

# 2021 KNS 추계학술발표회 워크숍 원전 기동/정지 운전자동화시스템 개발



한국원자력연구원 자율운전연구실  
구 서 룡

# CONTENTS



**01** 4차 산업혁명과 원자력

**02** 연구개발 필요성

**03** 연구개발 목표

**04** 연구개발 진행현황 및 성과

**05** 향후 계획

# 01 4차 산업혁명과 원자력

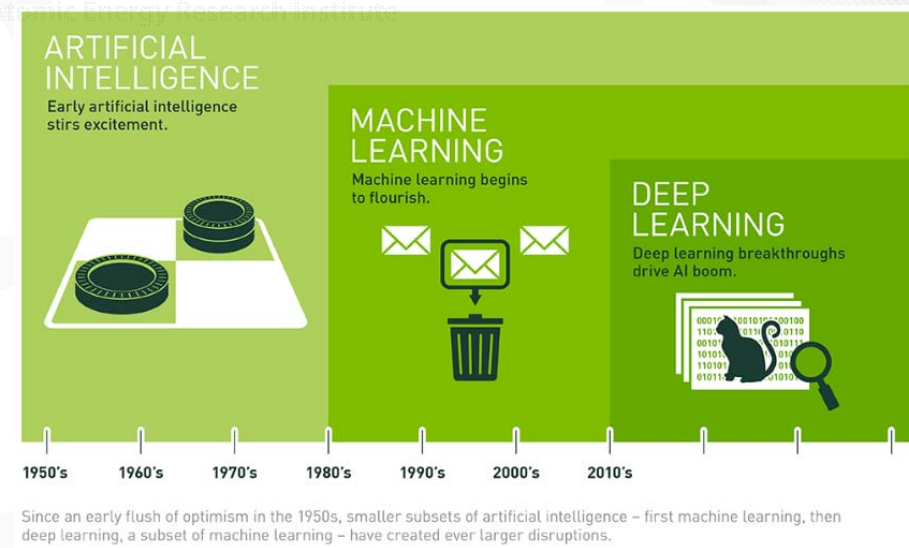
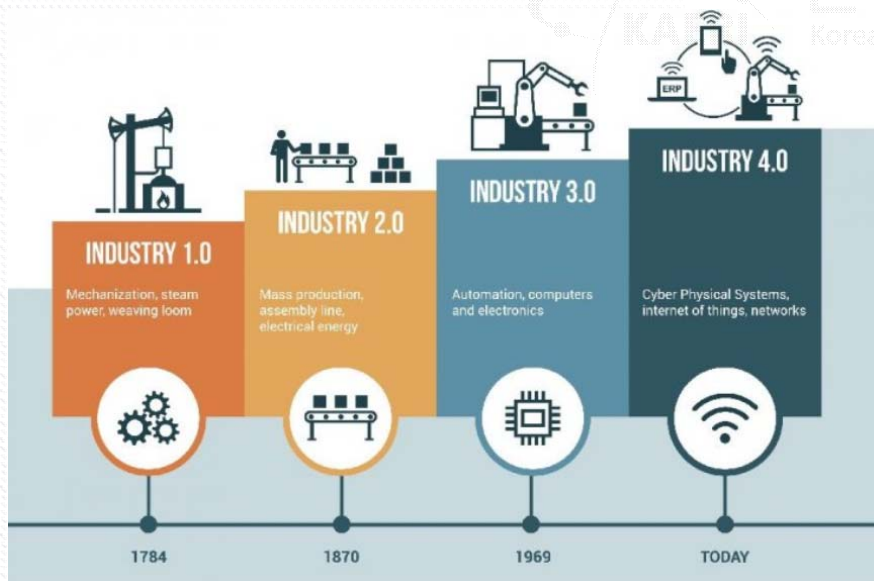




# 01 4차 산업혁명과 원자력

## » 4차 산업혁명과 AI 기반의 새로운 시대

- 4차 산업혁명은 2016년 세계 경제 포럼에서 주창된 정보통신(ICT) 기술의 융합으로 이루어진 혁명 시대를 의미함
- 1950년대 정립된 AI는 1980년대까지의 두 차례의 암흑기에도 불구하고 컴퓨팅 파워 증가와 머신러닝/딥러닝 알고리즘의 진화로 AI 부흥기가 도래함



원전 기동 및 정지 운전자동화시스템 개발



# 01 4차 산업혁명과 원자력

## » 우리나라의 I-KOREA 4.0

- 세계적인 추세에 맞춰 과학기술과 ICT로 열어가는 사람 중심의 4차 산업혁명 I-KOREA 4.0 비전을 수립함
- 인공지능 기술의 발전은 2024년 AI칩 상용화를 시작으로 2030년부터는 인간 지능을 넘어서는 차세대 AI 기술로 발전할 것이라고 전망함

출처: I-KOREA 4.0 실현을 위한 인공지능(AI) R&D 전략, 과기정통부 (2018.05.)

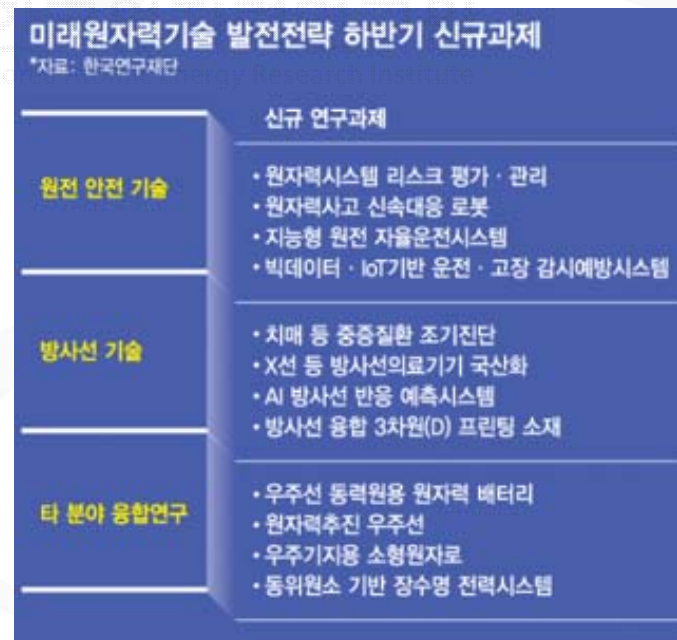


원전 기동 및 정지 운전자동화시스템 개발

# 01 4차 산업혁명과 원자력

## » 미래원자력기술 활용 및 수출 경쟁력 확보

- 정부의 탈원전 기조 속에서도 가동원전 안전 확보 및 해체분야 연구와 방사선 등 타 분야 융합연구에 AI, 빅데이터 등 첨단 ICT기반 기술의 접목이 요구됨
- 중소형 원전 SMART 또는 미래형 원전에서 ICT기반 원자력 안전 혁신 분야에 적극 도입하여 원천적인 원전사고 방지 및 경쟁력 확보 가능함



원전 기동 및 정지 운전자동화시스템 개발



# 02 연구개발 필요성

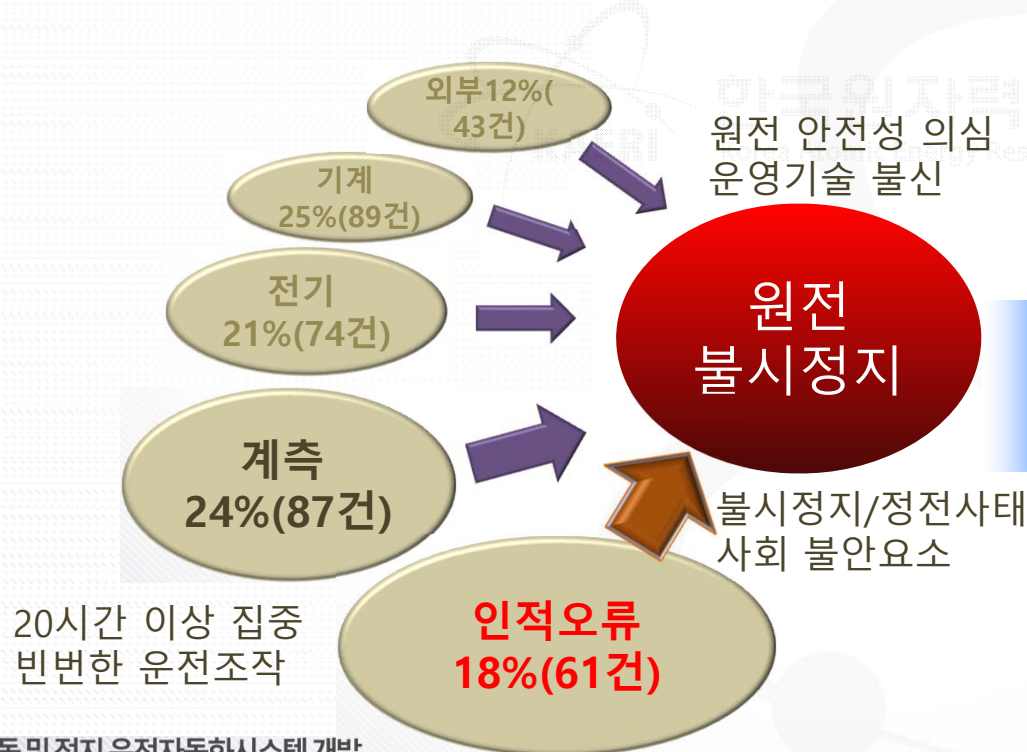




# 02 연구개발 필요성

## » 원자력발전소 기동 및 정지 운전

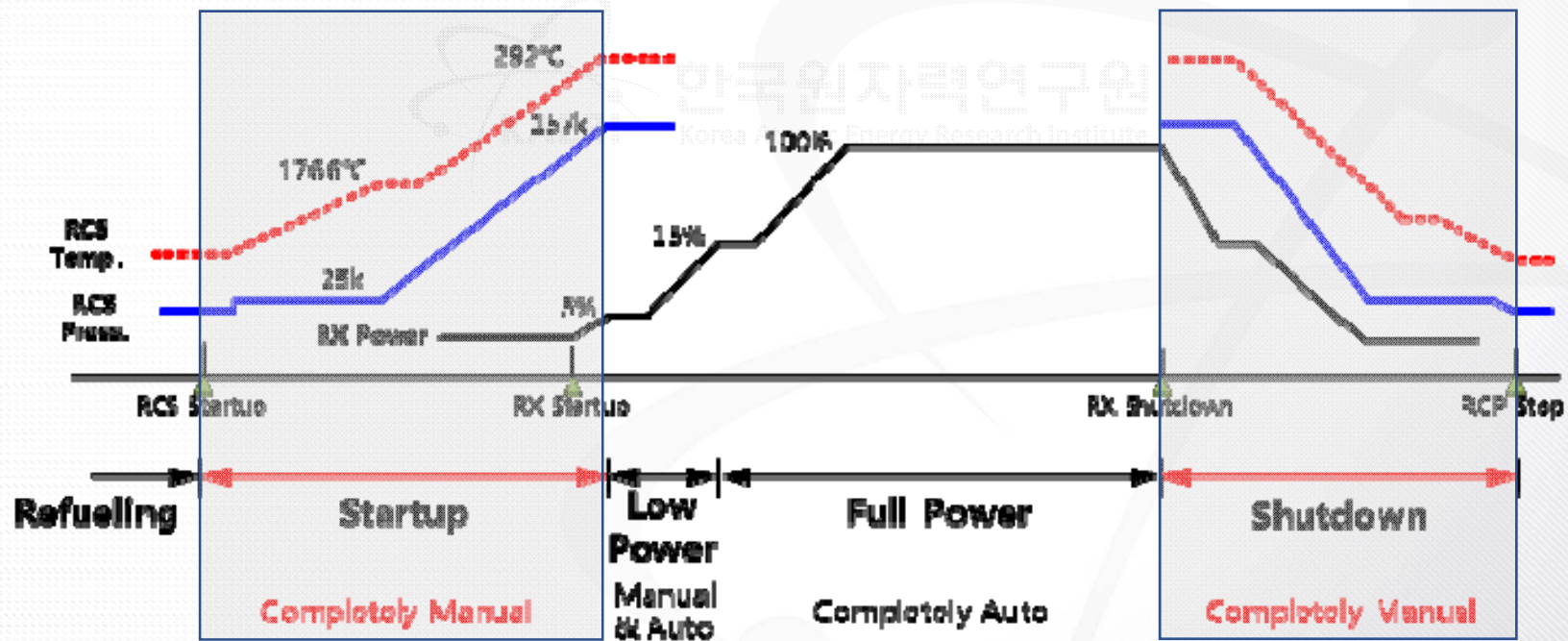
- 약 20시간 이상 소요되는 100% 수동운전으로 인적오류 발생 가능성 증가
- 지난 20년간 인적실수로 인한 원전 불시정지 18% [기동/정지 운전 9% 차지]
- 운전원 조작 및 감시 빈도 감축으로 인적오류 방지 및 운전성 개선 필요



# 02 연구개발 필요성

## » 원자력발전소 운전모드 및 자동화 범위

- 운전모드 중 일부 전출력(Full Power) 구간만 자동화 운전중
- 기동/정지 운전 구간은 빈번한 운전원 조작이 필요한 숙련된 운전이 요구
- 기동/정지 운전 중 운전원 과부하 및 판단 오류 발생 가능성 높음





# 03 연구개발 목표

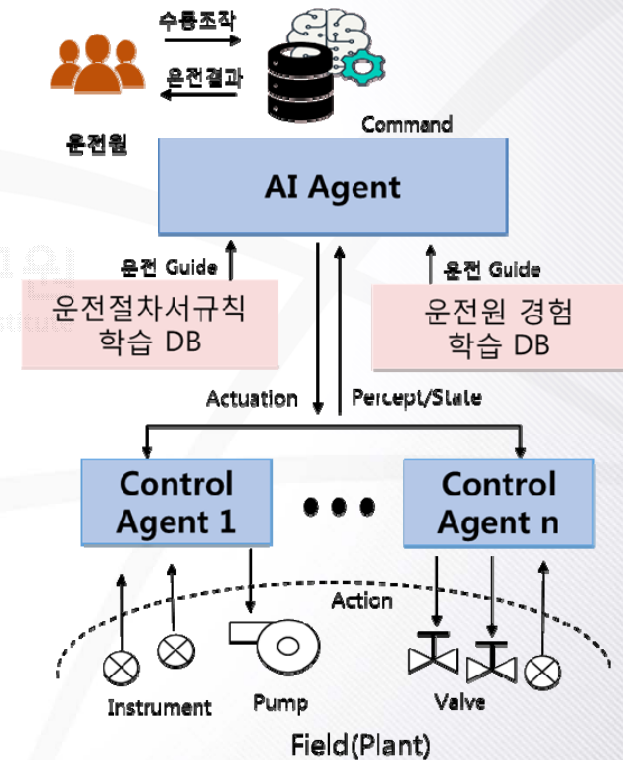
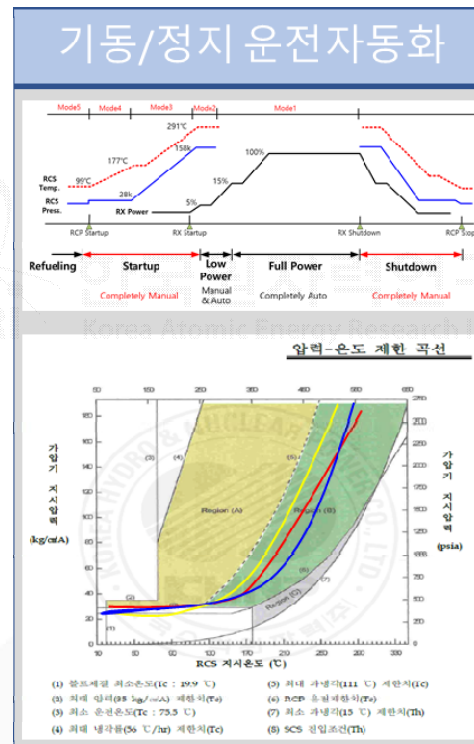




# 03 연구개발 목표

## » 최종목표: 원전 기동/정지 운전자동화시스템 개발 및 성능검증

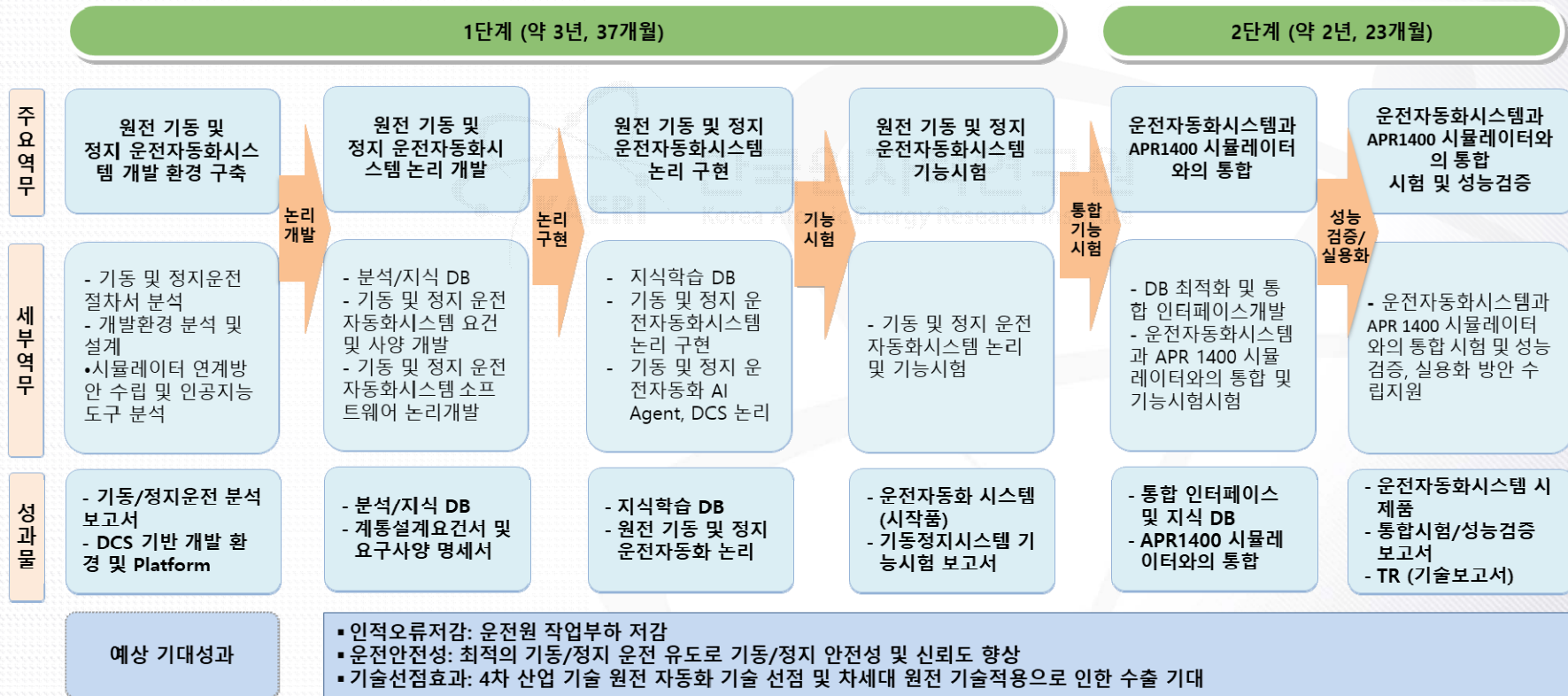
- 운전절차서 및 운전원 지식을 분석하여 규칙기반 기동/정지 자동운전 및 자동제어 기술 개발
- 운전 Data를 학습하여 인공지능 알고리즘을 이용한 최적 제어논리 개발
- 원자력발전소 시뮬레이터에 통합하여 규칙기반 자동화 및 인공지능 제어논리 성능검증



# 03 연구개발 목표

## » 연구개발 연차별 목표

- 1단계 [2017.12~2020.12] : 원전 기동/정지 운전자동화시스템 시작품 개발
- 2단계 [2021.01~2022.11] : 통합 기동/정지 운전자동화시스템 기능/성능검증



원전 기동 및 정지 운전자동화시스템 개발

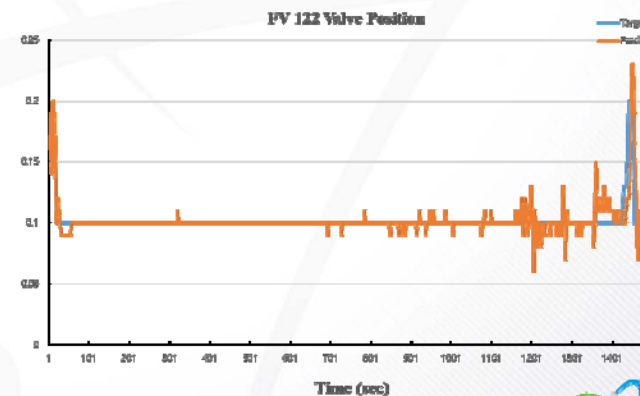
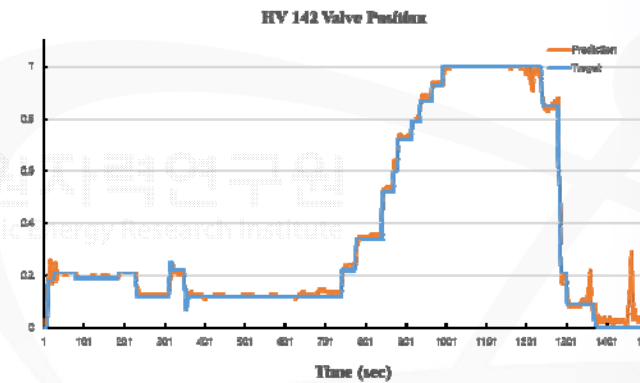
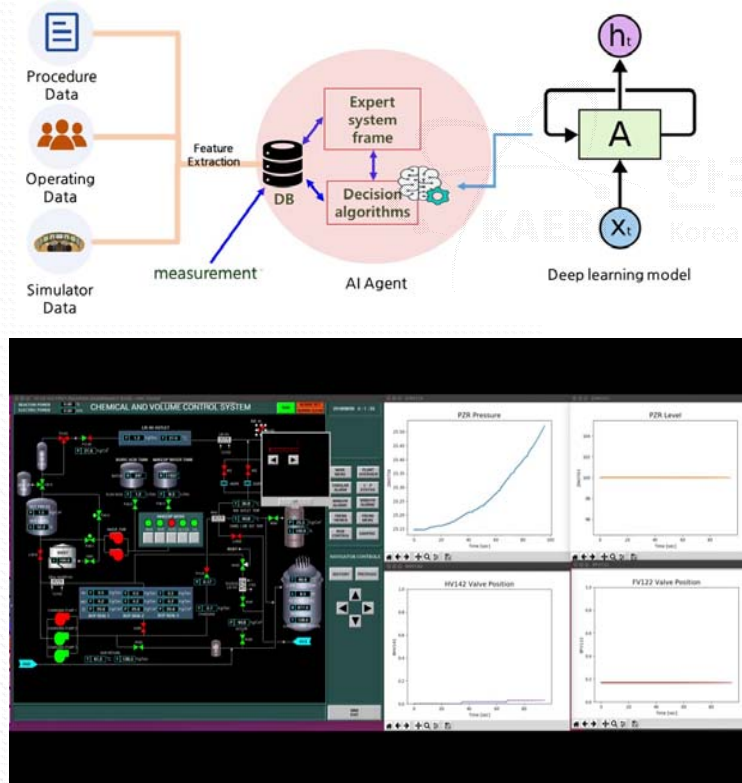
# 04 연구개발 진행현황 및 성과



# 04 연구개발 진행현황 및 성과

## » 기동/정지 운전자동화 프로토타입 설계 및 개발

- CNS(Compact Nuclear Simulator)기반 기동/정지 운전자동화 프로토타입
- 운전원에 따른 운전 경험을 반영한 딥러닝(Deep Learning)기반 운전 자동화

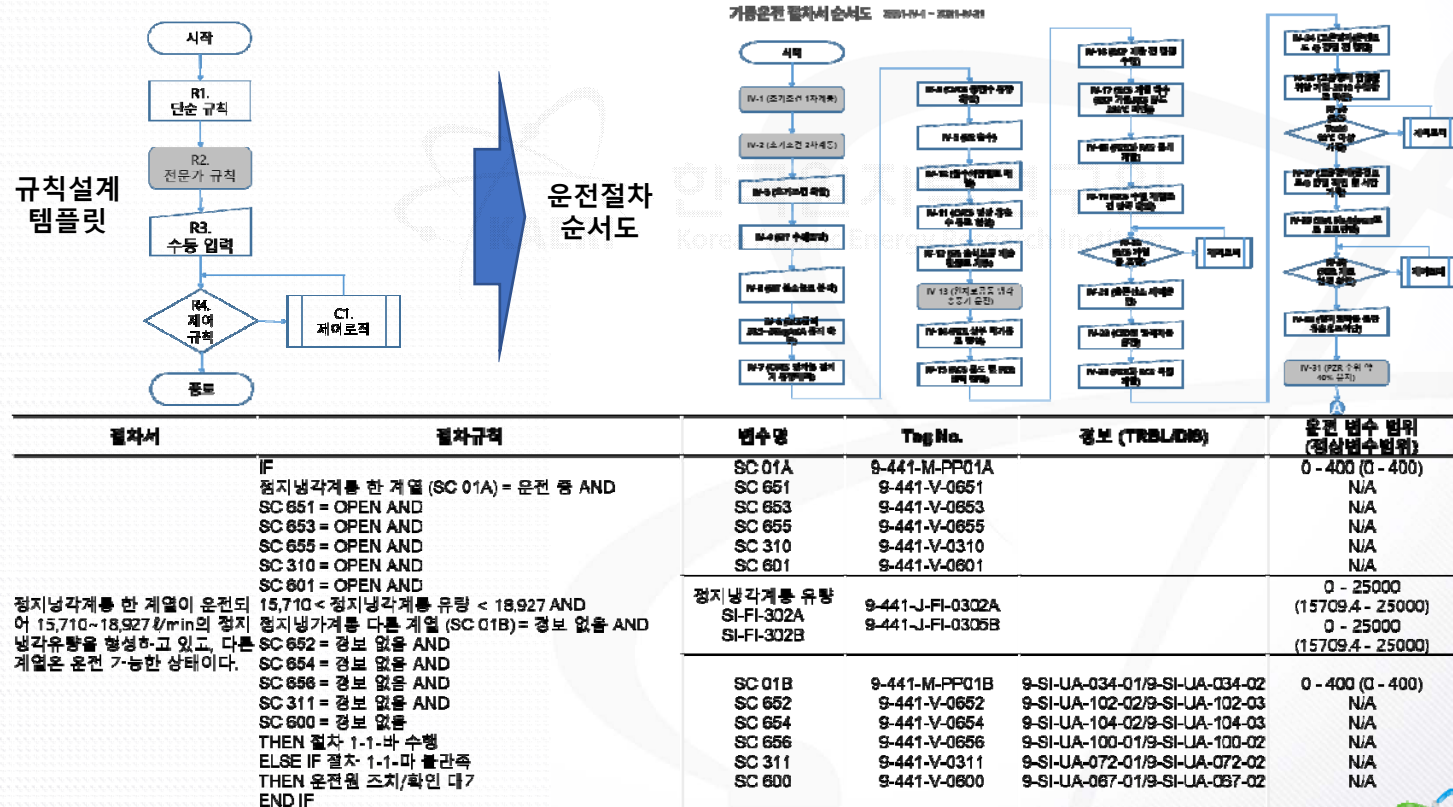


원전 기동 및 정지 운전자동화시스템 개발

# 04 연구개발 진행현황 및 성과

## 기동/정지 운전자동화시스템 규칙설계 및 구현

- 원자력발전소 종합운전절차서 기동 및 정지 운전 절차 분석
- 규칙설계를 위한 4가지 템플릿 기반 규칙기반 운전절차 설계 및 구현

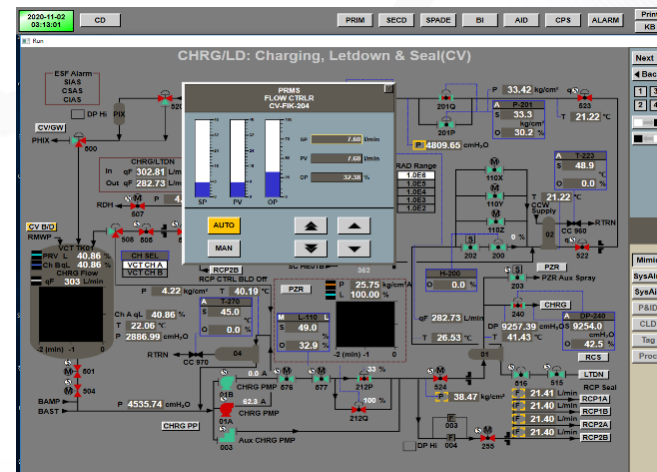
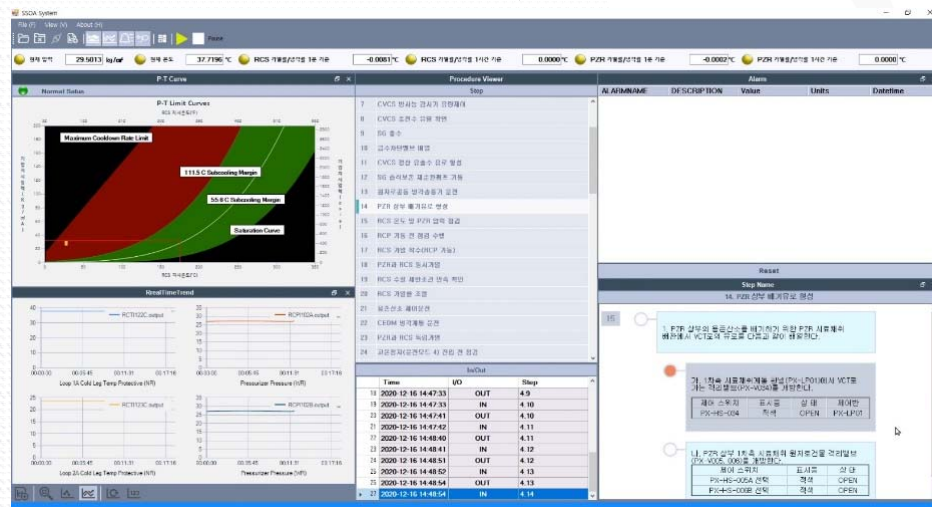
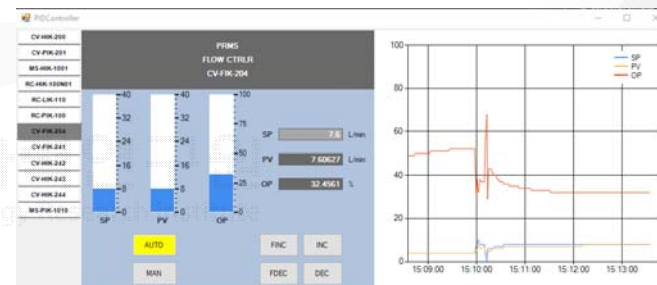
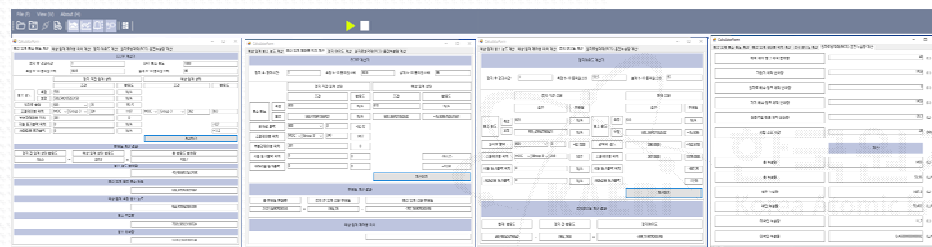




# 04 연구개발 진행현황 및 성과

## 기동/정지 운전자동화시스템 주요모듈 개발

- AI 에이전트: 주의/제한사항 상시감시, 운전절차규칙 자동수행, 운전원 연계
- Control 에이전트: 제어대상 기기 자동화 제어, 변수상태 감시 및 기기제어



원전기동 및 정지 운전자동화시스템 개발





# 04 연구개발 진행현황 및 성과

## » 운전원 조작빈도 분석 및 정량적 평가

- 조작빈도 분석 결과 규칙기반 운전자동화에 따라 48.5%의 운전자동화를 가능
- 운전자동화에 의한 운전원 작업부하 경감률 47.26% [약 1/2 작업부하 경감효과]

구분		측정방법	비고
직무빈도	감시직무빈도	(자동화 적용후 감시직무 횟수)/(기존 감시직무 횟수)	감시, 확인, 기록, 판단
	수동조작빈도	(자동화 적용후 수동조작 횟수)/(기존 수동조작 횟수)	제어, 계산
운전원 작업부하		(자동화 적용후 작업부하)/(기존 작업부하)	직무별 부하가중치(난이도) 적용

절차서	운전자동화 이전		운전자동화 이후		자동화율
			수동	자동	
3001	전체 항목수	198	64	134	67.68%
	감시직무빈도	124	38	86	69.40%
	수동조작빈도	74	26	48	64.90%
3002	전체 항목수	171	126	45	26.32%
	감시직무빈도	66	40	26	39.40%
	수동조작빈도	105	86	19	18.10%
합계	전체 항목수	369	190	179	48.5%
	감시직무빈도	190	78	112	58.9%
	수동조작빈도	179	112	67	37.4%

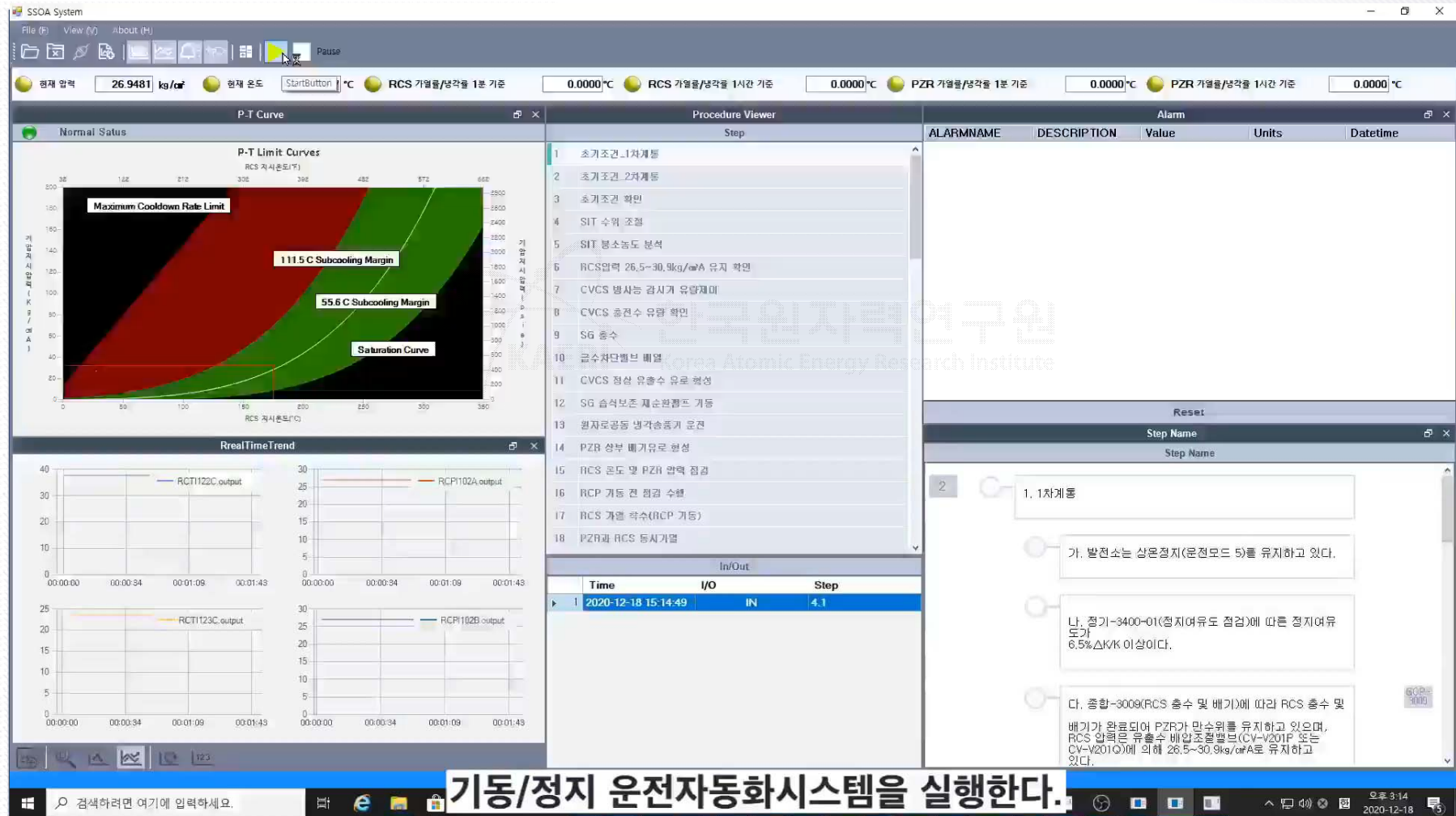
절차서	총 작업부하	자동화 담당부하	잔여 작업부하	작업부하 경감률
3001	1023.53	665.9	357.6	65.07%
3002	836.30	213.0	623.3	25.47%
합계	1859.83	878.9	980.9	47.26%

원전 기동 및 정지 운전자동화시스템 개발



# 04 연구개발 진행현황 및 성과

## 기동/정지 운전자동화시스템 기동운전구간 시연 영상



원전 기동 및 정지 운전자동화시스템 개발

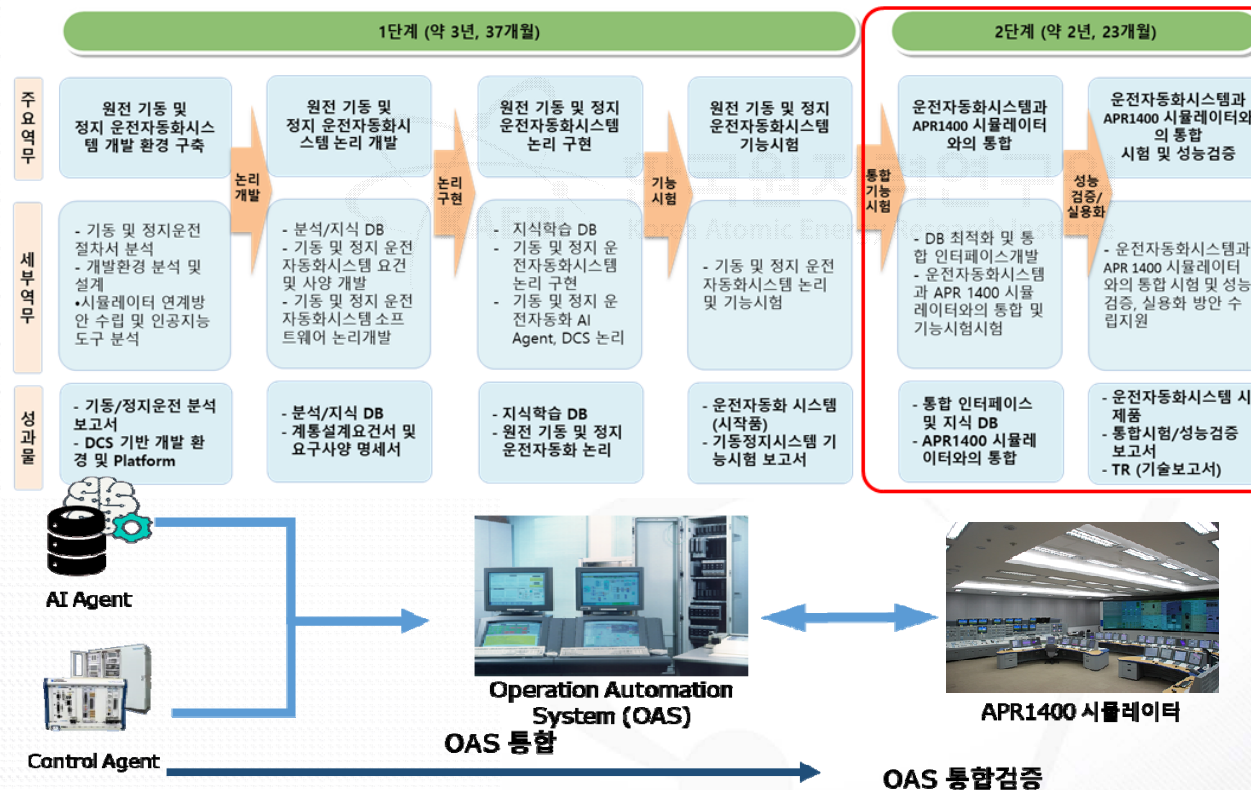


# 05 향후 계획

# 05 향후 계획

## » 통합 기동/정지 운전자동화시스템 구현 및 검증

- 기동/정지 운전자동화시스템(OAS)과 발전소 시뮬레이터 통합 구현
- 기동/정지 운전자동화시스템(OAS) 통합 성능검증 및 실용화 방안 수립



원전 기동 및 정지 운전자동화시스템 개발

# THANK YOU