016

자료: 통계청, 2011a, “2010년 가계동향조사” 미시자료를 토대로 저자가 계산.

본 연구에서는 분석의 편의상 각 연령그룹의 2010년 현재 소비패턴이 장래에도 바뀌지 않는다고 가정하여 개별가구의 소비지출액(c^g)과 소비지출 중에서 특정 목적에 지출하는 비중(γ_j^g)이 일정하다고 보았다. 따라서 특정 연령그룹에 속한 가구의 수 변화에 따라³⁾ 연도별로 상이한 총소비지출액과 12개 지출목적별 소비지출액을 확보할 수가 있게 된다.⁴⁾ 이렇게 확보된 2010년에서 2035년까지 26년간의 연도별 행과 가계의 12개 지출목적 열로 구성된 소비지출액 행렬($C_{26 \times 12}$)을 산업연관표의 부문별 가계 최종소비지출로 변환해주기 위해서는 변환표가 필요하다. 그러나 한국에서는 소비목적별 가계지출액을 파악하는 가계동향조사는 통계청이, 산업연관표 작성은 한국은행이 각각 나누어 담당하고 있어 목적별 소비지출-산업연관표 변환표를 구할 수가 없었다. 따라서 본 연구에서는 Kronenberg로부터 제공받은 독일통계청의 변환표를 이용하였다.

3) 계산과정에서 필요한 연령그룹별 가구수는 통계청(2012)의 장래가구추계에서 중위전망 결과를 이용하였다.

4) 본 연구에서는 장래 소비지출 구조 및 규모를 추산함에 있어 경제성장이 전혀 고려되지 않고, 현재의 가구별 소비구조가 그대로 유지되는 상황에서 인구고령화에 따른 가구 구조의 변화가 유발하는 효과만을 고려하였다. 경제성장 등 경제 규모의 변화, 산업구조의 변화 등을 고려하는 것이 보다 현실에 부합하는 추산이겠으나, 현실적으로 경제성장의 과실이 가구 유형별로 배분되는 정도가 상이하여 예측이 어렵고, 산업구조의 변화를 정확히 전망하는 것도 쉽지 않다는 점에서 해당 정보들을 예측하여 추가하는 것은 상당한 추가연구가 필요한 실정이다. 또한 이렇게 추가적인 전망을 하는 것이 추산의 정확도를 결정적으로 높인다고 보기는 어렵다. 오히려 본 연구에서와 같이 인구고령화에 따른 가구구조 변화의 영향에 집중하는 것이 연구의 주목적에 부합한다고 하겠다.

표 3 독일 통계청의 변환표 구조

		소비지출목적(COICOP)						합계
		1(식품)	2	...	<i>j</i>	...	<i>m</i>	
산업연관표 산업분류(IO)	1(농수산물)	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	...	$V_{1,j}$	...	$V_{1,m}$	C^1
	2	$V_{2,1}$	$V_{2,2}$	...	$V_{2,j}$	...	$V_{2,m}$	C^2
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	<i>i</i>	$V_{i,1}$	$V_{i,2}$	...	$V_{i,j}$	...	$V_{i,m}$	C^i
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	<i>n</i>	$V_{n,1}$	$V_{n,2}$	...	$V_{n,j}$	...	$V_{n,m}$	C^n
	합계	C_1	C_2	...	C_j	...	C_m	\bar{C}

자료: Kronengerg, 2009.

독일통계청의 변환표는 <표 3>에 제시되어 있는 바와 같이 특정 소비지출목적(COICOP)에 사용된 지출액을 산업연관표의 산업분류(IO)에 해당하는 금액으로 변환해주는 V 행렬로 구성되어 있다. 예를 들어, $V_{1,1}$ 은 가계에서 (1)식품 목적으로 소비지출한 금액 중에서 산업연관표의 (1)농수산물 구매에 얼마만큼 사용했는지를 알려주는 변환계수이다. 변환계수의 정의상 j소비목적에 이용된 소비지출액 C_j 는 변환행렬 j열의 변환계수들을 모두 합한 것과 같고, 산업연관표의 i품목에 대한 소비지출액 C^i 는 변환행렬 i행의 변환계수들을 모두 합한 것과 같다.

$$C_j = \sum_{i=1}^n V_{i,j}, \quad C^i = \sum_{j=1}^m V_{i,j} \quad (3)$$

앞에서 통계청(2011a)의 가계동향조사 미시자료와 장래가구추계 결과를 토대로 산출된 26년간 12개 소비목적별 소비지출액 행렬($C_{26 \times 12}$)을 독일통계청 변환행렬의 전치행렬(V')에 행렬곱해주면, IO품목별 가계소비지출에 대한 전망치를 연도별로 산출할 수 있다. 독일 통계청의 변환표는 독일판 COICOP기준인 SEA98(Systematic Verzeichnis der Einnahmen und Ausgaben der privaten Haushalte; Systematic Directory of Revenue and Expenditure of Households) 41부문을 독일의 산업연관표 분류 71부문으로 변환해주는 표인데, 본 연구에서는 이를 우리나라 가계동향조사의 COICOP 12개 부문과 산업연관표의 26개 부문으로 각각 통합해주어 사용하였다.

2단계 작업에 들어가기에 앞서 독일통계청의 COICOP-IO 변환표를 한국에 적용하는 것이 타당성이 있는지 살펴보자. 우선, 독일통계청의 변환표에서 지출목적별 소비지출은 UN통계국에서 국제비교를 목적으로 구축한 COICOP 기준을 이용한 SEA98의 분류를 따르고 있다. 이는 독일의 실정에 맞도록 가계소비지출을 41개 부문으로 조사한 것으로 COICOP 기준의 12개 대분류로 통합된다. 한국 통계청의 가계동향조사는 COICOP 기준을 그대로 따르므로 이 역시 12개 대분류로 통합된다. 따라서 둘 간의 작성기준은 동일하다. 한편, 독일과 한국의 산업연관표에 사용된 산업분류도 역시 UN의 국제표준산업분류(ISIC)와 일치성(consistent)이 있는 형태로 작성되었다. 두 국가의 산업연관표 간 산업분류상의 통일성을 유지하기 위해, 독일 산업연관표의 71부문을 품목별로 세부항목을 검토하고 한국 산업연관표는 통합중분류(78부문)를 토대로 세부항목을 기본부문(403부문)까지 점검하였다. 이러한 세부항목별 검토를 통해 서로 어긋나는 부문이 없도록 산업분류를 26개 부문으로 통합하였다. 따라서 두 국가의 COICOP 12개 부문과 IO표 26개 부문 간의 산업분류 기준은 동일하다⁵⁾.

표 4 독일과 한국의 지출목적별 가계소비지출 비중: 2003~2012년 평균

(단위: %, %p)

구분	독일(A)	한국(B)	격차(A-B)
1.식품및비주류음료	11.3	12.8	-1.6
2.주류및담배	3.3	2.5	0.8
3.의류및신발	5.0	5.3	-0.2
4.주거및수도광열	24.3	17.2	7.1
5.가정용품및가사서비스	6.5	3.4	3.0
6.보건	4.7	5.9	-1.1
7.교통	14.0	11.6	2.4
8.통신	2.8	4.7	-1.9
9.오락·문화	9.2	8.0	1.3
10.교육	0.9	7.0	-6.1
11.음식·숙박	5.6	8.4	-2.7
12.기타상품및서비스	12.4	13.3	-0.9

자료: OECD Statistics.

5) 자세한 통합 산업분류는 부록의 부표 1과 2에 제시되어 있다.

독일과 한국 간의 지출목적별 가계소비구조를 살펴보면, 상당한 정도의 유사성이 발견된다. <표 4>에서 제시된 것과 같이, 2003~2012년간 10개년 평균⁶⁾ 가계소비지출 비중에서 독일은 4.주거및수도광열(24.3%), 7.교통(14.0%), 1.식료품및비주류음료(11.3%) 순으로 지출비중이 높고, 한국은 4.주거및수도광열(17.2%), 1.식료품및비주류음료(12.8%), 7.교통(11.6%) 순으로 확인된다. 다만, 독일에서는 4.주거및수도광열 목적의 소비지출 비중이 한국보다 7.1%p 높은 것으로 나타나는데, 이는 한국에만 존재하는 특수한 주택임대차제도인 전세(傳賃) 제도 때문일 것으로 판단된다. 전세제도의 존재로 한국은 월세를 납부하는 것보다 주거비 등에서 비용부담이 적다. 반면, 10.교육 항목에서는 한국이 독일보다 6.1%p 높은 것으로 확인되는데 이는 한국인의 높은 교육열로 인한 사교육비 지출부담이 크기 때문이다. 최근 한국에서 전세 제도가 빠르게 월세로 전환되고 있고, 사교육비 지출 규모도 출생률 저하로 학생 인구가 줄어들면서 2009년 이후 지속적인 감소세를 유지하고 있다⁷⁾는 점에서 향후 한국과 독일 간의 소비구조의 유사성은 더욱 높아질 가능성이 크다.

한편, 독일과 한국의 에너지 소비구조 역시 매우 유사성이 높은 것이 확인된다. <표 5>에서 제시된 바와 같이 양국 모두 1차 에너지 소비비중이 석유, 석탄, 가스, 원자력, 수력·신재생및기타 순으로 나타난다. 에너지원별로 살펴보면, 양국의 1차 에너지 소비비중의 격차가 전혀 없지는 않지만 다른 국가들에 비해서는 그리 큰 격차가 난다고 보기 어렵다. 이는 두 국가 모두 OECD회원인 선진국이며 수출제조업(특히 중화학공업) 중심의 경제구조를 가지고 있기 때문으로 판단된다.

표 5 독일과 한국의 1차 에너지원별 에너지소비비중: 열량기준, 2002~2011년 평균

(단위: %, %p)

구분	독일(A)	한국(B)	격차(A-B)
석유	35.1	39.4	-4.3
석탄	24.0	26.0	-2.0
가스(LNG, LPG)	22.1	18.1	4.0
원자력	11.8	14.0	-2.1
수력·신재생및기타	7.0	2.5	4.4

자료: 독일경제에너지부, 2013; 지식경제부·에너지경제연구원, 2012.

6) 특정연도의 소비지출 비중은 단기적인 충격에 따라 변동성이 높을 가능성이 있으므로 최근 10개년 평균값을 사용하였다.

7) 통계청(2014)에 따르면, 2013년 초·중·고등학교 사교육비 총액은 약 18조 6천억 원으로 2012년 대비 4천억 원(-2.3%) 감소한 것으로 추산된다.

가계의 주요 최종에너지원인 전력생산량을 에너지원별로 살펴보면 상당한 유사성이 발견된다. <표 6>에서 확인되듯이 두 국가 모두 발전용 에너지원으로 석탄과 원자력이 1, 2위로 사용되고 있으며 화석연료(석탄, 천연가스, 석유제품)를 사용하는 발전 비중은 독일이 59.3%, 한국이 60.6%로 1.3%p 밖에 차이하지 않는다. 본 연구에서는 에너지소비 중에서 특히 탄소를 배출시키는 화석연료에 주목하고 있는 바, 양국의 화석연료 발전비중이 거의 같다는 점은 주목할 만한 유사성이라고 할 수 있다. 양국 간 발전비중의 격차는 한국의 경우 원자력 비중이 높은 반면, 독일은 수력·신재생 및 기타의 비중이 높다는 점에서 기인하는 바가 크다. 하지만 이들 부문은 온실가스를 배출하지 않는다는 점에서 본 연구에서 주목할 만한 차이점은 아니다.

표 6 독일과 한국의 에너지원별 발전비중: 2002~2011년 평균

(단위: %, %p)

구분	독일(A)	한국(B)	격차(A-B)
석탄	45.6	39.2	6.4
원자력	24.2	36.4	-12.2
천연가스	12.1	16.8	-4.7
석유제품	1.6	4.6	-3.0
수력·신재생및기타	16.5	2.9	13.6
화석연료(석탄+천연가스+석유제품)	59.3	60.6	-1.3

자료: AG Energiebilanzen e.V. 2013; 지식경제부·에너지경제연구원, 2012.

이상에서 살펴본 바와 같이 독일과 한국 간의 산업분류 기준이 동일하거나 일치하게 조정되었고, 지출목적별 가계소비구조에서 유사성이 있으며, 에너지소비 및 발전용 에너지구조에서 유사성이 높다는 점이 확인되었다. 따라서 세부항목에서 다소간의 차이에도 불구하고 독일의 COICOP-IO 변환표를 한국에 적용하는 것은 큰 무리가 없는 것으로 판단된다.

다음으로 2단계 작업인 에너지 및 환경산업연관표 구축을 위해서 최한주, 이기훈(2006), 박창귀(2009), 표학길 외(2010), Park and Kim(2011) 등에서 이용된 하이브리드 산업연관표 작성방법을 이용했다. 구체적으로 설명하면, n개의 산업으로 구성된 경제에서 m개의 에너지 산업이 있다고 하자. 산업연관표의 거래행렬 Z에서 무연탄, 유연탄, 원유, 천연가스의 4가지 1차 에너지⁸⁾ 부문에 대한 투입금액을 에너지물량 단위로

전환하거나, 에너지물량에 탄소배출계수를 적용해 탄소배출량 단위로 전환해준 하이브리드 형태를 Z^* 라고 하자. 총산출벡터 X 와 최종수요벡터 Y 도 각각 하이브리드 형태로 변환해주고 X^* 와 Y^* 라고 하자. 경제 전체에서 에너지사용(또는 탄소배출) 총량을 Q 라고 하면, 하이브리드 형태인 Q^* 벡터는 에너지(또는 탄소배출) 벡터인 Q_j 와 나머지 영벡터(zero vector)로 이루어진다.

$$Z^* = \begin{pmatrix} Z_j : \text{에너지(탄소) 행} \\ Z_k : \text{非 에너지(탄소) 행} \end{pmatrix}_{n \times n} \quad Y^* = \begin{pmatrix} Y_j : \text{에너지(탄소) 행} \\ Y_k : \text{非 에너지(탄소) 행} \end{pmatrix}_{n \times 1}$$

$$X^* = \begin{pmatrix} X_j : \text{에너지(탄소) 행} \\ X_k : \text{非 에너지(탄소) 행} \end{pmatrix}_{n \times 1} \quad Q^* = \begin{pmatrix} Q_j : \text{에너지(탄소) 행} \\ 0 : \text{非 에너지(탄소) 행} \end{pmatrix}_{n \times 1}$$

여기에서, $j = 1, 2, \dots, m, \quad k = m + 1, \dots, n.$

여기에서 거래행렬 Z^* 의 각 원소를 해당 열에 속해 있는 총산출 X^* 의 원소로 나누어주면 하이브리드 형태의 투입계수 A^* 가 도출된다. 이는 아래와 같이 X^* 를 대각화(diagonalized)하여 역행렬로 변환해 곱해주면 손쉽게 계산이 가능하다.

$$A^* = Z^*(\widehat{X^*})^{-1} \tag{4}$$

여기에서, $\widehat{X^*}$: X^* 를 대각화한 행렬($n \times n$)

에너지사용(또는 탄소배출) 총량을 의미하는 Q^* 벡터를 대각화하여 행렬로 만들어준 뒤 비(非)에너지(또는 탄소) 열을 제거해 \widehat{Q} 를 만들어주고, 여기에 X^* 를 대각화하여 역행렬로 변환해 곱해주고 생산유발계수 $(I - A^*)^{-1}$ 를 곱해주면, 총 에너지(탄소)유발계수 δ 가 얻어진다. 이는 특정 산업에서 상품 한 단위를 생산함으로써 전 산업에서 유발되는 에너지사용량(또는 탄소배출량)을 의미한다. 직접 에너지(탄소)유발계수

8) 에너지 간의 중복계산을 피하기 위해 1차 에너지만을 분석 대상으로 하였다. 구체적으로 산업연관표의 403부문별 기본부문 표에서 30.무연탄, 31.유연탄, 32.원유, 33.천연가스(LNG) 산업을 에너지 부문으로 이용해주었으며, 이들에게 적용된 탄소배출계수는 IPCC(1997)에 따른 것으로 각각 1.1, 1.059, 0.829, 0.63 (ton C/toe)이다.

α 는 \hat{Q} 행렬에 X^* 를 대각화하여 역행렬로 변환해 곱해주고 투입계수 A^* 를 곱해서 얻어진다. 이는 특정 산업에서 상품 한 단위를 생산함으로 인해서 그 산업에서 직접 유발되는 에너지사용량(또는 탄소배출량)을 의미한다. 간접 에너지(탄소)유발계수 β 는 총 유발계수 δ 에서 직접 유발계수 α 를 차감해준 값이다.

$$\delta = \hat{Q}(\hat{X}^*)^{-1}(I - A^*)^{-1} \quad (5)$$

$$\alpha = \hat{Q}(\hat{X}^*)^{-1}A^*$$

$$\beta = \delta - \alpha$$

여기에서 \hat{Q} : Q^* 를 대각화한 후 非에너지(탄소)열을 제거한 행렬($m \times n$)

이렇게 도출된 총 유발계수 δ 에 최종수요를 곱해주면, 최종수요를 충족시키기 위해 유발되는 에너지사용량 또는 탄소배출량이 구해진다. 본 연구에서는 에너지 및 환경산업연관표 구축을 위해 한국은행(2012)의 2010년 산업연관표(연장표)를 이용하였다. 2010년 연장표에서는 403부문별 거래표가 제공되지 않는 관계로, 403부문별 거래표가 필요한 일부 부문의 작업에는 2009년 산업연관표(연장표)의 비율을 적용하여 추산해주었다. 총 26개 부문별로 산출된 에너지사용 및 탄소배출 유발계수는 부록에 <부표 3>으로 수록되어 있으며, 산출된 유발계수에 앞의 1단계에서 도출된 연도별·부문별 가계 최종소비지출액을 곱해주어 2010년~2035년 기간 인구 고령화에 따른 부문별·에너지원별 에너지 사용 및 탄소 배출량을 전망하였다.

III. 분석결과

1. 인구 고령화에 따른 에너지 사용 및 탄소 배출 변화

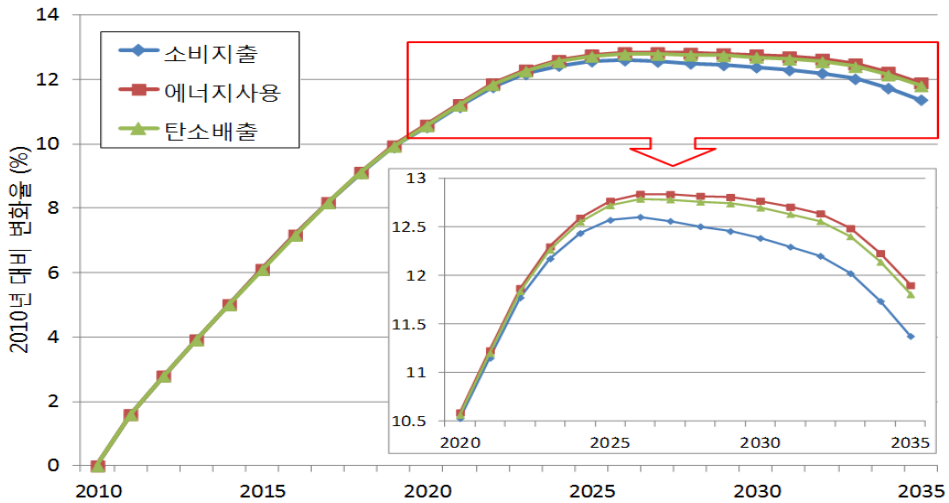
인구 고령화에 따른 소비구조 변화와 에너지 및 환경 산업연관표 구축을 통해 구해진 결과는 다음과 같다. 우선, 총량 측면에서 가계소비지출과 그로 인해 유발된 에너지 사용 및 탄소배출은 거의 유사한 흐름(trend)을 보일 것으로 전망된다. 비교의 편의를 위해 연도별 소비지출, 에너지사용 및 탄소배출량의 2010년 대비 변화율을 살펴보자

(표 7, 그림 2 참조). 가계소비지출 중 국내에서 에너지소비와 탄소배출을 유발하는 국산거래액은 증가세를 이어가다 2026년에 2010년 대비로 12.6% 증가한 수준에서 정점을 기록한 뒤, 하락세로 돌아서 2035년에는 2010년 대비 11.4% 증가한 수준을 보일 전망이다. 가계소비지출로 인해 유발된 에너지사용과 탄소배출 역시 2026년에 2010년 대비로 12.8% 증가하며 정점을 찍은 뒤, 2035년에는 2010년 대비 각각 11.9%와 11.8% 증가한 수준까지 하락할 전망이다.

표 7 인구고령화에 따른 가계 최종소비지출, 에너지 사용 및 탄소 배출

구 분	2010년	2035년	변화율(%)
가계 최종소비지출(국산거래액, 10억 원)	542,933	604,684	11.4
에너지 사용(천 TOE)	58,019	64,921	11.9
무연탄	934	1,043	11.6
유연탄	20,314	22,895	12.7
원유	22,927	25,075	9.4
천연가스	13,843	15,908	14.9
탄소 배출(천 TC)	50,268	56,202	11.8

그림 2 인구고령화에 따른 소비지출, 에너지사용, 탄소배출 변화율(%)



인구 고령화에도 불구하고 소비지출로 인해 유발되는 에너지사용 및 탄소배출량은 상당기간 증가세를 유지하는 점이 특징이다. 이는 고령화로 인해 난방수요 증가 등 에너지사용 증가가 자동차 이용 감소 등으로 인한 에너지사용 감소분을 상당수준 대체하기 때문인 것으로 파악된다. 또한, 2026년 이후에도 에너지사용과 탄소배출에서는 소비지출보다 하락속도가 느리고 상당기간 높아진 에너지 사용량 및 탄소배출량 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 따라서 Dalton et al.(2008)이 미국의 자료를 토대로 제시한 것과 같이 인구고령화와 함께 탄소배출량이 대폭 감소하리라는 전망은 수요측면을 고려할 때에는 실현가능성이 높지 않을 수 있음을 시사한다.

인구고령화에 따른 에너지사용의 변화율을 에너지원별로 좀 더 상세히 살펴보자(표 7, 그림 3 참조). 1차 에너지 중, 가장 사용량의 증가가 두드러지는 것은 천연가스이다. 천연가스는 다른 에너지원들보다 뒤늦은 2032년까지 사용량이 늘어나 2010년 대비 15.2% 증가한 수준에서 최고치를 기록하고 이후 하락세로 돌아서 2035년에는 2010년 대비 14.9% 증가한 수준이 될 전망이다. 무연탄과 유연탄은 각각 2026년과 2030년에 2010년 대비 12.7%와 13.4% 증가한 수준에 도달하고 이후 하락세로 반전, 2035년에는 각각 2010년 대비로 11.6%와 12.7% 증가한 수준까지 하락할 것으로 보인다. 한편, 원유사용량은 가장 빠른 2025년에 2010년 대비 11.6% 수준에서 정점에 도달한 뒤, 빠르게 하락하여 2035년에는 2010년 대비 9.4% 증가한 수준까지 낮아질 것으로 분석된다. 이는 인구고령화가 진행되면 고령층의 소비지출액에서 큰 비중을 차지하는 주거광열비에 대한 소비지출은 증가해 천연가스와 전기 등에 대한 사용량이 느는 반면, 자가용 이용 등 교통관련 소비지출은 상대적으로 감소해 석유류 사용이 줄어들기 때문으로 판단된다. 이처럼 인구 고령화로 인한 소비구조 변화는 에너지 사용량의 변화가 에너지원별로 다양한 양상을 보이도록 영향을 미친다. 따라서 에너지 수급계획 수립 등에서 인구 고령화는 참고해야 할 중요한 요소라 하겠다.

그림 3 인구고령화에 따른 에너지원별 에너지사용 변화율(%)

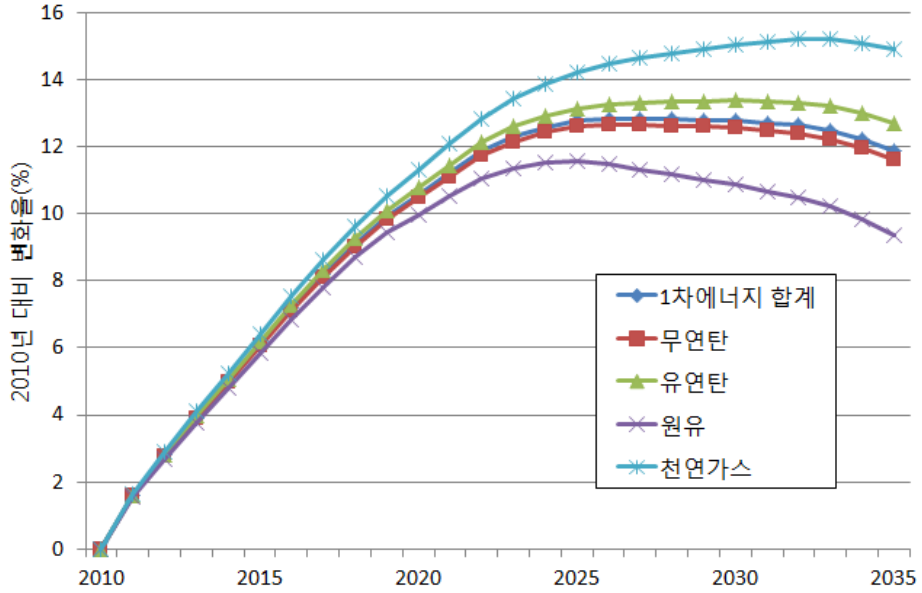
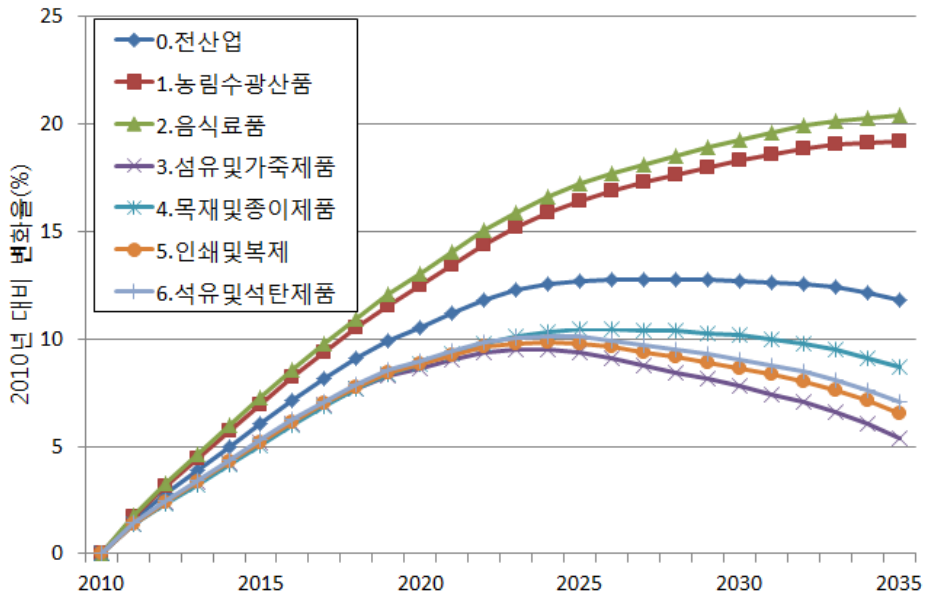


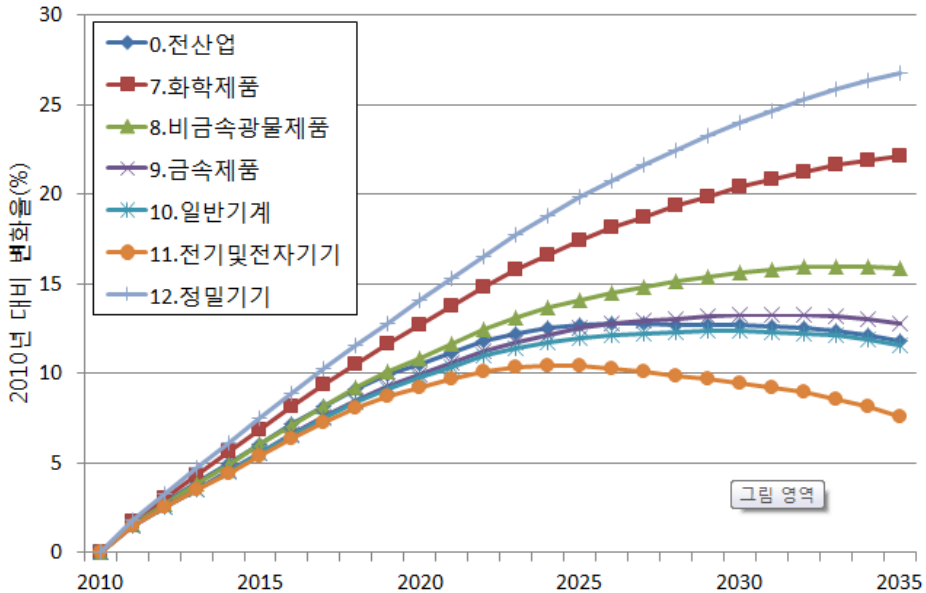
그림 4 인구고령화에 따른 산업별 탄소배출 변화율 I (%)



<그림 4>를 통해 인구 고령화에 따른 소비구조 변화가 26개 산업부분별로 탄소배출량 변화에 어떠한 영향을 미칠 것인지 살펴보자. 앞에서 언급했듯이 전산업의 탄소배출량은 2026년에 2010년 대비 12.8% 증가한 수준에서 최고치를 기록하고 이후 하락세로 돌아서 2035년에는 11.8% 증가한 수준으로 낮아질 것으로 전망된다. 그러나 산업부분별로는 그 변화양상이 상당히 다양하게 확인된다. 우선 1.농림수광산품과 2.음식료품 부분에서는 탄소배출량이 매년 증가세를 이어나가 2035년에는 2010년 대비 각각 19.2%와 20.4% 증가하는 것으로 나타난다. 이는 고령인구 증가로 식품 등 생필품에 대한 수요가 꾸준히 증가하기 때문으로 판단된다. 반대로 3.섬유및가죽제품, 4.목재및종이제품, 5.인쇄및복제, 6.석유및석탄제품 부문에서는 인구고령화로 인해 탄소배출량이 감소하는 속도가 상대적으로 빠른 편이며 각각 2023년(2010년 대비 9.5% 증가), 2026년(10.5%), 2024년(9.9%), 2024년(10.1%)에 최고조에 달하고, 이후 하락세로 돌아서 2035년에는 각각 2010년 대비로 5.4%, 8.7%, 6.6%, 7.1% 증가한 수준까지 하락할 전망이다.

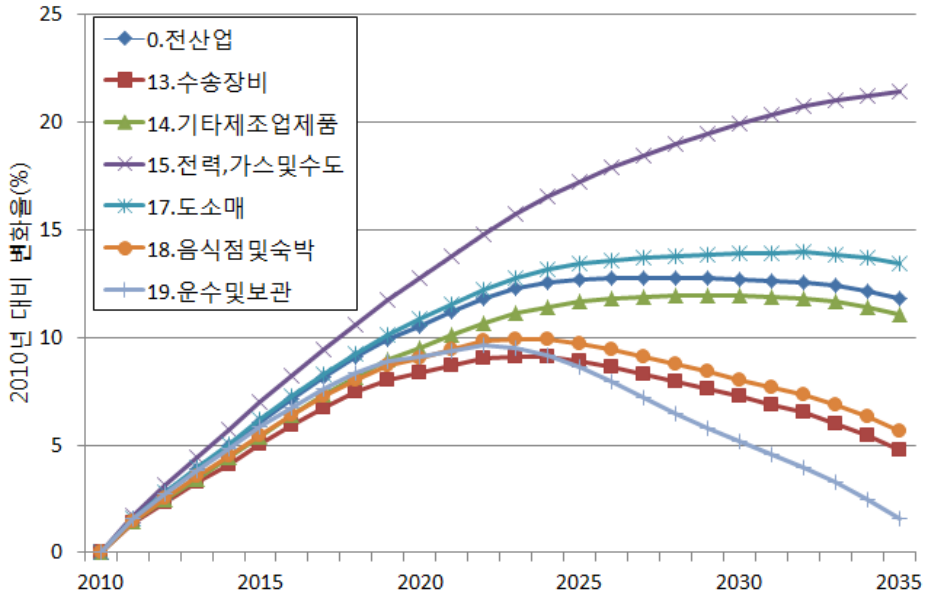
7.화학제품과 12.정밀기기 부문에서는 인구고령화에도 불구하고 탄소배출량이 빠르게 증가해 2035년이 되면 2010년 대비로 각각 22.1%와 26.8% 증가한 수준을 기록할 것으로 보인다(그림 5 참조). 이는 양 부문이 각각 고령인구의 소비비중이 높은 의약품과 의료용기기 등을 포함하고 있는 점이 크게 작용한 것으로 보인다. 8.비금속광물제품, 9.금속제품, 10.일반기계 부문에서는 상대적으로 늦은 시기인 2033년(2010년 대비 16.0% 증가), 2031년(13.3%), 2030년(12.4%)에 탄소배출량이 각각 최고조에 달하고, 이후 완만한 감소세로 전환해 2035년에는 각각 2010년 대비 15.9%, 12.8%, 11.6%를 기록할 것으로 분석된다. 이는 이 부문 제품들이 대체로 다른 부문의 생산에 중간재로 이용되는 경우가 많아서 인구 고령화의 영향을 상대적으로 덜 받기 때문인 것으로 생각된다. 반면, 11.전기및전자기기 부문에서는 탄소배출량이 상대적으로 빠른 시기인 2024년에 2010년 대비로 10.5% 증가한 수준에서 정점을 기록하고, 이후 빠르게 하락해 2035년에는 2010년 대비 7.6% 증가한 수준까지 하락할 전망이다. 따라서 11.전기및전자기기 부문에서는 인구 고령화로 인한 가계소비구조의 변화로 유발된 탄소배출량 증가 규모가 상대적으로 그리 크지 않다고 하겠다.

그림 5 인구고령화에 따른 산업별 탄소배출 변화율 II (%)



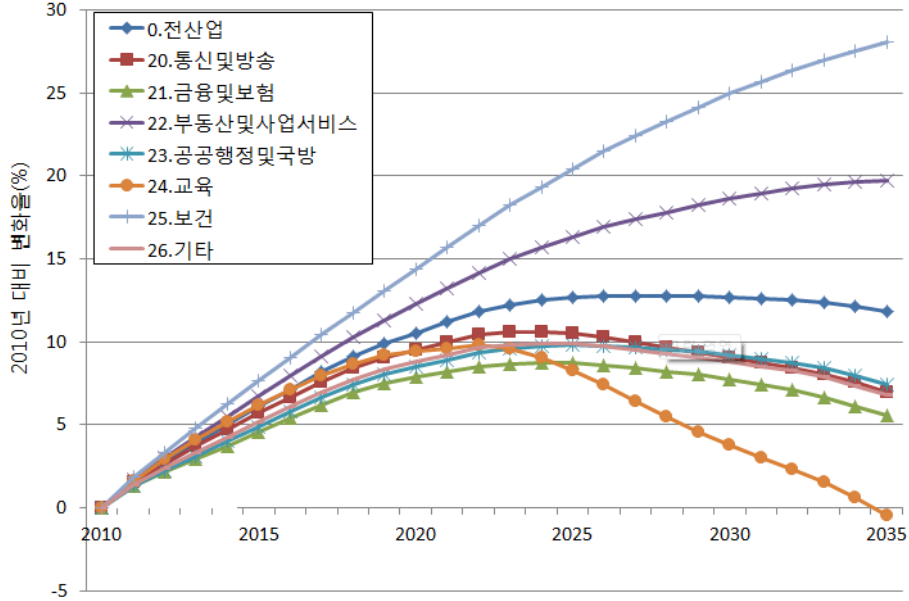
15.전력,가스및수도 부문은 탄소배출량이 인구 고령화와 함께 지속적으로 증가해 2035년에 2010년 대비 21.4% 증가한 수준에 도달할 것으로 보인다(그림 6 참조). 이는 광열비 지출비중이 높은 고령가구의 소비특성 때문인 것으로 파악된다. 14.기타제조업 제품과 17.도소매 부문에서는 각각 상대적으로 늦은 시기인 2029년(2010년 대비 12.0% 증가)과 2032년(14.0%)에 탄소배출량이 최고조에 달하며, 이후 완만한 하락세로 돌아서 2035년에는 각각 2010년 대비 11.1%와 13.5% 증가한 수준으로 낮아질 전망이다. 반면, 13.수송장비, 18.음식점및숙박, 19.운수및보관 부문에서는 각각 상당히 이른 시기인 2023년(2010년 대비 9.1% 증가), 2023년(9.9%), 2022년(9.6%)에 탄소배출량 증가가 2010년 대비 10% 미만의 증가율로 정점에 도달하고, 이후 상당히 빠른 하락세로 반전해 2035년이 되면 탄소배출량이 각각 2010년 대비 4.7%, 5.7%, 1.6% 증가한 수준까지 하락할 것으로 분석된다. 이들 세 부문은 주로 교통, 외식, 외박 등 외부활동과 관련이 깊다는 특징이 있는 바, 인구 고령화에 따라 이들 부문에 대한 가계소비지출 감소의 영향을 상대적으로 많이 받기 때문으로 파악된다.

그림 6 인구고령화에 따른 산업별 탄소배출 변화율 III (%)



<그림 7>에 제시된 것과 같이 25.보건과 22.부동산및사업서비스 부문은 인구 고령화와 함께 탄소배출량이 매년 증가해 2035년이 되면 각각 2010년 대비 28%와 19.7% 증가한 수준에 도달하게 된다. 이는 고령인구의 증가로 각각 의료, 사회복지 등 보건복지 관련 서비스업과 주거서비스 등 부동산 및 사업서비스에 대한 수요가 늘어남 때문인 것으로 파악된다. 20.통신및방송, 21.금융및보험, 23.공공행정및국방, 26.기타 부문에서는 탄소배출량이 각각 전산업보다 약간 이른 시기인 2024년(2010년 대비 10.6% 증가), 2024년(8.8%), 2025년(9.8%), 2024년(9.9%)에 최고조로 증가한 뒤, 완만한 하락세로 바뀌어 2035년에는 2010년 대비로 각각 7.0%, 5.6%, 7.5%, 6.8% 증가한 수준의 탄소배출량을 기록할 전망이다. 마지막으로 24.교육 부문은 탄소배출량이 평균적인 증가율을 보이며 2022년에 2010년 대비 9.8% 증가한 수준에 도달하나, 이후 급격한 하락세로 돌아서 2035년에는 2010년에 비해서도 0.4% 감소한 수준의 탄소배출량을 기록할 것으로 보인다. 26개 산업부문 중에서 24.교육 부문만이 2035년의 탄소배출량이 2010년 수준보다 낮다는 점에서 이는 주목할 만한 결과이다. 이러한 결과의 한 원인으로는 교육 부문이 인적자본의 축적과 관련된다는 점에서 주로 유소년 인구의 크기와 밀접한 관계를 가지며 고령인구는 그에 대한 수요가 적다는 것을 생각해 볼 수 있다.

그림 7 인구고령화에 따른 산업별 탄소배출 변화율 IV (%)



2. 정책시뮬레이션에 의한 효과 분석

이제까지 인구 고령화가 가계 소비지출에 미치는 영향과 이로 인해 유발되는 에너지 사용 및 탄소배출의 변화를 에너지원별·산업부문별로 살펴보았다. 이를 ‘기준 전망’이라고 하고, 고령화 관련 정책이 도입되는 경우 각각의 전망이 어떻게 변화하는지를 정책시뮬레이션을 통해 분석해보았다. 최근 인구 고령화와 관련해 도입 논의가 가장 활발한 정책은 바로 기초연금제도이다. 이는 일정 연령 이상의 노인에게 금전적 지원을 해주는 것으로 재원은 세금으로 유지된다는 점에서 정부가 청년 및 중년층에서 노년층으로 소득을 이전시키는 조치라고 할 수 있다. 이와 유사한 정책구조를 가지는 정책시뮬레이션을 위해 본 연구에서는 연도별로 전망된 가계 소비지출 총액은 그대로 유지한 채, 가구주의 만 연령이 65세 미만인 청년 및 중년가구의 소비지출액을 5%씩 줄이고 그 차액만큼을 노년가구의 소비지출로 이전시켜주는 형태로 시뮬레이션을 해 보았다⁹⁾.

9) 현실에서는 1) 일반적으로 고령층은 저축이 적고 소비를 많이 하는 경향이 있는 등 연령에 따라 한계소비성향에 차이가 있고, 2) 수요의 소득탄력성이 상품마다 상이해 소득 5% 증가가 모든 상품의 소비 5% 증가로 이어지지 않을 수 있으며, 3) 소득별로 기초연금 지급액은 상이하게 설계되어 있다는 점에서 본 연구의 시뮬레이션은 한계점이 있을 수 있다. 하지만 이러한

시뮬레이션 결과, 소비지출은 총액을 고정시켰기 때문에 기준전망과 차이가 나지 않지만 에너지사용과 탄소배출은 기준전망에 비해 연도별로 각각 0.18%(2010년) ~ 0.16%(2035년)와 0.16%(2010년) ~ 0.14%(2035년) 가량 증가하는 것으로 나타났다(표 8 참조). 즉, 소비지출의 규모가 늘어나지 않더라도 기초연금제도와 유사한 고령화 대비 정책은 에너지사용과 탄소배출을 증가시키는 것이다. 이는 고령인구의 소비지출 비중이 증가하면, 에너지사용과 탄소배출을 늘리는 쪽으로 작용할 수 있다는 점을 시사한다. 이러한 측면에서 본 연구는 기존의 공급중심 연구인 Dalton et al.(2008)과는 다소 상이한 결과를 제시하고 있다. 이러한 차이는 기존의 공급중심 연구가 완전고용 내지 노동의 초과수요 상태를 상정하고 있으나, 최근의 한국은 청년실업 문제가 사회적 문제로 대두된 지 오래이며(박성준, 2005), OECD 기준 고용률이 64.1%¹⁰⁾에 불과해 독일(73.1%), 일본(71.2%), 미국(67.3%) 등 주요 선진국에 비해서 낮은 형편이다. 따라서 인구 고령화가 바로 노동공급 감소와 생산 감소, 그리고 에너지사용 및 탄소배출 감소로 이어지는 구조인 공급중심의 기존연구가 잘 성립하기 어려운 상황이라고 하겠다.

표 8 정책시뮬레이션에 따른 에너지사용과 탄소배출 변화율(%)

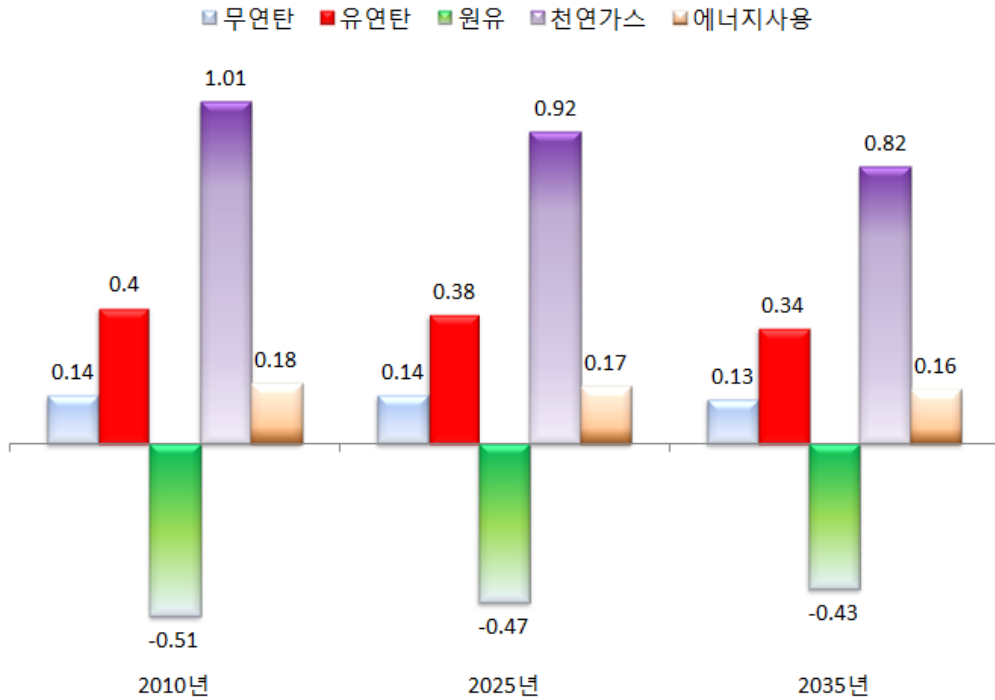
구 분	2010년	2025년	2035년
에너지사용	0.18	0.17	0.16
탄소배출	0.16	0.15	0.14

정책시뮬레이션에 따른 에너지사용의 변화를 에너지원별로 살펴보자(그림 8 참조). 기초연금제도와 유사한 정책 시행 시, 1차 에너지는 천연가스, 유연탄, 무연탄 순으로 기준전망보다 사용량이 증가하는 것으로 나타난 반면, 원유는 오히려 사용량이 감소하는 것으로 확인된다. 이는 청장년 가구의 소비지출이 줄어들고 그만큼 고령 가구의 소비지출이 늘어나서, 난방용으로 사용되는 천연가스 등에 대한 소비지출은 늘어나는 대신 주로 교통과 관련된 원유사용량은 감소하게 되기 때문인 것으로 판단된다.

한계점에도 불구하고, 선행연구가 거의 없는 상황에서 인구고령화와 관련된 정책이 에너지사용과 탄소배출에 어떤 형태로 영향을 미칠 수 있는지를 시연해준다는 점에서 본 시뮬레이션의 의의를 찾을 수 있다고 하겠다.

10) OECD Statistics, 2013년 1분기 기준 15~64세 고용률.

그림 8 정책시뮬레이션에 따른 에너지원별 에너지사용 변화율(%)



정책시뮬레이션에 따른 탄소배출량 변화를 산업부문별로 좀 더 상세히 살펴보자(표 9 참조). 탄소배출량은 25.보건, 12.정밀기기 부문과 같이 주로 의료서비스 및 의료기기와 관련된 부문에서 3~4%의 높은 증가율을 보인다. 다음으로 7.화학제품, 15.전력, 가스및수도, 22.부동산및사업서비스, 2.음식료품, 1.농림수광산품 부문 등에서 2% 내외의 증가율을 보인다. 이들 부문은 각각 의약품, 주거 및 냉난방, 농수산 및 음식료품 등과 연관이 높아 고령가구의 소비특성을 반영한다고 하겠다. 반대로 24.교육에서는 -4% 이상, 19.운수및보관에서도 -3% 이상의 탄소배출량 감소효과가 있는 것으로 나타났다. 그 다음으로 18.음식점및숙박, 13.수송장비, 3.섬유및가죽제품, 20.통신및방송 등에서도 -1% 이상의 감소율을 보이고 있다. 이와 같이 가계 소비지출 규모가 일정하더라도 기초연금제도와 같이 고령가구의 소비지출 비중을 늘려주는 형태의 정책이 도입되면 환경측면에서는 에너지사용 및 탄소배출량을 미미하게나마 늘리는 것으로 분석되며, 부문별·에너지원별로 그 영향은 상당히 상이하게 나타나는 것으로 파악된다.

표 9 정책시뮬레이션에 따른 산업별 탄소배출 변화율(%)

구분	2010년	2025년	2035년
1.농림수광산품	2.09	1.86	1.62
2.음식료품	2.26	1.97	1.72
3.섬유및가죽제품	-1.40	-1.29	-1.19
4.목재및종이제품	-0.13	-0.04	-0.01
5.인쇄및복제	-1.00	-0.90	-0.82
6.석유및석탄제품	-0.89	-0.80	-0.72
7.화학제품	3.18	2.84	2.45
8.비금속광물제품	1.66	1.57	1.40
9.금속제품	0.91	0.91	0.84
10.일반기계	0.52	0.54	0.51
11.전기및전자기기	-0.80	-0.72	-0.65
12.정밀기기	4.34	3.77	3.20
13.수송장비	-1.50	-1.38	-1.27
14.기타제조업제품	0.45	0.50	0.47
15.전력,가스및수도	2.87	2.55	2.21
17.도소매	0.69	0.65	0.58
18.음식점및숙박	-1.52	-1.43	-1.33
19.운수및보관	-3.26	-3.20	-3.09
20.통신및방송	-1.25	-1.18	-1.09
21.금융및보험	-0.86	-0.71	-0.63
22.부동산및사업서비스	2.45	2.20	1.93
23.공공행정및국방	-0.44	-0.32	-0.27
24.교육	-4.27	-4.24	-4.18
25.보건	4.67	4.04	3.41
26.기타	-0.89	-0.78	-0.71
전산업	0.16	0.15	0.14

IV. 결론 및 시사점

본 연구는 한국의 인구 고령화가 가계소비구조의 변화를 통해 에너지사용과 탄소배출에 어떠한 영향을 미치는지를 2035년까지 에너지원별·산업부문별로 전망하였다.

분석의 첫 단계로 통계청 가계동향조사 미시자료에서 파악된 가구주 연령별 소비지출 구조를 이용해 인구구조의 변화에 따른 가계소비지출의 양상 변화를 살펴보았다. 그 다음 단계로 에너지 및 환경 산업연관표를 구축해 앞서 분석된 소비지출구조와 연계해 소비지출의 양상 변화로 유발되는 에너지사용량과 탄소배출량의 변화를 추정하였다.

추정결과에 따르면, 인구 고령화에도 불구하고 소비지출로 인해 유발되는 에너지사용량과 탄소배출량은 상당 기간 동안 증가세를 유지하리라는 점과 에너지사용과 탄소배출 총량이 정점을 지난 후에도 소비지출보다 하락속도가 느려 상당 기간 높아진 수준을 유지할 것이라는 점을 확인할 수 있다. 즉, 가계소비지출, 에너지사용 및 탄소배출은 2026년까지 증가세를 유지해 2010년 대비 12%대의 증가율을 기록하며 이후 완만한 하락세로 돌아서 2035년에는 2010년 대비 11%대의 증가율을 보이는 것으로 분석되었다.

에너지원별로는 천연가스 사용량의 증가가 두드러지며, 유연탄과 무연탄의 사용량 증가가 그 뒤를 잇고 있다. 한편, 원유 사용량은 상대적으로 이른 시기인 2025년에 최고치를 기록한 뒤 빠르게 하락하여 2035년에는 2010년 대비 9.4% 증가한 수준에 머무를 것으로 전망된다. 이처럼 인구 고령화에 따른 소비구조 변화는 에너지 사용패턴이 에너지원별로 다양하게 바뀌도록 유발하기 때문에 에너지 수급계획 수립 등에 인구 고령화는 필수적으로 고려해야 할 것으로 판단된다.

26개 산업부문별로 인구 고령화에 따른 탄소배출량의 변화를 살펴보면, 그 변화 양상이 상당히 다양하게 나타난다. 주로 고령가구의 소비 비중이 높은 의료보건, 주거광열, 농림수산물 및 식품 등의 부문에서는 탄소배출량 증가가 두드러지나, 인적자본 축적과 연관 있는 교육 부문과 교통, 외식, 외박 등 외부활동과 관련 깊은 부문에서는 상대적으로 이른 시기에 탄소배출량이 감소세로 돌아서는 것이 눈에 띈다.

아울러 본 연구에서는 최근 인구 고령화에 대비해 도입논의가 활발한 기초연금제도와 유사한 정책 도입 시 에너지사용과 탄소배출에 어떠한 영향을 미치는지를 정책시물레이션으로 분석하였다. 분석결과, 기초연금제도와 유사한 정책은 에너지사용과 탄소배출을 각각 0.18~0.16%와 0.16~0.14% 가량 증가시키는 효과가 있는 것으로 확인되었다. 에너지원별로 사용량의 변화를 살펴보면, 천연가스, 유연탄, 무연탄 순으로 사용량을 증가시키는 반면, 원유 사용량은 감소시키는 방향으로 정책효과가 나타났다. 또한 이러한 정책시행에 따른 산업별 탄소배출량 변화를 살펴보면, 의료보건과 관련된 부문에서는 3~4% 가량 배출량을 증가시키는 반면, 교육 부문에서는 -4% 이상, 운수

및 보관 부문에서는 -3% 이상의 탄소배출량 감축효과가 있는 것으로 확인되었다.

본 연구는 기존에 잘 다루어지지 않았던 인구 고령화가 에너지사용 및 탄소배출에 미치는 영향이라는 주제를 소비구조와 산업연관표를 활용해 분석하였다는 의의가 있다. 특히, 기존에 직관적으로만 추측 내지 주장했던 인구 고령화의 영향들을 보다 구체적으로 확인했다는 특징이 있다. 그러나 다음과 같은 한계점도 존재한다. 우선, 본 연구에 이용된 가계소비지출은 산업연관표에서 최종수요를 구성하는 한 요소이며 최종수요 안에는 정부소비지출, 수출 등 다른 구성요소도 포함되어 있기 때문에 가계소비지출의 변화만으로는 경제의 모든 움직임을 설명하는 데 제한적일 수 있다. 물론, 한국의 가계소비지출은 총소비지출의 3/4 이상, 국내총생산(GDP)의 절반 이상을 차지하기 때문에¹¹⁾ 경제적 변화의 상당 부분을 설명한다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있을 것이다. 다음으로, 본 연구에서는 2010년 현재의 연령그룹별가구소비패턴이 장래에도 그대로 유지된다고 가정하고 분석하였다. 현실에서는 시간의 경과와 함께 연령그룹별 소비패턴이 소득, 가격, 기호 등의 변화에 따라 바뀔 수 있기 때문에 이는 다소 강한 가정이기는 하다. 그러나 소비패턴의 변화에 대한 전망 역시 다른 가정들을 토대로 추정해야 하는 한계점이 존재하는 바, 추가적으로 심도 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 에너지원별 상대가격이 2010년을 기준으로 고정되는 형태로 분석이 진행되어 미래의 에너지원별 가격변화를 적절히 반영하지 못했다는 점과 목표관리제, 배출권거래제 등의 환경규제 도입이나 에너지관련 기술개발에 따른 장래 에너지 소비패턴 변화를 고려하지 못했다는 한계점이 있다.

11) 한국은행 ECOS.

참고문헌

- 공성용, 장현정. 2010. 「고령화 사회의 생활패턴 변화 및 환경 이슈 조사 연구」. 한국환경정책·평가연구원.
- 김동구, 박선영. 2013. “고령인구 비중 증가가 소비구조 변화를 통해 생산과 고용에 미치는 영향”. 「산업경제연구」 26(6): 2519-2546.
- 김윤경. 2006. “환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구”. 「계간국민계정」 2: 44-99.
- _____. 2011. “환경산업연관표 2005를 이용한 산업부문의 이산화탄소(CO₂) 배출 분석”. 「자원·환경경제연구」 20(1): 1-31.
- 박성준. 2005. “청년 실업의 현황과 원인분석,” 한국경제연구원 정책보고서2005-02.
- 박준영, 허은영. 2002. “국내 CO₂ 배출량 변화요인에 대한 구조분해분석”. 「한국자원공학회지」 39(4): 273-282.
- 박창귀. 2009. “하이브리드 산업연관표를 이용한 우리나라 CO₂ 배출 구조 분석”. 「환경정책연구」 8(1): 49-72.
- 박창귀, 이기훈. 2011. “화석에너지 산업연관표의 작성과 활용: 우리나라 산업의 직·간접 화석에너지 소비구조 분석”. 「경제분석」 17(2): 124-151.
- 심상렬. 2005. 「에너지 산업연관표 작성」. 에너지경제연구원.
- 원두환. 2012. “고령화가 가정부문 에너지 소비량에 미치는 영향 분석: 전력수요를 중심으로”. 「자원·환경경제연구」 21(2): 341-369.
- 정용훈, 김수이. 2012. “한국의 CO₂ 배출, 경제성장 및 에너지믹스와의 관계 분석”. 「자원·환경경제연구」 21(2): 271-299.
- 지식경제부, 에너지경제연구원. 2012. 「2012 에너지통계연보」.
- 최한주, 이기훈. 2006. “환경혼합 산업연관모형을 이용한 산업별 이산화탄소 배출량 추정과 변화요인 분석”. 「자원·환경경제연구」 15(1): 27-50.
- 통계청. 2011a. 「2010년 가계동향조사」. 미시자료(micro data).
- _____. 2011b. 「장래인구추계: 2010년~2060년」.
- _____. 2012. 「장래가구추계: 2010년~2035년」.
- _____. 2014. 「2013년 사교육비조사 결과」. 보도자료.
- 표학길, 김동구, 박재환. 2010. “녹색성장회계와 구조분해분석”. 「한국경제의 분석」 16(2): 1-89.
- 한국은행. 2007. 「산업연관분석해설」.

- _____. 2008. 「2005년 산업연관표(실측표)」.
- _____. 2011. 「2009년 산업연관표(연장표)」.
- _____. 2012. 「2010년 산업연관표(연장표)」.
- Albuquerque, P. C. and J. C. Lopes. 2010. "Economic Impacts of Ageing: an Inter-industry Approach". *International Journal of Social Economics*, 37(12): 970-986.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie(독일경제에너지부). 2013. "Primärenergieverbrauch nach Energieträgern". *Energiedaten Tabelle 4*.
- AG Energiebilanzen e.V.(에너지결산 연구그룹). 2013. "Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2013 nach Energieträgern". *Auswertungstabellen*.
- Dalton, M., B. O'Neill, A. Prskawetz, L. Jiang, and J. Pitkin. 2008. "Population Aging and Future Carbon Emissions in the United States". *Energy Economics*, 30(2): 642-675.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- Kronenberg, T. 2009. "The Impact of Demographic Change on Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Germany". *Ecological Economics*, 68: 2637-2645.
- Park, C. and K. Lee. 2013. "An e-SAM Approach to the Analysis of Energy Consumption and CO₂ Emissions in Korean Industry". *Journal of Environmental Policy*, 12(1): 101-123.
- Park, S. and D. Kim. 2011. "Analysis of the Impact of Initial Carbon Emission Permits Allocation on Economic Growth". *Environmental and Resource Economics Review*, 20(2): 167-198.
- Statistisches Bundesamt(독일통계청). 2009. "Input-Output-Rechnung 2006". *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen*.

독일경제에너지부 홈페이지(<http://www.bmwi.de/>)

에너지결산 연구그룹 홈페이지(<http://www.ag-energiebilanzen.de>)

에너지경제연구원 홈페이지(<http://www.keei.re.kr/>)

통계청 국가통계포털(<http://kosis.kr/>)

한국은행 경제통계시스템(<http://ecos.bok.or.kr/>)

부록

부록 표 1 독일통계청 SEA98의 41부문을 COICOP 12개 부문으로 통합

COICOP 12개 부문		SEA98의 41부문	
1	식료품및비주류음료	1	Food
		2	Non-alcoholic beverages
2	주류및담배	3	Alcoholic beverages
		4	Tobacco
3	의류및신발	5	Clothing
		6	Footwear
4	주거및수도광열	7	Actual rentals for housing
		8	Imputed rentals for housing
		9	Maintenance and repair of the dwelling
		10	Water supply and miscellaneous services relating to the dwelling
		11	Electricity, gas and other fuels
5	가정용품및가사서비스	12	Furniture and furnishing, carpets and other floor coverings
		13	Household textiles
		14	Household appliances
		15	Glassware, tableware and household utensils
		16	Tools and equipment for the house and garden
		17	Goods and services for routine household maintenance
		18	Medical products, appliances and equipment
6	보건	19	Outpatient services
		20	Hospital services
		21	Purchase of vehicles
7	교통	22	Operation of personal transport equipment
		23	Transport services
		24	Postal services
8	통신	25	Telephone and fax equipment
		26	Telephone and fax services
		27	Audio-visual photographic and information processing equipment
9	오락·문화	28	Other major durables for recreation and culture
		29	Other recreational items and equipment, gardens and pets
		30	Recreational and cultural services
		31	Newspapers, books and stationery
		32	Pre-primary and primary education
10	교육	33	Secondary education
		34	Catering services
11	음식·숙박	35	Accommodation services
		36	Personal care
12	기타상품및서비스	37	Personal effects
		38	Social services
		39	Insurance
		40	Financial services
		41	Other services

주: SEA98의 41부문은 독일어 자료를 영어로 번역한 것임.

부록 표 2 독일통계청 IO표의 71부문(CPA)을 한국IO표 26개 부문으로 통합

한국IO 26부문		독일IO표 71부문	
1	농림수광산품	1	Agriculture, hunting and related service activities
		2	Forestry, logging and related service activities
		3	Fishing, operation of fish hatcheries and fish farms
		4	Mining of coal and lignite; extraction of peat
		5	Extraction of crude petroleum and natural gas
		6	Mining of uranium and thorium ores
		7	Mining of metal ores
		8	Stones and clay, other mining and quarrying
2	음식료품	9	Food and feeds
		10	Beverages
		11	Tobacco
3	섬유및가죽제품	12	Textile
		13	Clothing
		14	Leather and leather products
4	목재및종이제품	15	Wood and products of wood and cork, straw and plaiting materials, except furniture
		16	Pulp, paper and paperboard
		17	Articles of paper and paperboard
5	인쇄및복제	19	Printing and service activities related to printing(newspapers, data recording)
6	석유및석탄제품	20	Coke, refined petroleum products and nuclear fuel
7	화학제품	21	Pharmaceutical products
		22	Chemical products
		23	Rubber products
		24	Plastic products
8	비금속광물제품	25	Glass and glass products
		26	Ceramic goods, other non-metallic mineral products
9	금속제품	27	Basic iron and steel and of ferro-alloys
		28	Basic precious and non-ferrous metals
		29	Casting of metals
		30	Metal products
10	일반기계	31	Machinery
		32	Office machinery and computers
11	전기및전자기기	33	Electrical machinery and apparatus
		34	Radio, television and communication equipment and apparatus
12	정밀기기	35	Medical, precision and optical instruments, watches and clocks
13	수송장비	36	Motor vehicles, trailers and semi-trailers
		37	Other transport equipment(ships, spacecraft, aircraft etc)

한국IO 26부문		독일IO표 71부문	
14	기타제조업제품	38	Furniture, jewellery, musical instruments, sports goods, toys etc
15	전력,가스및수도	40	Production and distribution of electricity, steam and hot water
		41	Gas supply
		42	Collection, purification and distribution of water
16	건설	43	Construction site preparation high and deep building works
17	도소매	45	Sale, with sales representative, retail sales
		46	Wholesale trade
		47	Retail trade, repair of personal goods
18	음식점및숙박	48	Hotels and restaurants
19	운수및보관	49	Transport via railways
		50	Other land transport, Transport via pipelines
		51	Water transport
		52	Air transport
		53	Supporting and auxiliary transport activities; activities of travel agencies
20	통신및방송	54	Post and telecommunications
21	금융및보험	55	Financial intermediation
		56	Insurance and pension funding, except compulsory social security
		57	Activities auxiliary to financial intermediation
22	부동산및사업서비스	58	Real estate activities
		59	Renting of machinery and equipment without operator and of personal and household goods
		60	Computer and related activities
		61	Research and development
		62	Other business activities
23	공공행정및국방	63	General public service activities
		64	Compulsory social security activities
24	교육	65	Education
25	보건	39	Recycling
		66	Health, veterinary and social work
		67	Sewage and refuse disposal, sanitation and similar activities
26	기타	18	Publishing
		44	Building installation and other works
		68	Activities of interest organizations, churches etc
		69	Recreational, cultural and sporting activities
		70	Other service activities
		71	Private households with employed

주: 독일IO표 71부문은 독일어 자료를 영어로 번역한 것임.

부록 표 3 산업별 에너지사용 및 탄소배출 유발계수 (2010년)

(단위: TOE/2010년 백만원, 탄소톤/2010년 백만)

구분	에너지사용 유발계수			탄소배출 유발계수		
	직접 계수	간접 계수	총 계수	직접 계수	간접 계수	총 계수
1.농림수광산품	0.000	0.045	0.045	0.000	0.040	0.040
2.음식료품	0.000	0.051	0.051	0.000	0.045	0.045
3.섬유및가죽제품	0.000	0.072	0.072	0.000	0.062	0.062
4.목재및종이제품	0.000	0.096	0.096	0.000	0.082	0.082
5.인쇄및복제	0.000	0.072	0.072	0.000	0.063	0.063
6.석유및석탄제품	0.653	0.050	0.703	0.582	0.044	0.626
7.화학제품	0.001	0.174	0.175	0.001	0.153	0.154
8.비금속광물제품	0.088	0.134	0.223	0.094	0.120	0.214
9.금속제품	0.007	0.110	0.117	0.008	0.096	0.104
10.일반기계	0.000	0.052	0.052	0.000	0.046	0.046
11.전기및전자기기	0.000	0.061	0.061	0.000	0.054	0.054
12.정밀기기	0.000	0.037	0.037	0.000	0.032	0.032
13.수송장비	0.000	0.065	0.065	0.000	0.057	0.057
14.기타제조업제품	0.000	0.066	0.066	0.000	0.058	0.058
15.전기가스및수도	1.135	0.336	1.471	0.946	0.283	1.229
16.건설	0.000	0.082	0.082	0.000	0.074	0.074
17.도소매	0.000	0.070	0.070	0.000	0.061	0.061
18.음식점및숙박	0.000	0.080	0.080	0.000	0.069	0.069
19.운수및보관	0.000	0.172	0.172	0.000	0.152	0.152
20.통신및방송	0.000	0.049	0.049	0.000	0.042	0.042
21.금융및보험	0.000	0.028	0.028	0.000	0.024	0.024
22.부동산및사업서비스	0.000	0.040	0.040	0.000	0.034	0.034
23.공공행정및국방	0.000	0.041	0.041	0.000	0.036	0.036
24.교육	0.000	0.055	0.055	0.000	0.047	0.047
25.보건	0.000	0.083	0.083	0.000	0.072	0.072
26.기타	0.000	0.080	0.080	0.000	0.069	0.069