

탁도 기반 잔골재 미립분 함유량 추정 및 실시간 판정 시스템 개발

221323 유은지, 221395 안예린, 235241 장지성

Abstract

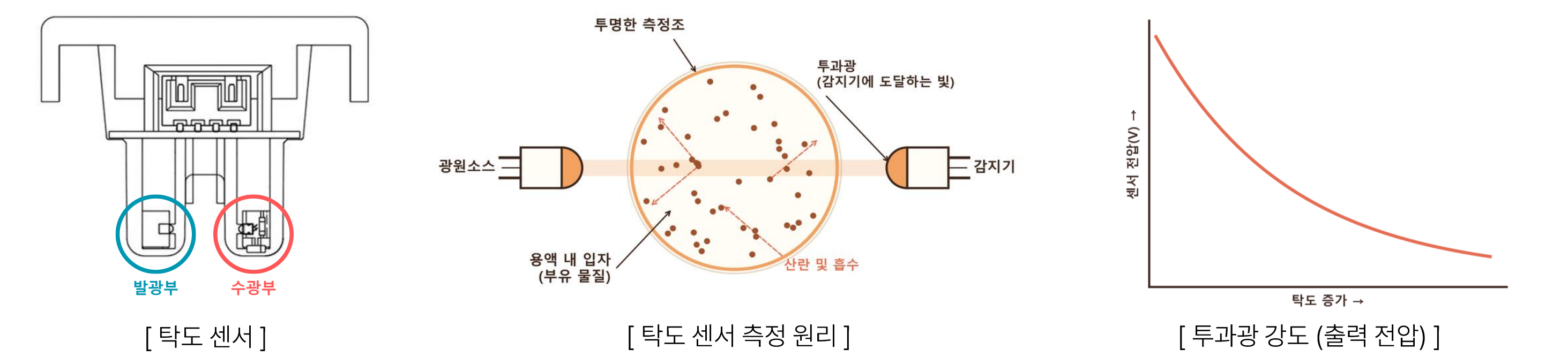
천연 잔골재 고갈로 부순 모래 등 대체 골재 사용이 늘고 있으나, 품질 저하를 유발하는 미립분의 과다 혼입을 실시간으로 판정할 수 있는 신속한 검사 기술이 부재한 실정. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 아두이노와 탁도 센서를 결합하여 5분 이내에 잔골재 미립분 함유량을 계측할 수 있는 실시간 측정 시스템을 개발함. 실험을 통해 센서 전압으로 미립분 함량을 도출하는 상관 방정식을 확립하였고, 실제 강모래 검증을 통한 오차 보정으로 현장 적용 유효성을 입증함. 이를 통해 골재별 KS 기준에 따른 합격 여부를 즉시 시각화해 주는 자동 판정 애플리케이션을 구축함.

Background

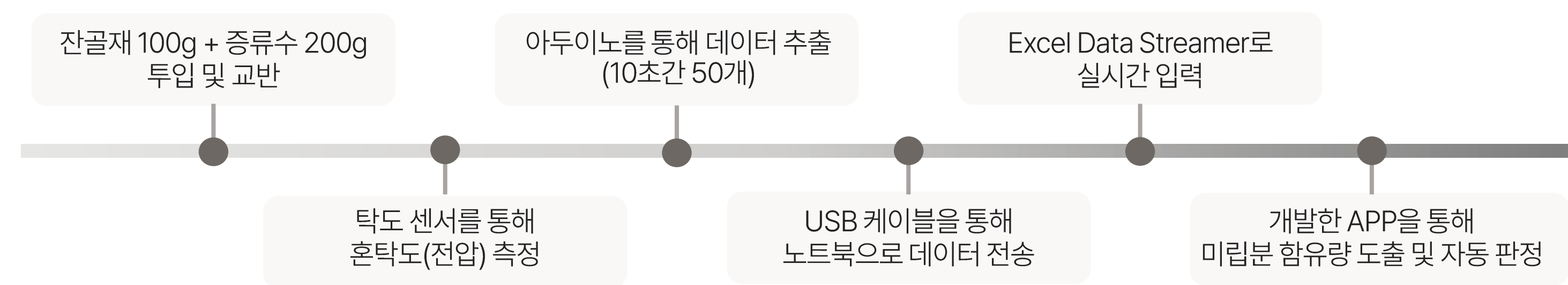
허용치를 초과한 미립분은 콘크리트의 단위수량을 상승시키고 페이스트와의 부착력을 떨어뜨리며 레이턴스 유발 및 건조 수축 균열을 촉진시켜 심각한 구조적 결함을 유발함. 대체 골재는 미립분 함유량의 변동성이 매우 크기 때문에 철저한 품질 관리가 필요하지만 기존 건조 시험법(KS F 2511)은 최소 24시간이 소요되어 현장 반입 시 실시간 판별이 불가능하며, 주먹 쥐기 등의 간이 검사법은 작업자의 주관에 의존하여 오차가 크고 정량적 관리가 어려움.

기존 방식의 한계점을 극복하기 위해 **아두이노 탁도 센서 기반 잔골재 미립분 함유량 실시간 판독 시스템**을 구축하고 그 유효성을 검증함.

Methodology



본 시스템은 아두이노와 탁도 센서로 회로를 구성하여 실시간 데이터를 수집함. 센서는 빛의 투과율과 산란 정도를 측정하여 혼탁도를 판별하며, 용액의 탁도가 높을수록 센서의 출력 전압은 반비례하여 감소함.

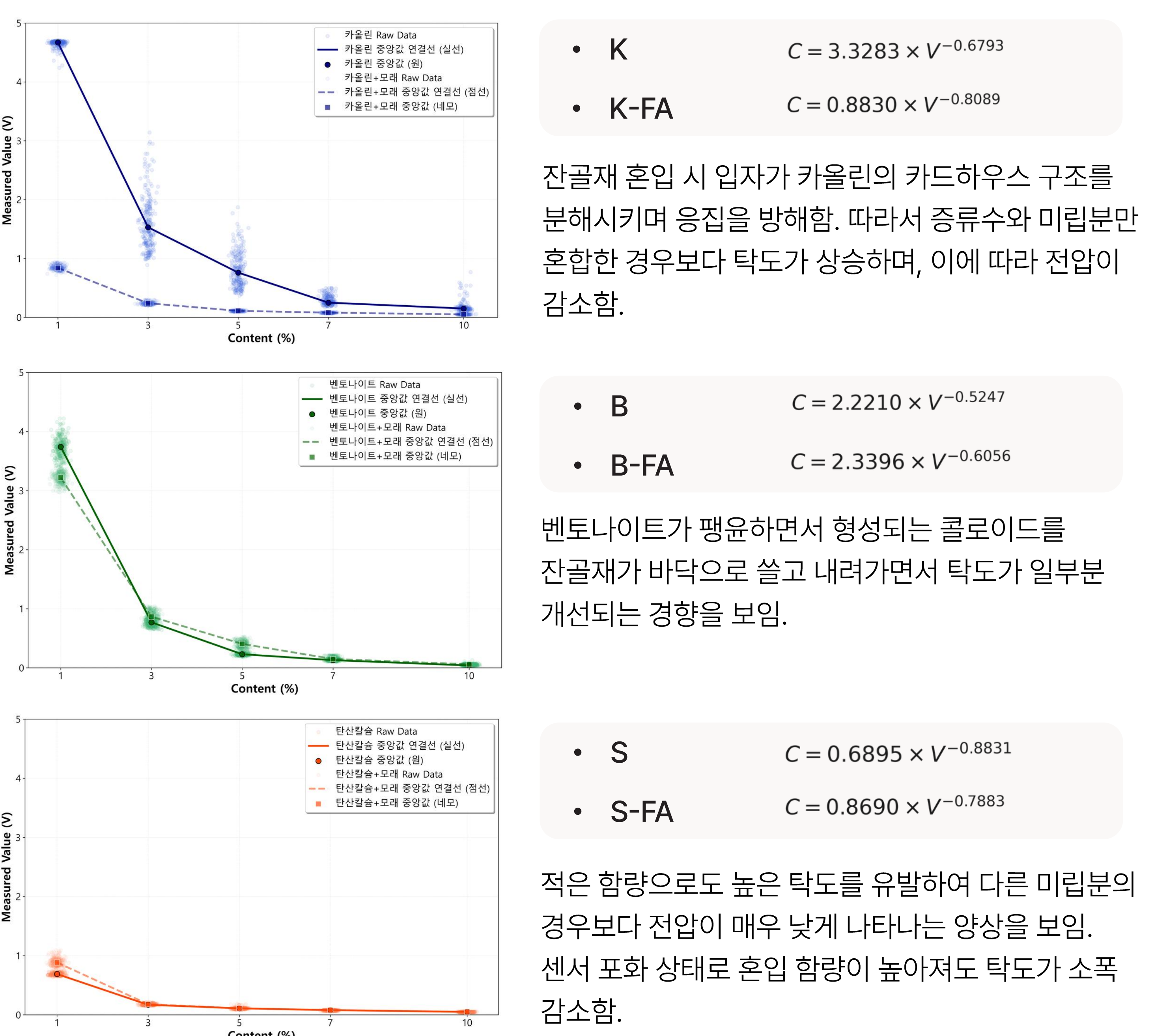


Experiment

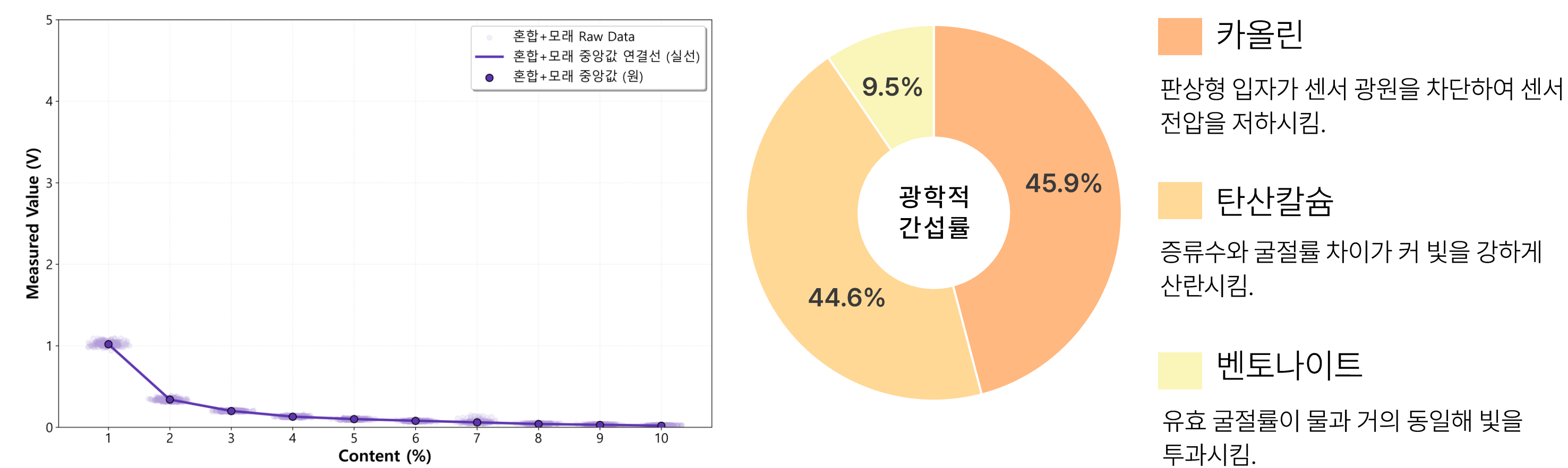


미립분+증류수 200g, 미립분+모래 100g+증류수 200g 총 2가지 경우의 실험을 미립분 별로 진행함. 각 실험에서 미립분 혼입량은 법적 기준치 비율을 고려하여 데이터를 가장 명확하게 볼 수 있는 5단계 중량을 선정하였고, 각 1g, 3g, 5g, 7g, 10g을 혼입하여 실험을 진행함.

Base Relationship



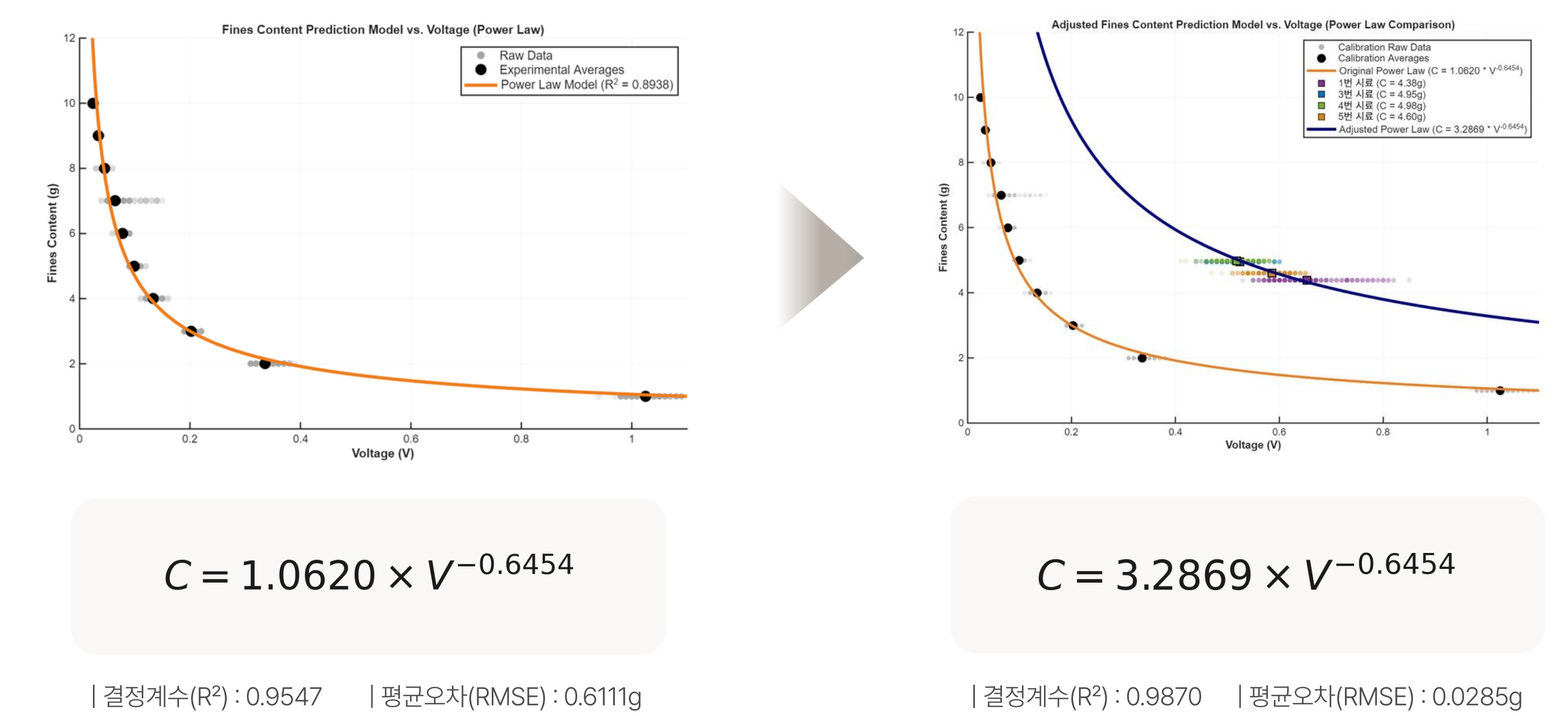
Calibration & Optimization



카울린 : 벤토나이트 : 탄산칼슘 = 1 : 1 : 1로 혼합하여 혼합 미립분을 만든 뒤 1g 단위로 혼입 함량을 늘려가며 탁도 전압값을 측정. 이후 2,500개의 데이터를 이용하여 탁도-미립분 관계식을 추출함.

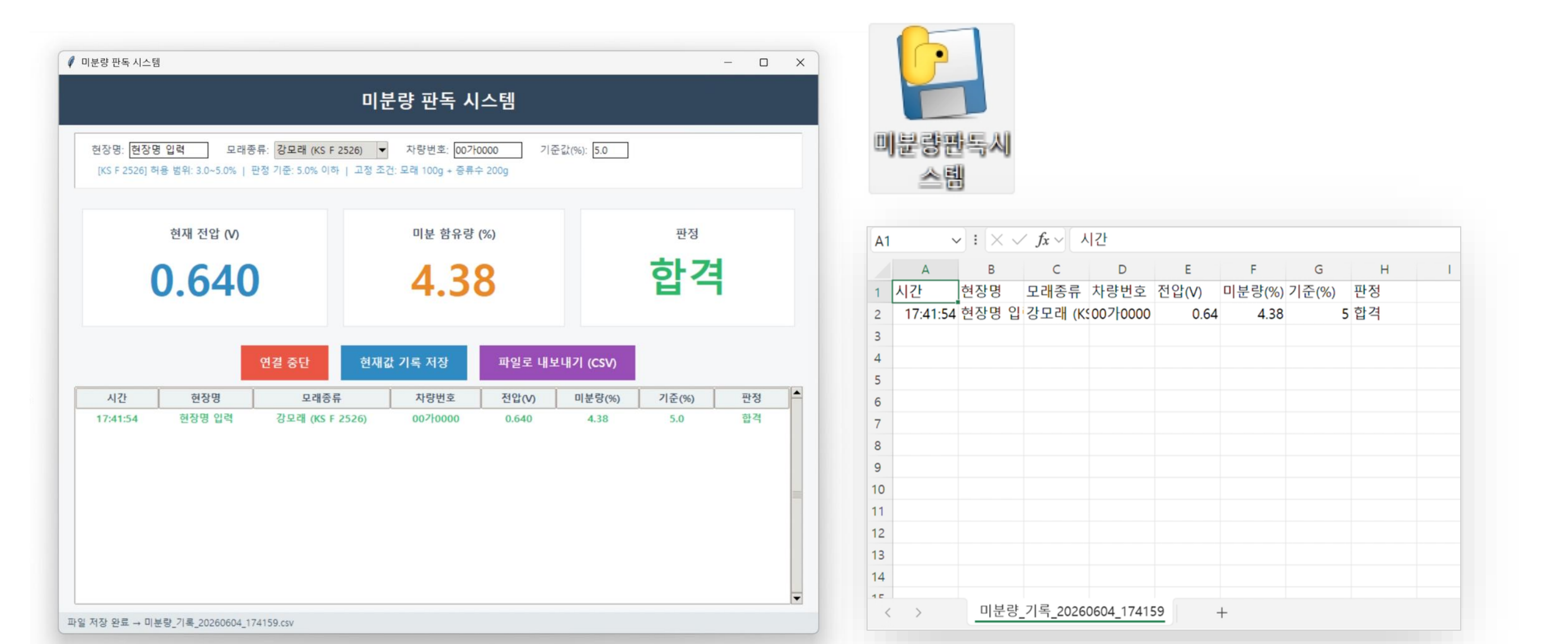
시료 번호	실험 평균 전압 (V)	거듭제곱 예측 미립분량 (g)	실제 미립분량 (g)	오차 (g)
1번	0.6522	1.40	4.38	+2.98
2번	0.5288	1.60	4.95	+3.35
3번	0.5237	1.61	4.98	+3.37
4번	0.5889	1.49	4.60	+3.11

추출한 관계식이 실제 상황에서도 유효한지 검증하기 위하여 미세척 강모래를 대상으로 탁도 측정 실험을 진행. 이후 기존 건조 시험법(KS F 2511)을 통해 미립분 실제 함량을 측정하여 비교함.



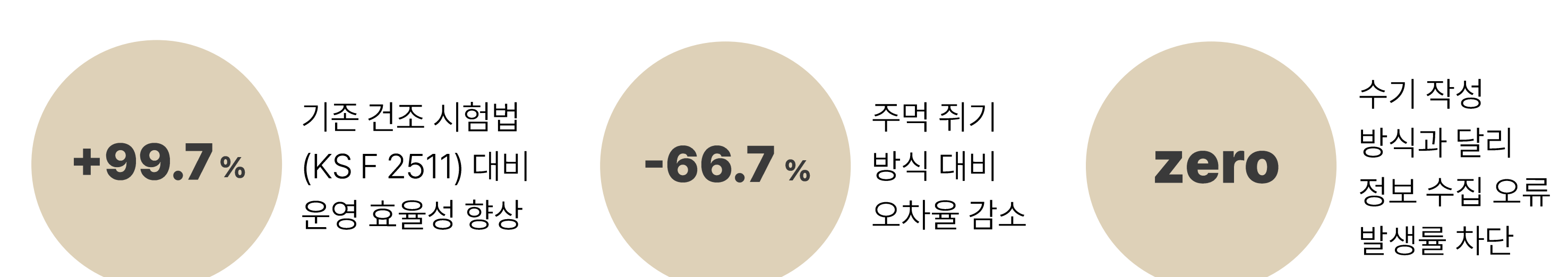
혼합 미립분 데이터로 만든 기본 수식에 검증 실험 데이터로 조정한 상수 배율 보정식을 도출.

Application



개발된 애플리케이션은 기본 정보 입력 후 계측을 시작하면 실시간 전압과 미립분 함유량, 합격 여부를 즉각 화면에 표시함. 측정 데이터는 하단 테이블에 기록되며, 엑셀로 내보내어 이력을 체계적으로 관리할 수 있음.

Conclusion



본 연구는 아두이노와 탁도 센서를 결합하여 기존 24시간 이상 소요되던 잔골재 미립분 시험법을 5분 이내로 단축하는 실시간 자동 판정 시스템을 구축함. 미립분 종류별 광학적 반응을 분석해 도출한 환산 수식을 바탕으로 애플리케이션을 통해 비숙련자도 현장에서 합ผล 판정 결과를 시각적으로 즉각 확인하게 함. 결과적으로 인적 오류를 차단하고 정량적 데이터 기반의 품질 관리를 실현함.