

태양광 정책평가 관측된 성과에서 정책의 기여를 구분하는 과정

2026-10-05 서술형 개정. 사례의 관측·발표 시점은 출처에 표시했다. 연구·정책의 권고는 작성자의 제안이며 아직 수행하지 않은 연구의 결과와 구분한다.

1. 성과가 있다는 사실과 정책이 효과적이었다는 판단

태양광 정책의 성과를 평가할 때 설치용량, 논문, 효율 기록은 자연스러운 출발점이다. 기존 보고서의 2025년 자료에서 국내 계통연계 태양광 설비는 30.35GW이고, 보유 수집본의 한국 소속 Article은 1,014편이다. 연구와 보급이 존재한다는 판단은 가능하지만 이 관측만으로 특정 지원사업의 효과를 계산할 수는 없다. 설치설비는 판매전력과 다르고, 논문 수는 제품의 신뢰성이나 기업의 지속적인 수익과 다르기 때문이다. DATA

평가는 결과를 확인하는 일과 그 결과가 발생한 이유를 검증하는 일을 나누어 진행해야 한다. 지원받은 기업의 성과가 좋더라도 원래 역량이 높은 기업을 선정했기 때문일 수 있다. 반대로 실증이 상업화에 이르지 못했더라도 적용할 수 없는 조건을 밝혀 후속 손실을 막았을 수 있다. 무엇을 성과로 인정할지, 어떤 비교를 통해 정책의 기여를 판단할지 먼저 정하지 않으면 평가자는 결과가 나온 뒤 유리한 지표를 골라 설명하게 된다.

본 보고서는 이러한 문제를 세 단계로 다룬다. 먼저 서로 다른 시점의 관측을 비교할 수 있는지 확인한다. 다음으로 비교 가능한 자료에서 지원의 추가성과 발생 시차를 검토한다. 마지막으로 초기 성과가 장기 사용과 순환의 성과로 유지되는지 추적한다. 각 단계에서 판단할 수 없는 부분은 다음 단계의 수치로 덮지 않고 별도의 연구문제로 남긴다.

2. 출력제어 건수가 줄었다는 관측을 다시 읽는다

2.1 같은 이름의 통계가 같은 범위를 가리키는가

기존에 확인한 전력거래소 자료에는 제주 태양광 출력 차단이 2023년 64회, 2024년 32회로 기록돼 있다. 그러나 2024년 6월 이후 입찰제 참여 발전기의 출력 감소는 해당 실적에 포함되지 않는다는 주석도 함께 있다. 이 경우 숫자의 감소에는 실제 운영의 변화와 기록 대상의 변화가 섞일 수 있다. 건수가 절반이 됐다는 계산을 곧바로 정책효과가 절반 개선됐다는 표현으로 바꿀 수 없는 이유다. R11

건수 자체에도 한계가 있다. 짧고 작은 제어와 오래 지속된 큰 제어가 각각 한 건이라면 두 사건의 경제적 의미는 다르다. 발전기 수와 설비용량이 늘면 같은 건수라도 노출 정도가 달라진다. 평가하려는 결과가 전력 활용의 개선이라면 어떤 발전기가 얼마 동안 얼마만큼의 전력을 줄였는지, 그때 원래 발전할 수 있었던 양은 어느 정도였는지를 함께 살펴야 한다.

2.2 통계의 재구성이 첫 번째 평가연구다

첫 연구는 발전기 식별자를 고정해 제도 변경 전후의 공통 관측집단을 만드는 것이다. 새로 진입한 발전기와 시장참여 상태가 바뀐 발전기를 따로 구분하고 제어명령, 계측출력, 일사·수요·정비·송전 조건을 같은 시간 간격으로 연결한다. 가능출력은 직접 관측과 같지 않으므로 기상 기반 추정모형의 오차를 별도 검증해야 한다. 자료가 없는 시간은 제어가 없었던 시간으로 처리하지 않는다.

이후 당시 집계규칙을 그대로 적용한 계열과 동일한 규칙으로 다시 계산한 계열을 나란히 제시한다. 두 계열의 차이는 기록범위 변화의 영향을 읽는 근거가 되고, 공통집단의 제약전력량 변화는 운영 개선을 검토할 출발점이 된다. 다만 기상·수요·다른 설비의 변화까지 분리하지 못했다면 정책의 인과효과로 확정하지 않는다. 연구결과가 통계 연결표와 불확실성을 포함해야 재집계가 원래 기록의 임의 교정으로 오해되지 않는다.

3. 기술성과를 평가할 때 넘어서는 안 되는 경계

3.1 셀과 모듈을 같은 순위에 놓지 않는다

한화큐셀의 탠덤 셀, 국내 대학의 모듈, Oxford PV-Fraunhofer의 산업 크기 모듈은 각각 다른 시험대상과 조건의 성과다. 셀과 모듈, 단일접합과 탠덤, 면적과 안정화 조건을 구분하지 않은 효율 순위는 실제 기술격차를 설명하기 어렵다. 초기 기록이 높은 제품이 생산 배치 전체에서 같은 성능을 내는지, 사용환경에서도 유지되는지는 별도의 질문이다.

R1 R3 TANDEM_MODULE

평가의 단위는 연구목표에 맞춰 달라져야 한다. 기초연구라면 새로운 현상과 작동원리, 반복 실험에서의 재현성을 볼 수 있다. 제품화 연구라면 적격 수율과 편차, 시험기관 간 일치, 현장 고장을 추가로 봐야 한다. 논문이나 특허를 모두 제외할 이유도 없지만 그것만으로 제조나 시장의 성공을 대표하게 해서도 안 된다. 중간 성과가 다음 단계의 어떤 결정을 가능하게 했는지를 추적하는 것이 필요하다.

3.2 실패를 기록하는 방식도 평가를 바꾼다

후속 투자를 중단한 과제를 모두 동일한 실패로 분류하면 중요한 정보를 잃는다. 실험이 제대로 수행되지 않아 판단할 수 없는 경우와, 적절한 시험에서 후보의 부적합성이 밝혀진 경우는 다르다. 후자는 잘못된 확산을 막는 지식을 제공할 수 있다. 반대로 보고서가 많다는 이유로 유용한 지식을 남겼다고 인정해서도 안 된다. 어떤 가설이 어떤 자료로 기각됐고 그 판단이 실제 후속 선택에 사용됐는지 확인해야 한다.

따라서 평가자료에는 성공 사례뿐 아니라 제외된 시편, 구매가 취소된 실증, 중단된 과제도 포함한다. 제외 기준과 시점이 남아 있어야 사후적으로 좋은 결과만 선택했는지 검토할 수 있다. 이러한 기록은 새로운 성과지표를 하나 더 만드는 작업보다 평가의 신뢰도를 직접적으로 높일 수 있다.

4. 연구지원의 추가성을 검증한다

4.1 지원이 없었을 경우를 어떻게 구성할 것인가

두 번째 연구는 지원과제가 기업·제품의 검증과 기술이전을 얼마나 바꾸었는지를 묻는다. 기존 자료에 있는 기업 투자 계획이나 해외 연구사업 등록액은 해당 사업의 규모와 목표를 설명할 수 있지만 국내 정부지원의 순효과는 아니다. 지원 신청과 선정, 협약과 지급, 실제 기술개발과 구매승인의 과정을 같은 과제·기업·제품의 식별자로 연결하는 작업이 선행되어야 한다. R5 LAPERITIVO

평가점수의 경계가 실제 선정을 결정했고 경계 주변의 조작이나 다른 조건의 단절이 없었는지 확인된다면, 경계 전후를 비교하는 설계를 검토할 수 있다. 그런 조건이 없다면 지원 이전의 역량과 추이가 유사한 적격 비교집단을 구성한다. 어느 방법이든 탈락기업의 다른 지원, 수혜기업에서 비교기업으로 전파된 지식, 이후의 사업변경을 살펴야 한다. 비교집단을 만들었다는 사실만으로 인과판정이 자동 성립하지는 않는다.

4.2 성과가 나타나는 시간을 연구대상에 포함한다

연구지원은 먼저 시험단계 통과를 바꾸고 기술이전이나 매출에는 나중에 영향을 줄 수 있다. 짧은 관측기간에 매출만 평가하면 아직 발현되지 않은 성과를 실패로 판단하고, 너무 긴 기간의 모든 성과를 원래 지원에 귀속하면 다른 투자의 기여를 흡수할 수 있다. 지원 시점부터 검증·계약·민간투자의 사건이 발생하는 시간을 함께 분석해야 한다.

주 결과로는 검증단계 전환의 비율과 소요시간, 실제 기술이전 계약과 민간투자의 순증분을 제안한다. 효과의 방향뿐 아니라 크기와 불확실성, 표본과 누락자료에 대한 민감도를 제시한다. 비교조건이 충분하지 않다면 기여 경로와 반대 사례의 분석으로 범위를 좁힌다. 이 경우에도 어떤 지원이 어느 단계에 작용했는지 설명할 수 있지만 국가 전체 투자효율을 확정하는 데 사용하지 않는다.

5. 초기 성과가 장기 성과로 유지되는지 확인한다

5.1 설치 직후의 순위는 최종 평가가 아니다

초기 효율이 높은 제품이라도 특정 기후에서 열화와 교체가 늘어나면 사용기간 전체의 발전량과 비용은 다른 순서를 보일 수 있다. 재생 실리콘의 초기 셀 성과도 순환 가능성을 보여주는 근거이지만, 회수원료의 안정적 공급이나 장기

성능까지 확인한 결과로 확장할 수 없다. 기술과 순환을 평가할 때는 관측된 기간과 아직 예측에 의존하는 기간을 나눠야 한다. RECYCLED_SI

세 번째 연구는 제품 세대·입지·설치시기를 구분한 코호트를 추적하는 것이다. 일련번호와 설치·교체일, 기상과 발전량, 고장·보증·회수처리 비용을 연결한다. 아직 고장 나지 않은 제품과 관측에서 이탈한 제품을 단순히 정상 제품으로 합치지 않는다. 교체가 기술고장 때문인지 사업자의 경제적 선택 때문인지도 구분해야 수명의 의미가 명확해진다.

5.2 생애 성과에 맞춰 지원조건을 수정한다

관측기간의 누적발전과 고장위험, 교체를 포함한 비용, 재사용 적격성과 환경부담을 함께 평가하도록 제안한다. 장기 모형은 실제 관측을 설명하는지 먼저 검증하고, 관측 밖의 수명을 예측할 때는 전제와 범위를 제시한다. 짧은 시험의 결과를 단순히 수십 년으로 환산해 정책 편익으로 넣지 않는다.

초기 효율의 우위가 장기 성과로 이어지지 않는다면 지원조건에 신뢰성·보증 검증을 강화할 근거가 된다. 반대로 초기 비용이 높은 제품이 특정 조건에서 안정적인 성과를 보인다면 그 적용범위에 한정한 지원을 검토할 수 있다. 결과가 불확실하면 제품 전체의 승인 또는 배제보다 추가 추적이 필요한 환경과 고장모드를 명시한다. 장기평가는 과제 종료 시점에 한 번 실시하는 행사보다 반복적으로 판단을 갱신하는 체계에 가깝다.

6. 평가연구가 정책의 변경으로 이어지는 조건

세 연구는 평가자료를 정교하게 만드는 데서 끝나서는 안 된다. 첫 연구는 통계의 범위가 달라져 생긴 오해를 바로잡고 운영 실증의 대상을 정해야 한다. 두 번째 연구는 지원이 실제로 기여한 단계와 그렇지 않은 단계를 구분해 사업의 대상·수단·후속조건을 바꿔야 한다. 세 번째 연구는 단기 성과지표에 빠진 수명·교체·순환의 비용을 드러내 지원조건을 조정해야 한다.

이를 위해 결과를 사용할 정책담당자와 전문기관은 연구 초기에 어떤 차이가 나면 결정을 바꿀지 합의할 필요가 있다. 효과를 확인한 뒤 통과선을 낮추지 않도록 최소한의 실무적 차이와 부작용 기준을 사전 검토한다. 표본 규모는 그 차이와 예비분산·측정오차를 고려해 정하며 임의의 과제 수로 고정하지 않는다. 자료정의와 원문대조에 6-12개월, 사업의 추가성과 장기 성과에는 더 긴 관측이 필요할 수 있으므로 실제 시차에 맞춰 일정을 확정한다.

결국 좋은 평가보고서는 성공 또는 실패라는 단일 판정 대신 어떤 결과가 확인됐고, 그중 무엇이 정책의 기여로 해석되며, 남은 불확실성 때문에 어떤 결정을 유보하는지를 설명해야 한다. 그 설명이 지원의 지속·수정·중단과 다음 연구의 선택으로 연결될 때 평가가 진단의 역할을 수행한다.

근거와 관측범위

본문의 사례와 수치는 기존 원고에서 확인한 당시의 관측·발표를 사용한다. 이번 개정은 서술과 논증의 개정이며 각 사례의 최신 상태를 새로 조사한 결과가 아니다. 아래 설명은 출처가 뒷받침하는 범위이며, 연구와 정책의 제안은 본문의 해석과 조건부 권고다.

LAPERITIVO LAPERITIVO: 대면적 페로브스카이트 모듈

2024-2028 · 출처

총사업비 7,895,865.89유로·EU 기여금 6,792,147.26유로의 등록 연구사업이다.

사업비는 한국 정부 투자액이 아니고 제조 목표는 실가동 실적이 아니다.

TANDEM_MODULE Oxford PV-Fraunhofer 대면적 탠덤 모듈

2024-01 · 출처

1.68m² 모듈에서 효율25%·출력421W를 연구기관이 발표했다.

발표 당시 연구 결과이며 현재 최고기록·양산 수율·장기 보증을 뜻하지 않는다.

RECYCLED_SI Fraunhofer-Reiling 재생 실리콘 셀

2022-02-07 · 출처

회수 실리콘으로 제작한 PERC 셀의 초기 효율19.7%를 발표했다.

재생원료100% 사용과 폐모듈 회수율100%는 다른 지표다. 최신 셀 대비 경제성은 미확정이다.

R1 M10 탠덤 셀 효율 28.6% 발표

2024-12-19 · 출처

한화큐셀, 2024.12.19 — M10 탠덤 셀 효율 28.6% 발표. 기업 발표의 시험 크기·검증기관·해외 제작 위치를 함께 반영.

기관 자료와 기업 발표를 구분; 같은 원천의 재인용은 독립 증거로 세지 않음

R3 내열 페로브스카이트·100 cm² 모듈 연구

2025-04-10 · 출처

UNIST, 2025.04.10 — 내열 페로브스카이트·100 cm² 모듈 연구. 시험 조건별 성과이며 기술 간 단순 효율 순위에 사용하지 않음.

기관 자료와 기업 발표를 구분; 같은 원천의 재인용은 독립 증거로 세지 않음

R5 진천 탠덤 파일럿 1억 달러 투자 발표

2023-05-17 · 출처

Qcells, 2023.05.17 — 진천 탠덤 파일럿 1억 달러 투자 발표. 투자 계획이며 완료 집행액 아님.

기관 자료와 기업 발표를 구분; 같은 원천의 재인용은 독립 증거로 세지 않음

R11 2024년 연간 제주지역 전력계통 운영실적

2025-02 / 2024 관측 · 출처

전력거래소, 2025.02 — 2024년 연간 제주지역 전력계통 운영실적, 인쇄12쪽. 재생에너지 입찰제 참여기의 출력 감소가 제어 실적에서 제외된다는 주석을 반영.

기관 자료와 기업 발표를 구분; 같은 원천의 재인용은 독립 증거로 세지 않음

DATA IRENA2026 H1 계통연계 설비·2025 WoS 보유 Article 집계

2025 관측·2026-09-21 재확인 · 출처

한국 태양광30.35GW/Article1,014편·국제공동520편; 풍력2.45GW/Article164편·국제공동71편. 논문은 보유 수집본이며 설비는계통연계·풍력전체다.

국가 전체 논문·기술순위·제조능력·정책 인과효과로 사용하지 않음.

전체 서술형 보고서 · 질문별 보고서 선택