

# 지속적 개발을 위한 원자력 기술

Werner Burkart

국제원자력기구(IAEA) 사무차장

**지**속 개발 및 임박한 「지속 개발을 위한 지구 정상 회의」(Rio+10)와 관련하여 IAEA의 명확한 입장은 원자력이 현재 및 미래의 에너지 수요를 충족하기 위한 실행 가능한 선택이라는 것을 확신하는 것이다.

대응 가능한 방법 속에 시행된 원자력 에너지는 안전하고, 환경적으로 깨끗하며 경제적으로 타당한 기술이다.

어떤 미래의 전략도 지구 전체적이어야 하며, 선진국뿐만 아니라 개발 도상국의 특정한 필요성, 우선 순위 및 능력을 고려해야 한다.

IAEA는 유일한 진실되게 지구전체적인 원자력 기구로서 원자력 지구 공동체의 중심적인 역할을 해왔고 향후에도 지속할 것이다.

현재 전체 원자력 설비의 83%가 산업화 국가에 집중되어 있지만, 상황은 변하고 있다.

향후 몇 십년에 걸쳐 전체 전력 수요의 급증 예상은 개발 도상국에서

선진국의 3배에 이르는 성장률에 근거한다.

사실 총95기의 원자로가 있는 동부 및 남부 아시아에서만 구체적인 원자력 확대의 계획이 있고 한국은 이 지역에서 중요한 국가이다. 그 밖의 개발 도상국에서는 원자력이 최소한의 발판만 가지고 있다.

중동에는 현재 운전중인 원자로가 없으며, 전아프리카대륙에 단지 2기가 운전중이고 라틴 아메리카에는 6기가 있다.

그러나 제한된 전력 계통 용량과 특정 전력 수요를 갖는 이들 시장들은 향후 몇 십년의 지구 전체 에너지 수요를 평가할 때 고려되어야 한다.

이러한 우리 전망의 중심적 요소가 실현되기 위한, 즉 원자력이 지구 에너지 수요를 충족시키는 실행 가능한 선택이 되기 위한 목표는 경제성, 기술 혁신, 전문가 보존, 국민적 수용, 폐기물 처분, 안전성 및 보안이다.

## 경제성

첫 번째 목표는 원자력이 지구 에너지 수요를 충족시키기 위한 믿을 만한 선택이라면 원자력이 경제적이어야 한다는 것이다.

운영중인 원전에 대한 최근의 소식은 낙관적이다. 과거 10년 동안 세계적으로 평균 이용률은 73%에서 82%로 급격히 증가했으며, 효율 개선 및 일부 출력 증가를 통하여 지속적으로 90%가 넘는 많은 우수한 원전들이 있다.

한 마디로 더욱 효과적인 관리가 Win-Win 상황을 만들어냈다. 효율성 증가는 광범위한 안전성 향상 비용을 향상시켜, 전반적인 효율 개선이 안전성을 저해하기보다 오히려 증대시켰다.

이 분야에서 IAEA의 역할은 결과적인 경제적 이득을 갖는 이러한 성능 개선을 다른 원전에서도 본받도록 우수 사례의 전체적 공유에 중점을 맞추는 것이다.

그러나 이러한 좋은 소식에도 불구하고 원전은 기술적 및 규제/인허가 비용에 비추어 여전히 매우 비싸며, 경제적 실행 가능성은 향후 신규 건설의 주요 요소일 것이다.

### 혁신적 원자로 및 연료 주기 기술

두 번째 목표는 원자로 및 연료 주기 기술의 지속적인 혁신이다. 적극적으로 새로운 발견과 기술들을 반영함으로써 지속적으로 기술을 개발하지 않는 산업도 침체되고 구식으로 보여지게 된다. 안전성, 확산 저항 및 경제성의 결합된 개선과 더불어 현재의 혁신적 사업들은 대중의 관심을 다시 끌고 신뢰성을 재확립할 기회이다.

이들 혁신적 원자로와 연료 주기 기술들은 수동적 안전성에 통합되어야 하며, 경제적으로 경쟁 가능해야 한다. 또한 기술 혁신이 마찬가지로 확산 저항과 폐기물 발생 저감과도 통합되도록 노력해야 한다.

혁신은 순전히 기술적인 문제 이상이어야 한다. 즉 혁신은 기술 정책 문제에 혁신적인 접근 방법으로 시행되어야 한다. 경제성은 설계 혁신에 있어서 산업체의 초점일 뿐만 아니라 규제 기관 및 IAEA 같은 국제 기관의 초점으로서, 직접적인 비용 영향과 함께 기술 정책 문제 및 규제 활동이 기술적 혁신과 일치해야 함을 확실히 해야 한다.

투자자들이 건설 공기의 신뢰성, 인허가 검토 절차, 해사고 문제, 안전 기준 정립과 기타 설계, 건설, 시운전, 운전 및 정비 비용에 중요한 요소들에 있어서 믿음을 가질 수 있도록 해야 한다.

최근에 IAEA는 40MW에서 700MW에 이르는 중소형 원자로에 특히 관심을 가져왔다. 소형일수록 투자의 융통성을 허용하여 수요의 불확실성을 회피할 수 있다.

소형로는 개발 도상국의 계통 용량에 잘 적용될 수 있으며, 지역 난방·해수 담수화 또는 수소 같은 화학 연료 생산 등 광범위한 산업적 적용에 더 용이하게 이용될 수 있다.

개발 도상국의 급격한 에너지 수요 확대와 함께, IAEA도 이들 나라의 구조적·기술적 기반을 강화하는데 중점을 두며, 원자력이 에너지 원으로서 선택되는 곳에 원자력이 안전하고 신뢰할 만한 규제 감독과 더불어 사용될 수 있음을 보장한다.

IAEA의 INPRO(혁신적 원자로 및 연료 주기에 관한 국제 사업)는 여러 가지 혁신적인 개념의 적합성을 검토하기 위한 포괄적인 사업이다. INPRO의 중점 사업은 다가오는 십년간 원자력의 수요 측면을 분석하는 데 있다. 회원사의 협력으로 INPRO는 지역별 또는 시나리오별 세부적인 사용자 요건을 개발하고 있다.

미국이 주도하는 제4세대 원자로

국제 포럼(GIF)과 함께 INPRO 성공의 핵심은, 기술 정보 교환의 장려, 안전성 및 비확산 검증의 공유, 연구 기금의 공여, 사용자 수요 및 요건의 이해 증진과 함께 회원사 제공 및 미래 시장에서의 기술 결합의 지원자로서 협력과 공동 노력일 것이다.

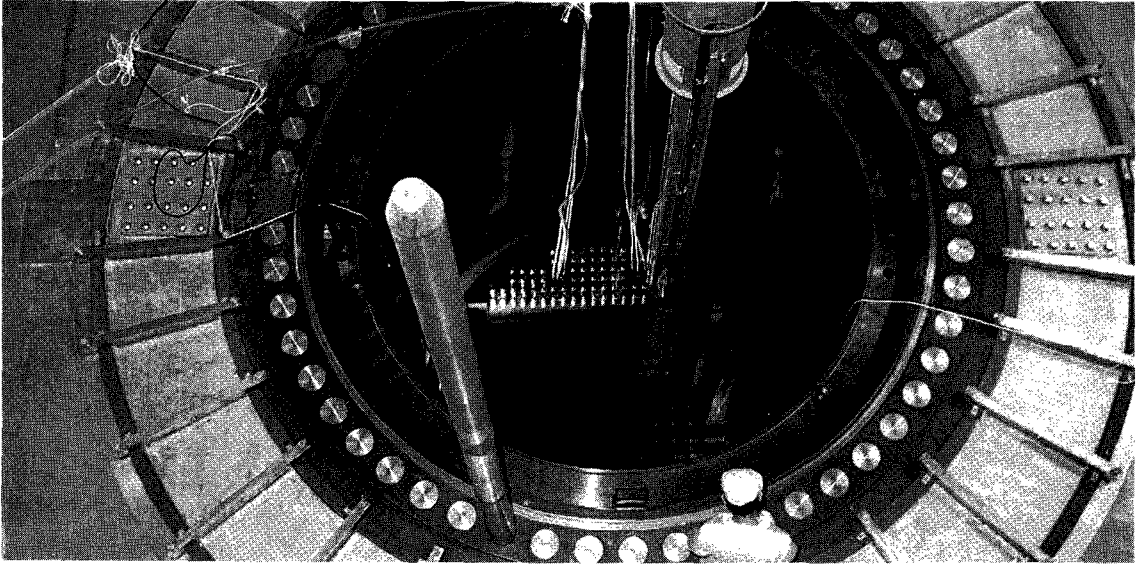
기술 개발의 어떤 시점에서 공동 노력은 상업적 경쟁으로의 길을 주지만, 이들 기술이 경쟁력을 갖게 된 후라도 안전 기준 개발과 효율적인 규제 접근에 유익하도록 공동 노력이 계속되어야 한다.

### 원자력 전문 기술 관리

기술 혁신과 밀접한 세 번째 문제는 원자력 전문 기술의 pool을 유지·발전하는 우리의 능력이다. 자격있고 고도로 훈련된 요원은 신기술 개발에 필요할 뿐만 아니라 현재의 수요, 즉 기존 원전의 운영과 전체 핵주기 운영 취급의 충족에도 필수적이다.

장기 전력 공급 전략에 관계없이 단지 안전성 이유로도 대규모의 자격있는 원자력 과학자, 엔지니어 및 기능인이 원자력을 채택하고 있지 않은 나라에서도 예측 가능한 미래에 유지되어야 한다.

최근에 원자력 산업의 지식 기반의 상당 부분이 곧 상실될 것임이 점점 명백해지고 있다. 공급 측면에서 선진 원자력 프로그램을 가진 대부



원자력 기술은 지속 가능한 개발을 위하여 필수 불가결하다. 원자력은 지구 에너지 수요 충족의 타당한 선택이며 또한 깨끗한 환경을 보장하는 선택이기도 하다.

분의 나라에서 원자력 관련 분야의 신규 졸업생 수가 감소되고 있다.

물론 사회적 무지와 산업 성장의 상대적인 결함으로 인해 젊은 사람들을 원자력산업으로 들어오도록 유도하기가 쉽지 않다. 이러한 연속 시나리오는 특별한 관심을 요하는 중대한 사안이다.

일부 학문적인 연관을 맺어온 나로서는 적극적이고 전향적인 접근을 취하도록 강력히 제안하고자 한다. 이 문제는 지식 보존 이상의 사안이다.

성공적이고 미래 세대에 최선을 끌기 위해서, 우리는 새로운 과학적인 발흥을 창조해야 한다. 그것은 새로운 파도를 타는 것이지, 파도를 저지하는 것은 아니다.

바라건대 ITER 및 핵융합 연구에 80억 유로의 대규모 투자가 재료과학 같은 일부 새로운 개척 분야에서

이루어질 것이며, 이것은 또한 핵분열 개발에도 이득을 줄 것이다.

IAEA는 이러한 문제의 해결을 지원할 수 있는 방법을 찾고 있다. 우리는 젊은 사람들을 원자력으로 끌기 위한 확고한 방법을 개발하기 위하여 관련 조직, 즉 원자력 시설, 대학 프로그램, 원자력 전문 훈련 센터 및 장래의 후원 기관을 연계하는 협력 전략을 장려하기를 희망한다.

### 국민적 수용

네 번째로, 원자력계는 그 정치적 접근의 중요한 개선을 이루어야 하는데, 원자력과 관련된 유·불리함의 객관적인 이해를 포함하여 여러 가지 에너지 선택의 상대적인 장점의 공정한 평가에 의사 결정자들을 참여시켜야 한다.

최근의 여론 조사는 원자력을 가진 대부분의 나라에서 대중 인식이 정치인의 인식보다 훨씬 더 높음으로 나타나고 있다.

IAEA 및 전세계 원자력계의 기타 지도자들은 대중 접근에 훨씬 더 효율적일 수 있다. 이 점에서 IAEA는 원자력 기술의 이점에 대한 인식을 증대하고 이들 장점의 제고 및 잠재적 위험을 상쇄하기 위해 취해지고 있는 조치들의 내용을 제고하기 위한 확고한 조치를 취해 왔다. 이 분야에서 산업계도 더 많은 일을 할 수 있을 것이다.

지속 가능한 개발, 즉 미래 세대에 이용 가능한 전반적인 자산을 유지·증가시키는 것은 집중적인 대중의 현안 및 대규모 국제 회의의 중심적 특징이 되어 왔다.

인구 증가와 경제 성장, 이에 따른

에너지 수요 증가는 원자력의 특별한 이점에 높은 평가를 주게 되는데, 즉 낮은 공기 오염 및 온실 가스 방출, 방사성 폐기물의 통제 및 우리나라의 생산적인 활용을 통한 화석 연료의 보전 등이다.

그러나 때때로 IAEA는 그 자신 이들 회의에서 원자력의 외로운 수호자임을 느끼게 된다. 일부 정부는 원자력을 위한 적극적인 역할을 취하지만, 어느 정도 원자력에 대한 지지를 표시하는 많은 여타 정부들은 기후 변화와 지속 가능한 개발에 관한 토의에서 그러한 지지를 나타내지 않는다.

정부 규제와 같이 IAEA는 원자력 안전성, 보안 및 기술에 관한 신뢰적이고 독립적인 발언을 통하여 대중의 신뢰성을 제고하도록 지원할 수 있다.

그러나 이러한 신뢰성은 원자력의 장점을 지적할 뿐만 아니라 위험성을 인식케 하는 완전한 공평을 필요로 한다. 우리는 이 문제에 많은 강조를 두고 있다.

### 방사성 폐기물 처분의 깨끗한 지구 전략

첫 번째 중요한 점은 사용후 연료 및 고준위 방사성 폐기물의 처분이 안전하고 기술적으로 타당하며 환경적으로 책임있는 방식으로 이루어질 수 있다는 것이다. 그러나 폐기물 처

분은 대중 인식이나 정치적 수준에서 아직 주요한 현안으로 남아있다.

필요한 것은 만족스러운 폐기물 처분 기술의 실증이며, 물론 부족한 것은 그러한 실증을 허용할 정치적 의지이다. 수많은 내부 관계자의 견해에 비추어, 축적된 고준위 폐기물의 양이 너무 작아서 영구 처분장을 유지하기 위한 비용 및 엔지니어링 노력을 정당화할 수 있으나, 수용 가능한 처분 기술의 실증이 지금 요구되고 있다.

일부 진전의 기미가 명백하다. 수많은 나라들이 심층 처분 연구에 종사하고 있으며, 지하 연구 시설을 개발하고 환경 영향 평가서의 초안을 작성했다. 그리고 핀란드·미국 등 두 나라가 처분장을 선정하는 데 있어서 진전이 있었다.

IAEA는 폐기물 연구 및 실증 사업에서 국제 협력을 촉진하며, 정보 및 전문 기술을 교환하기 위한 많은 포럼을 개최하고 있다. IAEA는 또한 폐기물 분할, 변이 및 기타 기술적 진전의 타당성에 관한 연구를 장려하고 있다. 그리고 캐나다 및 벨기에는 IAEA를 통하여 방사성 폐기물 처분에 관한 국제 협력 연구를 위하여 지하 연구 시설의 이용을 제공해 왔다.

폐기물 문제를 해결하는 길이 나라마다 다를 것이지만, 우리는 공동 연구 및 실증 연구를 통하여 주요 처분 문제에 대한 국제적 합의에 이르

기를 희망한다.

IAEA는 「지층 처분의 실증 및 훈련에 관한 우수 센터의 국제 네트워크」를 창시했다. 이 네트워크 초기에 캐나다 및 벨기에 정부에 의해 이용 가능하게 된 심층 지하 연구실 주위에 만들어졌지만, 이제 스위스·미국·영국을 포함하도록 확대되었고 기타 국가들도 곧 가입할 것으로 본다.

### 원자력 안전성

두 번째 필요한 점은 원자력 시설이 세계적으로 안전하며, 경계시 속에서 계속 안전할 것이라는 점이다. IAEA 입장에서 원자력 안전성을 보장하는 핵심은 '진행중인 전세계적 안전 점검'으로 표현되는 국제적 안전 문화와 제도이며, 원자력 시설을 가진 모든 나라로부터 전문가 간 국제 협약, 합의 기준 및 지속적으로 역동적인 협력이 전세계 사업자간 최고의 안전 관습을 계속적으로 장려할 것이다.

국제적 안전 제도를 강화함으로써, 즉 안전 기준을 설정 및 수행하는 데 있어서 개별 국가 차원으로부터 더욱 국제적인 조화로 어느 정도 균형이 이전된다면, 원자력 사업, 특히 신규 혁신적인 원자로의 판매가 크게 용이해질 것이다. 그러한 움직임은 전세계적인 원전의 안전성에 있어서 대중의 신뢰도를 강화하는

데 기여할 수 있다.

**보안**

마지막 필수적인 것은 원자력 시설의 보안이 다른 어느 산업 시설보다도 취약하지 않다라는 것이다. 정말 엄격한 허가 규정과 국제적 안전 체계는 파괴 및 기타 테러 활동뿐만 아니라 핵 및 방사성 물질의 탈취 및 이에 따른 악용에 대한 원자력 시설의 보호를 다른 산업 시설에 존재하는 보호보다도 강력하게 한다.

그러나 원자력 보안은 과거 수년간의 안전 시나리오에 어느 정도 유추되는 식으로 색다르며, 최근의 테러 공격의 결과로 새로이 적절하게 변화되었다.

IAEA는 「핵물질의 물리적 방호에 관한 협약」을 강화하고, 최고의 우려 분야를 평가하며, 개선이 필요한 국가에 자원 및 전문가 지원을 지도하여 원자력 테러에 대한 보안을 강화하기 위한 국제적 조치 계획을 신속히 개발하도록 활동해 왔다.

합의된 성능 기준을 개발하고, 국가간 불법 거래에 대항하며, 지원 노력을 조정함으로써 원자력의 안전성처럼 원자력 보안에 있어서 국제 협력이 기본이라고 믿는다.

**식량, 물, 보건 및 환경 적용**

원자력 발전, 방사성 폐기물 관리

및 방사선 안전/방호 분야에서의 능력을 강화하기 위한 역할을 수행하는 데 있어서 IAEA는 또한 우선적 지속 개발 문제를 해결하기 위한 원자력 기술의 활용을 지지하고 있다. 이러한 지원은 암 요법, 핵의학, 종합 해충 관리 프로그램의 일환으로서 곤충 불임 기술과 방사성 핵종 및 기타 환경 오염 물질의 평가, 또한 지하수원을 평가하는 동위원소 기술의 이용 등을 포함한다.

IAEA는 「지속가능 개발 세계 정상 회의」의 조치 계획, 즉 Agenda 21의 중요한 수행자이다. 금년 말 요하네스버그에서의 Rio+10 회의에서 원자력 기술이 Agenda 21을 수행하는 데 있어서 기여할 수 있음을 검토할 기회이다.

**1. 식량**

영양있고 입수 가능한 식량의 이용이 천박한 토양 조건, 해충 및 수자원 부족에 의해 크게 악화되고 있다. 유엔의 식량농업기구와 함께 IAEA는 토양의 비옥을 증대시키고, 비료의 적절한 이용과 개선된 개간의 장려, 곡식 품종 개량의 개발 및 해충 박멸을 통하여 식량 생산을 증대시키는 데 원자력 기술의 이용을 지지하고 있다.

식량 생산은 종종 물과 토양의 양분 부족으로 제한된다. 따라서 세계적으로 물과 양분의 효율적인 이용이 매우 중요하다. 방사선과 동위원

소 기술은 식물에 의한 물과 양분의 이용을 최적화하고 식량 생산을 증대시키는 데 이용된다.

방사선은 품종 개량을 위하여 식물의 미묘한 유전적 변이를 만드는 데 이용될 수 있다. 이 기술은 식량과 상업적 곡식을 병충해와 가뭄에 더욱 견디도록 해 왔으며, 생산의 양뿐만 아니라 질을 개선하는 데 이용되어 왔다.

해충은 곤충 불임 기술(SIT)을 이용하여 통제될 수 있는데, 이 기술은 실험실에서 수컷 곤충을 배양하고 그들이 불임되도록 감마선을 조사한 후 환경으로 방출하는 기술이다. 환경 친화적이고 설충제의 사용을 억제하는 이 기술은 큰 경제적 이득을 가져오면서 괴실파리, 스크류벌레 같은 많은 해충을 통제하거나 박멸하는 데 성공적으로 이용되어 왔다.

**2. 물**

오늘날 세계 인구의 5명 중 1명이 안전하고 입수 가능한 물을 이용할 수 없으며, 2005년까지 세계 인구의 반 이상이 물 부족을 겪을 것이다. 동위원소 수문학은 물의 나이와 이동·상태를 결정하고, 물 관리를 개선토록 하는 오염 및 침적물을 추적함으로써 수자원을 평가하는 데 이용된다.

잠재적으로 막대한 공급원은 해양으로부터의 해수 담수이며, 선택으로서 원자력 에너지가 담수화에 이

용된다. 이러한 선택의 관심은 세계적인 물 수요의 확대, 화석 연료로부터 온실 가스 방출과 오염의 우려, 그리고 대용량 원자력보다 담수화에 더욱 적합한 중소형 원자로의 개발에 따라 추진되고 있다.

IAEA는 원자력 담수화 기술 및 프로그램의 정보 교환을 위한 유일한 정기적이고 포괄적인 세계적 포럼인 「국제 원자력 담수화 자문 그룹(INDAG)」을 통하여 관심있는 회원사와 함께 협력 사업을 운영하고 있으며, 원자력 담수화 선택의 평가를 돕는 소프트웨어, 지침서 및 분석 자료를 발간해 왔다.

2000년 말까지, 화력에 비하여 원자력을 이용한 담수화의 경제성을 평가하고, 미래 특정 국가 사업 및 연구의 평가를 위한 토대를 구축하기 위한 소프트웨어 패키지인 IAEA의 「담수화 경제성 평가 프로그램(DEEP)」에 대하여 50개의 인가가 이루어졌다.

### 3. 보건

인류 보건에 관련된 IAEA의 활동은 인류의 영양을 개선하고 전염 가능 질병의 예방, 분석 및 치료를 위하여 원자력 기술의 이용에 중점을 두어 왔다.

영양 결핍과 기아는 저체중 영아, 성장 부진, 정신 지체 및 면역 체계 약화를 가져오는 황폐한 결과를 가질 수 있다. 원자력 기술은 광범위한

영양 문제를 감시하고 식량 보충 프로그램의 관리를 개선하는 데 이용된다.

결핵과 말라리아는 매년 200만명의 목숨을 앗아가는 특히 저개발국에서의 보건에 심각한 위협이 되며, 말라리아는 사하라 이남 아프리카의 전체 유아 사망의 5분의 1을 차지한다. IAEA는 전통적인 방법으로 여러 주가 요구되는 것을 수 시간 내에 이들 두 질병의 항 약품성 변종을 검출할 수 있는 분자 방법을 개발했다.

암은 선진국이나 개발 도상국에서 모두 중요한 문제이며, 개발 도상국에서 기대 수명의 증가와 함께 중요성이 증대되고 있다. IAEA는 자궁암으로 매년 20만명이 사망하는 개발 도상국에서의 방사선 요법의 이용이 개선되도록 노력하고 있다. IAEA는 1차 간암을 치료하기 위한 새로운 방사선 약품을 개발하고 있다. 원자력 기술은 또한 갑상선 기능 부전의 예방과 갑상선암 및 옥소 결핍의 치료에 이용되고 있다.

### 4. 환경

삶의 질은 환경의 질에 따라 좌우된다. 모든 삶은 오염 및 환경 변화에 영향을 받기 때문이다. 해양 오염은 지구 환경에 중요한 영향을 미친다. 해양은 지구 인구의 상당 부분을 위한 식품을 제공하며, 기후 조절에 중요한 역할을 수행한다.

IAEA는 세계 해양 및 해변 지역

의 이해와 보호에 적극적으로 참여하고 있다. IAEA는 중금속과 농약 같은 해양 오염물을 감시하고 평가하기 위하여 원자력 기술을 이용하는 능력을 개선하도록 몇몇 지역 단체들과 협력해 왔다.

예를 들면, IAEA 사업은 흑해 인근 국가들이 심각한 오염물 문제, 특히 방사성 핵종에 대한 대응을 제고하도록 지원했다. 참여하는 국가의 실험실들에게 방사성 핵종뿐만 아니라 기타 해양 오염물을 더욱 정확하게 감시하고 평가할 수 있도록 훈련 과정, 시료 채취 운항 및 자료 평가 실습을 지원해 왔다.

### 결론

결론적으로 원자력 기술은 지속 가능한 개발을 위하여 필수 불가결하다. 원자력은 지구 에너지 수요 충족의 타당한 선택이며 또한 깨끗한 환경을 보장하는 선택이기도 하다.

또한 원자력 기술은 질병의 진단 및 치료, 식품 개선 및 해충 억제, 안전한 담수의 신자원 평가, 그리고 오염을 감시하기 위한 정보 수집과 해결책을 주는 유일한 도구이다.

원자력 기술은 인류 발전과 지속 가능한 개발에 중요한 역할을 수행한다. 한국과 함께 IAEA는 인류가 원자력 기술의 혜택을 극대화하도록 하는 데 역할을 다할 것이다. ☸