제2장 원전기술 고도화 계획

제1절 추진 배경

우리의 원전 기술능력은 기술습득, 기술도입 단계를 거쳐 원전 건설 기술자립 과정을 거치면서 현재는 우리 자체의 기술능력으로 한국표준형 원전을 설계, 건설하는 단계까지 이르렀으며, 또한 운전중인 원전의 운영, 정비경험을 통해 우수한 기술능력을 보유하게 되었다.

그러나, 이러한 괄목한 만한 성장에도 불구하고 아직도 일부 핵심기술에 대해서는 기술을 활용할 능력(Know-how기술)은 보유하고 있으나 기술을 원천적으로 개선·응용할 수 있는 능력(Know-why기술)이 부족함을 인정하지 않을 수 없다.

또한, 대외적으로 WTO 체제하의 국제적 무역환경 변화와 정부조달협정 체결에 따른 원전기술 선진국들의 시장개방 확대 요구, 지적 재산권 보호와 아울러 확대하려는 추세도 우리에게는 또 하나의 극복해야 할 장애요인이 아닐 수 없다.

이에 우리의 원전기술의 현 주소와 외적인 장애요인에 능동적으로 대처하고, 극복하기 위해서는 국내 원전산업의 국제 경쟁력 확보가 절실해졌다.

이를 위해 원전기술 고도화 추진 전략 수립을 위한 연구(1996. 4~10) 결과를 토대로 전력그룹사 의견을 반영, 원전기술 고도화 기본계획(안)을 수립(1997. 9)하였으나, 국내 경제 여건변화 및 공기업 구조조정 과정에 맞추어 기본계획을 수정·보완하여 정부계획으로 원전기술 고도화계획을 확정(1999. 3) 추진하게 되었다.

제 2 절 기술고도화 추진 근거 및 목표

1. 추진 근거

○ 원자력법 제8조 2항에 따라 수립되어 제247차 원자력위원회(1997. 6)에서 의결된「원자력 진흥 종합계획」중「원자력산업 육성 및 진흥」부문계획

○ 전기사업법 제54조5에 따라 수립되어 제249차 원자력위원회(1998. 9)에서 의결된「방사성폐기물 관리대책」중 관리기술 추진방안

2. 추진 목표

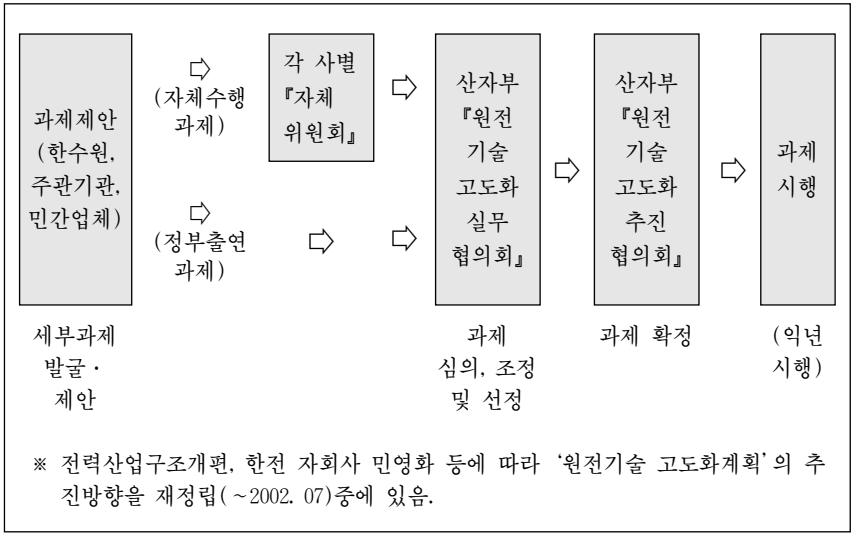
2006년까지 원전 건설 및 운영분야의 핵심기술 개발을 통하여 국제경쟁력이 있는 독자 기술능력을 확보하는 것을 목표로 단계별 세부목표를 설정하였다.

1999～2002년까지를 1단계 핵심기술의 개발단계로서 취약(부족) 기술을 확보, 보완하고 보유기술의 개선, 개량 등 전략적 가치가 있는 기술을 중점적으로 개발할 예정이고, 또한 2003～2006년까지를 2단계 핵심기술의 고유화단계로 개발된 기술의 최적화 및 우리기술화시킴으로써 실용기술의 해외수출에 따른 제약 요소를 제거하는데 역량을 집중시켜 기술고도화를 달성할 예정이다.

또한 27개 고도화 대상기술별 세부 추진목표를 설정하여 기술개발을 추진함으로써 원전기술 고도화 기본목표 달성에 만전을 기하고자 한다.

제 3 절 추진 절차

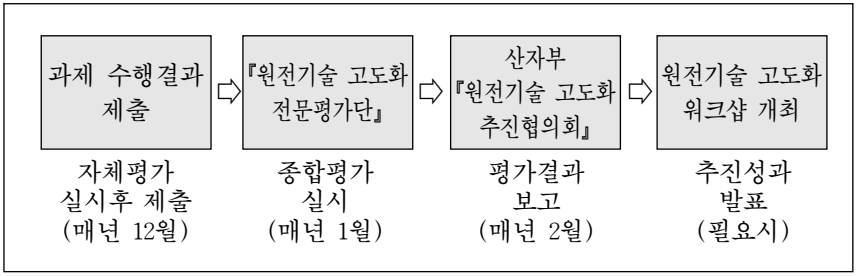
기술개발 과제 선정은 기술향상 기여도 및 국산화 효과가 큰 과제를 중점선정하며 각 사별 내부 과제심의 단계를 축소하여 기술개발의 효율성을 제고하고자 하며, 원전기술 고도화 기술개발 세부 추진절차는 〈그림 5-1〉과 같다.



〈그림 5-1〉 기술개발 추진 절차

한편 기술개발 결과 평가는 해당분야 전문가를 중심으로 「전문평가단」을 구성하여 발표평가, 현장평가 등 다원적 종합평가를 실시하고, 성취도를 각 사에 공식 통보하여 차기년도 과제제안·평가시 반영하도록 하며 기술개발 성과의 확산을 위해 「원전기술 고도화 워크샵」을 개최할 예정이다.

원전기술 고도화 기술개발 평가절차는 〈그림 5-2〉와 같다.



〈그림 5-2〉 기술개발 평가 절차

제 4 절 투자규모 및 추진 내용

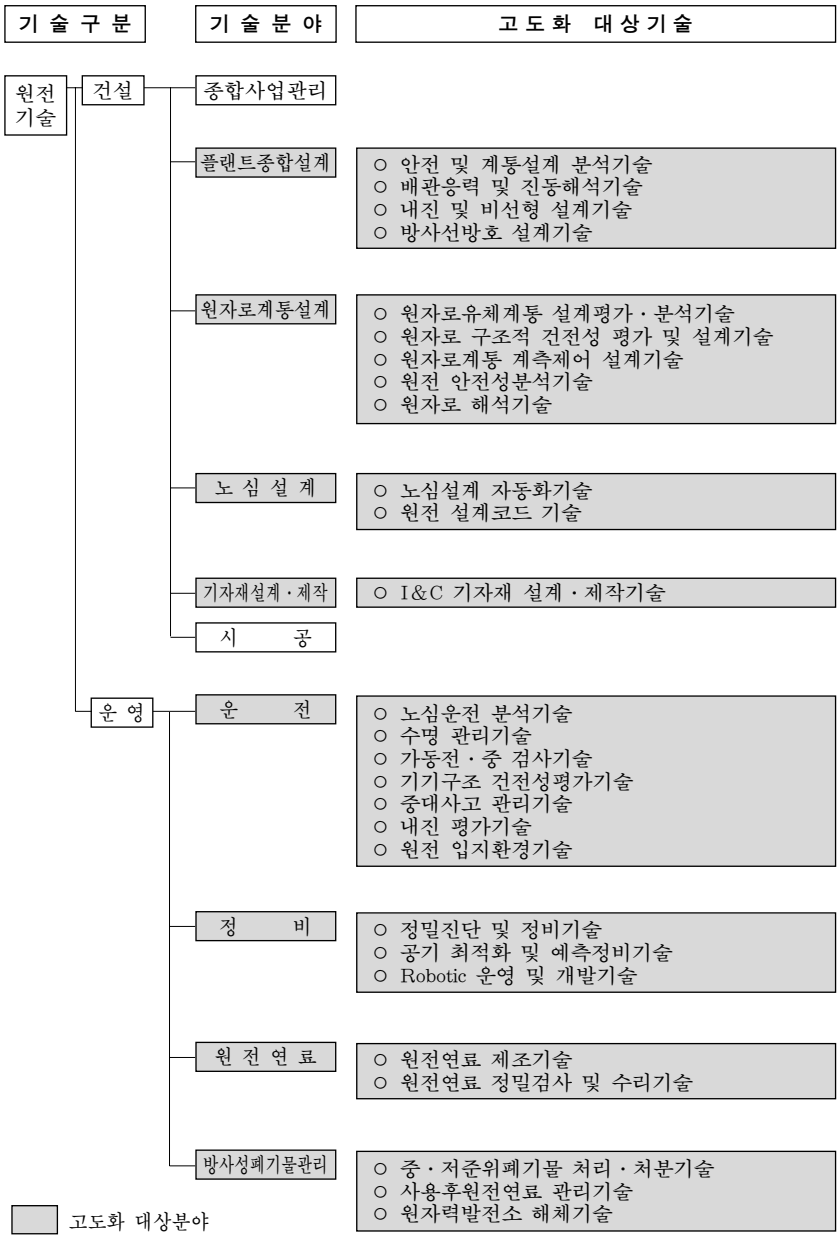
1. 투자규모

국내 원자력사업을 담당하고 있는 정부 및 관련사가 공동으로 부담한다는 원칙하에, 연구개발 위험성이 높은 기반기술이나 공익기술 분야 또는 전기요금 인하나 안전에 기여할 수 있는 기술분야의 기술개발은 정부가, 전문기술의 자체 기술능력 향상을 위한 기술개발은 분야별 주관기관이 자체적으로 부담하여 개발하는 등 8년에 걸쳐 약 5천억원을 투자할 예정이다.

2. 추진 내용

추진내용은 원전건설 및 운영 2개 부문, 8개 분야의 핵심기술을 중점적으로 개발할 예정이다.

먼저 원전건설 부문은 플랜트종합설계, 원자로계통설계, 노심설계, 기자재설계·제작 분야의 12개 대과제를 중심으로 개발하며, 원전 운영부문은 운전, 정비, 원전연료, 방사성폐기물 관리분야의 15개 대과제를 중심으로 핵심기술을 개발할 예정이다. 기술고도화 대상기술은 〈그림 5-3〉과 같고 대과제별 개발 내용은 〈표 5-3〉과 같다.



〈그림 5-3〉 기술고도화 대상 기술

〈표 5-3〉 과제별 개발내용

번호	과 제 명	개 발 내 용	주관 기관
1	안전 및 계통설계 분석기술 고도화	원전 주요계통의 열수력학적 거동해석, 성능분석, 위험도 기준의 설계요건 등 설계 최적화기술 개발	한기 (A/E)
2	배관 응력 및 진동 해석기술 고유화	유체유동에 따른 배관진동의 특성 규명과 열성층 현상에 따른 배관계 건전성 평가·개선 기술 개발	한기 (A/E)
3	내진 및 비선형 설계기술 고도화	실증시험을 통한 내진해석이론 검증 및 충격사고에 대한 안전관련 구조물의 동적 비선형 거동 해석기술 개발	한기 (A/E)
4	방사선방호 설계기술 고도화	최신 방사선방호 요건 및 대기확산 평가기술 개발과 방사선방호 설계기술 최적화	한기 (A/E)
5	원자로 유체계통 설계 평가·분석 기술 고도화	원자로 유체계통의 성능 해석·분석 및 전산코드 개발과 열유동해석 및 진동 해석기술 개발	한기 (NSSS)
6	원자로 구조적 건전성 평가 및 설계개선기술 고도화	주요 부품의 설계개량으로 구조설계 최적화 및 경제성 제고, 구조해석용 고유 전산코드 개발 등 최적 구조설계기술 확립	한기 (NSSS)
7	원자로계통 계측제어 설계기술 고도화	신기술을 적용한 원자로 계측제어 기술개발로 운전, 유지 및 보수성 제고로 계측제어 설계기술 최적화	한기 (NSSS)
8	원전 안전성분석 기술 고도화	발전소 거동 예측시스템, 비상운전지침서, PSA기법 개발 및 적용 등 계통 안전성 확보, 설계 및 안전성 분석기술	한기 (NSSS)
9	원자로 해석기술 고도화	발전소 설계 및 건설의 경제성 향상, 방사선 피폭최소화를 위한 방사선 해석기술의 최적화	한기 (NSSS)
10	노심설계 자동화 기술 고도화	설계자동화 연계프로그램 및 설계결과물 관리 자동화 프로그램 개발을 통한 생산성 향상 및 생산기술 최적화	원자력 연료
11	원전 설계코드 국산화	미 정부 제한코드 및 핵심 노심설계코드 국산화로 국제경쟁력 있는 고유 안전해석 및 원전 설계기술 확보	한수원
12	원전계측제어설비 국산화	계측제어 분야의 종합설계 및 검증능력 확보와 신기술 개발 및 적용으로 계측 제어기술의 개선, 개량 및 최적화	한수원

번호	과 제 명	개 발 내 용	주관 기관
13	노심 운전 분석 기술 고도화	원전 운영의 안전성 및 경제성 제고를 위한 노심운전 분석기술 확보	한수원
14	수명관리기술 고유화	장기 사용 원전의 노화 평가 및 저감, 연장 운전기술 확보, 경제성 평가기술의 고유화	한수원
15	가동전·중 검사기술 고도화	원전 이용률 및 안전성 검증·향상을 위한 가동전·중 검사 핵심기술 확보	한수원
16	기기구조 건전성평가 기술 고도화	원전 구조물의 구조건전성 평가 및 유지·관리기술 자립 및 기기 건전성 평가기술	한수원
17	중대사고 관리기술 고유화	중대사고관리 프로그램 및 중대사고 예방·완화 기술의 확보 및 고유화	한수원
18	내진평가기술 고도화	지진 동특성 평가 및 내진 설계기술의 고도화	한수원
19	원전입지 환경기술 고유화	부지 안전성 평가기술 및 환경 친화적 수리구조물 분석기술 고유화	한수원
20	정밀진단 및 정비기술 고도화	정밀진단 및 정비를 위한 첨단 진단장비 개발로 정비기술	한전기공
21	공기 최적화 및 예측정비기술 고도화	운전 환경을 고려한 공기 최적화기술 개발 및 각종 예측정비 프로그램의 연계 활용을 통한 예측정비기술	한전기공
22	Robotic 운영 및 개발 기술 국산화	고방사선 구역, 고소, 협소 등 보수성 결여 설비의 정비를 위한 원격 검사·정비용 로봇시스템 운영 및 설계기술 개발	한전기공
23	원전연료 제조기술 고도화	원전연료 제조기술의 국제경쟁력 확보를 위한 원전연료 제조기술의 표준화 및 최적화	원자력연료
24	원전연료 정밀검사 및 수리기술 국산화	원전 운전성 향상 및 원전연료 이용률 제고를 위한 원전연료 정밀진단 및 수리기술 확보 및 고유화	원자력연료
25	중저준위폐기물 처리 및 처분기술 개발	중·저준위폐기물 감량, 제염·재활용 및 처분 기술 개발	한수원
26	사용후원전연료 관리기술 개발	사용후원전연료의 안전한 수송 및 저장기술 개발	한수원
27	원전 해체·복구기술 개발	원전의 수명 종료에 대비한 제염·해체 기술 및 부지복구기술 개발	한수원

제 5 절 추진 실적 및 향후 계획

1. 추진 실적

원전기술 고도화 사업은 2001년도에 한국표준형원전 AOT/STI요건 완화연구등 총 78개 과제의 개발을 추진하여 16개의 과제를 완료하였으며, 분야별 주요 추진성과와 추진과제는 〈표 5-4〉, 〈표 5-5〉와 같다.

〈표 5-4〉 주요 추진 성과

기술분야	주 요 개 발 기 술
노심설계	○ 가압경수로 냉각재상실사고 해석을 위한 인허가용 최적평가체계(최적평가방법에 의한 가압경수로 냉각재상실사고 해석체제 구축, 국내기준 가압경수로의 냉각재상실사고 안전여유도 분석, 개발된 최적평가방법, 해석체계 및 발전소 적용)
기자재 설계제작	○ 원자력교육원 #2 시뮬레이터 성능개선 기술(원자력교육원 #2 시뮬레이터 컴퓨터시스템 교체 및 주요모델 성능개선) ○ 텔타60형 S/G슬러지 세정정비(고리 1발전소용 △60형 증기발생기 세정장비 대체품개발 및 기술 확보)
원전운전	○ 영광3,4/울진3,4 노내 계측기 장전량 최적화기술(노내계측기고장율 및 실측자료, 계측기 장전모형 선정 방법론, 출력분포 및 불확실도 평가기술, Core Power tilt 측정기능평가기술, 노외계측기 교정기능 평가기술, 핵연료집합체 오장전/오정렬 감지기능평가기술, 25%고장시계측기능평가기술, 노내계측기 신호 Background Correction 평가 및 전하량 영향평가기술, 노내계측기 수명연장 가능성평가기술) ○ WH형 원전 재장전 노심설계 검증기술(고리 3호기 14주기 Full Scope 재장전 노심설계 수행(교체노심 안전성평가보고서 및 핵설계 보고서 작성, 운저지원상수생산) ○ WH형 원전의 원자로냉각재 유량편차 및 고온관 온도층화 평가방법론(RCS Loop간 유량불평형평가기술, 고온관 온도층화에 의한 RCS 유량평가기술) ○ 원전 수명관리기술(설계수명 변경 기술보고서, 원전수명평가 방법론, 주요기기 수명평가 기술절차서, 원자로 압력용기 수명평가, 주요기기/구조물 수명평가, 주요기기 및 구조물 노화관리방안, 계통감시기술, 노화진단기술) ○ S/G유지보수기술(잠복방출시험 표준화, S/G성능관리시스템, ECP감시기술, 열수력해석, 원전 부식환경 감시를 위한 ECP 및 PH전극개발)

기술분야	주 요 개 발 기 술
원전운전	○ 원전 배관 건전성평가기술(균열배관의 파괴거동에 미치는 2차응력의 영향 평가기술, 균열배관의 파괴거동에 미치는 지진하중의 영향, LBB 평가에 미치는 PIB구속효과, 균열배관의 파괴거동에 미치는 DSA의 영향, 비선형 균열 배관 해석방법) ○ 원전구조물 사용 시멘트의 내구성평가 및 구조물 잔존 수명예측 기술 ○ 고리1,2호기 및 영광1,2호기 부분충수 운전중 안전해석기술(부분충수운전중 RHR 적정 유량 결정 및 인허가 보고서 제출
원전연료	○ 피복관 자동검사장비 및 검사기술 ○ 연료봉 탐상시험기 성능개선 기술 ○ 초음파 탐상시험기 성능개선 기술
방사성 폐기물관리	○ 액체폐기물 처리 복합공정개발 ○ 원전 제염 및 해체 안전성 검증기술

〈표 5-5〉 주요 추진 연구개발 과제

기술분야(건수)	주 요 과 제 명
플랜트 종합설계 (4)	○ 한국표준형원전 AOT/STI 요건 완화연구 ○ 위험도 감시 전산시스템 및 운영기술 개발 ○ 원자력발전소의 개선된 내진해석 연구 ○ 방사선원항 분석기술
원자로계통설계(1)	○ 제어봉구동장치 제어계통 유지보수지원장비개발
노심설계 (3)	○ 고유 핵설계코드체계 개발 ○ 고유 안전해석전산코드 개발 ○ 가압경수로 냉각재 상실사고 해석을 위한 인허가용 최적평가체계개발
기자재 설계제작 (9)	○ 영광 1,2호기 및 울진 3,4호기 증기발생기 슬러지세정장비 개발 ○ 원전 터빈 디지털제어시스템 개발 ○ 발전소 제어계통(PCS) 국산화 개발 ○ 고리 1호기 노내 중성자검출기 구동설비 국산화 개발 ○ 노내 핵계측계통 제어설비 개발 ○ 원자력 교육원 #2 시뮬레이터 성능개선 ○ 원전 자동제어설비의 디지털화 개발(Ⅲ) ○ 델타 60형 증기발생기 슬러지세정장비 개발 ○ 노내 핵계측 검출기 국산화 개발

기술분야	주 요 과 제 명
원전운전 (39)	○ 고리1발 보조설비 열교환기 세판 비파괴 평가체계개발 ○ 원자로 제어봉 봉단마개 용접부위 비파괴 평가기술개발 ○ 원전 주요기기지지용 대형 매입앵커의 거동성능 및 설계기준 수립에 관한 연구 ○ 울진1,2호기 부분층수운전중 안전해석 ○ 원전부지 지진안전성 정밀평가 기술개발 ○ 원전기초지반 지진 안전성평가 기술개발 ○ 원전구성품 표준제염 공정 및 절차개선 ○ 영광3,4/울진3,4 노내 계측기 장전량 최적화 ○ 원전 수명관리연구(Ⅱ) ○ 위험도 분석결과를 이용한 배관 가동중 점검부위 선정 ○ 원전 이차계통 감육배관 관리 표준기술 체계 개발 ○ 고리1호기 확률론적 안전성평가(Ⅱ) ○ 고리1,2호기 및 영광1,2호기 부분층수 운전중 안전해석 ○ 울진 원전부지의 지진 해일고 평가 연구 ○ 온배수 확산영역 3차원 연속감시 시스템 개발 ○ 영광원전 주변 및 대조해역 환경조사 연구 외 23개 과제
원전정비 (7)	○ RCP Seal 건전성진단 및 정비기술개발 ○ Rx Baffle Bolting Aging Management 기술 ○ Rx Baffle Bolt 검사 기술 ○ 핵연료 재장전 기중기용 건식 Sipping장비 개발기술 ○ 증기발생기 잔존 이물질 안전성 평가기술 ○ S/G 전열관 Plug설치, 제거 및 인출 기술 ○ S/G 슬리빙 기술
원전연료 (9)	○ 경수로 건식 재변환공정 생산량 증대 운전기술 개발 ○ 소결로 히터 수명연장 방안연구 ○ 품질서류에 대한 전자문서화 및 종합정보시스템 구축 ○ 한국표준형 원전연료 골격체 국산화 ○ 가연성 흡수봉 국산화 ○ 피복관 자동 검사장비 개발 ○ 연료봉 탐상시험기 성능 개선 ○ 초음파 탐상시험기 성능 개선 ○ 가압경수로 원전연료 수리기술 개발
방사성 폐기물관리 (6)	○ 토양 환경방사능 관리기술 개발 ○ 천층처분 시설의 인공방벽 실증 연구 ○ 중·저 준위 방사성폐기물 유리화 기술 개발(Ⅱ) ○ 액체폐기물 처리 복합공정 개발 ○ 원전 제염 및 해체 안전성 검증기술 개발 ○ 방사성폐기물 감용을 위한표면오염제거기술 개발

2. 향후 계획

기술개발을 착수한 과제에 대한 개발관리에 주력할 예정이며, 이중 2002년도 신규과제는 〈표 5-6〉와 같다.

〈표 5-6〉 2002년 신규과제 현황

기술분야	주 요 개 발 기 술
플랜트 종합설계	○ 위험도 및 성능기준 원전 화재분석방법 및 적용기술 ○ 웨스팅하우스형 가동원전 영구수조 밀봉체 설계개발 ○ 고 신뢰도의 원전 열출력 평가를 위한 주급수 유량측정기술 ○ 예상 방사선원항 및 소외 방출량 평가기술
기자재설계제작	○ 해수 순환수펌프 Discharge Head 국산화개발
원전운전	○ 가동원전 출력증강 기술개발
원전정비	○ Laser 및 Strain Gage를 이용한 위치변화 감시기술 ○ KSNP S/G 지지격자 검사장비 개발
원전연료	○ 사용후 연료 정밀검사 기술개발
방사성 폐기물관리	○ 중·저준위 방사성폐기물 유리화 원형플렌트개발 ○ 고연소도 PWR 사용후연료 건식 저장기술개발

아울러, 2003년도 연구개발 대상과제를 수시로 발굴하는 한편, 전력산업구조개편, 공기업 민영화 추진 등 전력산업 경영환경 및 기술개발환경 변화를 적극 수용하고, 새로운 기술개발 체제를 구축하여 원전기술고도화사업을 전략적이고, 내실 있게 추진하기 위하여 추진방향을 재정립할 예정이다.

※ 참조(원전기술고도화 추진방향 재정립 추진내용)
○ 전력산업 구조개편에 따른 기술개발 환경 변화 검토/분석
-기술개발 주체별 장단기 목표와 연구개발 인력구성계획 등 동향 분석을 바탕으로 기술개발의 구조적 장애요인 및 개선방안 도출
-원전산업계의 경쟁력 제고를 목표로 효과적 역할분담 방안제시
○ 고도화 대상기술의 재 기획 및 전략기술 도출
-기술수요조사(기술개발 주체와 기술사용 주체 대상)로부터 기존 기술수목도의 보완(안) 및 운영방안 정립
-원천/핵심기술 확보 목표와 우선 순위 설정(안) 제시
-전략기술 분야 및 기술과제 도출
○ 효율적 고도화 추진 방안 제시
-고도화 추진체계 : ① 기획, 평가, 진도/사후관리 ② 관리조직 및 수행 조직의 구성과 역할
-소요재원 확보방안 제시 등