



국가 핵융합에너지 연구개발 계획

<제 1 차 (2007~2011)>

박성국
(ITER Organization)



I. 계획수립의 배경 및 기본방향

II. 국내외 핵융합에너지 개발동향

III. 국내 핵융합에너지개발 주요 성과

IV. 제1차 핵융합에너지개발 진흥기본계획

V. 추진체계 및 부처별 역할



1. 계획수립의 배경 및 기본방향

1. 수립 배경

2. 추진 배경 및 경위

3. 계획수립의 기본 방향



21 C 에너지기술 패러다임 변화에 대비한 장기 대책 필요

- 온실가스에 의한 기후변화에 따라 저탄소 에너지시스템 구축을 위한 기술 혁신 필요
- 화석연료의 고갈, 가격상승, 지리적 편재, 정치 불안에 대비한 국가에너지안보 대비
- 에너지 수요의 폭발적 증가에 대비한 국제협력 기술개발이 최근 추세

국가 에너지기술 혁신시스템 구축과 핵융합에너지 상용화 대비

- 선진국은 핵융합에너지 실증(2030년대)과 상용화(2040년대) 기술개발로 전환
- KSTAR 완공과 ITER 사업 참여에 따른 핵융합에너지 실용화를 위한 장기전략 필요

핵융합에너지개발진흥법 및 시행령에 따른 법정계획 수립 필요

- 진흥법 및 동법 시행령에 따라 5년 주기 진흥기본계획과 1년 단위의 시행계획 수립
- 국가 전략적 차원의 핵융합에너지 실용화 자립기술 개발의 단계적 장기 추진이 필수

추진 배경



1995. 12

“국가핵융합연구개발 기본계획” 수립, KSTAR 개발시작

2003. 6

“국제핵융합실험로(ITER)” 공동개발사업 회원국으로 가입

2005. 12

“국가핵융합에너지개발기본계획” 수립

2007. 3

“핵융합에너지 개발진흥법”과 시행령” 발효

2007. 4

“ITER공동이행협정” 비준동의안 국회 가결 및 IAEA 기탁



II. 국내외 핵융합에너지 개발동향

1. 핵융합 개발의 세계적인 최근 추세
2. 해외 주요국가의 최근 연구개발 동향
3. 우리나라의 개발 현황

핵융합개발의 세계적 최근 추세



과학적 실증단계에서 국제협력을 통한 공학적 실증단계로 진입

1950~60년대

이론정립 및
기초연구 수행

1970~80년대

과학적실증을 위한
대형장치 건설

1990년대

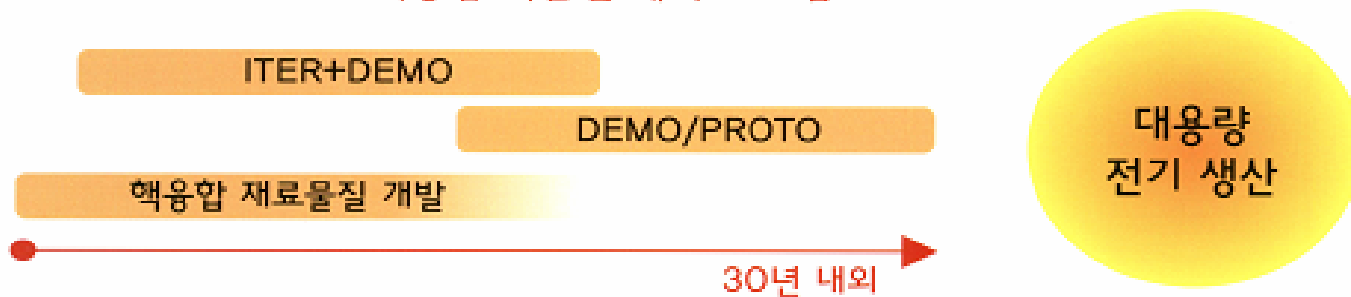
과학적실증 달성
D-T 에너지발생

2000년대

공학적실증을 위한
ITER 건설추진

핵융합에너지 상용화의 조기 달성 개발전략으로 변경

핵융합 지름길 계획 로드맵



동북아에서 핵융합 개발환경의 급격한 변화와 경쟁·협력 관계

- 초전도 토카막으로 KSTAR(한), EAST(중), “BA”하의 JT-60SA(일)를 건설
- 한·중·일 3국이 ITER 완공 전 초전도토카막 실험가능 국가로서 경쟁과 협력관계 돌입



유럽연합 (EU)

- 27개 EU 가입국의 조율된 단일 핵융합에너지 개발체제로 진행
- “지름길 계획”으로 2030년대 DEMO에 의한 전기생산 실증 목표
- 2007~2011년 예산 : 연평균 4.9억 유로 (2003~2006년 대비 약3배 증가)

일본

- 다양한 자장 및 관성 핵융합 방식 동시 수행
- 2030년대 실증로에 의한 전기생산 실증 목표, EU와“BA”협정
- 2007년 예산 : ITER 참여로 2006년의 6배인 770억 엔으로 증액

미국

- 세계적으로 최다 예산투입, 기초/요소기술 개발 중심에서 에너지개발로 이행 중
- ITER를 향후 20년간 과학기술분야 최우선 투자순위로 설정
- 2037년까지 DEMO에 의한 상업 시범송전 목표로 개발추진



러시아

- 토카막을 발명한 전통적 핵융합 강국으로 Kurchatov 연구소 중심으로 진행
- 1990년대 말 핵융합실험로 DEMO-S 발표, 현재 TPU 개념 연구 수행

중 국

- 선진국과 협력강화로 정부 주도의 핵융합 개발 조기 착수
- 2006년 초전도 토카막 EAST 장치 완공, 최초 플라즈마 발생실험 성공
- 핵융합 상업로와 핵융합-핵분열 혼성로 개념연구 등 수행 중

인 도

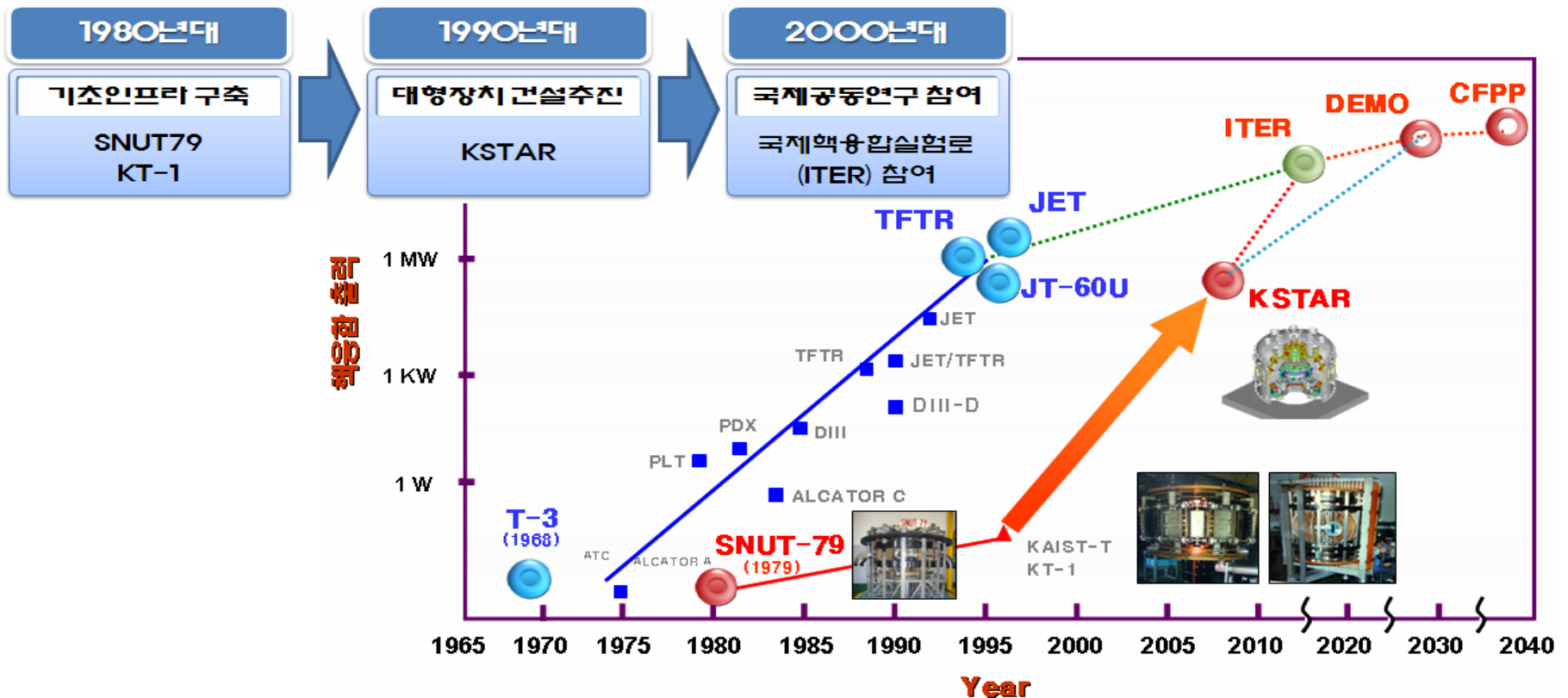
- 원자력부 승인 하에 초전도 토카막 SST-1을 2005년 조립 완료
- 2006년 12월 ITER 가입을 통해 핵융합 연구 본격화

우리나라의 개발현황



중간진입 전략으로 단기간에 국제 핵융합기술개발 대열에 합류

- 1970년대 말부터 서울대 SNUT-79 토카막 제작을 계기로 핵융합 기초연구 시작
- 1995년 중간진입 기술개발 전략으로 KSTAR 건설 및 핵융합 연구개발 본격화
- 2003년 ITER 국제공동개발 회원국 승인으로 ITER 건설 및 운영사업 공식 참여





III. 국내 핵융합개발 추진실적 및 주요성과

1. 연구개발 주요성과
공공인프라 구축
주요제도 개선
2. 국제협력 추진 성과



연구개발 주요성과

- 소형토카막 개발을 통한 연구기반 구축 및 인력양성 (SNUT-79, KT-1, KAIST-T, 한빛)
- KSTAR 개발·제작 완료(95.12~07.8, 총사업비 3,090억원)로 세계적 핵융합 위상 향상
- KSTAR 주요 개발 성과 및 산업화 실적

- ▶ 최대성능의 초전도 도체 제작기술
- ▶ 대형 초전도자석 극저온 실험기술
- ▶ 대용량 진공기술 및 단열차폐기술
- ▶ 초전도자석 전원공급장치 제작기술
- ▶ 초고온 플라즈마 가열기술
- ▶ 대형 초전도자석 설계·제작기술
- ▶ 대전류 초전도 전송시스템 설계·제작기술
- ▶ 초전도 토카막 정밀 조립기술
- ▶ 플라즈마 진단 및 장치 정밀제어기술
- ▶ 극저온 헬륨설비 설계 및 운영기술

공공인프라 구축 및 주요 제도 개선

- 한국핵융합협의회를 설립하여 ITER참여 산업체 구심점 마련 (03.8)
- 핵융합 전문연구기관으로 핵융합연구센터 설립 (05.10)
- 핵융합 특수실험동과 50MVA급 154kV 공동 수전설비 건설 (97.1~07.12)
- 법적 및 제도적 기반을 구축하여 국가지원체계 마련

- ▶ 핵융합에너지개발진흥법 제정(06.12) 및 시행령 발효(07.3)
- ▶ 과학기술부 핵융합 주무부서로 핵융합지원과 신설(07.3)



국제협력 추진성과

- ITER 회원국 가입으로 국가위상 제고 및 국회 비준동의안의 IAEA 기탁

- ▶ 2016년 장치 완공, 완공 후 20년간 운영, 5년간 비방사화 후 해체
- ▶ 건설비 : 3,577.7 klUA (약 51억 유로), 한국 건설비 분담 : 9.09%

- 핵융합개발 협력을 위한 국제협정 체결 및 투자 유치

- ▶ Korea-US (1996, 2006 updated)
- ▶ IEA Poloidal Divertor Implementing Agreement (2001, 2006 updated)
- ▶ Korea-Japan (2005)
- ▶ Korea-EU Fusion Cooperation Agreement (2006)



IV. 제1차 핵융합개발 진흥기본계획

1. **비전, 단계별 목표 및 중점 전략**
2. **제1단계(07-11) 추진전략과 실천과제**
3. **실천과제별 세부내용**
4. **투자 및 인력소요**



핵융합에너지 실용화 기술자립으로 지속가능한 국가 신에너지 확보

단계별 목표 및 내용

1단계(5년; 07-11)	2단계(10년; 12-21)	3단계(15년; 22-36)
<p>목표 : 핵융합에너지 개발 추진기반 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 KSTAR장치 운영기술 확보 ▪ 국제공동 ITER 건설 참여 ▪ 핵융합로 공학기술 개발 체계구축 ▪ 연구개발 및 응용기술의 기반구축 및 저변확대 	<p>목표 : 핵융합에너지 기술 5대 강국 진입</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ KSTAR 장치 고도화 및 국제 공용화 ▪ ITER 완공기여 및 핵심기술 확보 ▪ DEMO 설계 및 핵심공학기술 ▪ 핵융합 파생기술의 산업화확대 	<p>목표 : 핵융합발전소 건설능력 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 원전기술 확보 및 ITER 운영 핵심 역할 ▪ DEMO 건설주도 및 전기생산 실증 ▪ 한국형 핵융합발전소 공학설계 완료 ▪ 핵융합 파생기술의 성장동력화

중점전략

- 국내 KSTAR 핵융합장치를 중심으로 한 국내외 기반확보 및 핵융합 원전기술 보유
- 국제핵융합실험로(ITER) 사업 참여로 국제적 위상강화 및 핵융합로 핵심기술 확보
- 핵융합로공학 및 실증로의 국내외 기술개발 활동 병행으로 핵융합 발전소 건설기술 자립
- 핵융합 파생기술을 통한 신산업 창출 및 사회경제적 타당성 제시로 공공복리 증진

제1단계 추진전략과 실천과제



추진전략

전략 1

핵융합 핵심연구
개발 추진체계 확립

전략 2

연구개발 가속화
기반조성 및 저변확대

전략 3

국제협력 내실화 및
다원화 활동정립

전략 4

파급기술 산업화 육성과
경제·사회적
타당성 확보

실천과제

- 1-1 국내 주력 핵융합연구장치의 안정적 운영과 원천기술 확보를 위한 성능 향상
- 1-2 국제공동 핵융합에너지개발의 핵심기술 획득 활성화
- 1-3 핵융합로 공학기술개발의 다원화 및 조직화
- 1-4 한국형 핵융합발전소 자립건설 대비한 실증로 개발전략 확립

- 2-1 핵융합 기초연구 역량 및 창의적 연구개발의 인프라 확대
- 2-2 핵융합 필수 기반시설과 통합 정보 및 관리 시스템의 구축
- 2-3 핵융합 전문인력 양성 강화 및 교육훈련 집중화 기반조성

- 3-1 ITER 건설의 본격화에 대비한 조직적 참여 대책완비
- 3-2 국제공동연구 및 국제협력의 다원화 체계 조성

- 4-1 핵융합 파생기술의 실용화 지원강화
- 4-2 핵융합 안전관리 체계구축으로 국민 신뢰성 확보
- 4-3 대중/이해관계자 수용성 증진을 위한 경제사회적 타당성 제시

실천과제 1-1 국내 주력 핵융합연구장치의 안정적 운영과 원천기술 확보를 위한 성능 향상

목표

KSTAR 기본 운영기술 확보와 고성능 운전을 위한 실험성과 단계적 향상

- KSTAR의 안정적 운전 및 유지관리의 운영체계 확립
- KSTAR를 활용한 원천기술 연구개발의 단계적 착수

실천과제 1-2 국제공동 핵융합에너지개발의 핵심기술 획득 활성화

목표

ITER의 핵심기술개발 분야 참여 연구를 통하여 핵융합로 요소기술 축적

- ITER 핵심기술개발 참여 분야의 결정 및 수행계획 조기수립
- 핵심기술 분야별 연구개발 및 기술확보의 추진 활성화
- 확보된 ITER 핵심기술의 국내 핵융합장치 적용 및 DEMO 설계에 활용

실천과제 1-3 핵융합로 공학기술개발의 다원화 및 조직화

목표

핵융합발전로 개발을 위한 핵심 공학기술의 독자적 개발 능력 기반구축

- 핵융합발전로의 기반공학 기술개발 선진화를 위한 체계적 추진방안 마련
- 핵융합 원천 및 융합기술 개발 활동의 확대와 협력체계 강화
- 공학기술 개발결과의 국내외 핵융합장치 활용 및 설계에 반영

실천과제 1-4

한국형 핵융합발전소 자립건설에 대비한 실증로 개발 전략 확립

목표

전기생산 실증 목표의 핵융합실증발전소(DEMO Plant) 건설을 주도하기 위한 설계기술 기반구축

- 실증로 요소기술 및 구조분석에 따른 개념 정립
- 실증로 최적 설계기법 구축으로 요소기술 개발 발판 마련

실천과제 2-1 핵융합 기초연구 역량 및 창의적 연구개발 인프라 구축

목표

핵융합 기초 및 선행 연구개발과 거점대학 육성으로 핵융합 연구역량 선진화 가속과 연구 인프라 조기 확대

- ▶ 국내외 초전도 핵융합장치에 적용될 애로기술 및 창의적 선행연구 지원 강화
- ▶ 토카막 및 다른 개념의 미래지향적 핵융합개발을 위한 창의적 기초연구 활성화
- ▶ 거점대학 “핵융합 플라즈마연구 특화센터” 중심의 우수연구그룹 육성 저변확대

실천과제 2-2 핵융합 필수 기반시설과 통합 정보/관리 시스템 구축

목표

기반시설과 종합시스템의 구축운영을 통해 자립기술 촉진과 국가경쟁력 강화

- ▶ 기초연구 및 핵심기술 기반시설의 단계적 구축
- ▶ 연구자료 관리를 위한 정보 네트워크 구축 활용
- ▶ 연구개발 관리지원을 위한 통합시스템 조기 구축



실천과제 2-3

핵융합 전문인력양성 강화 및 교육훈련 집중화 기반조성

목표

다변화된 육성 프로그램 개발로 핵융합 전문 및 기술 인력의 양성과 확보

- 핵융합 관련 첨단핵심 전문인력양성 프로그램의 다변화 추진
- “핵융합기술인력 교육훈련센터” 설립운영으로 현장 기술인력의 공급확대



실천과제 3-1 ITER 건설 본격화에 대비한 조직적 참여 대책 완비

목표

ITER 현물조달과 장치운영 참여 등을 효율적으로 추진하기 위한 체계적 준비

- 현물조달분의 적기 제작과 납품을 위한 체계적 관리계획의 수립과 실행
- “ITER 기구” 공동운영 참여를 위한 지원 인력 및 조직의 체제 정비 강화

실천과제 3-2 국제공동연구 및 국제협력의 다원화 체계 조성

목표

핵융합개발의 국제협력 강화 및 조직적 대응체계 수립과 실행

- 조율된 국제협력 체제 수립으로 국제공동연구 수행
- 국제공동연구를 통한 전문인력 및 핵융합로 첨단기술의 효율적 확보

실천과제 4-1 핵융합 파생기술의 실용화 지원 강화

목표

핵융합 파생기술의 상품화 및 산업화 촉진을 위한 실용화 기술의 발굴과 지원

- 산업적 파급효과가 큰 파생기술의 발굴과 산업화 지원 강화
- 핵융합기술 접목의 신산업 창출을 가속화하는 산업체 확산방안 마련

실천과제 4-2 핵융합 안전관리 체계 구축으로 국민 신뢰성 확보

목표

핵융합 안전관리 법령체계 구축과 기술기준 수립 및 안전역량 개발

- 안전관리 관련 법령체제 및 기준의 조기 수립
- 핵융합 관련시설의 설계, 건설, 운영의 안전성 검토 기반구축
- 안전관리 역량 확보

실천과제 4-3

대중 및 이해관계자 수용성 증진을 위한 경제사회적 타당성 제시

목표

경제사회적 타당성평가와 교육 및 홍보활동을 통해 핵융합개발 지지저변확대

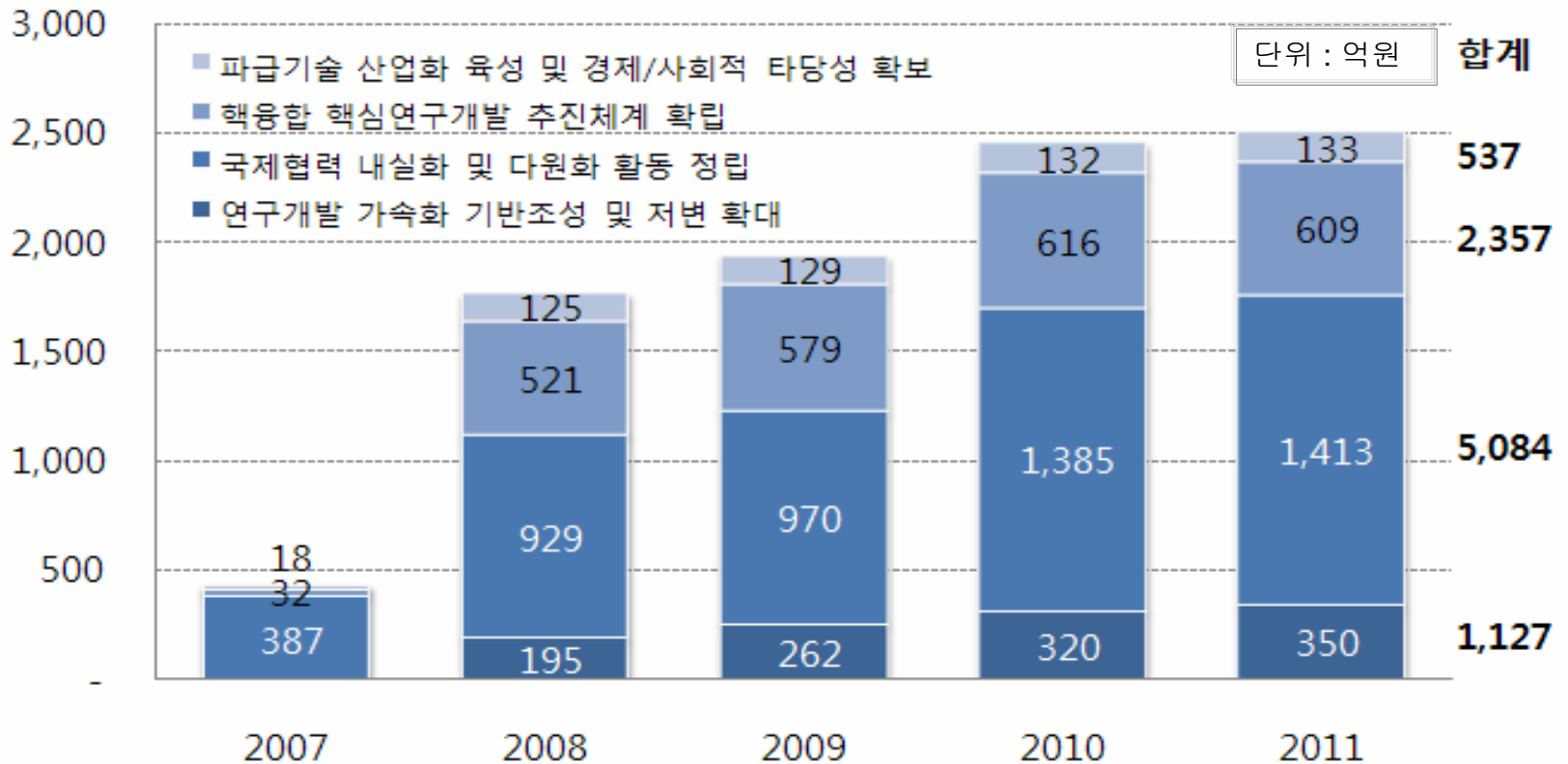
- ▶ 핵융합에너지의 국민 수용성 제고를 위한 사회경제적 타당성 검토
- ▶ 핵융합 홍보의 전문성 및 대국민 대상의 다각화된 홍보활동 수행
- ▶ 차세대 및 잠재적 이해관계자 대상의 홍보활동 강화





1차 기본계획기간(07-11)에 총 9,105억원으로 추정

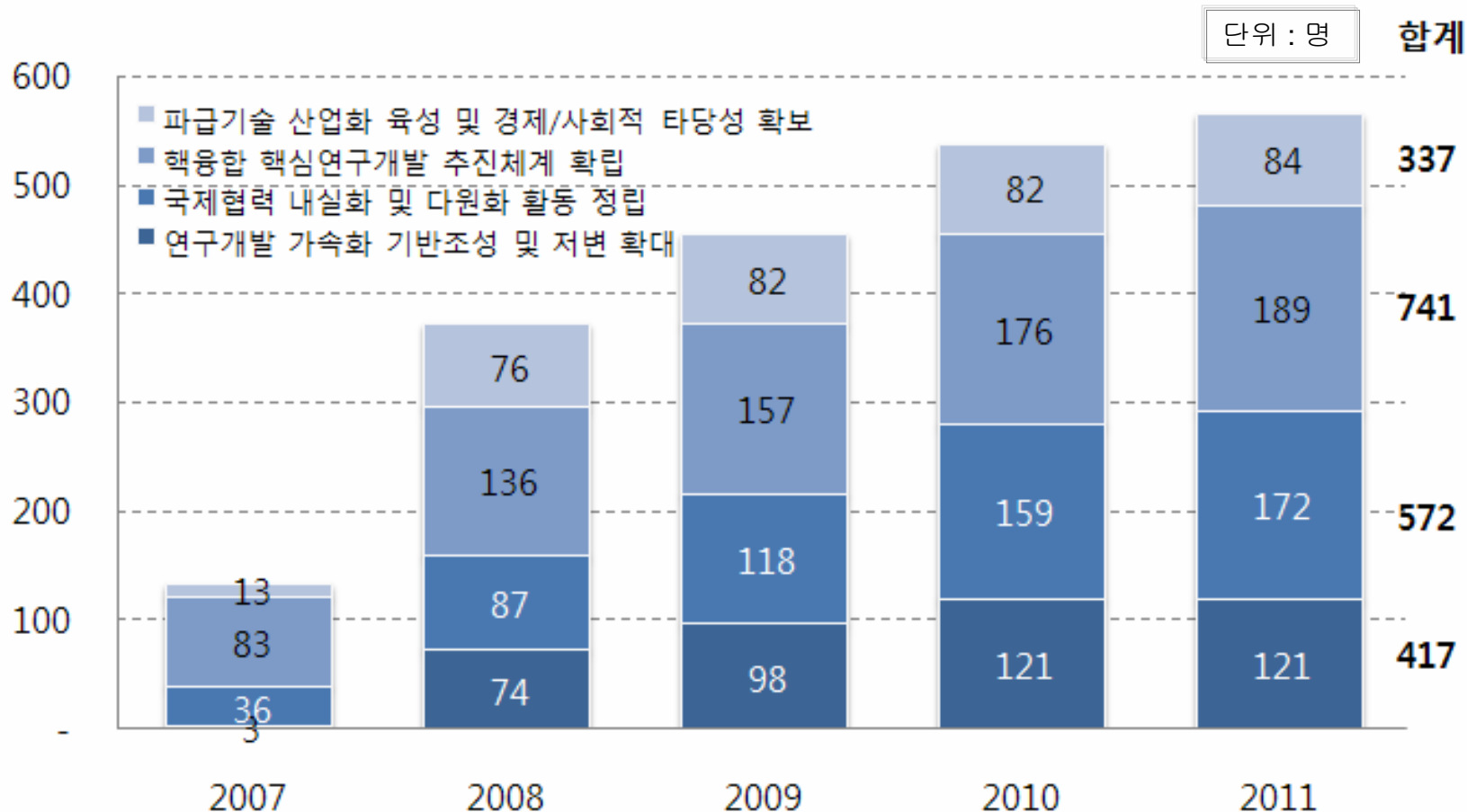
- 전체 예산 중 3/4 가량이 ITER 사업 분담금, KSTAR 장치의 운영 및 성능개선 등에 소요
- 정부출연금 재원은 일반회계, 출연(연) 기관고유 및 일반사업비, 예특회계, 각종 기금 등
- 실 투자액은 예산편성 및 국가재정운용계획 수립과정에서 변경 조정될 수 있음





소요되는 사업참여 전문인력은 1차계획기간에 2,097명으로 집계

- 소요인력은 거점대학, ITER 사업 참여, KSTAR 운영 등을 통하여 정예인력 양성 추진
- 단기 소요인력은 핵융합개발 관련 기관의 숙련된 전문인력 활용



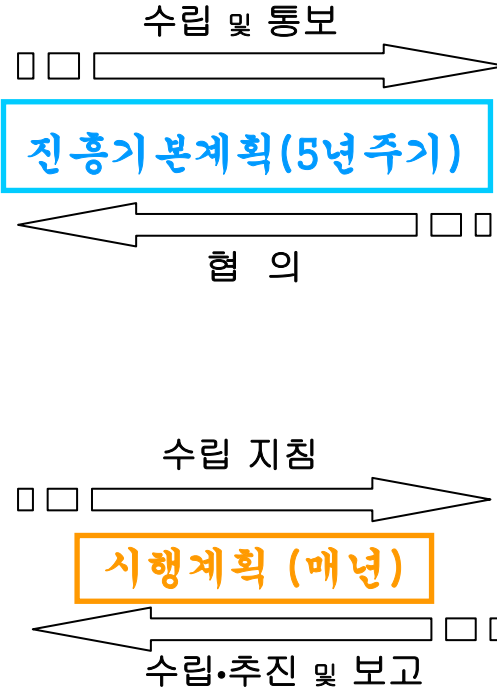
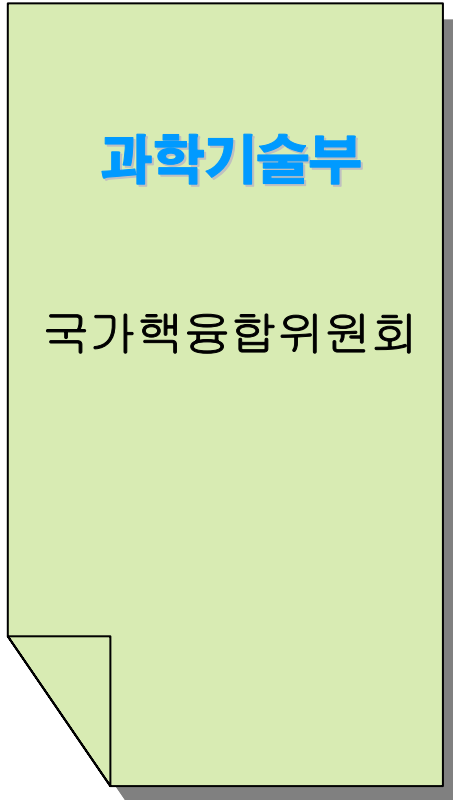


V. 추진 체계 및 부처별 역할

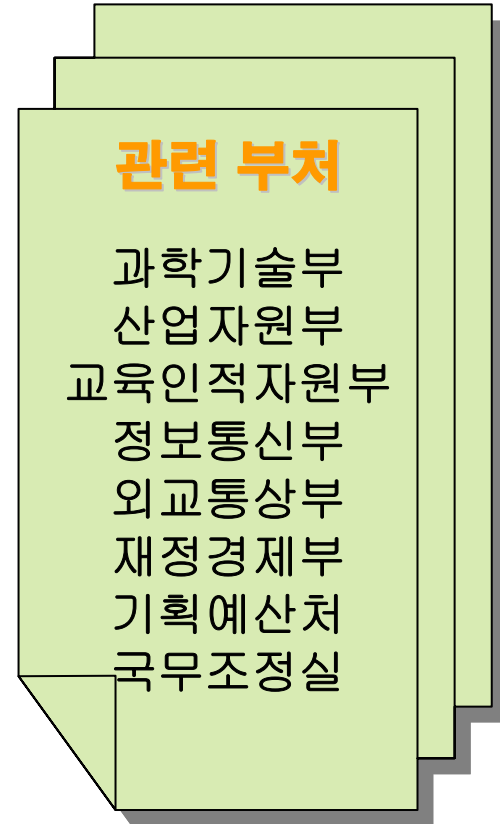
1. 정책수립 체계
2. 진흥기본계획 및 시행계획 추진체계
3. 부처별 역할
4. 실천과제별 주관부처 및 관계부처



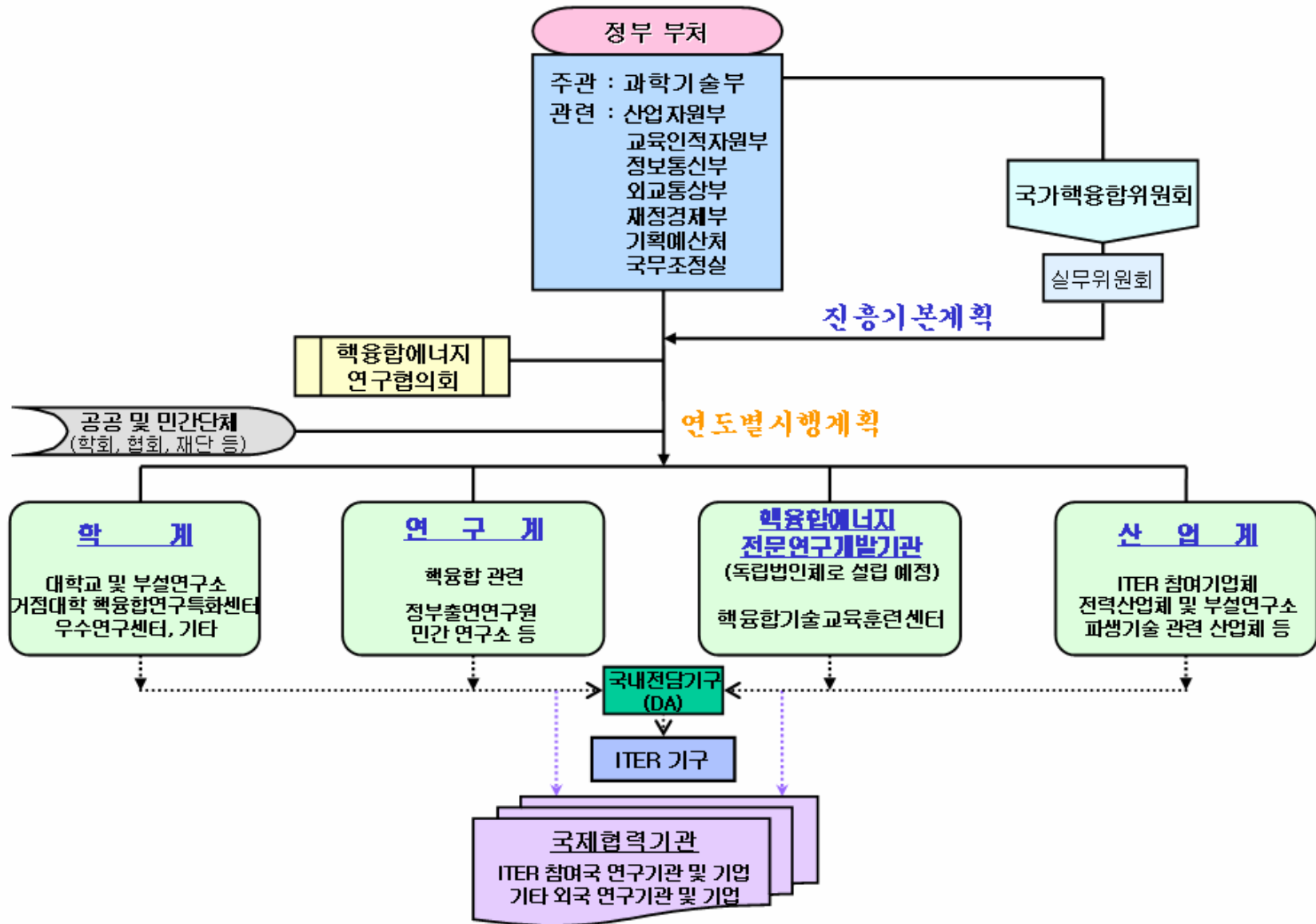
기본계획 수립



연도별 시행계획 수립과 추진



기본계획 및 시행계획 추진체계



3. 부처별 역할



부 처	역 할
과학기술부	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 기본계획 수립과 시행계획 수립지침 작성 ▶ 핵심연구개발, 기반조성, 국제협력 촉진의 지원 ▶ 국민 신뢰성 증진 및 연구개발기관 육성지원 ▶ 인력수급 및 전문인력양성 지원 ▶ 연구개발 지원책 및 재원투자 촉진시책 수립
산업자원부	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 국가 장기 전력수급계획에 핵융합에너지 추진 ▶ 전력생산 관련 핵융합에너지 기술개발 지원 ▶ ITER/국제공동핵융합설비 건설 관련 산업체 지원 ▶ 파생기술 산업화 촉진과 육성 지원
교육부	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 핵융합 기초과학분야 연구 지원 ▶ 해외 인력의 유치활용과 전문인력양성 및 교육훈련 시책강구
정보통신부	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 초고속 대용량 정보처리시스템 구축지원 및 국제전산통신망 구축
외교통상부	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ITER 관련 국제조약 지원과 국제공동연구 협약체결 자문
재정경제부	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 핵융합개발 투자 및 출연 재원에 대한 조세 상의 지원 ▶ ITER 현물조달 산업체의 관세감면 및 조세금융 지원
기획예산처	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 장기적 재정지원 확보방안 마련 및 안정적 예산 지원 ▶ 납부 기술료의 핵융합에너지개발 재투자 협의
국무조정실	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 핵융합개발 계획의 국가 에너지 기술개발 정책과의 종합 조정

실천과제별 주관 및 관계 부처



추진전략	실천과제	세부 추진 사업	주관부처 (관계부처)
전략 III 핵융합 핵심연구개발 추진체계 확립	1-1 국내 주력 핵융합장치의 안정적 운영과 원천기술 확보를 위한 성능 향상	핵심연구개발사업 KSTAR 운영 및 핵융합 원천기술 개발 ITER 핵심기술 개발 핵융합로 공학기술 개발 한국형 핵융합실증로 개발	과기부
	1-2 국제공동 핵융합에너지개발의 핵심기술 획득 활성화		과기부
	1-3 핵융합로 공학기술개발의 다원화 및 조직화		과기부
	1-4 한국형 핵융합발전소 자립건설에 대비한 실증로 개발전략 확립		과기부 (산자부)
전략 II 연구개발 가속화 기반조성 및 저변확대	2-1 핵융합 기초연구 역량 및 창의적 연구개발의 인프라 확대	연구기반조성사업 핵융합 기초연구 개발 핵융합 기반구축 사업 핵융합 전문인력 양성 사업	교육부 과기부
	2-2 핵융합 필수 기반시설과 통합 정보 및 관리 시스템의 구축		과기부 (정통부)
	2-3 핵융합 전문인력 양성 강화 및 교육훈련 집중화 기반조성		교육부 과기부
전략 III 국제협력 내실화 및 다원화 활동정립	3-1 국제핵융합실험로(ITER) 건설의 본격화에 대비한 조직적 참여 대책완비	국제협력사업 ITER 건설운영 참여 사업 핵융합 국제공동연구 사업	과기부 (산자부, 외교부)
	3-2 국제공동연구 및 국제협력의 다원화 체계 조성		과기부 (산자부, 외교부)
전략 IV 파급기술 산업화 육성 및 경제사회적 타당성 확보	4-1 핵융합 파생기술의 실용화 지원강화	응용기술 및 신뢰성 정책사업 핵융합파생 응용기술 개발 핵융합 안전관리 사업 사회경제적 타당성 평가	산자부 (과기부)
	4-2 핵융합 안전관리 체계 구축으로 국민 신뢰성 확보		과기부
	4-3 대중 및 이해관계자 수용성 증진을 위한 경제사회적 타당성 제시		과기부