

원전성능관리연구센터

원전 운영 기술 고도화와 경쟁력 제고

황 일 순

원전성능관리연구센터장 · 서울대 원자핵공학과 교수



원 대 사회에서 전기는 쌀과 함께 국민 생존의 발판이 되었다. 원자력 발전(원전)은 뛰어난 경제성과 환경 보존성으로 인해 많은 나라에서 새로이 호응을 얻고 있다.

큰 흐름으로 볼 때 21세기에는 아시아 각국을 포함한 자원 빈국에서 원전은 전력의 안정적 공급과 대기 오염 억제를 위한 견인차 역할을 맡게 될 것으로 전망된다.

20년의 짧은 역사 속에, 우리의 원

자력 선구자들은 원전 운영 기술 확보 및 한국 표준형 원전 개발이라는 놀라운 결실을 이루었다.

21세기를 향한 제2세대의 과제는 운영 기술 고도화와 기기 국산화를 통하여 원전을 안착시키고, 이를 토대로 경쟁력 높은 원전 수출국으로 자리잡는 일이 될 것이다.

이러한 현실에서 대학의 역할을 절감하고 서울대에 위치한 기초전력공학공동연구소에 원전성능관리연구센터를 설립하고, 지난 4월 14일에 창립 총회 및 제1회 국제 학술 대회를 개최하였다.

원자력, 계측 제어, 기계, 재료, 토목 분야의 원전 운영 기술 연구의 일선에서 활약중인 전국 9개 대학의 교수들이 공조 체제로 조직화된 것이다.

실질적이고 기본적인 목표를 중심으로 기기진단연구실, 노심성능연구실, 성능검증연구실, 그리고 수명관리연구실 등 4개의 전문 연구실로 편성하였다(그림 1).

과학 기술계의 지도적 인사를 자문 위원으로 초빙하고, 관련 기관의 중진들을 전문 위원으로 유치하여 산·학·연 협력을 도모할 계획이다.

원전성능관리연구센터는 영문으로 Nuclear Power Performance Management Research Center (NUPERM)로 불리며, 정부 기관 및 국내외의 산업계와 협조하면서, 안전성과 경제성을 냉정히 추구하는 공익 연구 기관으로 발전하기를 희망한다.

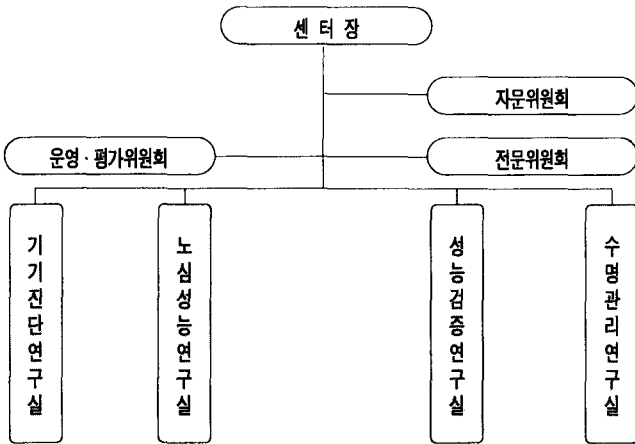
이는 국가의 에너지 안보와 경쟁력 확보를 위해 필요한 움직임으로 받아들여지고 있다.

연구 목표

본 센터는 원전 운영 및 정비 산업계의 현안을 중심으로 4대 연구 목표를 설정하였다.

1. 원전 불시 정지 예방

원전은 화력 및 수력에 비해 경제



(그림 1) 원전성능관리연구센터의 조직

연장을 위한 운영 기술, 기기 및 토목 구조 보호 기술의 연구와 관련 규제 기준 및 체제의 구축을 지원하여 원전의 경제성 증진 및 폐기물 감량을 추구한다.

4. 원전 성능 평가 및 교육

NUPERM은 객관적인 원전 성능 평가 지표를 개발하여 비교 분석 체계를 구축하고, 우수 사례를 포함함으로써 지속적인 원전 운영 고도화 기풍을 양양하고자 한다.

이미 시행중인 한 주기 무정지 운전(OCTF)이란 지표는 명료하며 객관적인 장점이 있으나, 단기적 성과를 중시하는 경향이 있다.

WANO 등에서 사용중인 지표를 검토 및 개선하여 보다 구체적이며 장기적 성능 관리까지 반영하는 지표를 개발할 필요가 있다.

앞으로 NUPERM의 연구실별 team 연구의 활성화를 꾀하여 성능 관리 평가와 우수 사례 시상을 계획하고 있다.

NUPERM의 역점 활동으로서 산·학·연 협력을 통하여 21세기에 운영 고도화를 추진할 인력 양성에 노력하고자 한다.

이미 IAEA, INPO, EPRI 및 원자력연수원 등에서 개발된 원전 운영 및 정비 교육 과정을 토대로 국내의 경험을 살려 우리의 눈높이에 알맞은 교과 과정을 개발하여 하계 강좌로 개설하고자 한다.

적이므로 정비 기간을 제외하고는 연중 무휴로 전출력으로 운전되고 있다.

원전이 기기 고장 또는 연료 손상으로 불시 정지될 경우, 대체 발전은 엄청난 경제적 손실을 초래한다.

원전은 용량이 크게 때문에 하절기 피크시의 불시 정지는 전력의 안전 공급을 저해할 수 있다.

NUPERM은 첨단 조기 진단 기술과 경제적인 정비 기술의 개발 연구로 불시 정지의 예방을 도모한다.

2. 기기 국산화 및 성능 검증

미국 및 캐나다의 원전 산업 사양화로 국내 원전의 유지 보수용 부품 조달에 비용과 노력이 가중되고 있다.

그러나 다행스럽게도 국내 기술의 신장으로 압력 용기, 원전 연료, 계측 기기, 밸브 및 수처리 장비 등의 기기 국산화가 알찬 결실을 맺고 있다.

앞으로 국산화의 내용이 보다 기술적 고유성에 비중을 두게 되므로 학

계의 지원이 절실하다.

또한 원전 격납 용기 내부에 사용되는 기기는 충분한 신뢰성을 보장하기 위해 성능 검증 시험이 요구된다.

현재는 대부분의 국산화 장비가 해외에서 검증을 받고 있어서 가격 상승 및 납기 지연의 요인이 되고 있다.

NUPERM은 기기 국산화 연구 및 기기 성능 검증 체계의 구축으로 국내 원자력 산업의 국제 경쟁력의 강화를 지원한다.

3. 원전 수명 관리 및 연장

가압 경수형 원전은 보수적으로 설계되어 상당한 잉여 수명을 지니고 있음이 입증되고 있다.

최근 미국은 이산화탄소 대책으로 노후 원전의 수명 연장을 위한 만반의 준비에 착수하였다.

캐나다의 경험에서 중수형 원전의 수명 관리는 많은 연구 개발을 필요로 함을 보여주고 있다.

NUPERM은 원전의 수명 관리 및

대상은 원전 운영, 정비, 검사 및 제작 기술자이다.

기본적 기술 및 접근 방법을 다루는 초급 과정과 전체적 관리 및 최적화 전략을 논의하는 고급 과정으로 구성할 계획이다.

연구실 소개

본 센터는 다음과 같이 4개의 전문 연구실로 구성되어 있으며, 각 연구실의 주요 업무 내용은 다음과 같다.

1. 기기진단연구실

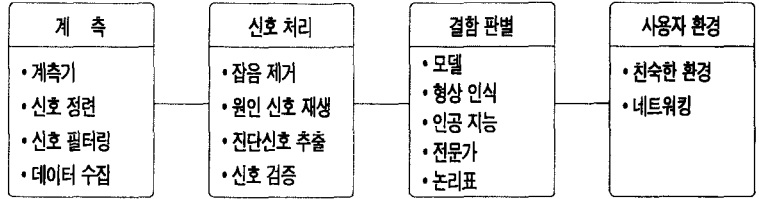
원전 불시 정지 예방을 위하여 주요 기기들의 이상 징후를 조기에 진단하는 기술이 연구되고 있다.

기기진단연구실은 신뢰도공학, 기계-계측공학 및 전기전자공학 분야의 교수들로 구성되어 있다.

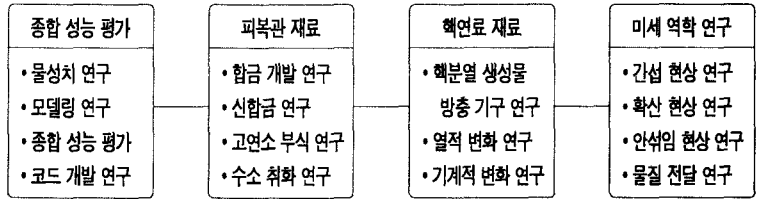
(그림 2)에 보인 바와 같이 이 연구실에서는 기기 이상 조기 진단 시스템 개발, 기기 신호 처리 기술, 진단 모델 개발, 진단용 전문가 시스템 및 인공 지능, 사용자 환경, 모터 구동 밸브 진단 신기술 연구, 로봇 응용 진단 및 정비 연구 등을 활발히 수행하고 있다.

2. 노심성능연구실

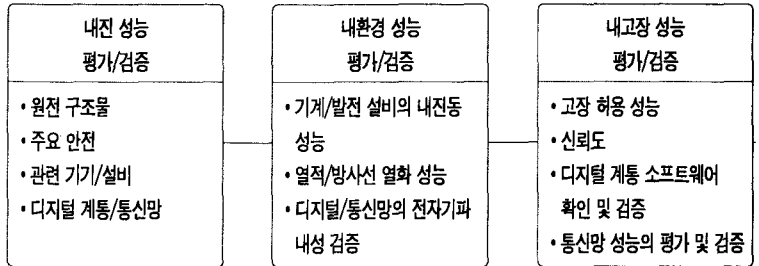
우리 나라는 원전 연료의 경우 국산화율이 높고 앞으로 국제 시장에서 경쟁할 수 있는 준비가 비교적 잘된 산업 체계를 갖고 있다.



(그림 2) 기기 진단 연구 분야



(그림 3) 노심 성능 연구 분야



(그림 4) 원전 성능 검증 연구 분야

원전 연료의 가동중 손상은 냉각수 중 방사능을 증가시켜 원전의 장기간 가동 중단 요인이 될 수 있다.

따라서 원전 연료의 손상 억제 및 성능 진단 연구는 원전 성능에 중요한 기여를 할 수 있다.

뿐만 아니라, 최근 사용후 원전 연료의 처분 문제로 원전 연료의 연소도를 증가시켜 폐기량을 줄이려는 시도가 각국에서 이루어지고 있다.

원자력공학 및 재료공학 분야의 교수들로 운영되는 노심성능연구실에서는 원전 연료 손상 억제 신기술 연구, 고연소로 연료 거동 평가 및 종합 성능 평가 연구, 고내식성 피복관 재

료 개발 연구, 고성능 UO_2 Pellet 특성 연구 및 손상 연료 거동 연구가 수행되고 있다(그림 3).

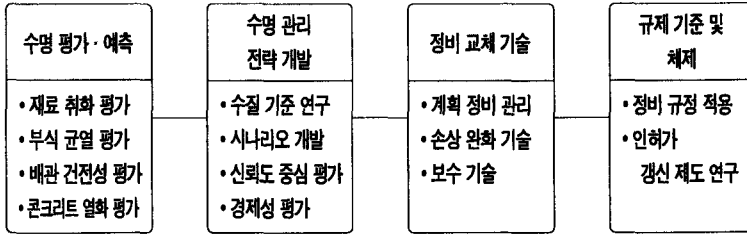
3. 성능검증연구실

기존 원전은 국내 타발전 설비에 비하여 경제성이 높다.

그러나 신규 원전을 건설할 경우 높은 시설 투자비가 부담이 된다.

원전의 건설 및 운영비를 더욱 낮추어 국내 및 국제 원전 건설의 경제성을 제고하기 위해서는 고가 기기에 대한 설계 및 제작 국산화가 바람직하다.

성능검증연구실은 국산화 기기를



(그림 5) 수명 관리 연구 분야

의 가격 경쟁력 강화 및 납기 단축을 돕기 위해 성능 검증 절차를 국내에 구축하기 위한 정부의 노력을 지원하고, 지속적인 기술 지원으로 검증 체제의 정착을 추구한다.

토목-내진, 전자-통신 및 전기-계측 분야의 교수들로 구성된 성능검증 연구실에서는 구조물, 기기 및 장비의 내진 성능 평가 및 검증, 기계 및 발전 설비의 내진동 성능 평가 및 진동 제어 연구, 계측 제어 설비의 내환경 성능 및 내고장 성능 평가 및 검증 연구, 디지털 계통의 소프트웨어 확인 및 검증(V&V)연구, 통신망 및 관련 계통의 성능 평가 및 검증 연구가 수행되고 있다(그림 4).

4. 수명관리연구실

선진국의 제1세대 원전들이 설계 수명의 완주를 바라보고 있는 시점에서, 가압 경수형 원전의 경우 기존 수명 40년에 약 20년 정도를 추가하는 수명 연장이 안전성 및 경제성 측면에서 가능하다고 판단되고 있다.

이를 위하여서는 주요 기기 및 계통에 대한 정밀한 상태 평가 및 수명 예측이 필수적이다.

또한 수명을 최적화하기 위하여 각

기기들의 수명 저해 현상을 파악하고 이에 적절한 유지 보수 기술의 개발이 요청되고 있다.

재료공학, 토목, 수화학-화학공학 및 원자력공학 분야의 교수들로 구성된 수명관리연구실에서는 수명 평가 및 예측 방법 연구, 원전 기기 손상 분석 및 재료 손상 억제 연구, 수화학 처리 및 방사성 폐기를 처리 방안 연구, 콘크리트 구조물 수명 관리 연구, 증기 발생기 건전성 확보 연구, 계획 정비 관리 기술 연구 및 수명·정비 규제 기준 연구가 진행되고 있다(그림 5).

맺는말

IMF 시대라는 국가적 위기 속에 내핍을 통한 경쟁력 강화가 새로운 화두가 되고 있다.

국내 원전은 20년의 운영 역사를 통하여 안전성과 경제성을 입증하는데 성공하였다.

그러나 노후화되는 원전 설비를 더욱 능률적이고 신뢰성 높게 운영하여 가동률, 수명 및 안전성을 모두 향상시키는 성능 관리에 대한 관심이 점차 고조되고 있다.

이러한 원전 성능 관리는 국민들의

신뢰와 지지 기반을 공고히 하는 가장 직접적인 노력으로 생각된다.

앞으로 지구 온난화 및 에너지 자원 안보 문제가 더욱 심화되면서 우리 나라를 비롯한 자원 빈국인 개발도상국에서 원자력 수요가 급증하리라 전망된다.

반면, 에너지 자원이 풍부한 선진대국들이 반핵 분위기에 젖어 추가적인 원전 개발 및 고도화에 눈 돌리지 못함으로써 우리의 기술 축적과 경쟁력 강화의 기회가 넓어지고 있다.

21세기에 다가올 수출의 기회에 대비하여 설계, 건설, 운영 및 성능 관리 지원에서 능동적 준비가 절실하다고 믿는다.

원전성능관리연구센터는 이러한 사회적 요구를 바라보고 산업계에 대한 학계의 지원을 체계화하기 위하여 서울대 내에 위치한 기초전력공학연구소의 전문 연구 기관으로 설립되었다.

첨단 기술의 일선은 물론 산업계의 현안을 파악하고 있는 실무형 교수들로 구성되어 기초 연구와 산업적 응용의 연결 고리의 역할에 나섰다.

또한 21세기의 원전 운영 일등국으로 일어설 수 있도록 산업계 실무진을 대상으로 하는 원전 성능 평가 및 교육 과정을 개발할 계획이다.

우리의 에너지 자립의 밑거름이 되 고자 하므로 원자력 산업계를 비롯한 관련 기관의 깊은 관심과 아낌없는 성원을 부탁드립니다. ☎