



PCB 제조공정 환경 데이터분석

유환호
이수정
호인성
황희

INDEX

1. 프로젝트 배경

- PCB 소개
- 문제 정의 및 주제 선정

2. 데이터 정제

- 데이터 설명
- 데이터 전처리
- 데이터 병합

3. 데이터 분석

- 노광공정 기기별 불량률 차이
- 이물질 관리기준 정의

4. 결론 및 문제점

- 결론
- 연구한계



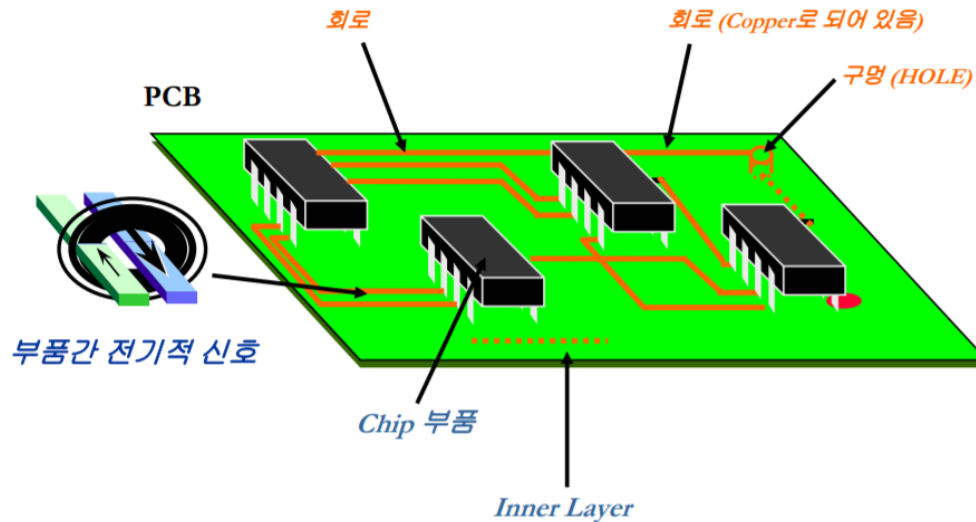
프로젝트 배경

1) PCB 소개

PCB란?

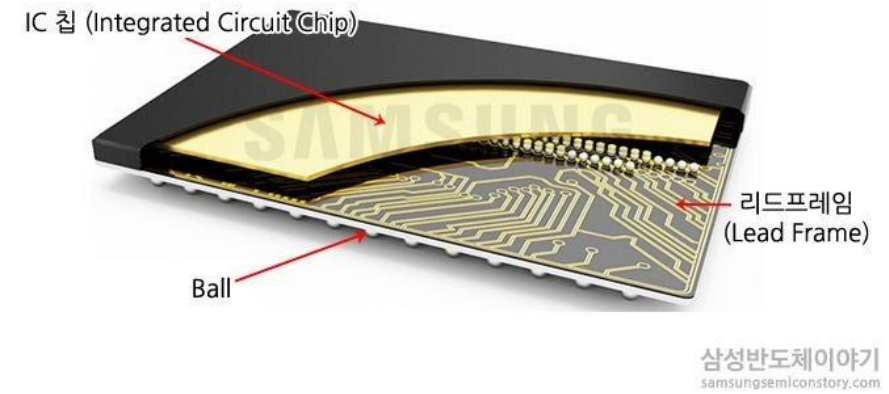
Printed Circuit Board

절연판 위와 그 내부에 회로를 형성하여 그 위에 탑재된 부품을 전기적으로 연결시켜 동작시키는 기판



용도

반도체 후공정(패키징 단계)에서 직접회로를 탑재될 기기에 적합한 형태로 연결하는 역할



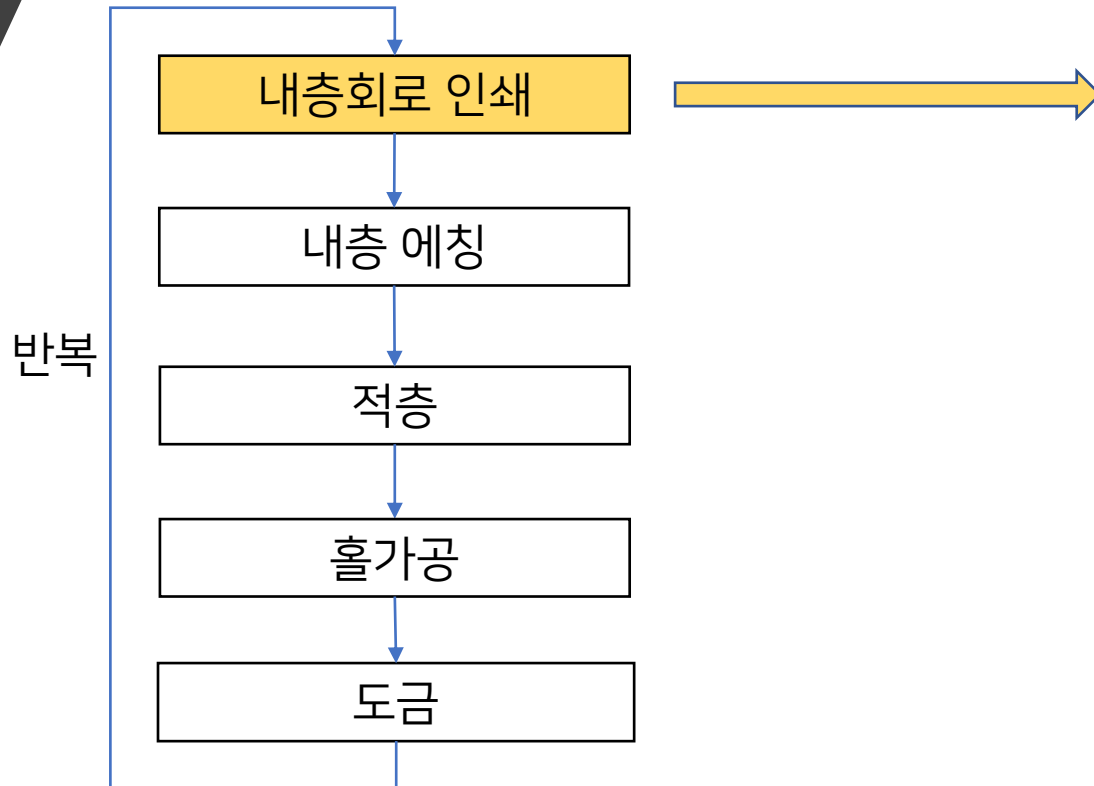
삼성반도체이야기
samsungsemiconstory.com



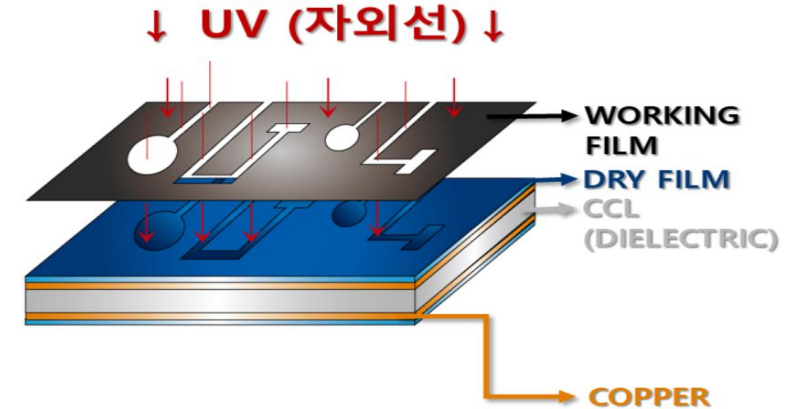
프로젝트 배경

1) PCB 소개

PCB 제조 공정



노광공정?



Dry film이 입혀진 동판(Copper) 위에
회로의 이미지를 형성하는 작업

Dry film은 노광 빛(UV자외선)에 노출되면 감광되는 특징이
있어 이를 활용해 회로가 될 곳은 빛에 노출시키고 공간이
될 곳은 빛을 차단하는 방법으로 상을 형성

미세회로 작업이기 때문에 **외부 환경요인을 통제**하고
빛에너지 노출의 일정한 강도와 시간의 유지가 중요

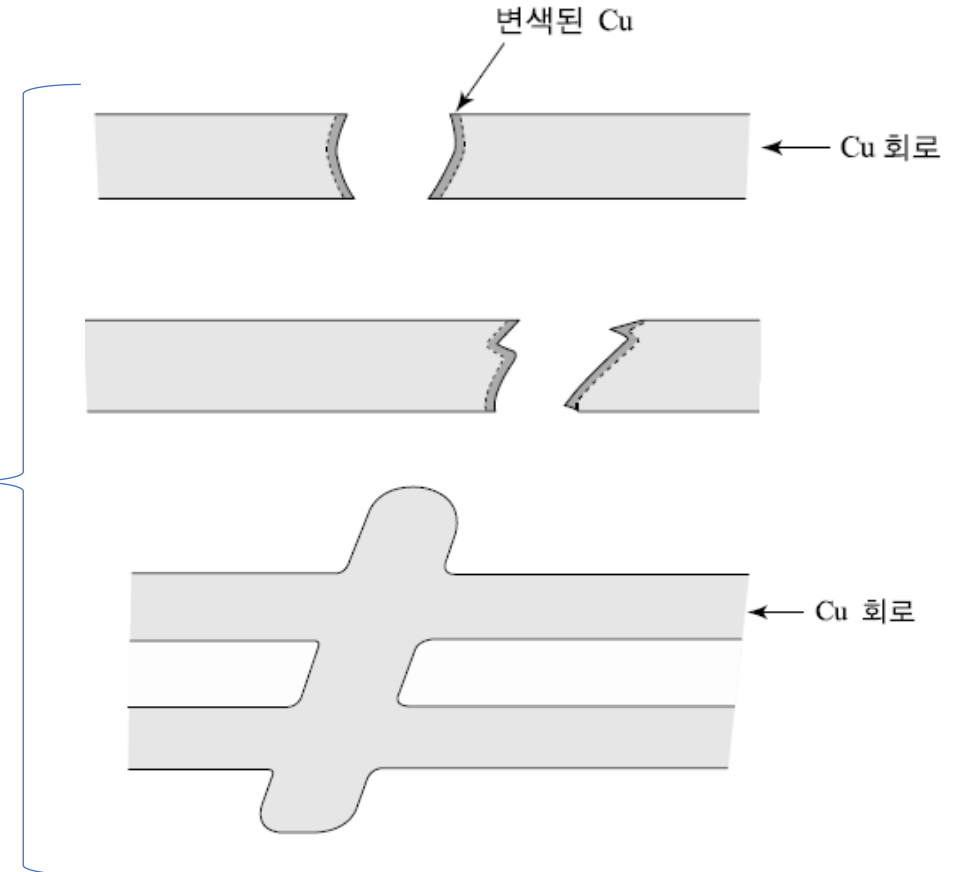
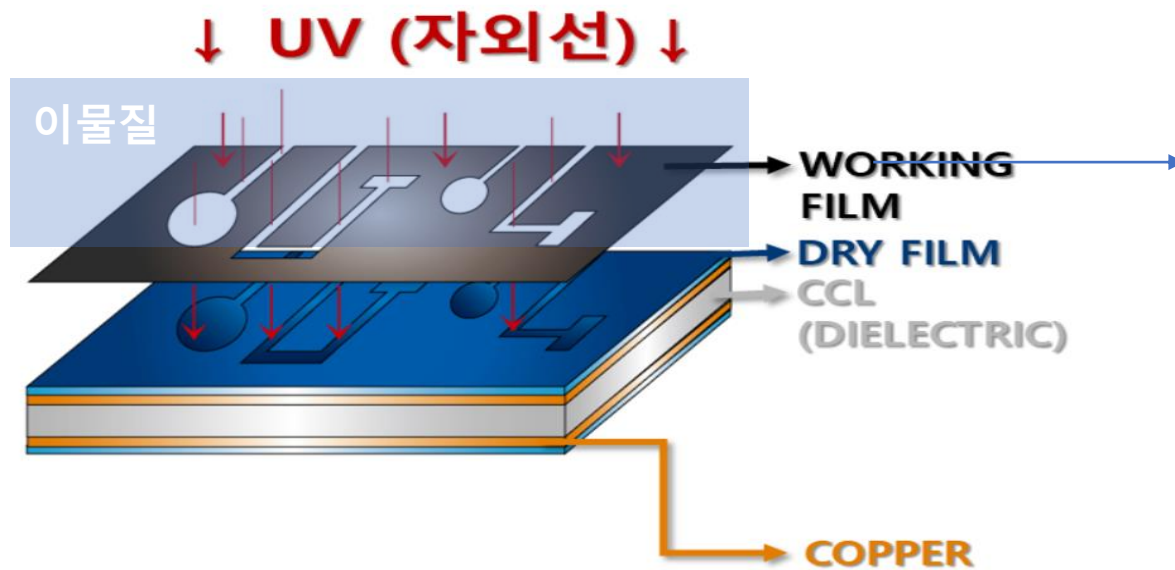


프로젝트 배경

1) PCB 소개

노광에서 발생하는 불량 유형 파악

1. 오픈: 회로 단선
2. 슬릿: 회로가 약간 잘려 나간 불량
3. 쇼트: 원치 않는 회로 간 전기적 연결





프로젝트 배경

2) 문제 정의 및 주제 선정

노광공정 기기별 불량률 차이

- 엔지니어분들의 도메인 지식에 의존한 관리 규정 검토
- 노광기기 별로 외부 환경 요인을 잘 통제하고 있을까?

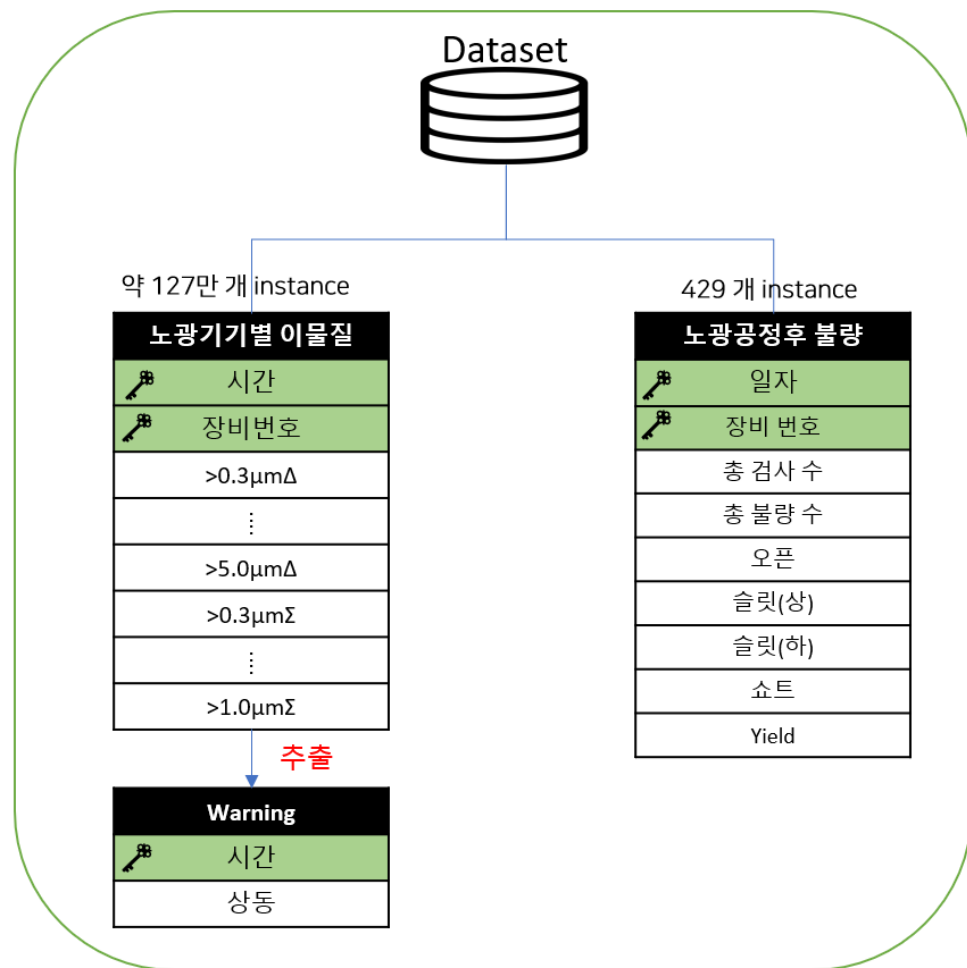
이물질 사이즈 관리기준 정의

- 이물질 사이즈와 불량률과의 관계 파악



데이터 정제

1) 데이터 설명



노광기기별 이물질 데이터 (예시 : 1호기)

장비번호	날짜시간(yyyymmddhhmmss)	>0.3 μ m Δ	>0.5 μ m Δ	>1.0 μ m Δ	>5.0 μ m Δ	>0.3 μ m Σ	>0.5 μ m Σ	>1.0 μ m Σ
노광1호기	2020-07-23 16:23:29	23	2	0	0	25	2	0
노광1호기	2020-07-23 16:23:30	21	7	0	0	28	7	0
노광1호기	2020-07-23 16:23:31	21	2	1	0	24	3	1
노광1호기	2020-07-23 16:23:32	22	6	0	0	28	6	0
노광1호기	2020-07-23 16:23:33	22	4	0	0	26	4	0

노광공정 후의 불량데이터

장비 번호	일자	총 검사 수	총 불량 수	오픈	슬릿(상)	슬릿(하)	쇼트	Yield(%)
노광1호기	2020-04-01	10368	65	1061	96	675	193	99.37
노광1호기	2020-04-04	39636	221	202	101	303	429	99.44
노광1호기	2020-04-22	10696	161	1028	93	654	467	98.49
노광1호기	2020-04-23	10752	160	651	0	1395	1953	98.51
노광1호기	2020-04-24	16128	285	434	372	434	992	98.23
노광1호기	2020-04-25	10752	298	2418	465	930	2883	97.23
노광1호기	2020-04-27	22032	405	817	182	227	1589	98.16
노광1호기	2020-04-28	5376	132	2232	1302	186	5022	97.54



데이터 정제

1) 데이터 설명

불량데이터

- 노광기별 공정 후 불량 발생

No.	필드명	데이터형	내용
1	일자	날짜	검사일자
2	장비번호	일련번호	노광기 4대에 대한 정보 (1,2,4,5호기)
3	총 검사 수	수치형	노광공정 후 검사한 제품 개수
4	총 불량 수	수치형	검사에서 발견된 모든 불량 수
5	오픈	수치형	여러 불량 유형 중 파티클에 민감한 유형1
6	슬릿(상)	수치형	여러 불량 유형 중 파티클에 민감한 유형2
7	슬릿(하)	수치형	여러 불량 유형 중 파티클에 민감한 유형3
8	쇼트	수치형	여러 불량 유형 중 파티클에 민감한 유형4
9	Yield	수치형	수율 = 1-불량률

Table Size: 429x10

EX)

일자	장비번호	총 검사 수	총 불량 수	오픈	슬릿(상)	슬릿(하)	쇼트	Yield
2020-04-01	1	10368	65	1061	96	675	193	99.37

환경데이터

- 노광기 호기별 이물질 측정

No.	필드명	데이터형	내용
1	Time	시간	단위 시간
2	장비번호	일련번호	장비 호기 표시
3	0.3 μ m Δ	수치형	개별 파티클 개수
⋮	⋮	⋮	⋮
6	5.0 μ m Δ	수치형	개별 파티클 개수
7	>0.3 μ m Σ	수치형	합산 파티클 개수
⋮	⋮	⋮	⋮
9	>1.0 μ m Σ	수치형	합산 파티클 개수

Table Size: 12710230x9

- Warning

No.	필드명	데이터형	내용
상동	상동	상동	상동

Table Size: 1423x9



데이터 정제

2) 데이터 전처리

불량데이터 조정

- 특정 4가지 요인에 의한 불량 검출 수 및 수율 컬럼 생성

Ex) 노광 1호기

단위 : ppm									
일자	총 검사수	총 불량수	오픈	슬릿(상)	슬릿(하)	쇼트	Yield(%)	이물질 관련 불량 수	Yield(%)
2020-04-01	10368	65	1061	96	675	193	99.37	20.9952	99.7975
2020-04-04	39636	221	202	101	303	429	99.44	41.02326	99.8965

ppm을 개수로 환산

$$\text{불량건수} = (\text{PPM 수치} \times \text{총 검사수량}) / 1,000,000$$

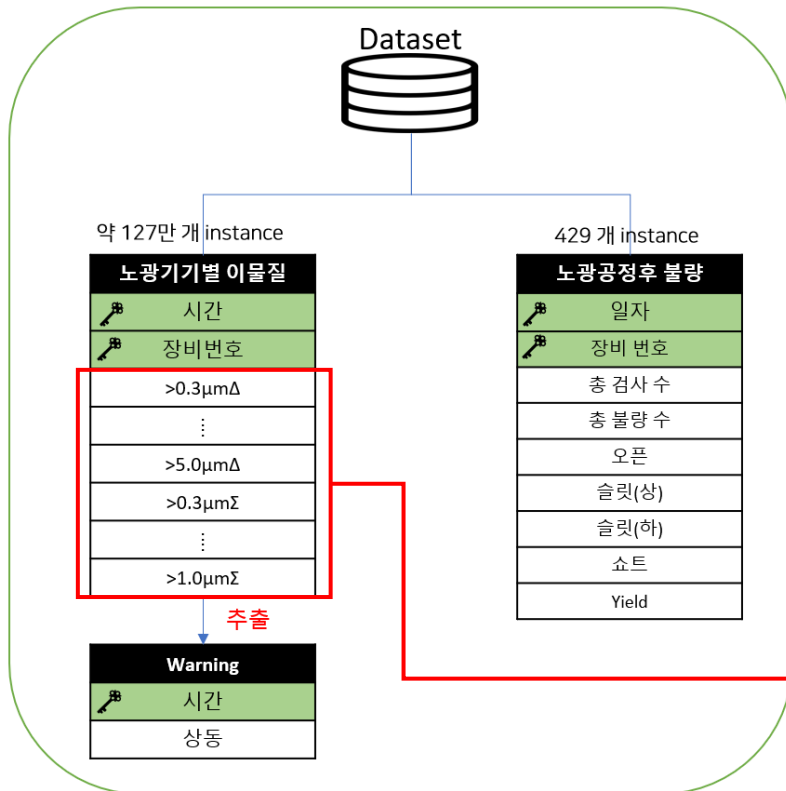


데이터 정제

3) 데이터 병합

환경데이터 시간 병합

- 각각의 환경데이터의 시간을 **일단위**로 병합 후 **통합 환경데이터 생성**
- record축소 효과



초 단위의 데이터를 일자단위로 병합

-> 여러 대표값을 추출

(Max, Min, Sum, Mean, Range, Skewness, Kurtosis)



병합 데이터

병합 전

- 약 3개월 (단위 초)
- 데이터 : 127만개



병합 후

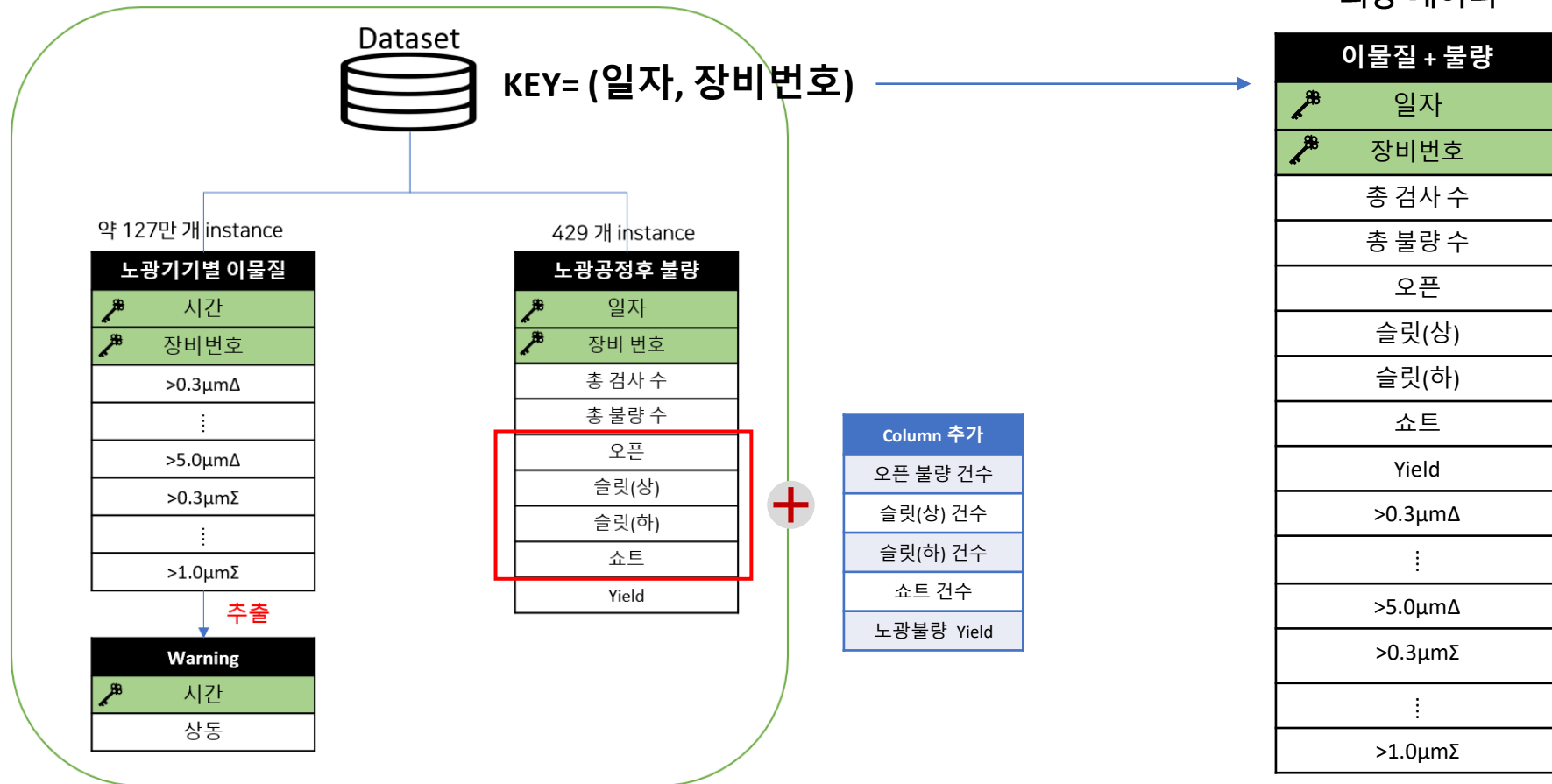
- 약 3개월 (단위 일)
- 데이터 : 412개



데이터 정제

3) 데이터 병합

환경데이터 시간 병합





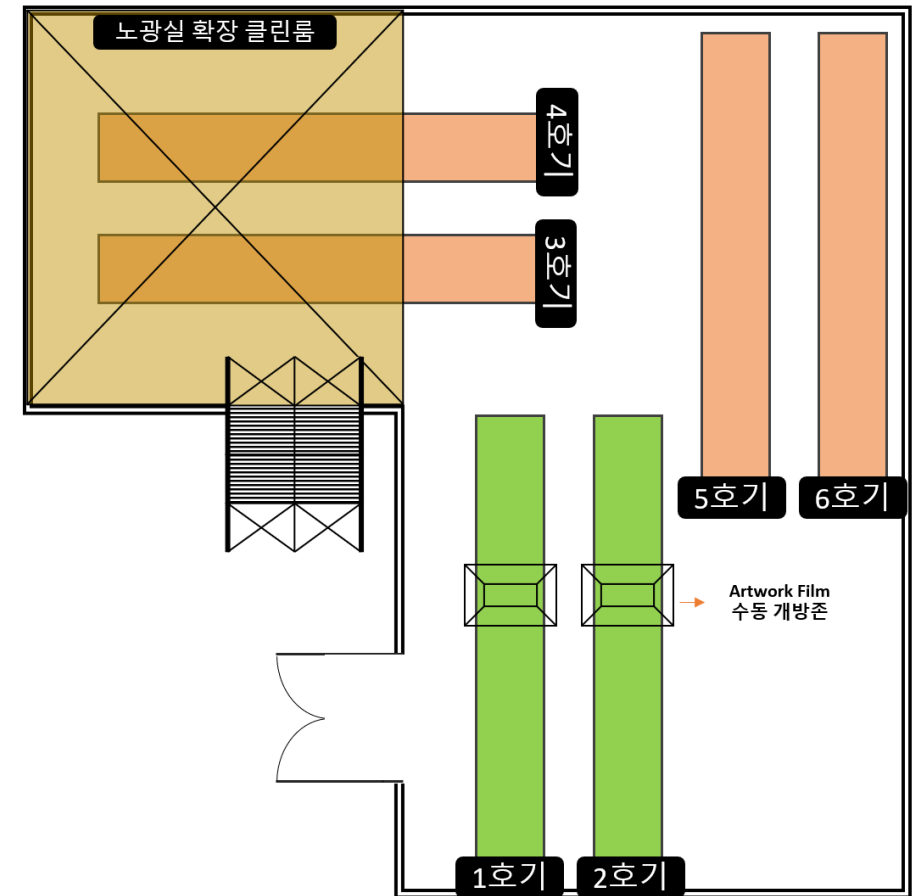
데이터 분석

1) 노광공정 기기별 불량률 차이

노광기기별 특징

1. 수동 아날로그, 자동 디지털 방식의 차이
 - 1,2호기: 아날로그
 - 4,5호기: 디지털
2. 연식의 차이
 - 4호기: 연식 5년
 - 5호기: 연식 2년
3. 출입문과 장비 거리
 - 1,2호기: 통로 앞

<노광실 도면>





데이터 분석

1) 노광공정 기기별 불량률 차이

노광호기별 모부적합품률의 차이 검정

✓ 디지털 기기와 아날로그 기기 간 불량률의 차이가 있는지 통계적으로 검정

- 1,2호기(아날로그) / 4,5호기(디지털)
- 아날로그 방식은 사람이 직접 기기 개폐 후 Dry film 부착

✓ 1호기와 2호기 간 모부적합품률에 차이가 존재하는지 검정

- 상대적으로 출입문과 가까운 아날로그 기기의 부적합품률이 실제로 높은지 검정

✓ 디지털 기기의 연식 차이가 불량률과 관련이 있는지 검정

- 4호기(5년) 5호기(2년)



데이터 분석

1) 노광공정 기기별 불량률 차이

노광호기별 모부적합품률의 차이 검정

1. 이항분포의 정규분포 근사 조건 :

$nP_0 \geq 5$ 이고, $n(1 - P_0) \geq 5$ 일때, 혹은 샘플의 수 n 이 매우 클 때

2. 가설 설정

$H_0 : P_A \geq P_B$ (집단 A의 모부적합품률보다 집단 B의 모부적합품률이 크다)

$H_1 : P_A < P_B$ (집단 A의 모부적합품률보다 집단 B의 모부적합품률이 작다)

P_A : 집단 A의 모부적합품률

P_B : 집단 B의 모부적합품률

3. 검정통계량 계산

$$u_0 = \frac{\hat{p}_A - \hat{p}_B}{\sqrt{\hat{p}(1 - \hat{p})\left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right)}}$$

x_A = A집단의 부적합품 수

n_A = A집단의 총 검사 수량

x_B = B집단의 부적합품 수

n_B = B집단의 총 검사 수량

$$\hat{p}_A = \frac{x_A}{n_A}$$

$$\hat{p}_B = \frac{x_B}{n_B}$$

$$\hat{p} = \frac{x_A + x_B}{n_A + n_B}$$



데이터 분석

1) 노광공정 기기별 불량률 차이

노광호기별 모부적합품률의 차이 검정

4. 기각역 설정

$$u_0 < -u_{1-\alpha} \quad \text{ex) 유의수준 } \alpha = 0.05 \text{이면} \quad u_0 < -1.645$$

5. 판정

ex) 유의수준 $\alpha = 0.05$ 이고, 검정통계량이 -4.2882 인 경우

$$u_0 = -4.28823 < -1.645 \quad \therefore \text{귀무가설}(H_0) \text{ 기각, 대립가설}(H_1) \text{ 채택}$$

결론 : 집단 A의 모부적합품률은 집단B의 모부적합품률보다 작다고 할 수 있다.



데이터 분석

1) 노광공정 기기별 불량률 차이

노광호기별 모부적합품률의 차이 검정 결과

구분		아날로그 vs 디지털	1호기 vs 2호기	4호기 vs 5호기
검정통계량		-10.503996	-4.28823	-10.40706
검정 결과		디지털기기의 모부적합품률이 더 크다	2호기의 모부적합품률이 더 크다	5호기의 모부적합품률이 더 크다
노광호기별	오픈	<	<	<
		-14.70788	-4.38562	-7.77205
	슬릿(상)	>	>	<
		3.79329	6.535939	-6.715724
	슬릿(하)	<	<	=
		-9.9696	-7.943023	0.764496
	쇼트	>	=	<
		3.174542	-0.22536	-7.30648



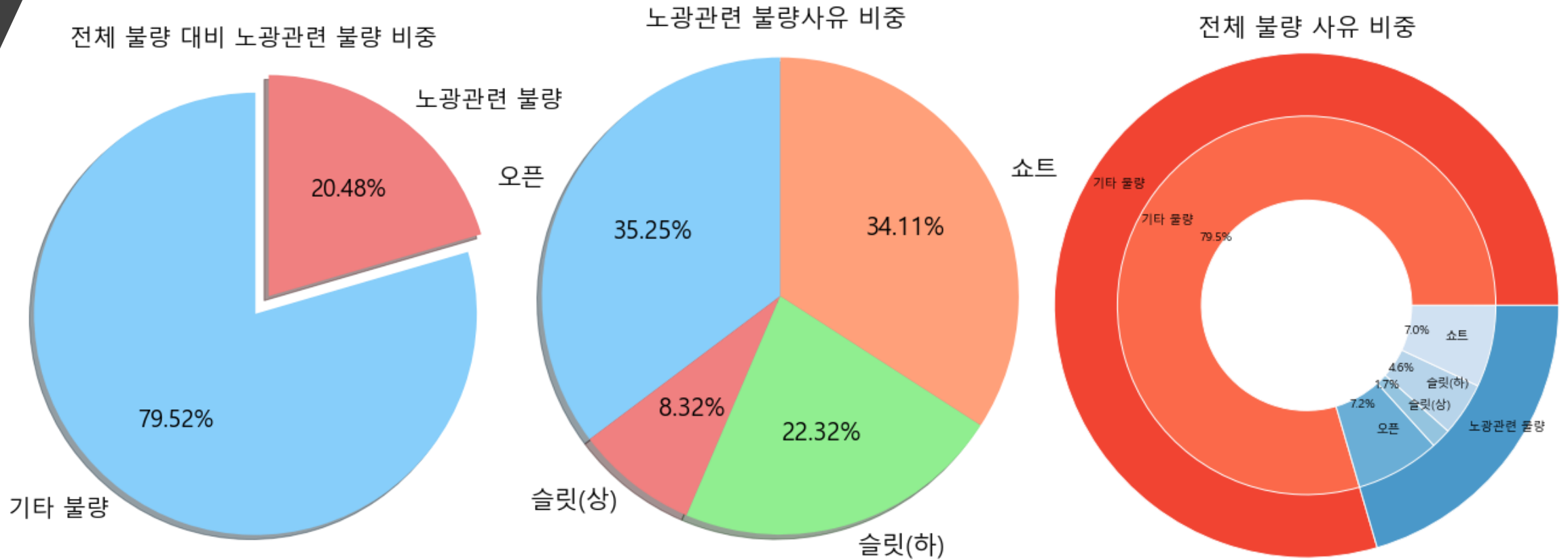
- ✓ 기기 작동방식에 따라 모부적합품률의 유의미한 차이가 있음
- ✓ 1호기와 2호기 간 모부적합품률의 차이가 있음
- ✓ 기기의 연식이 오래 됨에 따라 부적합품률이 증가한다고 볼 수 없음



데이터 분석

2) 이물질 사이즈 관리기준 정의

불량 데이터 사유별 비중



* 불량건수 = (PPM 수치 X 총 검사수량) / 1,000,000



데이터 분석

2) 이물질 사이즈 관리기준 정의

환경데이터와 불량데이터 간 동일성 검정

- Mann-whitney U test (비모수 검정)

정규성을 만족하지 않는 두 데이터의 분포에 대해 두 집단의 차이를 분석하는 방법
두 그룹의 자료를 혼합한 뒤 순위를 매기고 (동점인 경우 평균 사용), 그것의 통계적 차이가 유의한지를 파악한다

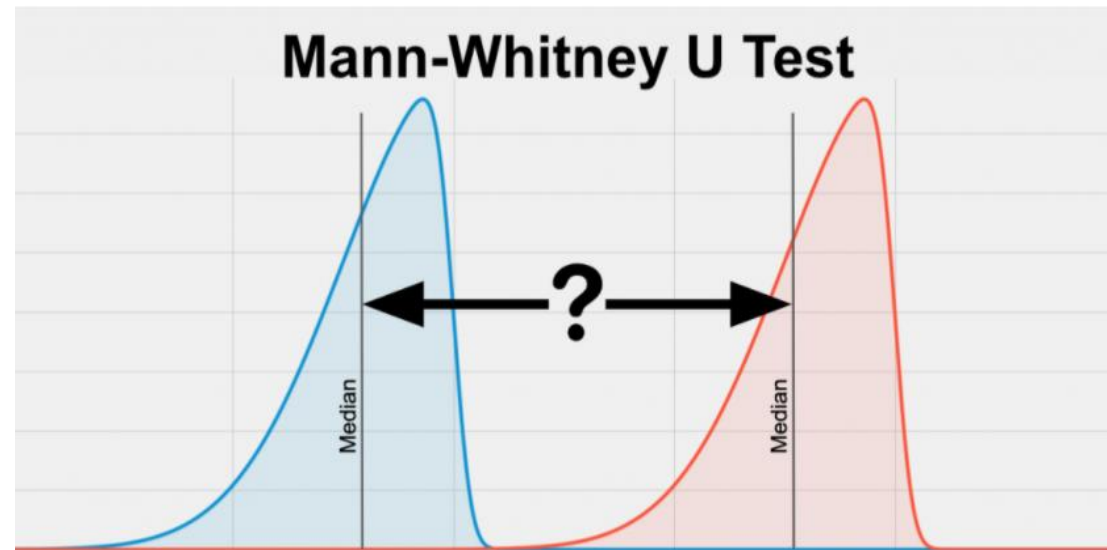
• 특징

1. 치우친 분포에도 사용이 가능함
2. 가정이 필요 없음 (표준편차, 평균 상관X)

가설

H_0 : 두 집단의 분포는 동일하다

H_1 : 두 집단의 분포는 동일하지 않다



통계량

$$W = \sum_{j=1}^n R_j$$

$$U = W - \frac{n(n+1)}{2}$$

두 모집단의 혼합표본

$\{ X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_m, Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_n \}$

에서 Y_j 의 순위

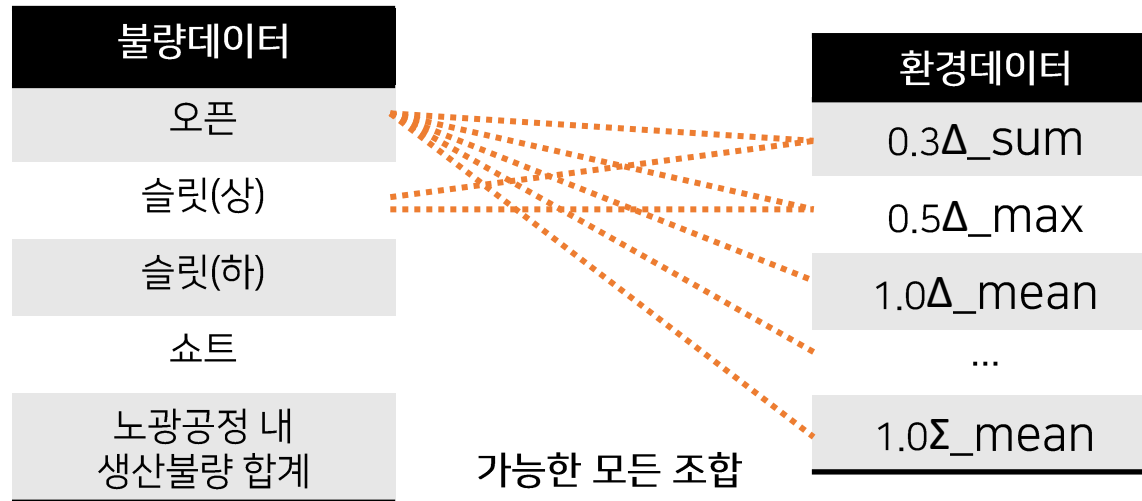


데이터 분석

2) 이물질 사이즈 관리기준 정의

환경데이터와 불량데이터 간 동일성 검정

두 데이터 분포의 동일성을
Mann-whitney U test를 통해 검정



Mann-whitney U test



데이터 분석

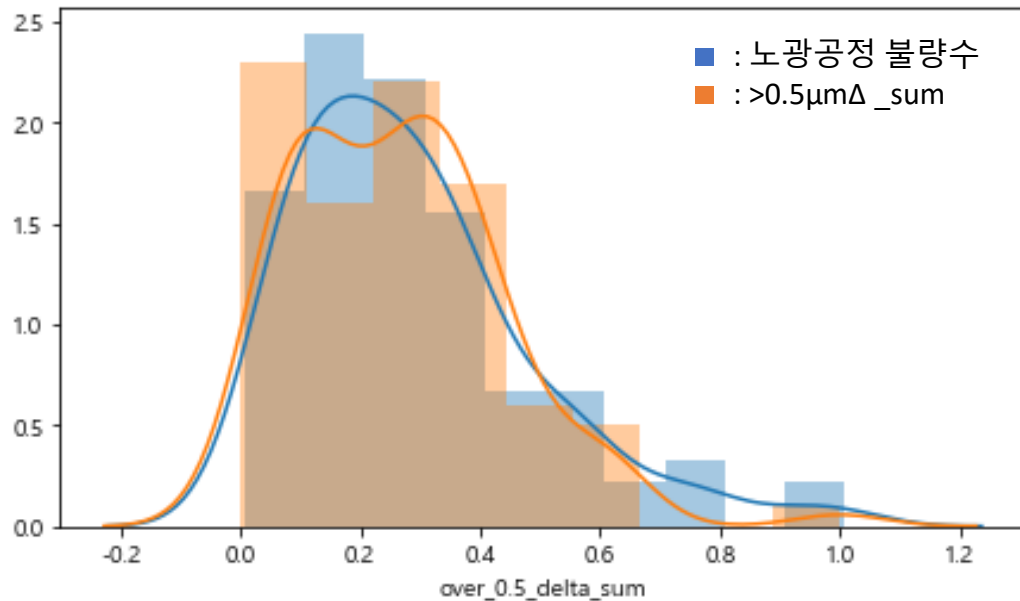
2) 이물질 사이즈 관리기준 정의

노광기 : 노광기 전체

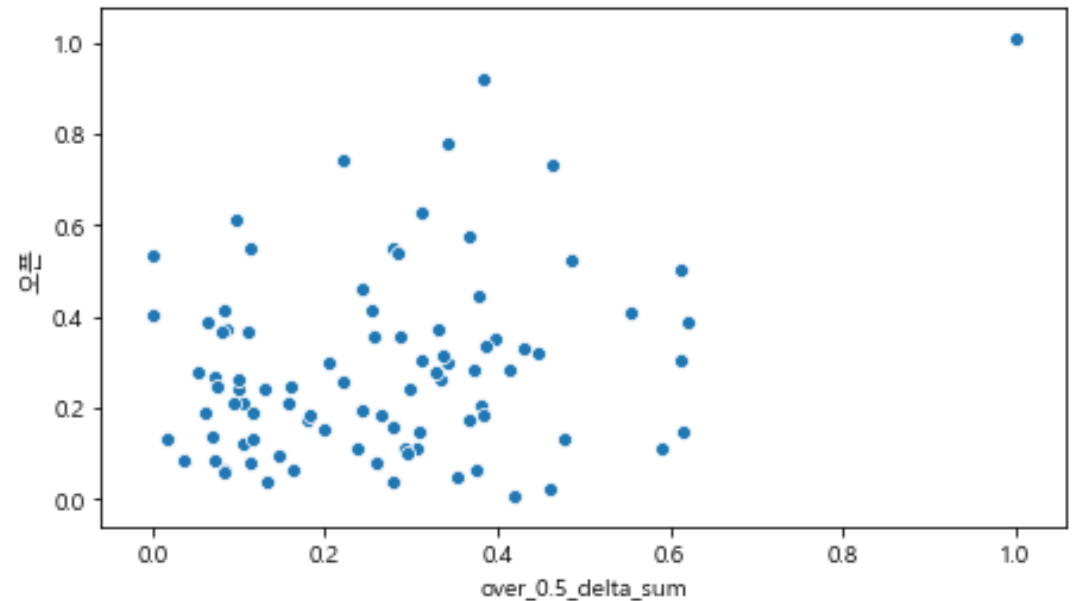
불량데이터 column : 노광공정 내 불량 수

환경데이터 column : $> 0.5\mu\text{m}\Delta_{\text{sum}}$ (일별 합계)

분포 동일성 통계량 : 45961.5, pvalue=0.33027



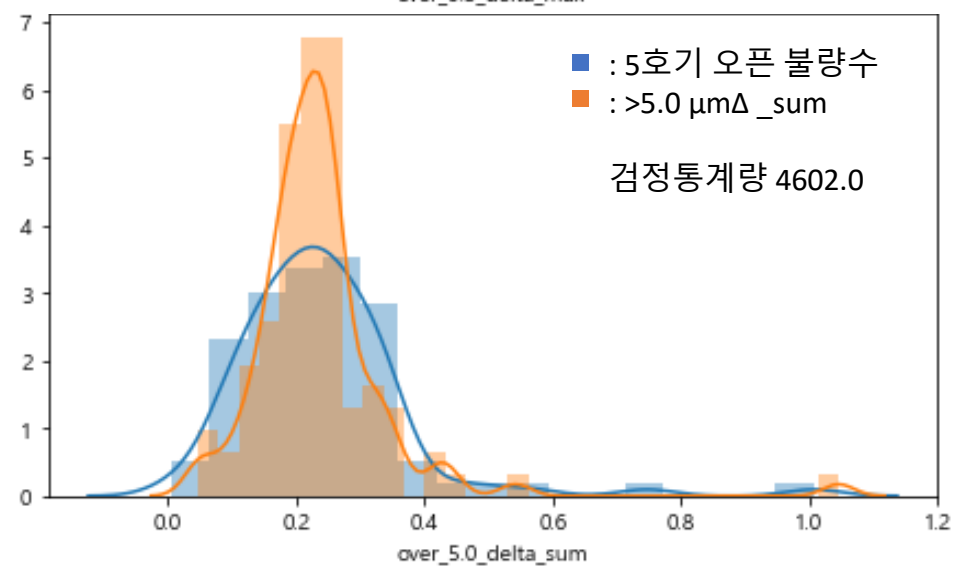
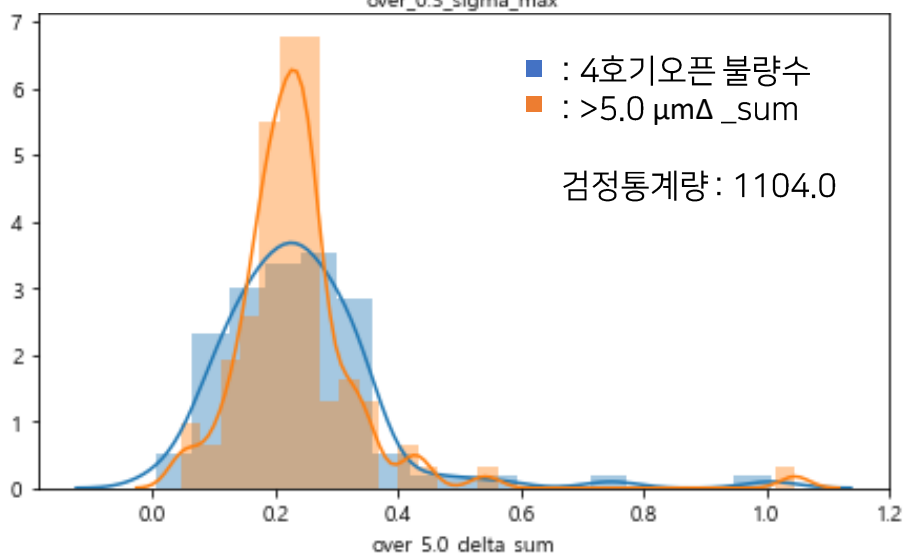
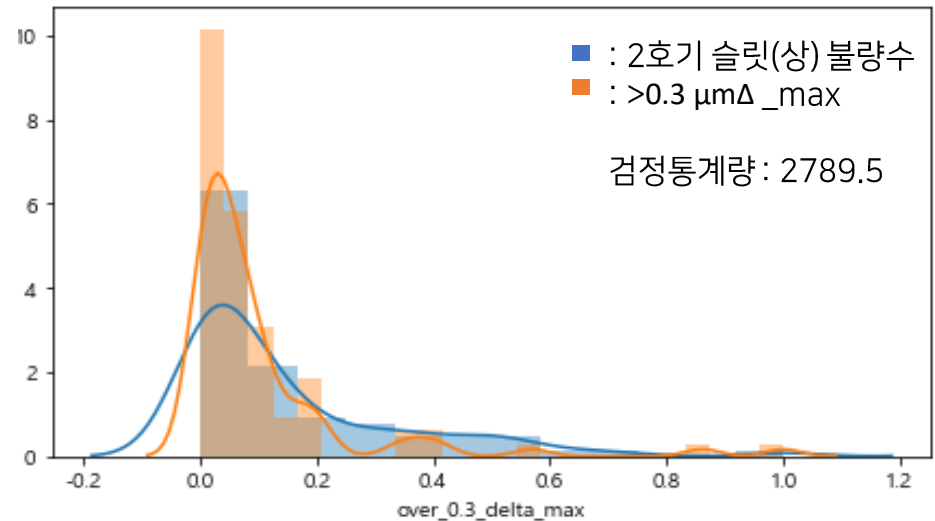
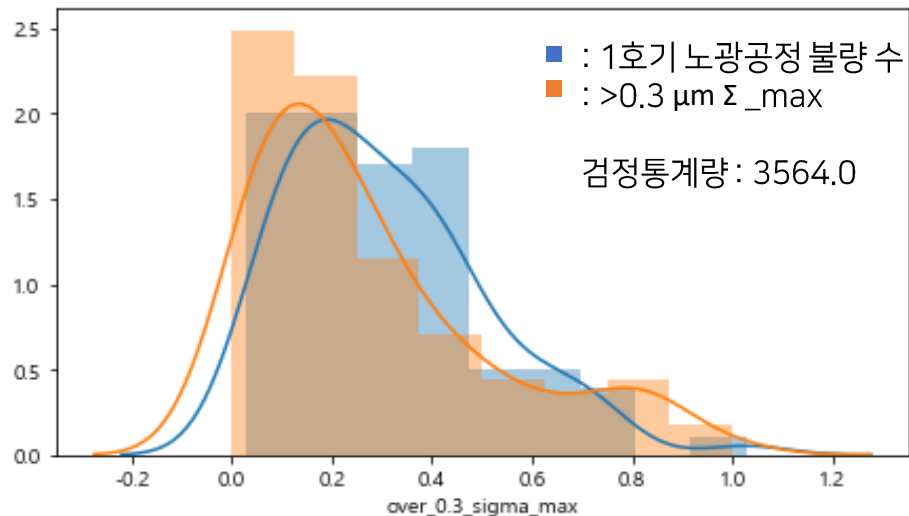
Pearson's corr : 0.29349





데이터 분석

2) 이물질 사이즈 관리기준 정의





결론

노광기별 관리기준 데이터

노광기 번호	불량데이터	환경데이터	유의한 변수 개수
1	노광공정 내 불량 수	$> 0.3\mu\text{m } \Delta_{\text{max}}$ (일별 최대값), ...	25
2	노광공정 내 슬릿(상)불량 수	$> 0.3\mu\text{m } \Delta_{\text{max}}$ (일별 최대값), ...	8
4	노광공정 내 불량 수	$> 1.0\mu\text{m } \Delta_{\text{max}}$ (일별 최대값), ...	7
5	노광공정 내 오픈불량 수	$> 5.0\mu\text{m } \Delta_{\text{sum}}$ (일별 합계), ...	12
전체	노광공정 내 불량 수	$> 0.3\mu\text{m } \Delta_{\text{max}}$ (일별 최대값), ...	18

$0.3\mu\text{m } \Delta_{\text{max}}$ (일별 최대값)가 분포 유사도 가장 많이 확인

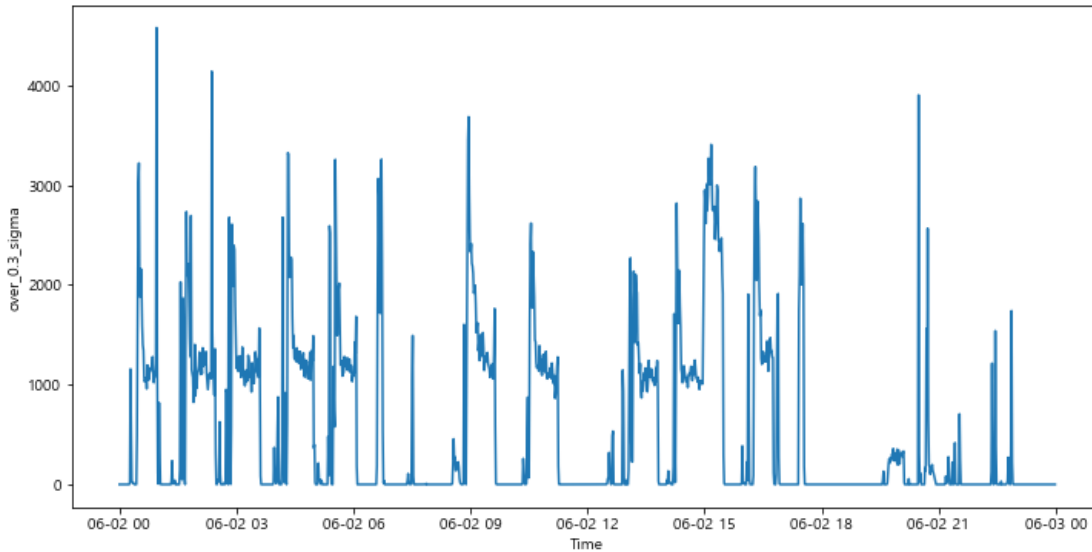


연구 한계

데이터 수집 조건 세분화가 필요

ex) 2020.06.02의 0.3σ 데이터

데이터 수 : 89000



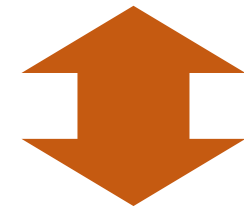
요약



데이터 수 : 1

날짜	2020.06.02
Sum	148100
Mean	1422
Max	4881
...	...

Column # : 7



비교

노광기 내 생산 불량 수량
(2020.06.02)

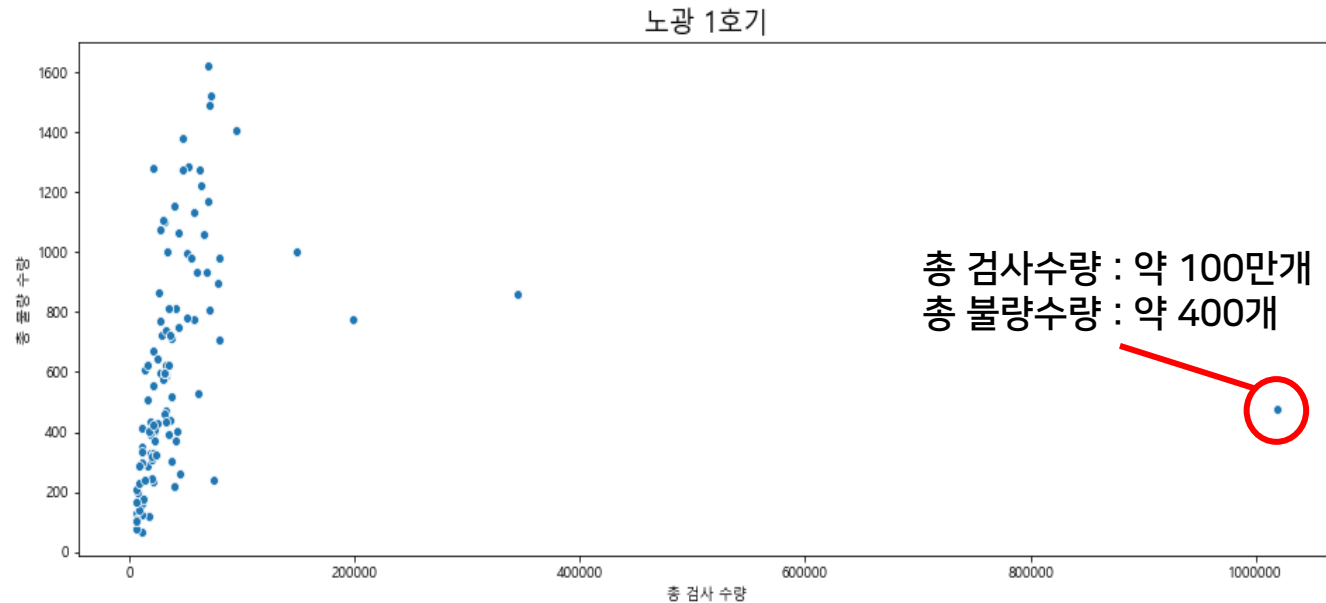
63.03024

불량 데이터의 시간기준을 세분화할 필요가 있다



연구 한계

데이터 수집 조건 세분화가 필요



문의결과 이상값이 아님

제품별로 검사 PCS수가 다른데,
제품별 검사, 불량 구분은 되어있지 않음

불량 데이터를 제품별로 구분할 필요가 있다



방법론 검토

이물질 데이터 개수 선정 방식

정리

X = 이물질 사이즈별 대표값

Y = 슬릿(상)에 대한 등급

- PASS: 50% 이하 / ERROR: 50% 이상
- 중앙값: 9.49개

1. Grid Search -> Dept: 3
 2. 훈련 데이터 정확도: 76.38%
 3. 검증 데이터 정확도: 66%
- 차이: 10.38%

- 한계
:입력 데이터의 정밀도만큼 관리 기준 모델 정확도를 개선할 수 있음

