

최근 산업환경 변화가 국내 석유화학 공급망에 미치는 영향과 정책 시사점¹⁾

요약

본 연구는 국내 석유화학산업이 직면한 구조적 변화를 공급망 재편, 그린 전환, 디지털 전환이라는 세 가지 핵심 요인으로 구분하여 분석하였다. 첫째, 공급망 재편은 중국의 생산 능력 확대와 자급률 상승, 보호무역주의 심화, 지정학적 리스크 등 복합적 요인에 의해 가속화되고 있으며, 이는 국내 업스트림 부문의 경쟁력 약화와 생산 설비 구조조정의 필요성을 초래하고 있다. 둘째, 그린 전환은 ESG 경영 확산, EU CBAM과 같은 탄소무역장벽 강화, 그리고 대체 원료 확보의 필요성과 맞물려 원가구조 변화와 함께 기업 이미지 및 투자유치 역량에도 직접적 영향을 미친다. 셋째, 디지털 전환은 AI, 빅데이터, 디지털 트윈, IoT 등의 기술 도입을 통해 연구개발 기간 단축, 원료 구매 최적화, 생산공정의 효율성과 안전성 제고를 가능하게 하며, 공급망 전반의 경쟁력을 높이는 잠재적 요인으로 작용한다. 전문가 조사는 이러한 변화 속에서 연구개발 투자와 원료 조달 다변화를 최우선 과제로 지목하였으며, 특히 기술 불확실성과 투자 여력 한계를 극복하기 위한 정책지원과 민관 협력이 강조되었다. 종합적으로 볼 때 국내 석유화학산업은 범용제품 중심 구조에서 탈피하여 스페셜티 및 비화학 분야로의 전환을 모색해야 하며, 이를 위해 그린 전환 및 디지털 전환과 연계된 공급망 재편 대응전략이 긴요하다.

1) 본 원고는 이상원·조용원·최동원(2025), 「산업환경 변화에 대응한 화학산업 생태계 경쟁력 강화방안」, 연구보고서(출간 예정)의 일부 내용을 활용하여 작성하였다.

1. 배경

국내 석유화학산업은 지난 수십 년간 수출 주도형 성장전략의 핵심 기반 산업으로서 국가 경제발전에 중요한 기여를 해왔다. 그러나 최근 글로벌 산업환경은 공급망 재편, ESG를 중심으로 한 그린 전환, 그리고 디지털 전환 등 구조적 변화를 겪고 있으며, 이에 따라 국내 석유화학 공급망도 새로운 도전에 직면하고 있다.

첫째, 글로벌 공급망 재편은 원료 조달, 생산공정, 물류·판매 전반에 걸쳐 불확실성을 확대시키고 있다. 특히 중국을 비롯한 신흥국의 생산 능력 확대는 국내 업스트림 부문의 경쟁력을 약화시키고 있으며, 이로 인해 생산 능력의 구조 전환 필요성이 제기되고 있다.

둘째, 환경규제 강화는 석유화학산업의 지속 가능성은 좌우하는 핵심 요인으로 부상하였다. 유럽연합의 탄소국경조정제도(CBAM), 미국의 청정대기법 등은 탄소발자국을 새로운 무역장벽으로 작용하게 하고 있으며, 이에 대응하기 위해 기업들은 ESG 경영을 통한 그린 전환을 적극적으로 추진하고 있다. 이러한 대응은 단순히 규제 준수

차원을 넘어, 해외시장에서의 경쟁력 확보와 기업 브랜드 가치 제고에도 직결되고 있다.

셋째, 디지털 전환은 석유화학 공급망 전반에서 효율성과 안전성을 동시에 제고할 수 있는 핵심 수단으로 평가된다. 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 디지털 트윈과 같은 신기술은 연구개발 단계에서 제품 설계와 시뮬레이션을 고도화하고, 생산공정에서는 스마트 플랜트 구현을 통해 에너지 절감 및 온실가스 저감을 가능하게 하고 있다. 더 나아가 물류와 판매 단계에서도 빅데이터 및 자율주행 기술을 기반으로 한 공급망 관리 효율화가 기대된다.

이러한 배경에서 본 연구는 국내 석유화학산업의 공급망을 중심으로 공급망 재편, 그린 전환, 디지털 전환이라는 세 가지 구조적 변화 요인을 체계적으로 분석하고, 각 요인이 연구개발, 원료 조달, 생산공정, 물류·판매 단계별로 미치는 영향을 검토하고자 한다. 이를 통해 국내 석유화학산업이 직면한 위험 요인과 기회 요인을 균형 있게 조망하고, 향후 정책적·산업적 대응 방향을 도출하는 데 목적을 두고 있다.

2. 산업환경 변화가 국내 석유화학 공급망에 미치는 영향

(1) 최근 산업환경 변화 요인

1) 공급망 재편

2020년대에 접어들며 국내 석유화학산업의 공급망은 중대한 변곡점을 맞이하고 있다. 2010년 대까지 세계무역기구(WTO)를 중심으로 유지되던 자유무역 기조는 점진적으로 약화되었으며,

보호무역주의가 강화되는 양상이 나타나기 시작하였다. 여기에 더해 코로나19 팬데믹과 일본 및 중국의 대한국 수출 통제 및 공급 차질을 겪으면서 공급망의 안정성과 회복력(resilience)의 중요성이 부각되었다. 특히 국내 석유화학산업은 원유 정제를 통해 얻은 나프타에 전량 의존하는 생산 구조를 갖추고 있어, 중동 및 러시아에서의 지정학적 리스크가 고조될 경우 원가경쟁력 약화로 직결되는 사례가 빈번히 관찰되었다.

국내 석유화학 전문가²⁾들은 최근 글로벌 공급망 재편 상황을 면밀히 관찰할 필요가 있다는 점에 대체로 공감하였다. 이와 함께 국내외 공급망 변화의 핵심 요인으로는 중국의 자급률 상승이 지목되었다. 실제로 중국은 2018년 대비 2023년 글로벌 에틸렌 생산 능력 증가분 4,800만 톤 가운데 2,600만 톤을 차지하며 급격한 양적 성장을 기록하였다. 이는 한국의 생산 능력 증가분의 두 배를 상회하는 수준이다. 이러한 중국의 자급률 증가는 한국 석유화학산업의 최대 수출시장인 중국 내 수입 수요 감소로 직결되었다. 예컨대 2010년 대 후반까지만 해도 국산 석유화학제품 수출량의 절반이 중국으로 향했으나, 점차 비중이 축소되어 2025년 현재에는 40% 초반 수준에 머물고 있다.

전문가들이 공급망 재편의 주요 세부 요인으로 가장 먼저 꼽은 것은 자국 우선주의였다. 이는 자유무역주의의 해체와 보호무역주의 강화 현상을 의미하며, 실제로 미·중 무역분쟁의 장기화와 양국

의 블록화된 가치사슬 형성으로 구체화되고 있다. 또한 EU 역내 기업 보호를 목적으로 한 탄소국경 조정제도(CBAM) 도입, 반덤핑 제소 증가 등도 이러한 흐름을 반영한다.

한편, 국내 석유화학산업은 원료를 전량 해외에 의존하는 구조이므로 주요 산유국의 지정학적 불안정성이 고조될 경우 생산비 변동성이 확대되는 구조적 취약성을 안고 있다. 러시아-우크라이나 전쟁의 장기화, 수에즈 운하 및 홍해 지역의 지속적인 분쟁 등을 대표적 사례로 들 수 있다. 그럼에도 불구하고 전문가들은 지정학적 리스크를 공급망 재편의 세 번째 요인으로 평가하였다. 이는 이러한 리스크가 국내 원료 조달 부분에는 심대한 영향을 미치지만, 국내 기업들이 조달선 다변화를 통해 일정 부분 대응 역량을 축적해왔다는 점에서 앞선 요인들에 비해 상대적 중요도가 낮다고 판단했기 때문이다.

마지막으로 전문가들은 최근 미국 트럼프 행정부의 관세 정책을 공급망 재편 요인으로 언급하였다. 2025년 8월 초 미국 행정부가 한국산 석유화학제품에 대한 상호관세를 인하하기 전까지는 관세 인상 조치가 시행되었으나, 한국의 대미 수출 규모가 크지 않았던 점을 감안할 때, 해당 조치가 글로벌 공급망 재편에 미친 영향은 제한적일 것으로 전망된다.

2) 그린 전환

이번 조사에서 전문가들은 석유화학 공급망 전반의 탈탄소화와 관련하여 기업의 ESG 경영이 가장 중요한 요인이라고 평가하였다. 아울러 EU의

2) 이번 조사는 국내 석유화학 기업 담당자, 학계, 협단체 관계자로 구성된 전문가를 대상으로 대내외적 시장환경 변화가 국내 석유화학 공급망의 단계에 미치는 영향과 각 단계별 정책의 중요성과 시급성을 정성적으로 평가토록 수행.

탄소국경조정제도(CBAM), 미국의 청정대기법과 같이 석유화학제품의 탄소발자국(carbon footprint)이 향후 비관세 무역장벽으로 작용할 가능성이 크다고 전망하였다.

석유화학 기업들이 ESG 경영을 통해 그린 전환을 추진하는 배경에는 국내외 환경규제 강화에 대한 대응뿐만 아니라 기업 브랜드 가치 제고라는 목적이 결부되어 있다. 탄소발자국 규제 수준이 전 세계적으로 고도화되는 상황에서 ESG 경영을 선제적으로 이행하여 그린 전환을 달성하는 기업은 국내외 시장 모두에서 경쟁 우위를 확보할 수 있다. 이러한 활동은 친환경 이미지를 강화하여 브랜드 가치를 높일 뿐만 아니라, 투자 시장에서 그린 전환에 필요한 자본 조달을 보다 용이하게 만드는 긍정적 효과도 발생시킨다.

전문가들은 ESG 경영의 확산과 더불어 탄소무역장벽을 그린 전환의 핵심 요인으로 지목하였다. EU가 역내 석유화학 기업의 탄소 누출을 방지하기 위해 CBAM을 도입한 사례는 보호무역주의 강화 추세와 맞물려, 석유화학제품의 탄소발자국이 가격경쟁력의 결정 요인으로 부상하고 있음을 보여 준다. 공급망 전반에서 탄소발자국을 최소화한 제품은 환경규제가 엄격한 시장에서 원가 경쟁 우위를 점할 수 있으며, 동시에 환경 의식이 높은 최종 소비자의 선호를 바탕으로 시장 점유율 확대 또한 기대할 수 있다.

3) 디지털 전환

이번 조사 결과 전문가들은 석유화학산업에서 디지털 전환이 본격적으로 추진될 경우 생산성 측

면에서 뚜렷한 향상이 기대된다고 평가하였다. 아울러 산업안전 부문에서도 디지털 기술의 도입이 혁신적 개선을 이끌어, 전통적으로 위험산업으로 인식되어 온 석유화학산업의 이미지 변화를 촉진 할 것으로 전망하였다.

석유화학산업 내 디지털 전환은 축적된 데이터를 기반으로 한 합리적 의사 결정을 가능하게 하고, 자동화된 생산공정의 효율적 관리로 생산성을 제고할 것으로 예상된다. 특히 인공지능(AI)을 활용하면 설비의 고장 가능성을 사전에 탐지하여 계획적 유지보수와 안정적 가동률 확보가 가능하며, 이로써 운영 효율성이 크게 향상된다. 또한 원료 투입 대비 최종재 산출량(수율)을 최적화하는 솔루션이 개발되어 공정 전반의 생산효율이 개선 될 수 있다.

더 나아가 디지털 전환은 석유화학산업의 안전성 강화에도 기여할 것으로 전망된다. 사물인터넷(IoT) 기술을 통해 유해 물질 누출을 조기에 감지하여 사고를 예방할 수 있으며, 센서·드론·로봇 등을 활용하면 작업자 투입 없이도 설비의 미세한 변화를 실시간으로 탐지하여 폭발이나 화재와 같은 중대 사고를 사전에 방지할 수 있다. 이러한 시스템은 IoT로 수집된 빅데이터를 AI로 분석하여 최적 대응 방안을 제시함으로써 구현될 수 있다. 더불어 디지털 트윈 기술을 통해 가상 환경에서 다양한 사고 시나리오를 시뮬레이션하고, 이를 기반으로 최적의 비상 대응 계획을 수립하여 작업자에게 안전 교육과 훈련을 제공함으로써 실제 사고 발생 시 신속하고 효과적인 대응을 지원할 수 있다.

(2) 국내 석유화학 공급망에 미치는 영향

1) 공급망 재편

가. 연구개발

중국 석유화학산업의 성장에 따라 글로벌 업스트림 시장에서 한국의 대중국 경쟁력은 점진적으로 약화될 것으로 전망된다. 이는 1990년대 전후 한국과 대만이 석유화학 생산 능력을 대폭 확충함에 따라 일본이 업스트림 분야의 국내 생산 능력을 감축하고 다운스트림 분야로 전환했던 사례와 유사한 양상으로 해석될 수 있다. 중국의 부상은 한국 석유화학산업의 제품 포트폴리오 변화에 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

국내 주요 석유화학 기업들이 추진 중인 다운스트림 및 비(非)화학 분야 진출 전략은 해외 선도 기업들의 움직임과 궤를 같이한다. BASF, Sumitomo 등은 바이오, 헬스케어, 의약 분야에서 기술을 보유한 기업들과 적극적인 인수·합병(M&A)을 통해 사업 영역을 확대하고 있다. 이에 따라 국내 기업 또한 공급망 재편 환경에서 스페셜티 제품을 포함한 화학 및 비화학 분야의 기술경쟁력 확보를 위해 연구개발(R&D)에 집중적인 투자를 지속할 것으로 전망된다. 반면, 기존 범용 석유화학 제품이나 생산공정 효율화 관련 연구개발 투자는 상대적으로 축소될 가능성이 크다.

나. 원료 조달

국내 석유화학산업은 해외 석유 의존도가 높은 구조적 특성을 지니고 있으며, 이에 따라 원자재 가격 변동 리스크를 완화하기 위해 조달선 다변화 전략을 지속적으로 추진해 왔다. 최근 러시아에 대한 경제제재로 인해 한국은 러시아산 나프타

수입이 금지된 반면, 중국은 러시아산 나프타를 독점적으로 활용하여 가격경쟁력을 확보하였다. 러시아산 나프타는 중동 및 미국산 대비 가격이 저렴하여 중국산 석유화학제품이 국산 제품 대비 원가 우위를 점할 수 있는 요인으로 작용하였다.

향후 국내 석유화학 기업들은 업스트림 분야의 원가경쟁력 확보를 위해 나프타뿐만 아니라 LNG, 에탄가스 등 다양한 원재료 조달선을 확대할 것으로 전망된다. 실제로 일부 기업들은 기존 나프타 분해 센터를 개조하여 다원적 원료를 사용할 수 있는 복합 분해 센터를 도입하고 있으며, 대산산단 내 기업들은 가격경쟁력이 높은 에탄 활용을 위해 대산항에 전용 하역 부두 설치를 정부에 요청한 사례도 존재한다.

다. 생산공정

글로벌 석유화학 공급망의 재편은 국내 업스트림 생산 설비의 구조 개편을 불가피하게 하고 있다. 이미 2022년 이후 이어진 업황 침체가 장기화 될 조짐을 보이고 있으며, 국내외 주요 시장조사기관들이 예측한 수급 균형 시점도 당초 2028년 상반기에서 점차 연기되는 상황이다. 이에 따라 국내 기업들은 생산 설비 가동률을 낮추거나 생산 능력 자체를 축소하는 전략을 채택하고 있다.

정부 또한 이러한 위기 상황을 인지하여 2024년 말과 2025년 초에 걸쳐 업스트림 부문 구조 개편을 지원하는 정책을 발표하였다. 이어 2025년 8월, 국내 주요 석유화학 기업들은 정부와 사업재편 자율 협약을 체결하였으며, 2030년까지 에틸렌 생산 능력 기준 최소 270만 톤에서 최대 370만 톤 까지 감축할 계획을 제시하였다. 이는 2026년 상

업 가동 예정인 ‘샤힌 프로젝트’를 고려하더라도 국내 전체 생산 능력의 약 25%에 해당하는 상당한 규모이다.

가동이 중단된 설비는 단계적으로 폐쇄되며, 해당 부지에는 친환경 생산 설비, 다운스트림 제품 생산시설, 혹은 비화학 부문 시설이 입지할 것으로 예상된다. 일본의 구조 개편 과정에서도 이와 유사하게 유휴 부지에 새로운 산업이 입지하였으며, 지방정부는 정주 여건 개선 등을 통해 이를 지원하였다. 그 결과 기존 화학 중심 도시가 신성장 산업의 거점으로 전환된 바 있다.

라. 물류·판매

중국 시장 내 자급률 상승으로 국산 석유화학제품에 대한 수입 수요가 감소하면서, 국내 석유화학 공급망 중 물류 및 판매 부문이 가장 직접적인 영향을 받았다. 이에 따라 기업들은 중국 외 지역으로 수출시장을 다변화하고, 중국 내 자급률이 낮은 품목으로 생산을 전환하는 전략을 병행하고 있다.

이러한 전략적 대응의 결과, 국내 석유화학제품의 수출시장은 아세안과 인도 등으로 확대되었다. 특히 건축자재, 자동차 내장재, 생활소비재 등 다양한 품목이 높은 경제성장률을 기록 중인 해당 지역으로 수출되며, 새로운 성장 기반을 형성하고 있다.

2) 그린 전환

그린 전환은 석유화학제품에 포함된 탄소발자국을 저감하는 활동이기 때문에 공급망 단계 중 생산공정에 가장 중요한 영향을 미친다. 이를 위해

원료 조달 방식을 다변화하고, 친환경 생산공정에 필요한 다양한 기술들을 개발하는 등 그런 전환은 석유화학 공급망에 다양한 영향을 미치게 된다.

가. 연구개발

그린 전환은 석유화학 공급망 내에서 생산공정 부문에 가장 큰 변화를 가져오게 된다. 민간 및 공공 부문의 연구개발은 생산공정 변화에 필요한 기술을 개발하는 데 집중될 전망이다. 현재 석유화학 생산공정 중 기존 나프타 분해 센터 내 화석연료를 사용하는 가열로를 전기가열로로 전환하는 연구가 국내외 기관에서 추진되고 있다. 또한 생산공정에서 발생하는 온실가스를 직접 포집하고, 이를 활용해 새로운 제품을 생산하는 기술을 개발하고 있다.

나프타를 대체하는 기술을 개발하는 투자도 활발하다. 바이오매스를 통해 나프타를 정제하거나 폐플라스틱 열분해유나 가스를 생산하는 기술을 개발하는 사업도 상당 부분 진행되고 있다. 동시에 기존 석유화학 생산공정과 완전히 차별화된 바이오 기반 제품 개발에 비석유화학 기업들이 참여하고 있다.

이와 같은 기술들은 장기간에 걸쳐 대규모 투자가 필요하기 때문에 기업이 단독으로 추진하기보다는 공공 부문에서 핵심 기반 기술을 개발하고, 민간 부문에서는 각 기업의 생산공정에 맞춰 이 기술들을 도입하는 방식으로 적용될 것으로 판단된다.

나. 원료 조달

기존 석유화학 생산공정에서는 해외 의존도가 높은 나프타의 안정적 조달이 제품의 원가경쟁력

을 결정하는 중요한 요인이다. 앞으로 석유화학 기업들이 그린 전환을 추진하게 되면 원료 조달 방식은 기존보다 다양화될 전망이다. 우선 바이오 나프타를 사용하기 위해서는 바이오매스를 확보해야 하는데, 국내에서 공급받을 수 있는 물량은 제한적이기 때문에 아세안, 북남미 등 해외 조달선을 다양하게 구축하는 전략이 필수적이다. 이 전략은 호주 등으로부터 그린 수소를 조달하는 과정에도 동일하게 적용된다.

동시에 국내에서 자원순환과 관련된 그린 전환이 추진되면 폐플라스틱을 수거, 분류, 재활용하는 시스템이 석유화학 공급망으로 편입될 것으로 예상된다. 폐플라스틱은 비단 석유화학뿐만 아니라 정유, 철강, 시멘트 등 온실가스 다배출 업종에서 온실가스 감축을 위한 중요한 원료로 선택되기 때문에 제한된 공급 안에서 안정적인 조달선을 확보하는 것이 향후 과제로 대두될 전망이다.

다. 생산공정

생산공정은 석유화학 기업이 그린 전환 전략을 추진할 때 공급망 내에서 가장 많은 변화가 발생하는 부분이다. 석유화학산업은 화석연료를 에너지 뿐만 아니라 원료로도 사용하기 때문에 친환경 연료로 대체하고 비화석 원료를 도입하는 등 생산공정의 전반적인 변화가 필요하다.

우선 기존의 나프타나 천연가스의 투입량을 줄이는 대신 폐플라스틱을 화학적으로 재활용한 원료나 바이오 원료를 통해 생산된 바이오 나프타를 투입하여 석유화학 기초유분을 생산하게 된다. 또한 석유화학제품 생산공정에 사용되는 LNG, 부생가스 등 화석연료는 그린 수소, 재생에너지를

기반으로 생산된 그린 전력으로 대체됨으로써 온실가스 직접 배출량을 저감하게 된다.

석유화학제품에 포함된 탄소발자국을 줄이기 위해서는 에너지 효율이 높은 설비를 도입함으로써 제품 단위 생산량당 에너지 소비량을 줄이는 공정 효율이 개선될 것이다. 각 생산공정 단계별로 발생하는 온실가스를 직접 포집해서 저장하거나 다른 제품의 원료로 재활용하는 기술(CCUS)이 공정에 도입되어 온실가스 직접 배출량 저감에 기여하게 된다.

라. 물류·판매

전방산업의 RE100과 같은 녹색구매 니즈가 증가하면 이에 대응하여 석유화학산업은 전 과정 평가를 통한 탄소발자국을 제공하는 시스템이 구축될 것이다. 동시에 정부를 통한 재활용 인증이나 친환경 제품에 대한 라벨을 확보하게 되면 품질경쟁력에서 우위를 차지할 것으로 예상된다. 전통적인 전방산업이었던 자동차, 전자제품 이외에도 재생에너지, 친환경 포장재, 건축자재와 같은 새로운 수요도 발굴되며 석유화학산업의 전방산업 범위도 확대될 것이다.

물류와 관련해서도 그린 전기나 수소를 활용한 운송 수단이 적극적으로 도입된다. 또한 기존 나프타의 수입과 제품 수출에 국한되어 있었던 석유화학 산단 인근 항만에 그린 수소 수입과 포집된 탄소의 수출 기능이 추가되며 규모가 확대될 것으로 판단된다.

3) 디지털 전환

가. 연구개발

전방산업의 고도화에 대응하여 석유화학 제품의 물성은 점진적으로 기능성이 강조되는 방향으로 발전하고 있다. 이러한 물성 강화와 안정성 확보를 위해서는 장기간의 연구개발 과정이 불가피하다. 그러나 디지털 전환 기술의 도입은 연구개발 주기를 단축시키고 신제품 출시 속도를 가속화할 수 있을 것으로 기대된다.

구체적으로 전방산업의 제품 트렌드를 정밀하게 분석하여 석유화학 중간재의 물성 개발 방향을 설정한 후, 인공지능(AI)과 머신러닝을 활용하여 최적의 화학 구조와 물성을 설계할 수 있다. 이후 설계 결과는 디지털 트윈 기술을 기반으로 시뮬레이션으로써 기존의 실험실 기반 개발 방식보다 현저히 신속한 연구개발이 가능해진다.

나. 원료 조달

국산 석유화학제품의 생산비에서 원료비가 차지하는 비중은 70% 이상이며, 이는 국제유가와 밀접하게 연동되는 나프타 가격에 크게 의존해왔다. 따라서 국제유가의 변동을 분석하여 최적의 구매 시점을 결정하는 것이 원료 조달의 핵심 과제였다. 실제로 LG화학은 빅데이터와 AI 기반의 나프타 가격 예측 모형을 도입하여 조달 전략을 고도화한 바 있다. 향후 바이오 나프타, 폐플라스틱 등 다양한 대체 원료가 도입되면, 디지털 전환 기술을 활용하여 구매 시점과 물량을 최적화함으로써 생산비 절감 효과를 기대할 수 있다.

다. 생산공정

기존 석유화학 생산공정은 고도의 노하우를 보유한 운영·정비(O&M) 인력에 크게 의존해왔다. 이러한 인적 역량은 국내 석유화학산업이 생산부문에서 경쟁 우위를 유지하는 핵심 요인으로 작용해 왔다. 그러나 디지털 전환 기술의 도입은 생산공정의 효율성을 제고하고, 특히 안전성 측면에서 획기적인 개선을 가능하게 할 것으로 전망된다.

디지털 트윈 기반 가상 플랜트는 신제품의 생산 과정과 환경적 영향을 사전에 시뮬레이션하여 에너지 효율과 온실가스 감축 효과를 동시에 달성할 수 있다. 또한 로봇과 자율제어 시스템이 공정에 도입되면 인적 오류가 감소하고 불량률도 축소될 것으로 예상된다. 아울러 스마트 플랜트 기술은 서비스를 실시간으로 모니터링하고 예측 정비를 가능하게 하여 기존의 경험 의존적 안전관리를 구조적으로 개선한다. 고위험 공정에는 로봇과 드론을 투입해 정밀 모니터링을 수행할 수 있으며, 이를 기반으로 설계된 안전 훈련 프로그램은 작업자의 대응 역량을 향상시킬 수 있다.

라. 물류·판매

석유화학 공급망의 물류 부문 역시 디지털 전환을 통해 효율성이 크게 향상될 것으로 기대된다. 사물인터넷(IoT)을 활용한 실시간 물류 모니터링, 인공지능 기반 경로 최적화, 자율주행 모빌리티의 도입은 물류 체계의 신뢰성과 속도를 강화할 수 있다. 더불어 고객 관리가 고도화됨에 따라 맞춤형 솔루션 제공이 가능해지며, 이를 통해 신규 물성이나 소재를 전방산업에 제안하여 새로운 수요를 창출할 수 있다.

3. 정책 시사점

(1) 중요도 및 시급성 평가

본 연구에서는 국내 석유화학 분야 전문가들을 대상으로 사전에 도출된 세 가지 핵심 동인이 석유화학 가치사슬의 각 단계에 어떠한 영향을 미치는지와 더불어 관련 정책의 시급성에 대해 조사하였다. 분석 결과 전문가들은 공급망 재편과 관련하여 석유화학 공급망 중 원료 조달과 생산공정 단계에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 응답하였다. 또한 그런 전환은 원료 조달과 연구개발 단계에서 특히 중요한 영향을 미칠 것으로 전망되었다. 아울러 전문가들은 중요성이 높다고 평가한 요인들에 대해서는 관련 정책이 신속하게 추진될 필요가 있다고 강조하였다.

1) 중요도 평가

조사에 응답한 전문가들은 핵심 동인별로 석유화학 공급망에 미치는 영향이 상이하게 나타난다고 평가하였다. 공급망 재편의 경우 원료 조달과 생산공정 단계가 상대적으로 중요한 영향을 받는 반면, 물류 및 판매 부문에는 그 영향이 제한적일 것으로 응답하였다. 이러한 결과는 중국을 비롯한 신흥국의 생산 능력이 급격히 확대됨에 따라 범용 제품군에서 국내 석유화학 업스트림 부문의 경쟁 우위가 점차 약화되고 있음을 시사한다. 나아가 이는 해당 부문의 생산 능력 구조 전환이 필요함을 의미한다. 더불어 원가경쟁력을 유지하고 지정학적 리스크에 대응하기 위해서는 원료 조달

〈그림 1〉 중요도 평가 결과



자료: 전문가 평가 결과 종합.

선의 다변화뿐만 아니라, 기존의 나프타 외에도 에탄, LNG 등 대체 원료의 안정적 확보가 중요한 과제로 제기된다.

디지털 전환과 관련하여 전문가들은 생산공정 단계에서의 영향이 가장 클 것으로 평가하였다. 디지털 전환 기술은 생산시설의 가동률을 극대화하고 품질 편차를 최소화함으로써 공정 효율성을 제고할 뿐만 아니라, 인적 노하우에 대한 의존도를 완화하여 공정 안정성을 향상시키는 데 기여할 것으로 전망된다.

한편, 석유화학 공급망의 탈탄소화와 밀접하게 연관된 그린 전환 기술이 도입될 경우, 기존의 나프타 외에도 바이오 원료와 폐플라스틱 등 다양한 대체 원료가 생산공정에 활용될 것으로 예상된다. 이와 관련하여 글로벌 바이오 원료 및 폐플라스틱 시장의 공급 규모가 제한적인 상황에서 우리나라

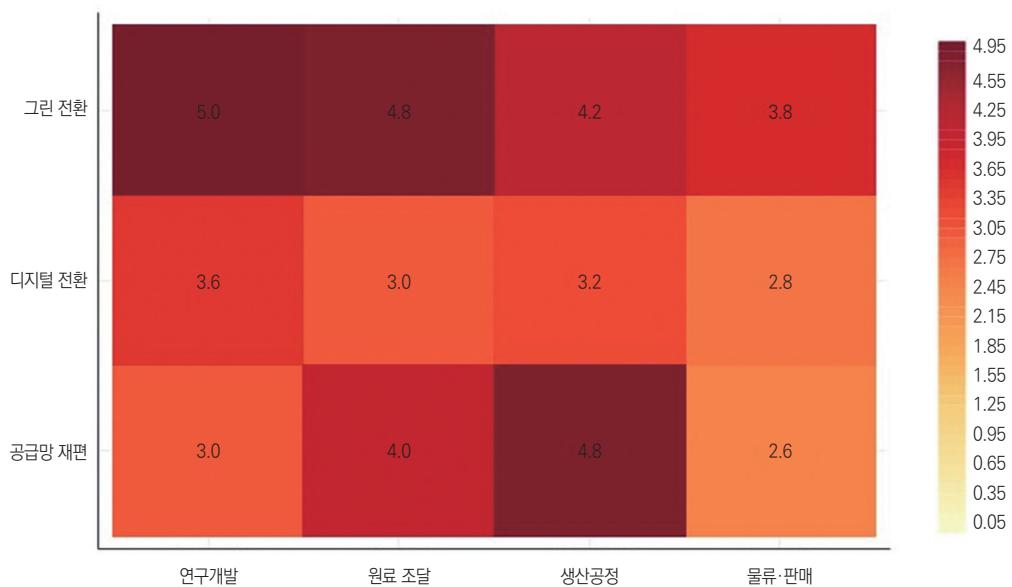
가 얼마나 안정적으로 대체 원료를 확보할 수 있는지가 향후 석유화학산업의 탈탄소화 성패를 좌우하는 핵심 요인이 될 것으로 판단된다.

더 나아가 장기적이고 대규모의 투자가 요구되는 온실가스 감축 기술의 특성을 고려할 때, 민간 부문뿐만 아니라 공공 부문의 적극적인 참여가 필수적이다. 이에 따라 연구개발 부문의 중요성은 더욱 높게 평가될 수밖에 없으며, 이는 탈탄소화 전환과정에서 핵심적인 전략 과제로 해석된다.

2) 시급성 평가

이번 조사에서 전문가들은 정부의 정책적 개입이 시급한 분야로 그린 전환을 우선적으로 지목하였다. 석유화학산업은 국내 제조업 중 대표적인 온실가스 다배출 업종이자 감축 난이도가 높은 업종

〈그림 2〉 시급성 평가 결과



자료: 전문가 평가 결과 종합.

으로 분류된다. 특히 국내 석유화학산업은 석유를 연료뿐만 아니라 원료로도 활용하고 있어, 청정에너지 및 나프타를 대체할 수 있는 다양한 원료를 안정적으로 확보하지 못하면 그런 전환의 성공이 제약될 수밖에 없다.

그러나 현재 청정에너지와 대체 원료, 특히 바이오 나프타의 국내 생산 기반은 전무하며, 이에 따라 해외 의존도가 불가피하게 높은 실정이다. 따라서 석유화학 공급망의 탈탄소화를 위해서는 청정에너지와 친환경 원료의 원활한 조달을 보장할 수 있는 정부 차원의 지원정책이 절실하다. 이를 위해 청정 에너지 및 친환경 원료 공급국과의 협력 강화, 주요 수요국과의 공동 구매를 통한 조달 안정성 확보 및 구매력 증대 등에서 정부의 역할이 핵심적이다.

또한 석유화학산업의 그런 전환을 위해서는 혁신적인 온실가스 감축 기술의 도입이 필수적이다. 이들 기술은 장기간에 걸친 대규모 투자가 필요하며, 상용화 과정에서 상당한 불확실성을 내포하고 있기 때문에 정부의 정책적 의지와 재정적 지원이 뒷받침되어야 한다. 국내 석유화학 업계는 이미 2050년 탄소중립을 선언하고 이에 따른 로드맵을 발표한 바 있으며, 성공적인 이행을 위해서는 공급망 내 연구개발과 원료 조달 부문에 대한 정부 지원이 우선적으로 이루어져야 한다.

아울러 전문가들은 공급망 재편과 관련하여 생산공정 부문에 대한 정부 지원 역시 시급하다고 평가하였다. 실제로 산업통상자원부는 석유화학 업계와의 자율 협약을 통해 업스트림 부문의 생산 능력을 최대 25% 감축하는 전략을 발표하였으며, 이에 따라 각 기업이 생산 능력 조정 및 구조 개편 방안을 제시할 경우 적극적으로 지원하겠다는 정책

의지를 명확히 하였다.

더불어 장기화되는 석유화학 경기 불황에 대응하기 위해 여수와 서산을 ‘산업위기 선제 대응 지역’으로 지정하고, 해당 지역 내 석유화학 기업과 협력업체의 경영 안정 및 신산업 진출을 지원하는 다양한 정책을 추진하고 있다. 이러한 점에서 전문가들의 판단과 정부의 정책 방향이 상당 부분 일치하고 있음을 확인할 수 있다.

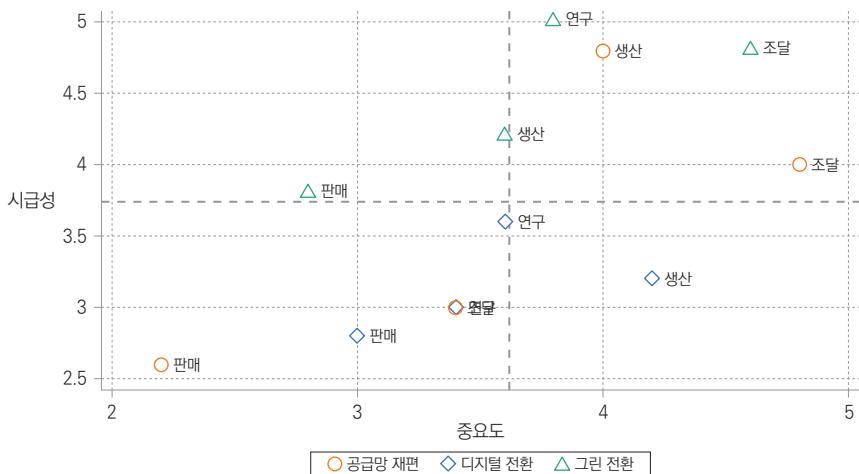
(2) 정책 우선순위

전문가 조사를 통해 정책의 중요성과 시급성을 두 축으로 설정함으로써 국내 석유화학산업과 관련된 정책의 우선순위를 파악할 수 있다. 분석 결과 중요도와 시급성의 평균값을 기준으로 정책 유형은 네 가지로 구분된다.

먼저, 우측 상단(중요성과 시급성이 모두 높은 정책 유형)에는 그런 전환과 관련된 연구개발 정책이 포함된다. 국내 석유화학산업은 2030년과 2035년을 목표 연도로 한 탄소 감축 로드맵을 수립하고 있으며, 이에 필요한 기술도 단계별로 특정되어 있다. 그럼에도 불구하고 기술 개발의 불확실성, 최근 업황 악화로 인한 기업의 투자 여력 감소 등이 겹치면서 추진 과정에서 상당한 제약이 발생하고 있다. 따라서 이러한 한계를 보완하기 위해 정부 차원의 정책지원이 시급하다.

아울러 공급망 재편과 관련하여 생산 부문에 대한 지원정책 역시 긴급한 과제로 도출되었다. 글로벌 석유화학 시장이 구조적 변화를 겪고 있는 현시점에서, 국내 산업은 범용제품 중심의 생산 구조에서 벗어나 고부가가치 스페셜티 제품이나

〈그림 3〉 정책 우선순위 매트릭스



자료: 전문가 평가 결과 종합.

비(非)화학 분야로 영역을 확장할 필요가 있다. 이를 촉진하기 위해서는 세제 지원, 기업활력제고법 적용 범위 확대, 규제 개선 등 정부의 제도적 지원이 병행되어야 하며, 이를 통해 국내 석유화학산업의 구조 개선이 보다 효과적으로 추진될 수 있을 것으로 판단된다.

다음으로 우측 하단(중요성은 높으나 시급성은 상대적으로 낮은 정책 유형)에는 공급망 내 생산 부문의 디지털 전환 지원정책이 해당된다. 디지털 전환 기술은 생산공정의 효율성 제고뿐만 아니라 작업장 및 산업단지의 안전성 강화를 동시에 실현 할 수 있을 것으로 기대된다.

최근 산업안전보건법과 중대재해처벌법 등 국내 산업안전 관련 규제가 점진적으로 강화되는 상황에서 재정적 여력이 충분한 대기업은 이러한 기술을 적극적으로 도입할 역량을 보유하고 있다. 그러나 협력업체나 소규모 전방산업(예: 고무 및 플라스틱 성형·가공업)의 경우 상대적으로 투입 인력 규모는 크지만, 재무구조 취약성으로 인해

디지털 전환 기술 도입에 소극적일 수밖에 없다. 이에 따라 국내 석유화학 공급망 전체의 산업안전 수준을 향상시키기 위해서는 중소기업을 집중적으로 지원하는 정책이 중장기적으로 반드시 추진되어야 한다.

핵심 주제어: 석유화학산업, 공급망 재편, 산업정책



조용원

탄소중립산업전환연구실 연구위원

yongwon@kiet.re.kr / 044-287-3079

『석유화학산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책 방향』(2022)

『석유화학산업 탄소중립 전략과 정책적 대응방안』(공저, 2021)