

산업 경쟁력과 원자력

POSTECH
김 무 환
2025. 05. 22

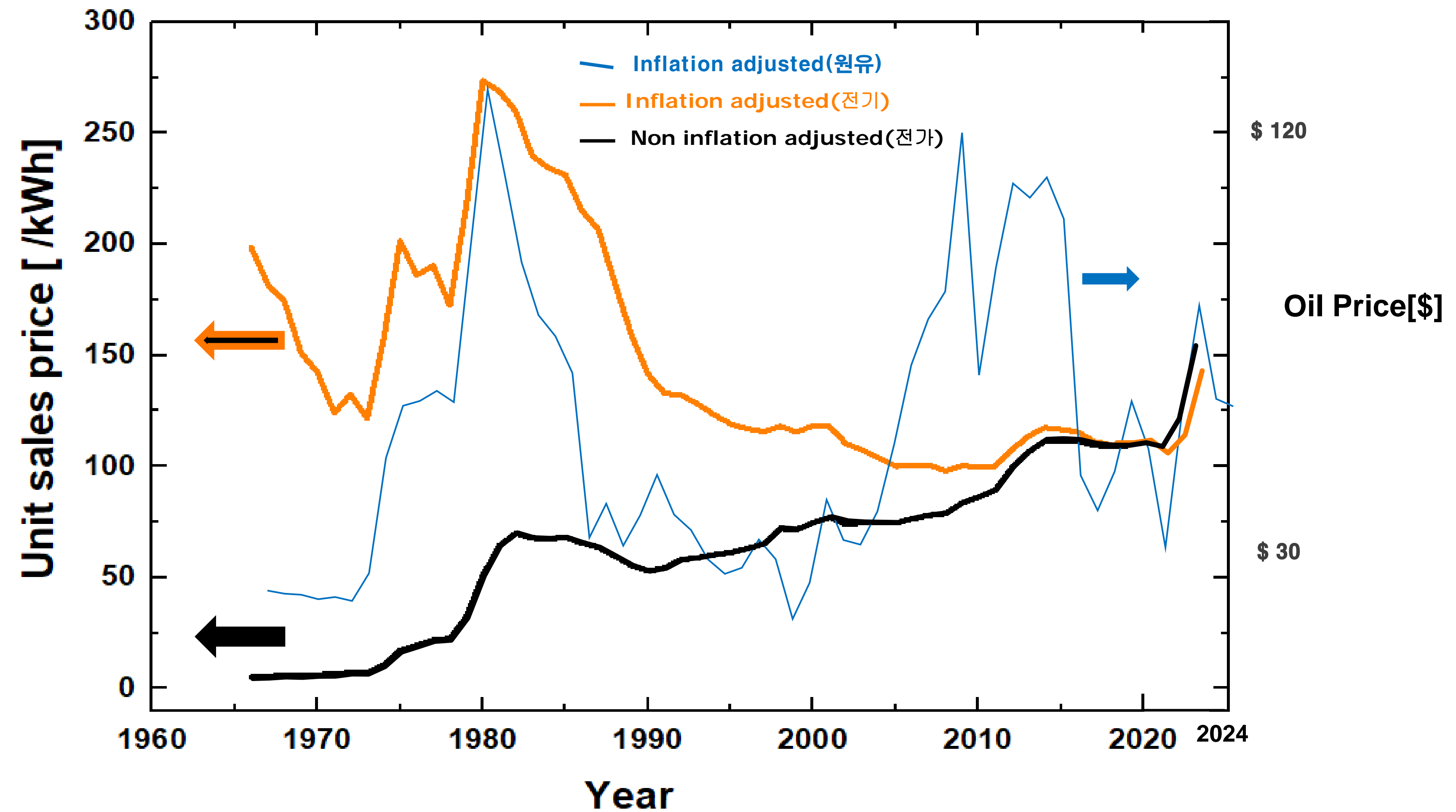


CONTENTS

1. 지난 날을 돌아보면...
2. 현재 그리고 앞으로의 전망?
3. 같이 가야 할 길
4. 끝내며...

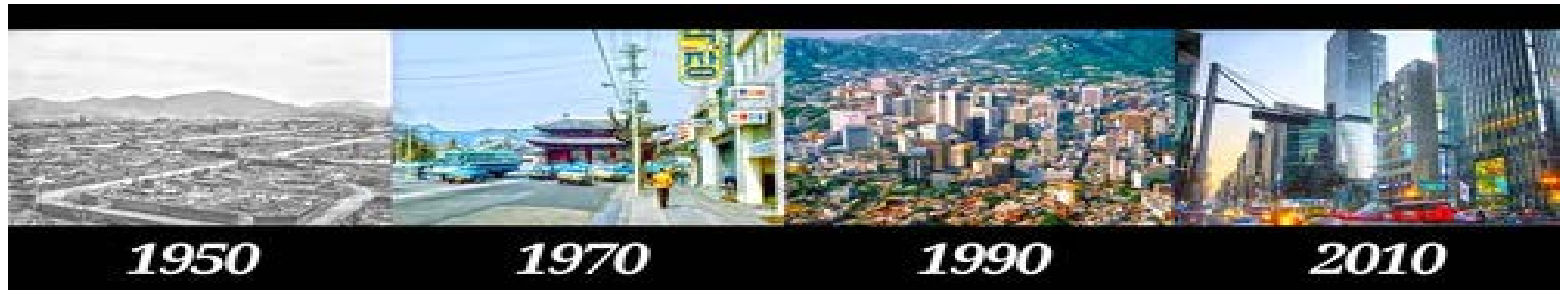
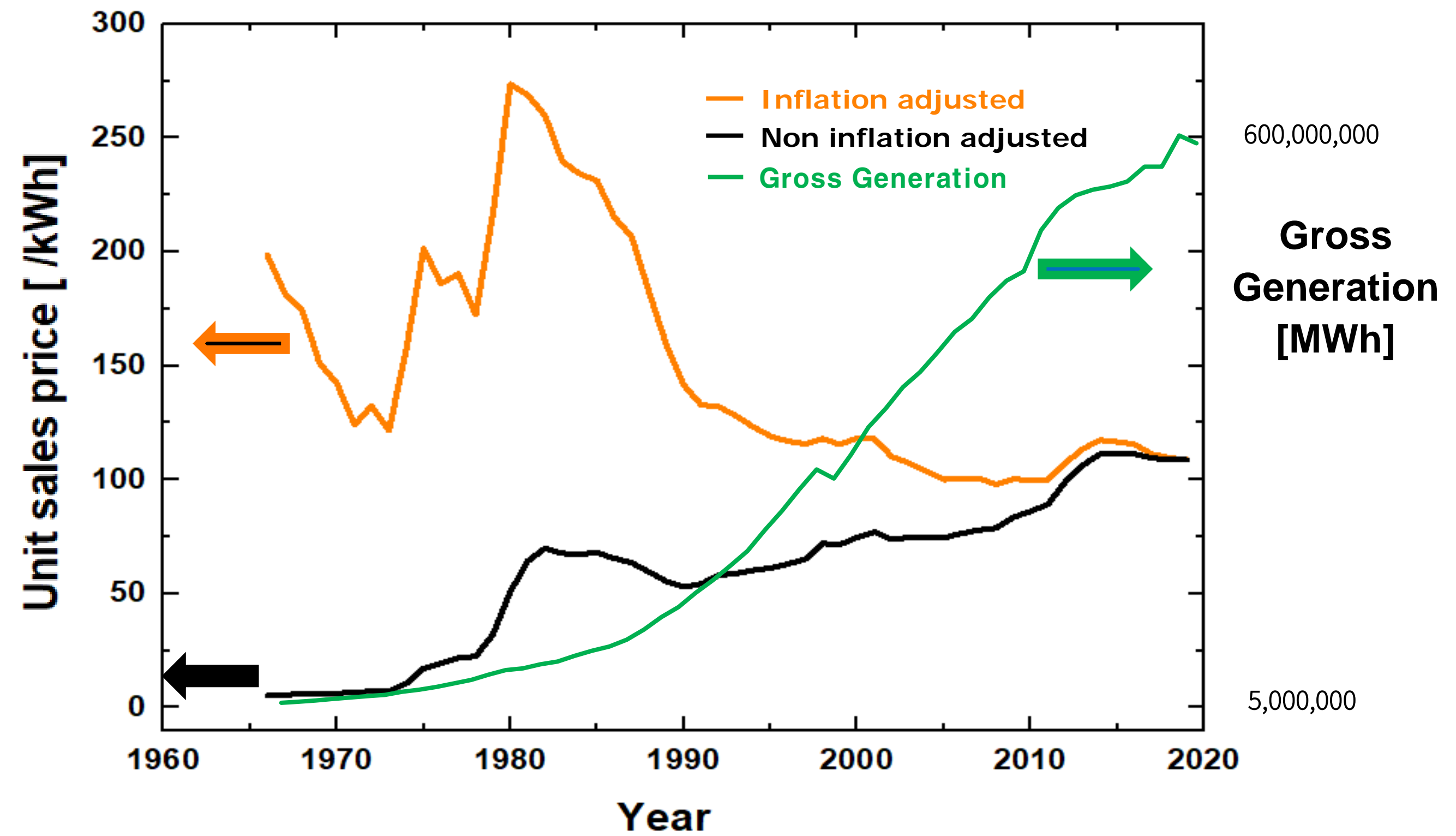
지난 날을
돌아보면...

원유 가격과 전기요금 변화 (1966 ~ 2024)

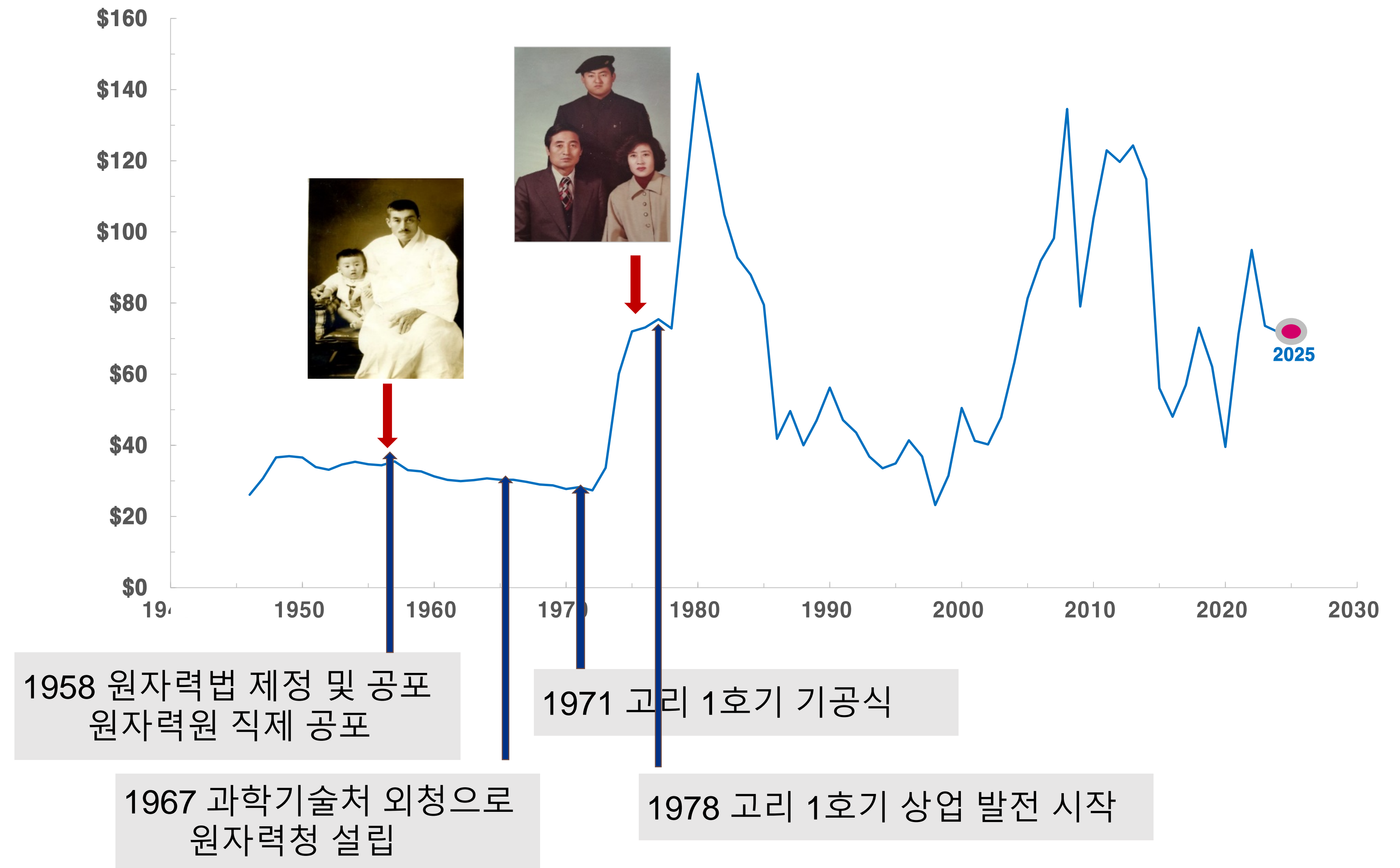


지난 날을
돌아보면...

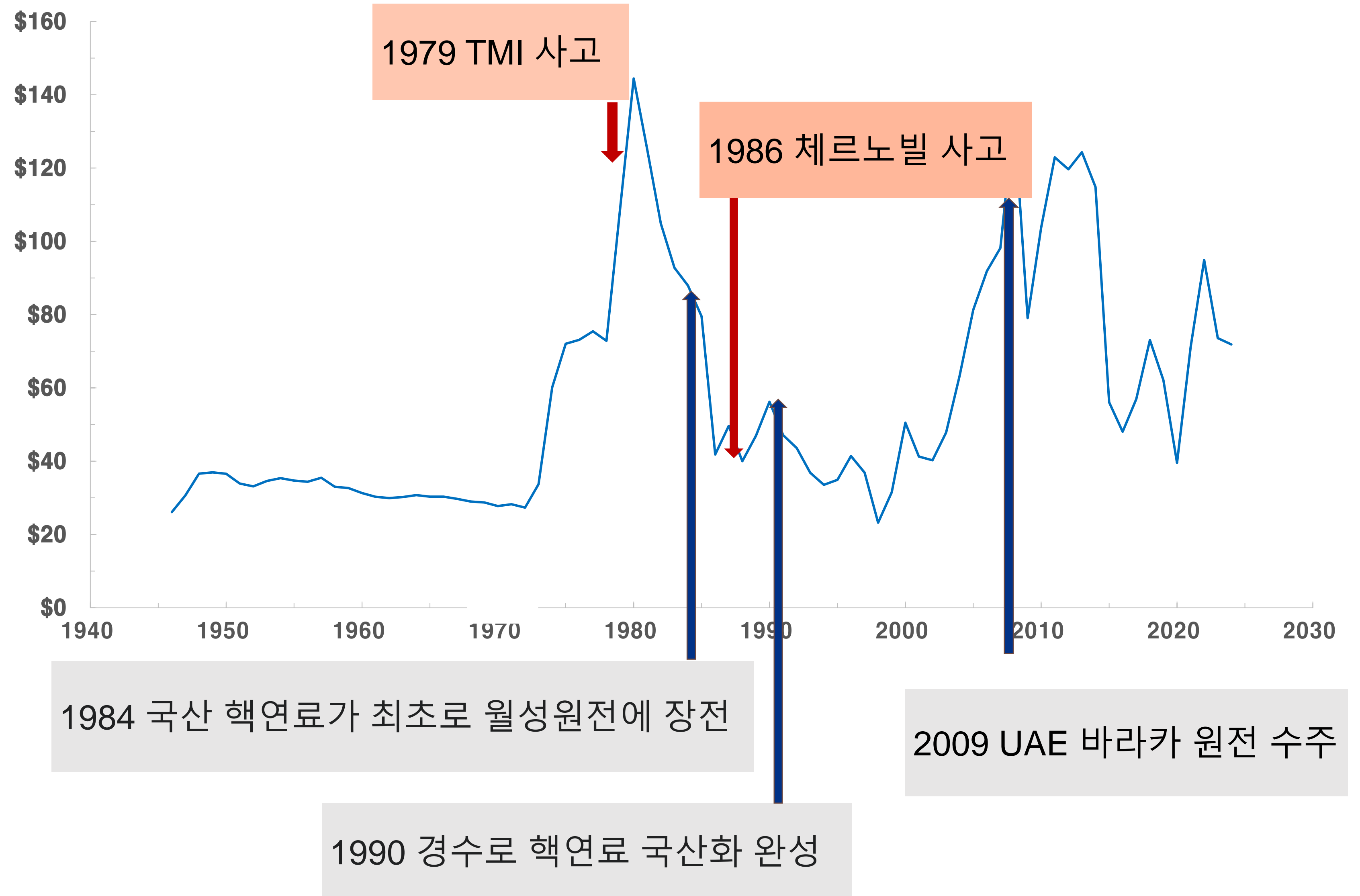
전기수요 변화와 산업화



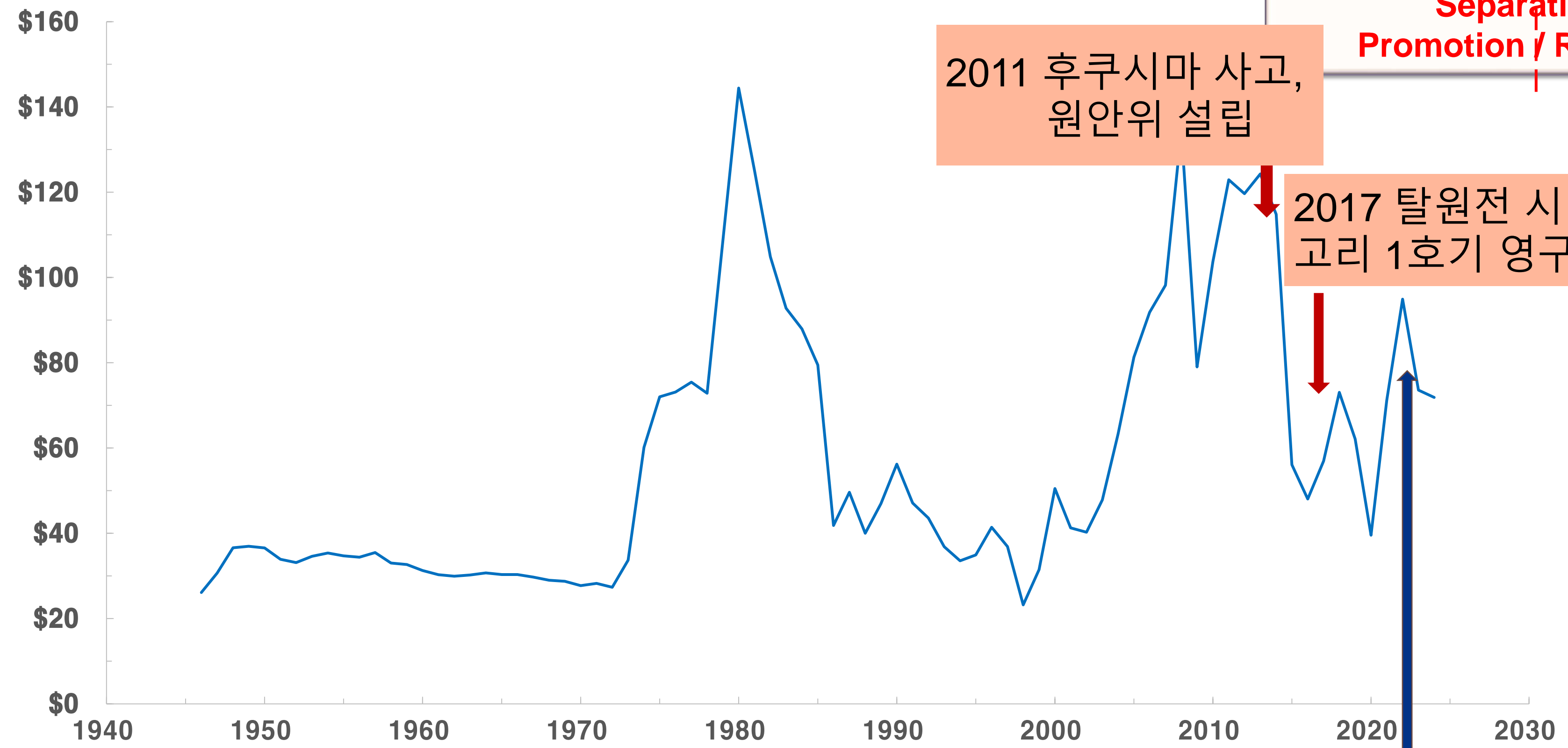
지난 날을 돌아보면... (원자력 태동기)



지난 날을
돌아보면...
(원자력 도약 및
르네상스)

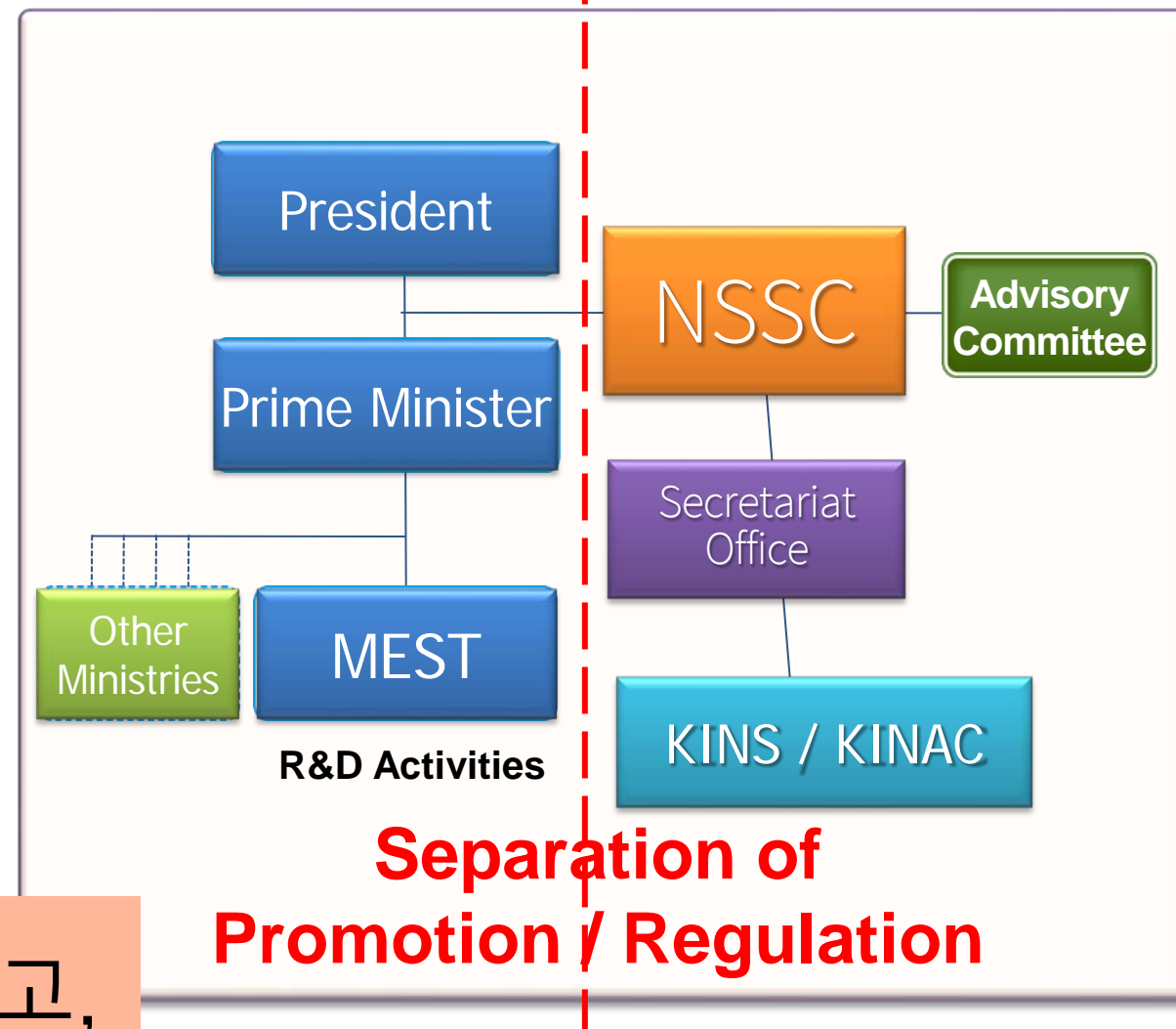


지난 날을
돌아보면...
(도전과 극복)



2011 후쿠시마 사고,
원안위 설립

2017 탈원전 시대,
고리 1호기 영구 정지



2023 ISMR 사업단 출범

현재 그리고
앞으로의 전망?



현재 그리고
앞으로의 전망?

산업 혁명과 시대의 변화

1st(1784~) 2nd(1865~) 3rd(1990~) 4th(2016~)

Industrial Revolution Era

Revolution의 주기가 4차에서부터

인생에서 일하는 시간 (30년 - 40년)보다 빨라짐

-> 일하는 기간 동안 새로운 학습이 반드시 필요한 시대

Lesson

01

1st Revolution

Power : Steam engine

02

2nd Revolution

Power : Electricity

03

3rd Revolution

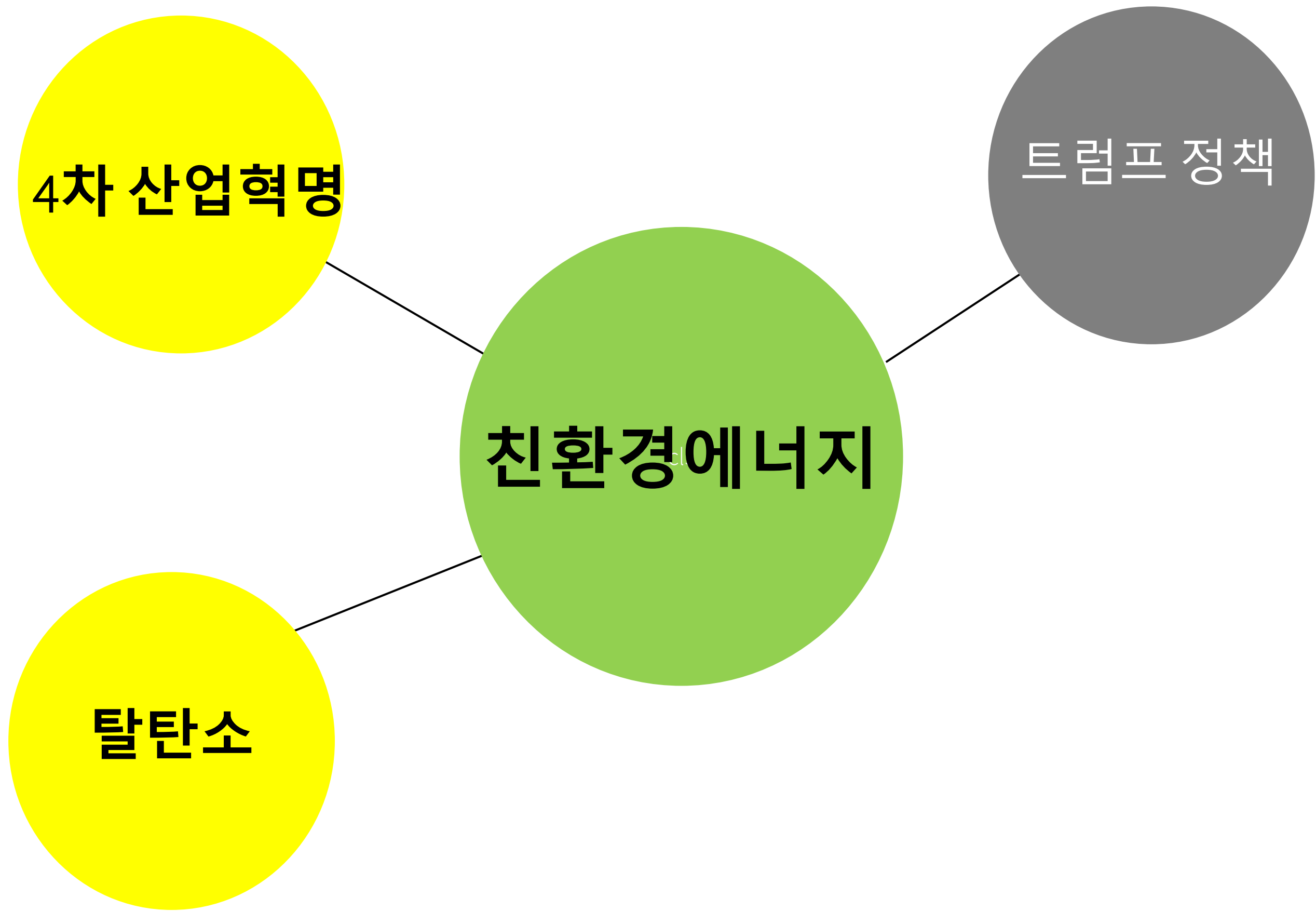
Communication : Internet

03

4th Revolution

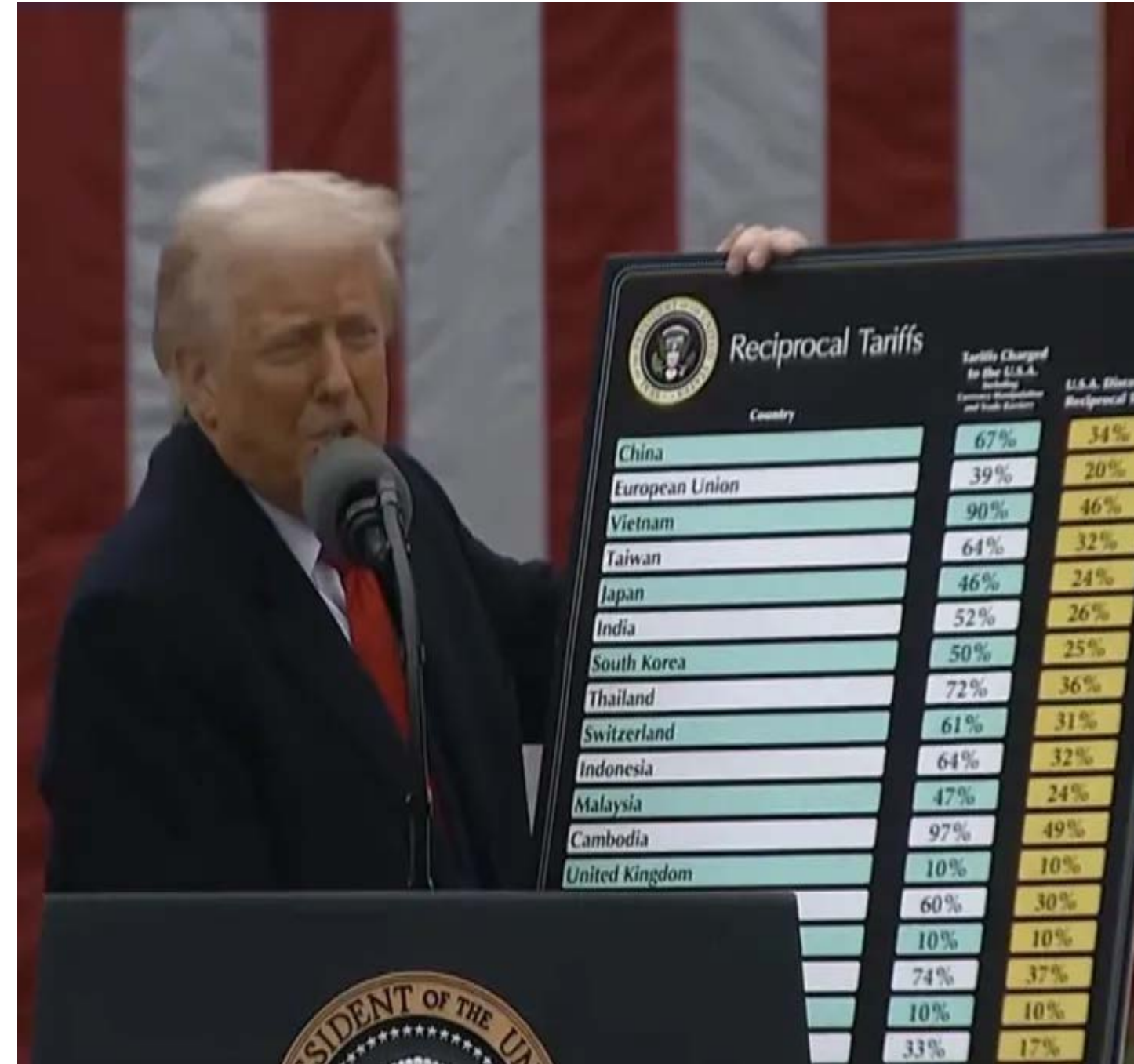
AI

현재 그리고 앞으로의 전망?



현재 그리고 앞으로의 전망?

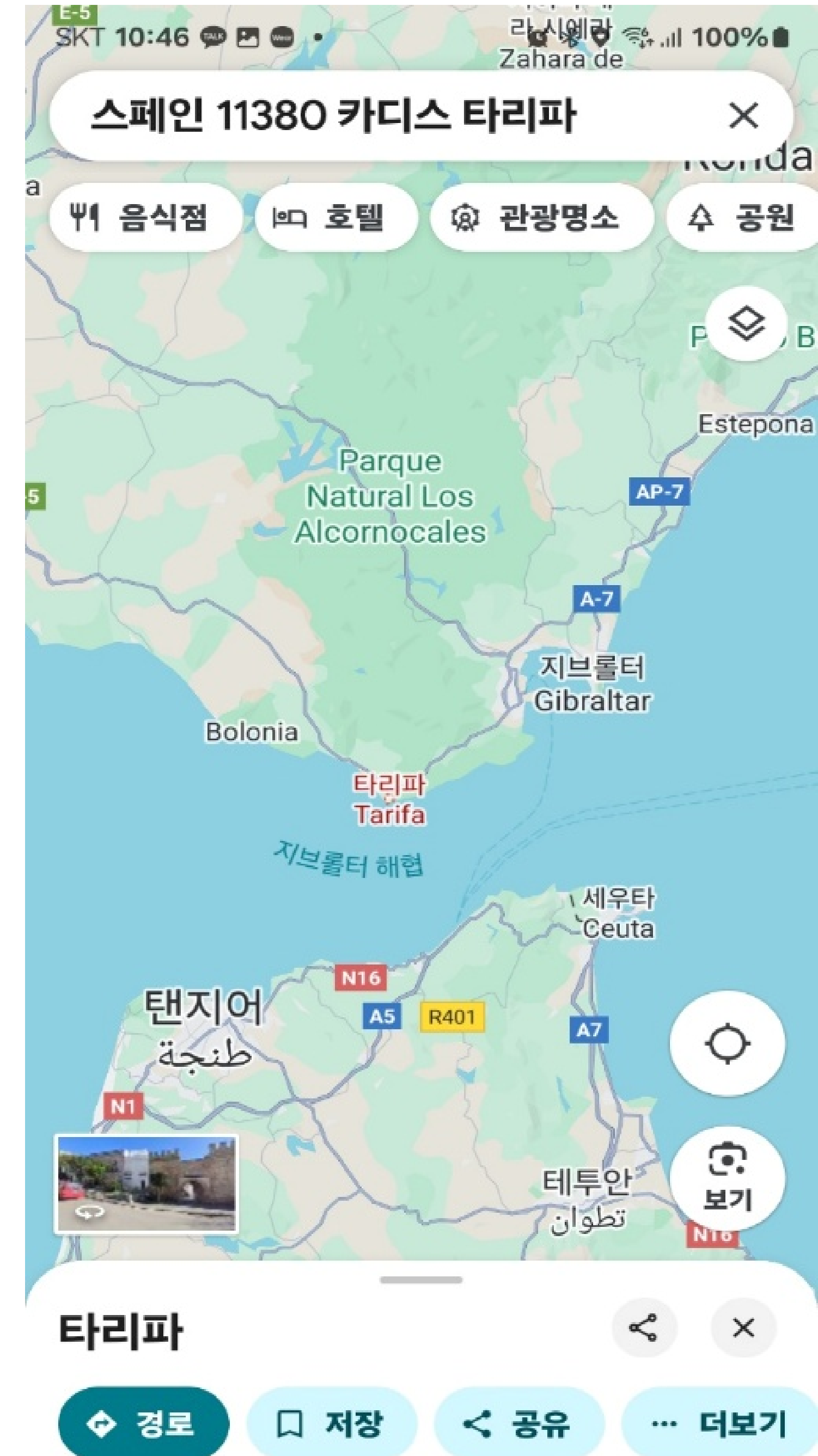
트럼프 정책



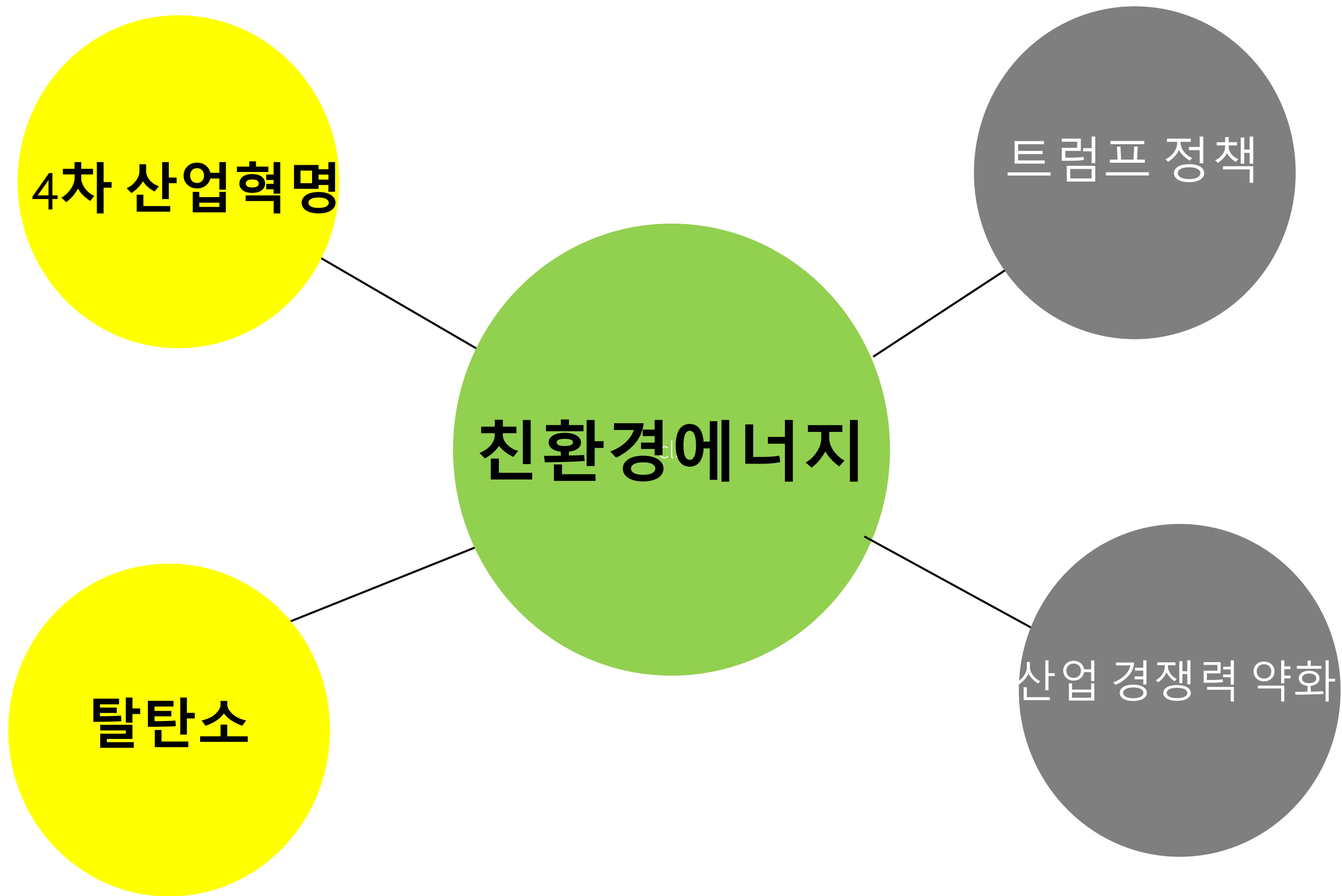
Country	Tariffs Charged to the U.S. (Current Reciprocity and Trade Agreements)	U.S. Reciprocity Reciprocal Tariffs
China	67%	34%
European Union	39%	20%
Vietnam	90%	46%
Taiwan	64%	32%
Japan	46%	24%
India	52%	26%
South Korea	50%	25%
Thailand	72%	36%
Switzerland	61%	31%
Indonesia	64%	32%
Malaysia	47%	24%
Cambodia	97%	49%
United Kingdom	10%	10%
	60%	30%
	10%	10%
	74%	37%
	10%	10%
	33%	17%

I am a **Teriff** Man

(넬슨 제독 : 트라팔가르 해전)



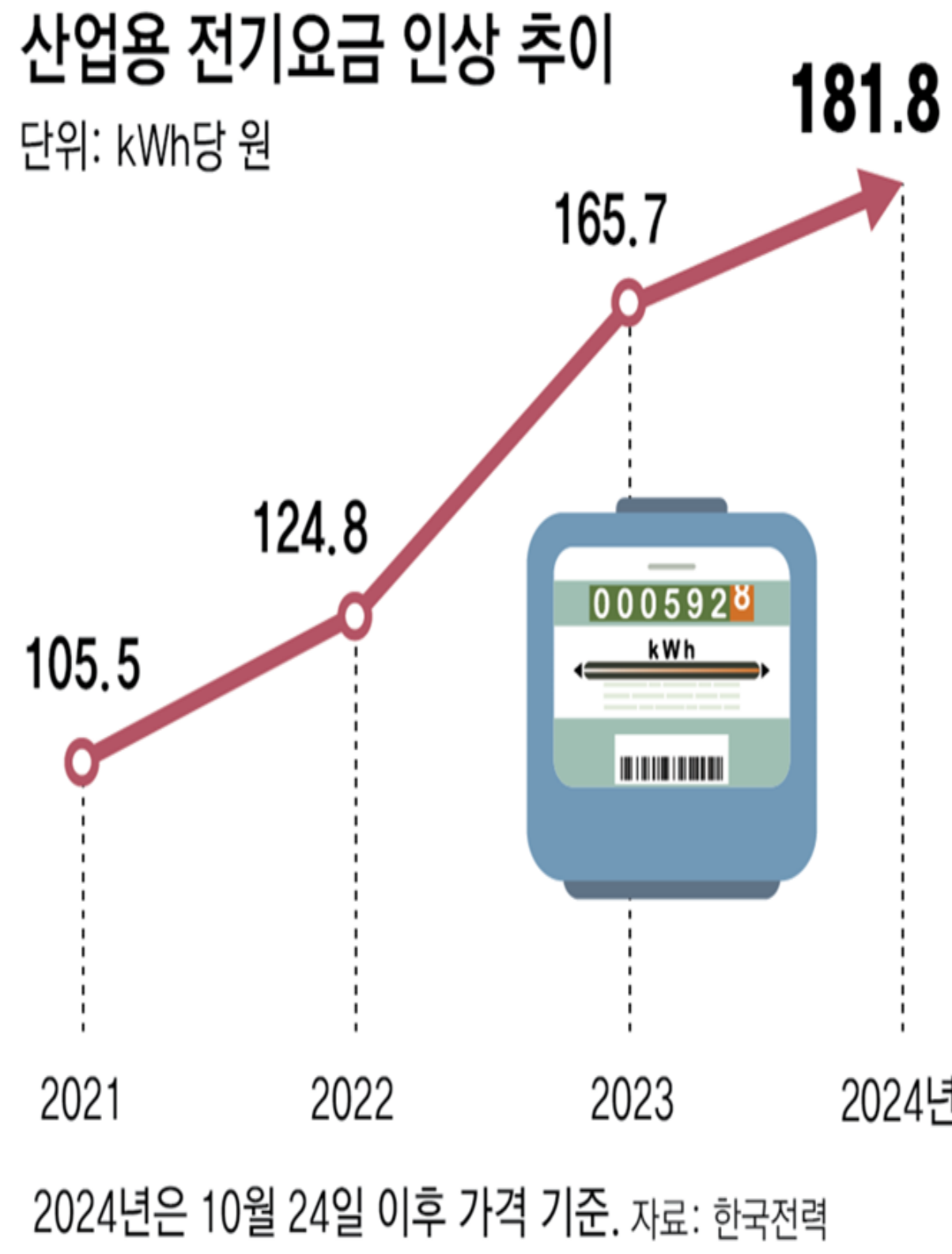
현재 그리고 앞으로의 전망?



현재 그리고 앞으로의 전망?

전기 가격과 산업 경쟁력

년도	전기세(원)	매출(원)	인원	비율
2021	10.6억	31.5억	19	34%
2022	13.4억	32.9억	20	41%
2023	16.6억	37.6억	20	44%
2024/11	16.7억	36.4억	21	46%



전력 사용량 상위 10대 기업의 전기료 부담

(단위: 억원)

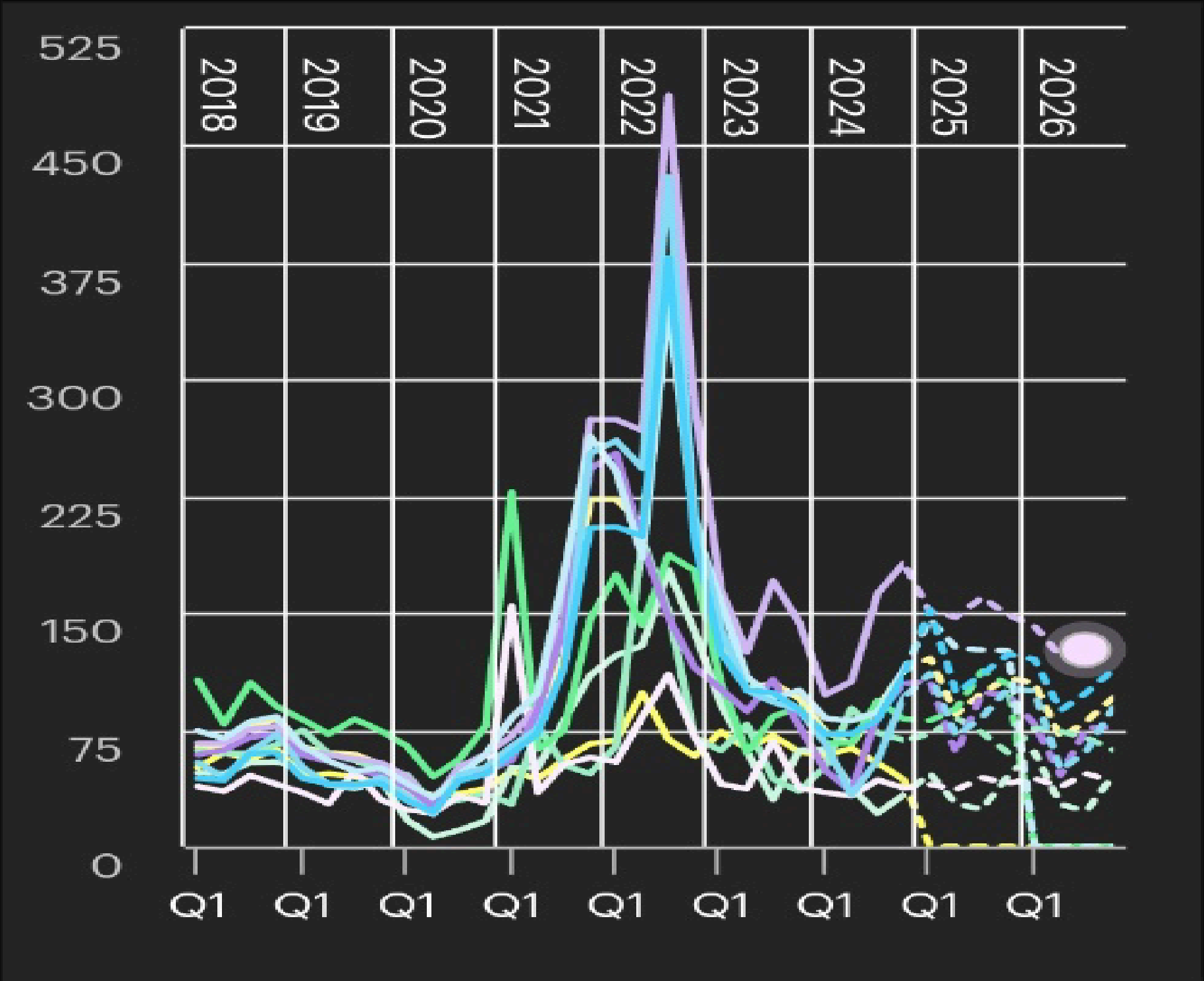
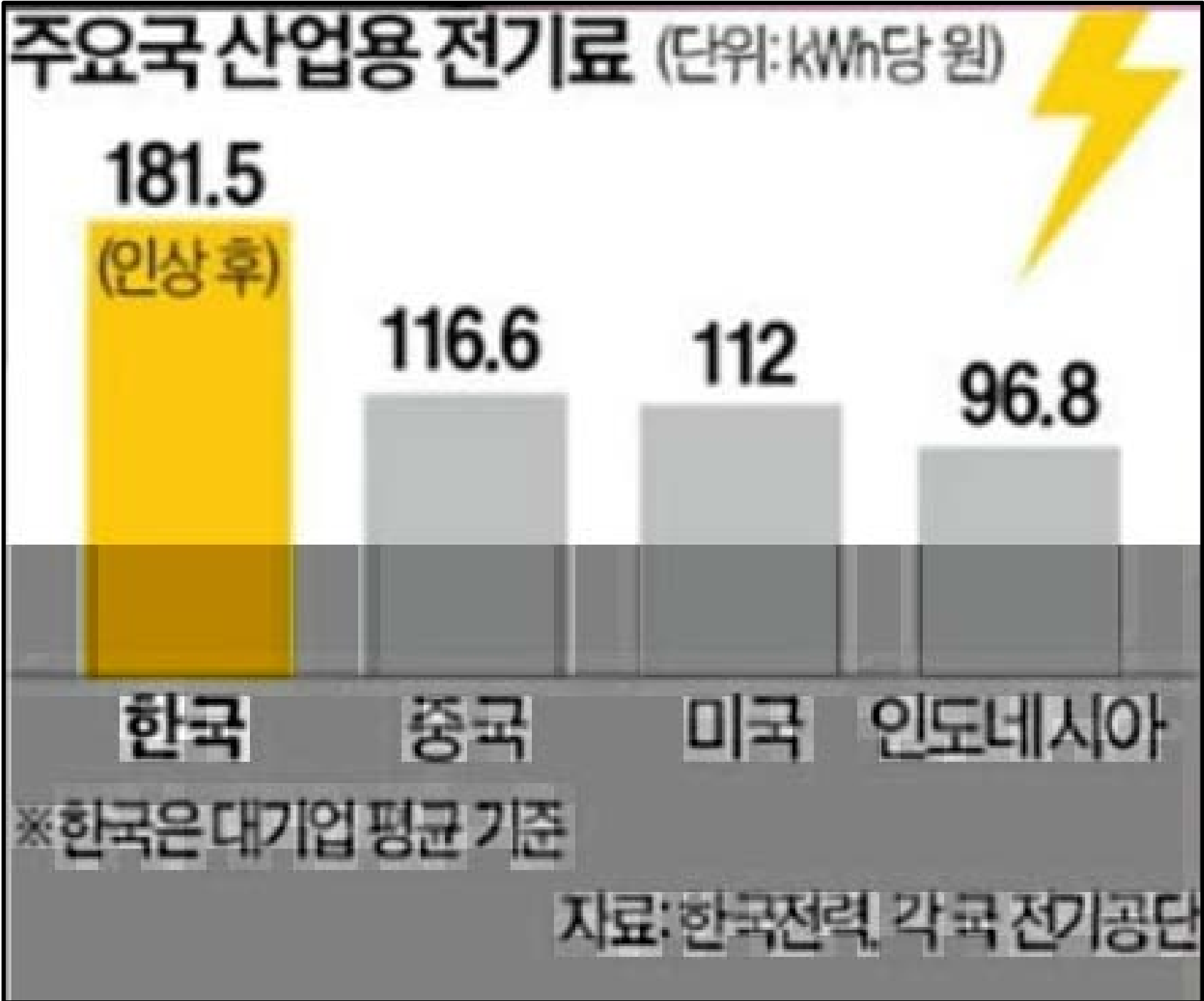
	지난해	인상 후
삼성전자	3조2637	3조6423
SK하이닉스	1조1861	1조3209
현대제철	1조84	1조1250
삼성디스플레이	8101	9039
LG디스플레이	8075	9009
포스코	5028	5684
LG화학	5611	6264
에쓰오일	5540	6182
SK에너지	4318	4802
한국철도공사	5033	5528
총합	9조6288	10조7390

※ 지난해와 같은 양의 전력을 사용했을 때를 가정
kWh당 16.9원 인상분 적용

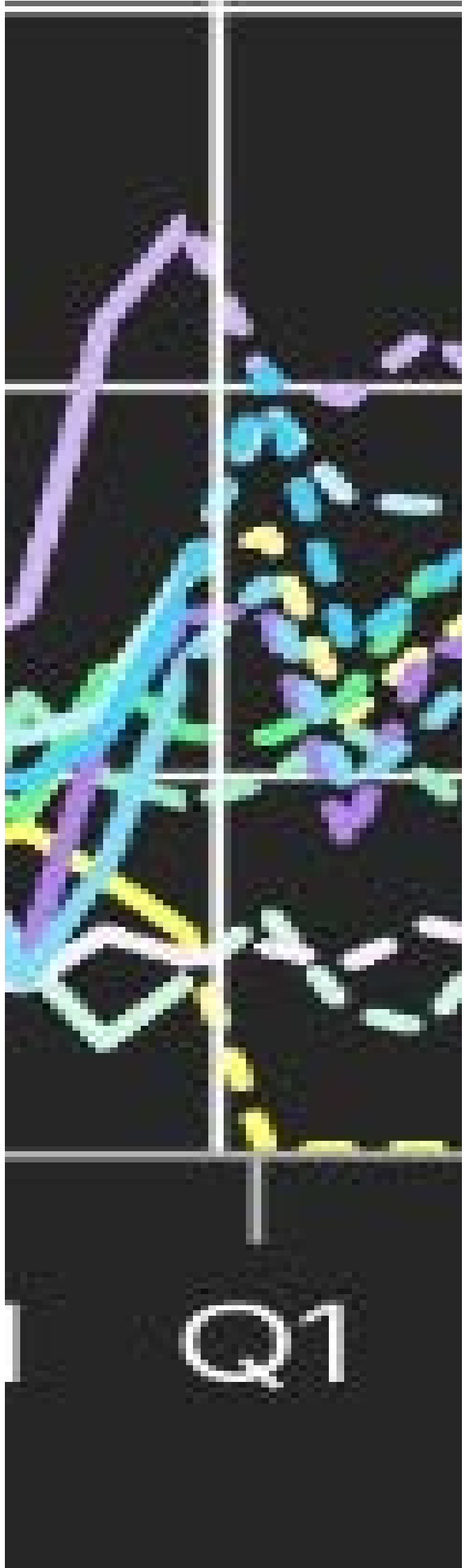
자료: 각상언더불어민주당의원 한국전력

현재 그리고 앞으로의 전망?

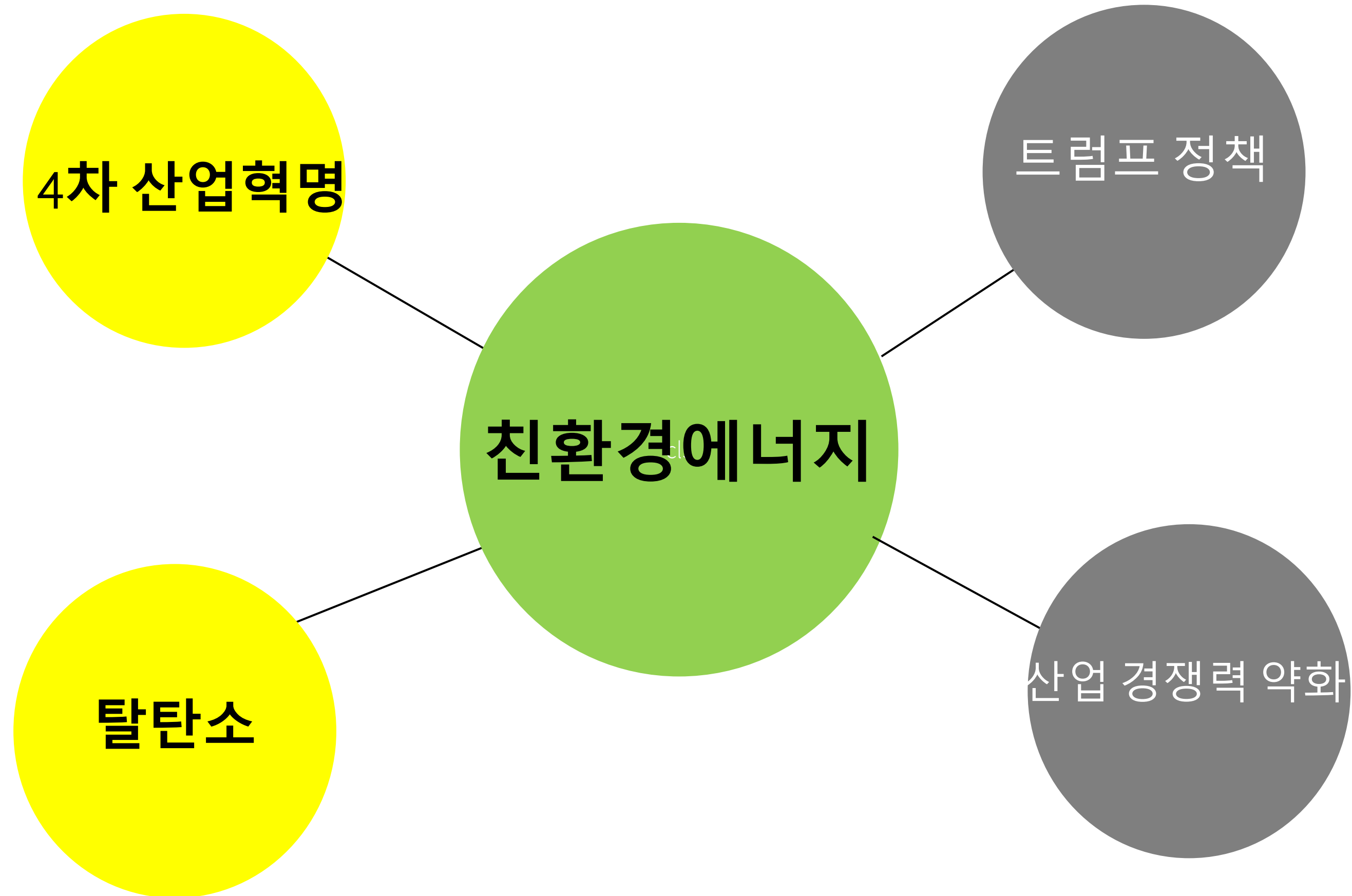
전기 가격과 산업 경쟁력



- Germany ● France
- United Kingdom ● Spain
- Italy ● United States
- Japan ● Australia
- Nordics ● India
- EU average



현재 그리고
앞으로의 전망?



전기 / 원자력 에너지의 수요가 증가할까요 ?

현재 그리고 앞으로의 전망?

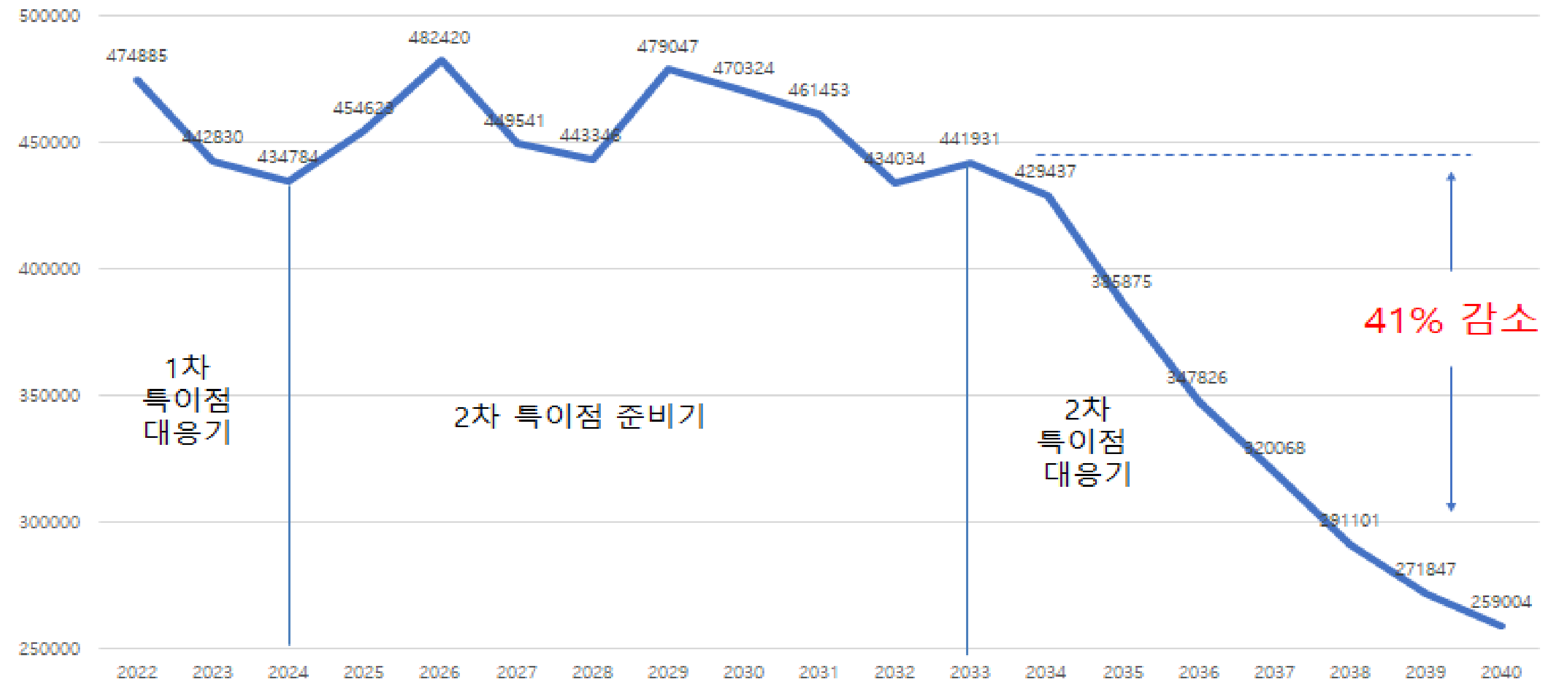
우수 인력의 부족

학생 수 본격 감소 (18세 인구 예상 추이)

우수 인력과 산업 경쟁력

50,000 명에서(1980년)
10,000명 이하 시대로

만 18세 인구 추이 전망(통계청, 2022)



현재 그리고 앞으로의 전망?

우수 인력과 산업 경쟁력

우수 인력의 부족 – 고등 교육의 부실

교육단계별 연간 학생 1인당 공교육비(2020)

(단위: \$(미국달러의 PPP 환산액), %)

구 분	초등학교 과정		중학교 과정		고등학교 과정		고등교육 과정	
	학생 1인당 공교육비	학생 1인당 공교육비/ 국민 1인당 GDP	학생 1인당 공교육비	학생 1인당 공교육비/ 국민 1인당 GDP	학생 1인당 공교육비	학생 1인당 공교육비/ 국민 1인당 GDP	학생 1인당 공교육비	학생 1인당 공교육비/ 국민 1인당 GDP
한 국	13,278	30	14,805	33	19,239	43	12,225	27
프랑스	9,673	20	12,139	25	16,266	34	18,880	39
독 일	11,587	21	14,197	25	18,098	32	20,760	37
일 본	10,057	23	11,618	27	12,458	29	19,676	46
영 국	12,513	26	12,716	27	14,539	30	29,534	62
미 국	14,321	22	15,302	24	16,775	26	36,172	57
OECD평균	10,658	23	11,941	25	12,312	26	18,105	38

자료: <https://kess.kedi.re.kr>(접속일: 2024년 1월 12일)

현재 그리고 앞으로의 전망?

인재 부족 이미 매우 심각

✓ 이공계 대학 졸업생의 국제 경쟁력은 ?

- 대학 교육의 혁신
- 우수 외국 학생의 유치
- 산업체의 자체 교육 강화

✓ 기술 혁명 주기가 일하는 기간 (30-35년) 보다 짧은 문제점 ?

- 교육 방법의 혁신 - 스스로 그리고 토론을 통한 학습

'공대 기피·교육질 저하·인재 유출' 20년간 누적... 삼성 덮쳤다

[삼성전자 실적 부진] 위기의 삼성전자,
안팎 요인 보니

박순찬 기자 유지한 기자

업데이트 2024.10.09. 06:02 ▾



삼성전자가 8일 시장 기대에 크게 못 미치는 부진한 3분기 실적을 내놓으며 이례적으로 반도체 사업 수장인 전영현 DS사업부문장이 직접 사과문을 발표했다. 사진은 삼성전자 화성 반도체 공장 내부 모습. /삼성전자

현재 그리고 앞으로의 전망?

원자력 산업의 특징

- 기계, 전기, 재료, 제어, 건축/토목, 환경 평가 등 종합 엔지니어링 영역
- 진입이 어렵지만 진입 후에는 비교적 독점적 공급자 지위
- 정부 규제의 영향이 매우 큰 산업

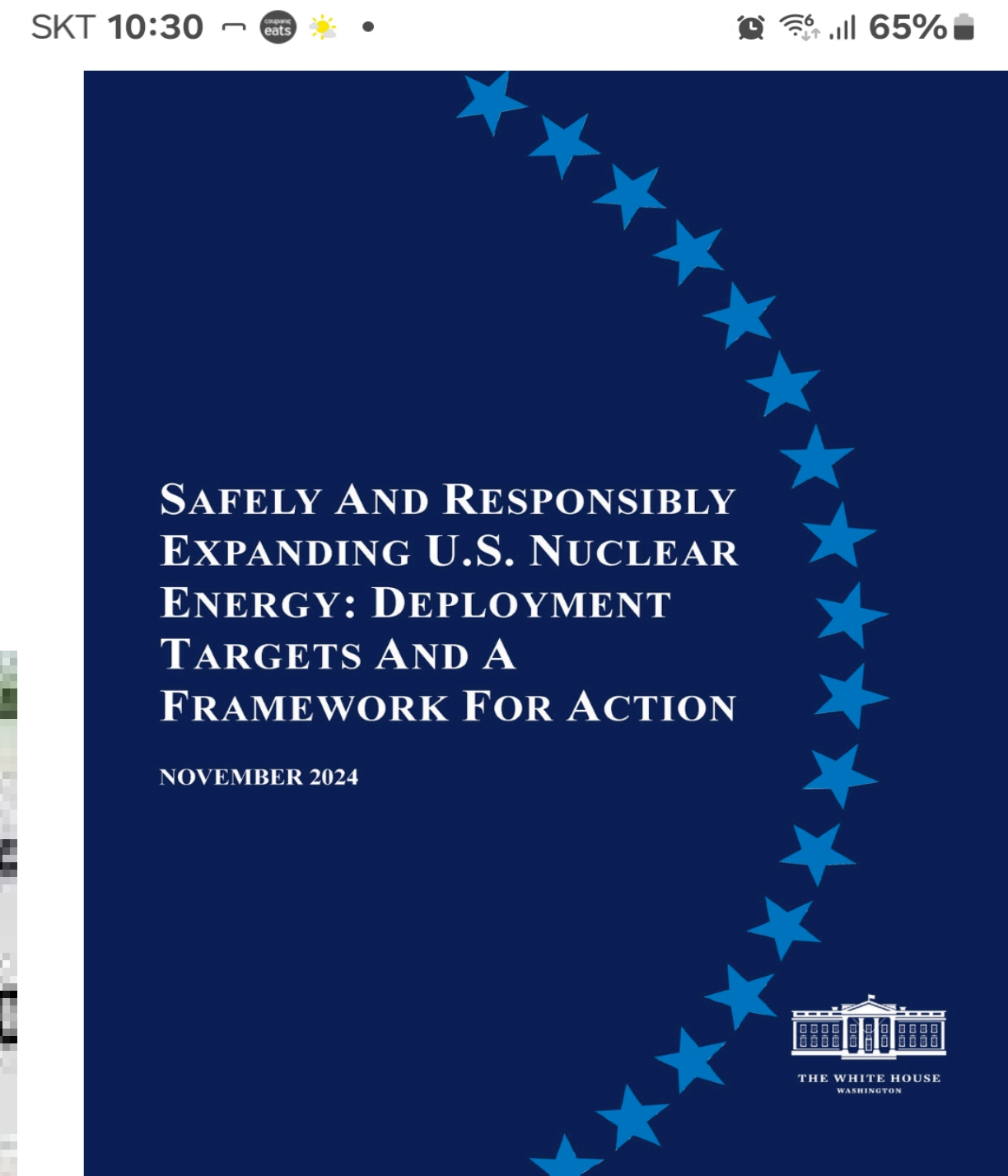
대한민국 원자력 산업의 특징

- 건설을 제외한 대부분이 독점적 산업
- SMR 개발에 여러 회사가 외국 개발회사에 참여
- 독점적 수요자 -> 국외 수요 증가, 국내 여건 변화 가능성

같이 가야 할 길

원자력 산업 국제 전망

- Triple Nuclear Energy by 2050
- 70 - 80 여 개의 SMR이 개발 중이거나 계획 중임
- 대형 원전의 수요는 계속 증가할 것임
(국제적 경쟁력 유지를 위한 전략 필요)
- 소수의 공급국
(한국, 미국, 프랑스, 중국, 러시아)



As the United Nations' COP29 climate summit kicked off this week, President Biden's administration laid out plans to add 200 GW of nuclear power in the next 25 years through a combination of new reactor deployment, plant restarts, and upgrades at existing sites.

The added nuclear would triple the nation's current capacity, which stands at around 100 GW.

같이 가야 할 길

국내 원자력 산업

- 국내 산업 경쟁력의 가정 중요한 기반
- 비싼 산업용 전기료의 유일한 해결 방안
- iSMR 개발 및 건설 (인허가)
- 대형 원전 국제적 경쟁력 유지를 위한 전략 필요
- **다수 공급자, 다수 수요자 시대로의 진입**

원자력 발전

Preparation
for Nuclear Energy



Joining IAEA
Research Reactor

Introduction
of Nuclear Power



Construction
of Kori #1

Promoting
Localization



Establish
Localization Plan

Technology
Self-reliance



OPR1000, Hanaro
Development

Advanced Tech.
Development



APR1400
Development

Export of
APR1400



APR1400
Export

1960s

1970s

1980s

1990s

2000s

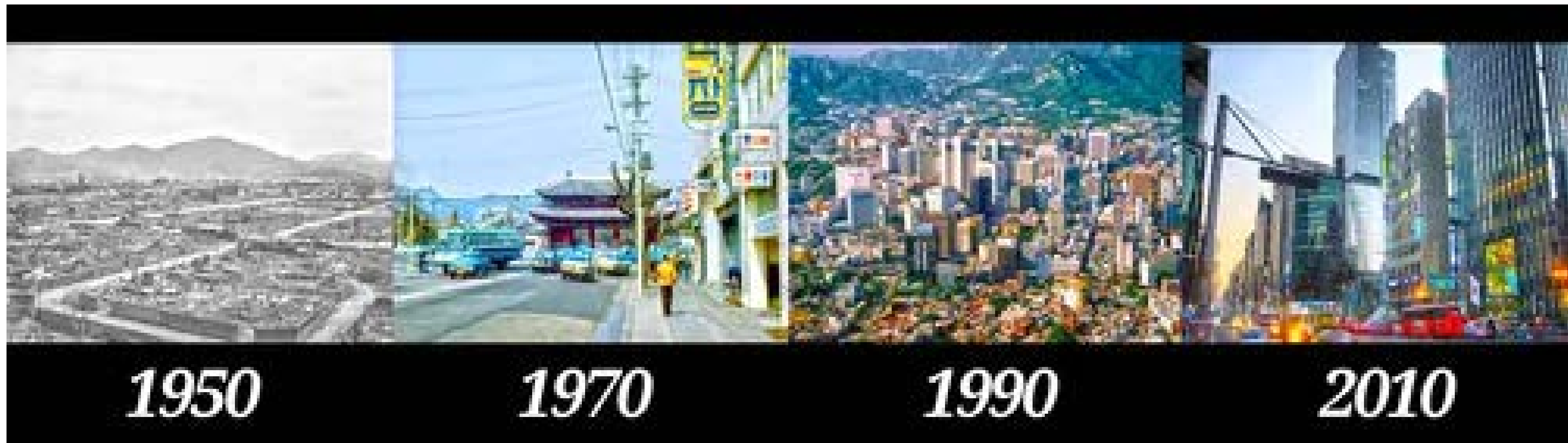
2010~

?

같이 가야 할 길

원자력 인재 특성

- 원자력 산업은 고급 엔지니어링 산업
(건설을 제외하면 노동 집약적 산업이 아님)
- 종합 엔지니어링 능력이 필요한 인재 필요
- 최신 기술의 폭 넓고 신중한 접목이 요구됨
- 국제적 마인드와 국제 경쟁력 필요



같이 가야 할 길 (우수한 인재)

원자력 우수 인재 양성
(인력 부족 시대에 어떻게 인재를
원자력 산업으로 유도)

교육을 통해 기술을 배우던 시대에서
기술을 통해 교육을 하는 시대로...



A reactor operator retrieves a sample can from the MURR, as seen from above. (Photo: University of Missouri)

The University of Missouri announced today that it has signed a \$10 million contract for the initial design phase of the \$1 billion-plus state-of-the-art NextGen MURR research reactor project.

The contract was signed with a consortium that includes Hyundai Engineering America, the Korea Atomic Energy Research Institute, Hyundai Engineering Company, and MPR Associates for the initial design and licensing of the new reactor. It marks the first time the Korea-based companies

같이 가야 할 길 (우수한 인재)

어린 시절부터 원자력 분야에 관심을
가지도록 유도

- 첨단 기술을 이용한 원자력 강의 초, 중, 고에 대폭 확산
- 원자력 역사과학관 건립



같이 가야 할 길 (우수한 인재)

대학에서의 교육

- 첨단 기술을 이용한 교육 과정 전면 개편
- VR, MR 등을 이용한 ON-LINE 강의를 통한 시스템과 요소 기기의 이해 증가 및 각 대학간 협동 강의
- 산업체와의 적극적 협력들 통한 교재 개발 및 시설 준비
- 소통을 통해 공감대를 이끌어 내고 최적의 합의를 도출하는 교육
 - 평가를 안 하거나 개인 평가를 최소화하고, 소통과 배려, 포용을 통해 최적의 합의점을 찾는 교육
 - AI를 이용한 발표와 토론 평가



같이 가야 할 길 (우수한 인재)



산업체에서의 교육

- ✓ 원자력 비 전공자들에 대한
원자력 교육 강화
- ✓ 입사 전 인턴 교육을 신설하여
충분한 교육 후 정사원 임명
- ✓ 대학 및 산업체 간 협력을 통해
공동 과목 교재 및 프로그램 개발

같이 가야 할 길 (우수한 인재)

소통 교육의 강화

과학고	수학	과학	영어	국어
GPA와의 상관계수	0.040	-0.052	-0.235	-0.200
유의수준 (0.05 이하여야 유의미함)	0.516	0.400	0.000	0.001

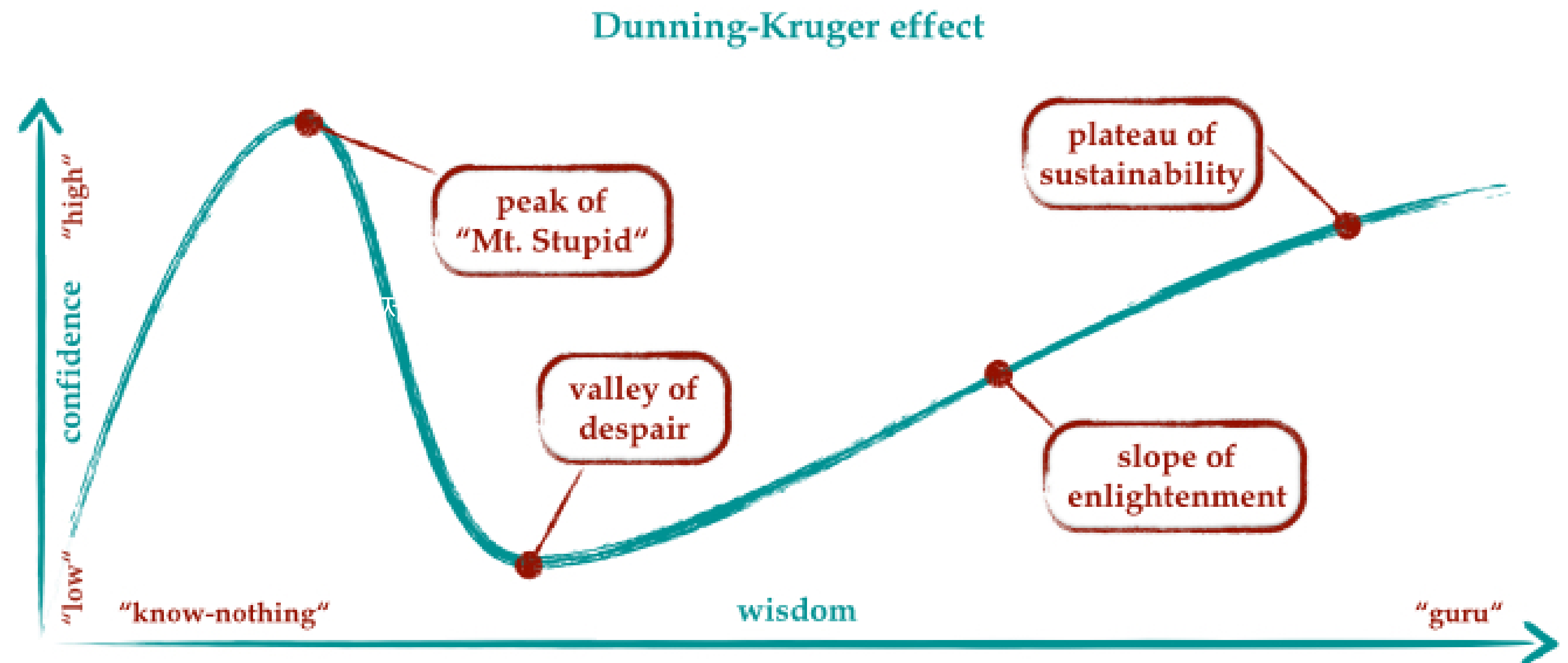


식당 매니저 케이시 진(Casey Zin)은
식사 시간만큼은 핸드폰 없이도
온전히 즐길 수 있다는 사실을 알려주고자
이런 정책을 펴게 됐다고 말합니다.

사진 : 게티이미지뱅크 YONHAP NEWS AGENCY

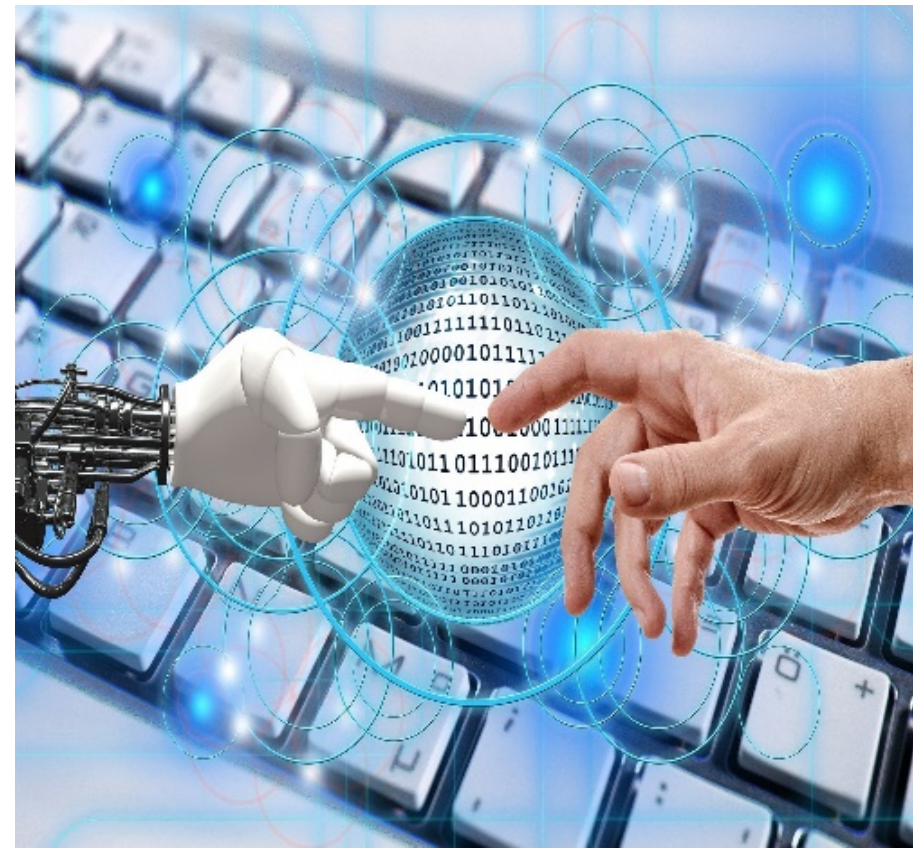
같이 가야 할 길 (우수한 인재)

소통 교육의 강화



<http://www.understandinginnovation.wordpress.com>

같이 가야 할 길 (우수한 인재)



HUMAN
+
MACHINE

Forbes

SMALL BUSINESS

Combining Intelligence: How People And AI Can Collaborate

F Jerry Levine Forbes Councils Member
Forbes Business Council COUNCIL POST | Membership (Fee-Based)

Apr 26, 2022, 09:30am EDT

Jerry Levine is Chief Evangelist & General Counsel at ContractPodAi. He helps guide global client success and shape overall product vision.

기계와의 소통 또한 AI를 비롯한
기계 각각의 특성을 이해하고
이에 맞는 소통 방식을 찾아야 한다.

같이 가야 할 길 (최첨단 기술)



신기술의 과감한 도입과 타분야와의 협력

- ✓ 첨단 기술과의 신속한 융합
- ✓ 신속함과 함께 신중하고 체계적인 검증
- ✓ 타분야와의 협력과 융합 교육

창의성

Creativity is just connecting things.

They've had more experiences or they have thought more about their experiences than other people.



같이 가야 할 길 (최첨단 기술)

신기술의 과감한 도입과 타분야와의 협력
(인공지능)

- ✓ AI의 적극적 도입과 신중한 검증
- ✓ AI 사용에 대한 규제 원칙과 검증 요건 개발
- ✓ 운영실의 방대한 정보와 대응은 적절한가 ?

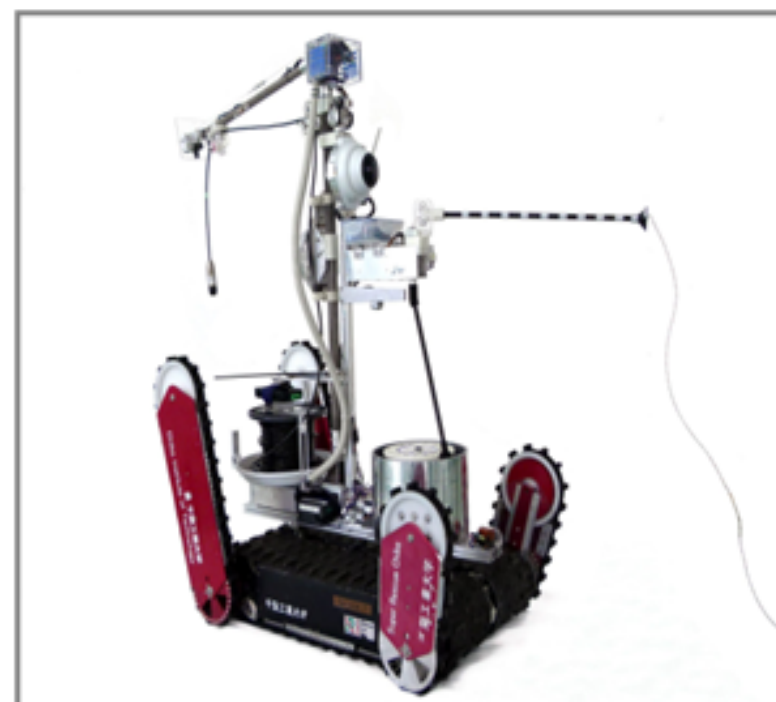


같이 가야 할 길 (최첨단 기술)

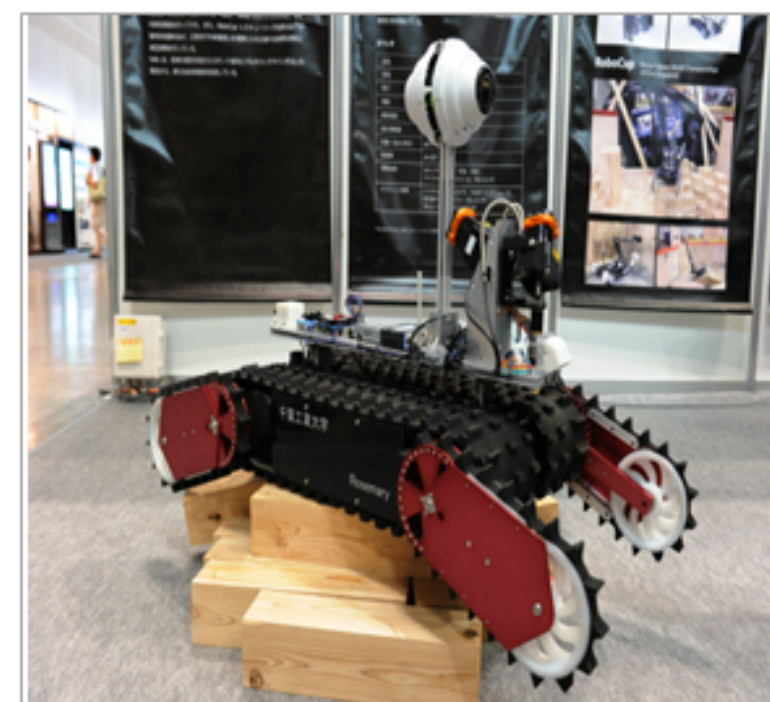
신기술의 과감한 도입과 타분야와의 협력(ROBOT)

후쿠시마 원전 사용 로봇 특징(지상)

- 후쿠시마 다이이치 원전 내의 로봇 사용 환경
 - 옥외: 초기에는 고선량 구역 다수, 잔해물로 인해 주행 곤란
 - 원자로 건물내: 고온, 고습도, 고선량 구역 다수, 비정형 환경
무선 통신 불가, 한정된 활동 공간(비좁음)
- 로봇 사용 필수 고려사항
 - 방사선 차폐 필수 및 험로 주행 성능(급한 경사, 잔해물 등)
 - 유선통신 사용 (무선통신의 단절, 무선통신용 중계시스템의 한계)
 - 현장의 행동 경로/공간 크기 정보 참조 후 전용 설계 필요
 - 로봇 고장시 회수 방법(방치되면 내부 장애물로 타 작업 지장)
 - 사전 모의실험 (JAEA 원격기술센터, 로봇필드테스트센터 활용)



원자로 내부 조사로봇(Quince1,2,3)



원자로 내부 조사로봇(Rosemary)



원자로 내부 조사 로봇(Sakura)



드라이아이스블라스트제염로봇



흡입,블라스트제염로봇(MEISTER)



고압수 제염 로봇(Arounder)

같이 가야 할 길 (최첨단 기술)

신기술의 과감한 도입과 타분야와의 협력(ROBOT)

수중 펌프 제거로봇

Girona 500 AUV(스페인 Girona 대학교)



- 수중 시설의 검사 및 유지보수를 위한 로봇 시스템
- 광학 및 소나 정보를 이용한 물체 인식 및 회수 연구 수행
- 수중 구조물에 부착/고정되어 정밀제어하기 위한 로봇 및 외장 설계 필요

수중 정밀 로봇

PackBot(미국, iROBOT)



- 극한환경에서 기동성에 기반한 임무 수행을 목표로 개발
- 800m 원거리에서 로봇 이동 및 매니퓰레이션 조작 가능
- 후쿠시마 사고원전 조사에 가장 먼저 성공하였으며, 고방사능에 의한 고장남

수중 모니터링/비상대응로봇

KOKS SAKAL(네델란드 KOKS Robotics)

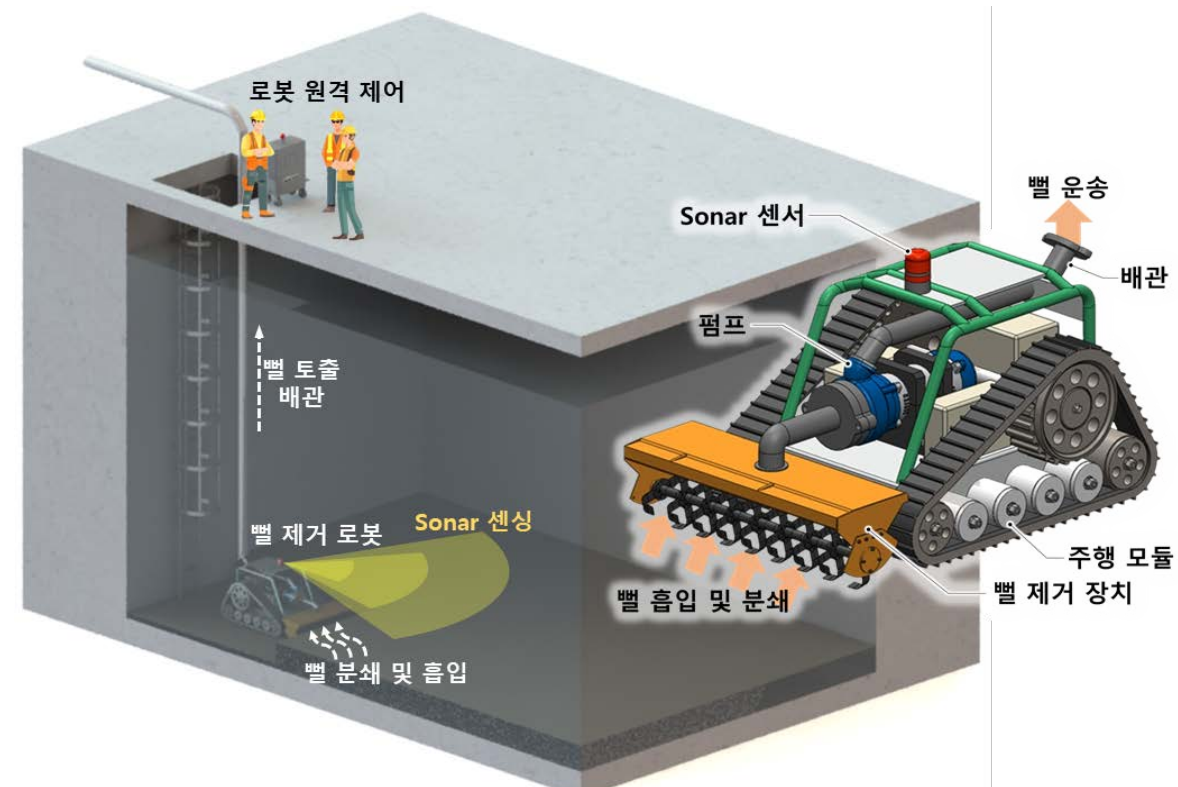


- 원전 저수조 및 배수조의 폐기물 청소를 위해 개발된 대형 로봇
- 광학 카메라만을 이용한 환경 인식으로 고탁도 수중환경에는 적용에 제약 있음

1. 취수구 뱀 제거로봇

KIRO 한국로봇융합연구원
KOREA INSTITUTE OF ROBOTICS & TECHNOLOGY CONVERGENCE

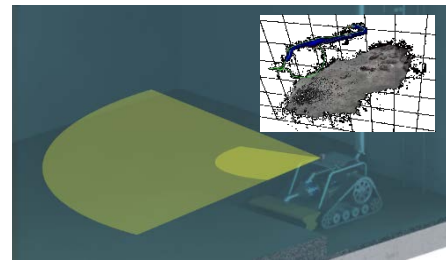
POSTECH



1. 발전소 펄 제거 로봇



2. 탁도 환경 지도 생성기술



3. 펄 제거 로봇 원격 관제 기술

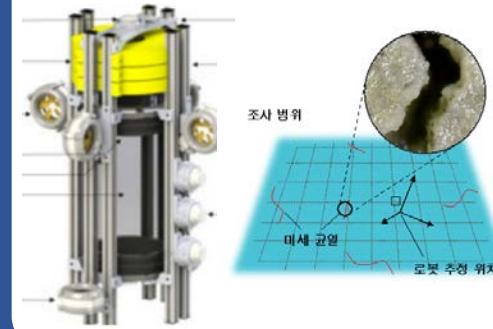


2. 수중 정밀 로봇

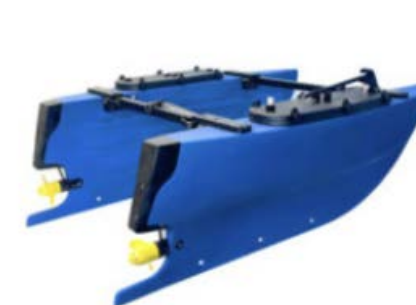
POSTECH



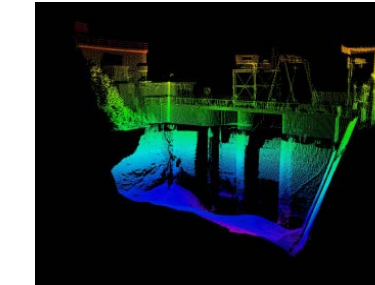
1. 수중 정밀작업 로봇



2. 협소공간 전용 수상지원로봇



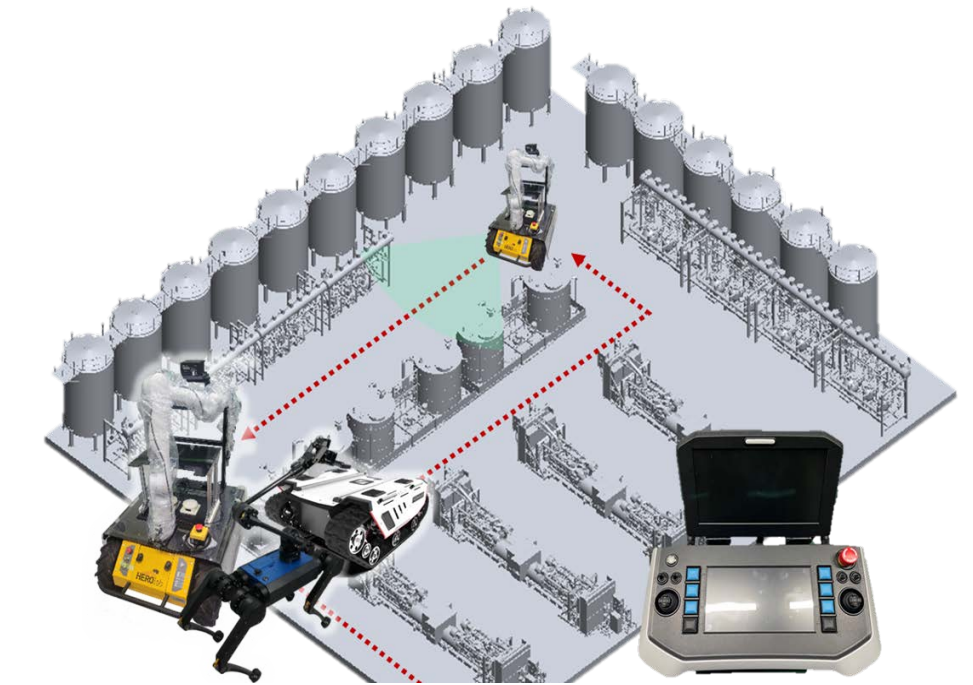
3. 수중 3차원 안전검사



3. 모니터링/비상대응로봇

KIRO 한국로봇융합연구원
KOREA INSTITUTE OF ROBOTICS & TECHNOLOGY CONVERGENCE

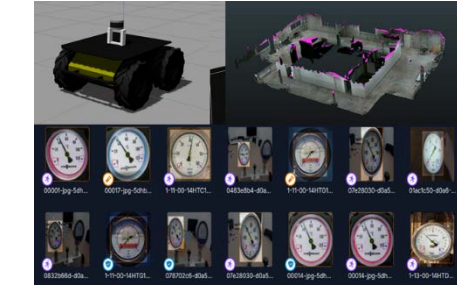
POSTECH



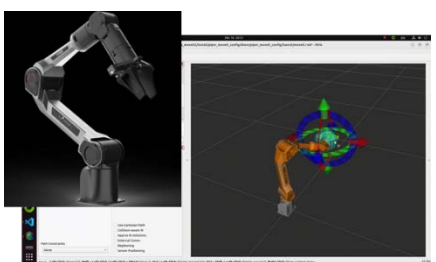
1. 이동 로봇 플랫폼



2. 안전점검 기술



3. 비상상황대응 기술

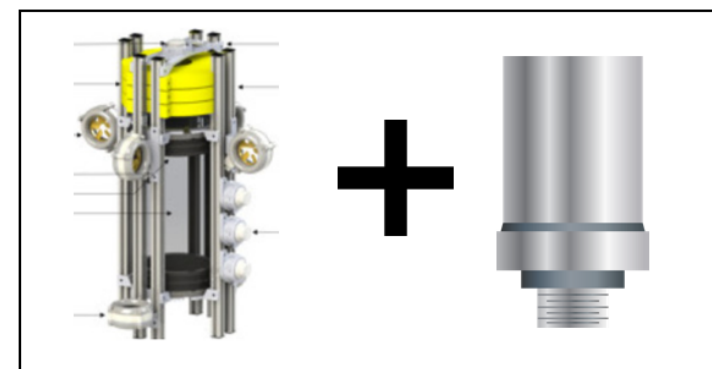


4. 미래로봇 기술 개발

기관특화과제

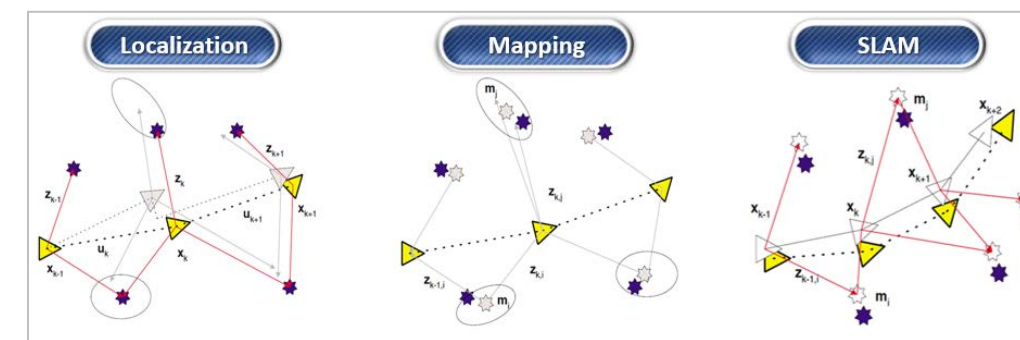
: 3대 로봇에 탑재 가능한 기술 개발
(각 기관별 핵심요소 기술 개발)

초음파 비파괴검사 시스템



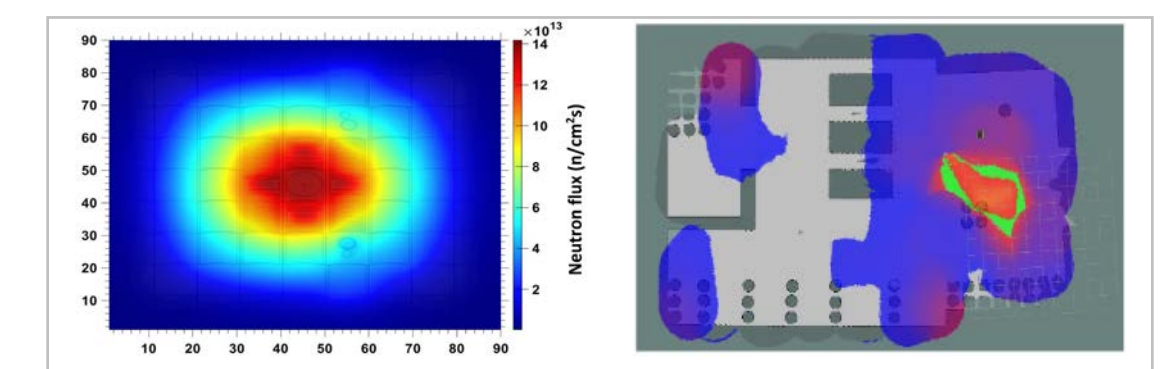
POSTECH

발전소 특화 위치 인식 기술



KAIST 한국과학기술원

방사선 차폐 및 내열 기술



경희대학교

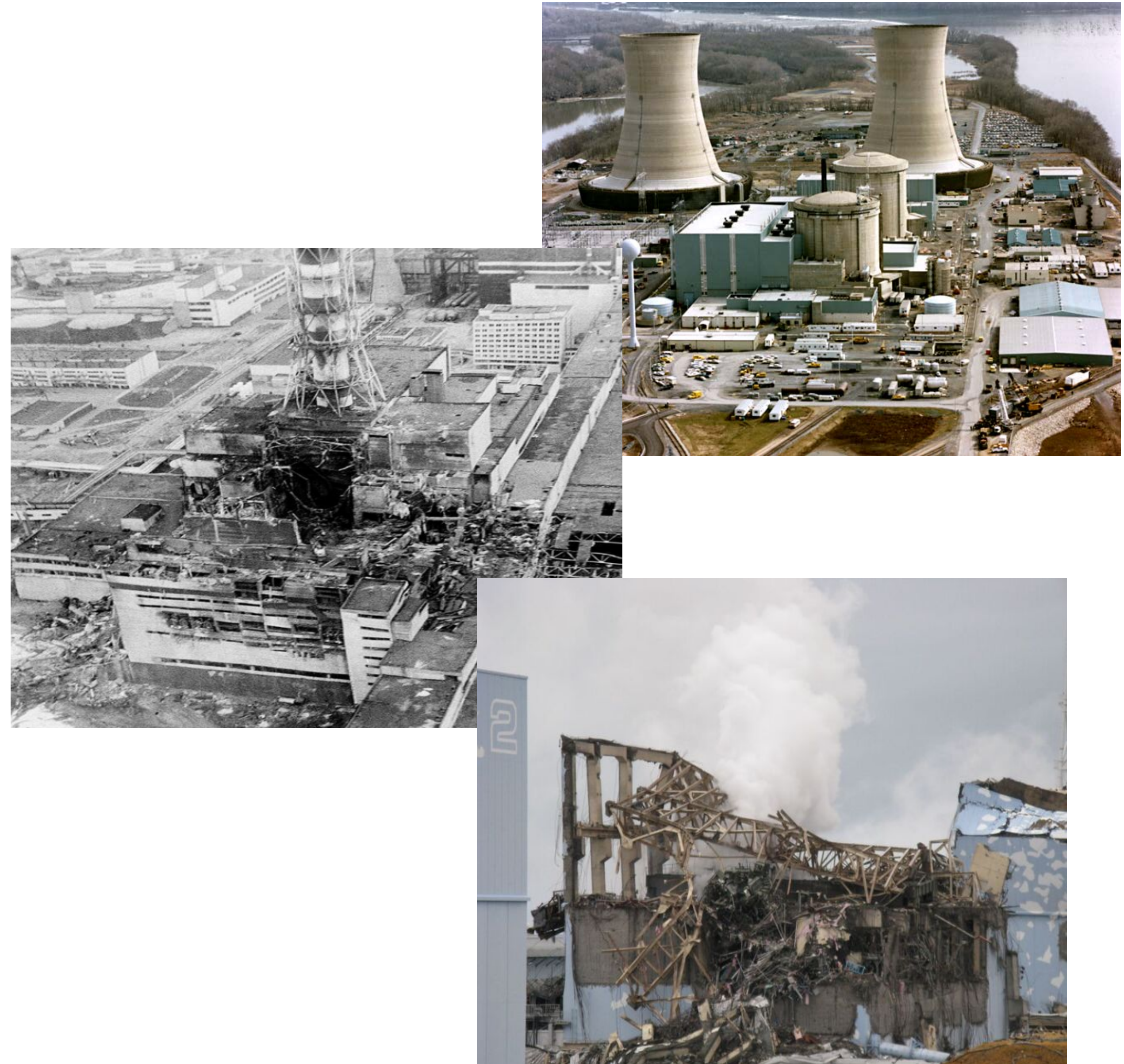
같이 가야 할 길
(최첨단 기술)

AI와 ROBOT의 결합

같이 가야 할 길 (합리적 규제와 안전)

누구나 공감할 수 있는 안전 확보

1. 스스로 지키려는 안전 문화 확립
2. 이해할 수 있는 원자력 안전 규제



같이 가야 할 길 (합리적 규제와 안전)

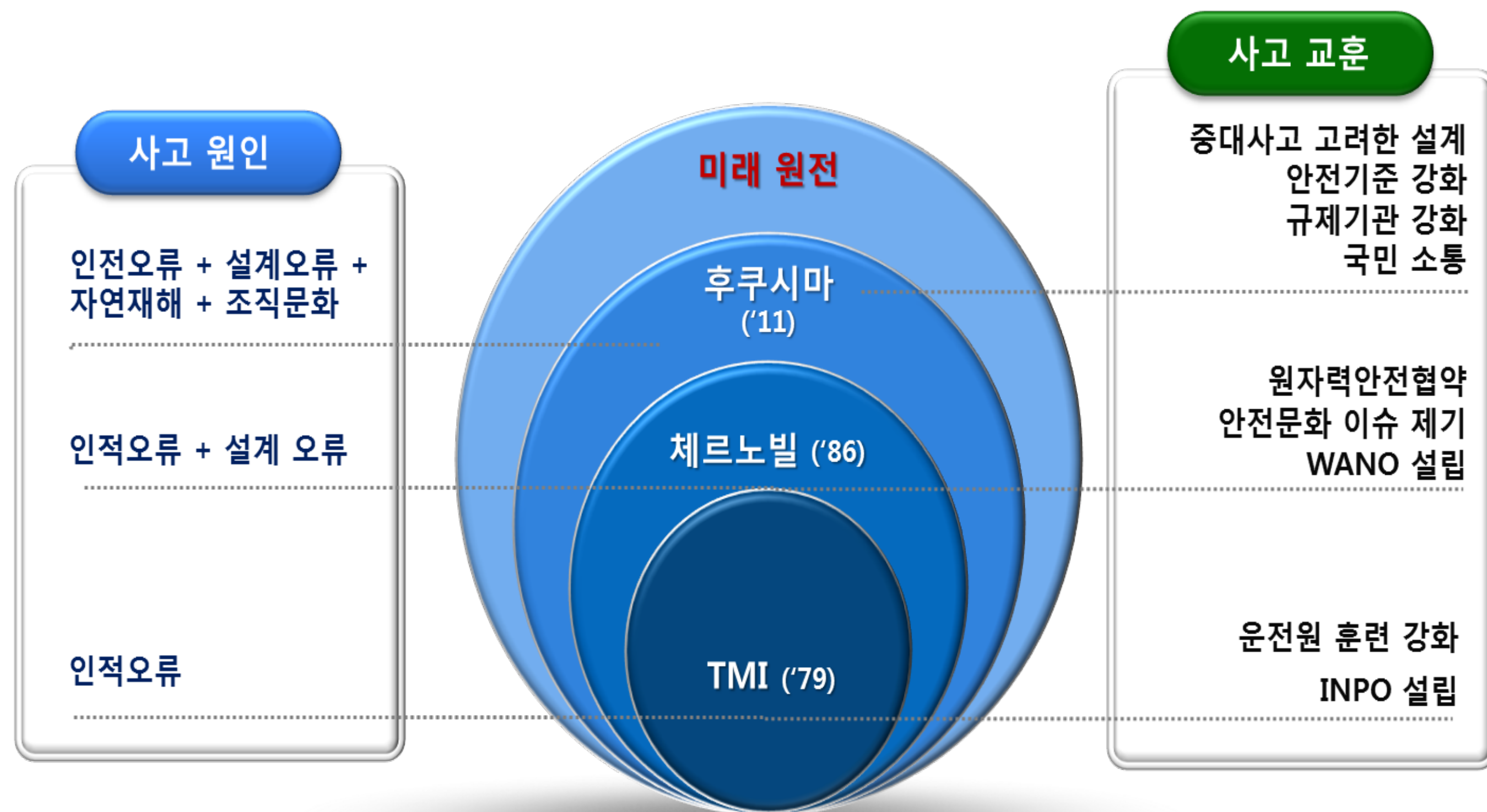
스스로 지키려는 안전 문화 확립



사건 · 사고의 교훈

과거 사고로 부터 교훈 반영 및 기술개발을 통한 안전성 보강

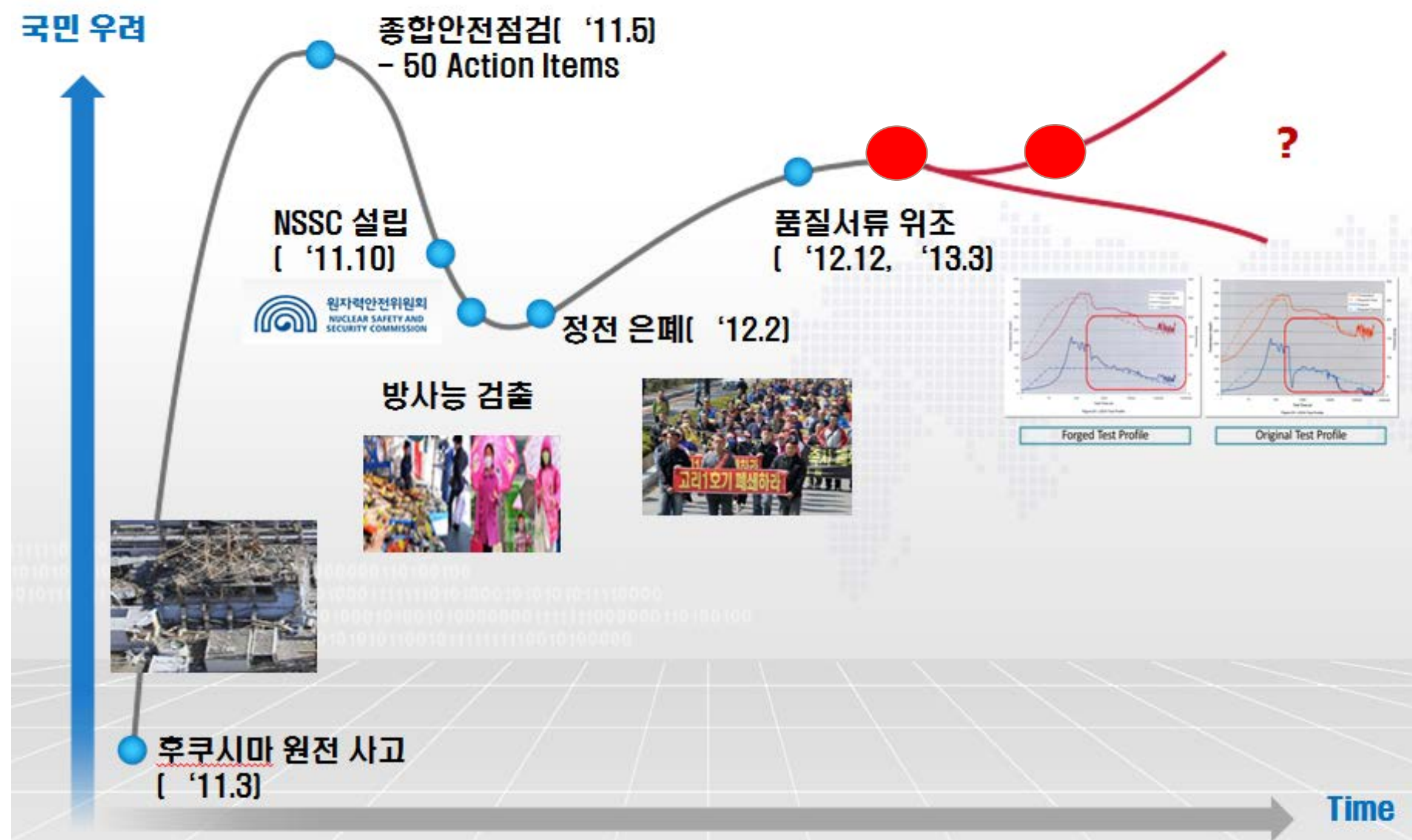
Yukiya Amano said "Nuclear safety is stronger than it was a year ago."



INPO : Institute of Nuclear Power Operation
WANO : World Association of Nuclear Operators
(Beyond Bords, United for Safety)

같이 가야 할 길 (합리적 규제와 안전)

이해할 수 있는 원자력 안전 규제



정전 은폐 사건

- ❖ 내부 감독 시스템의 한계
- ❖ 원자력안전에 대한 신뢰 회복의 어려움
- ❖ 안전 관련 조직 의사결정 체계의 문제
(안전보다 국민여론)
- ❖ 안전문화와 경영진 안전 리더십의 중요성

품질 문서 위조

- ❖ 작은 노력을 소홀히 한 결과 : 나비 효과
- ❖ 산업계 자율 책임 제도(규제완화)의 한계
- ❖ 효율(성장)중심에서
안전(기본) 최우선 사회로 변화

같이 가야 할 길 (합리적 규제와 안전)

스스로 지키려는 안전 문화 확립

**공자가 죽어야
원자력이 산다.**
(나라와 회사에 대한 충성이 아니라
안전에 대한 충성이 필요)

잠재 요인



- 자원관리 (인원, 예산, 장비 등)
- 조직풍토
- 운영과정

잠재 요인



- 부적절한 감독
- 부적절한 계획수립
- 감독자 위반

간접 요인



- 부적절 실행상태 (신체, 정신, 생리적)
- 업무부하/스트레스

**We tend to
focus here**

직접 요인



- 오류 (기술, 지각, 의사결정 등)
- 위반 (통상적, 예외적)

**We need to
focus here**

같이 가야 할 길 (합리적 규제와 안전)

이해할 수 있는 원자력 안전 규제



규제기관의 프로세스는 예측 가능하여야 한다.

- 기술 기준에 대한 해석 및 적용
- 소요되는 기간

규제 기관과 피규제자는 상호 보완적
노력 필요

- 강화된 기술 중심의 소통과 공개 토론
- 피규제자의 노력 결과에 따른 인센티브(?)

(성능기반, 발전소정비체계(Equipment
Reliability Program))

같이 가야 할 길 (합리적 규제와 안전)

이해할 수 있는 원자력 안전 규제



규제기관의 안전 확보를 최우선으로
신속한 규제를 위한 노력이 필요

- 임계 후 재가동 절차
- 안전관련중요사건을제외한원자로정지 후 재가동
- 안전 중요도에 따른 현장 또는 KINS 및 사무처,
원안위 회의 등에서 다룰 사안 재검토 필요

계속 제기되는 현안에 대한 적극적인 소통노력

- 계속 운전, RIR, SMR
- 규제 기관이 선제적으로 일을 할 수 있는 인원과
예산 지원

미래에 제기될 사항에 대한 선진 규제 기술 확보로
국제적 리더십 확보

- AI, ROBOT 분야 등에 대한 규제 연구 필요
- 수출 및 수입을 위한 규제 분야의 준비
(특히 언어 문제에 대한 준비)

같이 가야 할 길 (합리적 규제와 안전)

이해할 수 있는 원자력 안전 규제



국민과 규제 기관으로부터 산업체의 신뢰 확보

- 안전 최우선의 안전 문화
- 은폐 사건의 기억을 완전히 잊혀지도록 하는 공개 정책 (애매할 때는 무조건 공개)

엔지니어링 중심의 규제 대응 및 소통

- 상호 이해를 위해서는 엔지니어링 중심의 소통
- 예상되는 필요 기술에 대한 선제 적 연구

끝내며.....

미래는 산업 경쟁력 회복에 달려 있으며,
원자력 산업은 이를 위한 출발점이다.

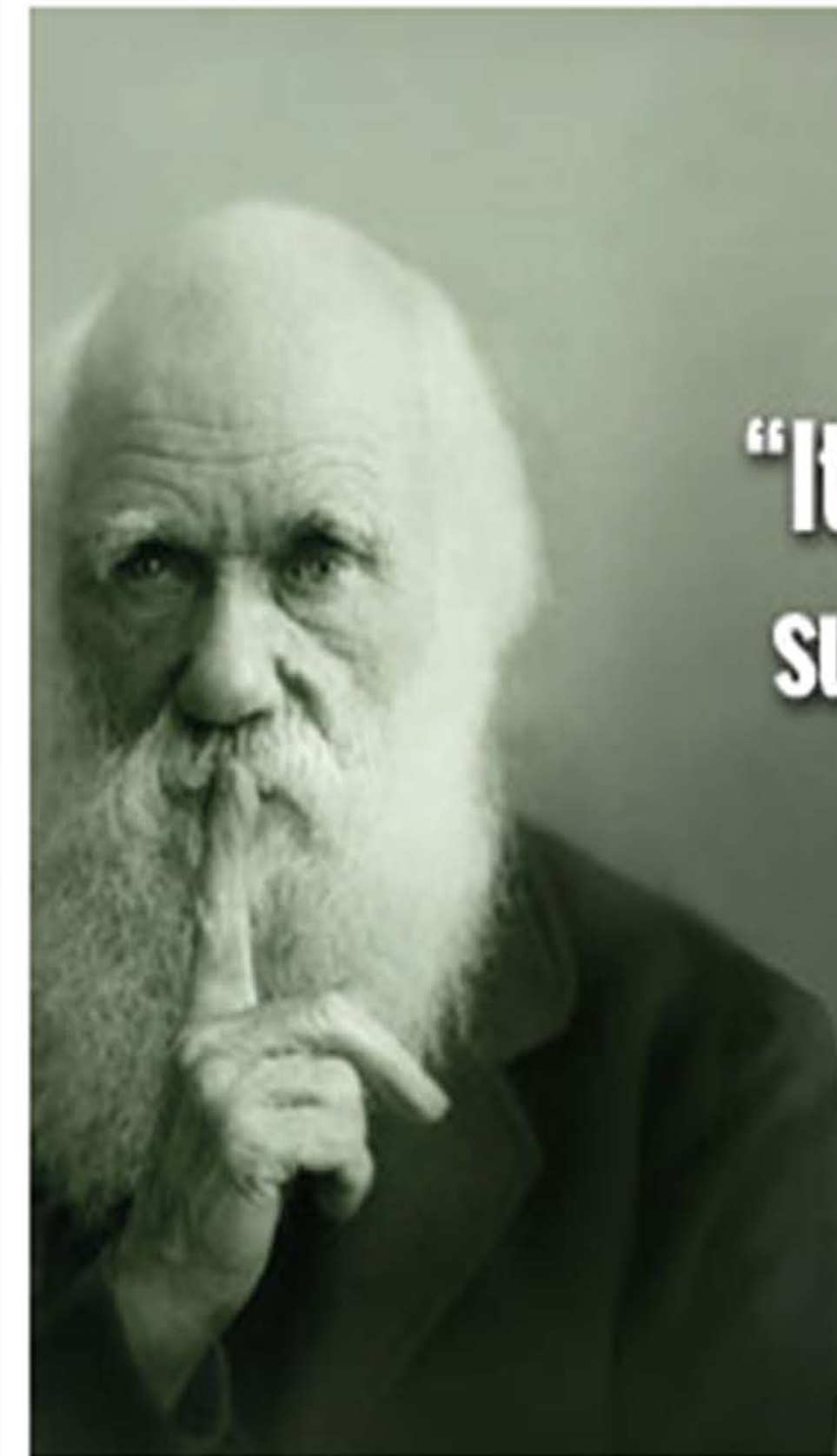
기업 경쟁력 강화를 위한 산업용 전기요금 부담 완화방안

2025. 3.

◀ 목 차 ▶

1. 검토배경	1
가. 최근 대내외 경제 상황	2
나. 산업용 전기요금 인상 추이	2
2. 산업용 전기요금 인상에 따른 기업 부담 및 대응 현황	4
3. 기업 경쟁력 강화 및 전기요금 부담 완화를 위한 4대 제도개선 과제	8
가. 실제 수요에 맞는 계절별·시간대별 요금제 개선	8
나. 부하율이 안정적인 업종에 대한 별도 요금제 시행	11
다. 소비자 보호장치 강화	12
라. 산업용 전기 기본요금 부과방식 개선	14

끝내며.....

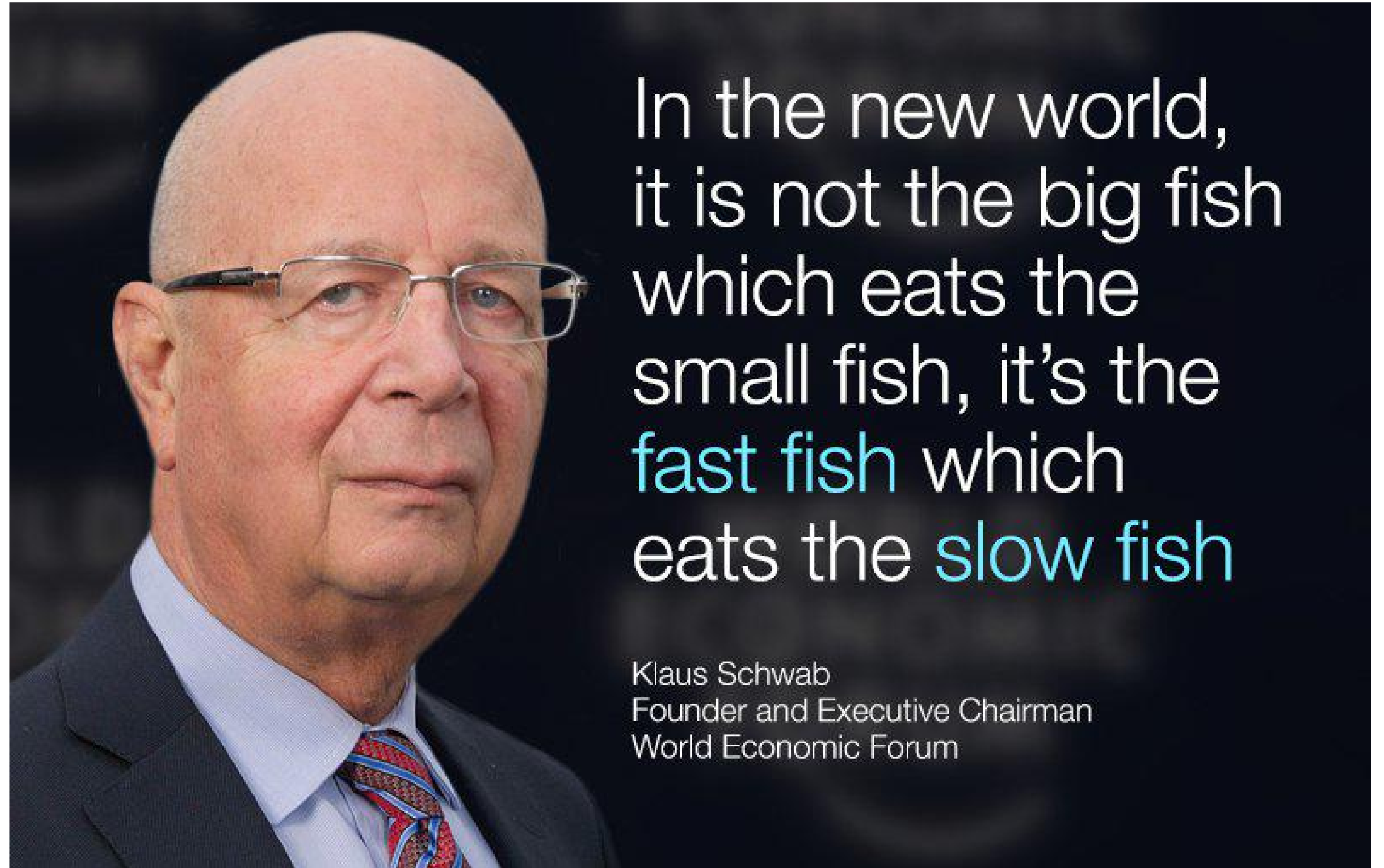


“It is not the strongest of the species that survive, nor the most intelligent, but the one most responsive to change”

- Charles Darwin

LeadershipQuote.org

끝내며.....



In the new world,
it is not the big fish
which eats the
small fish, it's the
fast fish which
eats the slow fish

Klaus Schwab
Founder and Executive Chairman
World Economic Forum

항상
행복하십시오

감사합니다

mhkim@postech.ac.kr



Galaxy S23 Ultra