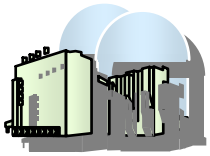


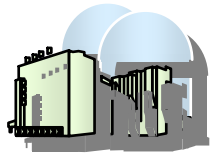
ATOM FOR PEACE

한국원자력학회 2008추계학술발표회

바람직한 우리 원자력의 미래상

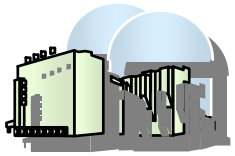
서울대학교 명예교수 강창순

2008년 10월 30일



발표순서

1. 에너지의 동향
2. 원자력 산업 패턴의 변화
3. 원자력의 미래상
4. 요약



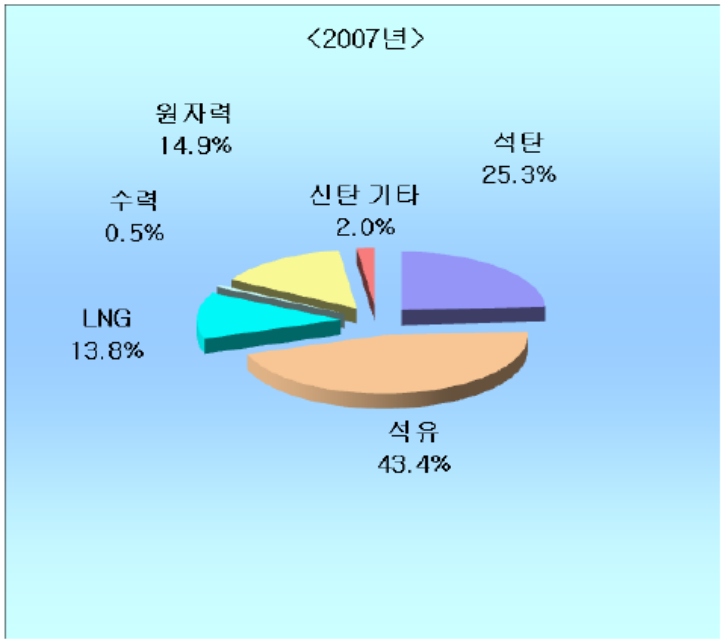
ATOM FOR PEACE

국내외 에너지:
동향

에너지수급 현황

❑ 에너지수입 현황 (2007)

- 수입의존도 : 96.7%
- 원유 중동의존도 : 80.7%
- 에너지수입액 : $ 95 billion
- 에너지수입/총수입 : 26.6%



수입의존: 96.7%

화석연료: 82.5%

에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

에너지 여건변화

1. 신고유가 시대 도래

- 석유시장의 가격기능 작동 미흡

2. 에너지안보 위협 증대

- 자원확보가 에너지 공급차원에서 국가간 패권전략으로 확대

3. 국제 환경규제 강화

- 탄소시장 활성화

에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

에너지비전 2030

에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

원전은 대안없는 대안

❑ 석유 : 단기 가격급등 및 수급불안 지속 전망

- 지속적인 에너지안보 위협요인, 자원확보 경쟁 심화

❑ 천연가스 : 공급여력 부족 전망

- 석유, 석탄 대체공급력 한계, 석유시장 불안이 천연가스 시장으로 이전

❑ 석탄 : 사용제약 전망

- 온실가스 배출 규제강화 및 환경비용 증가

❑ 신재생에너지 : 기후변화협약 대응에 유리

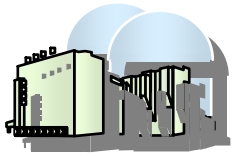
- 낮은 경제성으로 산업화 제약, 특성상 대형전원 불가, Back-up 전원 필요 등 한계

❑ 에너지효율 향상 : 효과 지연 및 한계

- 산업 및 생활구조적 변화 필요, 막대한 비용 수반 (R&D, 설비투자, 가격인상 등)

❑ 원자력은 현실적인 선택, 효과적 대응수단

- 원전확대는 화석연료 공급 및 가격불안에 대처할 수 있는 효과적 방안
- 원전은 온실가스 배출규제에 대응할 수 있는 유력한 수단



ATOM FOR PEACE

세계 원자력:
원전산업 패러다임 변화

세계 원전사업: 패러다임 변화 – 1

"원전건설의 재도약이 확실시 되고 있음."

- 저개발 국가 중심으로, 세계 전력수요가 증가하여, 원전은 2030년까지 현 대비 2배 증가 예상 (IAEA)
- 특히, 최근의 유가 급변동, 지구온난화로 인해, 선진국은 물론 대부분의 저개발 국가에서도 새로운 원전 도입에 특별한 관심을 갖고 있음.

방대한 세계 원전 시장이 예측됨

세계 원전사업: 패러다임 변화 – 2

"전력회사는 투자 위험성을 줄이려고 노력하고 있음."

- 도상에 있는 원전보다는 실제로 건설중에 있거나 가동중인 원전 (예: EPR, ABWR) 에 흥미를 가짐.
- Piece-meal 보다는 Firm-price bidding 을 원함.
- 획기적으로 개선된 확정된 건설공기 (약 46 개월) 제시를 바라고 있음.

세계 원전사업: 패러다임 변화 – 3

"세계 원전시장 선점을 위한 주도권 경쟁이 심함."

선진국 (미국-일본, 프랑스)의 배타적 주도권 경쟁은

"Peaceful, Safe and Secure Use of Nuclear Technology" 를 이용,

"Safeguards, Safety, Security" 를 배타적 도구로 이용하고 있음.

- GNEP (Global Nuclear Energy Partnership) – suppliers and users for safeguards and security purpose
- MDEP (Multi-national Design Evaluation Program) – safety and security review of advanced reactor concepts conducted by selected multi-national group of suppliers
- GNSR (Global Nuclear Safety Regime) – harmony of safety and security between developed and developing countries under IAEA

원자력 공급 업체의 재편:

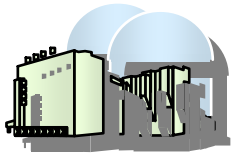
- Toshiba: Westinghouse 원자력부문 인수: AP-1000
- AREVA: Framatome-ANP, COGEMA 등 통합: EPR
- GE-Toshiba-Hitachi Consortium: ABWR, ESBWR

요 약

세계 원전산업의 패러다임 변화:

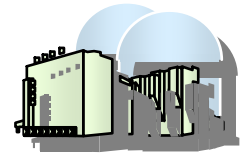
- 원전 건설 재도약 확실
- 유가, 지구온난화로 인해, 방대한 원전시장 예측
- 미국-일본-프랑스 중심으로 배타적 주도권 경쟁 치열

"세계는 원자력의 재도약을 위해 뛰고 있다. 우리는 이에 대응해 나가지 않으면 그 동안에 쌓아 온 우리 원자력산업의 노력은 물거품이 될 것이다."



ATOM FOR PEACE

우리 원자력:
미래상



우리 원자력: 미래상 - 1

"원자력 이용을 과감히 확대한다"

- 장기전원계획에서 원전 점유율을 상향 조정 (APR1400)
  - 현재의 35.5% (2007) 수준에서 80% 이상으로 가능한 빨리
  - 전력 이용: 교통수단에 의한 석유의존도 감축
    - 밧데리 충전 (hybrid 자동차 및 전기자동차)

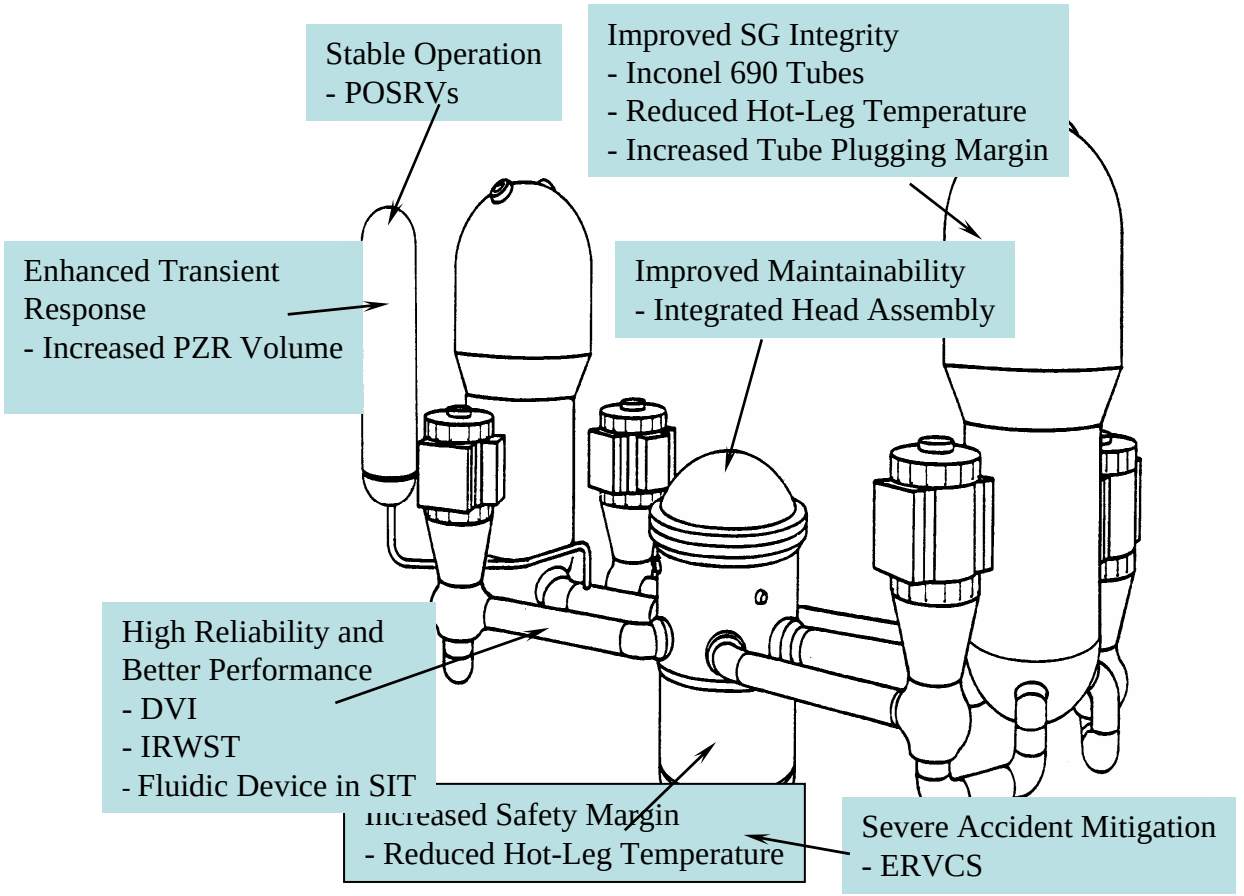
- 원자력의 비전력 분야 확대 이용 (SMART)
  - 지역난방, 해수담수화, 선박추진, 등

ATOM FOR PEACE

APR1400

대형 전력 공급용 신형원자로

- 원자로:
  2-loop 신형 PWR
  (2 S/Gs, 4 RCPs)
- 출력:
  4,000 MWt
  (1,450 MWe)
- 정부 설계인증 (DC):
  2002년 5월 7일
- 첫 호기 상업운전:
  신고리 3 호기
  2013년

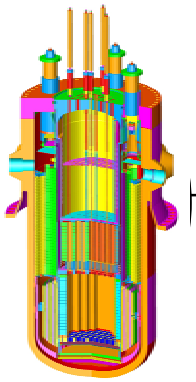


ATOM FOR PEACE

SMART

다목적 중소형로: 해수담수, 지역난방, 선박추진

전력생산 계통

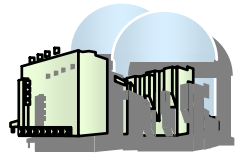


담수화 계통

계통의 개념

- SMART 열출력 : 330 MWt
- 담수공정 : MED
- 담수생산 : 40,000 톤/일
- 전력생산
  - 열효율 : ~ 30%
  - 전력 : ~ 90 MWe

인구 10만 지역 혹은 산업단지
용수 및 전력 공급



ATOM FOR PEACE

우리 원자력: 미래상 - 2

"원자력기술을 수출산업으로 육성한다"

APR1400 경제성 제고로 국제경쟁력 강화

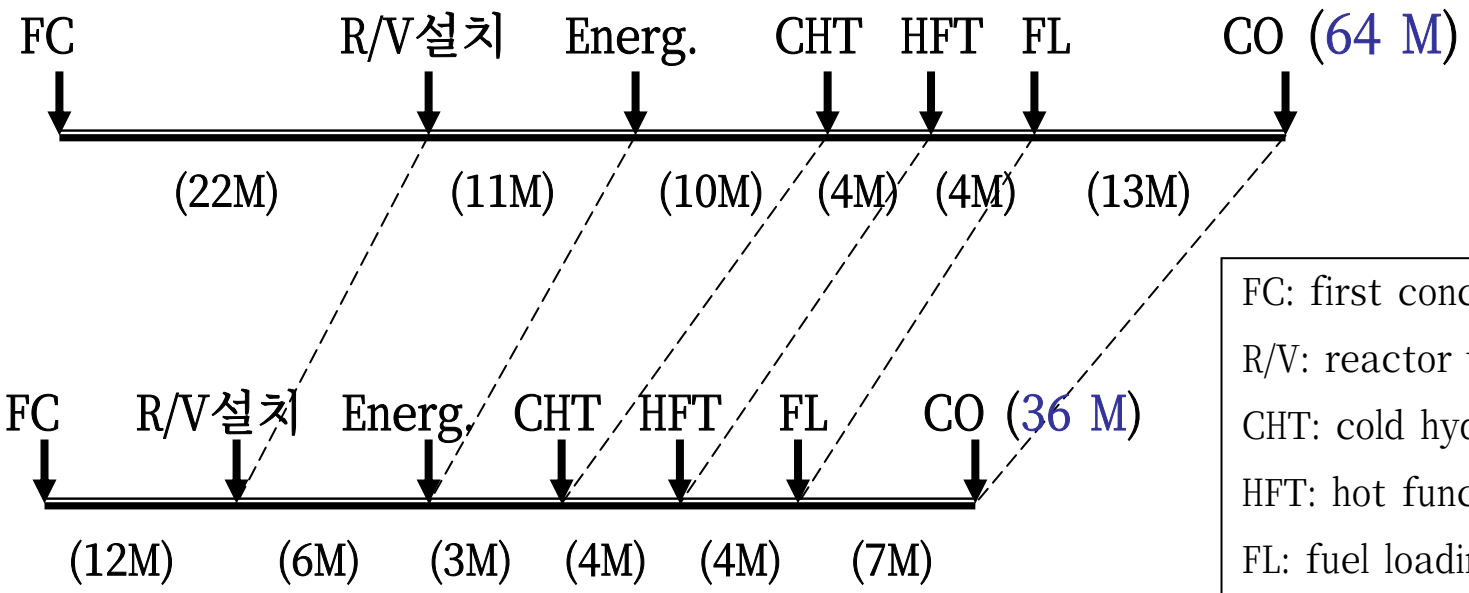
도전과제

1. 복합모듈 시공을 통한 건설 공기단축으로 경제성의 획기적 개선
2. Firm-price bidding (EPC) 에 대비한 수출산업 체계의 구성

도전과제 - 1

APR1400 복합모듈 시공을 통한 경제성 획기적 개선

건설공기 목표 (64 개월 → 36 개월):

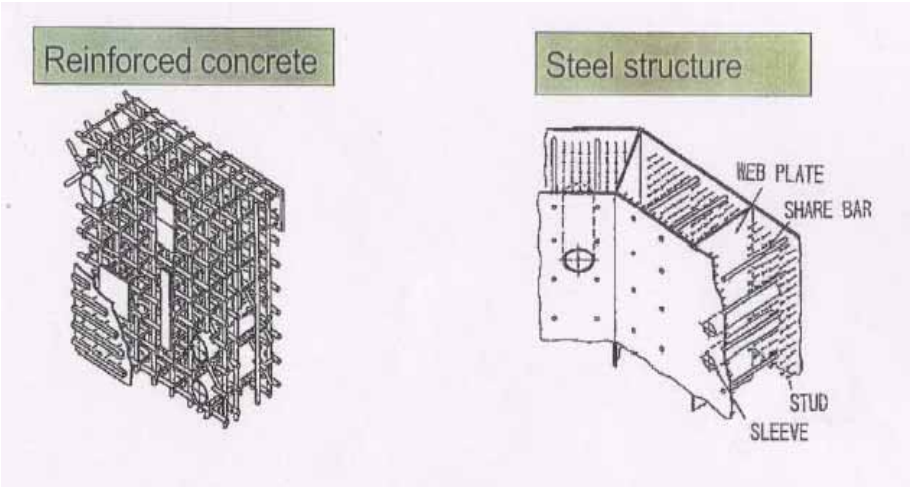


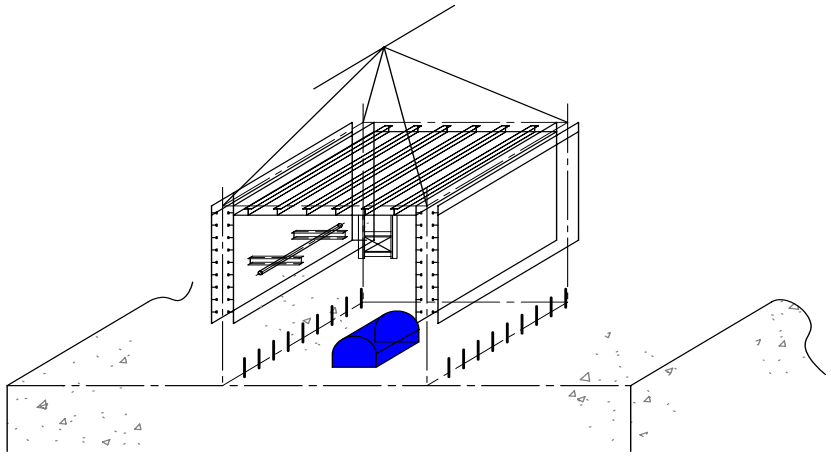
FC: first concrete
R/V: reactor vessel
CHT: cold hydro test
HFT: hot functional test
FL: fuel loading
CO: commercial operation

강판구조(SC)를 사용한 복합모듈 연구

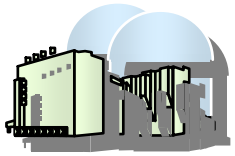
- 강판구조 (**Concrete Filled Steel Structure: SC**)
  - 빌딩 콘크리트 벽체의 모듈화
  - 철근(rebar) 대신 강판(steel plate) 사용
  - 강판과 콘크리트의 통합
  - 거푸집 불필요

- 복합모듈 **(Integrated Module)** 개념의 구성
  - **SC 벽체 (SC wall structure)**
  - **배관 (piping)**
  - **지지대 (supports)**
  - **케이블 배전판 (cable tray) 및 도관 (duct)**

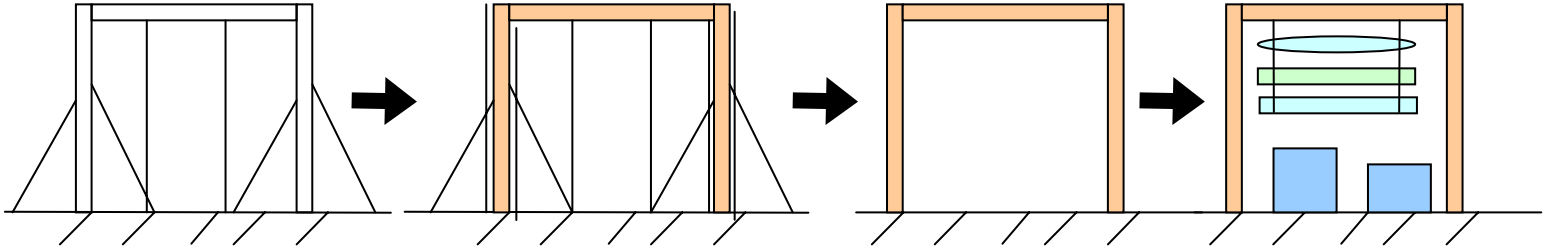




건설 개념의 비교



재래식 건설



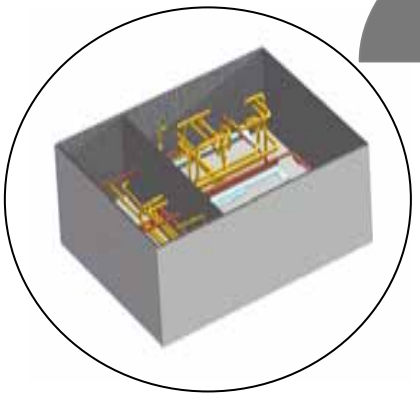
거푸집, 철근 설치

콘크리트 타설

거푸집 제거

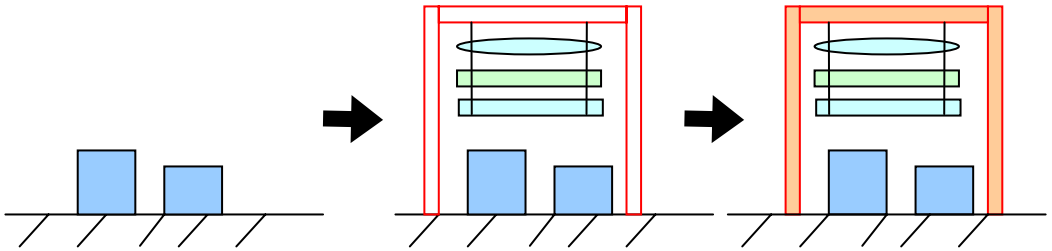
배관, cable tray, duct, 기기 설치

복합모듈식 건설



복합모듈 가공 (공장)

주기기 설치 (건설현장)



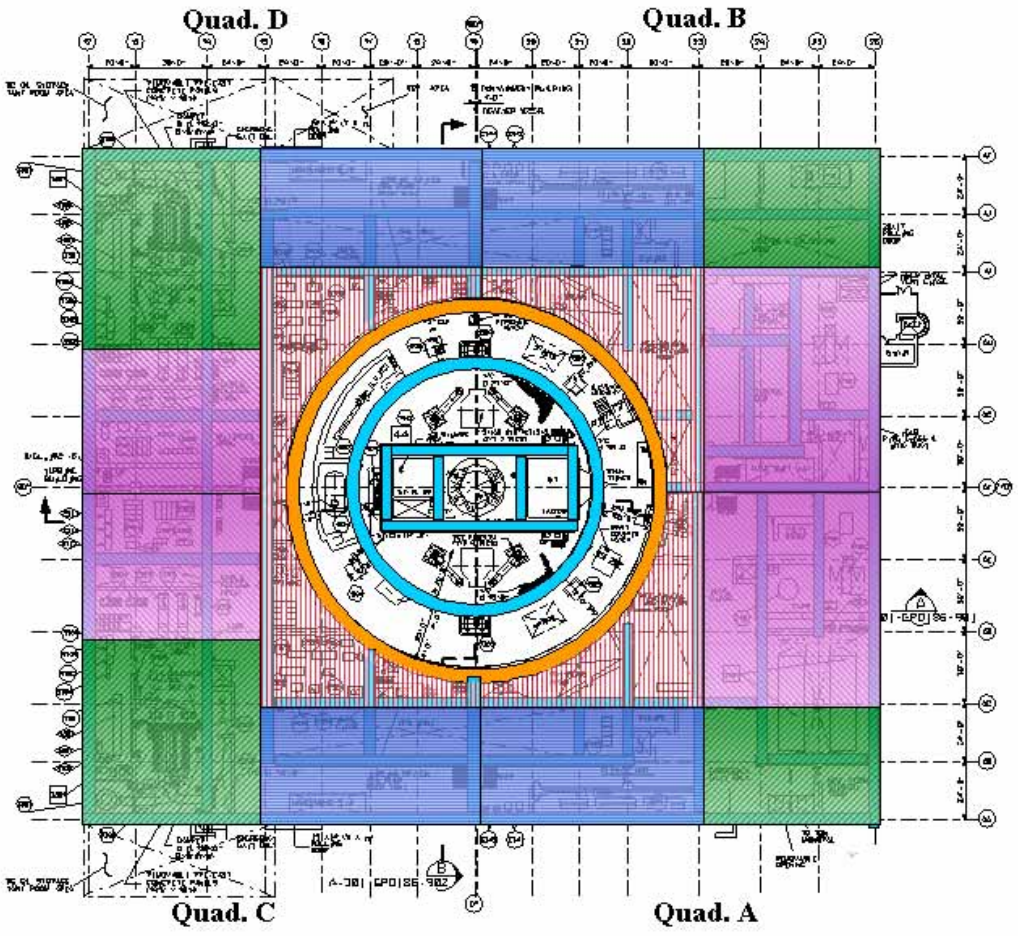
복합모듈 이송 설치

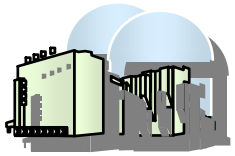
콘크리트 타설

ATOM FOR PEACE

Auxiliary Building 모듈화

- Auxiliary Building: 가장 복잡한 빌딩
- 초대형 모듈의 Barge를 사용한 해상운송 및 transporter/trailer를 이용한 육상운송
  - 모듈크기: 20-40 m
  - 모듈무게: 400-600 t
- 설계, 구매, 건설에서 새로운 접근 방법 필요
- 해양 및 조선 기술 경험 적용





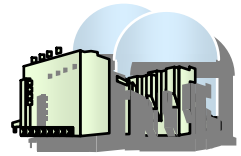
도전과제 - 2
원전 해외수출을 위한 산업체제 구축

국내 원전 사업을 성공적 추진하고, 예견되는 방대한 세계 시장에 적절히 대응하기 위하여, 원전산업 체제는,

1. 만족스러운 고객 지원을 위하여, 원전수출의 기본단위 (NSSS, 핵연료 공급, 아프터서비스)를 완성해야 한다.

2. 국제경쟁력을 한 차원 승화시키기 위하여, EPC (설계-구매-설치)의 통합을 통해 synergy 효과를 발휘해야 한다.

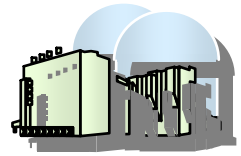
3. 국가 원자력산업 프로그램의 미래를 일관성 있게 추진하고, 효율적 해외 마케팅 활동 강화를 위하여, 민영화가 필요하다.



원전설비 공급체계의 구성
(Extended Nuclear Vendor)

➢ 한국수력원자력 (PM)	건설 및 시운전 부분
➢ 한국전력기술 (AE, SD)	원전사업 부분
➢ 두산중공업 (CD, EMI)	원자력 BG
➢ 한전원전연료 (FS)	원전연료 전반
➢ 한전 KPS (M&R)	원자력 보수부분

PM: project management
AE: architect engineering
SD: system design
CD: component design
EMI: equipment manufacturing & installation
FS: fuel supply
M&R: maintenance and repair



ATOM FOR PEACE

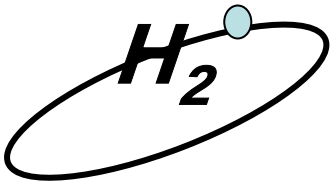
우리 원자력: 미래상 - 3

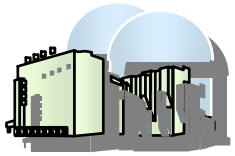
"원자력을 이용 석유경제에서 수소경제로 전환한다"

Oil Economy ⇨ H_2 Economy

석유 대체 신 지속발전가능 에너지원 개발

- 수소 연료
  - 무한한 매장량 (물)
  - 환경 오염이 전무 (물이 연소 후 폐기물임)
  - 다양한 용도로 사용이 가능함.
    - 자동차 연료, 가정용 연료 등

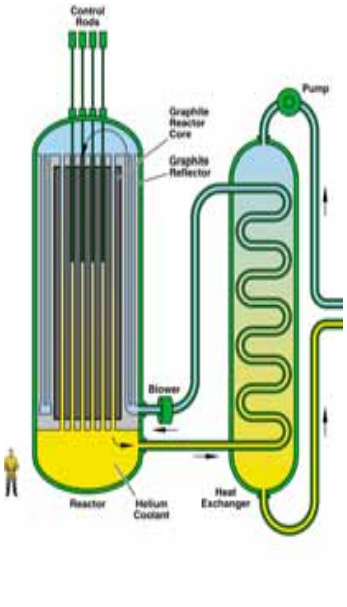


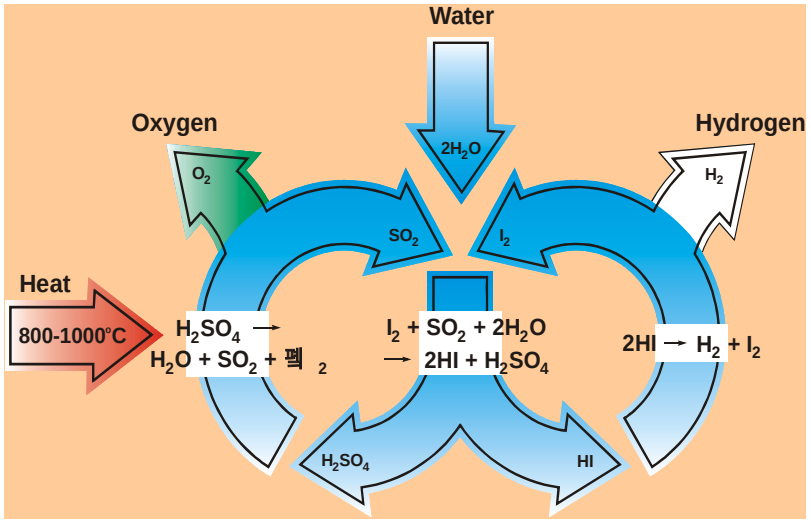


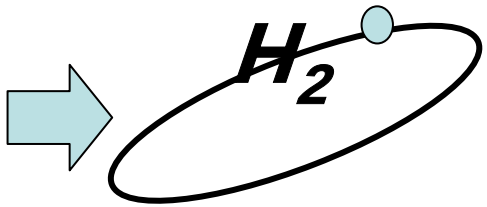
ATOM FOR PEACE

VHTR

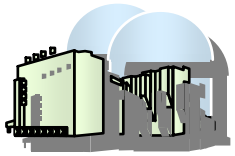
대형 수소생산용 고온가스로



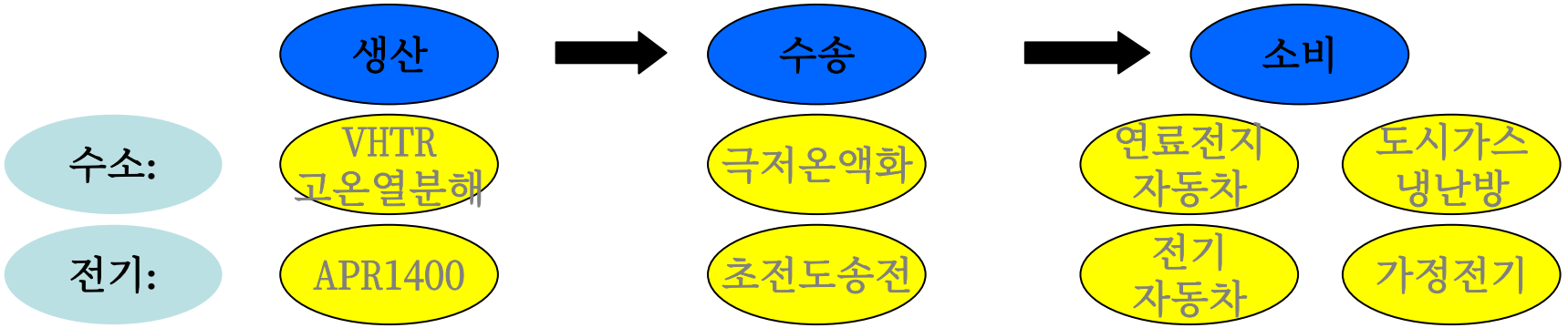




고온가스냉각 원자로　　고온열분해 SI 공정시설　　지속가능에너지



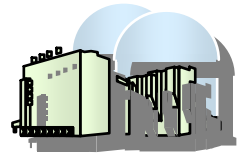
원자력을 이용한 미래 국가에너지 종합 공급체계



- 생산: 원자력을 이용한 대량 생산
  - 수소: VHTR (고온 열분해법 이용 대량 생산)
  - 전기: APR1400 (대형 전력생산)

- 수송: 생산지에서 소비지까지의 대량 수송
  - 수소: 극저온 액화 대량 수송
  - 전기: 초전도체를 이용한 송전

- 소비: 교통수단 연료 및 동력, 가정용 에너지 공급
  - 수소: 연료전지 자동차, 도시가스, 냉난방
  - 전기: 전기 자동차, 가정 전기

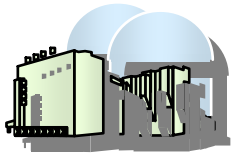


우리 원자력: 미래상 - 4

"지속가능발전을 위한 고속로기술 개발에 박차를 가한다"

SFR + Fuel Cycle 기술 개발

- Sodium-Cooled Fast Reactor
  - 우라늄 자원 이용의 극대화
  - 폐기물 생성 최소화
  - 경제성 개선
  - 안전성 제고
- Pyro-processing
  - 핵확산저항성



ATOM FOR PEACE

후핵핵주기전략

- 폐기물 부피 감축: 1/20 ⟸ U 회수
- HLW 처분 요건 감축 : 1/100 ⟸ Cs, Sr 분리
- 방사성 독성 감축 : 1/1,000 ⟸ TRU, Tc, I 회수 및 소각
- 우라늄 재활용 증가 : >100 배 ⟸ 연료 증식

PWR

Spent Fuel

Interim Storage

Pyroprocessing

TRU

SFR

U-TRU-Zr Fuel

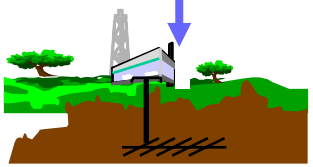
CANDU

Used Fuel ?

•Process Loss
•Fission Products

Cs, Sr

U



Long-Term Storage

HLW Disposal

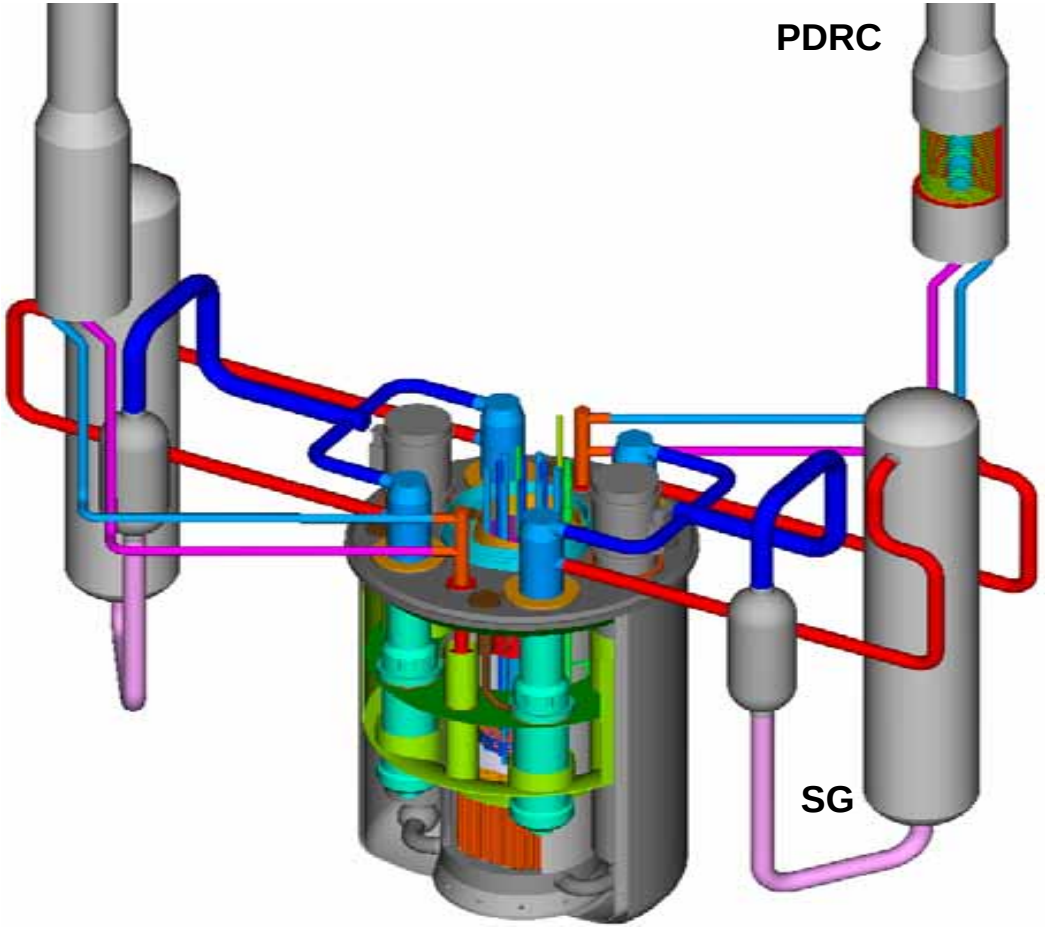
LLW Disposal

*TRU (Transuranics): Pu + MA
*MA (Minor Actinides): Np, Am, Cm

ATOM FOR PEACE

SFR

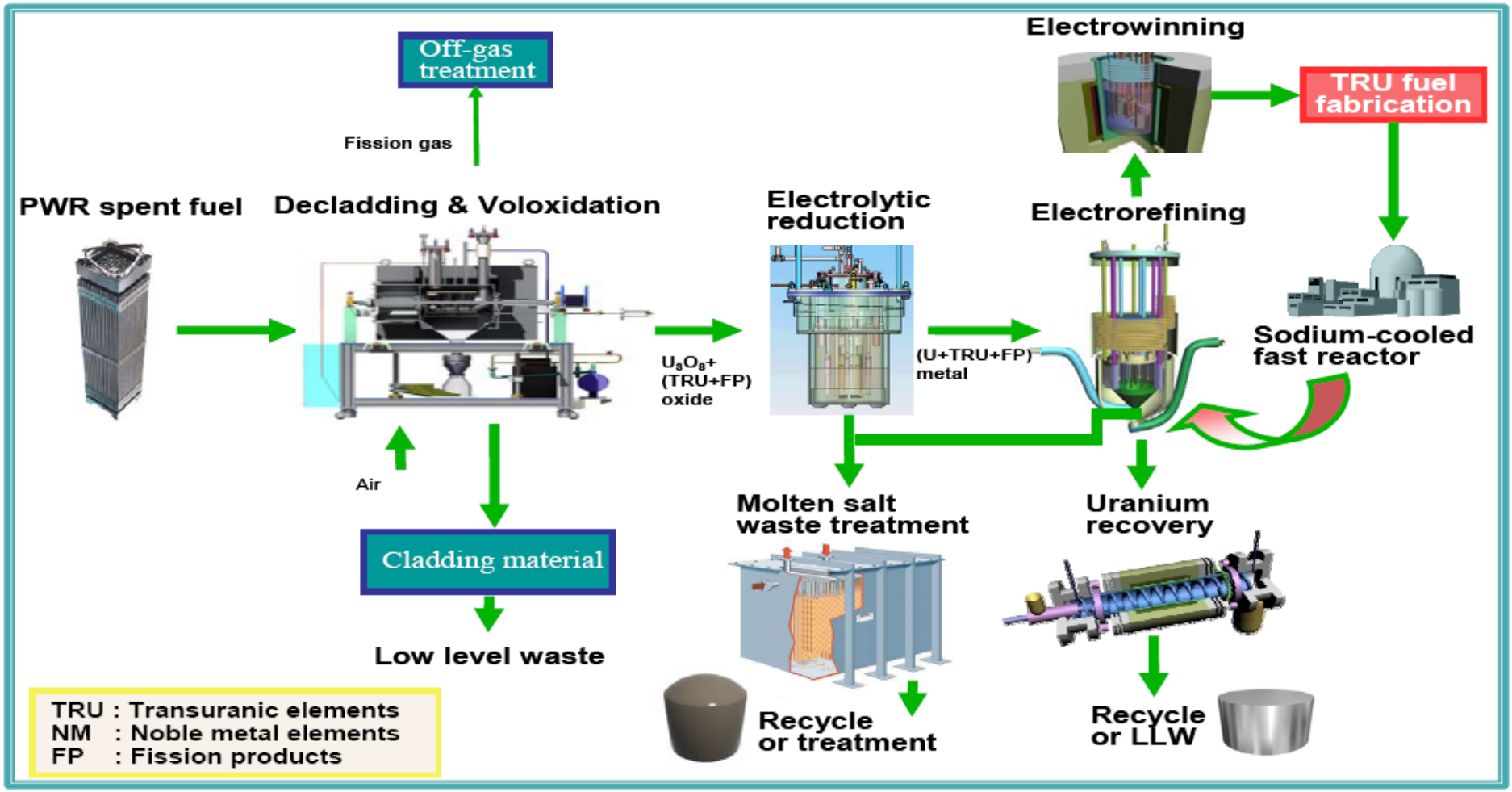
Technology for Sustainable Development



ATOM FOR PEACE

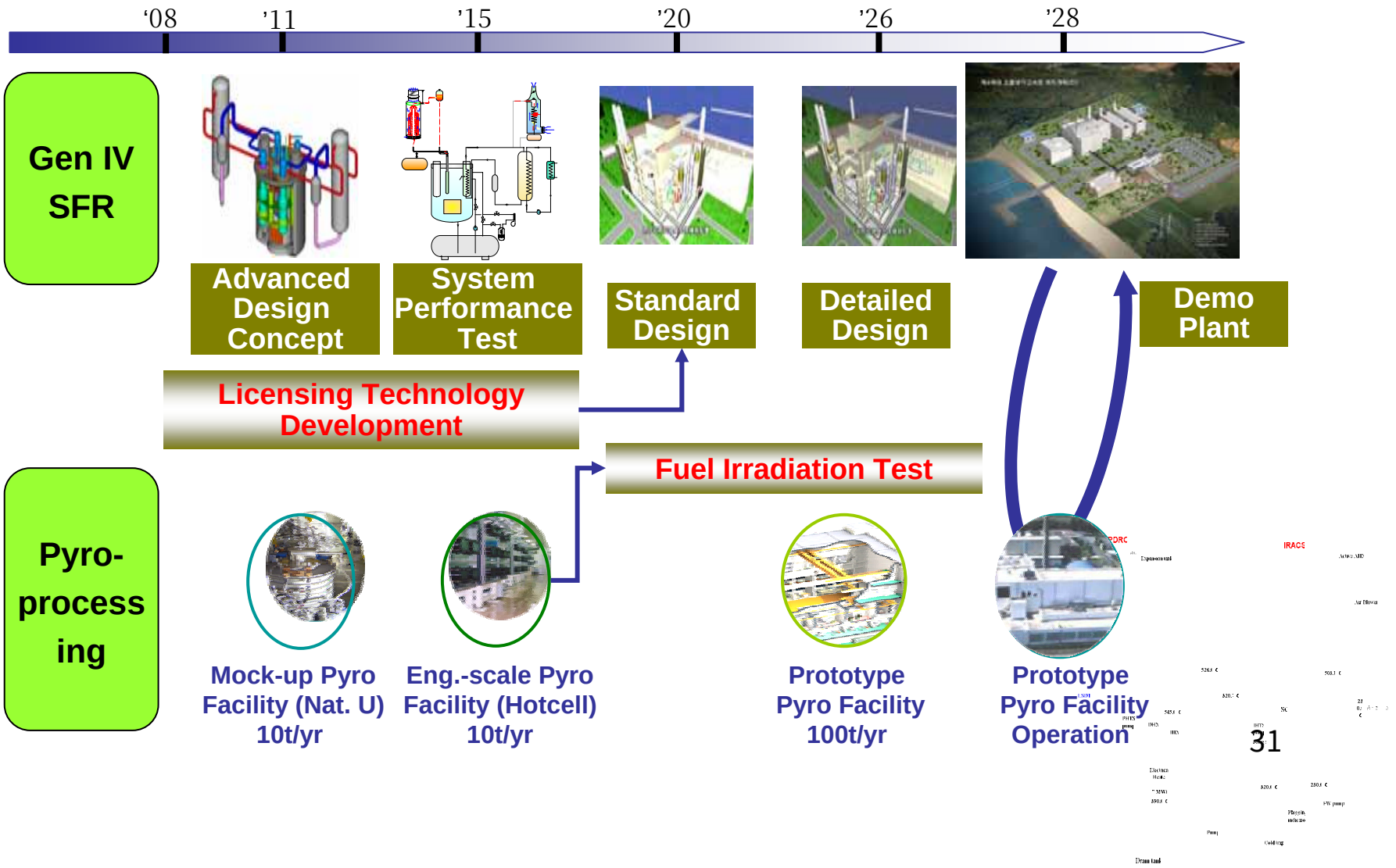
Pyroprocessing

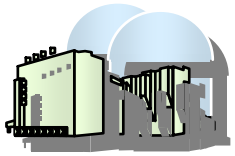
Technology for Proliferation-Resistance



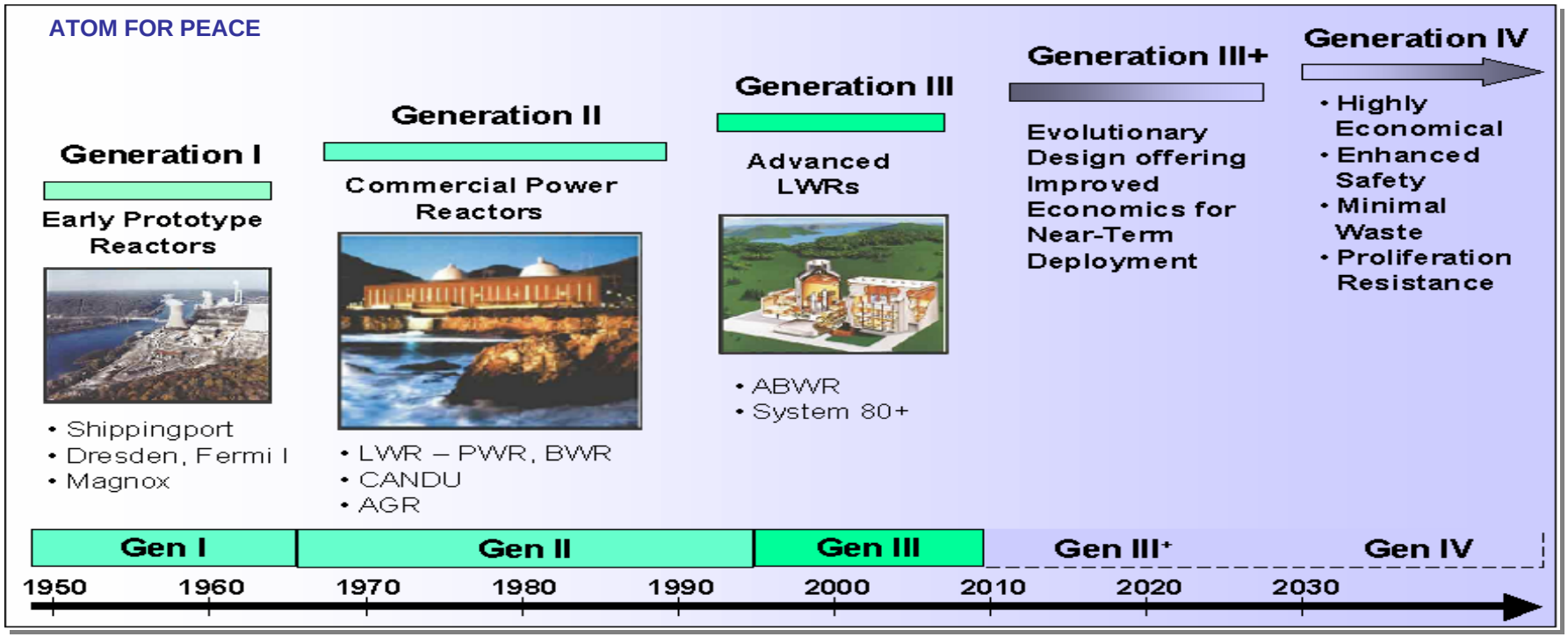
ATOM FOR PEACE

SFR & Pyroprocessing Technology:
Action Plan for Development

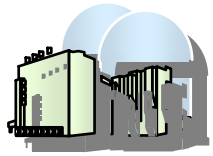




요약:
우리 원자력 프로그램



• PWR (14 units) • 6-Westinghouse • 2-CE • 2-FRAMATOME • 4-KSNP • PHWR (4 units) • 4-CANDU(AECL)	• OPR1000 (1,000 MWe) •2 in operation (2006) •4 under construction (2011)	• APR1400(1450 MWe) • 4 under const. & negotiation (2016) • 10 in planning (2017- 2030) • SMART (330 MWt) • Under DC process	• VHTR •Hydrogen (300 MWt) Production • SFR + Pyro. •Sustainable Development



ATOM FOR PEACE

요약:
바람직한 우리 원자력의 미래상

1. 교통기관 (hybrid 자동차, 전기자동차) 동력으로 전기를 사용 석유의 존도를 과감히 줄이기 위하여, 원전 비율 80% 이상으로 확대한다. 그리고, 원자력을 해수담수화, 지역난방, 선박추진, 등에 이용한다.

2. 원자력기술 수출 강화를 위하여, 우선 복합모듈 개념을 통한 건설단가를 줄이고, extended nuclear vendor 개념의 민영화된 회사를 설립한다.

3. 해외수입 화석연료 (석유, 가스, 석탄) 의존도 감축을 위하여, 전기 및 수소를 주로 한 국가장기에너지 정책의 수립하고, 전력생산은 APR1400, 수소생산은 VHTR 으로 한다.

4. 지속가능발전을 위한 고속로기술 (SFR, Pyroprocessing) 개발에 박차를 가한다.