

# 중성미자 물리 실험과 센서 데이터 분석

---

삼성전자 설비研  
이현기

2024. 12. 18.

# I. 수상 관련 실적 소개

## (2020년 뉴시스 보도 기사, 직무 유관 내용만 갈무리)

장비 유지 보수·데이터 수집 등을 이유로 제자들을 2주마다 교대로 지방에 보내 24시간 대기 근무  
24시간 대기근무자는 현지 실험실에서 일어나는 모든 문제사항들을 파악 및 해결해야 하는 책임을 갖고 있으며,  
새벽에 문제가 발생하더라도 즉각 문제를 해결

- ➔ 학위과정에서, 인내심을 가지고 설비 및 데이터를 관리하고 분석.
- ➔ 설비 및 데이터 관리에서 기여를 인정.

## (2024년 한국물리학회 수상자, 상금 200만원)

이현기

중성미자 실험의 전문가로 한국 RENO실험의 성공적인 수행에 있어서 중요한 기여를 하였고, 제1저자 또는 주저자로  
서 여러 편의 연구 논문을 게재

➔ 관련 내용이 반도체 산업이 어떻게 연결될까?

## II. 반도체 산업에서 센서 데이터 분석이 필요한 이유.

### "1%만 개선해도 조 단위 매출 ↑...AI로 반도체 수율 높인다" [강경주의 IT카페]



AI 분석으로 웨이퍼 표면 미세 결함 식별  
공정의 다양한 변수 AI로 학습시킨 다음  
실시간 모니터링을 통해 최적화

- ➔ 기사에 다소 과장이 있지만, 완전히 거짓은 아니다.
- ➔ **칩을 많이 팔기 위해, 설비 데이터를 분석하고 알고리즘 연구 할 누군가 필요.**

램리서치 로봇 '덱스트로'가 수율 개선을 위한 공정 최적화 작업을 하고 있다. / 사진=램리서치

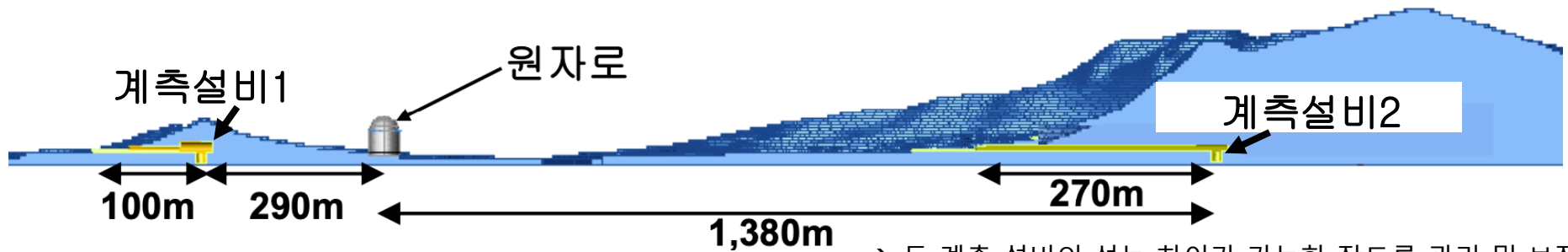
- ➔ 반도체 설비에 달려 있는 센서 갯수: ~수백 개.
- ➔ **유사설비: 중성미자 검출기.**
- ➔ 불행히도, 반도체 설비 데이터 분석을 전공한 사람은 드물다. (보안문제)
- ➔ **유사전공: 입자물리 실험 전공.**

### Ⅲ. 수상 관련 전문 분야 소개

- 전공: 물리학 (계측 설비를 통한 데이터 분석)
  - 전문분야: 설비 및 데이터 관리, 분석 및 딥 러닝 적용.
- 

#### [전문분야1]: 설비 및 데이터 관리

- 감마선 계측 설비 (RENO)의 데이터 관리 책임자 (2019-2022).
- Linux shell 기반 데이터 처리 파이프라인 (~수 TB/일) 관리 및 설비 모니터링.
- 통계 오차 감소를 위해 24시간 설비 가동 (하루 100여 개의 Rare Events 발생).
- 얻어낸 데이터를 분석해서, (다음 슬라이드)



→ 두 계측 설비의 성능 차이가 가능한 작도록 관리 및 보정.

### Ⅲ. 수상 관련 전문 분야 소개

#### [전문분야2]: 설비의 가동시간 단축을 위한, 사건의 분류 알고리즘 오차 개선.

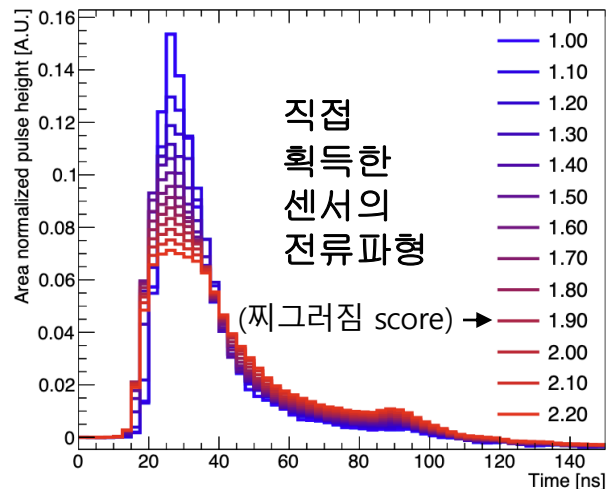
- 설비에서 계측된 사건(Li/He)의 **Classification** 알고리즘 개선 (오차 50% -> 10%).
- 기존의 Correlation 기반 간접 분류 방식에서, 에너지 feature 기반 **직접 분류 방식**으로 개선.
- 계측 오차 개선 → 동일 조건에서 설비 가동시간 단축에 기여 → 박사학위 취득 (IF:5, 1저자).

#### [전문분야3]: 센서의 이상동작 진단 및 예측을 위한, 딥 러닝 기반 방법론 개발.

센서의 전류 파형에 딥 러닝을 적용하여, 센서의 비정상 동작 진단 및 예측 → (IF:8, 1저자).

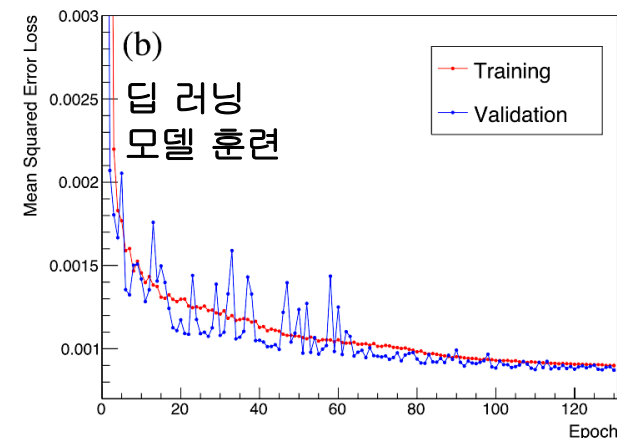
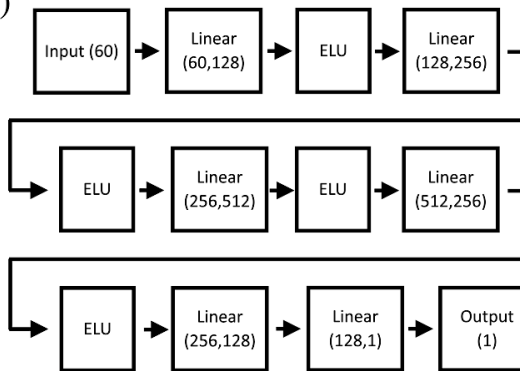
- 문제 발굴, 데이터 획득, 전 처리, 딥러닝 구현, 평가 등 과정을 진행.

H.-G. Lee et al.



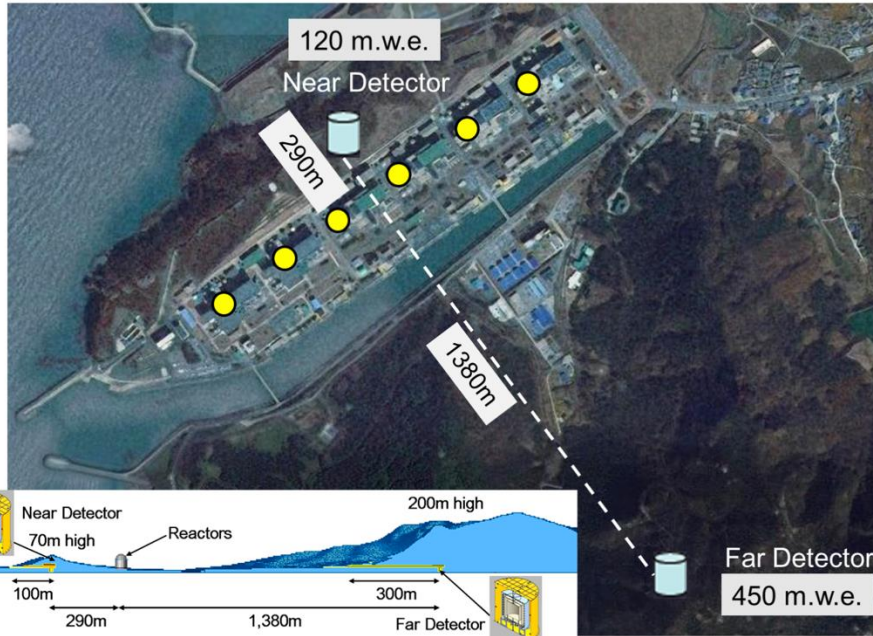
PTEP 2023, 053C01

(a) 딥 러닝 모델 구축



# IV. RENO VS FAB

RENO site



← 2009년..

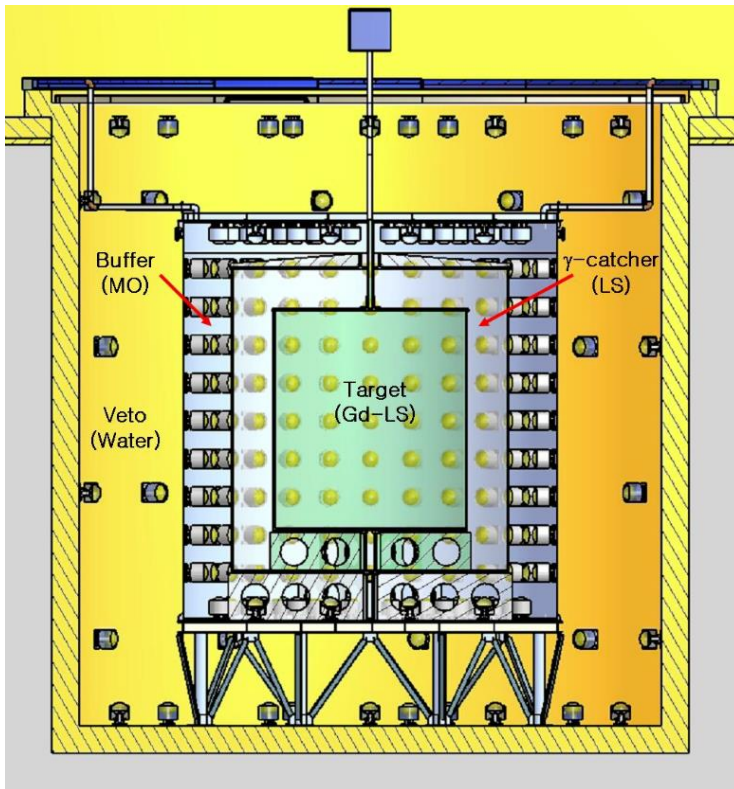
FAB site



← 2022년..

## IV. RENO VS FAB

RENO 검출기



- 1) 동일한 검출기 2대.
- 2) 동일하지 않은 검출기 없음.
- 3) 연구자가 직접 설비 구축.

FAB 설비



... 등 다양한 설비.

- 1) 동일한 설비 다수.
- 2) 동일하지 않은 설비 다수.  
(Photo, Etch, Metal, CMP, Clean..등)
- 3) 설비사가 대신 설비 구축.

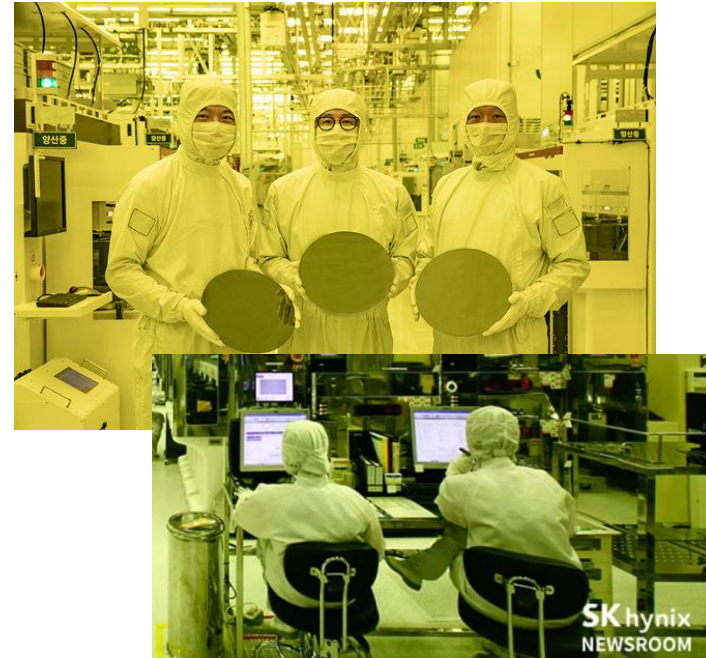
## IV. RENO VS FAB

### RENO 검출기 현장 담당자



- 1) 검출기가 고장나면 출동.  
(예시1: 데이터 파이프라인 끊김)  
(예시2: 검출기 에러 발생)
- 2) 검출기 근처 컨트롤룸.

### FAB 설비 엔지니어



- 1) 설비가 고장나면 출동.  
(예시1: 데이터 파이프라인 끊김)  
(예시2: 설비 에러 발생)
- 2) 설비 근처 컨트롤룸.

## IV. RENO VS FAB

### RENO 검출기 센서



- 1) 센서 수 ~450개.
- 2) 동일 센서 (PMT).
- 3) 고속(ns) data 수집.
- 4) 검출기 로그 정보 수집.

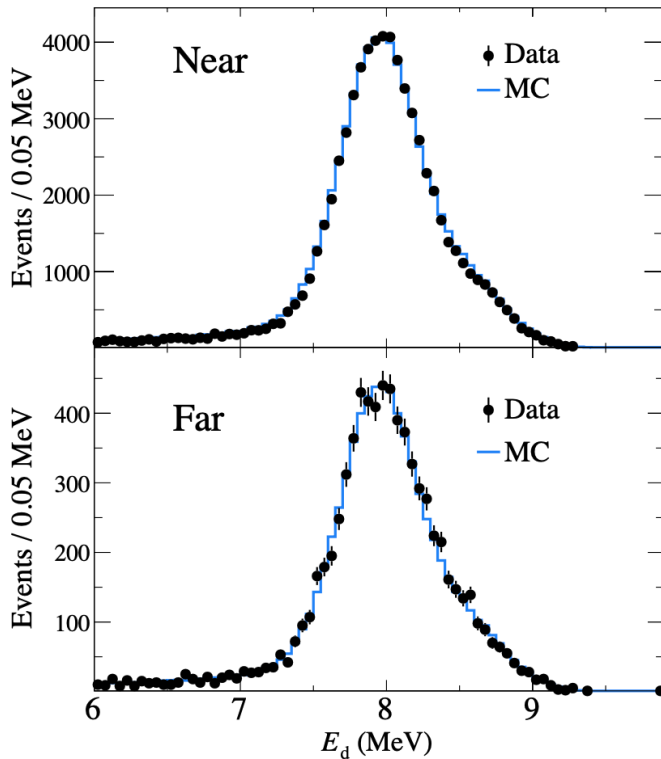
### FAB 설비 센서



- 1) (Etch 경우) chamber 내부센서 ~수백 개.
- 2) 다른 센서 (분광기, 전압, 온도, 압력 등..)
- 3) (Etch 경우) 비교적 저속 data 수집.
- 4) 설비 로그 정보 수집.

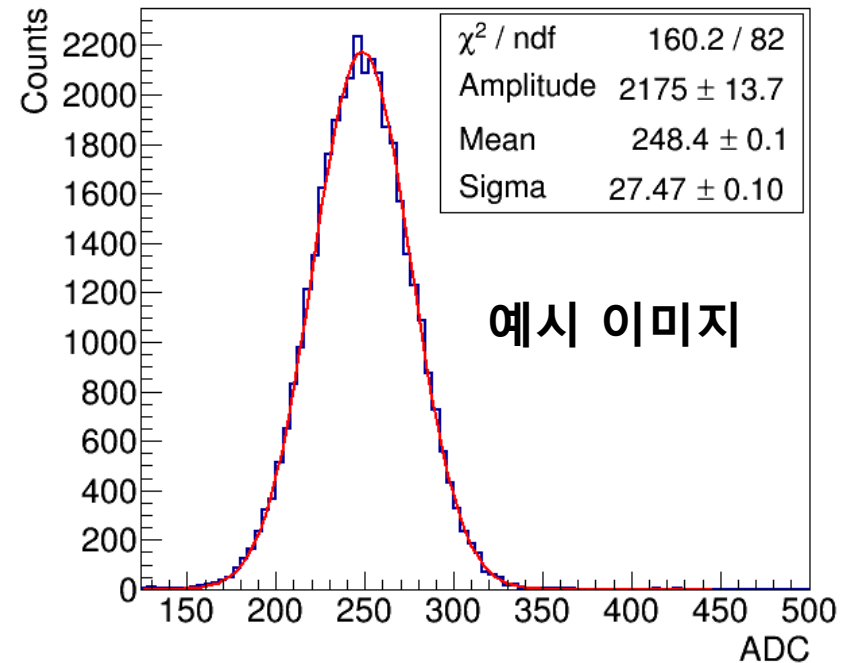
## IV. RENO VS FAB

### RENO 검출기 데이터 전처리



- 용량 저감 위한 Threshold 있음.
- Linux shell을 통한 data pipeline.
- 대용량 데이터(~PB) 서버에 저장.

### FAB 설비 데이터 전처리

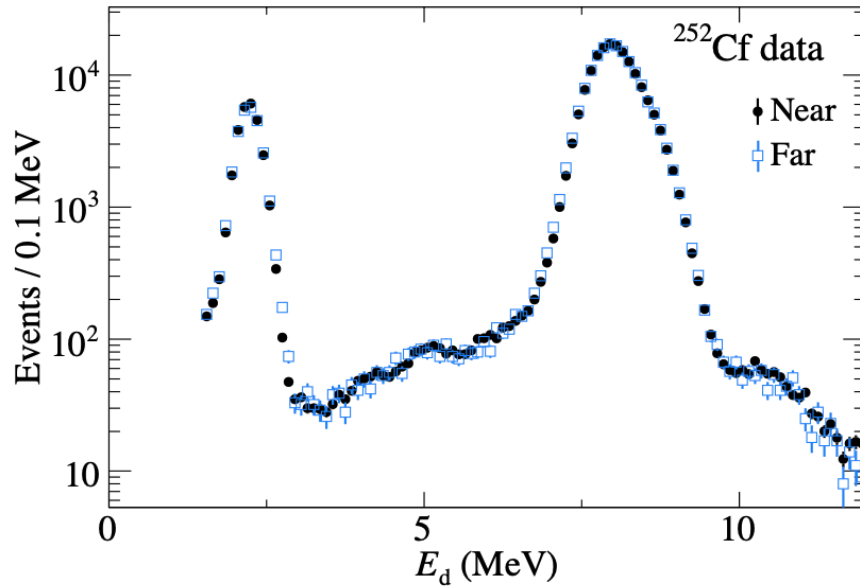


예시 이미지

- 용량 저감 위한 Threshold 값 있음.
- 상용 tool(kafka)을 통한 data pipeline.
- 대용량 데이터(~PB) 서버에 저장.

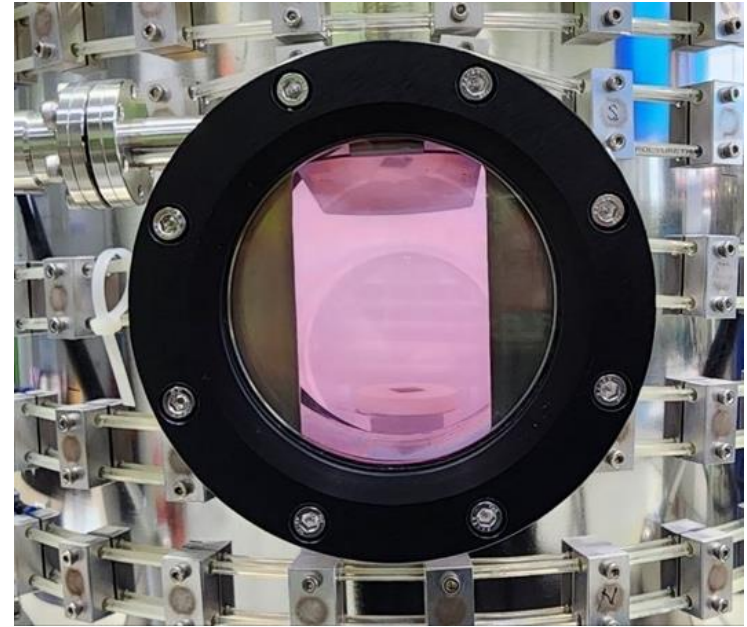
## IV. RENO VS FAB

### RENO 검출기 calibration



- Identical한 검출기의 response를 최대한 동일하게 조정.
- 검출기간 차이: 측정 오차의 원인.

### FAB 설비 calibration



- (Etch) Identical한 chamber의 플라즈마 response를 최대한 동일하게 조정.
- 설비간 차이: 수율 감소의 원인.

## IV. RENO VS FAB

### 대학 입자 물리 연구실



- 1) 검출기에서 떨어져 데이터 분석.
- 2) 분석 위해 데이터 전처리 & 데이터 파이프라인 필요.
- 3) 이후 분석 진행.

### 설비研



- 건물 중 한두층 사용.
- 1인당 공간은 대학원 시절과 비슷.

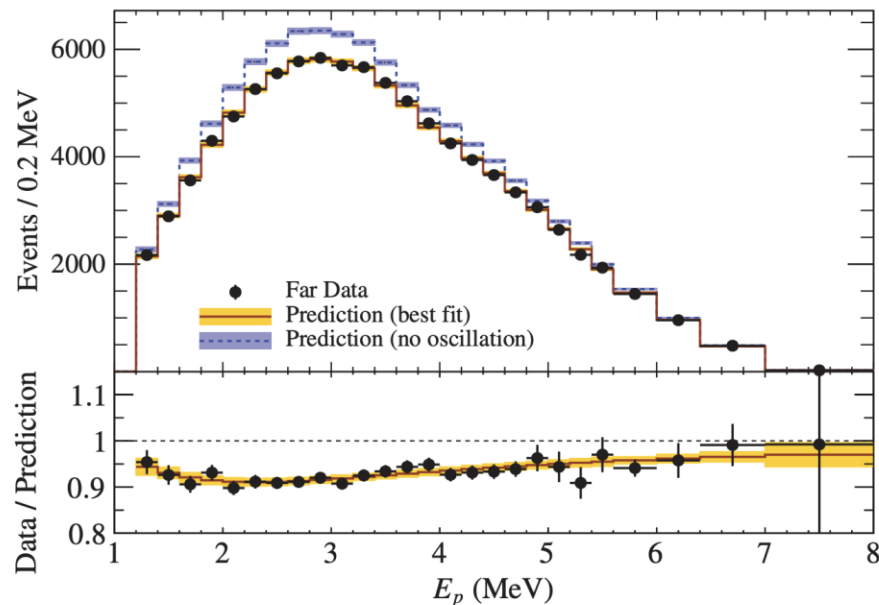
- 1) 라인에서 떨어져 데이터 분석.
- 2) 분석 위해 데이터 전처리 & 데이터 파이프라인 필요.
- 3) 이후 분석 진행.

## IV. RENO VS FAB

### 중성미자 물리 연구

예시 1)

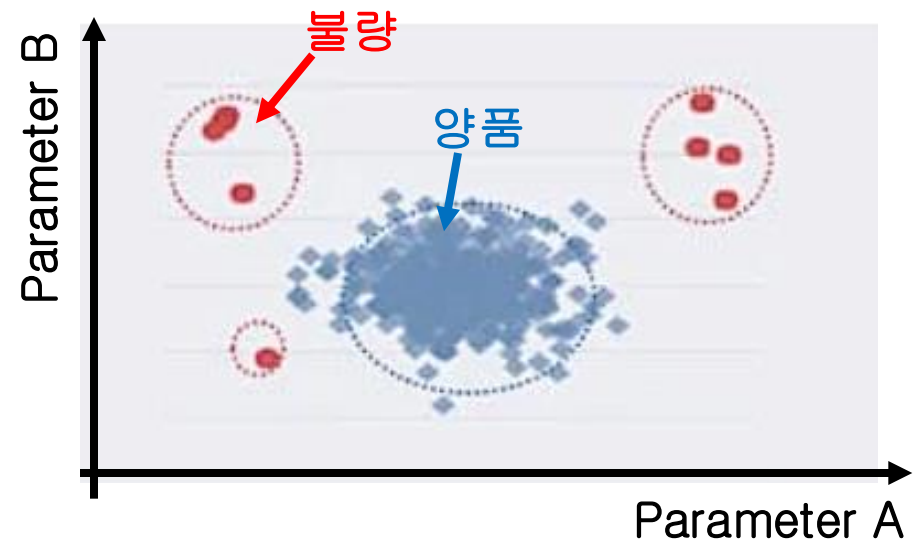
RENO 검출기에서, 동일한 Near, Far 검출기의 response를 A 알고리즘을 사용하여 비교하니, 중성미자 진동변환 상수를 측정할 수 있구나!



### 설비 기술 연구

예시 1)

반도체 설비에서, 동일한 Etch 설비의 response를 C 알고리즘을 사용하여 비교하니, 수율과 관련되어 있는 Parameter A를 찾아낼 수 있구나!

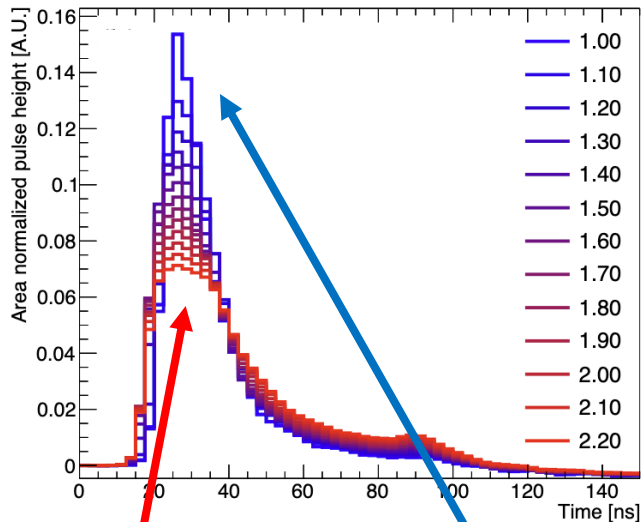


## IV. RENO VS FAB

### 중성미자 물리 연구

예시 2)

RENO 검출기 센서 이상진단에, 딥러닝 기반 B 방법을 사용하니, 센서의 비선형 이상 동작이 제거되더라!



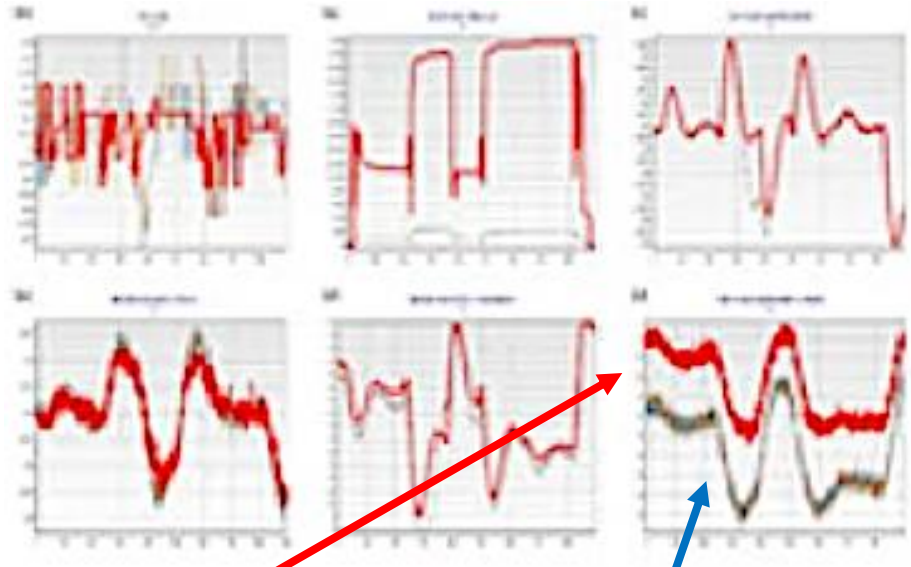
PMT 이상 동작  
전류 파형

PMT 정상  
전류 파형

### 설비 기술 연구

예시 2)

Etch 설비의 진공 펌프 이상진단에 딥러닝 기반 B 방법을 적용하니, 이상 진공펌프를 제때 교체하여, 최종적으로 수율이 0.x% 증가해, 이윤이 xxx억 창출되더라.



진공 펌프 고장  
전류 파형

진공 펌프 정상  
전류 파형

## V. 중성미자 물리와 센서 데이터 분석 정리

- 센서 데이터 분석 관점에서,
- 실험 중성미자 물리 연구와 반도체 설비 기술 연구간 유사점 존재.
- 반도체 설비 데이터 분석을 전공한 사람은 드물다. 유사 전공 산업 수요 有.  
(보안문제)

➔ 이제 물리를 안하지만, 과거 센서 데이터 분석 경험이,

앞으로 반도체산업 분야에 보탬이 될 수 있으면 좋겠습니다.

