

태양광 정책설계 연구성과가 실제 사용으로 이어지게 하려면

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

1. 연구성과가 존재하는데도 정책설계가 필요한 이유

한국 태양광 정책을 검토할 때 출발점은 역량이 전혀 없다는 가정이 아니다. 기존 보고서가 사용한 2025년 보유 자료에서는 한국 소속 태양광 Article 1,014편과 계통연계 설비 30.35GW가 확인된다. 두 관측은 연구 참여와 발전설비의 기반이 존재함을 보여준다. 다만 논문은 해당 수집본의 관측이고 설비는 계통연계 용량이다. 이 숫자만으로 제품의 반복 생산, 실제 판매전력, 국내 기업의 수익까지 판단할 수는 없다. DATA

정책설계의 질문은 이 지점에서 구체화된다. 이미 연구와 설치가 이루어지고 있다면, 다음 공공지원은 무엇을 더해야 하는가. 본 보고서는 연구성과를 다른 주체가 신뢰하고 사용할 수 있게 만드는 조건에 주목한다. 셀을 개발한 연구자와 모듈을 구매할 고객, 설비를 설치한 사업자와 전력을 수용할 계통, 모듈을 회수한 기관과 재생원료를 구매할 기업 사이에는 서로 다른 검증과 책임이 필요하다. 이 연결을 확인하지 않은 지원은 개별 산출물을 늘리면서도 최종 사용의 문제를 남길 수 있다.

여기서 연결의 부족은 검증할 진단이지 모든 사업에 이미 입증된 사실은 아니다. 민간 시험과 계약으로 충분히 해결되는 영역도 있을 수 있다. 따라서 먼저 연결이 막히는 실제 지점을 찾고, 그 원인이 지식의 부족인지 시설의 부족인지 거래조건 불일치인지 분리해야 한다. 공공지원의 종류와 규모는 그 구분 뒤에 결정되어야 한다.

2. 셀의 성능과 구매 가능한 제품 사이

2.1 기록을 다른 단계의 성과로 바꾸지 않기

한화큐셀의 탠덤 셀 발표와 국내 대학의 대면적 모듈 연구는 차세대 기술에 참여할 기반을 보여준다. 그러나 셀과 모듈은 면적·구조·연결 손실·시험조건이 다르다. 좋은 셀의 기록을 모듈의 양산 성능이나 장기 보증으로 옮겨 적으면, 정책이 해결해야 할 후속 과제가 이미 해결된 것처럼 보이게 된다. 기존 자료의 발표시점과 시험대상을 유지해야 하는 이유다. R1 R3

제품을 구매하는 쪽은 최고 시편의 성능뿐 아니라 다른 생산 배치에서도 성능이 유지되는지, 사용환경이 바뀌면 고장이 늘어나는지, 문제가 생겼을 때 누가 수리하는지를 묻는다. 연구자는 소재와 공정의 작동원리를 밝힐 수 있지만 구매

자의 모든 위험을 혼자 검증하기는 어렵다. 정책의 역할을 판단하려면 이 두 종류의 질문이 어느 단계에서 만나지 못하는지 확인해야 한다.

2.2 해외 파일럿에서 가져올 것은 연결의 구조다

PEPPERONI는 소재·장비·연구기관·기업을 제조 파일럿과 연결하고, LAPERITIVO는 대면적 모듈과 시험·제조 확장을 연구사업의 범위로 묶는다. 여기서 관찰되는 것은 여러 단계의 참여와 목표를 한 사업 안에 배치한 구조다. 등록된 연구목표를 이미 달성된 수명이나 생산능력으로 해석해서는 안 된다. PEPPERONI LAPERITIVO

한국의 설계에 유용한 질문은 같은 액수의 사업을 만들 것인가가 아니다. 어떤 시험 결과가 다음 제조단계의 입력이 되는지, 누가 그 결과를 인정하는지, 실패했을 때 공정이나 소재를 되돌려 수정할 수 있는지를 물어야 한다. 해외사업의 규모를 비례 환산하기보다 국내의 기존 장비·기관·수요기업이 실제로 제공하지 못하는 기능을 먼저 확인하는 접근이 적절하다.

3. 공동 검증시설을 짓기 전에 수행할 연구

3.1 시설 부족과 검증방식의 불일치를 분리한다

본 보고서의 첫 연구 제안은 시험기관·제조기업·구매기업 사이의 검증 과정을 실제 의뢰 단위로 추적하는 것이다. 접수, 대기, 시험, 보완, 재시험, 구매승인의 날짜와 사유를 연결하면 지연이 장비 용량 때문인지, 자료의 불완전성 때문인지, 기관마다 다른 판정조건 때문인지 구분할 수 있다. 기업이 필요하다고 응답한 시험과 실제로 비용을 내고 신청한 시험도 분리한다.

이 연구에서 검증할 가설은 공통 시험조건과 결과의 상호인정이 부족한 경우에는 장비 증설보다 검증방식의 정비가 더 효과적일 수 있다는 것이다. 반대 설명도 열어둔다. 특정 장비의 실제 수요가 공급능력을 지속적으로 초과한다면 절차 개선만으로 대기를 해소하기 어렵다. 두 설명을 구분하지 않으면 장비가 부족한 곳에 서류만 늘리거나, 장비가 충분한 곳에 새 시설을 추가할 위험이 있다.

3.2 지원수단을 비교하고 결과에 따라 선택한다

시험 이용권, 공동실증 계약, 시설 증설을 같은 성과기준으로 비교할 필요가 있다. 동일한 검증단계를 통과하는 데 드는 총시간과 총비용을 주 결과로 삼고, 품질 저하와 기존 민간 서비스의 대체를 함께 관찰한다. 적격 신청이 지원규모를 넘는다면 공정한 배정방식을 평가설계에 활용할 수 있고, 무작위 비교가 어렵다면 지원 전 조건과 추이를 대조하되 남은 선택 편향을 밝힌다.

추가 장비 없이 시간이 줄고 구매승인이 원활해진다면 이용지원과 상호인정 체계를 우선 제안한다. 반대로 반복되는 용량 부족과 대체기관 부재가 확인되면 수요에 맞춘 단계적 시설투자를 검토한다. 연구의 최종 산출물은 단순한 시설 목록이 아니라 지연 원인별 서비스 수요지도와 지원수단 비교, 실제 발주 가능한 공동검증 과제의 설계안이어야 한다.

정책연구팀과 시험기관·수요기업이 함께 참여하되, 시설을 운영할 기관만이 자신의 필요성을 평가하는 구조는 피한다.

4. 설치된 설비를 실제 전력 활용으로 연결한다

4.1 설치량이 설명하지 못하는 운영의 조건

제주 출력제어 사례는 태양광이 설치된 이후에도 전력의 활용이 계통과 운영조건에 좌우된다는 점을 보여준다. 다만 제주에서 관찰된 제약을 전국의 동일한 문제로 일반화할 수는 없다. 특히 제어 건수와 손실전력량은 다른 결과이므로, 사건의 빈도만으로 경제적 손실이나 해결수단의 효과를 비교하지 않아야 한다. R11

정책설계에서는 제약이 언제, 어디서, 어떤 이유로 발생하는지부터 나뉘야 한다. 같은 저장장치도 충전할 수 있는 시간과 방전한 전력을 수용할 수 있는 조건에 따라 가치가 달라질 수 있다. 장치의 설치 자체를 성과로 정하면 총방전 손실과 수명 부담, 다른 발전기에게 이전된 제약을 놓칠 수 있다. 지원대상은 장비 명칭보다 해결하려는 운영문제로 정의하는 편이 적절하다.

4.2 대안 운영의 효과를 현장에서 검증한다

두 번째 연구는 설치 확대, 저장, 수요이동, 인버터 운영을 지역별 대안으로 비교하는 실증이다. 같은 발전기와 시간 간격의 출력·일사·수요·접속한도·제어명령을 먼저 맞춘다. 실측 운영을 재현하지 못하는 모형으로 미래 편익을 계산하지 않고, 기존 운영의 오차를 확인한 뒤 대안을 평가한다. 실제 운용이 가능한 방식은 기간을 나눈 교차 실증으로 비교하고 계절·수요 변화의 영향을 함께 본다.

추가 송전단 전력량과 이를 얻는 총비용을 중심으로 정산수입, 저장장치 열화, 다른 이용자의 비용을 함께 제시해야 한다. 효과가 특정 시간과 지역에만 나타나면 지원범위도 그 조건에 한정한다. 제약이 다른 곳으로 이동할 뿐이라면 설비 확대의 권고를 줄이고 접속·운영규칙의 개선을 우선한다. 이 연구는 계통연구팀과 운영자가 공동으로 수행해야 하며, 자료를 확보할 수 없는 범위를 전국 효과로 채워 넣지 않는다.

5. 순환정책은 처리시설에서 끝나지 않는다

5.1 회수량과 구매 가능한 원료는 다르다

Soren-ROSI 사례는 회수 책임과 물류·처리·소재 회수의 연결을 생각하게 한다. 재생 실리콘 연구는 회수물이 다시 기술적 용도로 쓰일 가능성을 보여주지만, 해당 시험 결과가 모든 회수물의 품질이나 상업적 수요를 보장하지는 않는다. 순환정책은 모듈이 얼마나 들어왔는지와 적격 원료가 얼마나 판매됐는지를 구분해야 한다. ROSI RECYCLED_SI

반입물의 세대와 파손·오염 정도가 다르면 같은 처리공정에서도 결과가 달라질 수 있다. 처리자는 안정적인 원료를 원하고 구매자는 일정한 품질을 요구한다. 회수기관은 물량을 확보했더라도 그 사이의 변동 비용을 누가 부담할지 정하지 못할 수 있다. 따라서 시설의 처리능력만 지원하는 방식과 품질·반입·구매의 계약을 함께 설계하는 방식은 서로 다른 정책대안이다.

5.2 품질과 계약의 결합을 연구한다

세 번째 연구에서는 회수 로트의 이력과 질량·조성·파손을 보존하고, 품질별 가격이나 구매규격이 거래에 미치는 영향을 검증한다. 기존 거래와 규격을 명확히 한 소규모 거래를 비교하되 구매의향 설문을 실제 주문으로 계산하지 않는다. 회수자·처리자·구매자 각각의 비용을 따로 확인해야 한 주체의 이익이 다른 주체에게 비용을 전가한 결과인지 판단할 수 있다.

최종 판매된 적격 원료 수율, 반품과 불합격, 에너지·약품 사용, 계약의 유지 여부를 함께 관찰한다. 회수율 상승이 품질 저하와 환경부담 증가를 동반하면 처리량 확대보다 공정 개선을 제안한다. 품질은 충족하지만 수요가 없다면 구매규격과 수요처 실증이 먼저다. 결과물은 회수물 등급안, 계약 대안, 구매자가 검증한 적용범위를 포함해야 한다.

6. 세 연구를 하나의 지원사업으로 묶을 때의 조건

제품 검증, 전력 활용, 순환은 모두 연결의 문제지만 같은 지표로 평가할 수는 없다. 첫 연구는 제품 검증의 시간과 신뢰성을, 두 번째는 실제 활용한 전력과 비용을, 세 번째는 적격 원료의 품질과 거래를 다룬다. 이를 하나의 점수로 합치면 어떤 연결이 개선됐는지 알기 어려워진다. 공통 운영체계는 사용할 수 있어도 성과판정은 각 문제의 단위와 인과경로를 유지해야 한다.

착수 단계에서는 기존 서비스와 자료 접근, 참여주체의 책임을 먼저 확인하도록 제안한다. 시험서비스 연구는 초기 수요·과정 분석을 거쳐 12~18개월의 추적을, 운영과 순환 실증은 계절과 계약 주기를 고려한 12~24개월 안팎의 설계를 검토할 수 있다. 이는 승인된 일정이 아니라 실행계획을 세우기 위한 범위다. 예비 조사에서 관측주기와 효과 발생 시차가 더 길다는 사실이 확인되면 일정을 수정해야 한다.

예산도 사전에 정한 총액을 과제 수로 나누는 대신 실제 시험·현장·계측·인력·외부검증의 작업량으로 산정한다. 같은 장비와 자료를 여러 연구가 공유할 때는 비용과 책임을 중복 계산하지 않는다. 결과를 이용할 구매자·운영자·정책 담당자가 초기에 참여하되 연구결과가 자신의 기존 선택을 지지하도록 판정기준을 바꾸지 않도록 해야 한다.

7. 최종적으로 권고하는 정책의 방향

현재 근거에서 제안할 수 있는 방향은 연구성과의 존재를 반복 확인하는 지원보다 다음 사용단계가 요구하는 검증과 조정을 구체화하는 것이다. 다만 이를 신규 시설과 보조금 확대의 포괄적 근거로 사용하지 않는다. 민간 서비스로 해소

되는 지점은 이용과 상호인정을 지원하고, 실제 용량 부족이 지속되는 지점은 단계적으로 투자하며, 운영과 구매의 조건이 충족되지 않은 영역은 확산보다 실증을 우선한다.

진단이 유효하다면 세 연구는 어떤 주체가 어떤 자료와 계약을 통해 다음 단계로 이동할 수 있는지 설명해야 한다. 반대로 연결의 부족이 확인되지 않거나 다른 원인이 더 중요하게 드러나면 정책대상과 연구순서를 바꿔야 한다. 이 보고서의 최종 제안은 특정 수단을 미리 정당화하는 것이 아니라, 공공자원이 개입할 이유와 개입하지 않을 조건을 함께 밝히는 연구를 먼저 수행하자는 것이다.

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.

PEPPERONI PEPPERONI: 탠덤 모듈의 산업 파일럿

2022-2026 · 출처

EU 기여금 12,950,825유로, 총사업비 17,020,325유로. 산업규모 모듈·제조·수명·환경안전 목표를 결합한다.

26% 효율·30년 수명은 사업목표이며 달성 실적이 아니다. 등록 담당기관과 참여기업을 구분한다.

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.

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.

ROSI Soren의 ROSI·Envie 재활용 사업자 선정

2021-07-08 · 출처

생산자책임기부 Soren이 ROSI·Envie의 실리콘·은 회수 방식을 선정했다고 기업이 발표했다.

사업자 선정은 처리 물량·회수율·수익성의 실측 결과와 다르다.

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

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