에너지경제연구 제22권 제2호
Korean Energy Economic Review
Volume 22, Number 2, September 2023 : pp. 1~24
DOI: https://doi.org/10.22794/keer.2023.22.2.001

화학산업의 온실가스 배출 탈동조화 분석: 한-일 비교를 중심으로*

김동구** · 손인성***

요 약

본 연구는 한국의 주요 산업 중에서 온실가스 배출량이 두 번째로 많은 산업이면서 기초소재산업으로 주요 제품들이 다른 제조업에서 원재료로 널리 사용되는 화학산업에 대해 온실가스 배출 탈동조화를 분석하였다. 특히, 한국과 일본을 대상으로 1990~2019년 기간에 대해 탈동조화 양상을 비교 분석하였다. 한-일 화학산업의 탈동조화 분석 결과를 종합하면, 한국은 상대적 탈동조화, 일본은 절대적 탈동조화로 판단된다. 여전히 확장적 동조화 상태로 평가되는 한국의 철강업에 비하면, 한국의 화학산업은 탈동조화를 어느 정도 달성 중인 상황으로 평가된다. 그러나 일본의 성공적인 절대적 탈동조화 사례를 토대로 온실가스 감축, 제품 고부가가치화 및 선제적 사업재편 추진이 필요하다. 본 연구는 이러한 측면에서 일본 화학업계의 탈동조화 노력을 살펴보고, 한국 화학업계에의 시사점도 제시하였다.

주요 단어 : 온실가스, 탈동조화, 화학산업, 국제비교
경제학문헌목록 주제분류 : Q54, L65

* 이 논문은 에너지경제연구원 기본연구보고서, "주요 제조업의 온실가스 배출 탈동조화 촉진 방안 연구"의 일부를 최신자료를 이용해 수정·보완한 것임.
** 한국해양대학교 국제무역경제학부 조교수(주저자) (e-mail: eastnine09@gmail.com)
*** 에너지경제연구원 기후변화정책연구실 연구위원(교신저자) (e-mail: isson@keei.re.kr)

Ⅰ. 서 론

파리협정 채택(2015년)과 파리협정 이행지침의 채택(2018년)으로 인해 2021년부터 파리협정이 본격적으로 시행됨에 따라서 온실가스 감축에 대한 전방위적 압박이 심해지고 있다. 특히, 기후변화 대응 이슈를 선도하고 있는 유럽연합(EU)은 탄소누출을 방지하고 관련 산업의 경쟁력을 개선하기 위해 탄소국경조정제도(CBAM)를 도입하기로 결정하였다. EU집행위원회의 발표에 따르면 CBAM은 당장 2023년 10월 1일부터 3년간의 과도기(transitional phase)를 두고 시행하기로 합의되었다(EC, 2022). 해당 내용에서 확인되는 점은 김동구(2022b)에서 지적한 바와 같이 EU가 매우 단계적이고 체계적으로 CBAM을 채택 및 실행하고 있다는 점이다. 특히, 3년 뒤에 CBAM에 따른 비용부담을 본격화시킬 경우 철강 부문을 중심으로 우리 산업과 경제에 미치는 파급효과가 상당할 전망이다(김동구, 2022b). 유럽의회가 주장하던(EP, 2022) 유기화학품, 플라스틱 등이 이번 합의안에는 CBAM 대상품목에 포함되지 않았지만(EC, 2022), CBAM이 본격적으로 시행이 되면 궁극적으로 EU의 배출권거래제(ETS) 대상 품목의 50% 이상을 포함할 것으로 알려졌다(EC, 2022). 따라서 유럽의회가 주장하던 유기화학품, 플라스틱 등 화학제품은 CBAM이 본격적으로 시행되면 제1순위로 규제 대상 품목으로 추가될 수 있다고 전망된다.

한편, 김동구(2022c)에서 분석한 것처럼 EU는 냉매가스를 비롯한 F-가스 전반에 대한 규제를 한층 강화하고 있다. F-가스는 자연계에 원래 존재하던 물질이 아니라, 인류가 필요에 의해 합성해낸 화합물로 화학산업의 결과라고 할 수 있다. 이러한 인공화학물질에 대한 규제는 F-가스뿐만 아니라 그 범위를 더욱 넓혀나가고 있다. 일례로, 유럽 5개국이 추진하고 있는 과불화화합물(PFAS)의 REACH(화학물질 등록, 평가, 승인 및 제한 제도) 제한물질 등록과 같이 화학물질에 대한 전반적인 규제를 강화할 경우, 산업계, 특히 화학산업에 미치는 영향이 매우 커질 것이다(김동구,

2022c).

한국의 화학산업은 2019년 기준으로 화석연료 사용에 따른 연소배출량과 산업공정 배출량을 합해 총 4,730만톤CO_2e를 배출해 국가 총배출량의 6.7%를 차지한다(환경부, 2021). 즉, 화학산업은 한국의 주요 산업 중에서 철강산업에 이어 온실가스 배출량이 두 번째로 많은 산업이다. 또한, 화학산업은 기초소재산업으로 주요 화학제품이 여러 다른 제조업에서 필수불가결한 원재료로 사용되는 매우 중요한 산업이다. 그러나 화학산업의 온실가스 감축이 매우 중요하다고 해도, 아무런 대비 없이 무턱대고 온실가스 감축만을 추구하는 것도 결코 인류의 삶에 바람직하지 않다. 바람직한 온실가스 감축은 경제적인 번영을 지속하는 가운데 이뤄지는 형태, 즉 온실가스 배출량과 경제지표 간의 탈동조화(Decoupling)가 이뤄지는 형태여야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 화학산업의 온실가스 배출 탈동조화를 한-일 비교를 통해 분석해보고 한국 화학산업의 온실가스 배출 탈동조화를 촉진할 방안을 모색해보고자 한다.

한-일 비교를 통해서 한국 화학산업의 탈동조화 촉진을 위한 방안을 모색하는 것은 한국의 화학산업이 그간 일본을 벤치마크 대상으로 삼아 성장해왔으며 특히 1990년대 이후 일본이 성공적인 구조조정을 통해 화학산업의 고부가가치화마저 달성할 수 있었다는 점 때문이다. 세계 최고의 경쟁력을 확보한 일본의 화학산업과 달리 한국의 화학산업은 규모의 경제만을 추구해 쓴맛을 보고 있다는 지적도 있고(화학경제연구원, 2015), 일본의 화학산업은 기능성 화학제품의 경쟁력을 키워 자동차에 이어 일본의 2대 산업으로 부상해 일본 경제를 이끌고 있다는 분석도 있다(문준선, 2020). 이러한 배경 속에서 한-일 비교를 통한 화학산업의 탈동조화 현주소를 분석하고 일본의 정책적 성공사례를 세밀히 살펴봄으로써 한국의 화학산업에의 시사점을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 제2장에서는 선행연구를 살펴보고, 제3장에서는 분석방법론과 이용자료에 대해 점검해보았다. 제4장에서는 한-일 비교를 통해 화학산업의 탈동조화를 분석하였고, 제5장에서는 일본 화학산업의 탈동조화 촉진 요인을 살펴보았다. 마지막으로 제6장에서는 결론을 제시하였다.

Ⅱ. 선행연구

온실가스 배출량과 경제지표 간의 탈동조화를 정량적으로 분석하는 방법론은 해외연구를 중심으로 개발되어왔다. 예를 들어, OECD(2002)는 환경압력(Environmental Pressure)과 경제성장 간의 탈동조화 지수(Decoupling indicators)를 개발하고자 한 연구이다. 환경압력으로는 기후변화뿐만 아니라, 대기오염, 수질 등 다양한 요소가 포함되었다. 특히, 기후변화에 대한 탈동조화는 GDP당 온실가스 총배출량과 1인당 온실가스 총배출량을 지표로 삼아 분석 기간 초기와 말기 간에 비교하는 방식이 적절하다고 평가하였다. 그러나 이처럼 탈동조화 평가지표의 초기와 말기를 직접 비교하는 방식은 끝점효과(endpoint effect)의 직접적인 영향을 받기 때문에 합리적인 방법론으로 보기는 어렵다.

반대로, Wang(2011)은 분석 기간의 각 연도별로 탈동조화 지수를 작성하는 방법론을 제안하였다. 이는 에너지소비 지수, 경제 지수, 그리고 탈동조화 지수를 매년 작성하여 세 지수가 1을 기준으로 어떠한 값을 가지는지를 평가하고 각각의 지수가 어떠한 추이를 보이는지를 시각적으로 제시해 탈동조화를 평가할 수 있게 하였다. 이러한 방법론은 OECD(2002)의 상대적으로 단순한 탈동조화 분석결과와는 달리, 절대적 탈동조화, 상대적 탈동조화, 침체적 탈동조화, 확장적 동조화, 절대적 동조화, 상대적 동조화와 같이 6가지의 형태로 탈동조화 및 동조화의 상태를 평가할 수 있게 해준다. 본 연구는 Wang(2011)의 방법론을 수정 적용해 화학산업의 탈동조화를 수행하였으며, 이에 대한 상세한 방법론적인 설명은 제3장에서 다루었다.

나아가 Cohen et al.(2018)은 선형회귀분석을 이용해 GDP와 온실가스 배출량 간의 탄력성을 구하는 방식으로 주요국의 탈동조화를 평가하였다. 이러한 방법론을 이용할 경우 분석대상 기간 전체에 대해서 하나의 수치로 온실가스와 경제지표 간의 탈동조화를 직관적으로 평가할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 회귀분석이라는 계량

경제학적인 분석방법론을 이용하기 때문에 도출된 탈동조화 지수가 통계적으로 신뢰할 수 있는 결과인지를 통계적 유의성 평가를 통해서 확인할 수 있다. 본 연구는 Cohen et al.(2018)이 이용한 방법론도 적용해 화학산업의 탈동조화를 수행하였으며, 이 방법론에 대한 상세한 설명은 역시 제3장에서 다루었다.

국내에서도 기후변화에 대한 관심이 증가함에 따라 온실가스 배출량과 경제지표 간의 탈동조화를 분석하는 시도가 증가 중이다. 과거에는 주로 환경쿠즈네츠곡선(EKC)을 이용한 간단한 분석이 주를 이루었으나, 최근에는 탈동조화 지수나 회귀분석을 이용한 연구가 증가하고 있다. 대표적으로 임형우·조하현(2019)은 OECD (2002)의 탈동조화 계수를 응용해 1980~2014년 기간 63개국의 국가별 경제성장의 탈동조화 현상을 분석하고, 그 원인을 짚어보았다. 또한, 임형우·조하현(2020)은 Wang(2011)의 분석방법론과 유사한 형태의 탈동조화 지수를 산정하는 방식으로 1990~2017년 기간 OECD 25개국의 교통부문 온실가스 배출에 대해서 탈동조화 현상을 분석하고, 그 원인을 분석하였다. 김대수·이상엽(2019)도 Wang(2011)의 분석방법론과 비슷한 형태의 단기 탈동조화 지수(Decoupling Index)를 산정해 한국의 온실가스 배출량과 경제성장 간의 탈동조화를 분석한 바가 있다. 진태영·김도원(2021)은 철강/비철금속 산업, 석유화학 산업 등 13개 업종을 대상으로 한국의 부문별 온실가스 탈동조화 현상을 OECD(2002) 방법론을 응용한 임형우·조하현(2019)의 방법론에 따라 분석하였다. 한편, 동 연구는 앞서 지적한 바와 같이 OECD(2002)의 탈동조화 지수분석 방법론이 가지는 끝점 효과를 완화하기 위해 기준연도를 이동시키는 방식도 적용하였다. 반면 본 연구는 끝점 효과를 배제한 분석법을 기본 방법론으로 사용하였고, 장기적 추세를 확인하기 위해서는 기준연도를 고정하는 대신 통계적 유의성을 판단할 수 있고 보다 직관적인 해석이 가능한 Cohen et al.(2018)의 방법론을 활용하였다. 마지막으로 진태영·김도원(2021)은 13개 업종을 분석대상으로 하였지만, 개별 산업의 특성에 대해서는 세밀하게 분석하지 않았기 때문에 본 연구에서 초점을 두고 있는 화학산업에 대한 깊이 있는 분석은 미흡하다.

한편, 김동구(2022a)는 Wang(2011)과 Cohen et al.(2018)의 방법론을 함께 이용해 한국, 독일, 일본의 철강산업에 대한 온실가스 배출 탈동조화 지수를 산정하고 이

를 비교하였다. 해당 연구는 또한 각국 철강산업의 탈동조화 분석결과에 대한 비교분석을 통해 한국 철강산업이 탈동조화를 촉진하기 위해 취해야 할 노력에 대해서도 제시하였다.

이상에서 검토한 바와 같이, 외국을 중심으로 개발된 방법론을 활용해 최근 국내에서도 경제지표와 온실가스 배출량 간의 탈동조화를 분석하려는 연구가 증가하고 있다. 그러나 기초소재산업으로서 산업적 중요성이 매우 높고, 온실가스 배출량이 주요 산업 중에서 두 번째로 큰 화학산업의 탈동조화 정도를 국제비교를 통해 정량분석하고 탈동조화 촉진방안을 구체적으로 제시한 연구는 찾기가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 철강산업을 대상으로 탈동조화 연구를 수행한 김동구(2022a)의 분석방법론에 따라 한국과 일본의 화학산업에 대해 온실가스 배출 탈동조화 정도를 객관적으로 분석하고 이를 비교하는 형태로 연구를 진행하고자 한다. 또한, 화학산업의 탈동조화 측면에서 한국보다 앞서나가고 있는 일본의 탈동조화 촉진요인에 대해서 점검해보면서 한국 화학산업에의 시사점도 제시하였다.

Ⅲ. 분석방법론 및 이용자료

1. 분석방법론

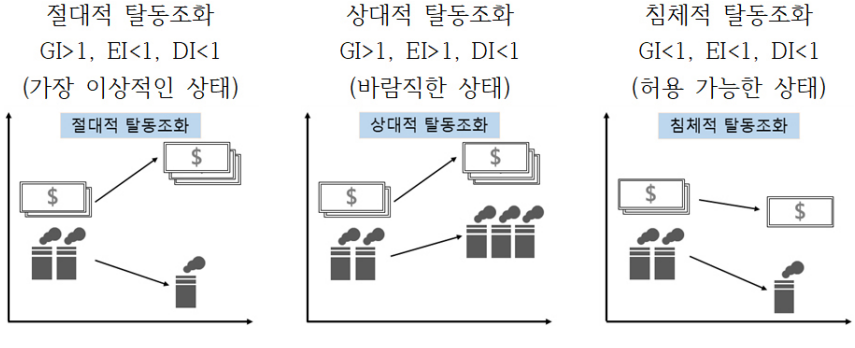
본 논문은 한국과 일본의 화학산업에 대한 탈동조화를 정량적으로 분석하기 위해 두 가지 방법론을 활용하였다. 우선, 김동구(2022a)에서 이용한 것과 같이 Wang (2011)이 제시한 탈동조화 지수(Decoupling Index)를 화학산업 온실가스 배출량과 부가가치에 적용해 산출해주었다. Wang(2011)이 제시한 방법론을 화학산업의 온실가스 배출량과 부가가치에 적용하면 다음과 같은 탈동조화 지수가 연도별로 도출된다.

$$\text{탈동조화 지수: } DI_t = \frac{EI_t}{GI_t} \quad (1)$$

여기에서 DI_t는 t 연도의 탈동조화 지수(Decoupling Index), EI_t는 t 연도의 배출량 지수(Emission Index, 구체적으로는 배출량의 연쇄지수 $\left(= \frac{Emissions_t}{Emissions_{t-1}}\right)$ 형태로 이용된다), GI_t는 t연도의 경제성장 지수(Growth Index, 구체적으로는 부가가치의 연쇄지수$\left(= \frac{VA_t}{VA_{t-1}}\right)$ 형태로 이용된다).

화학산업의 경제성장 지수(GI), 배출량 지수(EI), 그리고 GI와 EI 간의 상대적인 크기에 의해 산출되는 탈동조화 지수(DI)의 크기에 의해 탈동조화 상태는 [그림 1]과 같이 3가지 형태로 구분할 수 있다. 탈동조화 중에서 가장 이상적인 형태는 화학산업의 부가가치가 전년대비 증가하였는데(GI > 1), 온실가스 배출량은 전년대비 감소하여(EI < 1), 종합적으로 탈동조화 지수도 전년대비 감소한(DI < 1) 절대적 탈동조화라고 평가할 수 있다. 물론, 화학산업의 부가가치가 전년대비 증가하였고(GI > 1), 온실가스 배출량도 전년대비 증가했지만(EI > 1), 온실가스 배출량의 증가 속도보다 상대적으로 부가가치의 증가 속도가 높아 탈동조화 지수가 전년대비 감소한(DI < 1) 상대적 탈동조화도 바람직한 상태라고 볼 수 있다.

[그림 1] 탈동조화의 3가지 유형



자료: 김동구(2022a) p.120에 기반해 수정함

또한, Cohen et al.(2018)이 제시한 방법론을 이용해 분석기간 동안 화학산업의 탈동조화 정도를 평가하는 탄력성도 분석해주었다. 즉, 화학산업의 부가가치와 온실가스 배출량에 대한 각각의 로그값을 가지고 다음의 회귀분석식을 이용해 탄력성에 해당하는 β에 대한 추정치를 구해주었다. 이렇게 구해준 탄력성의 크기에 따라 탈동조화 정도를 평가할 수 있는데, <표 1>에 제시된 바와 같이 탄력성의 값이 1보다 작을수록 더 탈동조화가 잘 이뤄지고 있다고 평가할 수 있다.[1)]

$$\text{회귀분석식: } e_t = \beta y_t + \epsilon_t \tag{2}$$

여기에서 t는 각 연도, e_t는 온실가스 배출량의 로그값, y_t는 부가가치의 로그값.

〈표 1〉 탄력성 추정 결과와 탈동조화 판정

탄력성 결과	$\beta < 1$	$\beta = 1$	$\beta > 1$
탄력성의 의미	부가가치 증가보다 배출량 증가가 적음	부가가치 증가와 배출량 증가가 동일	부가가치 증가보다 배출량 증가가 많음
탈동조화 판정	탈동조화	동조화	동조화

자료: 김동구(2022a) p.121.

2. 이용자료

앞 절에서 설명된 두 가지 방법론을 적용해 화학산업의 온실가스 배출량 탈동조화에 대해 분석하기 위해, 본 연구는 다음의 경제지표와 배출량 자료를 이용했다. 특히, 본 연구의 목적은 한-일 화학산업에 대해서 동일한 기준으로 탈동조화 정도를 정량적으로 평가하는 것이므로 일본에 대해서도 동일한 방식으로 구축된 자료를 확보하는 것이 중요하다.

1) Cohen et al.(2018)의 방법론은 상대적으로 간단하고 직관적인 계량분석 방법론이며 계량기법적으로 매우 세밀하게 분석하는 데에는 한계가 있음. 그러나 화학산업의 탈동조화에 대한 직관적이고 명확한 한-일 비교를 통해 탈동조화의 현주소를 분석해 한국 화학산업에의 시사점을 제시한다는 본 연구의 목적에는 충분히 부합하는 방법론이라고 평가할 수 있음.

먼저, 한국 화학산업의 경제지표로는 한국은행(2022)에서 제공하는 경제활동별 부가가치(Value-Added: VA)를 이용했다. 구체적으로 “10.2.1.4. 경제활동별 GDP 및 GNI(원계열, 실질, 분기 및 연간)”에서 제시된 연쇄물량지수에 지수기준년(2015년)의 부가가치액을 곱하는 방식으로 산출된 실질 부가가치를 이용하였다. 일본 화학산업의 경제지표도 동일한 국민계정 구축방식으로 마련된 경제활동별 부가가치를 일본 내각부(2022)에서 확보해 이용했다.

다음으로, 화학산업의 온실가스 배출량은 유엔기후변화협약(UNFCCC) 등 국제협약에 따라 각 당사국이 유엔(UN)에 제출하는 국가 온실가스 인벤토리를 기본적으로 이용하였다. 한국 정부가 공표한 가장 최신의 온실가스 배출량 통계는 1990~2020년 기간을 대상으로 한다(환경부, 2022). 그러나 2020년초부터 전세계를 강타한 코로나19의 확산과 방역조치로 인해 2020년의 온실가스 배출량과 경제지표는 예상치 못한 충격을 받았다고 판단해 분석 대상에서 제외하고 1990~2019년 배출량 통계를 이용하였다(환경부, 2021). 마찬가지로 일본 화학산업의 온실가스 통계도 국제협약에 따라 일본 정부가 유엔에 제출하는 국가 온실가스 인벤토리를 확보해 사용하였다(UNFCCC, 2022). 인벤토리는 연료연소배출량과 산업공정배출량과 같은 직접배출량만을 제공하기에, 화학산업의 전력 및 열 사용량을 고려해 간접배출량을 별도로 산정해 합산해주었다.[2] 한국은 인벤토리 작성에 활용되는 기존 에너지밸런스에 산업부문 열 사용량이 없는 것으로 제시되어 있다(에너지경제연구원, 2021). 따라서 한국 화학산업에 대해서 열 사용량은 고려하지 않고, 전력 사용량만을 고려하여 간접배출량을 배분해주었다. 일본 화학산업에 대해서도 에너지밸런스 자료(일본 자원에너지청, 2022)를 활용해 화학산업의 전력 및 열 사용량을 감안하여 간접배출량을 배분하였다. 따라서 본 연구는 직간접 온실가스 배출량을 모두 고려해주었다는 특징이 있다.

본 연구에서 이용한 한국과 일본 자료의 종류, 대상 기간, 관측수, 기술통계량 등 주요 특징은 다음의 <표 2>에 제시되어 있다.

2) 간접배출량은 발전 및 열 부문의 온실가스 배출량을 먼저 산출한 후, “화학산업의 전력 및 열 최종소비량 / 발전 및 열 부문의 전력 및 열 1차공급량”을 곱해주는 방식으로 산정함.

〈표 2〉 분석자료의 주요 특징

국가	자료	기간	관측수	평균	표준편차	최소값	최대값
한국	부가가치(1조원)	’90~’19	30	47.9	19.3	16.3	75.6
	배출량(백만톤)	’90~’19	30	50.7	15.5	16.4	75.3
일본	부가가치(1조엔)	’94~’19	26	9.7	1.6	7.9	13.7
	배출량(백만톤)	’90~’19	30	118.0	14.6	91.7	144.3

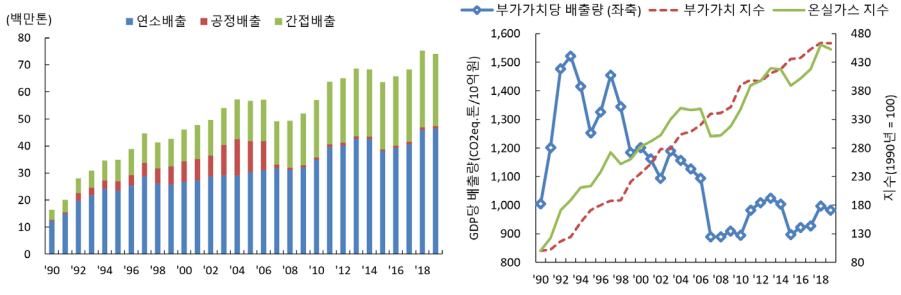
자료: 한국은행(2022), 일본 내각부(2022), 환경부(2021), UNFCCC(2022), 에너지경제연구원(2021), 일본 자원에너지청(2022)에 기반해 저자 작성

Ⅳ. 분석결과

1. 한국 화학산업의 탈동조화 분석결과

직접 및 간접 배출량을 합한 2019년 한국 화학산업의 온실가스 배출량은 7,406만톤CO_2eq로 1990년 대비 352.4% 증가한 것으로 분석된다. 배출량은 1997년 외환위기 시기, 2007년, 2015년 등에 배출량이 줄어든 시기가 있으나, 대체로 증가세를 유지하고 있다([그림 2] 참조). 특히, 2007년부터 공정배출량이 큰 폭으로 줄어든 것이 눈에 띈다. 이는 질소질 비료제조의 원료로 이용되는 질산(HNO_3)을 생산하는 업체들이 2007년부터 청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism) 가입 추진을 통해 질산 생산 시 배출되는 아산화질소(N_2O)를 분해하여 제거함에 따라 생긴 변화이다(환경부, 2019). 반면, 부가가치는 꾸준한 증가세를 유지하고 있다([그림 2] 참조). 이처럼 1990년대 후반 이후, 화학산업의 부가가치 대비 온실가스 배출량 증가가 둔화되면서, 배출원단위(배출량/부가가치)도 1990년대 후반 이후에는 상당히 개선되었음을 알 수 있다.

[그림 2] 한국 화학산업의 온실가스 배출량, 부가가치 지수, 온실가스 지수 및 배출원단위 추이

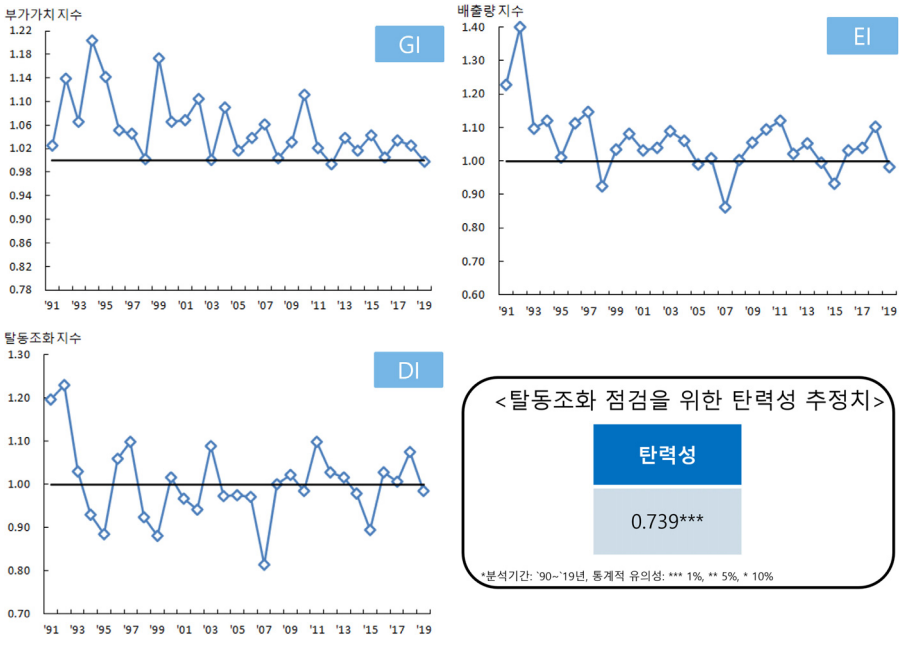


자료: 한국은행(2022), 에너지경제연구원(2021), 환경부(2021)에 기반해 저자 작성

한국 화학산업에 대한 탈동조화 지수 추정 결과는 [그림 3]에 제시된 바와 같다. 우선, 부가가치 지수는 거의 전 기간에 걸쳐 1보다 크다(GI > 1). 배출량 지수도 대부분 연도에서 1보다 크게 확인되었다(EI > 1). 그러나 2000년대 이후로는 부가가치 지수의 크기보다 배출량 지수가 상대적으로 작은 경우가 다수이다. 따라서 탈동조화 지수도 2000년대 이후에는 전반적으로 1보다 작은 양상으로(DI < 1) 상대적 탈동조화에 가깝다.

한편, 탈동조화 판정을 위한 탄력성 추정치는 0.739로 분석되었으며, 통계적으로도 1% 수준에서 유의하다([그림 3] 참조). 이는 분석기간 동안 한국 화학업에서 부가가치가 1% 증가할 경우 온실가스 배출량이 0.739% 증가했음을 의미한다. 따라서 탄력성 추정치도 한국 화학업이 탈동조화되고 있음을 확인시켜준다. 탄력성 추정치의 분석 기간을 일본과 동일하게 1994~2019년으로 수정해줄 경우, 탄력성이 0.614(p값 < 0.01)로 낮아진다. 즉, 한국 화학산업도 1990년대 초반보다는 최근에 가까워질수록 탈동조화 정도가 강해진다는 것을 알 수 있다.

[그림 3] 한국 화학산업의 탈동조화 지수 및 탄력성

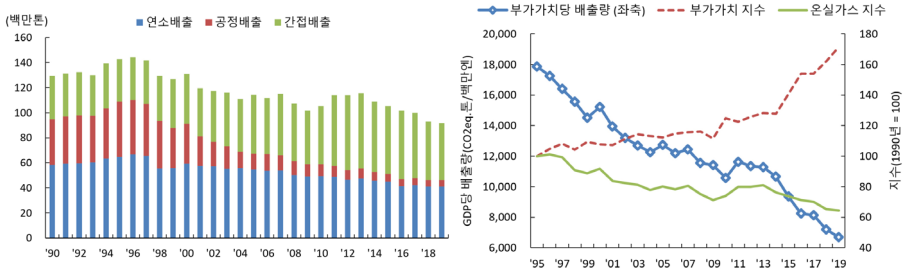


자료: 저자 작성

2. 일본 화학산업의 탈동조화 분석결과

직접 및 간접 배출량을 합한 2019년 일본 화학산업의 온실가스 배출량은 9,172만 톤CO_2eq로 1990년 대비 29% 감소한 것으로 분석된다. 온실가스 배출량은 2010년대 초반 일시적으로 증가하기도 했으나, 대체로 하락세를 유지하고 있음을 알 수 있다([그림 4] 참조). 2000년대 초반에 공정배출량이 급감했고, 2010년대 초반은 간접배출량이 증가한 것이 눈에 띈다. 반면, 일본 화학산업의 부가가치는 1995년부터 지속적인 상승세이며, 특히 2015년부터는 급증하였다([그림 4] 참조). 따라서 2019년 부가가치는 1994년 대비 1.73배에 달하는 수준이다. 즉, 1990년대 중반 이후 부가가치는 상승세를, 배출량은 감소세를 지속하였다. 이로 인해 배출원단위(배출량/부가가치)는 1990년대 중반 이후 지속적으로 개선되었다.

[그림 4] 일본 화학산업의 온실가스 배출량, 부가가치 지수, 온실가스 지수 및 배출원단위 추이



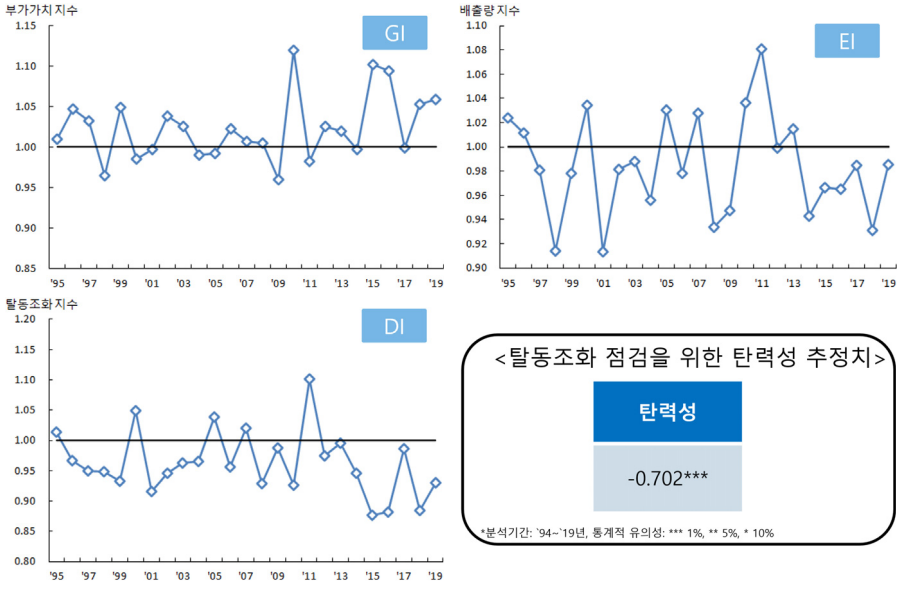
자료: UNFCCC(2022), 일본 자원에너지청(2022)에 기반해 저자 작성

일본 화학산업에 대한 탈동조화 지수 추정 결과는 [그림 5]에 제시된 바와 같다. 우선, 부가가치 지수는 일부 연도를 제외하고는 대체로 전 기간에 걸쳐 1보다 크다(GI > 1). 반대로 배출량 지수는 일부 연도를 제외하고는 대체로 전 기간에 걸쳐 1보다 작다(EI < 1). 따라서 탈동조화 지수는 거의 대부분 1보다 작은 형국으로(DI < 1) 절대적 탈동조화에 해당한다.

한편, 탈동조화 판정을 위한 탄력성 추정치는 -0.702로 분석되었으며, 통계적으로도 1% 수준에서 유의하다([그림 5] 참조). 이는 분석기간인 1994~2019년[3] 동안 일본 화학산업에서 부가가치가 1% 증가할 경우 온실가스 배출량은 0.702% 감소했음을 의미한다. 따라서 탄력성 추정치도 일본 화학산업이 탈동조화되고 있음을 확인시켜준다.

3) 일본 화학산업의 부가가치 자료가 1994년부터 제공되어 분석 기간을 '94~'19년으로 설정함.

[그림 5] 일본 화학산업의 탈동조화 지수 및 탄력성



자료: 저자 작성

3. 한-일 화학산업의 탈동조화 분석결과 정리

한-일 화학산업의 탈동조화 분석결과를 정리하면, 한국은 상대적 탈동조화, 일본은 절대적 탈동조화에 해당된다(<표 3> 참조). 우선 한국 화학산업의 부가가치는 꾸준한 증가세이나 온실가스 배출량은 2000년대부터 증가세가 소폭 둔화되었다. 이러한 변화 때문에 한국 화학산업은 1990년대 후반부터 부가가치 대비 배출량 증가세가 둔화되었고 상대적 탈동조화 상태로 평가된다([그림 2] 및 [그림 3] 참조). 한편, 한국 화학산업에서 공정배출량은 CDM 사업 등으로 크게 감소하였으나, 연소배출량은 아직 감소세로 판단하기 어렵고 간접배출량도 꾸준히 증가했다는 점을 알 수 있다.

반면, 일본 화학산업은 1990년대 초반부터 온실가스 배출원단위가 지속적인 개선세를 보였으며, 절대적 탈동조화 상태로 평가된다. 특히, 일본 화학산업은 1996년

이후 연소배출량이 감소하기 시작해 그 추세가 지속 중인 것이 두드러진다. 또한, 간접배출량 비중이 지속적으로 증가했으나, 동일본대지진에 따른 발전부문 배출량 급증의 영향이 줄어들면서 간접배출량도 2014년 이후에는 감소세인 점도 두드러진다.

따라서 상대적 탈동조화 상태인 한국 화학산업에 비해 절대적 탈동조화 상태를 이룩한 일본 화학산업의 비결을 검토해볼 필요가 있다. 다음 장에서는 일본 화학산업의 탈동조화 촉진 요인을 점검해보고, 한국 화학산업에의 시사점을 제시하였다.

〈표 3〉 한-일 화학산업의 탈동조화 분석결과

국가	탈동조화 지수	탄력성	탈동조화 상태
한국	GI>1, EI>1, DI<1	0.739*** (0.614***)	상대적 탈동조화
일본	GI>1, EI<1, DI<1	-0.702***	절대적 탈동조화

주: 통계적 유의성은 *** 1%, ** 5%, * 10%. 탄력성 분석기간이 한국은 1990~2019년(괄호 안은 1994~2019년), 일본은 1994~2019년임.
자료: 저자 작성

Ⅴ. 일본 화학산업의 탈동조화 촉진 요인

1. 에너지효율 향상과 온실가스 감축을 위한 자발적 노력

일본 화학업계는 일본화학공업협회를 중심으로 교토의정서가 채택된 1997년부터『경단련 환경자주행동계획(経団連 環境自主行動計画)』에 참여해 에너지효율 향상과 온실가스 감축을 위해 자발적으로 노력해왔다. 일본화학공업협회는 1998년 지구온난화대책의 일환으로 2010년까지 에너지원단위를 1990년도 수준보다 10% 낮추겠다는 목표와 이산화탄소(CO_2) 이외의 온실가스 배출도 최대한 억제하기 위해 노력한다는 목표를 설정했다(일본 경단련, 1999). 또한 ①설비·기기효율 개선, ②공정 개조(改造), ③에너지 회수, ④이산화탄소 이외의 온실가스 억제 노력을 목

표 달성 수단으로 제시했다(일본 경단련, 1999). 2007년 진행된 실태조사에 따르면, 일본 화학산업의 에너지원단위는 2000년대 초반부터 이미 2010년까지 달성 목표인 1990년도 수준보다 10% 낮은 상태를 달성하였고 그 이후에도 에너지원단위는 꾸준히 감소하고 있는 것으로 평가되었다(일본 경단련, 2008). 일본 화학산업이 이처럼 에너지원단위를 꾸준히 개선시킬 수 있었던 것은 에너지절약을 위한 지속적인 투자에 있다고 판단된다. 일본 화학업계의 에너지절약투자는 1997년부터 꾸준히 진행되었고, 2006년까지 누적하여 약 3,400억 엔이 투자되었다(일본 경단련, 2008). 상황이 이렇게 되자, 2007년 일본화학공업협회는 2008~2012년 평균 에너지원단위를 1990년 대비 20% 낮추는 것으로 환경자주행동계획의 지구온난화대책 관련 정량목표를 강화하였다(일본 경단련, 2008).

한편, 2008년 글로벌 경제위기 이후 수요둔화 등으로 인해 일본 화학산업의 생산량도 다소 줄어들었는데, 에너지 사용이 많은 석유화학제품군의 생산은 감소하는 대신 기능성 제품과 기타화학제품군의 생산은 증가했다. 이로 인해 2013년 이후 화학산업의 전반적인 생산수준이 과거보다 낮은 수준에서 정체되어 생산량 변화에 따른 온실가스 배출 증감은 크지 않았던 것으로 판단된다. 이처럼 에너지원단위 개선 노력과 2008년 경제위기 이후 생산활동 위축이 맞물려 이산화탄소 배출량이 2013년 이후 완만한 감소세로 전환된 것으로 파악된다. 이에 더해『경단련 환경자주행동계획』의 초기부터 일본의 화학업계는 공정가스 감축을 위한 노력도 병행해, 2000년대 이전부터 공정가스의 급격한 감축을 달성하였다.

2. 이산화탄소 이외의 온실가스 감축 노력

일본화학공업협회는 이산화탄소 이외의 온실가스 감축을 위해 1998년부터『경단련 환경자주행동계획』에 제조시설 밀폐화를 통한 누출 방지, 회수 및 재이용 촉진, 수요업계 사용량 저감, 배출삭감, 탈프레온가스 추진 등을 포함시켰다(일본 경단련, 1999). 또한, 일본화학공업협회는 일본플루오르카본협회와 함께 수소불화탄소(HFCs) 등의 제조업자로서 자발적 목표를 설정하고 목표 달성을 위한 자주행동계획

을 병행하여 실행하였다(일본 경단련, 2001, 2008). 그 결과 프레온 대체 3개 공정가스(과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6), 삼불화질소(NF_3))의 배출량은 2000년대에 들어서며 급격히 감소하였고, 2005~2008년 기간 일시적으로 상승하였지만 이내 감소세로 전환되었다. 이러한 노력은 F-가스 관련 배출량도 중요한 화학산업의 온실가스 감축으로 이어지게 되었다.

3. 일본 화학산업의 구조조정

2008년 글로벌 금융위기와 2012년 유럽 재정위기 확산에 따른 글로벌 경기침체로 일본 석유화학산업은 과잉설비 문제에 직면했고 구조조정이 필요해졌다. 이와 같은 경기적 요인 외에도 당시 일본의 석유화학산업이 처한 상황은 밝지 않았다. 우선, 중동의 물량공세와 중국의 자급률 제고로 일본 업체들의 글로벌 경쟁력이 약화되는 중이었다(남장근, 2013). 특히 한국, 대만, 중동의 범용제품이 중국시장에서 점유율을 지속적으로 높이며, 일본은 일부 고부가가치제품을 제외하고 대부분 품목에서 고전 중이었다(남장근, 2013). 이에 더해 북미산 셰일가스 기반 저가상품의 대량유입으로 상류 부문인 납사분해공정(NCC)의 공급과잉이 더욱 심각해질 것으로 우려되었다(남장근, 2013).

이러한 환경 하에서 일본은 2014년 1월 경제재생 및 산업경쟁력 강화를 위한 지원책 마련을 위해 산업경쟁력강화법을 제정했다. 2014년 11월 일본 경제산업성은 석유화학산업 시장구조를 조사·발표하며, 일본 석유화학산업에 대해 다음과 같은 대응방향을 제시하였다: ①생산설비의 통합과 재편에 의한 생산효율 향상, ②석유정제 기업과 연계 강화를 통한 생산체제 최적화, ③인접 기업과 에너지 상호 융통, 발전설비 등의 공유화 및 설비 유지보수, 조달 등 공통 부문의 집중화를 통한 비용 절감, ④저렴한 원료 확보 및 자체 생산기술을 활용한 해외전개 촉진(한국석유화학협회, 2014).

한편, 일본 석유화학업계는 일본 경제산업성 조사보고서의 대응 방향이 제시되기 이전부터 석유화학산업 기초 원료인 에틸렌 등의 생산설비 통폐합을 추진해왔다(남

장근, 2013). 이는 주요 고객사인 자동차, 전기전자업체 등의 해외생산 확대와 글로벌 경기침체로 인한 수요부진에 대응하기 위해서이다(남장근, 2013). 주요업체들의 구조조정 노력 결과, 에틸렌 생산 업체들이 1997년 13개사에서 2016년 9개사로 줄어든 반면에, 업체들의 평균생산능력은 1997년 552천톤에서 2016년 711천톤으로 증가하였다(산업통상자원부, 2016).

4. 일본 화학산업의 고부가가치화 노력

일본 화학업계는 후발 경쟁국에 비해 경쟁우위에 있는 전자소재, 의료기기 등의 고기능 제품으로 사업다각화도 추진해왔다(남장근, 2013). 석유화학업계에서는 실리콘 수지와 반도체 웨이퍼 생산에 있어 신에츠화학이, 고부가가치 폴리프로필렌(PP) 필름 생산에 있어 미쓰이화학이, 고기능성 필름 생산에 있어 스미토모화학이 앞서가고 있다(남장근, 2013; 산업통상자원부, 2016). 무기화학부문에서는 JSR, 쿠라레, 닛토덴코 등의 중견기업들이 LCD 디스플레이, 반도체 등 전자소재 분야와 의료기기 등의 품목들에서 세계 최고의 시장점유율을 확보하고 있다(남장근, 2013). 이러한 일본 화학업체들의 또 다른 특징은 전자재료, 고기능필름, 토너원료, 코팅분야 등과 같은 중소형 시장에서 독점적 위치를 구축하고 자국 내 수출 경쟁력이 있는 수요산업과 협력해 높은 진입장벽을 구축함으로써 높은 마진율을 지향한다는 것이다(산업통상자원부, 2016). 이러한 노력에 힘입어 일본 화학산업은 2013년 이후 부가가치가 지속적으로 성장할 수 있었다고 판단된다.

Ⅵ. 결 론

본 연구는 한국의 주요 산업 중에서 온실가스 배출량이 두 번째로 많은 산업이면서 기초소재산업으로 주요 제품들이 다른 제조업에 원재료로 널리 사용되는 화학산

업에 대해 온실가스 배출 탈동조화를 분석하였다. 특히, 한국과 일본을 대상으로 1990~2019년 기간에 대해 탈동조화 양상을 비교 분석하였다. 한-일 화학산업의 탈동조화 분석 결과를 종합하면, 한국은 상대적 탈동조화, 일본은 절대적 탈동조화로 판단된다. 여전히 확장적 동조화 상태로 평가되는 한국의 철강업에 비하면, 한국의 화학산업은 탈동조화를 어느 정도 달성 중인 상황으로 평가된다.

그러나 일본의 성공적인 절대적 탈동조화 사례를 토대로 온실가스 감축, 제품 고부가가치화 및 선제적 사업재편 추진이 필요하다. 에너지절감 및 온실가스 감축을 위한 꾸준한 투자는 탈동조화 달성을 위한 가장 기본적인 노력일 것이다. 일본 화학업이 절대적 탈동조화를 달성할 수 있었던 기반도 에너지절감을 위한 꾸준한 투자를 통해 지속적으로 에너지원단위를 개선한 것에 있다. 하지만 에너지원단위 개선만으로는 상대적 탈동조화에서 더 나아가 절대적 탈동조화를 달성하는 데 한계가 있다. 부가가치 기준으로 절대적 탈동조화를 위해서는 부가가치의 지속적인 상승세가 꼭 필요하다. 현재 우리나라 화학산업 구조는 석유화학산업 특히, 범용제품 생산에 편중되어 있다. 이러한 구조 하에서는 수익률이 낮고 불안정하다는 문제점이 존재한다. 따라서 화학산업 부가가치 상승을 위해서는 제품 다각화 및 고부가가치화가 필요하다. 이를 위해 단기적으로는 M&A를 통한 기술획득이 해결방안이 될 수 있겠으며, 중장기적으로는 연구개발 투자를 확대하여 고부가가치제품 생산기술을 개발하는 것이 무엇보다 중요하다. 기술개발에 있어 선택과 집중을 통한 체계적 지원, 수요자와의 협업을 통한 기술개발, 해외연구소와의 협력개발을 통한 기술 획득 등 다양한 기술개발 전략을 고민해야 한다. 한편, 화학산업의 현재 생산공정으로는 온실가스 감축한계에 직면할 가능성이 높으므로, 탄소배출이 없는 생산기술 또는 탄소포집활용저장(CCUS) 기술을 적극 개발해야 할 것이다.

향후 유럽이 탄소국경조정제(CBAM)을 확대 시행하는 경우 화학산업은 제1순위로 규제대상에 포함될 가능성이 높다. 또한, 유럽을 중심으로 F-가스, 과불화화합물(PFAS) 등 각종 화학물질에 대한 전반적인 규제도 강화하는 추세이다. 따라서 본 연구는 화학산업의 온실가스 배출 탈동조화 상황과 방안에 대해 살펴보았다는 점에서 향후 우리 산업의 미래 방향성에 대해 의미있는 연구라고 평가된다. 미래에 우리나

라의 산업은 온실가스 배출량과 경제적 지표 간의 탈동조화를 이루어 탄소중립에 기여하고 경제적 번영은 지속할 수 있는 형태로 개선될 필요가 있다.

본 연구는 Wang(2011)이 제시한 방법론을 이용해 한국과 일본의 화학산업에 대한 연도별 탈동조화 지수를 산출해 평가했으며, Cohen et al.(2018)의 간단한 계량분석 방법론을 이용해 한-일 화학산업의 탈동조화 정도를 평가하는 탄력성도 분석했다. 본 연구에 적용된 분석방법론은 상당히 직관적인 방법론이며 탈동조화 현황을 계량기법적으로 매우 세밀하게 분석하는 데에는 한계가 있다. 물론, 분석 대상국가를 더 늘리거나, 대상 산업을 증가시켜서 패널분석을 실시하는 것이 전체적인 산업의 탈동조화 추세를 분석하기에는 더욱 정교할 수가 있다. 그러나 본 연구는 화학산업에 초점을 맞추어 탈동조화 정도를 비교 분석하는 것이 주목적이므로 대상 업종을 증가시키는 것은 논문의 취지에 부합하지 않는다. 또한, 전 세계적으로 경쟁력이 있으면서 한국의 벤치마크 대상이 될 가능성이 높은 화학산업을 보유한 국가는 일본과 독일 정도로 볼 수 있다. 그러나 독일은 경우에는 UN에 공식 제출하는 온실가스 인벤토리 통계에 화학산업의 배출량을 별도로 제공하지 않고 있다. 따라서 본 연구의 분석방법론은 한-일 비교를 통한 화학산업의 탈동조화 현주소를 분석하고 일본의 정책적 성공사례를 세밀히 살펴봄으로써 한국의 화학산업에의 시사점을 제시한다는 본 연구의 목적에 충분히 부합한다고 평가할 수 있다. 향후 연구에서는 더욱 정교한 분석방법론을 개발하고 분석에 이용가능한 추가 데이터를 확보해 방법론적으로 더욱 세밀한 연구를 진행할 수 있기를 희망한다.

접수일(2023년 7월 20일), 수정일(2023년 8월 20일), 게재확정일(2023년 8월 20일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

국가법령정보센터(2023). 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법. https://www.law.go.kr/법령/기후위기대응을위한탄소중립·녹색성장기본법 (접속일 : 2023.02.13).

김대수·이상엽(2019). "국내 온실가스 배출량과 경제성장 간 장단기 비동조화 분석." 자원·환경경제연구 28(4) : 583-615.

김동구(2022a). "철강산업의 온실가스 배출 탈동조화 국제비교." 자원·환경경제연구 31(1) : 113-139.

김동구(2022b). "EU 탄소국경조정제도(CBAM) 추진의 핵심 쟁점과 산업경제적 의의에 대한 연구." 산업연구 46(3) : 1-29.

김동구(2022c). "EU의 냉매가스 규제 강화와 탄소중립에의 시사점." 자원·환경경제연구 31(4) : 777-799.

남장근(2013). 일본 석유화학산업의 구조조정 과정과 해외진출 동향 및 시사점. 정책자료 2013-203. 서울 : 산업연구원.

문준선(2020). 포스트 한일경제전쟁. 서울 : 스마트북스.

산업통상자원부(2016). 화학산업 고부가가치화 전략. 세종 : 산업통상자원부 철강화학과 (2016.04).

심우석·남장근(2013). 일본 화학산업 경쟁력의 재조명과 시사점. KIET 산업경제(2013. 10). 서울 : 산업연구원.

에너지경제연구원(2021). 2021 에너지통계연보. 울산 : 에너지경제연구원.

임형우·조하현(2019). "경제성장과 탄소배출량의 탈동조화 현상 분석: 63개국 동태패널 분석(1980~2014년)." 자원·환경경제연구 28(4) : 497-526.

임형우·조하현(2020). "교통부문 탄소배출 탈동조화 현상의 원인분석 및 에너지전환의 효과: OECD 25개국 패널분석." 자원·환경경제연구 29(3) : 389-418.

정홍석(2019). 석유화학산업의 위협요인 및 경쟁력 강화 방안. 산은조사월보 767(2019.10). 서울 : KDB산업은행 미래전략연구소.

조경진(2016). 국내 석유화학산업의 시장 환경 및 대응 방안. 서울 : KDB산업은행.

진태영·김도원(2021). “산업부문 온실가스 탈동조화 변화요인 분석.” 환경정책 29(1) : 101-127.

탄중위(2022). 탄소중립 기본법 시리즈 2_제정 배경 및 의의 (작성일 : 2022.03.28), 2050 탄소중립녹색성장위원회. https://www.2050cnc.go.kr/base/board/read?boardManagementNo=7&boardNo=693&page=5&searchCategory=&searchType=&searchWord=&menuLevel=2&menuNo=13 (접속일 : 2023.02.13).

한국석유화학협회(2014). 일본 석유화학산업 시장구조에 관한 조사 보고. Special Report 2014_4. 서울 : 한국석유화학협회.

한국은행(2022). 경제통계시스템 ECOS - 10.국민계정(2015년 기준년). http://ecos.bok.or.kr/ (접속일 : 2022.02.16).

화학경제연구원(2015). “한국-일본, 국력의 차이…” 화학저널. 2015년 5월 4일/11일 (1018호) : 3.

환경부(2019). 2019 국가 온실가스 인벤토리 보고서. 세종 : 환경부 온실가스종합정보센터.

환경부(2021). 2021년 국가 온실가스 인벤토리(1990-2019) 공표. 세종 : 환경부 온실가스종합정보센터 공표 온실가스통계. 2021년 12월 30일.

환경부(2022). 국가 온실가스 인벤토리(1990-2020). 세종 : 환경부 온실가스종합정보센터 공표 온실가스통계. 2022년 10월 25일.

일본 경단련(1999). 経団連環境自主行動計画(1998年版)化学(경단련 환경자주행동계획(1998년판) 화학). (社)日本経済団体連合会. https://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/pol216/ap/05.html (접속일 : 2023.02.13.).

일본 경단련(2001). 第４回経団連環境自主行動計画フォローアップ結果 (温暖化対策‧個別業種版) (제4회 경단련 환경자주행동계획 후속조사결과 (온난화대책·개별업종판). 2001.1. 東京 : (社)日本経済団体連合会.

일본 경단련(2008). 環境自主行動計画 [温暖化対策編]－2007年度フォローアップ調査結果(2006年度実績)－ <個別業種版> (환경자주행동계획 [온난화대책편]－2007년도 후속조사결과(2006년도 실적)－ <개별업종판>). 2008.3. 東京 : (社)日本経済団体連合会.

일본 내각부(2022). 2020年度国民経済計算 (2020년도 국민경제계산). 内閣府. https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/2020/2020_kaku_top.html (접속일 : 2022.02.18.).

일본 자원에너지청(2022). 集計結果又は推計結果（総合エネルギー統計）(집계결과 또는 추계결과 (종합에너지통계)). 経済産業省 資源エネルギー庁. https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html (접속일 : 2022.02.17.).

Cohen, G., Jalees, J. T., Loungani, P. and Marto, R. 2018. “The Long-run Decoupling of Emissions and Output: Evidence from the Largest Emitters.” *Energy Policy* 118 : 58-68.

EC. 2022. “European Green Deal: Agreement reached on the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM).” Press release. 2022 December 13th. Brussels : European Commission.

EP. 2022. Amendments adopted by the European Parliament on 22 June 2022 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a carbon border adjustment mechanism. European Parliament. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2022-0248_EN.html (접속일 : 2023.02.13).

IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva : Intergovernmental Panel on Climate Change.

OECD. 2002. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. SG/SD(2002)1/FINAL. May 2002. Paris : Organisation for Economic Co-operation and Development.

UNFCCC. 2022. Greenhouse Gas Inventory Data - Flexible Queries Annex I Parties. Bonn : United Nations Framework Convention on Climate Change. https://di.unfccc.int/flex_annex1 (접속일 : 2022.02.15.).

Wang, H. 2011. “Decoupling Measure between Economic Growth and Energy Consumption of China.” *Energy Procedia* 5 : 2363-2367.

ABSTRACT

Analysis of Greenhouse Gas Emission Decoupling in the Chemical Industry: Focusing on Korea-Japan Comparison*

Dong Koo Kim** and Insung Son***

This study analyzed the decoupling of greenhouse gas emissions in the chemical industry, where major products are widely used as raw materials for other manufacturing industries, as well as the second-highest greenhouse gas emission among major industries in Korea. In particular, the pattern of decoupling between 1990 and 2019 was compared and analyzed for Korea and Japan. Summarizing the results of the decoupling analysis of the chemical industries of Korea and Japan, it is judged that Korea is relative decoupling and Japan is absolute decoupling. Compared to the Korean steel industry, which is still evaluated as being in a state of expansionary coupling, the Korean chemical industry is evaluated as achieving some degree of decoupling. However, based on Japan's successful case of absolute decoupling, it is necessary to reduce GHG emissions, increase product value-added, and promote preemptive business reorganization. In this respect, this study examined the Japanese chemical industry's efforts to decoupling and also presented implications for the Korean chemical industry.

Key Words : Greenhouse gas, Decoupling, Chemical industry, International comparison

* This paper is a revised and supplemented version of the Korea Energy Economics Institute's basic research report, "A Study on the Facilitation of Decoupling between GHG Emissions and Growth in Major Manufacturing Industries"

** Assistant Professor, Division of International Trade and Economics, National Korea Maritime & Ocean University (First author), eastnine09@gmail.com

*** Research Fellow, Department of Climate Change Policy Research, Korea Energy Economics Institute (Corresponding author), isson@ keei.re.kr