

## 고리 1호기 해체 사업 추진 계획

### 최영기

한국수력원자력(주) 원전사후관리처 해체사업팀장



· 동아대 기계공학 학사  
· 숭실대 경영학 석사

· 한수원 올진·월성 원자력본부 차장  
안전기술본부 기술기획처 APR+ 사업준비팀 차장  
건설본부 건설기술처 차장  
사업본부 원전사후관리처 해체사업팀장

### 서론

우리나라 최초 상업용 원자력발전소인 고리 1호기가 2017년 6월 18일 24시를 기해 영구적으로 가동이 정지됐다. 고리 1호기는 40년간 안정적으로 전력을 공급함으로써 우리나라의 경제 성장을 뒷받침하였으며, 고리 1호기의 건설과 운영을 통해 원자력 전문 인력을 양성하고 원자력 강국으로 나아가는 토대가 되었다.

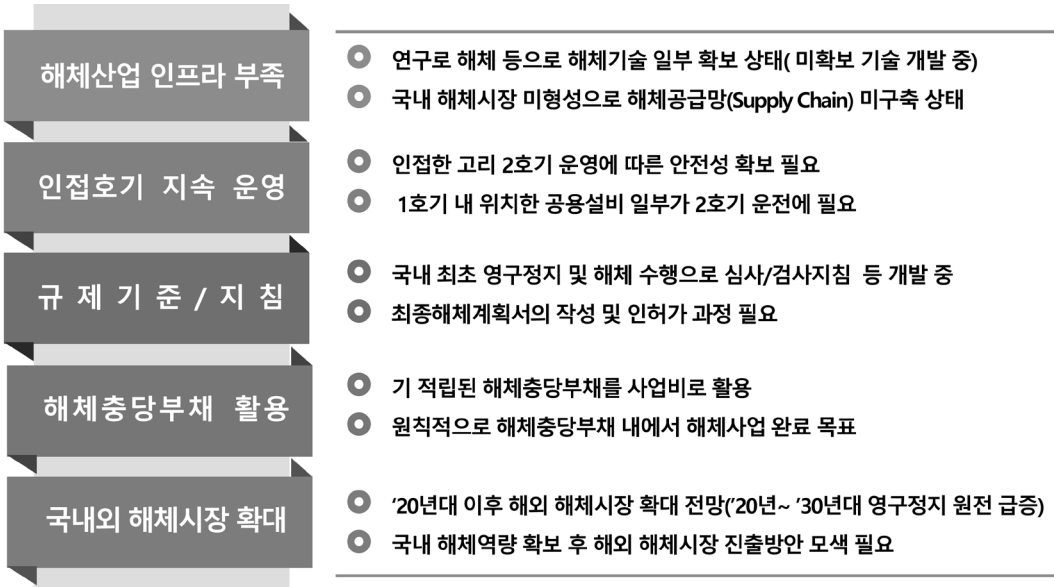
이제는 고리 1호기의 해체를 통해 원전의 ‘건설-운영-해체(폐기물 관리)’에 걸친 전(全) 주기 원전 산업 체계를 완성하는 기회로 삼아야 한다.

전 세계적으로 1960~1980년에 건설한 원전의 사용 기한이 임박함에 따라 2020년대 이후 영구정지 원전이 크게 증가할 전망이며, 원전 해체 시장은 총 440조원으로 추산된다. 우선 고리 1호기의 안전한 해체를 위해 국내 해체 인프라 구축이 시급하며, 성공적인 국내 해체 실적이 전제되어야만 바탕으로 해외 해체 시장에도 진출할 수 있으므로 이에 대한 준비가 필요하다.

### 해체 사업 추진 경위

#### 1. 추진 경위

고리 1호기 해체 사업은 국민 안전과 경제성 확보를 토대로 미래 성장 잠재력과 글로벌 경쟁력을 가진 해체산업을 육성하고자 하는 국가 정책에 따라, 부산광역시 기장군 장안읍에 소재하고 있는 587 MWe급



〈그림 1〉 해체 사업 추진 여건

(Westinghouse 노형) 원자력발전소를 2032년 12월을 목표로 안전하게 해체하는 것이다.

고리 1호기는 2015년 6월에 영구정지가 결정되었고, 그 해 10월에는 '원전 해체산업 육성 정부 정책'이 발표되었다. 한수원은 고리 1호기 영구정지 이전부터 해체 전담 조직을 구성하여 해체를 준비하였으며, 해체산업 육성 정책을 반영하여 고리 1호기 해체 기본계획과 기술 개발 로드맵을 수립하고 추진중이다.

2016년도에는 고리 1호기의 영구정지를 위한 운영변경허가를 신청하였다. 규제기관의 심사를 통해 운영변경허가를 승인받아 지난 6월에 영구정지하고, 원자로 안의 사용후핵연료를 사용후핵연료 저장조로 이송하여 안전하게 냉각상태를 유지·관리하고 있다.

## 2. 사업 여건

고리 1호기는 국내 최초로 해체하는 상업용 원전인

만큼 해체 사업을 위한 여건은 녹록하지 않다.

첫째, 해체산업 인프라가 부족하다. 연구로 해체, 대형 기기 교체 등의 경험을 통해 일부 해체 기술을 확보하고 있으나, 국내에서는 본격적인 해체 시장이 형성되지 않았기 때문에 해체 공급망이 다소 부족한 실정이다.

둘째, 고리 2호기의 안전성을 확보해야 한다. 영구정지된 고리 1호기의 인근에 고리 2호기가 운전중이므로, 2호기의 안전성을 확보할 수 있는 해체 계획을 준비 중이다.

셋째, 원전 해체에 대한 세부 규제 기준 및 지침이 필요하다. 원전 해체에 대한 규제 기준은 원자력안전법과 관련 고시를 통해 마련되었으나, 영구정지와 해체에 대한 심사 및 검사 지침 등을 규제기관에서 정비하고 있다.

넷째, 원전 운영 기간 중에 적합한 해체 충당 부채

내에서 해체를 완료하는 것이다. 해외에서는 계획보다 해체 비용이 대폭 증가한 사례도 있어 철저한 사업 관리가 필수적이다.

마지막으로 해외 해체 시장 확대에 대비하여야 한다. 해외 시장의 문을 열기 위해서는 성공적인 해체 실적(Track Record)이 필수적인 만큼, 최대한 국내 기술로 고리 1호기를 성공적으로 해체할 수 있도록 만전을 기해야 한다.

### 해체 사업 추진 전략 및 단계별 업무

#### 1. 추진 전략

고리 1호기는 한수원이 추진하는 첫 번째 해체 사업인 만큼 안전하고 효율적인 사업 관리를 위하여 7가지 추진 전략을 마련하였다.

첫째, 국내 원전 해체산업을 육성하고자 하는 정부 정책 이행을 최우선으로 하여 추진한다.

고리 1호기의 해체 계획을 지속적으로 시장에 공유하여 국내 산업체의 해체 준비를 유도할 계획이다. 그리고 가능한 많은 기업이 해체 사업에 참여하여 실적을 쌓을 수 있도록 주요 공정별로 분리하여 발주할 예정이다.

둘째, 고리 1호기는 단독 즉시 해체 방식으로 추진한다.

해외에서도 다수 호기 부지의 경우 모든 원전이 영구정지된 후 한꺼번에 해체를 추진하는 것이 일반적이다. 하지만 고리 1호기의 경우 해체 실적으로 조기에 확보하여 해외 해체 시장 진출 기반을 구축하고, 국내 해체 인프라를 조성하여 후속 호기 해체에 대비하고자 '즉시 해체' 방식으로 추진한다.

셋째, 정부의 사용후핵연료 정책과 연계하여 추진한다.

원전을 해체하기 위해서는 발전소 내의 사용후핵연료를 발전소 외부로 반출해야 한다. 그 후 발전소 내의 모든 기기를 정지한 후에야 철거 작업을 착수할 수 있다. 고리 1호기 내에 사용후핵연료를 보관할 동안에는 안전하게 냉각·관리하며, 사용후핵연료 반출 후에 방사성 기기·계통을 철거하는 것을 원칙으로 한다.

넷째, 해체 공정을 최적화할 계획이다.

약 15년이라는 다소 도전적인 해체 일정을 정한 만큼 사업에 영향을 미치는 요소를 철저히 검토하여 대응 방안을 수립할 예정이다. 다만, 필요할 경우 정부 정책, 규제 제도, 인접 호기 영향 등을 고려하여 무리하지 않고 탄력적으로 공정을 운영할 계획이다.

다섯째, 방사성폐기물을 최소화할 계획이다.

고리 1호기의 해체 방사성폐기물량이 14,500 드럼(200 l 기준) 이하가 될 수 있도록 오염 확산을 방지하고, 효율적인 제염·감용을 위하여 최적의 폐기물 처리 시설을 구축하는 방안을 모색하고 있다.

여섯째, 국내 해체 사업 역량을 강화할 계획이다.

원전 해체 기술의 국내 자립을 목표로 '원전 해체 기술 개발 로드맵'을 수립하였으며, 2021년까지 원전 해체에 필요한 상용화 기술 58개를 100% 확보할 계획이다. 그리고 고리 1호기 해체를 통하여 기술을 실증하고 고도화할 계획이다.

마지막으로 최고 수준의 안전 관리를 유지할 계획이다.

원자력발전소에서는 이미 철저한 산업 안전과 방사선 안전 관리 체계를 확보하고 있으며, 영구정지 원전은 가동 원전에 비해 발생할 수 있는 사고의 위험도는 현저히 낮아진다. 하지만 국내외 사례 등을 통해 원전 해체 과정에서 예상할 수 있는 위해 요소를 사전에 도출하여 최고의 안전성을 확보할 계획이다.

	<b>정부정책 이행</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 기술개발 및 사업추진 방향 적기 제시로 산업계 준비 유도</li> <li>● 해체기업의 시장참여 확대를 위한 공정별 분리 발주</li> </ul>
	<b>고리1호기 단독 즉시해체</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 해체실적 조기 확보로 해외시장 진출기반 구축</li> <li>● 국내 해체산업 인프라 적기 조성으로 후속 호기 해체 대비</li> </ul>
	<b>사용후핵연료 정책 연계</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 사용후핵연료 반출 전 안전한 냉각·관리</li> <li>● 사용후핵연료 반출 후 방사성 기기·계통 철거 원칙</li> </ul>
	<b>해체공정 최적화</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 사업영향요소 사전 검토 및 대응방안 수립</li> <li>● 정부정책, 규제제도, 인접호기 영향 등 고려 탄력적 운영</li> </ul>
	<b>방사성폐기물량 최소화</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 오염확산 방지 및 효율적인 제염·감용 처리</li> <li>● 기존설비 및 공간을 최대 활용하여 처리설비 구축</li> </ul>
	<b>사업역량 제고</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 기술개발 로드맵에 따라 원전해체 상용화기술 확보</li> <li>● 고리 1호기 해체를 통한 기술 실증 및 고도화</li> </ul>
	<b>최고수준 안전관리</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 해체작업환경 위해요소 차단으로 최고수준 산업안전 확보</li> <li>● 오염확산·내부피폭 방지 등 완벽한 해체 방사선안전관리 수행</li> </ul>

〈그림 2〉 해체 사업 추진 전략

## 2. 해체 사업 단계별 역무

고리 1호기 해체는 크게 4단계로 구분할 수 있다. 영구정지부터 해체승인을 받을 때까지의 ‘안전 관리 단계’, 해체 승인 후 사용후핵연료 반출까지의 ‘비방사성 설비 철거 단계’, 사용후핵연료 반출 후 부지 복원 착수까지의 ‘방사성 설비 철거 단계’, 마지막으로 부지를 깨끗하게 복원하는 ‘부지 복원 단계’이다. 각 단계별 주요 역무는 다음과 같다.

현재는 I 단계에 해당하는 기간으로 원자력안전법 및 관련 고시에 따라 최종해체계획서(FDP) 초안을 작성 중이며, 주민 의견 수렴 등의 과정을 거쳐 규제기관에 제출한다. 규제기관은 해체 계획의 안전성을 평가하여 승인한다.

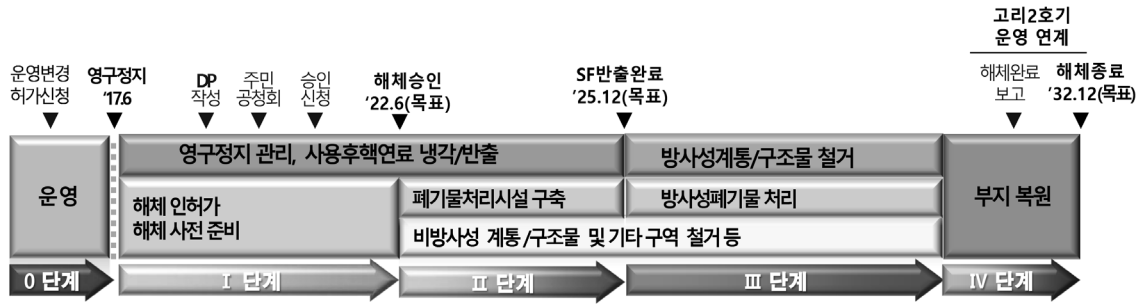
이 기간 중에는 구체적인 해체 계획을 수립하기 위한 해체 종합 설계와 제염·철거 등 단위 사업 계약 준비 업무를 수행한다. 사용후핵연료 저장조에서 보관

중인 사용후핵연료의 안전성을 점검하기 위한 정기 검사 등도 지속적으로 수행한다.

해체 승인 후 II 단계에서는 사용후핵연료 저장조 운영과 관계없는 비방사성 계통·구조물의 철거를 착수한다. 철거 과정에서 필요한 전기, 압축공기 등을 공급하는 임시 유틸리티를 설치·운영하며, 추후 발생할 방사성폐기물을 처리하기 위한 처리 시설 등도 구축한다.

사용후핵연료가 모두 반출되면 III 단계에 진입한다. 사용후핵연료 저장조를 비롯하여 방사성 계통·구조물의 철거를 시작한다. 이 과정에서 발생하는 방사성 폐기물은 폐기물 처리 시설에서 제염·감용·측정·포장 작업이 이루어진다. 이 때 방사성폐기물 측정의 정확성을 확보하기 위하여 별도의 독립적인 측정 작업을 수행할 예정이다.

IV 단계에는 혹시 있을지 모르는 토양 및 지하수 오



**0 단계 발전소 운영** > 영구정지 준비, 해체주요전략 및 계획수립 등 사업여건 조성

- SF 안전관리, 운영허가에 따른 정기검사 등
- 해체종합설계, 폐기물처리시설 설계/구매 등
- 최종 해체계획서작성, 인허가 신청 및 대응

- 부지복원 공사
- 최종부지상태조사 및 해체완료 검사
- 운영허가 종료



- 비방사성 구역철거, 해체용 유틸리티 설치운영
- 방사성폐기물 처리시설 구축
- 사용후핵연료 소외 반출

- 방사성 계통·구조물 제염·철거
- 폐기물처리시설 운영(제염·절단·감용·포장 등)
- 방사능 측정결과 검증 및 평가

〈그림 3〉 해체 사업 단계별 업무

염 등을 검사하여 정확하고, 최종적으로 부지 내 오염이 없는 것을 확인하는 최종 부지 상태 조사를 수행한다. 그 후 규제기관에 해체 완료 보고를 하면, 규제기관의 해체 완료 검사 후 고리 1호기 해체가 완료되고 운영 허가가 종료되게 된다.

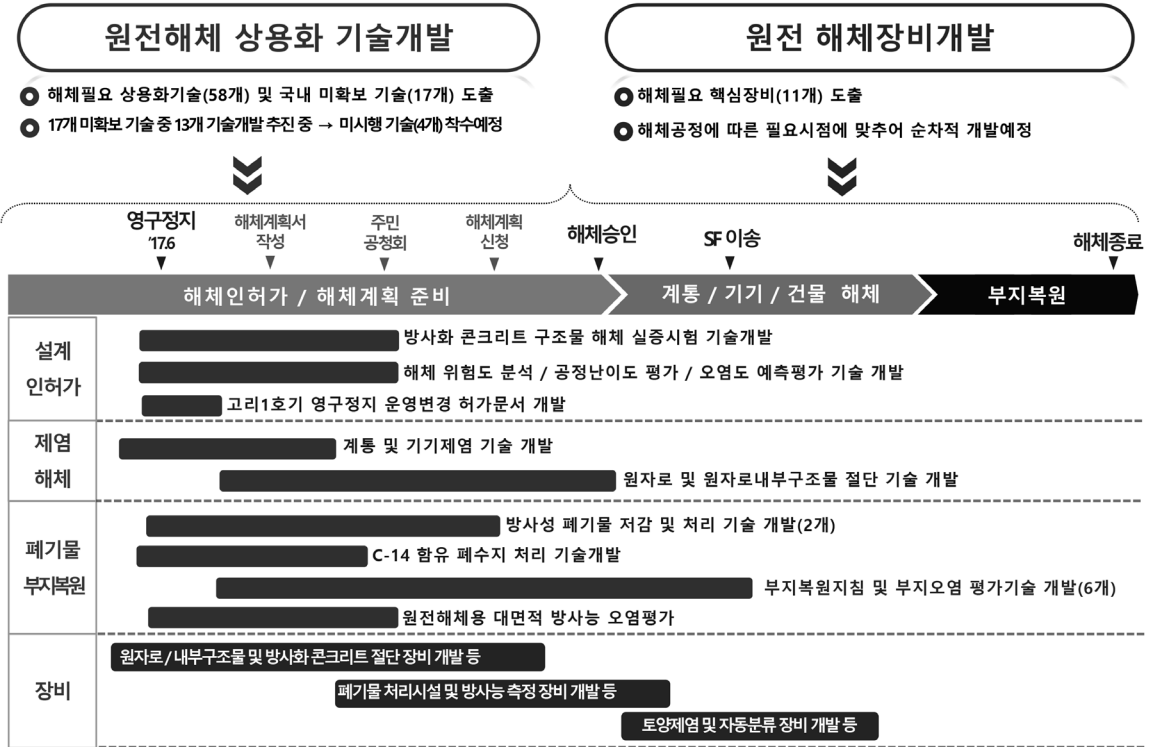
## 해체 사업 준비 현황

### 1. 원전 해체 기술 및 장비 개발

우리나라는 대형 상업용 원전에 대한 해체 경험이 전무하며, 해체와 관련된 기술은 선진국의 약 80% 수

〈표 1〉 국내 원전 해체 관련 경험

구분	세부 내용(시기)
소규모 원자력 시설	연구로 1호기('11~'21예정), 연구로 2호기('01~'09), 우라늄변환시설('04~'11)
운영 원전 대형 기기 교체	증기발생기 교체 : 고리1('95~'98), 한울1,2('06~'12), 한울3,4 ('12~'14) 원자로 압력관 교체 : 월성1 ('08~'11) 원자로 헤드 교체 : 고리1 ('13), 한빛3,4 ('15)



〈그림 4〉 원전 해체 기술·장비 개발 추진 현황

준인 것으로 평가되고 있다. 해체 기술은 방사선 안전 관리, 기계, 화학, 제어 등 여러 분야의 지식과 기술이 복합된 종합 엔지니어링·융합 기술이다.

상용화된 일반 산업 분야 기술을 접목하여 방사선 환경 하에서 최적화된 융합 기술을 개발해야 한다. 고 방사선의 극한 환경에서 적용하기 때문에 고도의 제어, 철거 기술 및 원격 제어 기술 등 고난이도의 기술이 필요하다.

한수원은 고리 1호기 영구정지 결정 이전부터 원전 해체 필요성에 대비하여 2013년에 ‘원전 해체 기술 개발 로드맵’을 수립하여 추진하였다. 그 후 원전 해체 육성 정책을 반영하여 2015년에 원전 해체 기술 개발 로드맵을 개정하였다.

개정된 로드맵에서는 원전 해체 기술을 체계적으로 분류하였으며, 국내 기술 수준 평가를 통해 단계별 목표를 새롭게 설정하였다. 산업부와 한수원은 2021년 까지 해체 현장에 필수적인 상용화 기술 중 미확보된 17개 기술을 확보할 예정이며, 부가가치가 높은 핵심 장비도 개발할 예정이다.

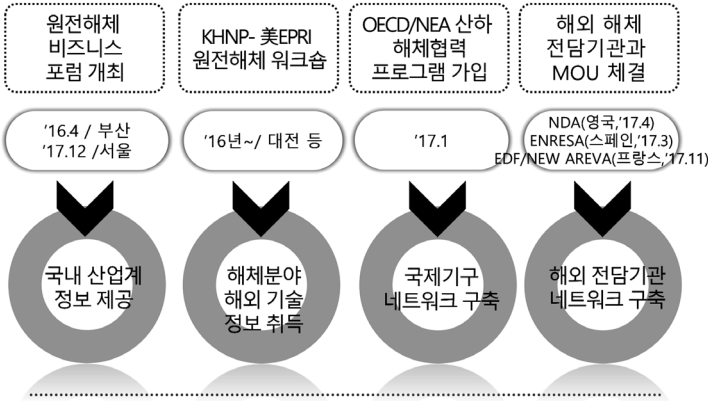
## 2. 해체 사업 역량 강화

한수원은 해체 사업의 성공적인 수행을 위하여 해체 네트워크 강화, 전문 인력 양성 등 해체 사업 역량 강화를 추진하고 있다.

‘원전해체 비즈니스 포럼’ 등을 통하여 한수원의 해체 준비 현황을 주기적으로 공유하고, 성공적인 원전

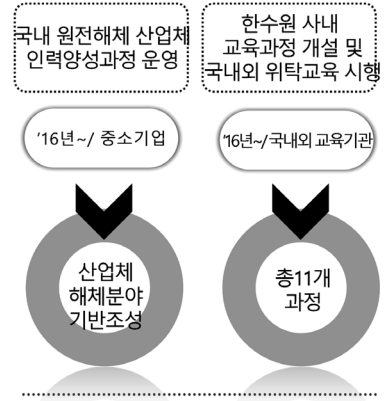
### 국내외 협력 네트워크 구축

기술 및 정보교류 채널 확보



### 해체분야 전문인력 양성

전문교육과정 개설/시행



### 국내 해체 산업체 현황 관리

- 해체 산업체 종합 DB 개발('16.9) 및 해체산업체 DB갱신 / 관리 중

〈그림 5〉 해체 사업 역량 강화

해체를 위하여 산·학·연 등 다양한 이해관계자들과의 정보 교류를 강화하고 있다.

또한 EPRI 워크숍, OECD/NEA 해체 협력 프로그램 가입, 해체 유관 기관인 영국 NDA, 스페인 ENRESA, 프랑스 EDF, NEW AREVA, 독일 TÜV-SÜD 등과 MOU를 체결하였다. 이를 통해 해외 기술 및 정보 교류 채널을 확보하여 국내 최초 사업에 대한 불확실성에도 대비하고 있다.

해체 전문 인력을 양성하기 위해서 국내 산업체를 대상으로 원전 해체 교육 과정을 운영하고 있으며, 한수원 사내 교육 과정과 국내외 위탁 교육을 통해 한수원 자체 전문 인력 양성도 꾀하고 있다.

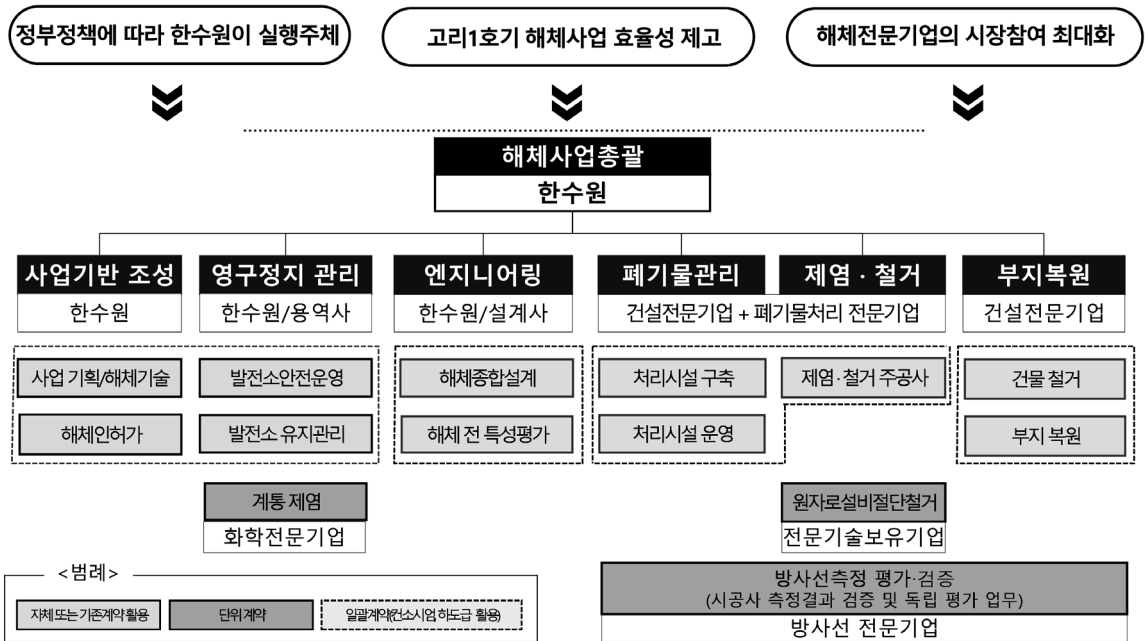
국내 해체산업의 공급망 현황을 파악하기 위해 2016년도에 해체 산업체 종합 DB를 개발하였으며, DB를 주기적으로 갱신/관리하고 있다.

### 해체 사업 추진 계획

#### 1. 해체 사업 추진 체계

고리 1호기 해체 사업은 정부 정책, 효율성, 해체 전문 기업 시장 참여 확대를 위한 방안을 고려하여 〈그림 6〉과 같이 추진할 계획이다.

한수원이 해체 사업을 총괄하며, 사업 기획, 인허가, 영구정지 관리는 한수원이 주관하고 기존의 가동 원전



※ 국내 원전 해체산업 공급망(Supply Chain) 상황 등 해체사업 여건에 따라 탄력적 대응

〈그림 6〉 해체 사업 추진 체계

용역을 변경하는 방법으로 유지·관리할 예정이다.

원전 해체 관련한 단위 사업은 해체 종합 설계, 계통 제염, 폐기물 처리 시설 구축·운영 및 제염·철거, 원자로설비 절단·철거, 방사선 측정 평가·검증, 부지 복원 등 6가지로 구분하여 추진할 계획이다.

## 2. 계약 추진 방안

사업 추진 체계에서의 각 계약은 관련법에 따라 경쟁 입찰을 우선하여 추진한다. 정부 정책에 따라 주요 공정별 분리 발주를 통해 해체 기업의 시장 참여를 확대한다.

그리고 책임 경계가 불명확하고 서로 연계된 현장

업무는 주계약사와 전문 중소기업이 컨소시엄 또는 하도급을 구성하여 참여할 수 있도록 추진할 계획이다.

최근에 발주된 해체 종합 설계 용역을 시작으로 단계별로 계약을 추진할 예정이다. 그 다음 계약은 해체 착수 전 ALARA와 계통의 방사성 준위를 낮추기 위한 계통 제염 용역으로 현재 기본 계획 수립 준비 중이다. 제염·철거 주공사 등 다른 계약은 인허가 등 착수 가능 일정을 고려하여 〈그림 7〉과 같이 추진할 예정이다.

## 3. 해체 사업 영향 요소

해체 사업에 미치는 영향 요소는 다양하지만, 아래와 같은 4가지가 가장 중요한 요소로 평가된다.





공공기관의 운영에 관한 법률, 국가를 당사자로하는 계약에 관한 법률 등에 근거하여 경쟁입찰 우선 추진



사업주요 공정별 분리 발주를 통한 해체기업의 시장참여 확대



단위계약 추진시 계약자간 책임경계가 불명확한 현장공사 분야는 주계약사와 전문중소기업이 컨소시엄/ 하도급 구성



계약 단위	계약 방안	계약 시기
기존 계약	발전소 운영관련 기존 계약 변경	용역별 일정에 따라 진행 중
해체 종합설계용역	가동원전 설계 엔지니어링 전문업체 경쟁입찰	계약추진 중
계통 제염	화학처리 전문업체 경쟁입찰	기본 계획수립 준비중
제염 철거 주공사	건설업 전문업체 경쟁입찰[주계약사-중소기업 컨소시엄 우대]	I 단계(해체승인 전)
원자로설비 절단·철거	전문업체 경쟁입찰[해체기술 개발결과에 따라 탄력적 추진]	II 단계(방사성계통 철거 전)
방사능 측정평가검증용역	방사능 측정·평가, 방사선안전관리 전문업체 경쟁입찰	II 단계(방사성계통 철거 전)
부지복원공사	건설업 전문업체 경쟁입찰[주계약사-중소기업 컨소시엄 우대]	III 단계(2호기 운영계획 등 사업여건 고려)

※ 기술개발 결과, 사업환경 변화 및 계약단위별 산업체 공급망 여건에 따라 탄력적 대응

〈그림 7〉 계약 추진 방안

첫 번째는 사용후핵연료 반출이다. 사용후핵연료 반출이 지연된다면 전체 해체 일정이 지연될 수밖에 없으므로 적기에 반출될 수 있도록 노력하고 있다.

두 번째는 해체 방사성폐기물 처분이다. 원전 해체 시에는 방사성폐기물이 단기간에 대량으로 발생되므로 이를 처분할 수 있는 인프라를 구축하는 것이 필수적이다. 한국원자력환경공단과 협력하여 안전하고 효율적인 폐기물 인수 기준 방안을 모색하고 있다.

세 번째는 인접한 발전소의 안전 운전이다. 해체 시 고리 2호기 안전 운영에 영향이 없어야 함은 물론이고, 고리 2호기 운영 일정에 맞추어 고리 1호기 해체

사업을 탄력적으로 운영할 계획이다.

마지막으로 부지 복원이다. 최종적으로 해체 부지 상태와 다양한 의견을 검토하여 합리적인 부지 복원 방향을 정할 수 있도록 준비 중이다.

### 결론

고리 1호기는 국내 최초의 상업용 원전으로 우리나라 원자력산업의 견인차 역할을 하였고, 처음으로 해체되는 원전으로서 '의미있고 아름다운 퇴장'을 준비하고 있다.



〈그림 8〉 해체 사업 영향 요소

정부, 산업계, 학계 모두 힘을 모아 고리 1호기 해체를 통해 국내 해체 역량을 확보하는 소중한 기회로 활용할 수 있도록 준비해야 한다. 이를 통해 국내 해체산업을 육성하고 해외 해체 시장에 나아갈 수 있는 발판으로 삼아야 한다.

해외 해체 시장을 진출하기 위해서는 우선 고리 1호

기를 안전하고 효율적으로 해체하여 성공적인 해체 실적을 쌓아야 한다.

한수원은 앞으로도 지속적으로 해체 현황 및 계획을 공유하여 잠재적인 해체 참여 희망 기업의 준비를 유도하고, 해체 인프라를 구축할 수 있도록 노력하겠다. 🌱

