

Strategic Approach for the Promotion of an Active Participation in the IAEA Program in the Field of Protection of the Marine and Terrestrial Environment

Kyoung-Pyo KIM · Moonhee Han
Korea Atomic Energy Research Institute

해양 및 육상 환경 방호를 위한 IAEA 프로그램의 참여 증진 및 효율적 수행 방안

김경표 · 한문희
한국원자력연구소

(2005년 6월 1일 접수, 2005년 7월 20일 채택)

Abstract - The purpose of this paper is to present the general attributes of the current IAEA programs and their prospects in the arena of protection of the marine and terrestrial environment, thus responding to a need to attain a consolidated understanding of the Agency's programs for an effective and efficient deployment of the respective national R&D projects in Korea. In addition, the considerable and beneficial benefits from a participation in the IAEA programs have been analyzed and their immediate relevance has been emphasized. A strategy for the enhancement of an active participation in the program and its efficient implementation has also been established. It is expected that the suggested recommendations such as the long term strategy and the relevant guidelines will be helpful in establishing a nuclear policy for the further development of the international cooperative projects in the future.¹⁾

Key words : IAEA program, radiation protection, marine environment, terrestrial, radionuclides

요약 - 본고는 우리나라가 해양 및 육상 환경 방호 관련 연구개발 사업을 추진하는 데 도움이 될 수 있도록 국제원자력기구(IAEA) 프로그램을 검토하고 향후 전망을 제시하였다. 특히 국제기구를 통한 공동연구 프로그램의 참여를 증진시킬 수 있도록 IAEA 프로그램 참여시 이점을 고찰하고 이의 필요성을 강조하였다. 또한 신규 참여 증진을 위한 방향을 제시하고 이의 효율적인 운영 방안을 제안하였다. 여기서 제시된 장기 전략과 구체적인 방안이 향후 국제공동연구 확대를 위한 정책 수립에 활용될 수 있기를 기대한다.

중심어 : IAEA 프로그램, 방사선 방호, 해양환경, 육상환경, 방사핵종

서 론

우리나라는 1957년에 설립된 국제원자력기구

(IAEA)의 창설 회원국으로 가입한 이래 원자력 발전에 의한 에너지 생산 기술은 물론, 방사선·동위원소의 농업, 산업, 환경, 보건의료 등 이용분야에서 괄목할 만한 성장을 이루었다. 이제는 세계 5위권의 원자력 과학기술 진입을 목표로 원자력연구개발사업을 수행하고 있으며, 이의 효과적인 추진을 위해서는 원자력 선진국과의 국제협

1) This study is a partial product of the national project for the establishment of an infrastructure for international cooperation, which is supported by the Ministry of Science and Technology.

력이 필수적인 과제가 되고 있다.

IAEA는 원자력 분야에 있어서 국제협력의 핵심적인 무대이며 중추적인 역할을 수행하고 있다. IAEA가 선진국과 개도국간의 원자력관련 연구 증진을 목표로 추진하고 있는 '국제공동연구프로그램(CRP: Cooperative Research Programme, 이하 공동연구)'은 원자력 선진국과의 개별적인 기술협력 협정 없이도 참여할 수 있는 국제공동연구 메카니즘의 하나이다.

본고는 해양 및 육상 환경 방호를 위해 IAEA가 추진하고 있는 프로그램을 살펴보고 향후 전망을 제시하고자 한다. 아울러 실무 차원과 정책적 측면에 초점을 두어 IAEA의 공동연구 참여시 이점을 고찰하고, 이의 신규 참여와 효율적인 참여를 증진시킬 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

해양 및 육상 환경 방호를 위한 IAEA 프로그램

1992년 리우데자네이루에서 개최된 유엔환경개발회의(UNCED : United Nations Conference on Environment and Development)²⁾는 27개 원칙으로 구성된 리우선언과 의제 21³⁾을 채택하면서 지속 가능한 개발을 위해서는 개발과정에 국제적인 환경보호 노력이 요구된다고 강조하였다. 2002년에 요하네스버그에서 개최된 세계지속가능발전정상회의(WSSD : World Summit on Sustainable Development)는 리우회의 이후 10년간의 이행을 검토하고 해양과 육상, 토양, 대기 그리고 기타 천연자원의 보존을 위한 향후 대응방안을 권고하였다.

이와 같은 배경과 IAEA 회원국의 요청에 의하여 IAEA 사무국이 수행하고 있는 해양 및 육상 환경 보호를 위한 프로그램은 i) 해양환경에서 방사핵종의 측정 및 평가, ii) 해안 오염의 방사생태학적 접근, iii) 해양 환경에서 비방사능 오염원의 연구와 환경감시, iv) 육상생태계에서 방사능 및 비방사능 오염물질의 측정과 평가 등 4개 프로그램이 있다. 이의 주요 목적은 방사능과 비방

사능 오염원으로 인한 환경 문제를 인식하고 저감하기 위한 회원국의 원자력 관련기술 사용 능력을 제고시키는 것이다.

동 프로그램 하에 수행되는 세부 프로젝트의 선정 기준은 i) 방사성물질과 기타 오염물질의 환경 오염자료의 질과 이를 얻기 위한 방법의 전세계적인 선도, ii) 환경으로 누출된 방사능을 포함한 오염물질의 확산에 영향을 미치는 주요 물리, 화학, 생물학적 과정에 대한 이해 증진, iii) 환경적으로 취약하거나 민감한 지역, iv) 시급한 환경문제 해결을 위해 원자력 관련 기술의 사용 여부 등이다.

1. 해양환경에서 방사핵종의 측정 및 평가

해양환경은 원자력 활동에 의해 넓은 범위에서 영향을 받아왔으며, 이의 영향을 관측하고 평가하기 위해서는 지속적인 조사가 요구되고 있다. 회원국이 영향의 추세를 평가하고, 해양학적 과정과 기후변화를 연구하고, 그리고 미래 상태를 예측하기 위해서는 해양에서의 방사능 원소와 안정 원소의 준위에 대한 정보를 필요로 한다. 이를 평가하기 위해서는 대양과 부속해에서 방사핵종의 기원에 대한 분석, 방사핵종의 확산 모델링, 그리고 해수와 해저퇴적물의 이동에 대한 연구가 필요하다. 방사성 원소와 동위원소 기법을 이용하여 해양특성과 해양오염을 분석할 수 있으며 해안 관리문제도 규명할 수 있다.

회원국들의 실험 기술의 질적 향상과 능력 배양, 해양 감시 프로그램의 수행 및 훈련 제공은 해양 환경에 대한 이해의 증진과 해양환경 보전에 기여할 것으로 전망한다. IAEA는 유엔 GPA(Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based Activities)는 물론, OSPAR(Oslo-Paris Commission for Protection of the Marine Environment of the NE Atlantic), 헬싱키위원회, 마르셀로나협약, GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) 등 지역내·지역간 협의체와 관련하여 프로그램을 수행하고 있다.

동 프로그램의 주요 관심사는 i) 회원국에 기술을 지원하여 해양에서의 방사능 평가와 오염 연구, ii) 방사핵종 자료 제공, iii) 기후 변화 연구, iv) 회원국 실험실의 품질보증프로그램 실시와 참고물질 제공, v) 훈련 및 능력 배양, vi) 비상시 환경에서의 방사능 분석방법 개발 등이다. 이의 목적은 해수와 해저퇴적물 이동의 영향을 받는

2) 지구온난화, 대양오염, 산림보호, 동식물보호, 기술이전, 인구 조절, 환경을 고려한 자연개발 등 7가지 주요 의제를 논하였고, 환경과 개발에 관한 27개 원칙으로 구성된 리우선언, 지구온난화 방지와 생물종 보호를 위한 기후변화협약, 생물다양성협약, 산림원칙선언 및 지속가능발전 행동프로그램인 의제 21(Agenda 21)을 채택하는 등의 성과를 거두었다.
3) 의제 21은 지속가능발전을 실현하기 위하여 사회·경제·환경 3가지 핵심 분야별 구체적 실천계획을 담고 있다.

방사성 원소와 안정 원소에 대한 현재와 미래의 준위를 평가할 수 있는 능력을 회원국이 확립하여, 해안을 효과적으로 관리하고 기후변화 현상을 이해하도록 하는 것이다.

회원국의 해양 방사능 감시와 평가 그리고 해안 관리의 종합적인 문제 파악 능력을 증진시키기 위한 지원이 지속될 것이다. 최근 동 프로그램의 주요 변화는 관심의 초점이 대양에서 해안으로 방사능 연구가 옮겨진 것이다. 새로운 방향으로 방사성 원소와 동위원소 기술을 이용하여 기후변화를 연구하고 비상 상황에 대처하는 방법의 개발을 들 수 있다. 이와 같이 새로운 접근 방법으로부터 해양 특성자료와 해양 환경에서의 방사핵종과 안정원소의 분포의 전 지구적 자료 등을 제공할 것으로 전망된다. 또한 보다 신속한 방사선 비상대응 기술의 실용화는 물론, 원자력과 동위원소 기법을 이용한 해양 방사능 평가의 품질보증 및 기후변화 연구 등이 이루어질 전망이다. 해안에 대한 초점이 보다 강조됨에 따라 훼손되기 쉬운 자원의 방사능 오염에 대한 각성이 증진될 것이다.

동 프로그램의 수행을 위한 2004~2005년도 예산은 340만불이다. 동 프로그램 하에 수행되고 있는 세부과제는 i) 대양과 부속해에서의 전 지구적 해양 방사능 연구, ii) 특정 해안지역에서의 오염 연구, iii) 해양환경에서 동위원소 분석기록을 이용한 기후변화 연구, iv) 해양 방사능연구를 위한 품질보증 지원, v) 비상시 환경에서의 저준위 방사핵종 분석 방법 개발 등 5개 프로젝트가 있으며, 이의 기대성과와 수행기간을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, '대양과 부속해에서의 전 지구적 해양 방사능 연구'를 위한 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 해양 방사성 및 안정 동위원소의 분포와 농도, 해양 주요 변동인자 등이 포함하는 해양 정보체계 구축, ii) 현재의 해양 방사성 및 안정 동위원소의 준위 그리고 미래를 예측하기 위한 기술 지침, iii) 미래 오염의 해양 프로세스에 대한 회원국의 이해 증진을 위한 지침 등이다.

둘째, '특정 해안지역에서의 오염 연구(UNESCO와 공동 수행)'를 위한 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 원자력기술을 이용하여 잠수함이 방출하는 방출수를 정량적으로 분석할 수 있는 도구 제공, ii) 잠수함에서 방출되는 방출수가 해안에서의 수질 오염에 미치는 영향 그리고 방출되는 중

금속과 유기화합물에 의한 해안 수질 오염에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위한 지침, iii) 해안에서의 해수와 해저퇴적물의 이동 분석 기법, iv) 해안의 효과적인 종합관리 방안 등이다.

셋째, '해양환경에서 동위원소 분석기록을 이용한 기후변화 연구(ICTP와 공동수행, 트리에스테 연구소)' 관련 활동은 2004년에 착수되어 2007년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 사례 연구를 통한 환경변화 조사 기법, ii) 과거 수백년 간의 해양 수온과 기후 변화에 대한 기록, iii) 대양에서의 동위원소 분포의 평가, 대기·대양 결합모델 기법 그리고 기후변화 연구를 위한 대양순환모델 기법, iv) 방사성 원소와 동위원소 기법을 이용하여 기후 연구를 수행할 수 있도록 훈련된 전문 인력 등이다.

넷째, '해양 방사능연구를 위한 품질보증 지원' 관련 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 해양 시료의 방사능 분석을 위한 인증된 참고 물질, ii) 지역내·지역간 상호 비교와 숙련도 시험 절차, iii) 회원국 실험 능력의 신뢰도 확보를 위해 품질보증·품질관리 프로그램 이행 지침서, iv) 품질보증·품질관리를 위해 훈련된 전문 인력 등이다.

다섯째, '비상시 환경에서의 저준위 방사핵종 분석 방법 개발'을 위한 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 저준위 방사능 분석 방법 개발, ii) 시료 채취, 전처리, 방사 화학적 분리, 분광분석 등의 절차서, iii) 해양 방사능 분석을 위한 신뢰할 수 있는 기술 지원, iv) 관련 분야를 위해 양성된 전문 인력 등이다.

한편, 정규예산에 의한 상기 프로그램 이외에 자발적 기여금에 의한 사업으로 수행되고 있는 동 분야의 기술협력사업은 표 1과 같이 6개의 프로젝트가 수행되고 있다.

2. 해안 오염의 방사생태학적 접근

해양오염에 대한 기초 지식은 인간의 보건과 환경보전에 매우 중요하다. 오염물질이 생태계, 수산물 그리고 인간에 미치는 영향을 정확히 평가하기 위해서는 오염의 수준과 분포를 감시하는 것만으로는 부족하다. 원자력 시설로부터 방출된 오염물질의 영향과 토양내 수분의 오염영향 등을 정밀하게 평가하기 위해서는 방사성 핵종의 거동과 전이 과정에 대한 충분한 지식이 필요하다. 유사 안정원소와 방사표지된 유기물질을 감시하는 추적자기술을 이용하여 중금속이나 살충제와

표 1. 해양환경에서 방사핵종의 측정 및 평가를 위한 기술협력사업.

프로젝트 코드	사업명	사업착수년도	총예산 (USD)
CPR9036	Calibration Techniques in Airborne Monitoring for Nuclear Accident Emergency Response and Dangerous Radioactive Sources	2005	239,260
JOR2005	Marine Radioactivity Assessment of Aqaba Gulf Area	2003	112,780
RAF7004	Contamination Assessment of the South Mediterranean Sea	2001	683,065
RAS7011	Enhancing the Sustainability of the Marine Coastal Environment (RCA)	2003	252,480
RAS8095	Improving Regional Capacity for Assessment, Planning, and Response to Aquatic Environmental Emergencies (RCA)	2003	192,820
RER7003	Marine Environmental Assessment of the Mediterranean Sea	2005	151,290

같은 중요한 오염물질의 거동과 피해 그리고 CO₂와 같은 온실가스의 거동을 분석할 수 있다.

회원국이 원자력 기술을 이용하여 해안 환경에서 오염물질과 기타 원소들의 거동과 전이를 지배하는 중요 해양과정을 확인함으로써 종합적인 해안 관리 전략과 해양보전 정책을 수립할 수 있도록 하는 것이다.

IAEA 해양환경연구소의 해양실험시설 기술보고서에 따르면 해양환경에서 방사성과 비방사성 오염물질의 거동을 분석하는데 원자력 기술을 연구와 실제 훈련에 계속 적용할 예정이다. 특히 수산물이 주식이며 오염에 민감한 산호초 생태계가 존재하는 온대와 열대 해안지역에서 방사성물질과 독성물질의 거동과 전이를 분석하기 위해서 방사성 추적자를 이용하는 기술에 관심이 증대될 전망이다. 특수 해안 관리 문제에 대한 방사성 원소와 동위원소 기법의 이용을 위해 IAEA가 수립한 주제기획 하에 새로운 프로젝트가 착수되어 유해조류대번식(HABs : Harmful Algal Blooms)의 영향을 감소시킬 수 있는 방사표지된 유해물질측정법의 개발이 지원될 것이다.

동 프로그램의 수행을 위한 2004~2005년도 예산은 2,198,200불이다. 동 프로그램 하에 수행되고 있는 세부과제는 i) 방사성 핵종 및 유사 원소의 거동과 전이, ii) 방사성 원소와 동위원소 기술을 이용한 탄소 플럭스 과정의 기술, iii) 방사성 추적자 기술을 이용한 생태 독성화과정과 해안지역 영향 연구, iv) 해안 환경에서 자연 방사성핵종의 생체 축적과 전이 등 4개 프로젝트가 있으며, 이의 기대성과와 수행기간을 살펴보면 다음과

같다.

첫째, '방사성 핵종 및 유사 원소의 거동과 전이'를 위한 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 열대 산호초 생태계와 같이 민감한 해안환경과 주요 수산물의 기원핵종 생태축적과 전이율 자료, ii) 특정 부지에서의 선량 모델 입력변수에 관한 기술보고서, iii) 해안지역 관리의 기준을 설정하기 위한 자료와 방사성추적자 기술, iv) 방사성 추적자와 방사핵종 측정기술을 위해 양성된 전문 인력 등이다.

둘째, '방사성 원소와 동위원소 기술을 이용한 탄소 플럭스 과정의 기술' 관련 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 해수에서 우라늄과 토륨의 불균형을 이용하여 생물학적으로 생성된 탄소가 바다 상층부에서 제거되는 율과 심해로의 수직 이동을 간접적으로 신속하게 평가하기 위한 원자력 기술, ii) 해저퇴적물의 축적에 잡힘을 이용하여 탄소 플럭스 측정의 비교자료, iii) 여러 지역 앞은 해양에서의 탄소 플럭스의 시공간 분포를 결정하는 요소 그리고 탄소 제거와 해저방향 플럭스를 신속히 평가하기 위한 Th-U 방법 적용의 적합성에 관한 기술보고서, iv) 해양환경에서 탄소의 전이 경로와 기원을 평가하기 위해 방사성 추적자와 동위원소기술을 이용할 수 있도록 양성된 전문 인력 등이다.

셋째, '방사성 추적자 기술을 이용한 생태 독성화과정과 해안 영향 연구' 관련 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주

표 2. 해안 오염의 방사생태학적 접근을 위한 기술협력사업.

프로젝트 코드	사업명	사업착수년도	총예산 (USD)
CHI7010	Application of Receptor Binding Assays for Mapping and Monitoring of Shellfish Toxins	2003	141,840
INT7014	Transfer of Neurotoxin Receptor Binding Assay	2002	50,000
PHI7006	Nuclear Techniques to Study the Red Tide Problem	1997	489,592

요 예상결과물은, i) 토양 이용에 따른 해안 생태계 오염원인 독성 금속과 유기화합물의 전이율에 대한 데이터, 기술보고서, 논문 등; 해안 감시와 생태 독성모델의 입력 자료로서 전이율과 생태 독성 자료, ii) HAB 영향에 따른 수산물 오염을 신속하고 정밀하게 분석할 수 있는 측정법, iii) 방사성 추적자를 이용하여 전이 경로를 평가하고 독성 물질과 유기화합물의 전이율을 정량화할 수 있도록 양성된 전문 인력 등이다.

넷째, '해안 환경에서 자연 방사성핵종의 생체 축적과 전이' 관련 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 지열의 작용은 물론, 채광, 정련, 농화학 등 지상 활동에 의해서 해안 환경으로 유입되는 고방사능의 유형과 준위에 관한 데이터베이스, ii) 해양환경으로 유입되는 천연 방사성물질의 준위와 특정 해안가에서 각 핵종의 상대적 기여도에 대한 기술보고서, iii) 해양 시료에서 ²¹⁰Po과 기타 천연 방사성핵종을 측정하기 위한 방사분석 방법과 측정계획 수립에 대해 양성된 전문 인력 등이다.

한편, 정규예산에 의한 상기 프로그램 이외에 자발적 기여금에 의한 사업으로 수행되고 있는 동 분야의 기술협력사업은 표 2와 같이 3개의 프로젝트가 수행되고 있다.

3. 비방사능 해양 오염원의 연구와 환경감시

해양오염은 연안 자원의 이용을 제한하고 인간의 보건을 위협할 수 있다. 현재 비방사능 오염원이 방사능 오염에 비해 환경에 더 큰 영향을 주고 있다. 중금속, 살충제, 석유제품 등의 비방사능 오염원이 해양 생물에 대단히 유해하다. 이들 오염원들은 육지의 다양한 활동에 의해 생겨나며 육지·해양의 경계를 쉽게 이동하여 해양으로 유입된다. 따라서 적절한 해양관리를 위해서는 이들 오염원의 발생, 분포, 거동 그리고 영향을 이해하는 것이 필수적이다. 해양오염 감시는 국가,

지역내, 지역간 전세계적인 전략이 요구된다. 따라서 IAEA 사무국은 회원국 뿐만 아니라 지역협의체 및 타유엔국제기구와 해양오염에 대한 평가·연구를 위해 협력하고 있다. 전세계적인 차원에서 IAEA는 UNESCO-IOC 및 UNDP와 수년간 공동 사업을 수행해 왔으며, 최근 지구환경기금(GEF) 사업을 UNDP와 공동으로 착수한 바 있다. 또한 IAEA는 지중해(UNEP-MAP), 페르시아만(ROPME), 흑해(EU), 카스피해(UNDP-CEP) 등에서 지역협력사업을 수행하고 있다.

이 분야에 대한 IAEA 프로그램의 목적은 회원국과 유엔 산하기구가 비방사능 오염의 출처와 환경 영향을 방지하기 위한 국제협약과 정책을 구체화하여 도입할 수 있는 능력을 배양하기 위한 것이다.

이 분야의 프로그램은 비방사능 오염에 의한 해양오염 평가와 해양환경 화학을 포함하고 있다. 특히 여러 유엔 국제기구와 지역협의체가 오염 문제에 의한 위협을 평가하는 전문성을 IAEA에 의지하고 있으므로 이 분야에 대한 연구개발 수행이 필수적이다.

동 프로그램의 수행을 위한 2004~2005년도 예산은 800,200불이다. 동 프로그램 하에 수행되고 있는 세부과제는 i) 해양 오염감시 프로그램을 지원하는 환경분석화학, ii) 해안과 생물자원에서의 해양오염 평가, iii) 원자력기술을 이용한 해양 antifoulnats의 연구, iv) 동위원소를 이용한 비방사능 해양오염 연구 등 4개 프로젝트가 있으며, 이의 기대성과와 수행기간을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, '해양 오염감시 프로그램을 지원하는 환경분석화학' 관련 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 해양 표지물질, ii) 국제 비교를 통해 얻어지는 국제통일 자료, iii) 분석기법에 대한 평가 및 국제상호비교 결과에 대한 기술보고서, iv) 유기 오염물질과 중금속 분석기술을 위해 양성된

표 3. 비방사능 해양 오염원의 연구와 환경감시를 위한 기술협력사업.

프로젝트 코드	사업명	사업착수 년도	총예산 (USD)
KUW2004	Measurement and Assessment of Radionuclide Concentrations in the Coastal Marine Environment	2005	70,750
PAK7003	Monitoring of Water Pollution in Terrestrial and Marine Environment	2005	125,725

전문 인력 등이다.

둘째, '해안과 생물자원에서의 해양오염 평가'를 위한 활동은 2002년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 오염물질 구분 프로그램에 기초한 해양환경 상태의 지역적 평가, ii) 주요 생물자원의 오염분석, iii) 해양 오염평가 관련 기술보고서, iv) 표본 채취 기술을 위해 양성된 전문 인력 등이다.

셋째, '원자력기술을 이용한 해양 antifoulnats의 연구' 관련 활동은 2001년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 해안 지역의 antifoulants 분포자료, ii) 해안 생태계에서의 antifoulants 관련 논문, iii) 관련 분야를 위해 양성된 전문 인력 등이다.

넷째, '동위원소를 이용한 비방사능 해양오염 연구' 관련 활동은 2001년에 착수되어 2005년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 회원국 해안의 무기물과 유기금속 오염 데이터베이스, ii) 해수와 모래송의 유기물 분석을 위한 바이오마커 기술, iii) 관련 기술의 개발과 이의 활용에 대한 기술보고서 등이다.

한편, 정규예산에 의한 상기 프로그램 이외에 자발적 기여금에 의한 사업으로 수행되고 있는 동 분야의 기술협력사업은 표 3과 같이 2개의 프로젝트가 수행되고 있다.

4. 육상생태계에서 방사능 및 비방사능 오염물질의 측정과 평가

방사능과 비방사능 활동으로 인한 토양환경의 오염을 방지하기 위해 국제협력과 공동연구를 통해 그 영향을 조사하고 회복방안의 개발이 필요하다. 화석연료와 원자력 발전에 의한 에너지 생산은 연료물질의 채광과 에너지 생산과정에서 방사성물질과 기타 오염물질을 환경으로 방출한다. 냉전 기간 중 수행된 핵 활동과 실험을 통해 방사성물질이 환경으로 누출되었다. 최근 일반 대중과 미디어는 재래식 무기에 사용되는 감손우라늄인 핵물질의 환경에 미치는 영향에 대해서 관심을 보이고 있다.

환경 오염물질에 의한 방사선과 일반 위해도를 평가하기 위해서는 적합한 시료에서의 오염원의 정확한 농도 분석과 환경에서의 거동을 이해하는 능력이 요구된다. 환경오염은 국경을 초월하기 때문에 오염원의 측정은 국제적으로 인증된 절차에 따라 이루어져야 한다. 또한 적절한 모델을 개발하여 오염물질의 거동과 영향을 해석하고 특정 환경에 적용하는 것이 필요하다.

토양환경에서의 방사능 오염의 변화 추세와 이동과정, 환경의 변화 및 미래 상태를 전망하기 위해서는 이들 물질의 현재 오염도에 대한 정보가 필요하다. 자연발생 물질과 인류활동에 의한 물질의 정량화가 필요하고 또한 오염물질의 대기, 토양, 물에서의 이동과정과 피해에 대한 컴퓨터모델링이 요구된다. 원자력과 동위원소 관련 기술을 이용하여 환경관리 차원의 문제를 해결하기 위한 정보를 얻을 수 있다. 따라서 IAEA 사무국은 회원국들에게 관련 정보와 기술을 보급하고 훈련시킬 수 있는 프로그램을 제공하고 있다. 또한 IAEA는 WHO, UNEP, UNDP, IUR 등의 국제기구와 북극·남극 및 전세계 회원국에게 토양오염에 관한 정보교류의 기회와 자문을 제공하고 있다.

이 분야에 대한 IAEA 프로그램의 목적은 회원국이 원자력 기술을 이용하여 토양 환경의 방사능과 기타 오염의 현재와 미래의 수준을 평가하고 환경을 효과적으로 관리할 수 있도록 능력을 배양시키기 위한 것이다.

이 분야의 IAEA 프로그램은 기존 감시와 측정에 방사생태학적 평가의 적용이 추가되는 방향으로 방향이 변하고 있다. 토양, 육수 그리고 섭식 경로에서의 핵종 이동을 정량적으로 이해하기 위해서는 지역 환경특성을 고려해야 한다. 이의 결과를 기초로 과거, 현재, 미래의 방사선 피폭을 야기할 수 있는 방사능 오염 사건에 대한 적절한 대응전략을 수립할 수 있다. 방사생태학적 지식은 비방사능 오염 자료 그리고 기존의 보건영향 기록과 연계하여 신뢰할 수 있는 선량·반응 관계를 규명하는데 활용될 수 있다.

표 4. 육상생태계에서 방사능 및 비방사능 오염물질의 측정과 평가 관련 기술협력사업.

프로젝트 코드	사업명	사업착수년도	총예산 (USD)
ALB2011	Upgrading Laboratory Capabilities for Environmental Monitoring	2005	136,440
BOH2002	Monitoring of Radioactivity in the Environment	2003	129,850
BYE9013	Creation of the National Analytical Service for Quality Control in Radiation Measurements	2005	261,720
CUB7006	Strengthening the National Environmental Monitoring System in the Marine Ecosystem	2005	170,100
ECU9013	Radiological Characterization of Principal Drinking Water Resources in the Cuenca Region	2005	40,150
GEO2002	Establishing a National Environmental Monitoring Laboratory	2005	255,350
JAM2005	Nuclear Methods Applied to Socio-Economic Development	2001	327,557
JOR2004	Development of Radiochemistry Laboratory	2003	200,480
KAZ1002	Development of Remediation Methodology for the Contaminated Soils in the Shu-Sarysu Province	2003	159,300
KUW2002	Nuclear Techniques for Control of Environmental Pollution	1999	143,510
KUW2003	Mapping Radionuclide Distribution Using In Situ Measurements	2003	219,100
KUW9003	Monitoring and Assessment of Naturally Occurring Radioactive Materials from the Oil Industry	2005	99,060
MEX1021	Evaluation of Airborne Fine Particles in Mexico City	2003	331,090
MEX1022	Evaluation of the Contamination and the Transport of Heavy Metals in the River Lerma	2003	206,120
PER2015	Radiotracer Technology Applied to Conservation of the Environment in the Mining and Mineral Sector	2003	486,832
PER8014	Bioremediation of Abandoned Mines	2005	99,040
PHI7007	Nuclear Analytical Techniques for Air Quality Management	2003	176,537
RER8009	Air Pollution Monitoring in the Mediterranean Region	2005	228,200
RLA7011	Assessment of Atmospheric Pollution by Particles (ARCAL LXXX)	2005	508,940
SYR1004	Nuclear Techniques for Dating Analysis and Preservation of Archaeological Materials	2003	167,510
UKR9023	Improvement of Environmental Radiation Monitoring	2005	473,540

이 분야에 GIS(Geographical Information System) 기술을 적용할 수 있다. GIS 기술을 접목하여 전 세계적인 토양에서의 방사능, 안정동위원소 그리고 기타 오염원의 분포와 관련변수를 제공할 수 있다. 회원국 실험실 사이의 광범위한 숙달

시험을 실시하여 국제적으로 측정의 항상성과 조화를 강화하기 위한 노력이 전개될 전망이다.

동 프로그램의 수행을 위한 2004~2005년도 예산은 1,065,000불이다. 동 프로그램 하에 수행되고 있는 세부과제는 i) 환경 방사능 측정을 위한

위원회의 실험실 연결망(ALMERA), ii) 토양과 육수 환경에서의 방사핵종의 거동, iii) 오염지역에서의 방사능 평가기술, iv) 오염지역의 지속적인 발전을 위한 회복전략, v) 원자력 분석기술을 활용한 비방사능 오염원 분석의 생태독성 연구 등 5개 프로젝트가 있으며, 이의 기대성과와 수행기간을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, '환경 방사능 측정을 위한 위원회의 실험실 연결망(ALMERA)' 관련 활동의 주요 예상결과물은, i) 환경 방사능 측정 실험실간 국제적 연결망, ii) 핵종 농도측정의 검증된 방법, iii) 실험실 숙련도시험 절차, iv) 100~200개 실험실 분석 결과보고서, v) ALMERA 회원을 위한 검증된 방사화학적 절차 등이다.

둘째, '토양과 육수 환경에서의 방사핵종의 거동' 관련 활동은 2004년에 착수되어 2008년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 회원국내 토양과 담수에서의 방사능 이동, 토양·식물, 식물·동물 그리고 음식·인간의 생태계에서 핵종의 이동관련 자료, ii) 특정 자료, 모델, 핵종 전이계수 등에 대한 기술보고서, iii) 방사생태학 분야를 위해 양성된 전문 인력 등이다.

셋째, '오염지역에서의 방사능 평가기술'을 위한 활동은 2004년에 착수되어 2009년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 자연발생적 방사능 측정을 위한 새로운 또는 개정된 방사분석 기술, ii) 환경 조사를 위한 표준 방사화학적 절차, iii) 환경조사와 방사생태학적 평가분야를 위해 양성된 전문 인력 등이다.

넷째, '오염지역의 지속적인 발전을 위한 회복전략' 관련 활동은 2004년에 착수되어 2009년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 오염지역의 복구 정책과 수단을 기술한 회원국의 지침서, ii) 복구방안의 궁극적 효과와 부수적 영향 관련 자료, iii) I, Sr, Cs, 이외의 방사성동위원소에 대한 대응책 관련 지침 등이다.

다섯째, '원자력 분석기술을 활용한 비방사능 오염원 분석의 생태독성 연구' 관련 활동은 2004년에 착수되어 2009년까지 수행될 예정이다. 이의 주요 예상결과물은, i) 시료채취 전략, 다양한 오염원의 보관전략, ii) 환경오염에 대한 국제통일품질관리 프로토콜, iii) 실험실 품질경영, 분석 방법 및 자체품질관리를 위한 원격교육 등이다.

한편, 정규예산에 의한 상기 프로그램 이외에 자발적 기여금에 의한 사업으로 수행되고 있는 동 분야의 기술협력사업은 표 4와 같이 21개의 프로젝트가 수행되고 있다.

IAEA 공동연구의 신규 참여 증진 방안

1. 공동연구 참여에 따른 이점 고찰

국내 원자력 관련 연구기관이 IAEA 프로그램에 더욱 관심을 기울이도록 하는 동시에 신규로 참여하려는 연구책임자에게 그 방향을 제시하고 연구 수행의 지침으로 활용할 수 있도록 IAEA 공동연구 참여시 이점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 국제적인 공동의 문제에 대해 상호 협력 및 대처를 들 수 있다. 구체적인 장점은 i) 국제적 Standard & Code 제정과 같은 국제 공동문제에 대한 상호 협력 및 대처, ii) 새로운 연구 분야에 대한 차기 연구프로그램의 공동 도출 및 공동 연구 과제 개발, iii) 안전성 평가기술의 실증과 같이 개별 국가가 단독으로 수행하기 어려운 분야에 대하여 국제 공동작업에 의한 평가를 수행함으로써 인허가 등 실증의 효과를 얻음, iv) 자체적으로 수행한 평가결과의 객관적인 검토와 이의 평가방법에 대한 국제적 컨센서스 형성 가능성 등이다.

둘째, 시험적 성격의 연구 참여를 통한 연구범위 확장 및 신기술의 적용을 들 수 있다. 구체적인 장점은 i) 국제 공동연구 참여에 따라 연구범위와 시각의 확대, ii) 선진국에서도 아직 개발되지 않은 상태에서 결과의 성공여부에 관계없이 연구를 수행할 수 있는 기회 제공 등이다.

셋째, 연구 수준의 국제화 및 국가 위상 제고를 들 수 있다. 구체적인 장점은 i) 해당 분야에서 세계적인 연구진과 자료·기술의 교환·공유를 통해 첨단 기법의 획득과 취약 분야의 보완, ii) 연구실의 국제 수준 유지, 국내 연구의 위상 검증, 국내 기술 제고, 국제학술논문 발표 증대, 인접 분야의 고도 기술 파악, iii) 연구 재료·결과, 최신 정보, 기술 경험, 데이터의 공유 등 향후 폭넓은 국제 기술 교류를 위한 기반 구축, iv) 정보 공유를 통한 참여국 간의 양자 협력 기반 구축 및 상호 신뢰도 증진, v) 국제기구 주관 공동연구 참여에 따른 국내 기술·연구기관의 대외 홍보 효과 및 국가 위상 제고 등이다.

넷째, 폭넓은 기술·정보 교류 및 최신 기술 접근 용이를 들 수 있다. 구체적인 장점은 i) 해당 분야의 세계적인 전문가와 3~5년간 함께 참여하는 가운데 연구진의 상호 방문, 전문가 활용, IAEA 훈련생 수용 등 인적 교류 확대, ii) 연 1회 개최되는 연구조정회의 참석을 통해서 기술적인 문제점과 현황 등을 충분히 파악할 수 있으며, 세계 우수기관의 자료 수집이 용이함, iii) 각국의

자료 비교, 연구실간 상호 검정시험 등의 참여를 통해 정보 접근 용이, 기술 자문, 기술 공유 기회 확대, iv) 참여하고 있는 프로그램과 관련되는 연구 현안들에 관한 의견 교환이 용이하며, 유사 연구 분야의 전문가와 최신 정보 및 기술경험에 관한 주기적인 상호 협력, 교류 및 인맥 형성의 기회 제공 등이다.

다섯째, 연구의 효율성 제고 및 국내 연구 수행 시 자문 역할 기대를 들 수 있다. 구체적인 장점은 i) 참여 연구진 사이에 연구 정보 및 재료의 상호 교환을 통해 연구의 효율성 제고, ii) 참여하고 있는 많은 전문가들로부터 손쉽게 자문을 받을 수 있으므로 국내 프로젝트 수행 중의 문제점을 공동으로 해결할 수 있을 뿐만 아니라 우리의 연구 방향, 결과 등에 대한 참여 전문가의 의견을 반영할 수 있는 기회 제공 등이다.

여섯째, IAEA 전문가들과의 관계 유지를 통한 기술협력 활동 확대를 들 수 있다. 구체적인 장점은 i) 참여 프로젝트의 IAEA 담당관과 긴밀한 관계를 유지, ii) 이를 통해 IAEA 해당 부서 소관의 프로그램과 기술협력 사업에 참여하는 기회 확대 등이다.

2. 신규 참여 확대 방안

앞서 언급한 IAEA 공동연구 참여시 이점을 배경으로 신규 참여를 증진시키기 위한 방안을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 국가차원의 적극적인 노력 전개를 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 국내 연구과제 수행 시 관련 분야의 IAEA 공동연구의 참여를 적극 유도하고 이에 따른 평가 반영 등의 지원, ii) IAEA 한국대표부와 소관 정부 부처의 체계적인 정보 입수, iii) IAEA에서 주관하는 워크샵 및 훈련과정의 적극적인 참여 유도 및 국내 유치 확대, iv) 과학기술부 국제협력사업의 일환으로 IAEA 프로그램 참여 증진을 위한 체계적인 관리 및 지원 등이다.

둘째, IAEA 공동연구 총괄부서 및 기술담당관과의 협력 강화를 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) IAEA 기술담당관과의 관계 유지 및 접촉을 통해 신규사업 제안 단계부터 이에 참여함으로써 주도적인 역할 수행, ii) 연구 분야 및 특정 주제 기획의 사전 인지 및 적절한 응모 준비 기간 확보, iii) 신규 참여 가능 분야 및 가용 재원 관련 정보 등을 빠른 시일 내에 입수함으로써 참여 증진, iv) IAEA의 기술담당관은 2~3개의 공동연구를 수행하므로 이에 대한 정보를 조기에 입수하

여 국내 해당 분야의 적정 연구진에게 이를 전달함으로써 참여 증진 등이다.

셋째, 신규과제의 적극적인 제안을 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 국내 개발이 필요한 기술 항목이 있을 경우 IAEA가 매년 개최하는 기술회의에서 공동연구 추진을 제안⁴⁾, ii) 신규 과제 개발 시 이에 적극 참여함으로써 기획 단계에서부터 예상 참여국으로 등재될 수 있도록 노력 전개, iii) IAEA의 해당분야 실무자와 긴밀한 접촉을 통해 관심 분야의 신규사업 추진의 적극적인 제안 등이다.

넷째, 적극적인 국제학술 활동을 통한 인지도의 제고를 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 논문 기고, 국제학회 참석 및 논문 발표 등을 통해 국내 연구진의 대외 인지도 제고, ii) IAEA 주관 기술회의에 적극적인 참여로 국제적인 인지도를 확보하고 연구 활동 영역을 확대함으로써 신규 참여 및 추가 선정 기회 확대 등이다.

다섯째, 공동연구 안내 다양화를 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) IAEA 공동연구의 국내 참여 연구책임자간 워크샵, 세미나 등을 개최함으로써 효율적인 참여 및 신규 참여증진 방안 도출, ii) 국내 원자력관련 홈페이지에 공동연구 내용을 수시로 알리고 이의 내용을 정기적으로 갱신, iii) 국내 연구기관의 담당 부서에게 IAEA 프로그램의 특성 및 활용 방안을 적극적으로 홍보, iv) 국내 원자력 관련학회 전문위원회를 최대한 활용, v) 원자력 관련 학회, 연구회 등의 행사 개최 시 공동연구의 개념 및 참여 의의를 널리 알림으로써 신규 참여 유도 등이다.

여섯째, 신규사업 참여 신청서 작성 및 프로그램의 성격 숙지를 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 연구협약(Research Agreement)의 소정 신청양식은 단 2쪽이므로 별지에 연구책임자의 연구 실적, 주요 논문, 이력서, 특히 추진 중인 관련 분야의 국내 수행연구 과제 내용 등을 첨부하여 제출, ii) 매년 IAEA 사무국이 제시하는 신규사업 분야에 적합한 제목이 없을 경우 유사 내용이나 연구대상으로 적극적인 제안, iii) 연구특성상 최초 제안내용은 기본 틀의 범주 내에서 약간의 방향 수정이 가능하므로 신규 진입의 부담을 크게 가질 필요가 없음, iv) 재계약 체결 시 연차 연구보고서는 3~10쪽 분량의 요약 제출로 평가되므로 이의 작성에 부담을 갖고 신규 참여를 어렵게

4) 방사선 온열 병합 치료 연구의 경우는 일본 연구진이 IAEA에 요청하여 이루어진 것임. 우리나라도 국가 차원에서 IAEA에 대한 연구 요청을 보다 적극 추진할 필요가 있음.

생각할 필요가 없음, v) 연구책임자 1인이 2개 이상의 공동연구 참여가 가능하므로 추가로 다른 공동연구 과제의 참여를 신규 신청할 수 있음, vi) 신규사업 신청을 동일 연구팀 소속의 연구원 명의로 2~3건 신청 가능, vii) 동일 공동연구에 1개국 2개 연구기관의 참여가 가능하므로 연구소와 대학이 함께 참여할 수 있는 방안 모색, viii) IAEA가 제안한 신규 사업의 제목에 'in Korea'를 붙여 동일 제목 하에 우리나라의 사례 연구로 신청 등이다.

3. 효율적인 연구 수행 방안

IAEA 프로그램에 참여하고 있는 국내 원자력 관련 연구기관이 보다 효율적으로 공동연구를 수행할 수 있는 방향을 제시하는 동시에 연구 수행의 지침으로 활용할 수 있는 방안은 다음과 같다.

첫째, 국가 연구개발 정책 수립 및 과제 지원을 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 보다 장기적인 참여 확대를 위해서는 IAEA 중장기 프로그램에 의거하여 국내 원자력연구개발사업중 우선순위의 분야를 선정하여 참여 극대화 도모, ii) IAEA 공동연구 참여시 효과적으로 연구 결과를 도출하기 위해서는 소요 예산과 인력 측면에서 국내 연구책임자가 이와 관련되는 연구 과제를 병행하여 수행하는 것이 필수적임, iii) OECD 가입국인 우리나라가 신청하는 과제에 대해서는 IAEA측의 연구비 지원이 다소 저조한 실정이므로 정부 차원의 연구비 지원 신청에 우선순위를 부여하고 평가에 반영, iv) 과학기술부 국제협력사업의 일환으로 IAEA 프로그램 참여 증진을 위한 과제를 지속적으로 추진함으로써 적극적인 홍보와 체계적인 관리, v) 연구 참여 및 수행을 위한 행정적 절차에서 연구책임자 소속기관의 적절한 협조를 받을 수 있도록 지원, vi) IAEA 연구조정회의 및 관련된 행사의 국내 유치를 촉진할 수 있도록 적극적인 행정 편의 제공 및 지원 등이다.

둘째, 신규 프로그램 개발에 능동적 참여 및 아국 주도사업 확대를 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 장기적 안목에서 아국 주도사업 발굴을 위하여 IAEA 공동연구에 대한 국내 참여 강점·취약 분야 분석을 통한 전략 수립, ii) 국내 개발이 필요한 기술 항목이 있을 때는 보다 능동적으로 참여할 필요가 있음, iii) 신규 공동연구 추진 시 IAEA 주관 기술회의에서 의제로 채택하여 참가국의 사전 동의를 얻는 준비가 필수적이므로 이에 적극 참여, iv) 기존 연구프로그램 진행 중 참여 1개국의 새로운 제안으로 신규 사업 구성 시

기존 참여국 일부를 선정하여 신규사업 추진, v) 취약 연구 분야를 선정하여 몇 개국의 전문가가 제안함으로써 신규 프로그램을 구성할 수도 있으므로 향후 우리나라 주도로 이를 적극 활용 등이다.

셋째, 적극적인 과제 개발 및 자료 공유 노력을 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 막대한 경비가 소요되는 대형 시험은 기준 설정용으로 1~2개국에서 수행하고 이에 대한 시험결과를 IAEA 공동연구를 통해 국내 여러 분야에서 활용하여 효과적인 기술개발을 이룰 수 있으므로 적극적으로 참여, ii) 국내에서 우수한 시험결과를 가진 경우 IAEA에 다른 국가와 이를 공유할 수 있음을 알리고 IAEA 공동연구를 능동적으로 주도 등이다.

넷째, 분야별 전문가 그룹 결성 및 워크샵·세미나 정례화를 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 유사한 연구 분야의 연구자간 워크샵 및 외부 전문가 초청 세미나 개최함으로써 상호 협력 증진, ii) 신규참여 확대 및 효율적 수행을 위한 워크샵·세미나를 지역별로 매년 정례화하여 개최하고 이의 참석 범위를 확대 등이다.

다섯째, 국제회의 참여·유치 확대를 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) IAEA 주관 기술회의 및 각종 프로그램에 적극적인 참여 및 우수 연구 결과들을 발표하여 한국의 위상 제고 노력, ii) 연구조정회의의 주관을 통해 국내 연구진의 인지도 제고 및 연구 역량 강화, iii) IAEA 주관 각종 국제회의, 훈련과정 등의 적극적인 국내 유치를 통하여 국내 관련 연구원이 옵서버로서 참가 기회 제공, IAEA 담당관과 협력체계 강화, 각국 전문가가 국내 체류 기간 중 국내 연구 수행을 위한 전문가 활용 효과 도모 등이다.

여섯째, 계약 갱신을 위한 의무 이행을 들 수 있다. 구체적인 방안은 i) 연구계약의 경우 재계약 여부는 연구진도 보고서에 좌우되므로 보다 구체적으로 작성하고, 소정의 기한 내에 제출, ii) 연구협약의 경우도 연구조정회의 참석 시 국가보고서의 발표에 만전을 기하는 것 등이다.

결 론

과거 과학기술부가 IAEA 공동연구 참여 증진을 위해 원자력국제협력기반조성사업으로 추진해 온 지원금은 참여과제에 한정되었기 때문에 신규 참여 확대에는 한계를 보이고 있다. 따라서 신규 참여 증진을 효과적으로 달성하기 위한 전략으로는, 기 참여 공동연구중 추가 참여 가능 분야 도

출과 함께 미 참여 공동연구 중 신규 참여 가능 분야를 조사·분석하여 국내 적정 전문가의 참여를 적극적으로 모색하는 것을 제시할 수 있다. 그리고 원자력 관련 학회를 통해 동 프로그램 참여시 이점을 널리 알림으로써 동 프로그램의 신규 참여에 대한 국내 연구진의 관심을 효율적으로 고취시킬 수 있다. 아울러 추가 및 신규 참여가 가능한 분야에 대한 적정 전문가의 선정을 위해서는 원자력 관련 학회의 전문 분과를 활용하는 방안을 제시할 수 있다.

이러한 기본 전략 이외에 본 연구에서 제안된 IAEA 공동연구 참여시 장점 분석과 신규참여 확대 및 효율적 운영을 위한 구체적인 방안은 신규로 참여하려는 연구책임자에게 그 방향을 제시하는 동시에 연구 수행의 지침으로 활용될 수 있으며, 우리나라의 신규 참여 신청 시 이의 수락률을 제고시킬 것으로 판단한다. 아울러 제시된 전략과 방안이 향후 국제공동연구의 증진 및 효율적인

추진을 위한 원자력정책 수립에 활용될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. IAEA, Report of the Senior Expert Group for the Review of the International Atomic Energy Agency's Programme of Activities, 10(1998)
2. IAEA, The Agency's Programme and Budget 2004~2005, 8(2003)
3. IAEA, Project Summaries for the proposed 2005~2006 Programme, 11(2004)
4. IAEA, The Research Contract Programme : Annual Report and Statistics for 1996~2003, 1997. 5.~2004. 5.