

# 수령 깊은 혁신: 용인 반도체 클러스터의 편익, 위험, 그리고 대안

김원영<sup>1</sup>, 권지원<sup>1</sup>, 나수현<sup>1</sup>, 백승일<sup>1</sup>, 이지은<sup>1</sup>, 정민성<sup>2</sup>, 최예림<sup>2</sup>, Pavel Bogomazov<sup>2</sup>  
[<sup>1</sup>카이스트 녹색성장지속가능대학원/대학원생, <sup>2</sup>카이스트 기술경영학부/대학원생]

## 1. 서론

대전세썩단의 연구 ‘수령 깊은 혁신: 용인 반도체 클러스터의 편익, 위험, 그리고 대안은 기후위기 대응 방안을 연구하는 신진 연구자들이 한데 모여 용인 반도체 클러스터를 둘러싼 현안을 논의하고 교류하기 위하여 시작되었다. 구성원들은 기후 에너지 정책과 전략을 연구하며 카이스트에서 학위 과정 중인 세썩 연구자들로, 물리적으로 같은 공간에 있음에도, 각자의 참여한 연구에 매진하다보니 우리 사회 속 기후위기 현안에 대해 깊이 있게 논의할 기회를 그간 갖지 못한 아쉬움이 있었다. 이에 따라, 본 연구를 통해 긴 호흡으로 현안을 진단하고, 대안을 모색하며 서로의 생각을 나누고자 하는 배경에서 대전세썩단의 연구가 시작되었다.

본 연구의 연구 대상인 용인 반도체 클러스터 사업은 일견 선택과 집중을 통해 대한민국 경제가 재도약할 혁신적인 프로젝트로 보인다. 그러나 다른 한편으로는 화석연료 발전소 신설과 계속 활용, 지역 간 전력 수급 불균형 심화 및 신설 인프라의 낮은 효율 논란, 집적단지발 환경 유해 물질 및 이로 인한 주민 안전 위협 등 무수한 불확실성과 위험을 안고 있는 사회적 난제이기도 하다. 국제적으로 시야를 키워 보더라도, 반도체 산업은 첨단 AI산업을 견인할 ‘쌀’과 같은 존재로 불리며 엄청난 성장을 기대받는 동시에, 미국과 중국이라는 세계 양강이 서로를 서슴없이 견제하는 위험 속에서 신중하게 무게중심을 잡는 전략이 요구되기도 한다. 민간투자금액까지 포함하면 사대강 사업을 가볍게 뛰어넘는 메가급 사업인데다, 민간 투자 못지않게 무수한 정부 지원과 지역 사회의 희생을 필요로 하는 사업이기 때문에 본 사업은 보다 공론화되어, 다양한 이해관계자가 함께 들여다보고, 공감대를 형성할 필요가 있다. 다행인지 불행인지 클러스터 조성을 위한 인프라 구축이 계획 대비 매우 지연되고 있는 현재, 지금이라도 용인 반도체 클러스터 사업이 여러 당사자들에게- 정부와 기업, 지역 주민과 우리 사회 전반에 이르기까지- 갖는 경제적, 사회적, 환경적 편익과 위험을 살펴보고 이 담대한 프로젝트가 기대한대로 구현되기 위해 필요한 점은 무엇인지, 다시금 고려 되어야 할 지점은 없는지 살펴보고자 한다.

본 연구는 우선 용인 반도체 클러스터의 추진 배경과 현황, 그리고 앞으로의 계획 및 목표를 살펴본다. 다음으로, 용인 반도체 클러스터가 정부와 기업이 목표하고 있는 에너지 전환에 미치는 영향을, 특히 전력망 신설 및 재생에너지 불균형 관련 현황 및 문제점의 관점에서 분석한다. 다음으로, 산업단지 형성 시 환경, 보건 및 안전위험 전망 및 문제점을 점검하여 용인 반도체 클러스터 사업에서 충분히 고려되지 못한 사회적 비용을 살펴본다. 한편, 용인 반도체 클러스터의 기업과 정부의 기대 편익과 해외 사례를 분석하여, 최종적으로 생태산업단지로의 재설계를 개선안으로 제시한다.

## 2. 본론

### 1) 용인 반도체 클러스터의 개요 및 추진 배경

#### (1) 클러스터의 개념 정의

① ‘클러스터(Cluster)’란 유사한 산업군에 속한 기업과 기관이 한 지역에 집적되어 상호 협력과 경쟁을 통해 시너지를 창출하는 산업 생태계를 의미한다. 이는 단순한 산업단지를 넘어 연구개발(R&D), 생산, 부품 공급, 물류, 인력 양성 등 산업 가치사슬의 전 단계를 한 공간에 집약함으로써 효율성을 극대화하는 구조이다. 대표적인 해외 사례로는 미국의 실리콘밸리, 일본의 쓰쿠바 연구단지 등이 있으며, 한국에서는 반도체 산업을 중심으로 한 클러스터 조성이 국가 전략산업 육성의 핵심 수단으로 활용되고 있다.

#### (2) 용인 반도체 클러스터의 추진 배경

① 용인 반도체 클러스터는 2019년 2월 정부와 SK하이닉스가 공동으로 발표한 대규모 프로젝트로, 국내 메모리 반도체 산업의 경쟁력 강화를 목적으로 추진되었다.

② 세계 반도체 시장에서 한국의 점유율은 높지만, 글로벌 공급망의 불확실성과 기술 경쟁의 심화로 인해 생산거점 다변화와 소재·부품·장비(소부장) 자립이 시급한 과제로 부상하였다. 이에 정부는 용인을 중심으로 한 산업 인프라 확충을 통해 반도체 생태계를 지역 단위로 통합하고, 관련 기업 간 협력을 촉진하여 국가 차원의 기술·인력 경쟁력을 확보하고자 하였다.

③ 특히 수도권 남부 지역은 기존의 삼성전자, SK하이닉스, 협력 중소기업 등이 밀집해 있어 지리적 이점이 크며, 산업·교육·인프라 측면에서 클러스터 조성의 최적지로 평가되었다.

#### (3) 주요 추진 계획 및 목표

① 용인 반도체 클러스터는 10년간 총 120조 원 규모의 투자를 통해 메모리 반도체 생산 중심지를 구축하는 것을 목표로 한다.

② 사업의 핵심은 SK하이닉스가 4개의 첨단 메모리 반도체 팹(fab)을 신설하고, 50개 이상의 협력기업을 유치하여 월 80만 장 이상의 웨이퍼 생산능력을 확보하는 것이다.

③ 이를 통해 단순 제조단지를 넘어 연구개발, 시험생산, 부품·소재 공급망까지 통합된 산업 생태계를 조성하고, 중장기적으로 반도체 공급망의 안정성과 글로벌 경쟁력을 강화하려는 전략적 목적을 가진다.

#### (4) 메가 클러스터로의 확장 방향

① 2024년 이후 정부는 용인 클러스터를 중심으로 삼성전자, SK하이닉스 등 주요 기업이 참여하는 ‘반도체 메가 클러스터(Semiconductor Mega Cluster)’를 추진하고 있다.

② 이 사업은 경기 남부 지역(용인, 화성, 평택, 이천 등)에 반도체 관련 기업과 연구기관을 대규모로 집적하여 총 19개의 생산 팹과 2개의 연구용 팹을 운영하는 산업 생태계를 구축하는 것을 목표로 한다.

③ 완성 시 세계 최대 규모의 반도체 생산 허브로 성장할 잠재력을 지닌다. 또한 정부는 이를 통해 소재, 부품, 장비 자립률을 50% 수준으로 끌어올리고, 국가 전략산업으로서의 반도체 경쟁력을 지속적으로 강화할 계획이다.

### 2) 용인 반도체 클러스터의 현재 진행 상황

#### (1) 전력 공급 계획

① 대규모 반도체 생산시설 운영에는 막대한 전력 수요가 필요하기 때문에, 정부는 2036년까

지 3GW급 LNG 복합화력발전소를 건설하여 단기 수요를 충당할 계획이다.

② 중장기적으로는 동해안 지역의 발전전력을 수도권으로 공급하기 위해 ‘동해안-수도권 HVDC(High Voltage Direct Current) 송전선로’를 구축하고, 이를 통해 안정적인 전력 공급을 확보하고자 한다.

③ 다만 2037년 이전까지는 주로 화석연료 기반 전력에 의존할 것으로 예상되어, 재생에너지 활용 확대가 중장기 과제로 남아 있다.

## (2) 동해안-수도권 HVDC 프로젝트 추진 현황

① HVDC 프로젝트는 경북 울진 원자력발전소에서 동서울변환소까지 약 280km 구간을 연결하는 국가기간사업으로, 2단계(1단계: 울진~신가평 230km, 2단계: 양평~동서울 50km)로 추진되고 있다.

② 당초 2019년 완공 예정이었으나, 인허가 지연 및 지역주민 반대 등의 사유로 2026년, 이후 2030년으로 재차 연기되었다.

③ 현재 1단계 11개 구간 중 1개 구간만이 완공된 상태로, 전체 사업의 진척률은 매우 낮은 수준에 머물러 있다.

## (3) 진행 지연 및 주요 쟁점

① HVDC 사업의 지연은 용인 반도체 클러스터의 안정적인 전력 공급을 저해하는 핵심 요인으로 작용하고 있다. 동해안 발전소의 총 발전 용량은 17.9GW에 달하지만, 송전 용량은 14.5GW에 불과해 공급 병목 현상이 발생하고 있다.

② 또한 송전선로가 주거 밀집 지역을 통과함에 따라 환경영향, 안전성, 부동산 가치 하락 등을 우려한 지역사회의 반발이 지속되고 있으며, 이는 전력 인프라 구축의 사회적 갈등으로 확산되는 양상을 보인다.

③ 정부는 환경영향평가 강화, 지중화 방안 검토, 지역 상생 지원 등을 통해 갈등을 완화하려 하고 있으나, 아직 구체적 해결책은 제시되지 않은 상황이다.

## 3) 용인 반도체 클러스터의 에너지 전환 : 전력망 신설 및 재생에너지 불균형 관련 현황 및 문제점

### (1) 반도체 산업의 에너지

반도체 산업은 구조적으로 전력 집약적이며, 설비 가동의 연속성과 전력 품질이 수율과 직결된다. 이러한 특성 때문에 단순한 전력 조달량 확대만으로는 안정적 운영이 보장되기 어렵고, 지속가능성 요구(예: RE100)까지 동시에 충족하려면 전원 믹스와 조달 방식의 질적 전환이 필요하다. 반도체 산업의 높은 전력 수요와 기업 차원의 탈탄소 요구(예: 삼성전자 RE100 추진)이 증가하고 있다.

### (2) 용인 클러스터의 에너지 공급 계획

용인 클러스터의 전력 공급 계획은 단·장기 이원화 전략을 전제로 한다. 2040년까지 현재 용인의 약 5배에 해당하는 추가 수요 10GW가 예상되는 가운데, 단기적으로는 3GW 규모의 LNG 발전소를 확보해 팹(FAB) 가동 시점(2030년)에 맞춰 공급 안정성을 우선 달성한다. 이를 위해 노후 석탄화력 6기를 산업단지 인근으로 대체·이전하는 방안이 병행되며, 2030년에는 동서발전(당진)과 남부발전(하동), 2032년에는 서부발전(태안) 석탄화력발전소가 폐쇄되는 대신, 용인에 LNG 발전소가 세워질 계획이다. (한국전력기술 2024) 중기 수단으로는 동해안 HVDC(고압직류송전) 선로가 2026년 완공 목표로 추진되어 전원 다변화와 계통 유연성을 보완하고, 장기적으로는 2037년 이후

서해안 축의 대규모 HVDC를 구축해 재생에너지 자원의 원거리 연계를 본격화한다. 한편 수소 전원은 탄소중립 기여를 위한 장래 옵션으로 검토하되, 터빈 상용화와 파이프라인 등 인프라 성숙이 전제되어야 하며, 현재는 수소 50% 혼소가 연구개발 단계에 있다.

이 계획을 집행하기 위해 정부 부처와 유관 기관이 참여하는 원팀(One-Team) 거버넌스와 범부처 태스크포스(TF)가 구성된다. 산업부·국토부·환경부, 용인시, 한전, 발전공기업, LH 및 관련 기업이 참여해 고도화 산업단지의 안정적 전력공급을 공동으로 추진한다. 재원 조달은 산업단지 내 송전선과 변전소 건설을 대상으로 총 2.4조 원 규모가 책정되며, 국가산단(1단계)과 일반산단(1·2단계)을 포괄한다. 이 중 공공부분이 30%(약 7천억 원), 민간부분이 70%(약 1.7조 원)를 분담하는 구조로, 초기 기저전원 확충과 장거리 송전 인프라 투자를 병행해 단기 안정성과 중장기 탈탄소 전원 연계를 동시에 달성하는 것이 계획의 핵심 방향이다.

### (3) 현재 반도체 산업의 에너지 사용 현황

국내외 반도체 기업의 RE100 이행 현황을 보면, 먼저 SK hynix는 2020년 RE100에 가입해 2050년까지 100% 재생에너지 사용을 목표로 하고 있으며, 2024년 2월에는 SK에코플랜트와 100MW 규모의 PPA를 체결해 전력조달의 직접성·추가성을 높였다.(SK hynix 지속가능보고서, 2025) 삼성전자는 사업장별 재생에너지 조달률과 지역별 추진 현황을 공개하며 글로벌 공급망 요구에 대응하고 있는데, 다지역 운영 특성상 국가별 전력시장 제약과 인증 체계 차이를 동시에 관리해야 한다(기후솔루션, 2025). TSMC의 경우 2022년 배출량(스코프 1·2·3 합계 1,600만 톤) 중 상당 부분이 스코프 2에서 발생해 전력부문의 감축이 핵심이며, 에너지 부문이 온실가스 배출의 지배적 비중을 차지한다는 점을 명확히 보여준다.

기업이 선택할 수 있는 RE100 이행 수단은 크게 다섯 가지로 요약된다. 첫째, 기존 전기요금에 녹색프리미엄을 추가해 재생에너지 사용을 검증받는 방식, 둘째, 발전사업자로부터 재생에너지 공급인증서(REC)를 매입하는 방식, 셋째, 발전사업자와 직접 전력구매계약(PPA)을 체결하는 방식, 넷째, 신규 재생에너지 발전 프로젝트에 직접 투자해 추가성을 확보하는 방식, 다섯째, 사업장 내(온사이트) 설비를 설치하는 방식이다. 미국과 유럽에서는 전력시장이 상대적으로 개방되어 있어 PPA와 REC가 폭넓게 활용되는 반면, 한국을 포함한 아시아에서는 아직 그린프리미엄과 같은 요금제 기반 방식의 비중이 높다.

먼저 PPA에 대해서는 아시아에서 PPA 확산은 진행 중이지만 여전히 구조적 도전에 직면해 있다. 사적 PPA를 촉진하려면 시장제도와 계통접속, 가격신호의 투명성이 뒷받침되어야 하는데, 다수 국가에서 제도 성숙도가 고르지 않다. TSMC가 2020년 세계 최대 규모의 1GW 해상풍력 오프테이크 계약을 체결하며 시장을 선도했지만, 글로벌 공급망 충격과 프로젝트 비용 증가, 송전 인프라의 병목으로 상업운전 지연 및 인도 리스크가 반복되고 있다. 한국 역시 2021년에야 PPA 법적 기반이 열리며 시장이 초기 단계인 만큼, 가격 변동성, 계약 기간·정산 구조, 품질 보증 등에서 기업이 감내해야 할 불확실성이 적지 않다.

그 외 REC 중심의 재생에너지 조달에는 신뢰성의 문제가 있다. REC는 실제 소비지의 시간대별 무배출 전력 사용을 보장하지 못할 수 있다. 특히 스코프 2 배출을 줄이는 목적이라면, 물리적 전력 흐름과의 일치성(지역성)과 시간대 매칭(24/7)의 관점에서 REC만으로는 추가성·검증가능성을 충분히 담보하기 어렵다. 예컨대 소비지는 화석연료 전기를 사용하면서 타 지역의 재생에너지 REC를 매입해 '녹색'으로 간주하는 경우, 외부 이해관계자에게는 그린워싱 논란이 제기될 소지가 있다. 이런 이유로 대형 수요처일수록 PPA, 온사이트 설비, 신규 프로젝트 연계 등 "실물 연계성"이 높은 수단의 비중을 단계적으로 확대하는 추세다.

반도체 산업에서 RE100 달성을 가로막는 장벽은 제도·시장·계통이 교차하는 영역에 있다. 우선 한국의 경우 LNG 연료비와 연동되는 도매가격(SMP) 구조가 재생에너지의 상대가격 신호를 불안

정하게 만들 수 있고, 무탄소 전원을 장시간·대규모로 확보할 수 있는 소매상품과 장주기 정산체계가 아직 성숙하지 않다. 제3자 PPA에는 계통이용요금과 소매 수수료 등 부대비용이 붙어 총비용 경쟁력이 약화될 수 있으며, 무엇보다 송전망의 병목이 전략적 병목으로 작동한다. 실제로 2023년에는 서해안과 동해안 대규모 재생에너지 발전에서 각각 25%와 26%에 달하는 출력제한이 발생해, 전력이 필요한 수도권으로 송전해줄 수 있는 송전 인프라 부족으로 전력을 원활히 수송할 수 없는 구조적 한계가 드러났다. 이러한 맥락에서 반도체 기업의 RE100 전략은 단기적으로는 녹색프리미엄·고기준 REC와 같은 가용한 수단을 활용하되, 중장기적으로는 PPA와 온·니어사이트 설비, 송전 인프라 확충에 연동한 대규모 무탄소 전원 접근을 결합해 시간대별(24/7) 무배출 전력의 실효성을 높이는 방향으로 진화하고 있다.

#### (4) 용인클러스터와 관련된 에너지 리스크

RE100 미이행에 따른 수요자 이탈 리스크와 수익성 약화 리스크를 핵심 과제로 지적한다. 우선 수요자 이탈 측면에서, 글로벌 주요 고객사는 삼성보다 더 공격적인 RE100·Scope 3 목표를 제시하고 있으며, 2025년부터 비-RE100 공급사를 벤더에서 제외하는 움직임이 확대될 가능성이 있다. 관련 분석에 따르면 이러한 조달 정책 변화가 현실화될 경우, 삼성 반도체 매출의 일부-대략 전체의 약 5분의 1에 해당하는 규모-가 잠재적으로 위험군에 들어갈 수 있다. 즉, 단순한 이미지나 평판 차원을 넘어 실제 시장점유율 하락과 직결될 수 있는 구조적 위험이 존재한다.

동시에 재생에너지 조달비용과 탄소비용 상승은 수익성에 직접적인 부담을 준다. 한국의 재생에너지 전력 단가는 2022년 기준 MWh당 약 12만8천 원 수준으로, 미국(약 40~50달러) 대비 상대적으로 높아 조달 프리미엄이 크다. 더불어 2029년 이후 탄소배출권(ETS) 비용의 단계적 상승이 예상되며, 무탄소 전원 연계 없는 증설은 향후 좌초자산(stranded asset) 리스크를 유발할 수 있다. 고객사 요구에 부합하지 못하면 단가 인하 압박과 매출 축소가 동시에 발생해 마진 희석이 불가피해진다. 요컨대, 시장 측면의 배제 리스크와 비용 측면의 상승 압력이 맞물리면서, RE100의 실효적 이행(24/7 기준·추가성·지역성 확보) 여부가 향후 매출 방어와 수익성 유지를 가르는 분기점이 된다 (SFOC, 2024).

#### 4) 용인 반도체 클러스터의 사회적 비용: 산업단지 형성 시 환경, 보건 및 안전위험 전망 및 문제점 점검

용인 반도체 클러스터는 수도권 남부 산업벨트의 중심부에 위치하며, 대한민국 반도체 산업의 국가적 경쟁력 강화를 목표로 추진되고 있다. 그러나 이러한 대규모 산업단지 조성은 단순한 경제적 편익을 넘어, 환경과 보건의 영역에서 복합적인 사회적 비용을 초래할 수 있다. 본 연구는 용인 클러스터의 입지적 특성과 에너지 공급 구조, 그리고 반도체 공정에서 발생할 수 있는 환경·건강 문제를 중심으로 그 영향을 검토하였다.



그림 1. 용인시 산업단지 위치 지도  
(출처: 용인시민신문)

2017년 대기오염물질 배출량 현황

골목 자동차정기 부착 사업장 635곳 대상

업종별



자료: 환경부 18.07.03 뉴시스 그래픽: 전진우 기자 618.ue@newsis.com

그림 2. LNG/석탄 발전소 대기오염 배출량 현황 (출처: NEWSIS)

용인 지역은 기후적으로 내륙형 고지대에 위치하며, 연평균 강수량이 풍부하고 바람의 순환이 제한적인 특성을 지닌다(그림 1). 이는 대기오염물질의 체류 가능성을 높여, 향후 산업단지 가동 시 주변 거주지로의 확산을 촉진할 수 있다(그림 2). 또한, 반도체 클러스터는 평택·화성·이천 등 기존 산업지와 인접해 있어 산업집적의 시너지 효과가 기대되지만, 동시에 에너지 수요 급증에 따른 지역 간 전력 불균형과 탄소 배출 문제를 심화시킬 가능성이 있다. 실제로 2036년까지 3GW 규모의 LNG 발전소가 신설될 예정이며, 단기적으로는 석탄 발전의존이 불가피하다는 점이 확인되었다. 이는 재생에너지 기반 전환이 2037년 이후로 지연됨을 의미하며, 단기적 온실가스 및 미세먼지 배출 증가를 피하기 어렵다.

화력발전소에서 배출되는 대기오염물질은 이미 여러 연구에서 건강 피해와 직접적으로 연관되어 있음이 밝혀졌다. 수도권의 경우, 석탄 발전이 연평균 초미세먼지 농도를 약  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  증가시키며, 이로 인한 조기 사망자는 매년 700명 이상으로 추정된다. 이러한 수치는 발전설비가 밀집된 지역에서의 인체 영향이 결코 미미하지 않음을 보여준다. 따라서 용인 클러스터의 에너지 공급 방식은 단순한 산업 인프라 구축을 넘어, 공중보건의 문제로 확장될 필요가 있다.

한편, 반도체 제조 과정에서 사용되는 화학물질 또한 증대한 건강 리스크를 내포한다. 불산(HF), 포스핀, 아르신, 트리메틸알루미늄 등은 모두 고독성 물질로, 흡입 또는 피부 접촉 시 급성 중독을 유발하며, 장기간 노출될 경우 백혈병과 같은 혈액계 질환으로 이어질 수 있다 (Kim et al., 2016; Ha et al., 2023). 실제로 국내 반도체 근로자 코호트 연구에서 여성 작업자의 백혈병 사망비는 일반 인구의 2.9배에 달하는 것으로 나타났다 (Lee et al., 2023). 더불어, 과거 삼성 기흥사업장에서는 다수의 백혈병 발병 사례가 보고되어 사회적 논란을 야기한 바 있다. 이러한 사례는 산업단지 조성 초기부터 화학물질 관리체계와 근로자 보호 장치가 체계적으로 마련되어야 함을 시사한다.

이와 같은 환경적·보건적 문제들은 결국 '외부비용'으로서 사회 전반이 감당해야 할 부담으로 귀

결될 가능성이 크다. 산업단지로 인한 대기오염, 수질오염, 건강 피해가 기업의 생산활동 외부에서 발생하지만, 그 피해는 주민과 공공이 감당하게 된다면 이는 사회적 불평등을 확대시키는 결과를 낳을 수 있다. 따라서 용인 반도체 클러스터의 추진 과정에서는 환경·보건 영향의 비용을 기업 내부에 반영하는 ‘비용의 내재화’가 필요하다. 구체적으로는 환경책임 회계제도의 도입, 지역사회 기반의 건강영향 모니터링 체계 구축, 산업단지 단위의 에너지·화학물질 통합관리 시스템 설계가 필수적이다.

#### 5) 용인 반도체 클러스터의 기업의 기대 편익 및 대안 사례 분석

##### (1) 정량적 경제적 이익

공유 인프라와 운영 효율을 통해 즉각적인 비용 절감이 가능하다. 예컨대 전력 인프라 전용화만으로 SK하이닉스는 연간 1,500억 원의 비용 절감을 예상한다. 임대형 부지 모델은 토지에 묶인 자본을 R&D와 설비 투자로 재배분할 수 있게 한다. 공급망 일체화로 거래 리드타임이 ‘수일’에서 ‘수시간’으로 단축되며, 60개 이상의 동반 입주 중소 협력사가 밸류체인을 완비한다. 또한 미니 팩(mini-fab) 검증 시설은 개발 리스크와 출시 소요 시간을 줄인다.

##### (2) 전략적 혁신 우위

용인 권역의 242개 연구기관과 9개 대학이 형성한 특화 인재 풀은 첨단 공정에 필수적인 비공식 지식 공유 네트워크를 제공한다. 지리적 근접성은 디지털 커뮤니케이션만으로 대체할 수 없는 암묵지의 이전을 가능케 한다. 이러한 생태계 효과는 이미 ASML의 240억 원 규모 투자 유치로 검증되고 있으며, 글로벌 기업의 클러스터 모델 신뢰를 방증한다.

##### (3) 글로벌 벤치마크 분석

표 1. 글로벌 벤치마크

요소	대만(신주)	싱가포르	용인
트랙 레코드	40년+ 축적, 클러스터내 부가가치 50% 프리미엄	글로벌생산 11%, 세계 인센티브	메모리 시장 점유 45%
핵심 강점	완전한 생태계 통합	전략적 조정력, 낮은 조세	전례없는 대규모 확장 잠재력
주요 리스크	지정학적 취약성	토지 제약, 높은 비용	인프라 공급 지연, 사회적 반대

신주 과학단지는 40년 이상 지속된 정부 지원을 바탕으로, 클러스터 외부 대비 50% 높은 부가가치를 창출한 ‘골드 스탠더드’를 확립했다. 싱가포르는 전략적 조정과 재정 인센티브로 지리적 한계를 극복했다. 용인은 대만의 ‘전 밸류체인 통합’을 재현하되, 싱가포르의 ‘공간 제약’을 우수한 계획으로 상쇄해야 한다.

##### (4) 핵심 성공 요인(Critical Success Factors)

성공적 클러스터의 공통 요인은 셋이다. ① 초기 투입 규모보다 수십 년에 걸친 ‘지속적 정부 의지’가 더 중요하다. 정책 일관성은 장기 계획을 가능케 하고 글로벌 파트너를 끌어들이는다. ② 대학 연계는 연구 협력과 인재 파이프라인을 통해 혁신을 촉진한다. ③ 클러스터 내 ‘전 밸류체인 집중’은 50% 이상의 가치 프리미엄을 낳는 네트워크 효과를 만든다. 용인은 반도체 전문성, 앵커의 규모 등 기초 체력은 충분하나, 전력 인프라 제약과 환경 우려를 해소해야 대만 수준의 성과에 도달할 수 있다.

### (5) 리스크 평가 및 완화(Risk Assessment and Mitigation)

시급히 다룰 리스크는 세 가지다.

① 인프라 공급: 16GW 수요는 530억 달러 규모의 송전망 투자를 요구하며, 재생에너지 전환 로드맵과의 정합성이 관건이다. 일정 지연은 전체 개발 일정에 연쇄적 영향을 미친다.

② 지역사회 참여: 소송 450건은 참여 설계 미흡을 시사한다. 환경 완화 조치에 대한 투명성과 상시 소통 메커니즘을 강화하면 반대가 지지로 전환될 수 있다.

③ 인재 파이프라인: 인프라 대비 인재 양성이 뒤처져 있다. 대학·연구기관 파트너십 가속화와 글로벌 인재 유치로 병목을 예방해야 한다.

### (6) 전략적 권고

용인의 성공은 한국의 축적된 반도체 역량을 기반으로, 글로벌 모범사례의 장점을 흡수하는 데 달려 있다. 대만의 '전 밸류체인 일체화', 싱가포르의 '조정 효율성', 드레스덴의 '연구 집중'을 통합하라. 우선 과제는 다음과 같다.

- ① 재생에너지 통합 목표를 설정·공개해 지속가능성 우려를 선제 해소
- ② 공식적 지역사회 협의체를 구축해 환경 분쟁의 제도적 해결 경로 마련
- ③ 대학·산학 협력 가속화로 핵심 인재의 '적시·충분' 공급 보장
- ④ 40년 일관 정책 시그널(정부 투자·인허가·전력계획 등)로 신뢰 형성

기업에는 충분한 비용 절감과 전략적 이점이 존재하지만, 이 야심 찬 비전을 실현하려면 인프라·인재·이해관계자 관리 전 영역에서 '완벽에 가까운 실행'이 전제되어야 한다. 용인 클러스터는 한국이 대만식 생태계 성공을 '미증유의 규모'로 재현할 수 있다는 계산된 베팅이며, 성패는 전적으로 실행력에 달려 있다.

### 6) 용인 반도체 클러스터의 정부의 기대 편익 및 대안 사례 분석

본 회차에서는 용인 반도체 클러스터 구성에 대한 정부의 기대 편익을 검토하고, 미국·일본·EU 등 주요 경쟁국의 반도체 산업 육성 사례를 비교 분석하였다.

최근 코로나19 팬데믹, 미·중 기술패권 경쟁, 메모리 반도체 중심의 산업 구조 불균형 등으로 인해 글로벌 공급망이 불안정해지면서, 반도체 산업의 전략적 중요성이 한층 강화되고 있다. 이에 따라 정부는 민간 주도·정부 지원형 클러스터 모델을 추진하여 산업 경쟁력과 자립도를 제고하고자 한다.

#### (1) 정부의 기대 편익

용인 반도체 클러스터를 통해 정부는 다음과 같은 편익을 기대하고 있다.

① 경제적 측면: 향후 20년간 약 650조 원 규모의 생산유발 및 부가가치 창출이 예상되며, 고용 확대와 민간 투자 촉진 효과가 기대됨.

② 기술적 측면: AI 시대에 필수적인 메모리 및 시스템 반도체 융합 역량 강화, 공급망 국산화 및 기술 자립 기반 확보.

③ 사회·지역적 측면: 반도체 전문 인재 양성, 지역 혁신 생태계 조성, 수도권 남부의 균형 발전 기여.

#### (2) 해외 주요국의 대응 사례 비교

표 2. 해외 주요국 정책

구분	주요 정책 및 특징
미국	대규모 보조금·세제 혜택을 통한 첨단 파운드리 유치, 공급망 리쇼어링 추진
일본	TSMC 구마모토 공장 유치, 총 투자비의 40~50%를 정부가 직접 보조
EU	회원국 간 공동 투자 및 기술 협력 강화, 대규모 공공·민간 투자 동원
중국	국가집적회로산업투자기금 운영, 국산 반도체 사용 확대 및 자립 강화
독일	제조기반 강화를 위한 반도체 생산시설 유치 중심 지원 정책 추진

### (3) 한국의 추진 전략

한국은 ‘민간 주도, 정부 지원(Private-led, Government-supported)’ 방식을 채택하고 있으며, 인프라 지원 및 세제 혜택 중심의 간접적 지원 구조를 유지하고 있다.

이는 시장 효율성을 극대화하는 장점이 있으나, 직접 보조금을 앞세운 경쟁국과의 유치 경쟁력 측면에서는 한계가 지적되고 있다.

### (4) 주요 논의 사항

① 정부 역할의 재조정 필요성: 단순 인프라 제공 수준을 넘어, 글로벌 보조금 경쟁 속에서 일정 수준의 직접 지원 방안을 검토할 필요성이 제기됨.

② 기업 부담의 지속 가능성 문제: 민간이 대부분의 투자 리스크를 부담하는 현 구조가 장기적으로 투자 여력을 약화시킬 우려가 있음.

#### ③ 글로벌 전략적 위치

- 기회 요인: 대규모 생산역량을 통한 ‘반도체 중립국’으로서의 외교·산업적 영향력 확대 가능성
- 위험 요인: 미·중 양국의 기술 압박 속에서 기술 주권 및 산업 자율성 훼손 가능성

### (5) 정책적 시사점

① 정부 지원의 실질화: 세제 감면 및 R&D 지원 외에도, 전략적 영역에 한해 직접 보조금·금융지원 병행 검토 필요.

② 산업 생태계의 포용적 성장: 대기업 중심의 구조에서 벗어나, 중소·소부장 기업의 참여 확대 및 상생형 공급망 강화 필요.

③ 인재 양성 및 지역 혁신 거점 강화: 용인 클러스터를 중심으로 한 전문 인력 양성 및 산학협력 체계 구축이 필수적임.

④ 기술외교 및 리스크 관리: 미·중 기술 갈등 심화에 대응한 중립적 외교 전략 및 기술보호 정책 강화 필요.

### 7) 용인 반도체 클러스터 개선안: 생태산업단지 (Eco-Industrial Park)

본 장에서 앞 장에서 검토한 편익과 위험을 바탕으로 ‘생태산업단지’로 다시 디자인하는 개선안을 제안한다. 생태산업단지란 계획적인 에너지 및 자원의 사용과 순환을 통해 에너지 및 원자재 사용을 최소화하고, 폐기물을 최소화하며, 지속 가능한 경제적, 생태적, 사회적 관계를 구축하는 산업 시스템을 말한다. 생태산업단지를 계획할 때 경제적, 환경적, 사회적 목표를 모두 고려하는 것이 기존의 국가산단과 대비되는 가장 큰 특징이라고 할 수 있다. 위의 세 가지 목표를 고려하여 설계되는 생태산업단지는 ‘산업 생태적’, 그중에서도 ‘산업 공생’적 특성을 갖는다. ‘산업 공생’이란 산단 내 다양한 플레이어가 마치 자연 생태계와 같이 서로에게 필요한 자원(에너지와 물을 비롯한 생산에 투입되는 물질 자원과 더불어, 지적 자원 또한 포함된다.) 교환 또는 공유하여, 자원

의 효율적 활용을 극대화하여 함께 ‘공생’하는 시스템을 의미한다. 기존의 산업단지가 동일 산업군 가치사슬의 수평적 혹은 수직적 확장을 통해 산업적 시너지만을 도모했다면, 산업 공생은 이와 더불어 ‘자원 교환’을 통해 해당 산업단지의 자원 활용을 효율화하고 폐기물 혹은 탄소배출량 등 환경적 영향을 최소화한다. 다만 용인 반도체 클러스터를 고려할 때는 산단 내에서의 공생에서 확장하여, 재생에너지 발전단지를 포괄하는 ‘지역사회 공생’으로 그 개념을 확대할 필요가 있다.

해당 개선안을 제안하는 이유는, 지금의 용인 반도체 클러스터의 설계가 ‘사업 성공 시 기대되는 훌륭한 편익’에도 불구하고, 위에 언급된 경제적, 환경적, 사회적 목표를 충분히 반영하지 않았기 때문에, 즉 생태산업단지의 핵심 개념인 ‘산업 공생’이나 ‘산업 생태’를 고려하지 않은 채 설계된 탓에 ‘거의 확실하게 발생하는 환경적, 사회적, 경제적 위험’이 불가피하여 갈등을 야기하기 때문이다. 단적인 예로, 이미 앞장에서 수없이 언급된 바와 같이 용인 반도체 클러스터는 방대한 규모의 산단을 또다시 수도권에 유치한다. 이는 기존에 이미 지어진 용인 인근의 반도체 산업단지와 시너지를 도모하기 위한 ‘기존의 산업단지’적인 발상으로, 해당 위치에 대한 경제적, 사회적, 환경적 목표가 모두 고려된 것으로 보이지 않는다. 수도권 집중에 박차를 가하는 개발계획은 헌법에도 명시되어 있는 지역균형발전에 역행하는 일이다. 더욱이 용인 반도체 클러스터에 인프라를 공급하기 위해 무수한 정부 지원이 요구되는 만큼, 이는 국가 차원의 사회적 목표를 가장 우선한다고 보기 어렵다. 경제적 목표를 살펴보다도 전력 수급 및 수자원 수급을 위해 필요한 인프라를 고려하면 해당 자원 인근에 비하여 천문학적인 투자가 수반되는데, 해당 단지가 다른 곳이 아니라 ‘용인’에 있음으로써 얻는 비교우위는 기대편익에서 두드러지지 않는다. 환경적 목표 또한 마찬가지다.

그렇다면 새로이 고려되어야 할 반도체 생태산업단지는 구체적으로 어떤 모습이어야 할까? 실제로 수행된 생태산업단지 선행 사례를 참고하면 다음과 같은 사례들이 눈에겨볼 만 하다.

#### (1) 탄소배출량 감축 및 지역사회의 spillover effect

생태산업단지는 에너지 효율화를 통해 탄소배출량을 저감할 뿐아니라 지역사회에도 낙수효과를 통해 전반적인 배출량 저감을 달성하였다.(Qian et al., 2022) 재생에너지 기반 발전을 활용할 경우 효율화와 더불어 수요관리의 중요성이 높아 산단 내 수요-공급 밸런싱을 맞출 수 있도록 협력할 경우 탄소배출량 뿐만아니라 에너지비용 또한 효과적으로 절감할 수 있다.

#### (2) 순환 경제 시스템 구축 및 물 발자국(Water Footprint) 최소화

생태산업단지는 보다 지속가능한 공급망관리가 이루어지고 있는 것으로 나타났다. (Zeng et al., 2017) 이는 산업단지에 갖춰진 공급망에서 자원의 활용이 원활한 교환 및 재사용을 통해 폐기물의 최소화를 도모함을 의미한다. 용인반도체클러스터 또한 폐기물 및 폐수 관리에 그치지 않고 해당 자원이 폐기되기 전까지의 순환구조를 갖추는 데 역점을 둘 필요가 있다.

#### (3) 신규 인프라 건설을 포함한 전주기비용(Life Cycle Cost) 고려 및 이에 따른 지역 사회 spillover effect

실증 사례는 아니지만, 지역균형발전의 시급성이 크고, 지역별로 재생에너지 산업과 재생에너지 산단이 필생의 전략으로 대두되고 있는 한국에서 고려해 볼만한 지점이다. 전주기 비용을 고려하되, 이미 기반이 마련되어 있는 조건과 그렇지 않은 대조군을 함께 살펴볼 때 본 사업으로 인해 추가 발생하는 비용을 면밀히 파악할 수 있다.

마지막으로, 이미 사업이 진척되고 있는 현재까지의 기회비용을 무시하고 개선안을 새롭게 선택

하는 것이 옳은 지에 대한 고려가 필요하다. (1)장에서 검토한대로 당초 계획 대비 사업이 계속해서 지연되고 있는 것은 사실이나, 지금까지 발생한 기회비용이 적지 않으므로, 이미 이루어진 사업 내용에 대해 현 시점에서 변경이 불가피한 지점과 타협할 수 있는 지점을 살피는 것 또한 중요하다.

### 3. 결론

‘아이를 키우기 위해서는 온 마을이 필요하다.’는 격언이 있다. 용인반도체 클러스터 사업 역시 사업의 성공을 위해서 집중해야 하는 자원과 예산을 생각해 보면 전국 수준의 노력이 필요해 보인다. 단기적으로는 동해안에서 생산되는 전력을 강원도와 경기도를 가로질러 송전망을 건설하여 조달하고, 중장기적으로는 서해안 에너지 고속도로를 활용하여 재생에너지로 생산한 전기를 조달한다. 그 전까지는 원자력과 화력 발전에 의존하게 되어 탄소 배출을 피할 수 없으니 전 세계적으로 기후위기에 대한 부담을 가중하는 일이기도 하다. 수도권에 다시금 산업 집중을 피함으로써 지역 균형 발전 또한 더욱 요원해진다. 그렇다고 전북, 전남, 경남권에 이미 마련되어 기업 유치에 한창인 RE100 산단들에게 반도체 산업 클러스터가 분배되는 것은 본래의 ‘집적’ 클러스터 구상과 상충한다. 결국 한 아이를 위해 온 마을이 정성을 쏟듯, 용인 반도체 클러스터 사업을 위해 전국이 함께 (기회비용을 포함한) 비용을 감당하는 것은 온당한가? 용인 반도체 클러스터는 한국 경제의 성장동력으로서 긍정적인 역할을 수행할 수 있지만, 지속 가능한 발전을 위해서는 환경과 인간의 건강이 전제되어야 한다. 기술과 산업의 발전이 기후위기 시대의 새로운 해법이 되기 위해서는, 단순한 효율의 논리를 넘어 생태적 책임과 사회적 정의가 반영된 산업 정책이 병행되어야 할 것이다. 산업 당사자만이 이해관계자가 아닌 상황에서 주체의 구분 없이 비용 대비 편익을 극대화하는 공리주의적인 선택으로 사업을 평가하는 것은 적절하지 않다.

따라서 본 연구는 용인 반도체 클러스터 사업의 현황과 계획을 짚어보며 예상되는 위험과 이를 회피할 수 있는 방법, 기대되는 편익과 앞서 검토된 위험 회피의 상충 여부를 논의하였다. 용인 반도체 클러스터 조성을 통해 기대되는 경제적·기술적·사회적 편익을 검토하고, 주요국의 반도체 정책 사례를 통해 향후 정책 방향과 정부의 역할을 모색하였다. 사업 계획 시 고려되지 못한 외부 비용을 내재화하면서 최적의 의사결정을 위한 대안을 제시하였다. 향후 정부는 시장 효율성과 전략적 재정 투입 간의 균형을 유지하면서, 민간 투자 촉진과 산업 생태계 전반의 지속 가능성을 확보하는 방향으로 정책을 구체화할 필요가 있다. 이러한 관점에서, 이번 연구는 산업단지의 편익과 위험을 동시에 바라보고 균형 잡힌 해법을 모색하기 위한 첫걸음이었다.

그러나 본 연구는 보다 근원적인 문제제기- 용인 반도체 클러스터 사업이 과연 필요한 사업인지, 메가급 생산능력을 갖추어 메가급 자원을 소모하게 되는 사업이 지속가능한지 까지로 논의를 확장하지 못한 한계를 갖는다. 물론 국제 정세 속에서 전략적 우선순위에 대한 논의는 있었으나, 용인 반도체 클러스터 사업의 타당성에 대한 논의 보다는 사업 추진을 전제로 한 지속가능한 대안을 고민하는 내용이 주를 이루었다. 전세계적 관점으로 봤을 때 반도체 클러스터 사업은 어쩔 수 없이 자원을 어마어마하게 빨아들이는 일이므로, 시공간적 시야를 확장할 경우, 지금 시점에 한국에서 반도체 클러스터 사업의 확장의 지속가능성에 대해서도 향후 심도있는 논의가 필요하다.

대전세썬단 차원에서 해당 차원의 논의를 향후 계획하고 있다. 본 연구 기회를 통해 다양한 전공과 배경을 가진 신진 연구자들이 협력하여, 다학제적 관점에서 사회적 난제를 토론하고, 서로의 지식을 교류하는 시간을 가질 수 있었다. 또한, 다차원적인 사례 분석과 논의를 통해 각 연구자의 연구 역량에 대한 강화뿐만 아니라, 당 초 목표했던 용인 반도체 클러스터 사업에 대한 정책적 대안을 고민해볼 수 있었다. 본 연구에서 진행한 토론과 발제를 통해 얻은 다양한 아이디어와 의견은 단지 학술 모임의 결과물에 그치지 않고, 앞으로 새썬 연구자들이 이후 학계와 다양한 전문 분야에서 활동할 때, 용인 클러스터 사업에서 발생하는 문제에 대한 대안과 해안을 제시할 수 있는

기반이 될 것이다. 한 해동안 본 연구를 지원해주신 숲과나눔 재단에 깊이 감사드린다.

## 참고문헌

- SFOC 기후솔루션. (2024). 화석연료 기반 용인 시스템 반도체 클러스터 국가산단 문제점
- SK 하이닉스 지속가능경영보고서 2025 <https://www.skhynix.com/sustainability/UI-FR-SA1601/>
- 산업통상자원부보도자료 <https://eiec.kdi.re.kr/policy/callDownload.do?num=248496&filenum=1&dtime=20240228071420> (2025.11.02.)
- 삼성 지속가능경영보고서 2025. [https://www.samsung.com/sec/sustainability/media/pdf/Samsung\\_Electronics\\_Sustainability\\_Report\\_2025\\_KOR.pdf](https://www.samsung.com/sec/sustainability/media/pdf/Samsung_Electronics_Sustainability_Report_2025_KOR.pdf)
- 한국전력 [https://www.kepco-enc.com/board.es?mid=a10602000000&bid=0025&act=view&list\\_no=43137&tag=&nPage=1\(25.11.02\)](https://www.kepco-enc.com/board.es?mid=a10602000000&bid=0025&act=view&list_no=43137&tag=&nPage=1(25.11.02))
- 한국토지교통공사. (2025). 용인 첨단시스템반도체 클러스터 국가산업단지 조성사업 환경영향평가 및 기후변화영향평가 (재협의)
- Chertow, M. R. (2000) INDUSTRIAL SYMBIOSIS: Literature and Taxonomy. *Annual Review of Environment and Resources*, 25, 313-337.
- Ha, J., Moon, N., & Seo, J. (2023). Fine Particulate Matter Concentration and Early Deaths Related to Thermal Power Plants and National Industrial Complexes in South Korea. *Atmosphere*, 14(2), 344.
- Kim, B. U., Kim, O., Kim, H. C., & Kim, S. (2016). Influence of fossil-fuel power plant emissions on the surface fine particulate matter in the Seoul Capital Area, South Korea. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 66(9), 863-873.
- Lee, D. W., Cho, S., & Shin, A. (2023). Lymphohematopoietic cancer mortality among Korean semiconductor manufacturing workers. *BMC Public Health*, 23(1), 1473.
- Qian, L., Xu, X., Sun, Y., & Zhou, Y. (2022). Carbon emission reduction effects of eco-industrial park policy in China. *Energy*, 261(B), 125315.
- Zeng, H., Chen, X., Xiao, X., Zhou, X. (2017). Institutional pressures, sustainable supply chain management, and circular economy capability: Empirical evidence from Chinese eco-industrial park firms. *Journal of Cleaner Production*. 155(2), 54-65.