

(현안 이슈 진단) 반도체 세계중심 용인, 에너지가 성패 가른다

우상표 기자 | 승인 2025.10.30 11:15

전문가 릴레이 인터뷰① 이기복 한국원자력학회장

“용인의 에너지 부족 딜레마, SMR은 현실적 중장기 대안”
“대규모 산단 10GW 전력 공급...대책 넘어 현실 고민 절실”
“SMR은 현장 조립 가능...일체형 설계 덕분에 안전성 우수”
“소형모듈원자로는 용인 RE100 ESG 목표 달성의 동반자”

용인특례시는 최근 국가반도체 산단 조성, SK하이닉스 클러스터 착공, 대규모 데이터센터 건립 등으로 인해 전례 없는 전기 수요 폭증에 직면했다. 현재 계획한 에너지 수급 방안은 LNG 열병합발전소 건설과 장거리 송전선로를 통한 전력 수급이지만, 이는 온실가스 배출 문제와 지역 주민들의 거센 반대 및 갈등을 야기하고 있다. 송전선로 통과 해당 지역사회의 반대 여론도 크다. 최근엔 국정감사에서조차 이슈로 거론됐다.<용인시민신문 1295호 1면>

이에 본지는 지속 가능한 도시 성장과 탄소중립 목표 달성을 위한 현실적인 대안을 모색하고자 <전문가 릴레이 인터뷰>를 기획했다. 그 첫 순서로, 한국원자력학회 이기복 회장을 서면으로 만나봤다. 용인특례시의 막대한 전력 수요를 해결하고 사회적 갈등을 줄일 수 있는 대안으로 SMR(소형모듈원자로)의 가능성과 역할을 강조해왔던 전문가다. 뜨거운 논쟁을 각오하고 들어본다. / 편집자

“미래 반도체 세계중심 용인의 지속가능성은 10GW에 달하는 막대한 전력 수요를 어떻게 안정적이고 깨끗하게 충당하는가에 달려 있다. 지금 논의되는 LNG 발전과 송전탑 건설 갈등의 해법을 SMR(소형모듈원자로)에서 찾아야 한다”는 게 이기복 회장의 주장이다. 다음은 일문일답.



이기복

-현재 용인특례시의 에너지 현안을 어떻게 진단하고 있나?

“대규모 산업단지에 10GW에 달하는 전력을 공급해야 하는 과제가 매우 현실적인 고민일 것 같다. 클러스터 주변에는 수십 개의 협력 기업체와 50만 평 규모의 이주기업 산업단지도 들어설 예정이어서 실제 필요한 전력 규모는 더욱 커질 것이다. 하지만 현재 계획된 에너지 공급 방안이 여러 가지 우려를 낳았다. 정부는 2029년까지 3GW를 가스 발전(LNG)으로 충당하고, 나머지를 RE100(재생에너지 100%)으로 공급하겠다고 계획했다. 그러나 첨단 산업인 반도체는 24시간 안정적인 전력 공급이 필수적이다. LNG 발전은 온실가스를 배출하고, 재생에너지는 발전량의 변화가 심해(간헐성과 변동성) 대규모 전력을 공급하는 것도 불가능하다. 특히 LNG 발전소 건설과 장거리 송전선로 확충 계획은 온실가스 배출과 더불어 지역 주민들의 반대와 갈등을 유발하고 있어, 현재 용인시의 에너지 수급 상황은 지속 가능한 도시 성장을 위협하는 딜레마에 빠졌다고 본다.”

-SMR(소형모듈원자로)이 정확히 무엇인지, 그리고 기존 대형 원전과 비교했을 때 어떤 특징과 장점을 갖는지 쉽게 설명해 달라.

“기존의 거대한 원자력 발전소와 달리, SMR은 300MWe(메가와트) 이하의 소형 원자로다. 가장 큰 기술적 특징은 ‘일체형’이라는 점이다. 부품을 공장에서 제작한 후 현장에서 조립만 하면 돼 건설 기간이 짧아진다. 이러한 소형, 일체형 설계 덕분에 SMR은 기존 대형 원전보다 안전성이 매우 뛰어나다. SMR에는 ‘피동 안전 계통(Passive Safety System)’이라는 최신 기술이 적용된다. 이는 전기가 끊기거나 사고가 발생했을 때, 사람의 조작이나 외부 동력 없이 자연적인 물리 현상만으로 원자로가 스스로 안전하게 정지하고 냉각될 수 있도록 한다. 즉, 전원 상실 사고 발생 시에도 운전원이 행위를 하지 않아도 스스로 알아서 멈추고 안전을 지킨다. 따라서 SMR은 소규모 부지에도 설치가 가능하며, 용인처럼 전력 수요가 집중된 산업단지 인근에 지역 분산 전원으로 배치하기에 매우 적합하다.”

-용인 반도체 클러스터가 필요로 하는 10GW의 막대한 전력을 SMR이 안정적으로 충족시킬 수 있나? 특히 재생에너지와의 대규모 전력 공급 능력 차이를 설명해 달라.

“SMR은 대규모 전력 수요를 충족시키면서도 안정성을 보장할 수 있는 현실적인 대안이다. 용인 반도체 클러스터가 필요로 하는 10GW 중 정부 계획대로 3GW를 가스 발전으로 충당해도 나머지 7GW를 어떻게 확보할지가 핵심이다. 이 7GW를 재생에너지인 태양광으로 공급하는 것은 거의 불가능하다는 것이 밝혀졌다. 반도체 같은 첨단 산업은 1초의 정전이나 전압 변동도 허용되지 않는 24시간 안정적인 전력이 필요하다. 그러나 태양광이나 풍력은 발전량의 변화가 심한 간헐성 문제를 안고 있어 안정적 공급을 할 수 없다. 더 큰 문제는 부지 면적이다. 1GW의 전력을 태양광으로 안정적으로 생산하려면, 한국의 평균 발전 효율(약 17%)을 고려할 때 6배의 설비(6GW)가 필요하며, 필요한 부지 면적이 약 1,800만 평에 달한다. 만약 나머지 7GW를 모두 태양광으로 채우려 한다면 이 면적의 7배인 1억 2,600만 평이 필요하다. 이는 용인시 남사읍 전체 면적(1,773만 평)의 7배 면적이다. 재생에너지 단독으로는 대규모 산업단지에 전력을 공급한다는 발상 자체가 불가능에 가깝다. 반면, 현재 한국에서 개발 중인 혁신형 소형모듈원자로(i-SMR)를 대안으로 생각해 보자. 4모듈로 구성된 i-SMR 1호기는 약 680MW의 출력을 낸다. 7GW의 전

력을 공급하려면 i-SMR 10기 정도가 필요하며, SMR 1기당 필요한 부지를 약 0.5km²(15만 평)로 잡았을 때, 10기를 건설하는 데 필요한 부지 면적은 약 5km²(150만 평) 수준이다. 여러 i-SMR이 시설을 공유하면 부지 면적은 더욱 줄어들 수 있어, 용인 클러스터 인근에 충분히 설치 가능하다.”

-용인에 추진 중인 LNG 발전소는 탄소중립 목표에 역행한다는 지적이 많다. SMR은 탄소중립 달성에 LNG 발전 대비 어느 정도의 환경적 이점을 제공하나?

“용인에 계획된 LNG 발전소(6기, 3GW)는 건설 기간이 짧아 당장의 전력난 해소에 기여할 수 있으나, 심각한 환경 문제를 초래한다. LNG 발전소는 석탄 발전보다 온실가스 배출량이 적기는 하지만, 여전히 적지 않은 이산화탄소를 배출하며, 이산화탄소보다 80배 이상 강력한 온실가스인 메탄도 발생시킨다. 또한 국민 건강을 해치는 질소산화물(NOx), 미세먼지 등이 배출된다. 반면 SMR은 미세먼지 배출이 전혀 없는 무탄소 전원이다. 온실가스 배출량을 비교하면 그 차이는 극명하다. 1GW 동일 설비로 1년 운전 시 LNG 발전소는 약 400만 톤의 이산화탄소(CO₂)를 배출하지만, SMR은 1/40 수준에 불과하다. 만약 용인에 추진되는 LNG 발전소(연간 약 1천만 톤 온실가스 배출 예상) 대신 SMR을 도입하면, 연간 975만 톤의 온실가스를 줄이는 효과를 얻을 수 있다.”

-SMR은 '밀양 송전탑 사태'와 같은 장거리 송전선로 건설로 인한 사회적 갈등을 어떻게 줄일 수 있다고 보나? 분산형 에너지원으로서의 역할도 설명해 달라.

“SMR이 이러한 갈등을 근본적으로 해소할 수 있는 이유는 SMR이 '분산형 에너지원'이라는 본질적인 특징 덕분이다. SMR은 모듈형이어서 전력 수요에 맞춰 모듈 수를 조정하는 수요지 맞춤형 분산형 전원으로 활용성이 뛰어나다. SMR은 부지 면적이 작고 안전성이 뛰어나기 때문에 전력 수요가 발생하는 산업 단지나 도심 인근에 직접 설치가 가능하다. 즉, SMR을 용인 클러스터 가까운 곳에 배치하면 발전과 소비가 한 곳에서 이뤄지기 때문에 장거리 송전망 건설이 불필요해진다. 장거리 송전망 건설을 피할 경우, 수천억 원에서 수조 원이 들 것으로 예상되는 송전망 건설 비용, 송전 손실, 계통 보강 비용 등을 절감할 수 있는 엄청난 경제적 효과가 발생한다. 무엇보다 송전탑이나 대규모 변전소 설치에 따른 주민 반대와 사회적 갈등을 최소화할 수 있다. 오히려 SMR이 지역에 설치되면 고용 창출, 세수 지원, 그리고 폐열을 활용한 지역난방이나 산업체 열 공급 등 여러 혜택을 제공하게 된다.”

-한국의 SMR 기술 개발은 어느 단계에 있으며, 용인에 실제로 전력을 공급할 수 있는 상용화 시점은 언제쯤으로 예상하나?

“한국은 독자적 SMR 개발로 기술은 세계 최고 수준에 도달했다고 판단된다. 다만, 아직 실증 부지 확보와 SMR에 최적화된 규제 체제 확립 등 제도적인 기반은 부족한 상황이다. 한국의 대표적인 경수형 SMR인 SMART 원자로는 이미 2012년 표준설계 인가를 받았고, 2024년 110MWe 출력의 SMART100도 다시 인가를 받았다. 현재 한국은 과기부와 산업부의 공동 지원 아래 혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 기술 개발사업단이 핵심 주축이 돼 개발을 추진 중이다. 약 4천억 원의 예산이 투입되고 있으며, 2025년까지 표준설계를 완료하고 상세설계를 거쳐 2028년 표준설계 인가를 획득하는 것을 목표로 했다. 첫 번째 원자로 모듈 완성은 2031년, 2033년에 상용화하는 것을 목표로 사업을 추진한다. 시운전을 거친 뒤 2035

년 전후에 상업 운전이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 용인 반도체 클러스터와 같은 대규모 수요처에 SMR을 배치해 실제 전력을 공급할 수 있는 시점은 2035년 이후가 될 것이다. 정부가 확정된 제11차 전력수급기본계획(2024~2038)에 대형 원전 2기 건설과 함께 SMR 1기 건설 계획이 포함됐다. 이는 전력 수요 급증 대응과 송전망 확충에 따른 사회적 갈등 완화, 탄소중립 목표 달성을 위한 전략적 선택으로, SMR이 분산형 저탄소 전원으로서 가장 적합하다는 판단이 반영된 결과다.”

-SMR의 안전성에 대한 기술적인 확신이 있다 하더라도, 인구 밀집 지역인 수도권에서 주민들의 신뢰와 동의(수용성)를 얻어내는 것은 매우 어려운 일이다. 어떤 방안이 필요한가?

“SMR은 기술적으로 대형 원전보다 뛰어난 안전성을 갖췄다. 핵연료량이 작고, 중대사고 가능성을 배제하는 일체형 설계이며, 중력이나 자연 대류로 작동하는 피동형 안전 계통을 장착해 전원 공급이 중단되거나 사고가 발생해도 스스로 안전장치가 작동하여 원자로를 자동 냉각시킨다. 이러한 특성 덕분에 비상계획구역(EPZ)을 부지 경계 내로 한정하는 설계도 가능해, 대형 원전 대비 주민 대피나 방사선 영향 범위를 최소화할 수 있어 사회적 부담을 크게 줄였다. 하지만 기술적 안전성을 넘어, 사회적 소통 전략이 반드시 병행돼야 한다.”



용인 첨단 시스템 반도체 국가산단이 들어설 이동 남사읍 일대 전경. 중앙을 관통하는 도로가 국도 45호선

-아무리 안전성을 강조해도 ‘원전’ 그 자체로 주민 수용성 확보에 큰 어려움이 예상돼 더 많은 노력이 필요해 보인다.

“그렇다. 첫째, 투명하고 쉬운 정보 공개가 필수다. 입지 선정 단계에서부터 SMR의 안전 설계, 사고 시 영향 범위, 실시간 방사선 모니터링 계획 등을 시민들이 시각적으로 쉽게 이해할 수 있도록 제공해야 한다. 과학적 데이터와 시뮬레이션 자료를 활용하여 신뢰도를 높여야 한다. 둘째, 지역사회의 이익을 공유해야 한다. SMR에서 발생하는 폐열을 활용한 지역난방이나 산업체 열 공급, 안정적 전력 공급으로 인한 전기 요금 혜택, 지역발전기금 및 일자리 창출 등을 통해 주민들이 직접 체감할 수 있는 실질적인 보상을 제공

해야 한다. 셋째, 주민 참여를 제도화해야 한다. 공청회와 주민 협의체를 통해 지역사회가 의사결정 과정에 초기부터 참여할 수 있도록 해야 한다. 특히 입지 선정, 환경영향평가, 안전계획 수립 등 주요 결정 과정에 주민 참여 위원회를 구성해 투명성과 공정성을 확보해야 한다. SMR은 기술적으로 인구 집중 지역에도 건설이 가능한 장점이 있으므로, 투명한 소통과 지역 기여 전략이 병행될 때 용인 같은 수도권에서도 주민 수용성을 확보할 수 있다.”

-용인지역 기업들이 추구하는 RE100(재생에너지 100%) 목표 달성을 위해 SMR이 재생에너지와 어떻게 상호 보완적인 역할을 할 수 있나?

“RE100은 이상적인 목표지만, 태양광이나 풍력만으로는 반도체 클러스터가 요구하는 24시간 안정적인 전력 공급을 달성하기 어렵다는 것이 현실이다. 이 때문에 글로벌 기업과 국제 에너지 시장에서는 CF100(Carbon-Free 100%) 또는 CFE(Carbon-Free Energy) 개념으로 전환하는 추세다. 이는 ‘탄소를 배출하지 않는 모든 전원’을 인정하자는 개념으로, SMR을 포함한 원자력도 여기에 들어간다. SMR은 용인 지역의 RE100 및 ESG(환경·사회·지배구조) 목표 달성에 결정적인 동반자가 될 수 있다.”



우상표 기자 spwoo@yongin21.co.kr