

KINS/AR-140,

Vol. 23

원자력이용시설 주변 방사선 환경 조사 및 평가보고서

The Annual Report on the Environmental
Radiological Surveillance and Assessment
around the Nuclear Facilities

2012



한국원자력안전기술원

제 출 문

원자력안전위원회위원장 귀하

본 보고서를 2012년도 "원자력이용시설 주변 방사선환경 조사 및 평가"에 관한
보고서로 제출합니다.

2012년 12월

사업책임자 : 책임연구원 김 용 재

참 여 자 : 책임연구원 이 병 수

" 최 석 원

" 이 상 국

" 장 병 욱

" 윤 주 용

" 노 정 환

" 문 종 이

" 이 동 명

" 박 홍 모

선임연구원 임 성 아

" 김 대 지

" 변 종 인

" 최 희 열

" 유 송 재

" 채 정 석

연구원이정협

위탁연구기관 : (주)한국방사선기술연구소

요 약 문

I. 제목 : 원자력이용시설 주변 방사선 환경조사 및 평가 보고서

II. 사업의 목적 및 중요성

본 사업은 원자력안전법 제104조(환경보전) 제2항에 근거하여 원자력사업자와는 독립적으로 방사선환경 감시를 수행하여 사업자의 조사결과와 비교·평가하고, 원자력이용시설 주변 환경에 대한 규제점검을 통해 주민과 환경에 대한 환경방사능 오염 여부를 객관적 입장에서 재확인 평가함으로써 원자력이용시설의 설치·운영으로부터 환경을 보전하고 국민의 건강을 보호하는데 그 목적이 있다.

III. 내용 및 범위

원자력이용시설 주변에 대한 방사선환경 감시는 원자력이용시설 주변 환경 중 방사성 핵종에 대한 현재의 농도준위와 시설로부터 환경으로 유출된 방사성 물질의 축적경향을 파악하는 데 중점을 두고 있다. 이를 위해 원자력사업자는 원자력안전위원회 고시 제 2012-05호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정"에 따라 자체적인 환경감시 계획을 수립하여 그 수행결과를 정부(원자력안전위원회)에 보고하고, 이를 원자력안전기술원에서 검토·평가하고 있다. 이러한 사업자의 환경감시 활동에 대한 확인감시 및 품질보증 차원에서 한국원자력안전기술원에서는 사업자와는 별도로 원자력이용시설 주변 환경방사선/능 조사계획을 수립하여 주기적으로 환경방사선을 측정함과 아울러 환경시료를 채취하여 방사능농도를 분석하고 있다. 2012년도에 수행된 내용으로는 원자력이용시설 주변의 공간감마선량률 연속감시, 방사선량조사, 환경시료 방사능분석, 주민피폭선량 계산 및 평가, 원자력이용시설과 무관한 지역과의 비교를 위한 기초자료 확보 등으로 크게 나눌 수 있다. 환경시료로서는 토양, 해저퇴적물 및 하천토양, 대기, 빗물, 지하수, 해수, 우유, 곡류, 채소류, 어류, 해조류 등을 그 대상으로 하였으며, 이를 주기적으로 채취한 후

^{137}Cs 을 포함한 인공감마동위원소, ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 및 U 동위원소 등의 핵종에 대해서 그 방사능농도를 조사하였다. 특히 월성원자력발전소의 경우 중수로인 원자로 특성상 ^3H 및 ^{14}C 이 타 원전에 비하여 상대적으로 많이 생성되기 때문에 매월 대기 및 빗물시료를 채취하여 분석하였다. 또한 원자력발전소 주변의 환경방사선을 실시간으로 감시하기 위하여 공간감마선량률계를 각 원전부지별로 1대씩 설치하고 연중 계속 모니터링을 하고 있다. 이와 같이 연속적으로 측정된 자료는 지역주민이 측정값을 현장에서 볼 수 있도록 전광판(display)에 나타냄과 동시에 통신망을 통하여 실시간으로 한국원자력안전기술원에서 수집하고 이를 인터넷을 통하여 일반국민 및 관련기관에 제공하고 있다.

중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 건설을 위해 후보부지 선정을 위한 주민투표 등의 절차에 의하여 경주시가 최종후보부지로 선정되었고 교육과학기술부는 2008년 7월 31일 건설·운영허가를 승인하여 현재 중·저준위 방사성폐기물 처분시설을 위한 동굴을 건설 중에 있다. 2010년 12월 25일에는 중·저준위 방사성폐기물을 울진원전에서 처음으로 처분시설(월성원자력환경관리센터)의 인수저장시설에 반입함으로써 처음으로 운영을 시작하였다. 이에 따라 2012년도에는 한국원자력안전기술원에서는 중·저준위 방사성폐기물처분시설(월성원자력환경관리센터) 부지주변에 대한 방사선환경조사를 통해 처분시설 주변 환경 중 방사성 핵종의 현존농도 준위와 시설로부터 환경으로 유출된 방사성물질의 축적경향을 파악하여 시설의 운영으로 인한 환경보전 및 주민의 안전을 도모하기 위해 운영중 환경조사를 수행하였다.

IV. 결과

2012년도 4개 원자력발전소 부지, 처분시설 및 대덕 원자력이용시설 주변에 대해서 한국원자력안전기술원에서 수행한 원자력이용시설 주변의 방사선환경 조사 및 평가결과 원자력이용시설에 기인한 우려할 만한 주변 환경의 방사능오염 흔적은 없었다.

부지별 공간감마선량률의 연평균 범위는 $10.5 \sim 14.2 \mu\text{R/h}$ 로 최근 5년간의 연평균 범위인 $10.2 \sim 15.4 \mu\text{R/h}$ 와 거의 비슷한 수준이었으며, 각 부지

의 분기별 공간집적선량의 평균 범위는 0.191~0.261 mSv/분기로서 최근 5년간의 범위인 0.120~0.401 mSv/분기와 거의 비슷한 수준이었다.

원자력이용시설 주변지역에서 채취한 2012년도 환경시료 중 인공방사성 핵종의 농도범위는 대부분의 시료에 대하여 과거 5년간 조사된 농도범위 내에 포함되어 예년과 비슷한 경향을 나타내었다. 그리고 국내 원자력이용시설 주변에서 미량 검출된 ^{137}Cs 및 ^{90}Sr 등 인공방사성 핵종의 농도는 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진 준위와 유사한 값으로서 원전주변에서 검출되는 이들 인공방사성핵종은 핵실험의 잔존물로 평가된다. 한편, 일부 어류(송어)시료에서 후쿠시마 원전 사고의 영향으로 ^{134}Cs , ^{137}Cs 의 인공방사성 핵종이 검출되었다.

원자력이용시설에서 환경으로 방출되는 방사성물질에 의하여 주민이 받는 피폭선량을 평가하기 위하여 한국원자력안전기술원에서 개발한 주민피폭선량 계산 프로그램 INDAC을 이용하여 피폭선량을 계산한 결과, 일반인에 대한 연간선량한도 뿐만 아니라 부지 당 선량기준치에도 훨씬 못 미치는 정도의 낮은 수준으로 평가되어 원자력발전소의 가동으로 인한 주변 주민의 방사선피폭은 무시할 수 있는 수준이었다.

SUMMARY

I. Title

The Annual Report on the Environmental Radiological Surveillance and Assessment Around Nuclear Facilities

II. Objectives and Importance

The purpose of this work is to ensure that the public and the environment in the vicinity of nuclear facility are adequately protected from nuclear facility construction and operation by environmental radioactivity monitoring. The environmental radioactivity monitoring was independently conducted by regulation body and its monitoring results are implemented to evaluate the environmental radioactivity monitoring results of licensees based on the second clause of Article 104 of Korean Atomic Energy Safety Act. (Environmental Preservation).

III. Contents and Scope

The main purpose of environmental radiation monitoring in the vicinity of nuclear facilities is to investigate the current concentrations and the long-term accumulation trends of radionuclides released from the nuclear facilities. To accomplish this purpose, the nuclear facility licensees should establish and performed their own monitoring program, and submit the annual report to the Nuclear Safety and Security Commission (NSSC) based on the Notification No. 2012-05 "Regulation on Survey of Radiation

Environment and Assessment of Radiological Impact on Environment in Vicinity of Nuclear Power Utilization Facilities" of the Nuclear Safety Security Commission (NSSC). The reports submitted by the licensees to the government (NSSC) should be evaluated by the Korea Institute of Nuclear Safety KINS. Apart from the licensees' monitoring program, KINS separately establishes and carries out the confirmatory environmental monitoring program including analyzing radionuclides in the environmental samples taken around the nuclear facilities to ensure that the environmental monitoring activities and results of the licensees are adequate.

Environmental monitoring program performed by KINS in 2012 contains several aspects as follow; continuous monitoring of external gamma radiation dose rate; the measurement of accumulated gamma radiation dose in the surrounding environment; radioactivity analysis for environmental samples such as air, water, soil, sediment, seawater, vegetation etc.; the effective dose estimates for individuals exposed at the boundary of nuclear facilities and the control area unaffected by the facilities for comparison purpose.

Environmental samples including soil, sea sediment, river soil, atmosphere, rainwater, underground water, sea water, milk, crops, vegetables, fishes, seaweeds etc. are periodically collected and analyzed for anthropogenic gamma emitting radionuclides (e.g. ^{137}Cs), ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ and U isotope. In particular, air and rainwater samples are collected monthly for ^3H and ^{14}C analysis at the Wolsong Nuclear Power Plants (NPPs) site where heavy water reactor has been operated and relatively larger quantities of ^3H and ^{14}C have been produced, compared to light water reactors. In addition, realtime ambient gamma dose rates of four nuclear power plants sites (Kori, Wolsong, Yonggwang and Uljin) are

measured on the site and monitored at KINS continuously, and the gamma dose datas are displayed on electronic display boards to the local residents around the NPP and also opened to the public and related organizations through internet web site.

The area near Wolsong NPP in Kyoung-Ju city was designated as a repository site for the 'low and intermediate-level radioactive waste in accordance with a process including a referendum. The Ministry of Education, Science and Technology has approved the construction and operation license of the repository on 31st July, 2008. Currently, the 'low and intermediate-level radioactive waste repository is being under construction. Simultaneously KINS performed a preliminary survey on the environmental radioactivities around the Wolsong low and intermediate level radioactive waste repository center from 2008 to investigate the concentration distribution of environmental radioactive material before operating of the repository. The first disposal of low and intermediate levels of radioactive wastes into the repository was conducted on 25th December 2010 by Uljin nuclear power plants. Since this, KINS has performed environmental radiation monitoring of the repository in operation and investigated concentrations of radionuclides in samples collected around the repository and their accumulation trends arising from leakage of radioactive materials during storage for preservation of the environment and safety of residents.

IV. Results

This report summarizes the data resulting from the environmental radiological surveillance and its assessment around the nuclear facilities conducted by KINS in 2012. All of the radiological monitoring results were consistent with those in the previous years. There is no significant

radioactive contamination arising from the nuclear facilities compared to previous annual data.

The gamma dose rates measured at the 4 NPPs sites were in the annual average range of 10.5~14.2 $\mu\text{R/h}$, which was similar to the data during the past five years of 10.2~15.4 $\mu\text{R/h}$. The accumulated gamma radiation dose of 6 nuclear facilities sites estimated by TLDs showed the average range of 0.191~0.261 mSv/quarter, which was within the range of the past five years of 0.120~0.401 mSv/quarter.

Most of the data resulting from radioactivity analysis for environmental samples are consistent with those of the past five years. The radioactivity concentrations of some samples were higher than those of the past five years, but much less than derived concentration of NSSC's notice and considered to be negligible than an apprehensive level. In particular, the ^{137}Cs and ^{90}Sr found at some environmental samples is estimated to have originated from nuclear weapon test during the 1960's. In the nuclear power plant site, the man-made radionuclides haven't been detected in the most of samples. There are small quantities of ^{134}Cs and ^{137}Cs in some fish (mullet) samples which considered as an effect of the Fukushima accident.

The dose to a hypothetical maximally exposed individual at each boundary of the 6 facilities (which was calculated from INDAC code developed by KINS) was much less than the dose limits and design objectives.

In conclusion, the impact to the public and the surrounding environment from the operation of all nuclear facilities may almost simply be disregarded.

목 차

제 1 장 서 론	1
제 2 장 조사 내용	4
제 1 절 조사 목적	4
제 2 절 조사 계획	5
제 3 절 측정 및 분석방법	14
1. 환경방사선 연속측정	14
2. 공간집적선량	16
3. 감마동위원소	17
4. 플루토늄(Pu)	22
5. 우라늄(U)	24
6. 스트론튬(⁹⁰ Sr)	24
7. 삼중수소(³ H)	26
8. 방사성탄소(¹⁴ C)	28
제 3 장 조사결과 및 평가	30
제 1 절 환경방사선 조사	30
1. 공간감마선량률	30
2. 공간집적선량	35
제 2 절 환경방사능 분석	37
1. 대기 중 방사능농도	37
2. 빗물, 지하수 및 지표수 중 방사능농도	42
3. 토양 중 방사능농도	47
4. 농·축·수산물 중 방사능농도	53
5. 해양 환경시료 중 방사능농도	62
6. 지표식물 중 방사능농도	73

제 3 절	중·저준위 방사성폐기물처분시설 운영전 환경조사	78
1.	조사개요	79
2.	조사내용	79
3.	조사결과	84
제 4 절	주민피폭선량 평가	91
1.	원자력발전소 방사성유출물에 의한 주민피폭선량 평가결과	91
2.	중·저준위방사성폐기물 처분시설 방사성유출물에 의한 주민피폭선량 평가결과	95
3.	대덕 원자력시설에 의한 주민피폭선량 평가결과	95
4.	한전원자력연료 가공시설에 의한 주민피폭선량 평가결과	97
제 4 장	결 론	98
참고문헌		99
부 록		101
A.	2012년도 원자력이용시설 주변 공간감마선량률 일일평균	103
B.	2012년도 원자력이용시설 주변 공간집적선량 측정자료	107
C.	2012년도 월성원전 주변 공기 중 방사능농도 분석자료	112
D.	2012년도 원자력이용시설 주변 빗물, 지표수 및 지하수중 방사능농도 분석자료	113
E.	2012년도 원자력이용시설 주변 토양 중 방사능농도 분석자료	117
F.	2012년도 원자력이용시설 주변 곡류(쌀) 및 채소류(배추) 중 방사능농도	125
G.	2012년도 원자력이용시설 주변 우유 중 방사능농도 분석자료	126
H.	2012년도 원자력이용시설 주변 해저퇴적물(하천토양) 중 방사능농도 분석자료	129
I.	2012년도 원자력이용시설 주변 해수 중 방사능농도 분석자료	133
J.	2012년도 원자력이용시설 주변 어류 및 해조류 중 방사능농도 분석자료	141
K.	2012년도 월성원전 주변 솔잎 중 방사능농도 분석자료	145

표 목 차

표 1. 2012년 환경방사선/능 조사 및 평가대상 시설	4
표 2. 한국원자력안전기술원의 원자력이용시설 주변 환경방사선/능 조사계획	6
표 3. 원전주변 환경방사선 연속감시 지점	7
표 4. 원자력이용시설 주변 공간집적선량 측정지점	7
표 5. 원전주변 환경방사선 연속측정 장비의 성능 및 특성	15
표 6. 자연현상등에 의한 환경방사선 변동요인	16
표 7. 원전주변 공간감마선량률 연속측정 결과	31
표 8. 2012년도 원전 주변 지점별 공간감마선량률 변동비교	31
표 9. 원자력이용시설 주변 공간집적선량 평가결과	36
표 10. 월성원전 주변 대기 중 ^3H 의 방사능농도	37
표 11. 월성원전 주변 대기 중 ^{14}C 의 방사능농도	40
표 12. 원자력이용시설 주변 빗물 중 ^3H 방사능농도	42
표 13. 월성원전 주변 빗물 중 ^3H 방사능농도	44
표 14. 원자력이용시설 주변 지하수 중 ^3H 방사능농도	45
표 15. 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{137}Cs 감마동위원소의 방사능농도	47
표 16. 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{90}Sr 방사능농도	49
표 17. 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{238}Pu 및 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비	50
표 18. 대덕부지 토양 중 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도	52
표 19. 원자력이용시설 주변 곡류(쌀) 중 ^{137}Cs 방사능농도	53
표 20. 원자력이용시설 주변 채소류(배추) 중 ^{137}Cs 방사능농도	54
표 21. 원자력이용시설 주변 우유 중 ^{137}Cs 방사능농도	55
표 22. 원자력이용시설 주변 우유 중 ^{90}Sr 방사능농도	56
표 23. 월성원전 주변 우유 중 ^3H 및 ^{14}C 방사능농도	57
표 24. 원자력이용시설 주변 어류 중 ^{137}Cs 방사능농도	59
표 25. 원자력이용시설 주변 어류 중 방사능농도 및 피폭선량	60
표 26. 원자력이용시설 주변 해조류 중 ^{137}Cs 방사능농도	61
표 27. 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{137}Cs 의 방사능농도	62

표 28. 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{90}Sr 방사능농도	63
표 29. 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{238}Pu 및 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비	66
표 30. 대덕부지 하천토양 중 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도	67
표 31. 원전주변 해수 중 ^{137}Cs 감마동위원소의 방사능농도	68
표 32. 원자력이용시설 주변 해수 중 ^3H 의 방사능농도	70
표 33. 원자력이용시설 주변 해수 중 ^{90}Sr 방사능농도	71
표 34. 원자력이용시설 주변 해수 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도	72
표 35. 월성원전 주변 솔잎 중 ^3H 방사능농도	74
표 36. 월성원전 주변 솔잎 중 ^{14}C 방사능농도	76
표 37. 한국원자력안전기술원의 중저준위 방사성폐기물처분시설 (월성원자력환경관리 센터) 주변 환경방사선/능 조사계획	81
표 38. 중저준위 방사성폐기물처분시설 주변 공간집적선량 측정자료	87
표 39. 중저준위 방사성폐기물처분시설 주변 대기, 솔잎 및 빗물 중 ^3H 및 ^{14}C 농도 분 석자료	88
표 40. 중저준위 방사성폐기물처분시설 주변 토양 및 해저퇴적물 중 감마동위원소 방 사능농도 분석자료	88
표 41. 중저준위 방사성폐기물처분시설 주변 토양 및 해저퇴적물 중 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 농도 및 Pu 원자비, ^{90}Sr 분석자료	89
표 42. 중저준위 방사성폐기물처분시설 주변 토양 및 해저퇴적물 중 우라늄 동위원소 농도 분석자료	89
표 43. 중저준위 방사성폐기물처분시설 주변 해수 및 지하수 중 감마동위원소 방사능 농도 분석자료	89
표 44. 중저준위 방사성폐기물처분시설 주변 해수 및 지하수 중 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 농도, ^3H , ^{90}Sr 및 ^{99}Tc 분석자료	90
표 45. 중저준위 방사성폐기물처분시설 주변 지하수 중 우라늄 동위원소 농도 분석자료	90
표 46. 2012년 원전 호기별 방사성유출물에 의한 주민피폭선량	92
표 47. 2012년 원전 부지별 방사성유출물에 의한 주민피폭선량	93
표 48. 부지 당 기준치 비교	95
표 49. 원자력시설당 설계기준치와의 비교	96
표 50. 원자력시설당 설계기준치와의 비교	97

그 립 목 차

그림 1. 고리원자력발전소 부지 주변의 환경시료채취 지점	8
그림 2. 월성원자력발전소 부지 주변의 환경시료채취 지점	9
그림 3. 영광원자력발전소 부지 주변의 환경시료채취 지점	10
그림 4. 울진원자력발전소 부지 주변의 환경시료채취 지점	11
그림 5. 대덕원자력이용시설 부지 주변의 환경시료채취 지점	12
그림 6. 월성원자력발전소 부지 주변의 ^3H 및 ^{14}C 분석용 환경시료채취 지점	13
그림 7. 해수시료의 감마핵종(^{137}Cs , ^{60}Co 등)분석을 위한 전처리 절차	19
그림 8. 대기 중 ^3H 및 ^{14}C 동시포집장치	26
그림 9. CO_2 흡수장치	29
그림 10. 원전 부지별 공간선량률 증감의 빈도분포도	32
그림 11. 2012년도 고리원전주변(장안읍사무소) 공간감마선량률의 시간평균	33
그림 12. 2012년도 월성원전주변(양남면사무소) 공간감마선량률	33
그림 13. 2012년도 영광원전주변(홍농복지회관) 공간감마선량률	34
그림 14. 2012년도 울진원전주변(북면사무소) 공간감마선량률	34
그림 15. 2012년도 원자력이용시설 주변 공간집적선량의 비교	36
그림 16. 2012년도 월성원전주변 대기 중 ^3H 방사능농도 비교	39
그림 17. 월성원전주변 대기 중 ^3H 방사능농도의 월별 변화	39
그림 18. 2012년도 월성원전주변 대기 중 ^{14}C 방사능농도 비교	41
그림 19. 월성원전주변 대기 중 ^{14}C 방사능농도의 월별 변화	41
그림 20. 원자력이용시설 주변 빗물 중 ^3H 방사능농도 비교	43
그림 21. Stack으로부터의 거리에 따른 ^3H 연평균 방사능농도 비교	44
그림 22. 2012년도 원자력이용시설 주변 지하수 중 ^3H 방사능농도 비교	46
그림 23. 2012년도 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교	48
그림 24. 2012년도 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{90}Sr 방사능농도 비교	49
그림 25. 2012년도 원자력이용시설 주변 토양 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 비교	51
그림 26. 2012년도 대덕부지 주변 토양 중 U 동위원소 방사능농도 비교	52
그림 27. 2012년도 원자력이용시설 주변 우유 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교	55

그림 28. 2012년도 원자력이용시설 주변 우유 중 ^{90}Sr 방사능농도 비교	56
그림 29. 2012년도 월성원전 주변 우유 중 ^3H 및 ^{14}C 방사능농도 비교	58
그림 30. 2012년도 원전주변 어류 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교	59
그림 31. 2012년도 원전주변 해조류 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교	61
그림 32. 2012년도 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교	63
그림 33. 2011년도 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{90}Sr 방사능농도 비교	64
그림 34. 2011년도 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농 도 비교	66
그림 35. 2012년도 대덕부지 주변 하천토양 중 U 동위원소 방사능농도 비교	68
그림 36. 2012년도 원자력이용시설 주변 해수 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교	69
그림 37. 2012년도 원자력이용시설 주변 해수 중 ^3H 방사능농도 비교	70
그림 38. 2012년도 원자력이용시설 주변 해수 중 ^{90}Sr 방사능농도 비교	71
그림 39. 2012년도 원자력이용시설 주변 해수 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 비교	73
그림 40. 월성원전 주변 솔잎 중 $^3\text{H}(\text{TFWT})$ 방사능농도 비교	74
그림 41. 월성원전 주변 솔잎 중 $^3\text{H}(\text{TFWT})$ 월별 변화	75
그림 42. 월성원전 주변 솔잎 중 ^{14}C 방사능농도 비교	76
그림 43. 월성원전 주변 솔잎 중 ^{14}C 방사능농도의 월별 변화	77
그림 44. 중저준위 방사성폐기물 처분시설 부지 주변의 환경시료채취 지점	82

제 1 장 서 론

원자력이용시설 주변에서의 환경방사선/능 조사 및 평가는 주변 환경 내에 원자력이용시설에 기인한 방사성핵종의 존재여부를 조사함과 아울러 주변 주민에게 미칠 수 있는 실제적 및 잠재적 피폭선량을 평가하여 원자력의 평화적 이용에 대한 대국민 이해의 기반을 넓히는데 그 의의가 있다. 즉 원자력이용시설로부터의 방출물이 우리나라의 원자력관계법령에서 정한 규제치를 충분히 하회함을 확인함과 동시에 시설주변 환경에서의 방사성물질의 축적경향을 파악하여 지역주민 및 일반국민의 건강과 안전이 지켜지고 있는지 또한 환경보전이 이루어지고 있는지를 지속적으로 평가하는 데 그 목적이 있다. 이러한 목적을 위해서 원자력사업자는 시설주변 환경보전에 대한 일차적인 책임을 지고 원자력이용시설 주변 환경방사선/능을 조사·평가하고 있으며, 한국원자력안전기술원에서는 정부 규제차원에서 사업자와는 별도로 원자력이용시설주변의 환경방사능을 확인감시·평가하고 있다.

우리나라의 원자력이용시설 주변 환경감시는 1977년 고리1호기 부지 중심반경 30 km 범위 내에서 환경방사능을 조사한 것에서부터 시작되어 1983년까지 해수, 해양생물, 토양 및 숲잎에 대해서 전알파 및 전베타 방사능만이 조사되었다. 그 후 대상시료를 지표동식물, 농작물 및 해양시료(해저퇴적물, 해조류, 어류, 해수) 등으로 확대하였으며, 감시대상 핵종도 전베타, ^{137}Cs 을 포함한 감마동위원소, ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 및 U 동위원소 등에 대해서까지 측정하고 있다.

1985년 "원자력발전소 주변 환경조사 지침"이 과학기술처 고시 제85-5호로 법제화되면서 가동 중인 원전주변에 대한 환경감시를 체계적이고 연속적인 방법과 절차에 따라 수행할 수 있는 법적 근거를 마련하게 되었다. 과학기술처 고시 제85-5호는 기존의 환경조사 지침 성격에서 탈피, 환경조사와 관련된 원자력이용시설 사업자의 의무규정만을 정하는 환경조사 규정으로 전환하고, 모든 원자력이용시설에 공통으로 적용 가능하도록 통합하여 1996년에 과학기술처 고시 제96-31호 "원자력관계시설 주변의 환경조사 및 영향평가에 관한 기준"으

로 개정하였다. 또한 1999년 2월 원자력법 개정시에는 환경감시의 중요성이 크게 인식됨에 따라 관련규정을 원자력법 시행령에서 원자력법으로 상향하여 규정함으로써 법적 근거를 크게 강화하였다. 과학기술처 고시 제96-31호는 환경조사자료의 처리, 환경감시 결과의 보고 및 환경방사능 분석을 위한 검출한치에 관한 규정 등을 보완하여 2001년에 과학기술부 고시 제2001-25호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정"으로 개정하였다. 또한, 환경감시 결과의 보고 등을 일부 보완하여 과학기술부 고시 제2004-17호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정"으로 추가 개정하였다. 정부의 직제개정으로 과학기술부가 교육부와 통합되어 교육과학기술부로 변경됨에 따라 교육과학기술부 고시로 변경되어 2008년도에 교육과학기술부 고시 제2008-28호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 고시"로 추가 개정하였으며, 2009년도에 원자력 관련 모든 고시에 재검토기한에 관한 조항을 추가해서 다시 교육과학기술부 고시 제2009-37호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 고시"로 추가 개정하였다. 2010년도에 조사결과의 인터넷 공개 관련 내용을 추가해서 다시 교육과학기술부 고시 제2010-32호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 고시"로 추가 개정하였다.

2011년 3월 후쿠시마 원전사고로 인하여 원자력 안전규제 관련법령 체계는 2011년에 중대한 변화가 있었다. 원자력안전규제의 독립성을 제고할 목적으로 이전의 원자력법을 원자력안전법과 원자력진흥법으로 나누고, 원자력안전위원회를 새로운 원자력안전규제 행정청으로 하는 법률이 2011년 6월 29일 국회본회의에서 최종 통과되고, 국회로부터 법률안들을 이송 받은 정부는 국무회의 의결을 거쳐 7.25일자로 모두 공포하였다. 이전에 교육과학기술부장관이 관장하던 원자력안전규제 행정을 새로 설치하는 원자력안전위원회에서 관장하도록 하기 위하여 제정된 것이다. 규제독립과 관련한 법률은 2011년 10월 26일부터 시행되었으며 원자력안전위원회가 공식 발족하게 되었다. 이에 따라 기존의 교육과학기술부 고시 제 2010-32호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방

사선헬경영향평가에 관한 고시"도 2012년 1월 20일 원자력안전위원회 고시 제 2012-05호 "원자력이용시설 주변의 방사선헬경조사 및 방사선헬경영향평가에 관한 규정"으로 개정되었다.

오늘날 4개 원전 및 대덕 원자력이용시설 주변에 대한 환경방사능 감시는 체계적으로 이루어지고 있으며, 특히 월성원전의 경우 중수로의 특성을 반영하여 1992년부터 확인 감시차원에서 대기, 솔잎, 빗물, 지하수에 대한 삼중수소 분석을 별도로 수행하고 있으며 1997년부터는 대기 및 솔잎에 대해서 ^{14}C 분석도 추가하여 수행하고 있다. 또한, 2003년부터는 원자력연료 가공시설이 가동 중인 대덕원자력이용시설의 부지특성을 고려하여 토양 및 하천토양 시료에 대한 U 동위원소 분석을 추가하여 수행하고 있다. 2008년도부터 한국방사성폐기물관리공단의 중·저준위방사성폐기물 처분시설(월성원자력환경관리센터) 주변에 대한 시설 운영전 환경중의 농도준위 파악을 위해 중·저준위방사성폐기물 처분시설의 운영전 환경조사를 수행하였고, 2010년 12월 25일에는 중·저준위 방사성폐기물을 울진원전에서 처음으로 처분시설(월성원자력환경관리센터)의 인수저장시설에 반입함으로써 처음으로 운영을 시작함에 따라 2011년도부터는 시설 주변 환경 중 방사성 핵종의 현존농도 준위와 시설로부터 환경으로 유출된 방사성물질의 축적경향을 파악하기 위해 운영중 환경조사를 수행하였다.

본 보고서는 2012년도 한국원자력안전기술원에서 사업자와는 독립적으로 수행한 환경방사선/능 조사결과를 요약·정리하고, 이를 바탕으로 사업자의 조사결과와 상호비교, 검토함과 아울러 과거에 조사된 자료들을 토대로 환경에서의 축적여부를 평가한 것이다.

부록에 시료채취의 지점, 시료채취 날짜, 측정 및 분석된 모든 data를 수록하였다.

제 2 장 조사 내용

제 1 절 조사 목적

원자력이용시설 주변 환경영향 평가의 궁극적인 목적은 원자력이용시설의 설치·운영으로부터 환경을 보전하여 국민 건강을 보호하는 데 있다. 이러한 목적 달성을 위하여 한국원자력안전기술원에서 수행하고 있는 업무는 원자력이용시설 주변에 대한 환경 감시·평가, 사업자에 대한 환경관리 분야의 검사 등으로 대별할 수 있다.

원자력이용시설 주변 환경감시는 원자력안전법 제 104조(환경보전)에 법적 근거를 두고 있으며, 사업자는 원자력안전위원회 고시 제 2012-05호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정"에 따라 자체적인 환경감시 계획을 수립하여 그 수행결과를 정부(원자력안전위원회)에 보고하고, 이를 한국원자력안전기술원에서 검토·평가하고 있다. 특히 한국원자력안전기술원에서는 원자력안전법 제 104조 제2항에 의거하여 사업자와는 독립적으로 일부 주요항목에 대하여 선별적으로 환경감시를 수행하여 사업자의 조사결과와 비교·평가하고, 표 1의 원자력이용시설 주변 환경에 대한 규제점검을 통해 주민과 환경에 대한 환경방사능 오염 여부를 객관적 입장에서 재확인 평가하고 있다.

표 1. 2012년 환경방사선/능 조사 및 평가대상 시설

원자력 시설	소재지(부지)
가) 원자력발전소 ○ 고리 1~4호기, 신고리1~4호기 ○ 월성 1~4호기, 신월성1,2호기 ○ 영광 1~6호기 ○ 울진 1~6호기	부산시 기장군 장안읍 고리(고리) 울산시 울주군 서생면 신암리(신고리) 경북 경주시 양남면 나아리(월성) 경북 경주시 양북면 봉길리(신월성) 전남 영광군 홍농면 계마리 경북 울진군 북면 부구리
나) 원자력연료주기 시설 ○ 한전원자력연료	대전시 유성구 덕진동
다) 원자력 연구시설 ○ 한국원자력연구원	대전시 유성구 덕진동
라) 중·저준위방사성폐기물처분시설 ○ 월성 원자력환경관리센터	경북 경주시 양북면 봉길리

제 2 절 조사 계획

원자력이용시설의 운영에는 비록 기준치 이내라고는 하지만 불가피하게 방사성물질의 환경방출이 수반되므로 시설주변에 대한 환경조사를 실시하여 환경에 대한 영향을 평가하여야 한다.

원자력이용시설 주변에 대한 환경감시는 원자력이용시설 주변 환경 중 방사성 핵종의 현존농도 준위와 시설로부터 환경으로 유출된 방사성물질의 축적경향을 파악할 수 있다는 점에서 매우 중요하다.

환경방사능 측정을 위한 시료채취지점의 위치와 환경시료별 분석항목 및 분석주기는 시설주변의 인구분포, 방사능착지 예상 최대농도, 해상조건, 지형, 방위, 기상조건, 대기확산 인자 등을 일차적으로 고려하고 각 시설별로 고유한 설계특성 및 방사성물질의 방출형태 등을 감안하여 결정하였다. 특히 월성원자력발전소의 경우 중수로인 원자로 특성상 ^3H 및 ^{14}C 이 타 원전에 비하여 상대적으로 많이 생성되기 때문에 대기 및 빗물시료에 대해서 매월 시료를 채취하여 이들 핵종을 분석하였다.

표 2는 한국원자력안전기술원이 원자력사업자의 환경감시 활동에 대한 품질보증 및 확인감시 차원에서 별도로 수행하고 있는 환경방사선/능 조사계획으로 2012년도에 실제 수행된 분석대상의 환경시료, 분석항목, 분석주기, 지점수 등을 정리한 것이다. 또한 원자력발전소 주변의 환경방사선을 실시간으로 감시하기 위하여 가압이온전리함형 공간감마선량률계를 표 3의 지점에 설치하고 연중 계속 모니터링을 하고 있다. 이와 같이 연속적으로 측정된 자료는 지역주민이 측정값을 현장에서 볼 수 있도록 전광판(display)에 나타냄과 동시에 통신망을 통하여 실시간으로 한국원자력안전기술원에서 수집하고 이를 인터넷(IERNet)을 통하여 일반국민 및 관련기관에 제공하고 있다. 한편, NaI(Tl) 검출기를 이용한 감마선스펙트로메트리 시스템을 공간감마선량률계와 동일한 지점에 추가로 설치하여 연속적으로 감마선 스펙트럼을 측정함으로써 자연방사선과 인공방사선의 구분이 가능하여 환경방사선의 변동 원인을 보다 명확하게 규명할 수 있게 되었다.

표 4는 열형광선량계(TLD)를 이용하여 매분기 공간집적선량을 측정 한 지점을 각 원자력발전소 부지별로 정리한 것이며, 그림 1 ~ 그림 6은 각 원자력이용시설 주변의 환경방사선 조사 및 환경시료의 채취지점을 지도상에 표시하고, 환경시료를 채취한 지점과 환경시료의 종류를 정리한 것이다.

표 2. 한국원자력안전기술원의 원자력이용시설 주변 환경방사선/능 조사계획

시료명		분석항목	분석주기	지점 수
방사선 조사	공간감마선량률	공간감마선량률	연속감시	각 원전주변 1개소
	공간집적선량	공간집적선량	매 분 기	부지 당 12개 지점
방사능 분석	환경 시료	토 양	감마동위원소, ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비 U 동위원소	연 2 회 연 1 회 연 1 회 부지 당 5개 지점 부지 당 2개 지점 대덕부지 3개 지점
		해저퇴적물 하천토양	감마동위원소, ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비 U 동위원소	연 2 회 연 1 회 연 1 회 부지 당 2~6개 지점 부지 당 2~6개 지점 대덕부지 2개 지점
		대 기	^3H , ^{14}C	매 월 월성원전주변 2개 지점
		술 잎	^3H , ^{14}C	매 월 월성원전주변 2개 지점
	물 시료	해 수	감마동위원소, ^3H , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비	매 분 기 연 2 회 취·배수구 3~8개 지점 (대덕 제외)
		지하수	감마동위원소, ^3H	연 2 회 부지 당 2개 지점
		지표수	감마동위원소	매 분 기 대덕 1개 지점
		빗 물	감마동위원소, ^3H	매 월 대덕 2개 지점 각 원전 기상관측소 (월성은 거리별 6개 지점)
	식품 시료	우 유	감마동위원소 감마동위원소 ^{90}Sr ^3H , ^{14}C	매분기 매 월 연 2 회 매 월 각 원전 부지 당 1개 목장 대덕 1개 목장 부지 당 1개 목장 월성 원전주변 1개 목장
		배 추	감마동위원소	연 1 회 부지 당 2개 지점
		쌀	감마동위원소	연 1 회 부지 당 2개 지점
	해양 시료	어 류	감마동위원소	연 2 회 부지 당 2~3개 지점(대덕제외)
		해조류	감마동위원소	연 2 회 부지 당 2~3개 지점(대덕제외)

표 3. 원전주변 공간감마선량률 연속감시 지점

구 분	감시기 설치장소	행정 구역
고리원전	장안읍사무소	부산광역시 기장군 장안읍
월성원전	양남면사무소	경북 경주시 양남면
영광원전	홍농읍 복지회관	전남 영광군 홍농읍
울진원전	북면사무소	경북 울진군 북면

표 4. 원자력이용시설 주변 공간집적선량 측정지점

구 분	측정 지점
고리원전 주변	서생초교, 장안초교, 칠암초교, 명례초교, 직원사택, 연산마을회관, 비학, 임랑, 장안읍사무소, 성창목장, 좌천초교, 울산대학
월성원전 주변	양북중학, 정수장, 나산초교, 감포중학, 상봉, 나산, 직원사택, 기구리, 석읍초교, 대본초교, 양남면사무소
영광원전 주변	가마미, 홍농서초교, 석남초교, 공음중학, 청경사택, 홍농읍사무소, 한전사택, 몽내기, 법성출장소, 나성리, 영광변전소, 고창변전소
울진원전 주변	호산초교, 축천초교, 부구초교, 나곡리**, 취수댐**, 화성초교, 죽변초교, 온양초교, 북면사무소, 부구교량, 신화리, 매화초교
대덕원자력 시설 주변	구죽초교, 금성초교, 대동초교, 신탄진초교, 영대초교, 금남초교, 지족초교*, 감성초교, 충일고등, 원자력연앞, 회덕초교, 충북대학

*) 2004년 2/4분기부터 외삼초교에서 지족초교로 측정지점 변경

**) 초등학교 폐교로 지점변경(나곡초교 → 나곡리 휴게소, 주인초교 → 취수
댐 MP)



그림 1. 고리원자력발전소 부지 주변의 환경시료채취 지점

번호	채취지점	채취시료	번호	채취지점	채취시료
A	월래	채소류, 곡류	H	임랑	토양
B	전시관	토양	I	서생	토양, 채소류, 곡류
C	#1배수구	해저퇴적물, 해수	J	신암	토양
D	#3배수구	해수, 해조류	K	#3,4취수구	해수
E	수호암목장	우유	L	#2배수구	해수, 해저퇴적물, 어류
F	#1,2취수구	해수, 어류	M	#4배수구	해수, 해저퇴적물
G	길천	지하수	2	신고리배수구	해수, 해저퇴적물
1	신고리취수구	해수			해조류, 어류



그림 2. 월성원자력발전소 부지 주변의 환경시료채취 지점

번호	채취지점	채취시료	번호	채취지점	채취시료
A	상봉	토양	H	후문서편	토양
B	저장고	토양	I	나아	토양,곡류,채소류,지하수
C	직원사택	토양	J	감포	채소류
D	대중천	토양,곡류,채소류,지하수	K	용동목장*	우유
E	취수구	해저퇴적물,해수,해조류,어류	L	#2배수구	해저퇴적물, 해수
F	#1배수구	해저퇴적물,해수,해조류,어류	1	신월성취수구	해저퇴적물,해수,해조류,어류
G	읍천	토양, 곡류	2	신월성배수구	해저퇴적물,해수,해조류,어류

*) 목장폐쇄로 2010년 1월 지점변경 (도장곡목장 → 용동목장)

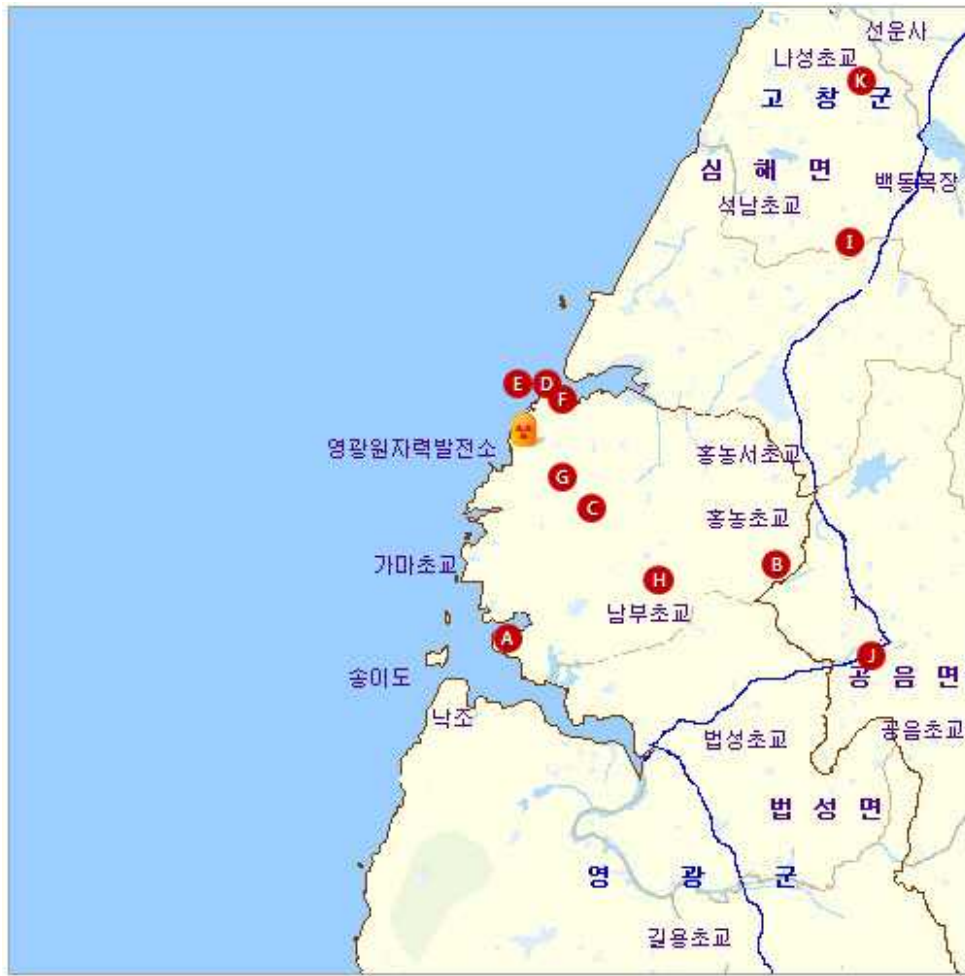


그림 3. 영광원자력발전소 부지 주변의 환경시료채취 지점

번호	채취지점	채취시료	번호	채취지점	채취시료
A	몽냉기	토양, 채소류, 곡류,	G	발전소정문	토양
B	홍농읍사무소	토양	H	홍농남초교	토양
C	양지1	채소류, 곡류, 지하수	I	상하초교	토양
D	배수구2	해수	J	하늬목장*	우유
E	취수구	해저퇴적물, 해수, 어류, 해조류	K	나성리	지하수
F	배수구1	해저퇴적물, 해수, 어류, 해조류			

*) 목장폐쇄로 2011년 1월 지점변경 (백동목장 → 하늬목장)



그림 4. 울진원자력발전소 부지 주변의 환경시료채취 지점

번호	채취지점	채취시료	번호	채취지점	채취시료
A	나곡리	토양	G	부구	지하수,곡류,채소류
B	한전사택	토양	H	화성초교	토양
C	주인초교	토양	I	신화리	토양
D	취수구(주변)	해저퇴적물,해수,토양,어류,해조류	J	부구교량	토양
E	배수구1	해저퇴적물,해수,어류,해조류	K	죽변	곡류,채소류,지하수
F	배수구2	해수			



그림 5. 대덕 원자력이용시설 부지 주변의 환경시료채취 지점

번호	채취지점	채취시료	번호	채취지점	채취시료
A	감성초교	토양	E	관평리	토양
B	기숙사앞	토양, 빗물	F	충남대(앞)	토양, 지하수
C	동화울	하천토양, 지하수, 곡류, 채소류	G	구죽초교	토양, 곡류, 채소류
D	D-2	하천토양, 지표수			



그림 6. 월성원자력발전소 부지 주변의 ^3H 및 ^{14}C 분석용 환경시료채취 지점

번호	채취지점	채취시료	번호	채취지점	채취시료
N-1	상봉	대기, 솔잎	S-1	직원사택	빗물, 대기, 솔잎
N-2	대본3리	빗물	S-2	양남소방서	빗물
N-3	쌍용주유소	빗물	S-3	구남	빗물
W-1	용동목장	우유*			

*) 목장폐쇄로 20010 채취지점 변경(도장곡목장 → 용동목장)

제 3 절 측정 및 분석방법

1. 환경방사선 연속측정

환경방사선의 연속측정은 집적선량의 측정과는 달리 시시각각으로 변동하는 환경방사선준위에 대한 감시를 가능하게 함으로써 방사선 비상사태를 조기에 발견할 수 있다. 환경방사선 연속모니터는 일반 환경 내 전리방사선 중 수십 keV에서 수 MeV까지 범위의 감마선을 측정할 수 있고, 짧은 시간간격의 계수값을 연속적으로 얻어 실시간으로 출력할 수 있다.

오늘날 환경방사선 연속모니터는 전자회로기술의 발전에 힘입어 여러 가지 방식이 사용되고 있고 그 특성 및 성능이 상당히 우수한 것들이 많이 있다. 그러나 연속모니터의 방식과는 상관없이 최종적인 결과는 주로 검출기가 설치된 장소에서의 조사선량률($\mu\text{R/h}$ 등) 또는 계수율(cpm 등)로 계측하고 있다.

연속모니터는 연속적인 실시간 자료를 얻을 수 있으므로 조사선량률의 시간적 변화를 추적할 수 있고 또한 연속기록 패턴의 해석 등에서 자연방사선과 인공방사선의 판별이 가능해질 수 있으며 시설에서의 기여분을 추정할 수가 있다. 그러나 연속모니터는 실험실 조건이 아닌 외부환경에 설치해야 하므로 급격한 환경변화에 대한 기기의 건전성과 보수 및 관리하는데 큰 어려움이 있을 뿐 아니라 별도의 전원이 필요하며 장비가 고가인 점 등 다수의 연속모니터를 설치하는 데에는 한계가 있다. 따라서 주변지역의 선량측정은 TLD를 이용하는 것이 일반적이다.

현재 쓰이는 각 방식의 연속모니터에서 얻을 수 있는 측정값 사이에는 검출기의 종류, 검출기 근처의 지형적인 구조, 기기의 특성 및 관련 신호처리 회로 등의 차이 때문에 동일지점에 있어서 동시에 측정하더라도 약간의 차이는 생기게 된다. 따라서 서로 다른 종류의 검출기를 사용하는 장비나 이질의 측정장치를 이용하여 자료를 얻는 경우 일반적인 배경(background) 준위를 상호 비교하는 것은 주의를 요한다.

각 원전주변에 지상으로부터 1 ~ 1.2 m 높이에 가압이온전리함(HPIC)형 공간감마선량률계와 섬광검출기(NaI(Tl))를 이용한 감마선스펙트로메트리 시스

템을 설치하여 운영하였다. 각 원전주변에 설치한 감시기기의 성능 및 특성은 표 5와 같다.

표 5. 원전주변 환경방사선 연속측정 장비의 성능 및 특성

검출기 종류	모 델	검출기 특성
가압전리함 (High Pressure Ion Chamber)	RSS-131 (Reuter-Stokes)	모양 : 구형(10"φ), 7.9L chamber 충진기체 : Ar(25기압) 측정에너지 : 60keV~10MeV 측정범위 : 0~10R/h 정확도 : ±5% at background
신틸레이션 (NaI)	EFRD 3300 (세트렉아이)	규격 : 3" x 3" NaI(Tl) 측정에너지 : 100keV~3MeV 측정범위 : 0~10mR/h 특징 : 자연방사선/인공방사선 구분

연속 측정된 15분 평균의 공간감마선량률은 국가환경방사선자동감시망(IERNet)을 통하여 실시간으로 한국원자력안전기술원의 중앙컴퓨터에서 수집되고 감시기 상태 및 자료의 이상여부를 확인하고 있으며, 데이터베이스에 자동 저장되고 검색할 수 있다.

환경방사선 변동의 원인은 표 6에서 보는 바와 같이 자연 현상, 원자력이용 시설에 기인하는 것 등 여러 가지가 있을 수 있다. 따라서 이들의 변동에 대해서 감시목적 차원에서 측정결과의 변동원인 규명은 매우 중요하다. 보통 강우 등 자연 현상에 의한 방사선 변동은 수분 ~ 수시간이 걸리나 원자력이용 시설로부터의 원인인 경우 그 변동은 수분 이하의 짧은 시간에, 낙진의 경우는 자연현상에 의한 변동보다 수배 혹은 그 이상의 시간이 걸린다. 따라서 이 변동 파악을 위해 가능한 한 짧은 시간 간격으로의 측정이 필요하다.

표 6. 자연현상 등에 의한 환경방사선 변동요인

변동 원인		변동 양상	변동 빈도	증가량
자연현상 에 의한 변동	강우	강우중 경사가 완만한 변동	연간 100회 정도로 지 역에 따라 차이가 있 음	약 30 nGy/h
	강설	증가와 감소가 복잡 하게 혼재	지역에 따라 차이가 있음	± 10 nGy/h
	뇌우	급격히 증가하여 약 30분의 반감기로 감소	초봄에 많다	최고 수 10 nGy/h 가 되는 경우도 있 음
	적설	적설에 의한 차폐효과	지역에 따라 차이가 있음	약 10~40 nGy/h 정도 감소
	기타 기상	역전층에 의한 日週期 지표의 수분에 의한 방사선 흡수		약 10 nGy/h 정도 약 2 nGy/h 정도 감소
원자력 이용시설		일정하지 않음. 특히 부방향의 변동이 짧은 주기를 가짐		
측정기의 특성		주로 온도 변화에 의 함	온도변화에 의한 일변 화, 년변화	온도에 의해 수% ~ 10% 변화하는 경우가 있음
측정기의 고장		과대 또는 과소한 수치를 나타냄		

2. 공간집적선량

집적선량에 대하여는 초기에는 유리선량계, 필름벤티 등을 이용하였지만, 최근에는 안전성이 높고 감도가 양호한 열형광선량계(TLD)를 이용하여 환경 중 감마선량을 일정기간(예를 들면 분기)에 걸친 적산선량으로 구하여 환경방사선의 변동을 감시하고 있다. TLD는 비교적 저렴한 가격이고, 연속모니터에 비해서 계측조작도 간단하므로 측정지점을 많이 설정할 수 있으며, 설치주변의 환경감마선량을 간편하게 감시할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 환경

감마선의 감시에 사용하는 TLD는 설치할 장소의 환경조건 등이 충분히 고려되어야 하며, 감시선량범위에서 선량값/판독값의 직선성에 대해서 파악되어야 한다. 또한 변동 폭이 작고, 열화특성(fading), 자기조사(self irradiation) 등에 의하여 영향을 작게 받으며, 반복사용 하더라도 TLD의 직선성이 변화가 없는 소자를 선택해야 한다. 환경감마선 감시에 많이 사용되고 있는 소자로는 $\text{CaSO}_4\cdot\text{Tm}$, $\text{Mg}_2\text{SiO}_4\cdot\text{Tb}$, LiF:Mg,Cu,P , $\text{CaF}_2\cdot\text{Dy}$ 등이 있다.

원자력이용시설 주변에 설치한 TLD는 Panasonic사의 UD-800계열로 4개의 소자가 1 badge로 구성되어 있다. 즉 1 badge 중 1개의 소자는 조직등가물질인 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\cdot\text{Cu}$ 으로 되어 있으며, 3개의 소자는 저선량 측정을 위한 고감도 $\text{CaSO}_4\cdot\text{Tm}$ 으로 구성되어 있다. 그리고 에너지보상 필터로서 얇은 플라스틱창과 두꺼운 플라스틱 창 그리고 금속(Al, Pb, Cd)필터가 부착되어 있다.

TLD는 매분기별로 각 원자력이용시설 주변에 각각 3개씩의 TLD badge를 3개월 동안 설치한 후 회수하여 Panasonic사의 UD-716AGL 판독장치로 판독하였다. 이 판독장치는 적외선 가열방식으로 좋은 재현성을 유지하면서 짧은 시간에 측정 및 판독이 가능한 자동화 시스템이다. 또한 glow 곡선을 직접 볼 수도 있으며 glow 곡선의 출력신호 단자도 부착되어 있다. 그리고 RS-232C를 통해 컴퓨터와 연결가능하며, 소자특성인자(ECF)와 측정자료를 저장할 수 있도록 되어있다. 원자력이용시설 주변에 분기별로 설치한 3개의 TLD를 동시에 판독하여 평균값을 그 지역의 분기당 받은 선량당량으로 하고, 3개 판독값의 측정오차를 나타내었다.

3. 감마동위원소

가. 토양 및 해저퇴적물

토양은 그 공극도나 습도가 매우 다양하고 또한 표면토양에 함유된 유기물의 상태, 토양의 거시적인 특징을 결정하는 모암의 종류 등의 요인에 의해서 방사능농도가 크게 영향을 받으므로 국지적인 변동도 크다. 토양의 채취지점은 가능한 한 유토에 의한 침식 및 붕괴가 없는 지점과, 건조물 및 인위적인 교란이 없는 평평한 일정면적의 지점을 선정하여 토양시료를 채취하였으며, 채취장

소의 대표성 확보를 위하여 채취장소 내의 10개 지점 이상을 택하여 채취한 후 섞어서 그 지점의 토양시료로 간주하였다. 토양시료의 채취는 설정된 각 지점 별로 먼저 표층의 유기물(낙엽, 나뭇가지 등)을 제거한 후 50 mmΦ x 50 mm의 토양채취기를 이용하여 0~5 cm 깊이의 표층토를 채취하여 비닐봉지에 혼합하여 넣고, GPS(Global Positioning System)를 이용하여 채취장소의 좌표를 기록하였다.

원자력발전소 주변의 해저퇴적물은 잠수부를 이용하여 시료를 채취하였으며 대덕 원자력이용시설 주변의 하천토양은 토양시료 채취기를 이용하여 직접 채취하였다.

채취한 토양 및 해저퇴적물 시료를 실험실로 운반한 후 무게를 달고 건조기에서 약 80~90℃로 24시간 동안 건조시켰다. 건조된 토양 및 해저퇴적물 시료를 다시 무게를 달아 수분함량을 구하고 막자사발로 충분히 분쇄한 후 망목 2 mm의 체(sieve)로 토양입자의 크기를 선별하였다. 망목 2 mm를 통과한 토양을 넓은 tray나 종이 위에 가능한 한 평평하게 펼쳐놓고 우물정자 모양으로 9등분하여, 각 부분에서 일정량씩 취한 다음 혼합하였다. 혼합된 시료를 측정용기에 충전하고 시료높이와 시료무게를 기록한 후 고순도게르마늄검출기 및 다중과고분석기를 이용하여 정밀 감마핵종분석을 수행하였다.

나. 해수 및 지하수

해수 및 지하수 시료를 60 L 채취한 후, 채취용 비닐물통 용기벽에 방사성 물질이 흡착되는 것을 방지하기 위하여 시료 1 L당 1 mL의 진한 염산을 첨가하였다. 해수의 경우 실험실로 운반한 후 해수 중에 포함된 부유물(주로 clay 성분)을 제거하기 위하여 pore size가 약 1 μm(5C, ADVANTEC 사)인 여과지를 이용하여 여과하였다. 여과 후 정확한 시료량을 측정하고 교반기로 시료를 약 1시간 교반한 다음 시료 1 L당 0.5 g의 AMP(ammonium phosphomolybdate)를 첨가하였다. 다시 교반기로 1시간 더 교반한 후 AMP가 모두 침강할 때까지 24시간 이상 방치했다가 상층부의 맑은 상등액을 사이펀으로 조심스럽게 분리한 후 별도 보관하였다. Cs이 흡착된 AMP를 염산(1:100)으로 세척하면서 비이

커(5 L)에 수거하고, 비이커를 유리접시로 덮거나 랩으로 싸서 불순물이 들어가는 것을 방지하였다. 상등액이 맑아진 것을 확인하고 pore size가 약 1 μm (5C, ADVANTEC 사)인 여과지를 이용하여 AMP를 여과하였다. 여과지에 흡착된 AMP의 수분제거를 위하여 건조기에서 약 70~80℃로 건조 시킨 후 무게를 달아 회수율(회수된 AMP무게 x 100/첨가한 AMP무게)을 구하였다. 한편, 앞에서 별도로 보관한 상등액을 그림 7과 같은 절차로 MnO_2 를 첨가하여 AMP 처리 시 수행했던 방법처럼 Cs 이외의 ^{60}Co 과 같은 감마선방출핵종을 분리하였다. 이와 같이 건조된 각각의 AMP와 MnO_2 를 U-8 용기에 충전한 후 고순도게르마늄검출기 및 다중과고분석기를 이용하여 정밀 감마핵종분석을 하였다.

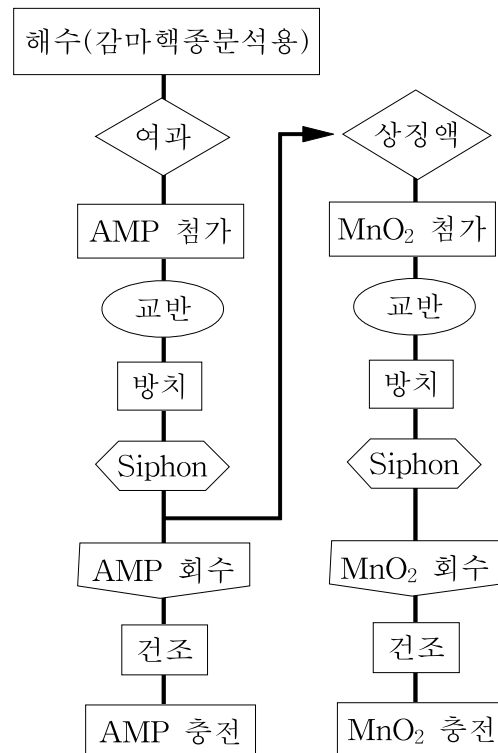


그림 7. 해수시료의 감마핵종(^{137}Cs , ^{60}Co 등)분석을 위한 전처리 절차

다. 지표수 및 빗물

지표수시료의 경우, 매월 말 20 L를 채취하였다. 빗물시료의 경우, 매월 말 빗물채집수반에 의해 채집된 시료를 전량 회수하였다. 회수된 지표수 및 빗물 시료는 메스실린더로 전량을 계량한 다음 채취된 시료를 증발접시에 옮기고 hot plate 위에서 겨우 포립이 일어날 정도로 온도를 유지하면서 시료가 거의 응고될 때까지 농축하였다. 응고된 시료를 다시 적외선램프를 이용하여 완전히 건조시켰다. 건조된 시료를 모두 회수하여 고온 분말상태가 될 때까지 분쇄한 후 U-8 용기에 충전하여 고순도게르마늄 검출기 및 다중과고분석기를 이용하여 정밀 감마핵종분석을 수행하였다.

라. 곡류 및 채소류

쌀 및 배추의 경우 원자력이용시설 인근지역의 산지에서 추수기에 직접 구매하였다. ^{137}Cs 및 ^{40}K 의 검출목표치를 만족할 수 있도록 각 지점 당 10 kg 이상의 쌀 및 배추시료를 채취하였으며, 실험실로 운반한 후 정확한 생체중량을 측정한 다음 건조기에서 약 80~90℃로 건조시켰다. 건조된 시료를 회화용 도가니에 담은 후 ^{137}Cs 의 손실이 일어나지 않도록 전기로 내부온도가 450℃를 넘지 않도록 설정하여 회화하였다. 먼저 150℃에서 약 2시간 정도의 건조단계를 거치고, 300℃에서 2시간 정도의 탄화단계를 거친 후 450℃내에서 완전 회화단계를 거치는 순으로 가능한 한 완전한 회화와 불꽃에 의한 시료의 손실이 없도록 하였다. 쌀의 경우 탄화까지는 잘 진행이 되지만 회화가 매우 어려운 시료로서 쌀의 탄재가 하얗게 변할 때까지 회화를 계속하였다. 회화된 시료의 무게를 다시 측정하여 회화율(회화 후 시료무게 x 100/회화 전 시료무게)을 계산하였다. 이와 같이 회화된 시료를 U-8 용기에 충전한 후 고순도 게르마늄검출기 및 다중과고분석기를 이용하여 정밀 감마핵종분석을 하였다.

마. 어류 및 해조류

어류 및 해조류의 경우 원자력발전소의 인근 해역에서 선박이나 잠수부를 이용하여 채취하였다. ^{137}Cs 등의 검출목표치를 만족할 수 있도록 각 지점당 10

kg 이상의 어류 및 해조류시료를 채취하여 실험실로 운반한 후 정확한 생체중량을 측정하여 다음 건조기에서 약 80~90℃로 건조시켰다. 2008년도부터 반감기(8.02 일)가 짧은 ^{131}I 분석을 위해 건조된 시료 일부를 마리넬리 용기에 충전한 후 고순도 게르마늄검출기 및 다중과고분석기를 이용하여 ^{131}I 분석을 우선 수행하였다. ^{131}I 분석을 수행한 이후에 건조된 시료를 회화용 도가니에 담은 후 ^{137}Cs 의 손실이 일어나지 않도록 전기로 내부온도가 450℃를 넘지 않도록 설정하여 회화하였다. 먼저 150℃에서 약 2시간 정도의 건조단계를 거치고, 300℃에서 2시간 정도의 탄화단계를 거친 후 450℃내에서 완전회화단계를 거치는 순으로 가능한 한 완전한 회화와 불꽃에 의한 시료의 손실이 없도록 하였다. 회화된 시료의 무게를 다시 측정하여 회화율(회화 후 시료무게 x 100/회화 전 시료무게)을 계산하였다. 이와 같이 회화된 시료를 U-8 용기에 충전한 후 고순도 게르마늄검출기 및 다중과고분석기를 이용하여 정밀 감마핵종분석을 하였다.

바. 우유시료

우유의 경우 원자력이용시설 주변 인근지역의 목장에서 10 L의 가공하지 않은 우유를 목장사업자의 협조 하에 직접 채취하여 부패방지를 위하여 포르말린을 첨가한 후 실험실로 이송하였다. 채취한 우유시료는 부패가 일어나지 않도록 하여 실험실에서 정확한 생중량을 측정하여 후 비이커에서 교반기로 교반하면서 증발농축 하였다. 이 증발농축은 처음 시료량의 약 40% 이하가 될 때까지 수행하였다. 이와 같이 증발농축된 우유시료를 회화용 도가니로 옮겨 담은 후 건조, 탄화, 회화단계의 순으로 처리하였다. 즉 먼저 120℃에서 약 2시간 정도, 그리고 200℃에서 약 2시간 정도의 건조단계를 거치고, 300℃에서 5시간 정도의 탄화단계를 거친 후 450℃내에서 회화단계를 거치는 순으로 가능한 한 완전한 회화와 불꽃에 의한 시료의 손실이 없도록 하였다. 특히 ^{137}Cs 의 손실을 막기 위하여 전기로 온도를 450℃가 넘지 않도록 주의하였다. 회화된 시료의 무게를 다시 측정하여 회화율(회화 후 시료무게 x 100/회화 전 시료무게)을 계산하였다. 감마핵종분석을 위해 U-8용기에 충전하고, 시료 순무게 및 시료높이를 측정하여 후 고순도 게르마늄검출기 및 다중과고분석기를 이용하여 정밀 감마

핵종분석을 하였다.

4. 플루토늄(Pu)

가. 토양 및 해저퇴적물

알파스펙트로메트리를 이용한 $^{239+240}\text{Pu}$ 및 ^{238}Pu 분석은 건조된 토양이나 해저퇴적물 약 30 g을 도가니에 취하여 무게를 정확히 측정한 후 전기로에서 500 °C, 8시간 이상 회화시켜 유기물을 완전히 분해한다. 시료를 비이커에 옮기고 여기에 ^{242}Pu 추적자(tracer)를 첨가하여 가열판 위에서 1 : 1 질산으로 산추출하였다. 추출액을 여과하고 증발건고하여 최종 5M 질산 매질의 시료용액이 되도록 조정하였다. 준비된 시료용액은 주사기여과기(pore size 0.45 μm)를 이용하여 최종 여과한 후, 아스코르브산 약 50~100 mg을 첨가하여 Pu의 산화수를 +4가로 조절한 후, TEVA (Eichrom 사) 수지가 충전된 컬럼을 사용하여 Pu을 순수 분리하였다. 분리된 Pu은 스테인레스스틸 재질의 전착판에 전기증착(Electro-deposition)시켜 계측용 시료로 만들었다.

계측용 시료를 알파스펙트로미터 챔버에 위치시키고 500,000초 동안 측정하였다. $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu 및 ^{242}Pu 각각의 알파스펙트럼 피크에 대한 계수치를 구한 다음 ^{242}Pu 추적자 피크에 대한 $^{239+240}\text{Pu}$ 및 ^{238}Pu 의 피크면적 비율을 각각 구한 뒤 첨가한 추적자 방사능농도를 적용하여 $^{239+240}\text{Pu}$ 과 ^{238}Pu 의 방사능농도를 구하였다.

한편, Pu 원자비($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$) 분석은 다중채널검출기 유도결합플라즈마질량분석기(MC-ICP-MS, NEPTUNE, Thermo Scientific, Germany)로 계측하였다. 계측시료를 준비하기 위하여 건조된 토양과 해저퇴적물 약 5 g을 도가니에 취하여 무게를 정확히 측정한 뒤 전기로에서 500 °C, 8시간 이상 회화시켜 유기물을 완전히 분해한다. 시료를 비이커에 옮기고 ^{242}Pu 추적자를 첨가하여 가열판 위에서 1 : 1 질산으로 산추출하였다. 산추출액은 여과하여 잔유물을 제거한 후 증발건고하여 최종 5M 질산 매질의 시료용액이 되도록 조정하였다. 준비된 시료용액은 주사기여과기(pore size 0.45 μm)를 이용하여 최종 여과하고 아스코르브산 약 50~100 mg을 첨가하여 Pu 산화수를 +4가로 조절한 후, TEVA 수지가 충전된 마이크로컬럼을 이용하여 Pu을 순수분리하였다.

순수분리된 1 mL의 계측시료를 탈용매화장치가 장착된 시료주입장치 (ARIDUS II, Cetac Technologies, USA)를 통해 MC-ICP-MS에 주입하여 m/z 239, 240 및 242 영역에서 계측하고 동위원소희석법을 이용하여 ^{239}Pu 와 ^{240}Pu 각각을 정량한 후 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비를 산출하였다.

나. 해수

감마핵종분석용 및 ^{90}Sr 분석용과는 별도로 해수시료 20 L를 채취하여, 채취 용기벽에 방사성물질이 흡착되는 것을 방지하기 위하여 시료 1 L당 1 mL의 진한 염산을 첨가하였다.

해수 20 L에 철 운반체 및 ^{242}Pu 추적자(tracer)를 첨가한 후 암모니아수를 이용하여 용액의 pH를 9.0까지 올려 수산화제이철 침전을 형성시켜 Pu을 철 침전에 공침시켰다. 약 하루 동안 방치한 후 상등액을 버리고 회수된 소량의 침전을 가스버너에서 가열하면서 pH 8.0으로 정확히 조절하여 철침전에 포함된 수산화마그네슘 및 수산화칼슘침전을 용해하여 수산화철침전과 분리하였다. 하루 동안 방냉시킨 후 상등액을 경사법으로 제거하고 여과하여 침전만 회수한다. 침전은 1 : 1 염산으로 용해한 후 가열판 위에서 증발농축 과정을 거쳐 질산으로 최종 산농도가 5 M이 되도록 하였다. 준비된 시료는 주사기여과기(pore size $0.45\mu\text{m}$)를 이용하여 최종 여과하고 아스코르브산 약 40 mg을 첨가하여 Pu 산화수를 +4가로 조절한 후 TEVA 수지가 충전된 마이크로컬럼을 이용하여 Pu 순수분리를 하였다. 순수분리된 1 mL의 계측시료를 탈용매장치가 장착된 시료주입장치(ARIDUS II, Cetac Technologies, USA)를 통해 MC-ICP-MS에 주입하여 m/z 239, 240 및 242 영역에서 계측하고 동위원소희석법을 이용하여 ^{239}Pu 와 ^{240}Pu 각각을 정량한 후 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비를 산출하였다.

5. 우라늄(U)

가. 토양 및 하천토양

U 동위원소 분석은 미 분쇄한 건조토양이나 하천토양 1 g을 도가니에 취하여 전기로에서 500℃, 8시간이상 회화시켜 유기물을 완전히 분해한 뒤 시료를 Savillex 사의 120 ml Teflon Bomb에 옮기고 여기에 ^{232}U 추적자(tracer)를 첨가하여 가열판위에 올려놓고 건조 시킨 후 25 ml의 혼합산($\text{HF} : \text{HNO}_3 : \text{HClO}_4 = 4 : 1 : 1$)을 첨가한 뒤 하루 동안 가압가열용기 내에서 완전분해 시켰다. 완전 분해된 토양 및 하천토양 시료를 증발건고한 후 3 M HNO_3 -0.5 M $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 용액에 녹인 후 소량의 ammonium thiocyanite(NH_4SCN) 용액과 아스코르브(Ascorbic)산을 사용하여 철과 우라늄의 산화가를 조절한 후 Eichrom 사의 U/TEVA resin을 사용하여 우라늄을 순수분리 하였다. 순수 분리된 U은 스테인레스 판 위에 전기증착(electro deposition)시켜 계측용 시료로 만들었다.

계측용 시료를 알파스펙트로미터 챔버에 위치시키고 80,000초 동안 측정하여 U 스펙트럼을 구하였다. 이 알파스펙트럼의 ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U 및 ^{232}U 피크면적에 대한 계수치를 구한 다음 추적자 피크에 대한 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 의 피크면적 비율을 구한 뒤 첨가한 추적자 방사능농도를 곱하여 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 에 대한 방사능 농도를 구하였다.

6. 스트론튬(^{90}Sr)

가. 토양 및 해저퇴적물

^{90}Sr 의 분석은 발연질산과 양이온교환수지를 이용하여 화학적 전처리를 하였다. 건조한 표층토양 및 해저퇴적물 100 g을 전기로에 넣은 후 24시간 동안 480℃에서 태워 유기물을 제거하였다. 기지농도의 안정 Sr 일정량을 화학회수를 담체로 시료에 첨가하고 진한 염산을 이용하여 표층토양 및 해저퇴적물 입자로부터 Sr을 추출하였다. 추출한 여액에 NaOH와 Na_2CO_3 를 넣어 탄산염 침전을 만들고 이를 원심 분리하였다. 회수된 탄산염 침전은 염산으로 완전히 용해한 후 옥살산과 암모니아를 넣어 pH 4.2 정도에서 스트론튬(칼슘)옥살레이트($\text{Sr}(\text{Ca})\text{-oxalate}$) 침전을 만들고, 이 침전에 발연질산을 넣어 용해도 차이를 이

용하여 칼슘을 제거한 후 양이온교환수지(Dowex 50W-X8 100-200 mesh)를 이용하여 Sr을 회수하였다. 양이온교환수지로부터 회수된 용액은 탄삼칼슘 침전을 만든 후 발연질산을 이용하여 다시 질산스트론튬 ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$) 침전을 만들어 초순수로 녹인 다음 14일 이상 ^{90}Sr 과 ^{90}Y 의 방사평형이 되게 한 후 LSC를 이용한 체렌코프 계측을 하였다.

나. 해수

산 처리된 해수시료 60 L에 NaOH를 넣어 pH 10이상 올려 생성된 수산화 침전물을 경사법과 원심분리로 제거하고 여액에 다시 Na_2CO_3 를 넣어 탄산염 침전을 만들어 원심분리 하였다. 이 과정에서 해수에 다량으로 존재하는 Mg를 제거한 후 Ca과 Sr을 탄산염침전으로 회수하였다. 회수된 탄산염 침전에 옥살산을 넣어 스트론튬(칼슘)옥살레이트 침전을 만든 후 이 침전에 발연질산을 넣어 용해도 차이를 이용하여 칼슘을 제거하고 소량 존재하는 Ra, Ba 및 Pb는 바륨크로메이트 공침법으로 제거하였다. 14일 이상 ^{90}Sr 과 ^{90}Y 의 방사평형이 되게 한 후 스트론튬 용액에 이트륨 담체를 넣고 수산화이트륨($\text{Y}_2(\text{OH})_3$) 침전을 만들었다.

이 침전을 염산으로 녹인 다음 옥살산을 넣어 pH 1.2~1.5에서 만든 이트륨옥살레이트(Y-oxalate) 침전을 24 mmΦ 플란켓트에 부착한 후 저준위 알파/베타 비례계수기로 계측하였다.

다. 우유시료

^{137}Cs 분석이 끝난 우유 회분시료 20 g을 teflon 비이커에 취한 다음 불산, 왕수, 발연질산, 과산화수소수 등을 처리하여 잔류하는 유기물을 완전히 제거하고 6 M 염산에 녹였다. 이 산 용해액에 옥살산과 암모니아를 넣어 pH 4.2 정도에서 스트론튬(칼슘)옥살레이트($\text{Sr}(\text{Ca})$ -oxalate) 침전을 만들었으며 이하의 과정은 표충토양 및 해저퇴적물시료를 분석했던 방법과 같다.

7. 삼중수소(^3H)

가. 대기시료

대기 중 삼중수소는 그림 8에 나타난 포집장치를 이용하여 대기를 0.5~0.6 L/min 유속으로 1개월간 포집하였다. 삼중수소는 그림 8의 앞쪽에 설치되어 있는 molecular sieve (5 Å) column에 포집하였으며 관상로를 이용하여 450 °C에서 2시간 이상 연소시켜 수분을 추출한 후 증류과정을 거쳐 삼중수소수 10 ml를 20 ml 용량의 teflon 측정용기에 넣고 Ultima gold LLT(Packard, USA) scintillator 10 ml를 첨가하여 잘 혼합한 후 계측기내에 1일간 방치한 다음 액체섬광계수기(LKB, Quantulus 1220)를 이용하여 500분(50분씩 10회)간 측정하였다.

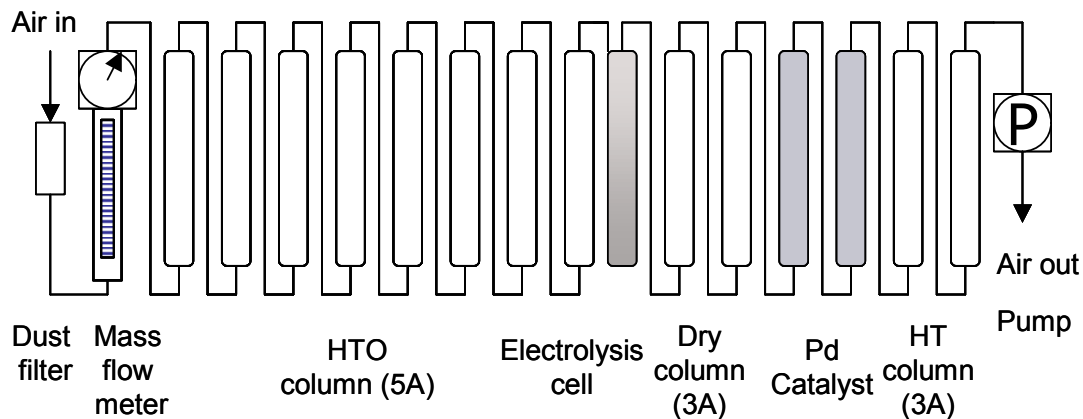


그림 8. 대기 중 ^3H 및 ^{14}C 동시 포집장치

나. 솔잎 및 우유시료

솔잎 및 우유시료 중 TFWT(조직자유수 : Tissue Free Water Tritium) 분석을 위하여 생체시료 약 100~200 g을 진공용 유리용기에 넣고 동결건조기(Model: LABCONCO Freeze dry system)를 사용하여 시료 중에 존재하는 수분(조직자유수)을 완전히 추출하였다.

또한 솔잎시료 중의 TBT(조직결합수 : Tissue Bound Tritium) 분석을 위하여 동결건조기로 수분(조직자유수)을 제거한 건조시료를 고압연소장치(Model: 1121 Oxygen Combustion Bomb, Parr Instrument Co.)를 이용하여 연소시켜 건

조시료 중에 존재하는 수분(조직결합수)을 완전히 추출하였다.

삼중수소 측정을 위하여 솔잎 및 우유시료로부터 회수된 시료수(조직자유수 및 조직결합수)를 증류하여 이중 삼중수소수 10 ml를 취하여 20 ml 용량의 테프론 측정용기에 넣고 Ultima gold LLT scintillator 10 ml를 첨가하여 잘 혼합한 후 계측기내에 1일간 방치한 다음 액체섬광계수기를 이용하여 500분(50분씩 10회)간 측정하였다.

다. 물시료

중수로형 원전에서는 중수를 사용하기 때문에 삼중수소가 경수로형의 원전에서보다 상대적으로 많이 발생되므로 월성원전 주변 물시료(빗물)는 시료수를 직접 증류한 후 대기 및 생물시료의 측정방법과 동일하게 측정하였다. 한편 중수로형 월성원전 및 월성원전 이외의 경수로형의 원전주변의 물시료(해수, 지하수) 중 삼중수소 농도는 일반 환경시료와 같이 매우 낮기 때문에 시료를 증류한 후 직접 측정하는 방법으로는 계측이 매우 어렵다. 따라서 본 조사에서는 극저준위의 삼중수소를 계측하기 위하여 니켈-니켈형 전극을 이용한 전해농축장치를 사용하였다.

물시료 1 L를 증류용기에 옮기고 소량의 KMnO_4 를 넣고 증류한 후 증류액에 질산은 용액을 떨어뜨려 증류액 중에 Cl^- 이온의 존재여부를 확인하여 증류액에 Cl^- 이온이 존재하지 않을 때까지 반복 증류하였다. 증류된 용액 800 ml와 Na_2O_2 분말 약 8 g을 전해 cell에 넣고 완전히 용해시킨 후 전해액량이 약 40 ml가 될 때까지 서서히 전해농축을 실시하였다. 전해농축이 완료된 시료는 재증류한 후 10 ml를 20 ml 테프론 용기에 분취하고 Ultima Gold LLT scintillator 10 ml를 첨가하여 잘 혼합한 후 계측기내에 1일간 방치한 다음 액체섬광계수기를 이용하여 500분(50분씩 10회)간 계측한 후 농축계수를 고려하여 삼중수소의 농도를 계산하였다.

8. 방사성탄소(^{14}C)

가. 대기시료

대기 중 CO_2 는 앞서 그림 8에 나타난 포집장치를 이용하여 대기를 0.5~0.6 L/min 유속으로 1개월간 포집하였다. 포집장치의 앞쪽에 설치된 Molecular sieve(5Å) column에 포집된 CO_2 는 관상로를 이용하여 450 °C에서 2시간 이상 연소 후 암모니아수(NH_4OH) 용액(1:1)에 흡수시키고 CaCl_2 를 첨가하여 CaCO_3 침전형태로 회수하였다.

회수한 CaCO_3 침전으로부터 그림 9에 나타난 CO_2 흡수장치를 이용하여 CO_2 를 흡수제에 흡수시켰다. CO_2 를 흡수제에 흡수시키기 위해서는 먼저 CaCO_3 침전 6.0 g을 플라스크에 넣고 질소가스를 흘려주어 흡수장치 내부의 공기를 완전히 제거하였다. 그 다음 염산(1:1)을 서서히 떨어뜨려 CaCO_3 를 분해시키며, 이때 발생한 CO_2 가스를 실리카겔로 통과시켜 가스 중의 수분을 제거한 후 흡수제(CarboSorb E, Packard Bioscience B.V.) 10 ml와 섬광체(PermaFluor E⁺, Packard Bioscience B.V.) 10 ml를 혼합하여 넣은 테프론 측정용기에 흡수시킨다. 이를 1일간 방냉한 후 극저준위 액체섬광계수기를 이용하여 500분(50분씩 10회)간 측정하였다.

나. 솔잎 및 우유시료

솔잎시료의 CO_2 를 회수하기 위하여 먼저 동결건조기를 사용하여 시료중의 수분을 완전히 제거한 다음 고압연소장치를 이용하여 시료로부터 CO_2 를 포집하였다. CO_2 가스는 암모니아수(NH_4OH) 용액(1:1) 800 ml를 넣은 CO_2 포집용 트랩을 연결하여 CO_2 가스를 포집한 다음 CaCl_2 를 첨가하여 CaCO_3 침전형태로 회수하였다.

회수한 CaCO_3 침전으로부터 대기시료와 동일한 방법으로 CO_2 흡수장치를 이용하여 CO_2 를 테프론 측정용기에 흡수시켜 1일간 방냉한 후 극저준위 액체섬광계수기를 이용하여 500분(50분씩 10회)간 측정하였다.

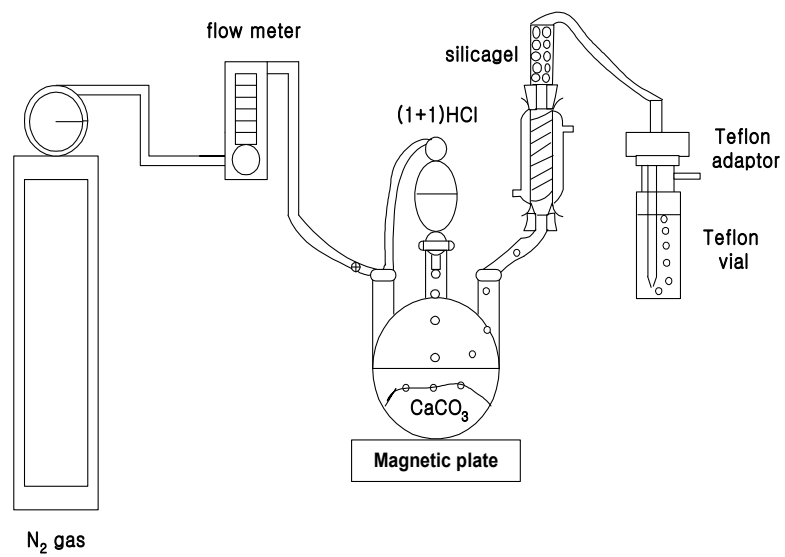


그림 9. CO₂ 흡수장치

제 3 장 조사결과 및 평가

제 1 절 환경방사선 조사

1. 공간감마선량률

한국원자력안전기술원에서 운영 중인 국가환경방사선자동감시망은 2012년 말 현재 4개 원전 주변에 설치된 감시기를 포함 전국 122개 지점으로 구성되어 있다. 각 감시기로부터 15분마다 측정되는 공간감마선량률은 전용선 등을 통해 자동으로 수집하여 한국원자력안전기술원의 중앙 서버 데이터베이스에 저장됨과 동시에 인터넷으로 측정결과를 실시간 공개하고 있다. 2012년도에 4개 원전 주변의 환경방사선감시기(HPIC)로부터 수집된 공간감마선량률 자료는 1시간 평균 데이터를 기준하여 총 35,040 건으로 99.4% 자료 수집율을 보이고 있으며, 장비이상, 통신선로 장애 및 감시기 검·교정으로 인하여 194건이 미수집 되었다.

표 7 및 표 8은 4개 원자력발전소 부지 주변에 대한 2012년도 공간감마선량률의 연속측정 결과를 정리한 것이다. 2012년도 부지별 공간감마선량률의 연평균 범위는 10.5~14.2 $\mu\text{R/h}$ 로 최근 5년간의 연평균 범위인 10.2 ~ 15.4 $\mu\text{R/h}$ 와 거의 비슷한 수준이었다.

참고로 사업자 조사결과의 부지주변 연평균은 10개 이상의 모니터링포스트로부터 얻어진 자료를 모두 평균한 것이다. 따라서 한국원자력안전기술원의 연평균값과 다소 차이가 있을 수 있는데 이는 한국원자력안전기술원의 연평균값은 읍사무소 등의 1개 지점에 설치된 그 지점의 연평균을 의미하며, 사업자의 연평균값은 부지주변 모든 지점에 대한 연평균을 의미하기 때문이다.

울진 원자력발전소 주변의 경우 타 원전주변에 비해서 공간감마선량률이 다소 높게 나타나는 것은 그 부지 주변의 모암성분 및 토질성분 내에 자연방사성 핵종(U-계열, Th-계열, ^{40}K 등)이 타 원전 부지보다 많이 함유되어 있기 때문이다. 따라서 원자력이용시설에 의한 선량률 기여여부를 판단할 때 부지간의 직접적인 비교평가를 통하여 해석하기 보다는 부지특성에 따른 평상변동폭에 근거하여 해석하는 것이 타당하다.

표 7. 원전주변 공간감마선량률 연속측정 결과

(단위 : $\mu\text{R/h}$)

구 분	한국원자력안전기술원 감시결과		원자력사업자 조사결과*
	2012년도 연평균	최근 5년간 연평균 범위	2012년도 부지주변 연평균
고 리	$10.6 \pm 0.2^{\#}$	10.4 ~ 11.0	10.6^{+} (92.8 nGy/h)
월 성	10.5 ± 0.4	10.2 ~ 11.0	9.7^{+} (84.8 nGy/h)
영 광	13.2 ± 0.3	11.4 ~ 13.5	11.1^{+} (97.2 nGy/h)
울 진	14.2 ± 0.2	13.9 ~ 15.4	12.1^{+} (106 nGy/h)

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

+) 1 R=8.76 mGy으로 환산(ICRU Report 47, 부록 A참조), #) 평균 표준편차

표 8. 2012년도 원전주변 지점별 공간감마선량률 변동 비교

2012년도		고리	월성	영광	울진
1시간 평균 공간감마선량률	평균($\mu\text{R/h}$)	10.6	10.5	13.2	14.2
	최대($\mu\text{R/h}$)	24.8	15.2	19.3	17.8
	최소($\mu\text{R/h}$)	10	8.6	11.7	13.5
	데이터 수	8,716	8,782	8,661	8,783
선량률 증감 분포도 (측정값-평균값) 단위 : 횟수	<-5 $\mu\text{R/h}$	0	0	0	0
	-5~-4 $\mu\text{R/h}$	0	0	0	0
	-4~-3 $\mu\text{R/h}$	0	0	0	0
	-3~-2 $\mu\text{R/h}$	0	0	0	0
	-2~-1 $\mu\text{R/h}$	0	288	34	0
	-1~0 $\mu\text{R/h}$	6,065	4,261	5,136	5,290
	0~1 $\mu\text{R/h}$	2,485	4,004	3,318	3,386
	1~2 $\mu\text{R/h}$	133	193	128	89
	2~3 $\mu\text{R/h}$	23	32	30	11
	3~4 $\mu\text{R/h}$	5	3	9	7
	4~5 $\mu\text{R/h}$	3	1	4	0
	5~6 $\mu\text{R/h}$	0	0	1	0
	6~7 $\mu\text{R/h}$	1	0	1	0
	7~8 $\mu\text{R/h}$	0	0	0	0
	8~9 $\mu\text{R/h}$	0	0	0	0
	9~10 $\mu\text{R/h}$	0	0	0	0
	>10 $\mu\text{R/h}$	1	0	0	0

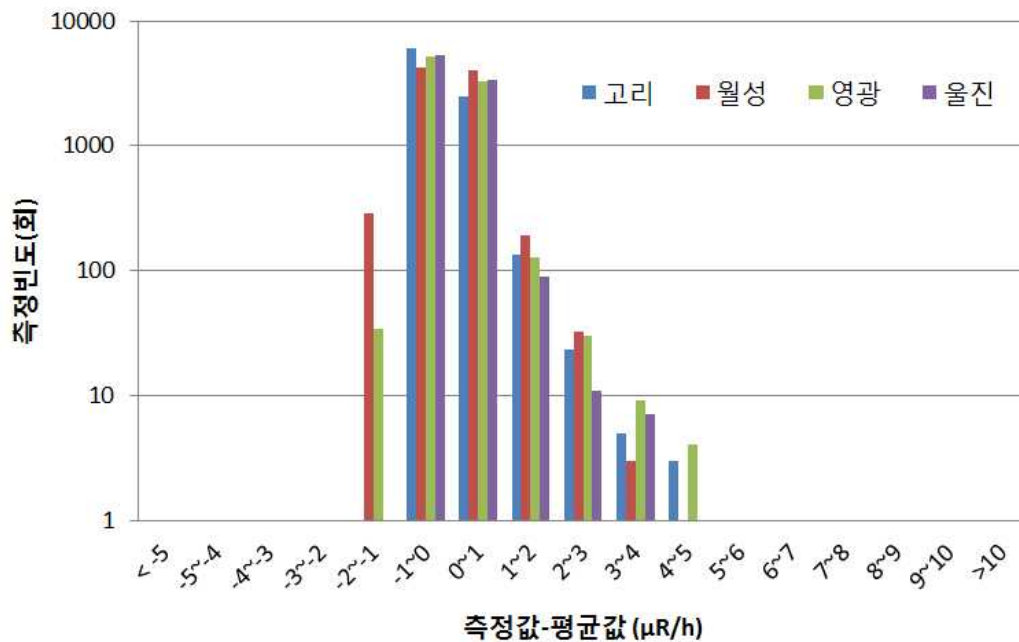


그림 10. 원전 부지별 공간선량률 증감의 빈도 분포도

그림 10은 원전부지별 1시간 평균 기준의 공간선량률 증감에 대한 빈도 분포로 측정값과 평균값의 차이가 -2~2 uR/h 내로 평가된 비율은 99.1% 이다.

그림 11~그림 14는 2012년 일년간 고리, 월성, 영광 및 울진원자력발전소 부지 주변에 설치한 모니터링포스트(가압이온전리함형 환경방사선감시기)에서 국가 환경방사선 자동감시망을 통하여 연속적으로 측정된 자료를 1시간 평균한 값의 변동을 나타낸 것이다.

원자력발전소 주변 감시소는 1992년에 최초로 설치되어 현재까지 운영하고 있으며 감시기 및 전광판 등이 노후화 되면 이를 교체하고 부지를 정비하고 있다. 특히 월성원전의 경우 양남소방서에 설치된 감시소를 양남면사무소 주변으로 이전 설치하였으며, 영광원전의 경우 홍농 복지회관 내에서 부지를 이동한 바 있다. 따라서 두 지점의 감시결과가 이전 전·후에 불연속성을 나타내고 있지만, 우리나라 4개 원전 부지 주변의 공간 감마선량률은 그림 11 ~ 그림 14와 같이 예년 평균값의 범위를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 부록에 한국원자력안전기술원의 국가 환경방사선 자동감시망을 통하여 실시간 측정된 공간 감마선량률의 일일평균값을 각 원자력발전소 부지별로 정리하여 수록하였다.

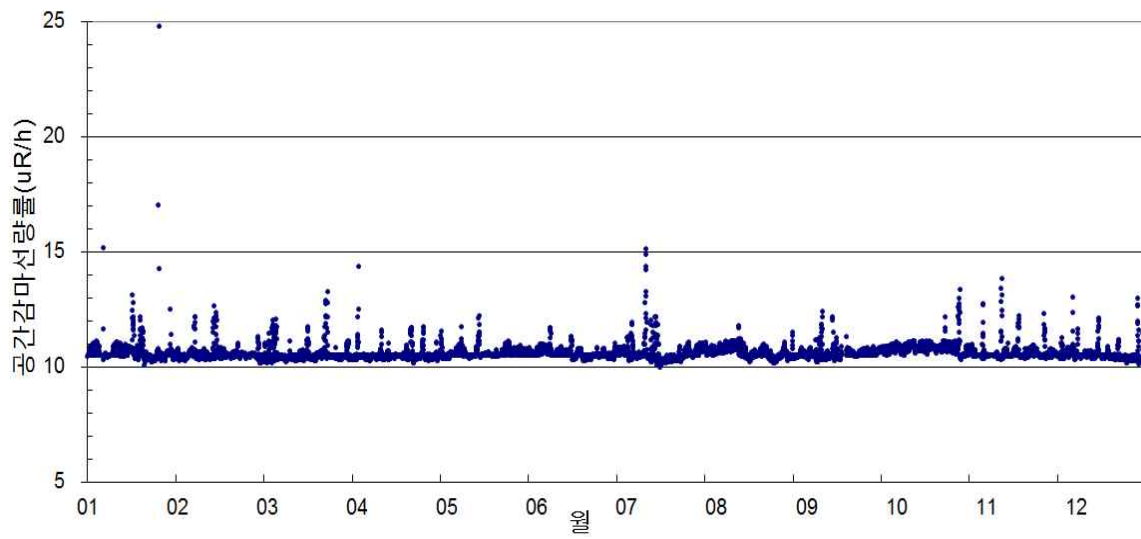


그림 11. 2012년도 고리원전주변(장안읍사무소) 공간감마선량률 시간평균

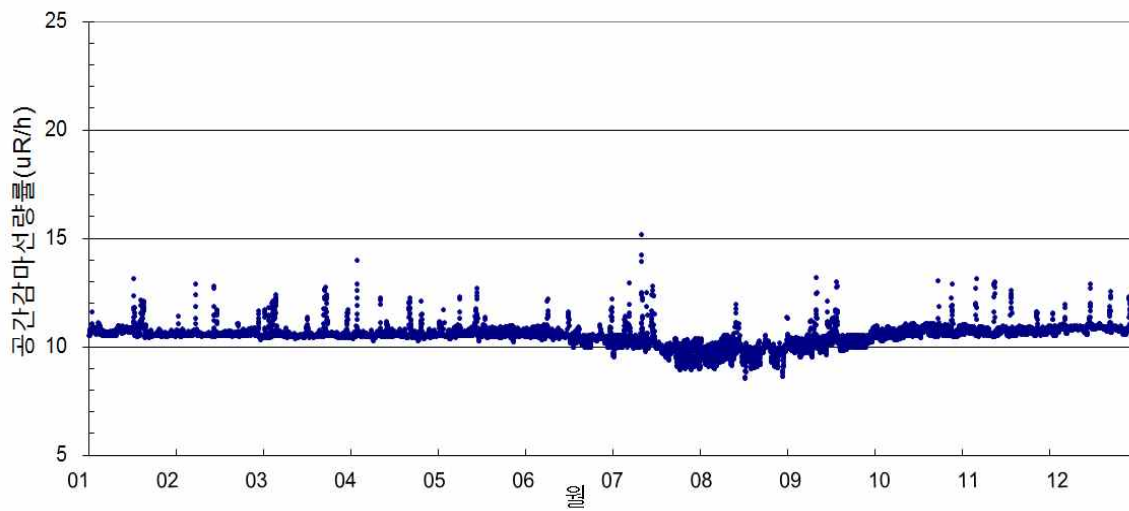


그림 12. 2012년도 월성원전주변(양남면사무소) 공간감마선량률의 시간평균

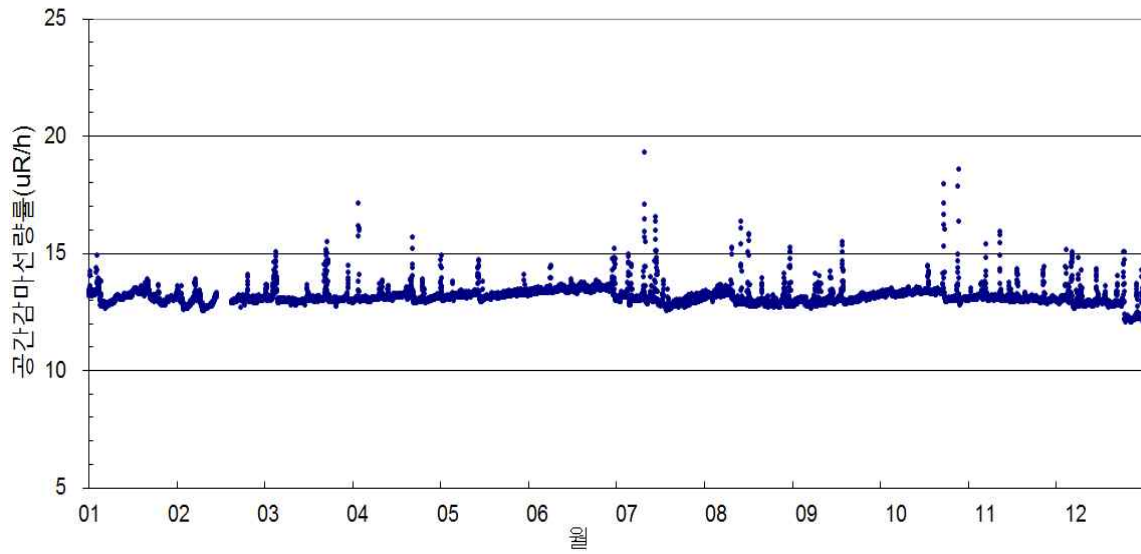


그림 13. 2012년도 영광원전주변(홍농복지회관) 공간감마선량률의 시간평균

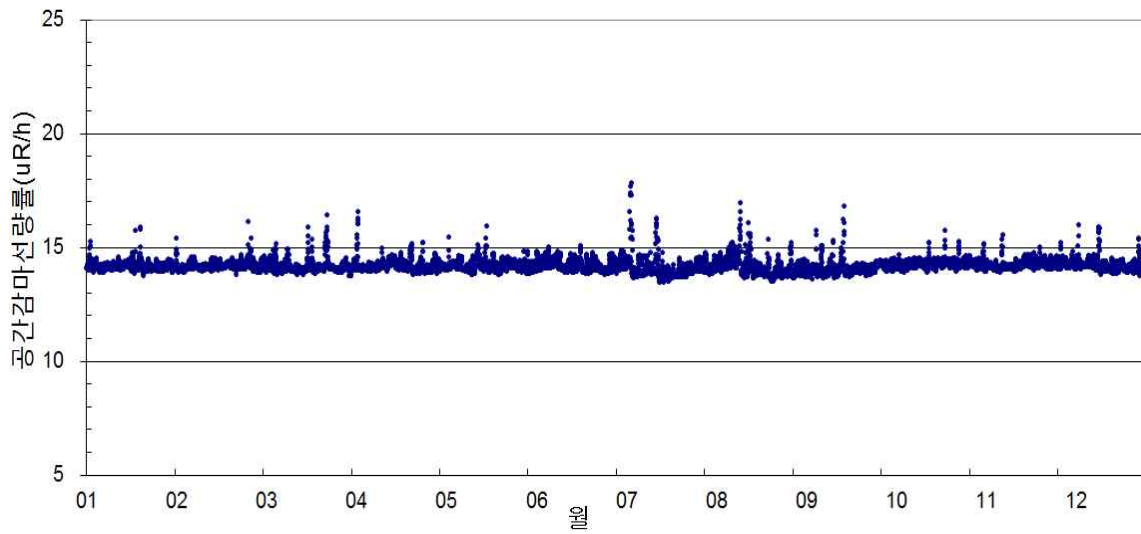


그림 14. 2012년도 울진원전주변(북면사무소) 공간감마선량률의 시간평균

2. 공간집적선량

고리, 월성, 영광, 울진원자력발전소 부지 주변과 대덕 원자력이용시설 주변 각각 11~12개 지점에 TLD함을 설치하고 매분기 설치 및 회수하여 2012년도 공간집적선량을 판독한 결과는 표 9와 같다. 또한 표 9에 원자력사업자의 판독결과도 같이 비교하였다.

2012년도 부지별 공간집적선량의 평균 범위는 0.191~0.261 mSv/분기이며 최근 5년간의 범위는 0.120~0.401 mSv/분기이다.

그림 15는 각 부지에 대해서 2012년도 평균 공간집적선량을 최근 5년간의 범위와 비교한 것이며, 또한 사업자의 판독결과도 같이 나타내었다. 참고로 사업자 조사결과의 부지주변 평균은 부지 내·외부를 포함한 40개 이상의 모니터링 포스트로부터 얻어진 자료를 모두 평균한 것이다.

각 원자력이용시설 주변에서 측정한 공간집적선량을 종합적으로 검토한 결과 원자력이용시설에 기인된 공간집적선량의 기여는 거의 없는 것으로 판단된다. 부록에 고리 원전주변 12개 지점, 월성 원전주변 11개 지점, 영광 원전주변 12개 지점, 울진 원전주변 12개 지점, 대덕 원자력이용시설 주변 12개 지점에 대해서 공간집적선량의 매분기 판독한 값을 각 원자력이용시설 부지별로 정리하여 수록하였다.

표 9. 원자력이용시설 주변 공간집적선량 평가결과

(단위 : mSv/분기)

구분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 범위	2012도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	범위		
고리	0.191±0.025 [#]	0.132~0.254	0.120~0.260	0.150 ⁺ [123μGy/분기](0.0775~0.271)
월성	0.199±0.023	0.164~0.257	0.151~0.262	0.172 ⁺ [142μGy/분기](0.132~0.227)
영광	0.239±0.025	0.187~0.292	0.176~0.310	0.234 ⁺ [202μGy/분기](0.197~0.355)
울진	0.250±0.026	0.202~0.316	0.161~0.354	0.235 ⁺ [194μGy/분기](0.175~0.331)
대덕	0.261±0.036	0.179~0.354	0.198~0.401	0.250 ⁺ [207μGy/분기](0.174~0.337)

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

2012년도 원자력시설주변 환경방사선 평가(한국원자력연구원) 자료

+) 1 Gy=1.21 Sv으로 환산, 600 keV 광자에너지 기준(ICRU Report 47, 부록 A참조)

#) 평균 표준편차

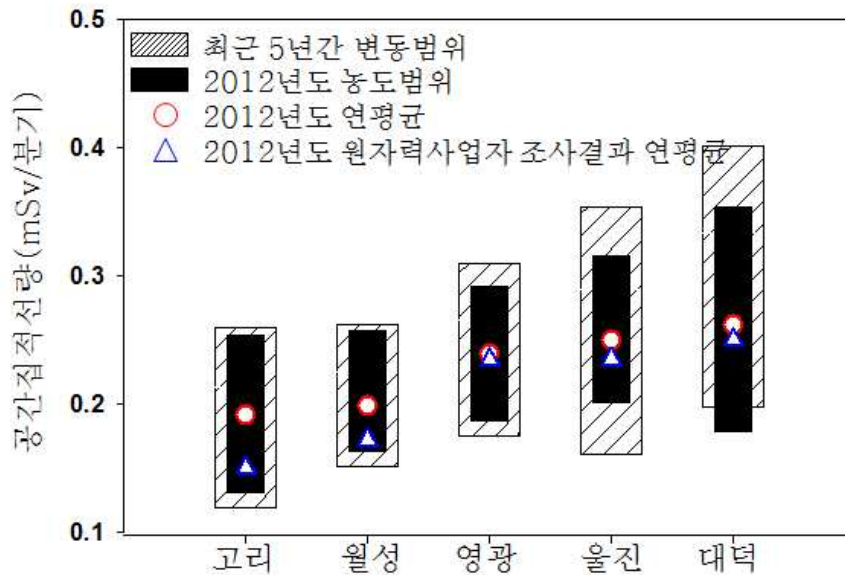


그림 15. 2012년도 원자력이용시설 주변 공간집적선량의 비교

제 2 절 환경방사능 분석

1. 대기 중 방사능농도

가. 삼중수소(^3H)

월성원자력발전소는 중수로인 원자로 고유특성에 의해 우리나라의 다른 원자력발전소(경수로)보다는 비교적 많은 양의 ^3H 및 ^{14}C 이 환경 중에 방출되고 있다. 따라서 한국원자력안전기술원에서는 월성원전 주변 환경 중 ^3H 및 ^{14}C 의 거동 및 농도준위에 특별한 관심을 가지고 ^3H 에 대해서는 1992년도부터 지속적으로 농도변화추이를 조사하고 있으며, ^{14}C 의 경우는 1997년도부터 월성원전주변 대기시료에 대한 감시를 실시하고 있다.

표 10. 월성원전 주변 대기 중 ^3H 의 방사능농도

(단위 : Bq/m³)

채취지점	방위 (거리)	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
		2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
		평균	농도범위		
상 봉	NNE (2.0 km)	0.963 ± 0.761 [#]	0.101~2.46	0.095~11.7	0.686 (0.009~1.93)
직원사택	SSW (2.0 km)	0.560 ± 0.282	0.204~1.04	0.095~3.29	0.398 (0.020~1.12)

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

#) 평균 표준편차

대기 수분 중 삼중수소 농도는 삼중수소의 기체 방출량과 풍향, 대기습도 및 강우량과 같은 환경적 요인에 따라 차이가 많다. 표 10은 월성원자력발전소 1호기 stack으로부터 월성원자력발전소 주변 북북동 방향으로 2

km 지점인 상봉 및 월성원자력발전소 주변 남남서 방향 2 km 지점인 직원사택에서 2012년도에 매월 대기시료를 채취하여 ^3H 의 방사능농도를 분석한 결과로서 연평균 및 연간 농도범위와 그리고 과거 5년간의 농도범위, 원자력사업자의 조사결과 등에 대해서 정리한 것이다.

그림 16은 이를 그래프로 나타낸 것으로 이 그림에서 보는 바와 같이 대기 중 삼중수소의 농도는 최근 5년간 농도범위와 비슷한 준위를 나타내었다.

한편 원자력사업자가 2012년도에 동일지점에서 매 2주마다 대기시료를 채취하여 삼중수소 방사능농도를 분석한 연 평균값과 비교할 때 거의 비슷한 준위를 보이고 있다.

그림 17은 월성원전 주변 대기 중 삼중수소 농도의 월별 변화를 나타낸 것이다.

stack으로부터 같은 직선거리인 2.0 km 지점에 있는 상봉과 직원사택을 비교할 때 북북동 쪽에 있는 상봉이 남남서쪽에 있는 직원사택에 비해 약간 높은 경향을 보여주고 있으며, 4월 ~ 8월의 농도증가는 예년과 비슷한 경향으로 남풍계열의 풍향이 상대적으로 우세하고 대기 중 습도의 증가현상에 기인한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 1년 중 풍향빈도가 남풍계열이 북풍계열보다 더 높은 것에 기인된 것으로 판단된다.

월성원전 주변 대기 중의 삼중수소 농도는 원전과 직접적인 상관관계가 있고, 타 지역보다 상대적으로 높은 준위를 보이고 있긴 하지만, 2012년도 농도 준위는 전반적으로 예년의 농도와 비슷한 값을 보이고 있으며, 최대 값인 2.46 Bq/m^3 [2.0 km 상봉지점의 분석결과]과 원자력안전위원회 고시 제 2012-29호(방사선.001. 방사선방호 등에 관한 기준)에서 정하는 배기 중 배출 관리기준 값인 $3,000 \text{ Bq/m}^3$ 과 비교할 때 약 0.08% 이하의 수준을 보임으로써 우려할 만한 수준은 아닌 것으로 평가된다. 부록에 매월 대기시료를 채취하여 분석한 삼중수소 방사능분석 자료를 정리하여 수록하였다.

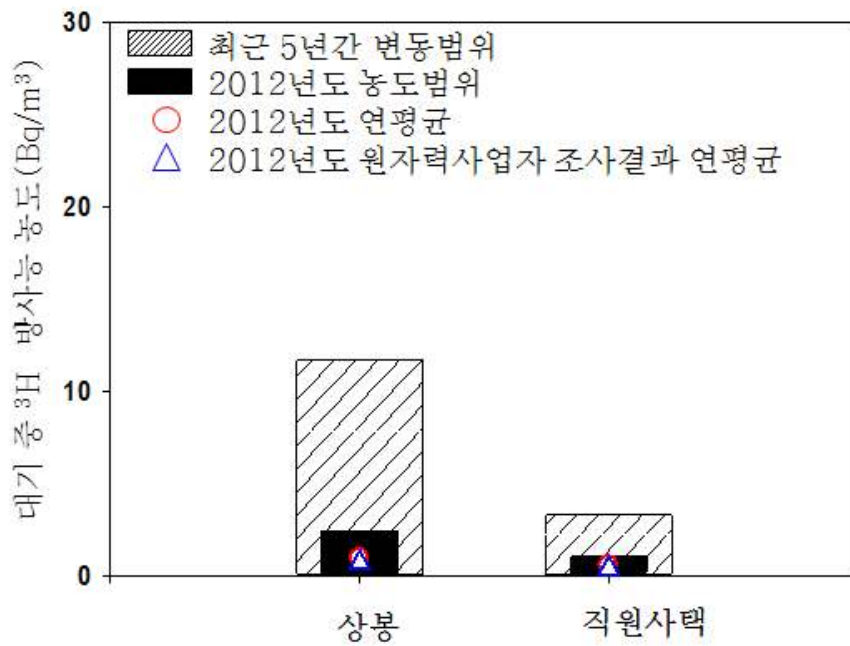


그림 16. 2012년도 월성원전 주변 대기 중 ^3H 방사능농도 비교

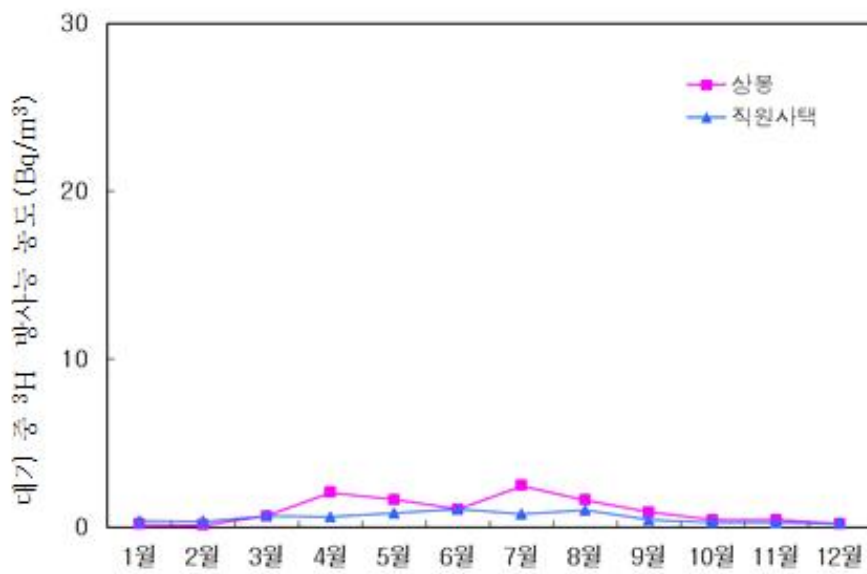


그림 17. 월성원전 주변 대기 중 ^3H 방사능농도의 월별 변화

나. 방사성 탄소(^{14}C)

표 11은 월성 원자력발전소 주변 북북동방향으로 2 km 지점인 상봉 및 남남서 방향 2 km 지점인 직원사택에서의 2011년도 대기 중 ^{14}C 의 연평균 농도 및 연간 농도범위와 최근 5년간의 농도범위, 원자력사업자의 조사결과 등을 정리한 것이다.

그림 18에서 보는 바와 같이 2012년도 대기 중 ^{14}C 의 연평균 방사능농도는 상봉에서 0.253 Bq/g-C, 직원사택에서 0.244 Bq/g-C의 준위로서 모두 최근 5년간의 농도범위내로서 예년과 비슷한 수준이었다.

그림 19는 월성원전 주변 대기 중 ^{14}C 방사능농도의 월별 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 4월 ~ 7월의 농도증가는 삼중수소와 비슷한 경향으로 남풍계열의 풍향이 상대적으로 우세하고 대기 중 습도의 증가 현상에 기인한 것으로 판단된다.

부록에 매월 대기시료를 채취하여 분석한 ^{14}C 방사능분석 자료를 정리하여 수록하였다.

표 11. 월성원전 주변 대기 중 ^{14}C 의 방사능농도

(단위 : Bq/g-C)

채취지점	방위 (거리)	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
		2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
		평균	농도범위		
상 봉	NNE (2.0km)	0.253 ± 0.018 [#]	0.233~0.288	0.203~0.374	0.295 (0.233~0.380)
직원사택	SSW (2.0km)	0.244 ± 0.014	0.222~0.274	0.209~0.389	0.268 (0.216~0.328)

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

#) 평균 표준편차

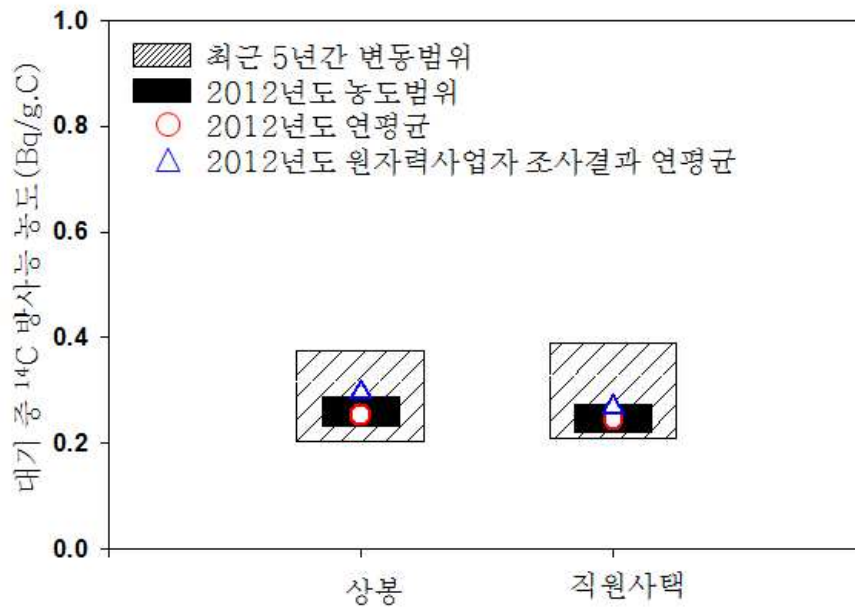


그림 18. 2012년도 월성원전 주변 대기 중 ^{14}C 방사능농도 비교

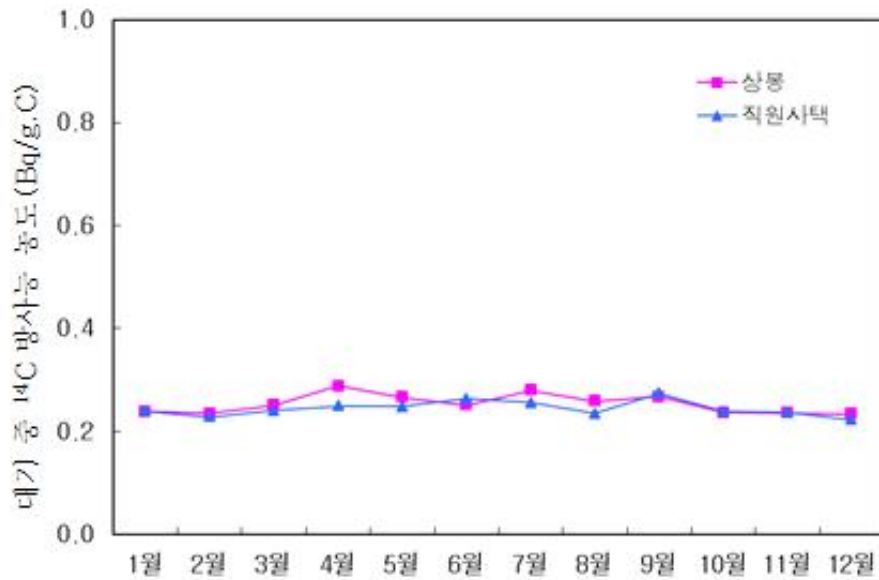


그림 19. 월성원전 주변 대기 중 ^{14}C 방사능농도의 월별 변화

2. 빗물, 지하수 및 지표수 중 방사능농도

가. 빗물 중 삼중수소(^3H)

고리, 월성, 영광, 울진원자력발전소의 각 기상관측소 및 대덕원자력시설 독신료에서 매월 빗물시료를 채취하고, 또한 월성원자력발전소의 경우는 중수로인 원자로 특성을 고려하여 1호기 stack으로부터 남남서 방향으로 3개 지점, 북북동 방향으로 2개 지점 등 총 5개 지점에서 매월 빗물시료를 채취하여 삼중수소를 분석하였다. 표 12는 고리, 영광, 울진 및 월성 원전 기상관측소와 대덕원자력시설 독신료에서의 2012년도 빗물 중 ^3H 연평균 및 농도범위와 최근 5년간의 농도범위를 정리한 것이다. 또한 원자력사업자가 2012년도에 동일지점에서 매월 빗물시료를 채취하여 삼중수소 방사능농도를 분석한 연평균과 상호 비교하였다.

표 12 및 그림 20에서 보는 바와 같이 2012년도 빗물 중 삼중수소농도는 고리, 영광, 울진원전 및 대덕원자력시설의 경우 최근 5년간의 농도범위와 비교할 때 거의 비슷한 수준이었다.

표 12. 원자력이용시설 주변 빗물 중 ^3H 방사능농도

(단위 : Bq/L)

채취지점	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
신고리원전 기상관측소 ^{\$}	5.37 ± 3.48 [#]	<1.40 ~ 14.9	1.40 ~ 60.3	5.42 (<1.92~12.5)
월성원전 기상관측소	239 ± 185	21.7 ~ 653	25.3 ~ 834	276 ^{***} (19.0~1,114)
영광원전 기상관측소	31.5 ± 22.2	3.85 ~ 71.1	3.33 ~ 105	33.7 (4.75~78.5)
울진원전 기상관측소	2.57 ± 2.05	<1.30 ~ 9.01	<0.682 ~ 11.7	3.63 (<0.910~17.2)
대덕 독신료	6.75 ± 10.2	<1.33 ~ 38.7	<0.699 ~ 21.0	7.03 (<1.56~43.2)

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

2012년도 원자력이용시설주변 환경방사선 평가 보고서(한국원자력연구원) 자료

#) 평균 표준편차 \$) 고리에서 신고리로 변경(2011년도)

***) 1발전소 지점(구 취수구(1) 지점)

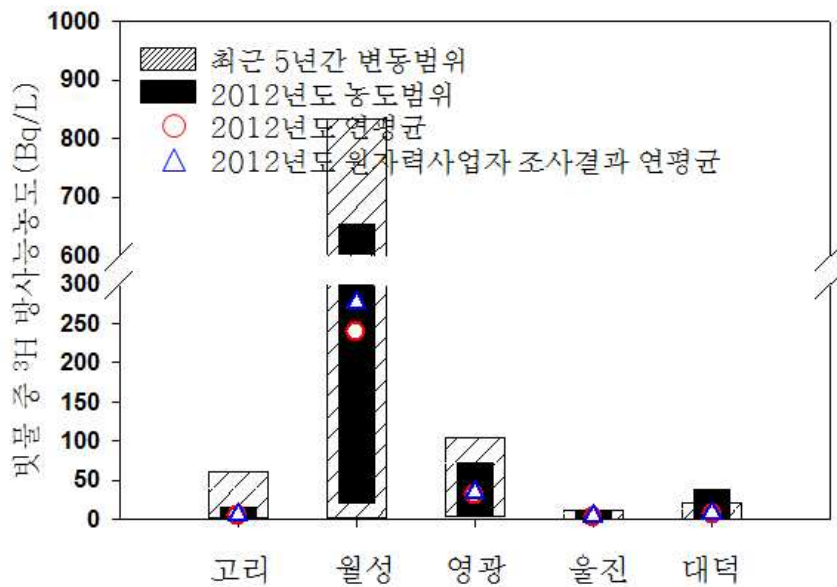


그림 20. 원자력이용시설 주변 빗물 중 ^3H 방사능농도 비교

월성원전의 경우 2012년도 빗물 중 삼중수소농도는 표 13 및 그림 21의 삼중수소농도 결과에서 보는 바와 같이 최근 5년간의 농도범위와 비교할 때 거의 비슷한 수준을 보여주고 있다. 한편 월성 원자력발전소 부지주변 5개 지점에서 매월 채취한 빗물시료 중 삼중수소 방사능농도를 분석한 결과 표 13과 같다.

그림 21은 stack으로부터의 거리에 따라 삼중수소의 연평균 농도를 나타낸 것으로 stack으로부터 채취지점이 멀어짐에 따라 지수 함수적으로 감소하는 것을 볼 수 있다.

그림 21에서 보는 바와 같이 2012년도 빗물 중 삼중수소농도는 최근 5년간의 농도범위와 비교할 때 거의 비슷한 수준을 보여주고 있다. 부록에 거리별 빗물 중 삼중수소 방사능농도를 월단위로 정리하여 수록하였다.

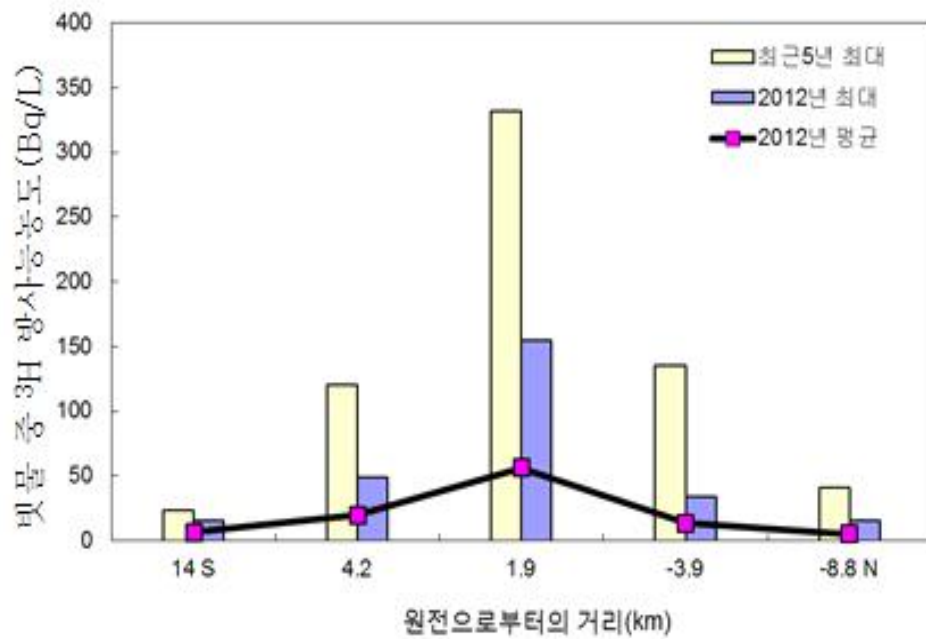


그림 21. stack으로부터의 거리에 따른 ^3H 연평균 방사능농도 비교

표 13. 월성원전 주변 빗물 중 ^3H 방사능농도

(단위 : Bq/L)

빗물시료 채취 지점		거리 (km)	2012년도		최근 5년간 농도범위
			평균	농도범위	
SSW 방향 (울산방향)	직원사택	1.9	56.0 ± 50.1	<1.24 ~ 155	<1.44 ~ 332
	양남소방서	4.2	19.8 ± 16.4	2.77 ~ 48.9	<1.57 ~ 120
	구남	14.0	6.37 ± 5.00	<1.24 ~ 15.9	<0.747 ~ 23.8
NNE 방향 (감포방향)	대본3리	3.9	13.3 ± 11.2	<1.66 ~ 33.9	<0.725 ~ 135
	쌍용주유소	8.8	5.05 ± 4.13	<1.23 ~ 15.1	<0.688 ~ 40.9

#) 평균 표준편차

나. 지하수 중 삼중수소(^3H)

4개 원전 및 대덕 원자력이용시설 주변의 각 2개 지점씩 지하수시료를 연 2회 채취하여 삼중수소 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 14 및 그림 22에서 보는 바와 같이 지하수 중 삼중수소 농도가 모든 원전에 비슷하게 나타나고 있으며, 월성원전의 대종천지점의 경우 기존채취지점 가옥의 폐쇄로 인해 인근지점에서 채취한 결과 다른 지점에 비해 높게 나타났다. 최고 농도인 11.3 Bq/L를 기준으로 원자력안전위원회 고시 제2012-29호(방사선.001. 방사선방호 등에 관한 기준)에서 정하는 배수 중 배출관리기준 값인 40,000 Bq/L와 비교할 때 0.028% 정도이며, 세계보건기구(WHO)음용수 권고기준 값인 10,000 Bq/L와 비교할 때 0.11% 정도이다.

표 14. 원자력이용시설 주변 지하수 중 ^3H 방사능농도

(단위 : Bq/L)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리	1.41 ± 0.33 [#]	0.942 ~ 1.71	0.581 ~ 3.14	<1.95 ⁺
월성**	5.78 ± 6.03	0.362 ~ 11.3	0.196 ~ 13.7	4.94(<1.15~14.6)
영광	0.883 ± 0.174	0.625 ~ 1.01	0.400 ~ 0.930	<1.71 ⁺
울진	0.670 ± 0.115	0.583 ~ 0.834	0.509 ~ 1.16	<0.966 ⁺
대덕	0.392 ± 0.210	0.193 ~ 0.677	0.321 ~ 0.955	<1.54 ⁺

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

2012년도 원자력이용시설주변 환경방사선 평가 보고서(한국원자력연구원) 자료

**) 기존 시료채취지점 폐쇄(월성원자력환경관리센터 주변 우회도로 도로건설)로 2012년부터 인근 채취지점으로 변경

+) 모두 MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값, #) 평균 표준편차

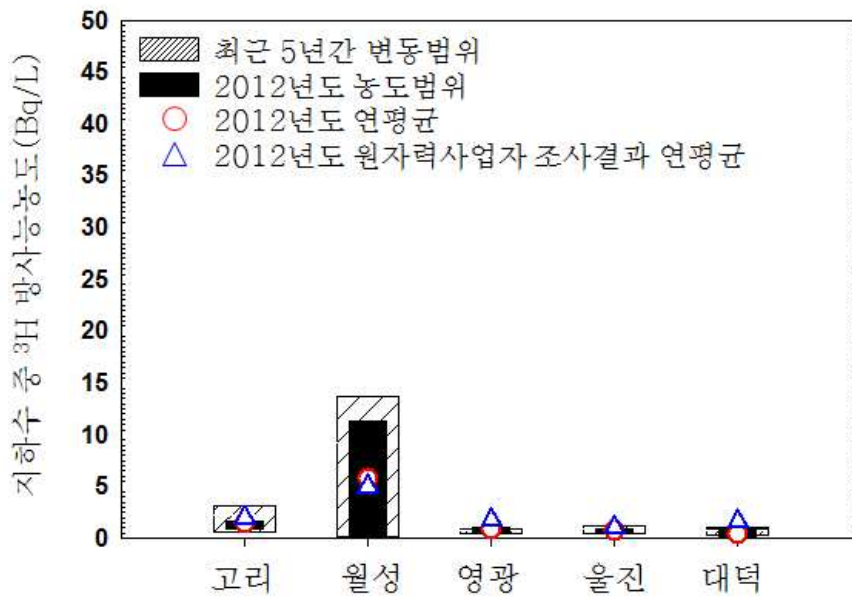


그림 22. 2012년도 원자력이용시설 주변 지하수 중 ^3H 방사능농도 비교

다. 지하수 중 감마동위원소

4개 원전 및 대덕 원자력이용시설 주변의 각 2개 지점씩 지하수시료를 연 2회 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 모든 부지주변의 지하수 중에서는 인공감마동위원소는 검출되지 않았다. 참고로 ^{137}Cs 의 경우 검출하한치는 0.885 mBq/kg 정도로 매우 낮은 수준까지 정량이 가능하다. 부록에 각 부지별로 ^{137}Cs 에 대해서 실제 측정한 방사능농도를 정리하여 수록하였다.

라. 지표수 중 감마동위원소

대덕 원자력이용시설 주변 1개 지점의 지표수시료를 연 4회 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 부지주변의 지표수 중에서는 ^{137}Cs 및 ^{131}I 은 검출되지 않았다. 부록에 ^{137}Cs 등 방사능 농도에 대해서 실제 측정한 검출하한치를 정리하여 수록하였다.

마. 빗물 중 감마동위원소

대덕 원자력이용시설 주변 1개 지점의 빗물시료를 매월 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 4월시료에서만 후쿠시마원전 사고의 영향으로 미량 검출되었다. 부록에 ^{137}Cs 등 방사능 농도에 대해서 실제 측정한 검출하한치를 정리하여 수록하였다.

3. 토양 중 방사능농도

가. 감마동위원소

4개 원전 및 대덕 원자력이용시설 주변의 각 5~7개 지점씩 토양시료를 연 2회 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 15 및 그림 23에서 보는 바와 같이 인공방사성 핵종인 ^{137}Cs 의 경우 고리원전에서 타 원전에 비해 약간 높게 나타났으나 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은 없었다.

표 15. 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{137}Cs 감마동위원소의 방사능농도
(단위 : Bq/kg-dry)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리	$3.36 \pm 3.07^{\#}$	<1.17 ~ 11.1	0.854 ~ 12.2	1.08 (<0.300~4.39)
월성	2.39 ± 1.87	<1.25 ~ 8.13	<0.638 ~ 25.8	2.39 (<0.350~4.18)
영광	2.24 ± 0.60	<3.28 ~ 1.30	<0.966 ~ 9.44	1.45 (0.388~4.28)
울진	3.04 ± 1.59	<1.52 ~ 7.81	0.822 ~ 6.11	0.799 (<0.293~1.72)
대덕	2.02 ± 0.50	<1.43 ~ 3.21	<0.578 ~ 4.73	0.987(<0.345~3.01)

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

2012도 원자력시설주변 환경방사선 평가 보고서(한국원자력연구원) 자료

#) 평균 표준편차

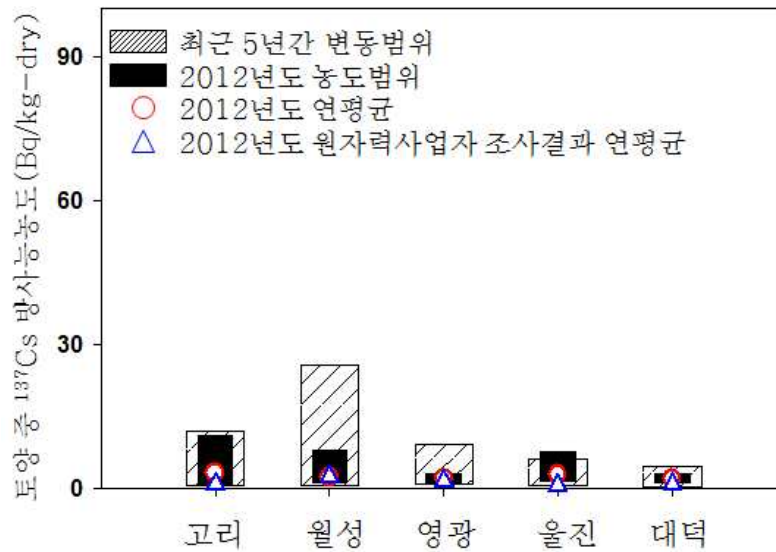


그림 23. 2012년도 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교

^{137}Cs 을 제외한 인공 감마동위원소는 발견되지 않았으며, ^{137}Cs 은 과거 대기권 핵실험의 잔존물로 전국적인 분포를 나타내기 때문에 원자력이용시설 주변의 토양에서 ^{137}Cs 이 검출된다고 해서 원자력이용시설에 기인된 것이라고 할 수 없다. 이와 같은 판단의 근거로는 우선 원자력발전소에서 생성되는 기타의 인공감마동위원소가 전혀 검출되지 않는 점과 원자력이용시설 주변에서 채취한 토양시료 중 ^{137}Cs 방사능 준위분포가 과거 대기권 핵실험에 의한 영향으로 존재하는 전국토양 중의 방사능 준위분포(4.5~117 Bq/kg-dry) 내에 있다는 점을 들 수 있다.

부록에 부지 및 채취지점별 ^{137}Cs 방사능농도와 천연 방사성핵종인 ^{40}K 의 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

나. 스트론튬(^{90}Sr)

4개 원전 및 대덕 원자력이용시설 주변의 각 2개 지점씩 토양시료를 전반기에 채취하여 ^{90}Sr 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 16 및 그림 24에서 보는 바와 같이 ^{90}Sr 의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은 없었다.

부록에 부지 및 채취지점별 ^{90}Sr 방사능농도를 정리하여 수록하였다.

표 16. 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{90}Sr 방사능농도

(단위 : Bq/kg-dry)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리	$1.00 \pm 0.40^{\#}$	0.720 ~ 1.29	<0.185 ~ 1.19	0.204(0.145~0.275)
월성	1.42 ± 1.09	0.653 ~ 2.19	0.338 ~ 4.36	1.27(0.702~1.96)
영광	0.563 ± 0.063	0.519 ~ 0.608	<0.199 ~ 1.59	0.536(0.217~0.963)
울진	0.439 ± 0.187	0.307 ~ 0.572	<0.162 ~ 0.970	0.493(0.230~0.885)
대덕	0.571 ± 0.008	0.566 ~ 0.577	<0.191 ~ 0.353	0.283(<0.173~0.506)

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

2012년도 원자력이용시설주변 환경방사선 평가 보고서(한국원자력연구원) 자료

#) 평균 표준편차



그림 24. 2012년도 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{90}Sr 방사능농도 비교

다. 플루토늄(^{238}Pu 및 $^{239+240}\text{Pu}$, Pu 원자비)

4개 원전 및 대덕 원자력이용시설 주변에 대하여 각 부지별 2개 지점을 선택하여 총 10개의 토양시료를 채취하여 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비를 분석하였다. 그 결과 표 17 및 그림 25에서 보는 바와 같이 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도는 예년과 비슷한 농도를 보였으며, ^{238}Pu 방사능농도는 부지별 평균값이 7.83 ~ 16.4 mBq/kg-dry 로서 예년과 비슷한 수준으로 나타났다.

한편, Pu 원자비는 과거 핵실험에 의한 낙진으로부터 유래된 원자비와 비슷한 값을 보였다. Pu 원자비의 전지점 평균은 0.174 ± 0.005 로서 이는 과거 전국토양 27개 지점에서 조사된 평균 Pu 원자비 (0.18 ± 0.02)와 비슷한 수준이며, 최근 5년간 조사 결과와 비슷한 결과로 나타났다.

표 17. 원자력이용시설 주변 토양 중 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비

구분	^{238}Pu (mBq/kg-dry)			$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg-dry)			$^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비		
	2012 년도		최근 5년간 농도 범위	2012 년도		최근 5년간 농도범위	2012 년도		최근 5년간 원자비 범위
	평균	농도 범위		평균	농도범위		평균	원자비 범위	
고리	7.83 $\pm 3.92^{\#}$	<5.06 ~ 10.6	4.81 ~ 38.9	0.216 $\pm 0.295^{\#}$	0.00731 ~ 0.425	0.00655 ~ 0.374	0.176 $\pm 0.005^{\#}$	0.172 ~ 0.179	0.175 ~ 0.230
월성	10.1 ± 8.9	<3.77 ~ 16.4	<4.02 ~ 33.0	0.159 ± 0.214	0.00712 ~ 0.310	<0.00183 ~ 0.655	0.176 ± 0.001	0.175 ~ 0.177	0.170 ~ 0.200
영광	-	<3.44 [*]	4.84 ~ 36.7	0.0166 ± 0.00891	0.0103 ~ 0.0229	0.00528 ~ 0.254	0.176 ± 0.007	0.171 ~ 0.181	0.160 ~ 0.19
울진	16.4 ± 15.2	<5.65 ~ 27.2	<5.11 ~ 12.1	0.0210 ± 0.0094	0.0143 ~ 0.0276	<0.00484 ~ 0.0604	0.165 ± 0.000	0.165 [†]	0.171 ~ 0.23
대덕	-	<3.61 [*]	4.56 ~ 25.2	0.0467 ± 0.0502	0.0112 ~ 0.0822	0.00898 ~ 0.0894	0.175 ± 0.001	0.174 ~ 0.176	0.170 ~ 0.19

#) 평균 표준편차, *) MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값

†) 울진 부지내 감시결과가 모두 동일함

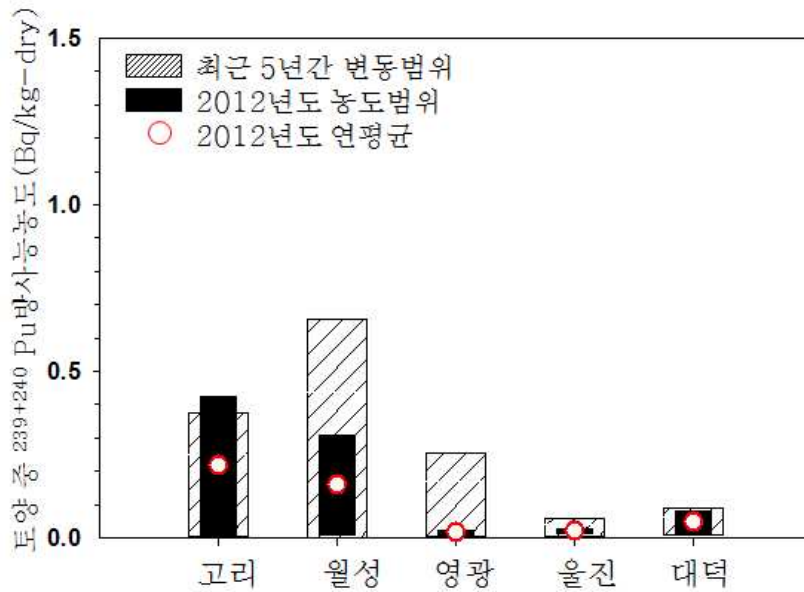


그림 25. 2012년도 원자력이용시설 주변 토양 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 비교

부지 및 채취지점별 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비는 부록에 자세히 정리하여 수록하였다.

라. 우라늄(^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U)

대덕 원자력이용시설 내에서 가동 중인 원자력연료 가공시설의 사업자의 조사결과와 비교·평가를 위해 2003년부터 추가된 핵종으로 대덕 원자력이용시설 주변의 전반기 채취된 기숙사앞, 충남대와 구즉초교(2006년 추가)의 토양시료에 대해 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도를 분석하였다. 분석결과는 표 18 및 그림 26에 나타내었다. 2012년도 농도범위는 일반적인 토양의 값과 유사하다. ^{235}U 과 ^{238}U 방사능비는 천연 농도비인 0.0466과 비슷한 값을 보이고 있다. 구즉초교의 경우 예년에 비해 2배 정도 높은 농도를 보였으나 ^{235}U 과 ^{238}U 방사능비는 0.0398로 천연농도비와 유사하였다.

부록에 채취지점별 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 18. 대덕부지 토양 중의 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도

(단위 : Bq/kg-dry)

구분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소 ~ 최대)
	평균	농도범위		
^{238}U	$52.2 \pm 22.8^{\#}$	35.8 ~ 78.2	22.2 ~ 47.9	45.9 (24.3 ~ 76.1)
^{235}U	2.00 ± 0.99	1.21 ~ 3.11	0.881 ~ 1.69	1.92 (0.910 ~ 3.15)
^{234}U	50.8 ± 23.0	34.5 ~ 77.1	20.1 ~ 49.0	47.3 (22.5 ~ 77.4)

*) 2012년도 원자력이용시설주변 환경방사선 평가보고서(한국원자력연구원, 한국원자력연료주식회사) 자료

#) 평균 표준편차

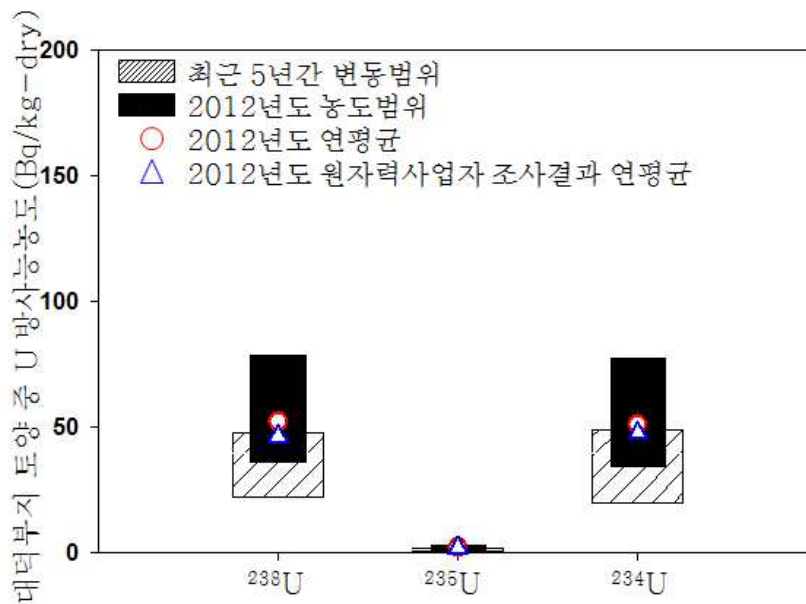


그림 26. 2012년도 대덕부지 주변 토양 중 U 동위원소 방사능농도 비교

4. 농·축·수산물 중 방사능농도

가. 곡류(쌀) 중 감마동위원소

4개 원전 및 대덕 원자력이용시설 주변의 각 2개 지점씩 추수기에 쌀을 구매하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 방사능분석 결과 표 19에서 보는 바와 같이 월성지점에서 미량 검출되었으며, 그 외 모든 부지주변에서 인공방사성 핵종은 검출되지 않았다. 부지주변에서 채취한 시료의 ^{137}Cs 농도는 최근 5년간의 농도범위 이내로 원자력이용시설에 기인한 것이라기보다 과거 대기권핵실험의 잔존물로서 우리나라 전역의 토양 중에 미량분포하고 있으며, 이것이 작물(벼)로 이행한 것이라 할 수 있다.

부록에 부지 및 채취지점별 ^{137}Cs 및 천연핵종인 ^{40}K , ^7Be 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 19. 원자력이용시설 주변 곡류(쌀) 중 ^{137}Cs 방사능농도

(단위 : mBq/kg-fresh)

구분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리	-	<14.6 ⁺	<5.36 ⁺	<29.6 ⁺
월성	34.1 ± 24.7	<16.6 ~ 51.6	<8.41 ~ 80.2	<51.9 ⁺
영광	-	<14.3 ⁺	<7.25 ⁺	<42.8 ⁺
울진	-	<15.8 ⁺	<6.38 ~ 25.8	<56.3 ⁺
대덕	-	<15.8 ⁺	<11.8	<56.3 ⁺

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

2012년도 원자력시설주변 환경방사선 평가 보고서(한국원자력연구원) 자료

+) MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값

나. 채소류(배추) 중 감마동위원소

4개 원전 및 대덕 원자력이용시설 주변의 각 2개 지점씩 추수기에 배추를 구매하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 20에서 보는 바와 같이 인공방사성 핵종은 검출되지 않았다.

부록에 부지 및 채취지점별 ^{137}Cs 및 천연핵종인 ^{40}K , ^7Be 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 20. 원자력이용시설 주변 채소류(배추) 중 ^{137}Cs 방사능농도
(단위 : mBq/kg-fresh)

구분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리	—	<23.3 ⁺	<16.6 ⁺	<40.9 ⁺
월성	—	<21.2 ⁺	<8.41 ⁺	30.3(<18.1~47.8)
영광	—	<35.6 ⁺	<15.8 ⁺	<79.8 ⁺
울진	—	<34.7 ⁺	<8.97 ⁺	<30.6 ⁺
대덕	—	<28.2 ⁺	<19.8 ⁺	<23.5 ⁺

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력 (주)) 자료

2012년도 원자력시설주변 환경방사선 평가 보고서(한국원자력연구원) 자료

+) MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값

다. 우유 중 감마동위원소

4개 원전 주변에 대해서는 각 1개 목장에서 매분기 채취하였으며 대덕 원자력이용시설 주변에 대해서는 1개 지점에서 매월 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 다만, 울진 원전 주변에 대해서는 목장 폐쇄로 인하여 우유 시료를 채취하지 못하였다. 그 결과 표 21 및 그림 27에서 보는 바와 같이 인공방사성 핵종인 ^{137}Cs 의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은 없었다. ^{137}Cs 을 제외한 인공 감마동위원소는 발견되지 않았으며, ^{137}Cs 은 과거 대기권 핵실험의 잔존물로 현

재 전국적인 분포를 나타내고 있는 핵종이다.

부록에 부지 및 채취시기별 ^{137}Cs 방사능농도와 천연 방사성핵종인 ^{40}K 의 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 21. 원자력이용시설 주변 우유 중 ^{137}Cs 방사능농도

(단위 : mBq/kg-fresh)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리	30.4 ± 11.1	<21.1 ~ 31.3	<14.0 ~ 23.4	<10.3 ⁺
월성	-	<15.9 ⁺	<10.4 ~ 23.5	<21.0 ⁺
영광	-	<23.2 ⁺	<2.65 ~ 22.8	<41.3 ⁺
울진	-	-\$	-\$	-\$
대덕	22.5 ± 4.7	<11.6 ~ 23.9	11.9 ~ 38.9	-*

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

2012년도 원자력시설주변 환경방사선 평가 보고서(한국원자력연구원)

+) MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값

\$) 목장폐쇄로 미분석, *) 목장축의 채취거부로 미분석 #) 평균 표준편차

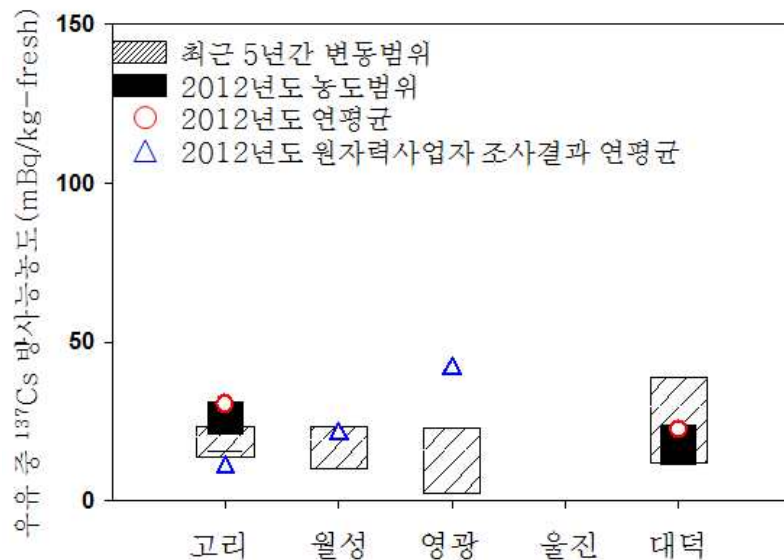


그림 27. 2012년도 원자력이용시설 주변 우유 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교

라. 우유 중 스트론튬(^{90}Sr)

4개 원전 주변과 대덕의 각 1개 목장에서 매 반기 우유시료를 채취하여 ^{90}Sr 의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 22와 그림 28에서 보는 바와 같이 ^{90}Sr 의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은 없었다.

표 22. 원자력이용시설 주변 우유 중 ^{90}Sr 방사능 농도

(단위 : mBq/kg-fresh)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리	$4.82 \pm 1.92^{\#}$	<3.47 ~ 6.18	<3.49 ~ 12.6	<11.6**
월성	3.61 ± 0.68	<3.12 ~ 4.09	4.15 ~ 12.3	8.81(<5.71~12.4)
영광	4.88 ± 2.86	2.86 ~ 6.90	<3.19 ~ 16.4	9.01(4.97~11.8)
울진	-\$	-\$	-\$	-\$
대덕	5.48 ± 0.58	4.91 ~ 6.06	3.51 ~ 13.1	-

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

-) 시설의 조사자료가 없음, #) 평균 표준편차

**) 모두 MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값

\$) 목장폐쇄로 시료채취 불가

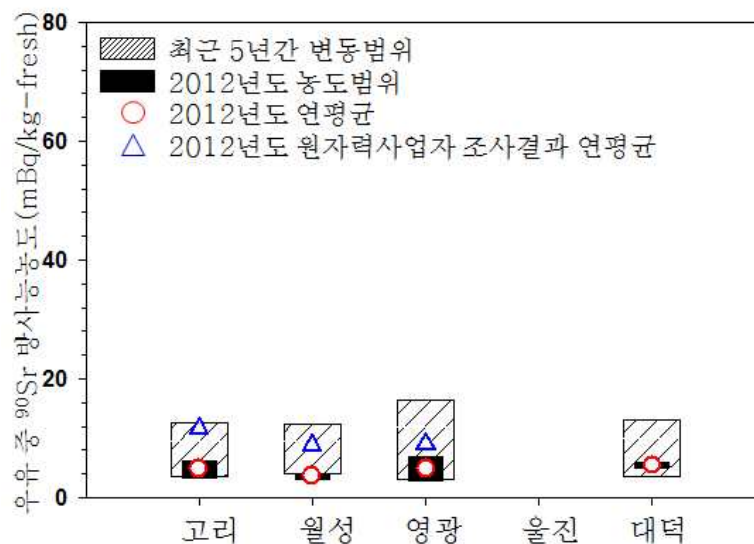


그림 28. 2012년도 원자력이용시설 주변 우유 중 ^{90}Sr 방사능농도 비교

^{137}Cs 과 마찬가지로 ^{90}Sr 역시 과거 대기권 핵실험의 잔존물로 현재 전국적인 분포를 나타내고 있는 핵종이다.

부록에 부지별 ^{90}Sr 방사능농도를 정리하여 수록하였다.

마. 우유 중 삼중수소(^3H) 및 방사성탄소(^{14}C)

월성원자력발전소 주변 목장 1개 지점에서 매월 우유시료를 채취하여 TBT(조직결합수 중 삼중수소)와 TFWT(조직자유수 중 삼중수소)의 방사능농도를 분석하였다. TBT는 $<1.33\sim 13.4$ Bq/L의 농도범위의 값으로 평균 3.81 Bq/L 정도였으며, TFWT는 $<1.35\sim 6.09$ Bq/L의 농도범위 값으로 평균 2.31 Bq/L 정도였다. 그림 29에서 보는 바와 같이 예년의 농도와 비슷한 수준이다.

표23. 월성원전 주변 우유중 ^3H 및 ^{14}C 방사능농도

구분		한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
		2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
		평균	농도범위		
^3H (Bq/L)	TBT	$3.81 \pm 3.02^\#$	$<1.33\sim 13.4$	$<0.664\sim 18.5$	0.175($<0.101\sim 0.289$)
	TFWT	2.31 ± 1.21	$<1.35\sim 6.09$	$<1.35\sim 10.7$	1.76($<1.06\sim 2.88$)
^{14}C (Bq/g-C)		0.230 ± 0.010	$0.218\sim 0.247$	$0.211\sim 0.268$	0.252($0.228\sim 0.283$)

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

♯) 평균 표준편차

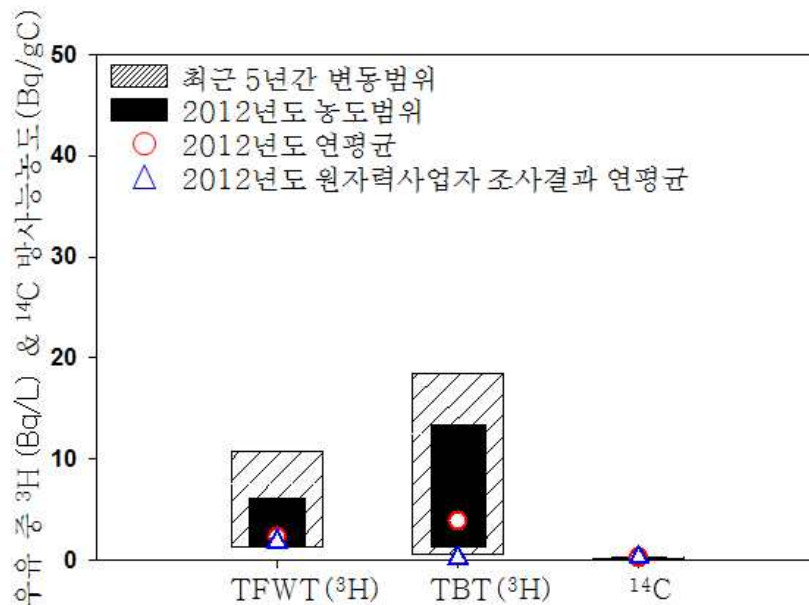


그림 29. 2012년도 월성원전 주변 우유 중 ^3H 및 ^{14}C 방사능농도

방사성탄소의 경우는 0.218~0.247 Bq/g-C 농도범위의 값으로 평균 0.230 Bq/g-C 정도였으며 예년의 경우와 비슷한 농도수준을 나타내고 있다.

바. 어류 및 해조류 중 감마동위원소

4개 원전주변의 인근해역에서 어류 및 해조류를 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 어류의 경우 표 24 및 그림 30에서 보는 바와 같이 ^{137}Cs 의 방사능농도는 18.4 ~ 7,080 mBq/kg-fresh 정도였으며 최근 5년간의 농도범위 38.6~151 mBq/kg-fresh 범위를 초과하였다. 일부시료에서 ^{137}Cs 및 ^{134}Cs 인공 감마동위원소가 높게 발견되었으며, 어종에 따라 ^{137}Cs 방사능농도가 다소 차이를 보이고 있는 특징을 나타내고 있다.

표 24. 원자력이용시설 주변 어류 중 ^{137}Cs 방사능농도

(단위 : mBq/kg-fresh)

구분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	20121년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리 ^{\$}	328 ± 803 [#]	<58.3~2,870	38.6 ~ 117	78.3 (<32.5~119)
월성 ^{&}	960 ± 2470	<60.9~7,080	<39.6 ~ 97.2	74.3 (36.2~100)
영광	35.0 ± 16.5	18.4~53.7	<38.7 ~ 109	63.0 (<42.3~106)
울진	66.8 ± 26.3	39.4~85.9	<46.7 ~ 151	120 (<68.3~141)

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

\$) 신고리 포함, &) 신월성 포함 #) 평균 표준편차

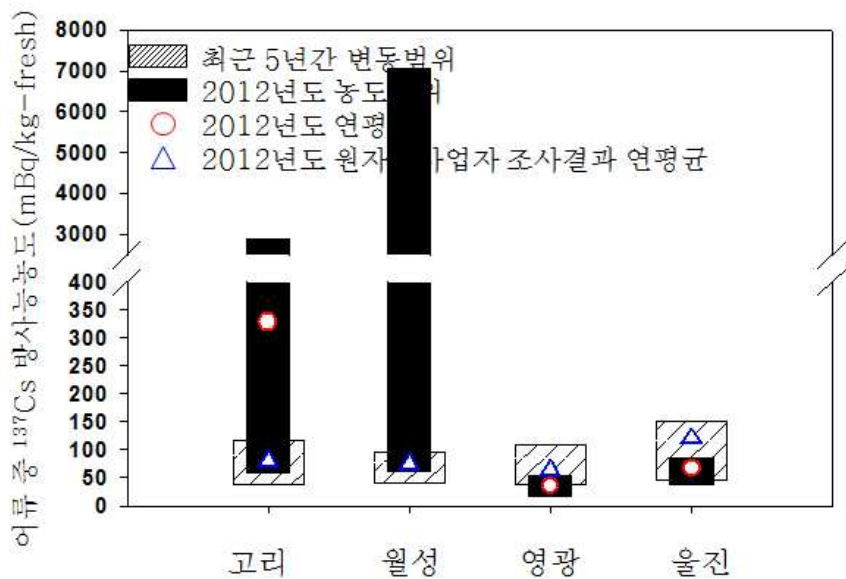


그림 30. 2012년도 원자력이용시설 주변 어류 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교

일부 어류(송어)시료에서 검출된 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 방사능농도 비는 0.64~0.7이다. $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 의 방사능농도 비는 후쿠시마 원전 사고 당시로(2011년 3월) 붕괴 보정하면, 사고 원전 Cs 방출비($^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}=1$)와 거의 일치한다. 당시 해당 원전에서 ^{134}Cs 은 액체폐기물로 방출되지 않았으며, 후쿠시마 원전에 의해 오염

된 해류의 직접 국내 유입으로 추정하기에는 시기상조로 판단된다. 또한 낙진과 강수에 의해 해양으로 유입된 방사성 세슘은 해수의 상하 섞임에 의해 모두 희석되어 실제 해수중 ^{134}Cs 은 현 분석법으로 불검출되고 있다. 그러나 다만, 후쿠시마 사고시 낙진 및 강수에 의해 육상으로 강하된 방사성 세슘이 지표수를 통하여 바다로 유입되는 과정에서 부유물에 흡착되어 바다에서 퇴적될 수 있으며, 승어의 생태적 특성상 연안에서 담수역까지 서식을 하며 바닥의 퇴적물속의 유기물을 섭이하는 특성을 고려하면, 승어에서 ^{134}Cs 이 검출될 개연성이 클 것으로 판단된다. 월성원전에서 채집한 승어를 1년 동안 매일 일정량의 섭취에 의한 ^{134}Cs 및 ^{137}Cs 의 연간 피폭선량은 각각 $9.0 \times 10^{-6} \text{ mSv/y}$ 및 $8.7 \times 10^{-6} \text{ mSv/y}$ 로 일반인 선량한도 (1 mSv/y)의 약 0.0009% 수준이다.

표 25. 원자력이용시설 주변 어류 중 방사능농도 및 피폭선량

채취지점	시료	핵종	방사능농도 (mBq/kg)	피폭선량 (mSv/y)	1 mSv 선량한도 대비 비율
월성	승어	^{134}Cs	$4,990 \pm 50$	9.0×10^{-6}	0.00090%
		^{137}Cs	$7,080 \pm 60$	8.7×10^{-6}	0.00087%
고리	승어	^{134}Cs	$1,790 \pm 50$	3.2×10^{-6}	0.0003%
		^{137}Cs	$2,870 \pm 40$	3.5×10^{-6}	0.0004%

* 승어의 1인 1일 공급량 0.26 g (2009식품수급표, 한국농촌경제연구원)을 근거로 선량계산

* 선량환산인자(^{134}Cs : 1.9×10^{-8} , ^{137}Cs : $1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$) : ICRP 119

해조류의 경우 표 26 및 그림 31에서 보는 바와 같이 ^{137}Cs 의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은 없었다. 해조류 중 ^{137}Cs 은 원자력발전소의 영향이라기보다는 과거 핵실험의 잔존물이 해저 퇴적물 및 해수에 남아 있는 것에 기인하는 것으로 판단된다.

표 26. 원자력이용시설 주변 해조류 중 ^{137}Cs 방사능농도

(단위 : mBq/kg-fresh)

구분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리 ^{\$}	-	<32.8 ⁺	<15.8 ~ 172	72.9 (<22.3 ~ 78.1)
월성 ^{\$}	-	<38.5 ⁺	<19.2 ~ 93	<23.9 ⁺
영광	-	<29.7 ⁺	<28.7 ~ 148	<38.3 ⁺
울진	-	<26.0 ⁺	<30.8 ~ 62.2	<25.2 ⁺

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

+) MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값

\$) 신고리 신월성 포함

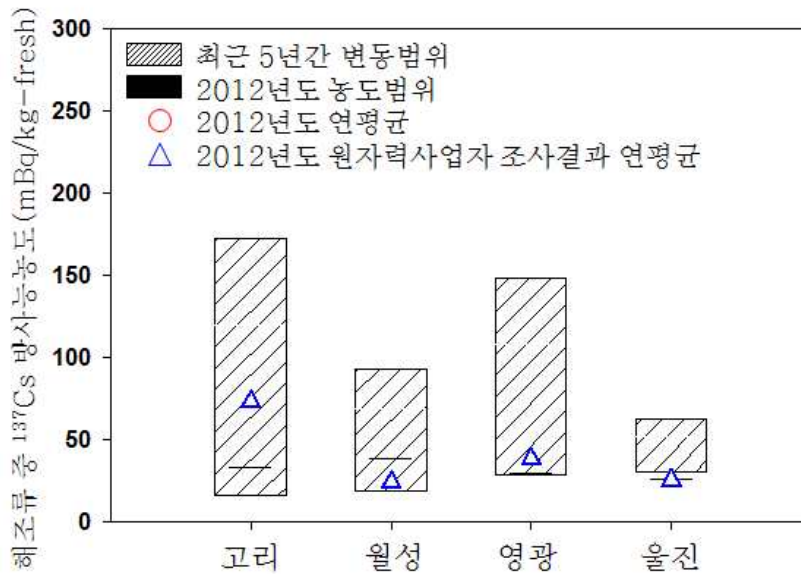


그림 31. 2012년도 원자력이용시설 주변 해조류 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교

부록에 부지별로 ^{137}Cs 방사능농도 등을 정리하여 수록하였다.

5. 해양 환경시료 중 방사능농도

가. 해저퇴적물 중 감마동위원소

4개 원전주변의 취수구 및 배수구와 대덕 원자력이용시설 주변의 하천에서 해저퇴적물 및 하천토양을 연 2회 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 27 및 그림 32에서 보는 바와 같이 인공방사성 핵종인 ^{137}Cs 의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은 없었다.

부록에 부지 및 채취지점별 ^{137}Cs 등의 인공핵종의 방사능농도와 천연 방사성 핵종인 ^{40}K 의 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 27. 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{137}Cs 의 방사능농도
(단위 : Bq/kg-dry)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리 ^{\$}	1.65 ± 0.84 [#]	<0.839 ~ 2.63	<0.783 ~ 2.88	1.00 (<0.328~2.47)
월성 ^{\$}	-	<0.712 ⁺⁺	<0.718 ~ 4.23	0.493 (0.230~0.887)
영광	1.93 ± 0.68	1.57~1.63	0.751 ~ 1.77	0.956 (0.602~2.28)
울진	-	<1.31 ⁺⁺	<0.646 ~ 1.65	0.440(0.230~0.628)
대덕 ⁺	-	<1.32 ⁺⁺	<0.860 ~ 1.01	0.581 (<0.263~1.54)

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

2012년도 원자력시설주변 환경방사선 평가 보고서(한국원자력연구원) 자료

+) 하천토양 ++) MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값

\$) 신고리 신월성 포함, #) 평균 표준편차



그림 32. 2012년도 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교

나. 해저퇴적물 및 하천토양 중 스트론튬(^{90}Sr)

4개 원전주변의 취수구 및 배수구에서 해저퇴적물과 대덕 원자력이용시설 주변의 하천에서 하천토양을 전반기에 채취하여 ^{90}Sr 방사능농도를 분석하였다.

그 결과 표 28 및 그림 33에서 보는 바와 같이 ^{90}Sr 의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은 없었다.

한편 원자력사업자가 조사한 자료와 비교 검토할 때 한국원자력안전기술원에서 조사한 자료와 거의 비슷한 값을 보이고 있다.

부록에 부지 및 채취지점별 ^{90}Sr 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 28. 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{90}Sr 방사능농도
(단위 : Bq/kg-dry)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리 ^{&}	$0.161 \pm 0.064^{\#}$	$<0.101 \sim 0.278$	$<0.092 \sim 0.994$	0.178($<0.114 \sim 0.253$)
월성	-	$<0.090^{**}$	$<0.074 \sim 0.117$	0.230($<0.140 \sim 0.469$)
영광	-	$<0.109^{**}$	$<0.092 \sim 0.143$	0.128($<0.0950 \sim 0.177$)
울진	-	$<0.104^{**}$	<0.101	0.230(0.164~0.350)
대덕 ⁺	0.145 ± 0.025	$<0.127 \sim 0.163$	$<0.158 \sim 0.606$	-\$

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

+) 하천토양 **) 모두 MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값

\$) 시설의 조사자료가 없음, &) 신고리 포함, #) 평균 표준편차

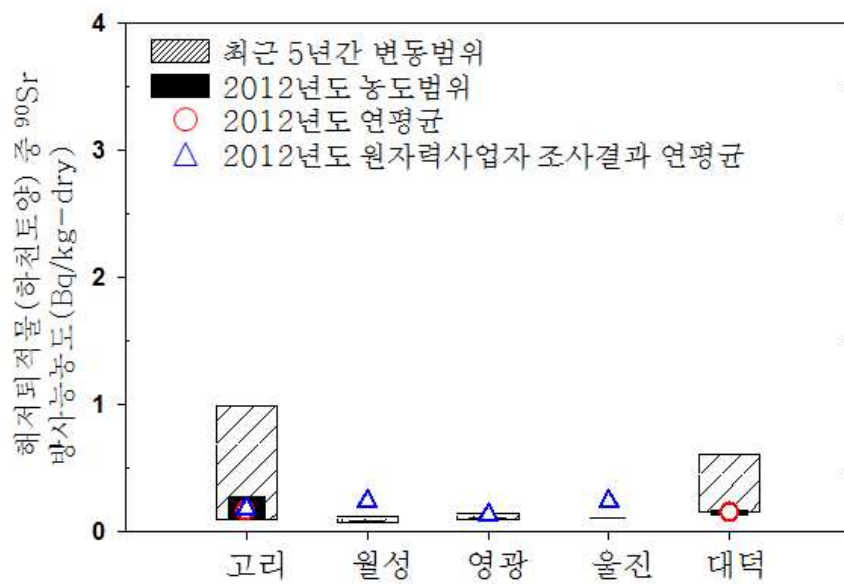


그림 33. 2012년도 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{90}Sr 방사능농도 비교

다. 해저퇴적물 및 하천토양 중 플루토늄(^{238}Pu 및 $^{239+240}\text{Pu}$, Pu 원자비)

5개 원전주변의 취수구 및 배수구와 대덕 원자력이용시설 주변의 하천에서 해저퇴적물 및 하천토양을 상반기에 채취하여 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비를 분석하였다. 그 결과, ^{238}Pu 은 부지별 평균값이 3.52 ~ 6.94 mBq/kg-dry 수준으로 나타났으며, $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도는 표 29 및 그림 34에서 보는 바와 같이 예년의 농도와 비슷한 수준이었다. 원전주변 해저퇴적물에 대한 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비는 평균 0.234 ± 0.011 로서 최근 5년간 조사결과와 비슷한 결과로 나타났으며, 토양에서의 평균 원자비 0.174 ± 0.005 보다 높은 값으로 나타났다. 이는 해저퇴적물에 존재하는 Pu의 기원이 낙진에 의해서 유래된 육상시료 중의 Pu과 다른 기원에 의한 것으로써 2012년도 한반도 주변 해수 중의 평균 Pu 원자비도 해저퇴적물과 비슷한 0.224 ± 0.008 를 나타내었다. 이와 같은 한반도 주변 해양환경에서 Pu의 기원으로는 1950년대 말 마샬제도에서의 미국 핵실험에 의해서 유래된 close-in fallout (근거리 낙진) 형태로 높은 원자비의 Pu 유입에 기인한 것으로 추정된다. 이 때 생성된 Pu은 태평양의 북적도 해류를 타고 서쪽으로 이동한 후 쿠로시오 해류와 합류한 다음 일본 해역을 따라 북상하면서 우리나라 주변 해역까지 유입됨으로써 현재는 한반도 주변뿐만 아니라 북태평양 지역의 해양시료에서도 높은 Pu 원자비를 나타내고 있다.

부록에 부지 및 채취지점별 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 29. 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비

구분	^{238}Pu (mBq/kg-dry)			$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg-dry)			$^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비		
	2012년도		최근 5년간 농도 범위	2012년도		최근 5년간 농도 범위	2012년도		최근 5년간 원자비 범위*
	평균	농도 범위		평균	농도 범위		평균	원자비 범위	
고리 ^{&}	6.94 ±3.88 [#]	<3.53 ~13.2	4.24 ~54.7	0.396 ±0.147 [#]	0.248 ~0.579	0.0791 ~0.546	0.237 ±0.005 [#]	0.233 ~0.246	0.21 ~0.28
월성 ^{&}	3.52 ±0.55	<3.16 ~4.49	3.21 ~60.9	0.121 ±0.078	0.0478 ~0.244	0.0328 ~0.411	0.237 ±0.006	0.231 ~0.244	0.229 ~0.27
영광	-	<4.24	<8.53 ~33.9	0.107 ±0.016	0.0956 ~0.118	0.0724 ~0.254	0.205 ±0.004	0.202 ~0.208	0.20 ~0.262
울진	4.33 ±1.14	<3.52 ~5.13	<4.24 ~23.6	0.143 ±0.085	0.0826 ~0.203	0.0688 ~0.395	0.240 ±0.002	0.238 ~0.241	0.22 ~0.29
대덕 ^{\$}	-	<4.06	<2.80 ~23.6	0.00723 ±0.00194	0.00586 ~0.00860	<0.00280 ~0.0273	0.169 [*]	-	0.16 ~0.21

*) Pu 원자비 분석은 2005년부터 분석 시작

\$) 하천토양, &) 신고리 및 신월성 포함, #) 평균 표준편차

‡ 대덕부지 조사대상 두지점 중 계측된 1지점 결과

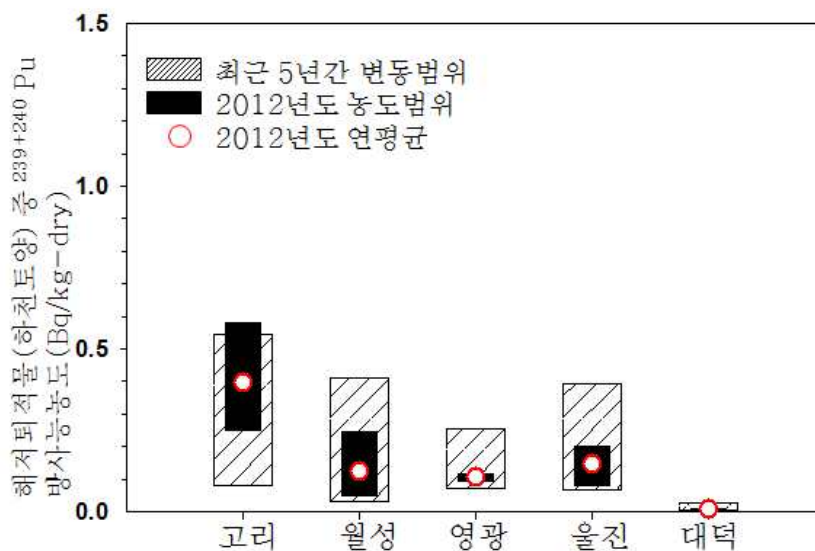


그림 34. 2012년도 원자력이용시설 주변 해저퇴적물 및 하천토양 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 비교

라. 하천토양 중 우라늄(^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U)

대덕 원자력이용시설 내에서 가동 중인 원자력연료 가공시설의 사업자의 조사결과와 비교·평가를 위해 2003년부터 추가된 핵종으로 대덕 원자력 이용시설 주변에서 전반기 채취된 하천토양의 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도를 분석하였다. 분석결과는 표 30 및 그림 35에 나타내었다. 2012년도 농도범위 및 사업자 조사결과와 유사한 값을 보이고 있으며 일반적인 토양 및 주변 원암의 값과 유사하다. ^{235}U 과 ^{238}U 방사능비는 천연 농도비인 0.0466과 비슷한 값을 보이고 있다.

부록에 채취지점별 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 30. 대덕부지 하천토양의 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도
(단위 : Bq/kg-dry)

구분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소 ~ 최대)
	평균	농도범위		
^{238}U	$36.3 \pm 9.1^{\#}$	29.8 ~ 42.7	17.8 ~ 84.4	28.1 (22.8 ~ 36.1)
^{235}U	1.72 ± 0.21	1.57 ~ 1.87	<0.901 ~ 3.39	1.25 (0.872 ~ 1.67)
^{234}U	36.8 ± 9.5	30.1 ~ 43.5	18.2 ~ 85.9	29.1 (28.3 ~ 39.5)

*) 2012년도 원자력이용시설주변 환경방사선 평가보고서(한국원자력연구원) 자료

#) 평균 표준편차

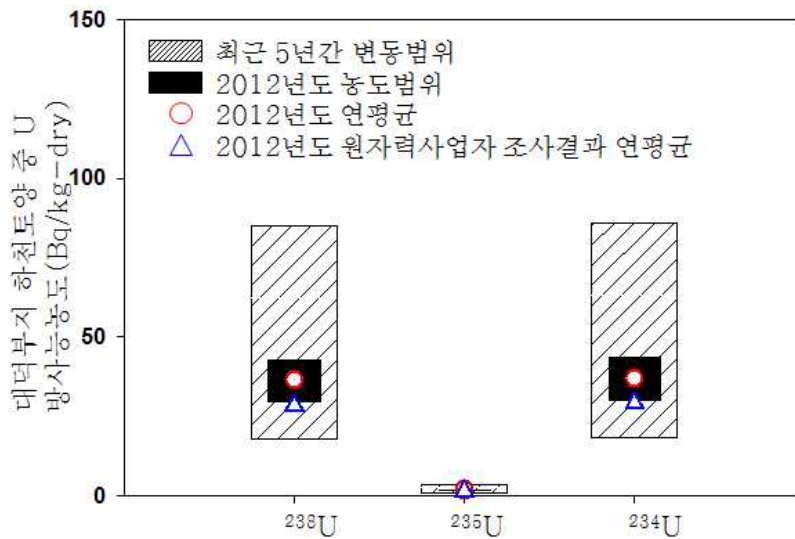


그림 35. 2012년도 대덕부지 주변 하천토양 중 U 동위원소 방사능농도 비교

마. 해수 중 감마동위원소

4개 원전주변의 취수구 및 배수구 3~6개 지점에서 해수를 매분기 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 31 및 그림 36에서 보는 바와 같이 인공방사성 핵종인 ^{137}Cs 의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준이었다.

표 31. 원자력이용시설 주변 해수 중 ^{137}Cs 감마동위원소의 방사능농도
(단위 : mBq/kg)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리&	$1.66 \pm 0.35^{\#}$	$<1.02 \sim 2.15$	$<0.973 \sim 2.64$	1.75 ($<0.316 \sim 3.36$)
월성&	1.59 ± 0.30	$1.18 \sim 2.11$	$<0.982 \sim 2.67$	1.56 ($1.05 \sim 1.98$)
영광	1.81 ± 0.38	$1.31 \sim 2.29$	$<0.664 \sim 3.19$	1.91 ($<0.716 \sim 4.36$)
울진	1.64 ± 0.34	$1.27 \sim 2.14$	$<0.792 \sim 2.50$	1.54 ($0.953 \sim 2.04$)

*) 2012년도 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

&) 신고리 신월성 포함, #) 평균 표준편차



그림 36. 2012년도 원자력이용시설 주변 해수 중 ^{137}Cs 방사능농도 비교

부록에 부지 및 채취지점별 해수 중 ^{137}Cs 방사능농도에 대해서 그 분석자료를 수록하였다.

바. 해수 중 삼중수소(^3H)

발전소 운영으로 인하여 방사성물질의 방출에 의한 환경중의 방사능 준위를 파악하기 위하여 4개 원전주변의 취수구 및 배수구에서 해수를 매분기 채취하여 삼중수소 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 32 및 그림 37에서 보는 바와 같이 고리, 영광 및 울진의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은 없었다. 해수시료에 대한 삼중수소 농도(최고 77.6 Bq/L)는 원자력안전위원회 제 2012-29호 “방사선 방호 등에 관한 기준”의 배수 중 배출관리 기준인 40,000 Bq/L 대비 0.19% 이하의 수준을 보임으로써 우려할 만한 수준은 아닌 것으로 평가된다. 부록에 각 원자력이용시설에 대해서 채취지점 및 채취시기별로 해수 중 삼중수소 방사능농도를 정리하여 수록하였다.

표 32. 원자력이용시설 주변 해수 중 ^3H 의 방사능농도
(단위 : Bq/L)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리 ^{&}	$0.508 \pm 0.518^{\#}$	$<0.107 \sim 1.92$	$<0.0605 \sim 518$	2.35($<1.82 \sim 15.5$)
월성	8.65 ± 18.6	$0.187 \sim 77.6$	$0.329 \sim 534$	4.42($<1.13 \sim 32.5$)
영광	6.56 ± 4.02	$1.76 \sim 14.2$	$0.394 \sim 12.2$	6.16($<1.74 \sim 26.4$)
울진	0.331 ± 0.132	$0.163 \sim 0.545$	$<0.113 \sim 91.5$	1.28($<0.904 \sim 23.8$)

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

&) 신고리 포함, #) 평균 표준편차

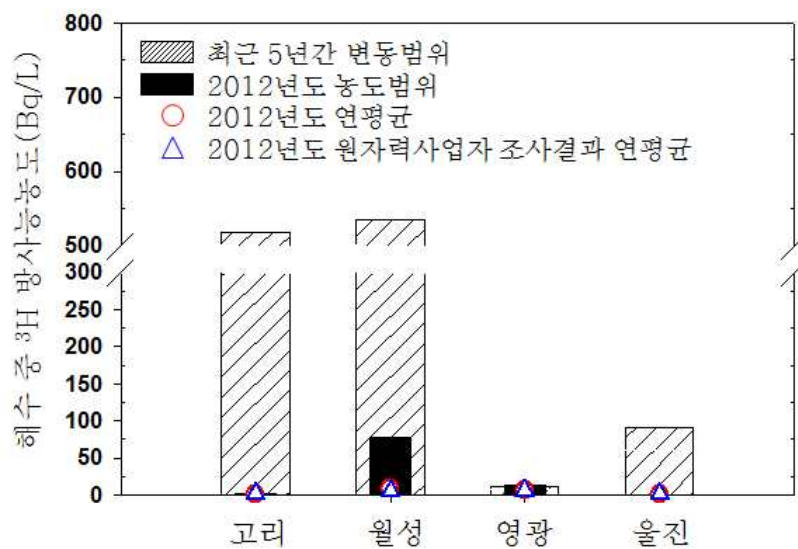


그림 37. 2012도 원자력이용시설 주변 해수 중 ^3H 방사능농도 비교

사. 해수 중 스트론튬(^{90}Sr)

4개 원전주변의 취·배수구 2~4개 지점에서 해수를 반기에 채취하여 ^{90}Sr 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 표 33 및 그림 38에서 보는 바와 같이 ^{90}Sr 의 경우 예년의 농도와 비슷한 수준으로 특이하게 증가된 것은

없었다. 부록에 부지 및 채취지점별 ^{90}Sr 방사능농도에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 33. 원자력이용시설 주변 해수 중 ^{90}Sr 방사능농도
(단위 : mBq/kg)

구 분	한국원자력안전기술원 조사결과			원자력사업자 조사결과*
	2012 년도		최근 5년간 농도범위	2012년도 부지주변 평균 (최소~최대)
	평균	농도범위		
고리 ^{&}	0.558 ± 0.290	$<0.364 \sim 1.33$	$<0.331 \sim 1.57$	1.31(1.04~1.74)
월성 [#]	-	$<0.414^{**}$	$<0.331 \sim 2.34$	1.21(0.708~1.81)
영광	0.628 ± 0.401	$<0.389 \sim 1.34$	$<0.346 \sim 2.08$	1.44(0.922~1.90)
울진	-	$<0.444^{**}$	$<0.346^{**}$	1.23(0.808~1.69)

*) 2012년도 원자력발전소 주변 환경방사선조사보고서(한국수력원자력(주)) 자료

**) 모두 MDA 미만으로 MDA 중에서 최소값, &) 신고리 포함, #)신월성 포함

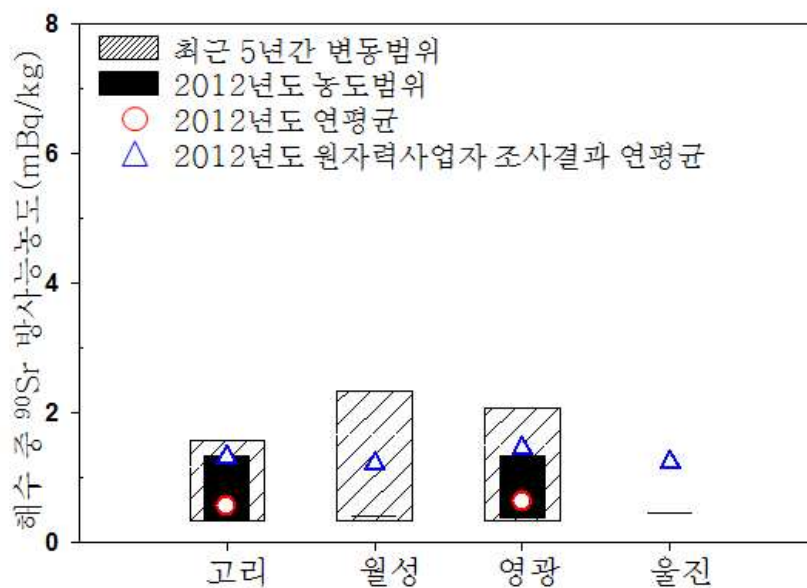


그림 38. 2012년도 원자력이용시설 주변 해수 중 ^{90}Sr 방사능농도 비교

아. 해수 중 플루토늄($^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비)

6개 원전주변의 취수구 1~2개 지점과 배수구 2~4개 지점에서 상·하 반기에 각각 해수를 채취하여 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비를 분석하였다. 그 결과 표 34 및 그림 39에서 보는 바와 같이 6개 원전 주변 해수에서의 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도는 부지별 평균값이 3.50 ~ 10.0 $\mu\text{Bq/kg}$ 농도 범위를 보임으로써 최근 5년간 변동범위 내에서 예년과 비슷한 농도 준위를 나타내었다. 또한 2005년부터 실시되었던 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비 분석결과는 부지별 평균값이 0.208 ~ 0.227 로서 최근 5년간 변동범위에서 예년과 비슷한 수준으로 나타났다. 부록에 부지 및 채취지점별 해수 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비에 대해서 정리하여 수록하였다.

표 34. 원자력이용시설 주변 해수 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비

구분	$^{239+240}\text{Pu}$ ($\mu\text{Bq/kg}$)			$^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비		
	2012 년도		최근 5년간 농도범위	2012 년도		최근 5년간 원자비 범위*
	평균	농도범위		평균	원자비범위	
고리 ^{&}	4.92±1.08 [#]	3.65~6.89	2.07~12.3	0.227±0.005 [#]	0.217~0.236	0.20~0.297
월성 ^{&}	4.18±0.56	2.92~4.79	3.05~8.19	0.225±0.006	0.210~0.230	0.21~0.29
영광	10.0±5.7	4.34~17.3	3.05~43.5	0.208±0.005	0.202~0.217	0.20~0.278
울진	3.50±0.17	3.32~3.80	3.16~6.85	0.225±0.004	0.219~0.228	0.224~0.286

*) Pu 원자비 분석은 2005년부터 분석 시작, &) 신고리 및 신월성 포함, #) 평균 표준편차

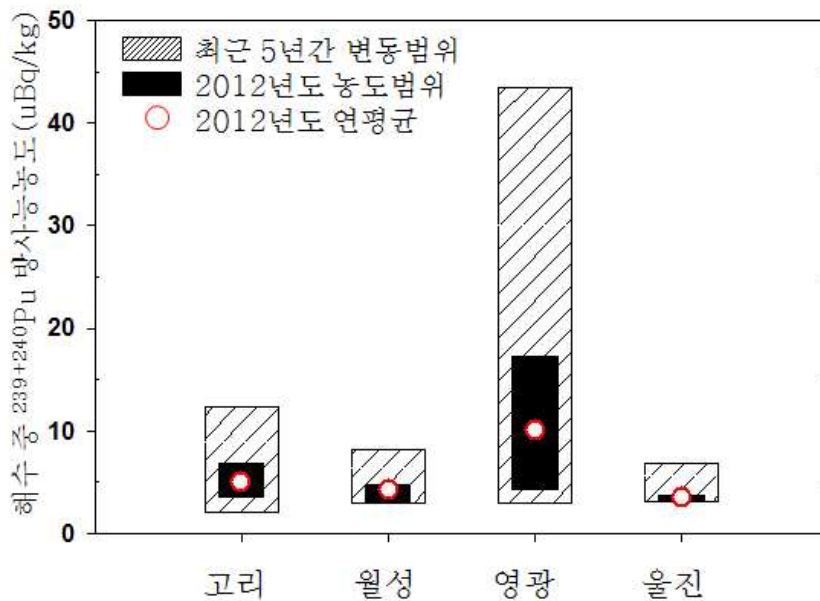


그림 39. 2012년도 원자력이용시설 주변 해수 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 비교

6. 지표식물 중 방사능농도

가. 솔잎 중 삼중수소(^3H)

월성원자력발전소는 중수로인 원자로의 특성을 감안하여 대기 중 방사능농도와 더불어 주변 식생의 대표적인 식물인 솔잎에 대해서도 ^3H 및 ^{14}C 의 방사능농도를 분석하였다. 대기 중으로 방출된 삼중수소는 주변에 있는 각종 환경시료에 쉽게 이동된다는 것은 익히 잘 알려진 사실이다.

표 35는 월성원자력발전소 주변 북북동방향으로 2 km 지점인 상봉 및 남남서 방향 2km 지점인 직원사택에서 솔잎시료를 매월 채취하여 ^3H 의 방사능농도를 분석한 자료로서 2012년도 ^3H 의 연평균농도 및 최근 5년간의 농도범위를 정리한 것이다.

솔잎시료는 방사성물질의 방출에 의한 환경중의 축적경향을 파악하기 위한 시료로 매월 분석하고 있으며, 삼중수소 방출량 및 기상영향에 의해 농도의 변화가 심하게 나타나는 현상을 보인다. 식물체 내의 삼중수소 농축은 거의 일어나지 않는 것으로 알려져 있으며 다른 식물체에 비해 솔잎 중 삼중수소가 높은

것은 솔잎 내 삼중수소의 체류시간(23일)이 다른 것에 비해 길기 때문으로 판단된다.

표 35. 월성원전주변 솔잎 중 ^3H 방사능농도 (단위 : Bq/L)

채취지점	방위 (거리)	TFWT		TBT	
		2012년도 평균 (최소~최대)	최근 5년간 평균 (최소~최대)	2012년도 평균 (최소~최대)	최근 5년간 평균 (최소~최대)
상 봉	NNE (2.0km)	35.6 ± 22.2 [#] (4.63~87.8)	87.8 (10.7~536)	56.4 ± 15.3 [#] (28.9~77.9)	95.8 (44.3~242)
직원사택	SSW (2.0km)	100 ± 67.0 (32.8~250)	103 (17.5~363)	71.5 ± 23.6 (43.5~108)	93.3 (42.0~167)

#) 평균 표준편차



그림 40. 월성원전 주변 솔잎 중 ^3H (TFWT) 방사능농도 비교

월성원자력발전소로부터 남북방향으로 각각 2km 정도 떨어진 두지점의 농도는 비슷한 경향을 나타내고 있으며, 이는 예년과 같은 결과로서 그림 40에서 보는 바와 같이 모두 최근 5년간의 농도범위의 값을 나타내었다. 한편 그림 41은 월성원전 주변 솔잎 중 삼중수소 농도의 월별 변화를 나타낸

것이다.

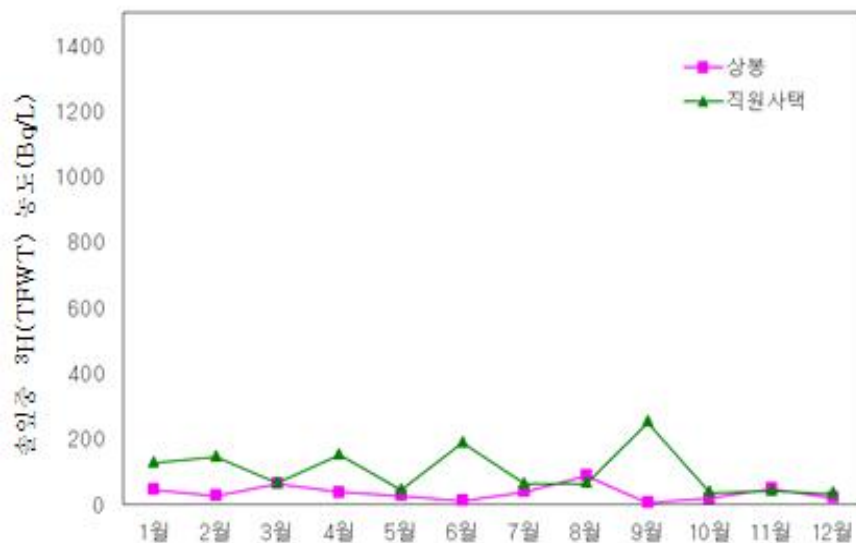


그림 41. 월성원전 주변 솔잎 중 ^3H (TFWT)의 월별 변화

나. 솔잎 중 방사성탄소(^{14}C)

대기 중으로 방출된 이산화탄소는 주변에 있는 각종 환경시료에 쉽게 이동된다는 것은 익히 잘 알려진 사실이다. 표 36는 월성원자력발전소 주변 북북동방향으로 2 km 지점인 상봉 및 남남서 방향 2 km 지점인 직원사택에서 솔잎시료를 매월 채취하여 ^{14}C 의 방사능농도를 분석한 자료를 요약한 것이다.

표 35 및 그림 42에서 보는 바와 같이 이들 2 지점의 ^{14}C 의 방사능 농도 평균값은 최근 5년간의 연평균 변동범위와 유사한 값을 보이고 있다.

그림 43는 월성원전 주변 솔잎 중 ^{14}C 방사능농도의 월별 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 월별 큰 차이는 보이지 않고 있다.

부록에 매월 솔잎시료를 채취하여 분석한 ^{14}C 방사능분석 자료를 정리하여 수록하였다.

표 36. 월성원전 주변 솔잎 중 ^{14}C 의 방사능농도

(단위 : Bq/g-C)

채취지점	방위 (거리)	2012년도		최근 5년간 평균 (최소~최대)
		평균	농도범위	
상봉	NNE (2.0 km)	$0.263 \pm 0.016^{\#}$	0.231 ~ 0.281	0.252 (0.215 ~ 0.285)
직원사택	SSW (2.0 km)	0.237 ± 0.010	0.215 ~ 0.251	0.242 (0.215 ~ 0.280)

#) 평균 표준편차



그림 42. 월성원전 주변 솔잎 중 ^{14}C 방사능농도 비교

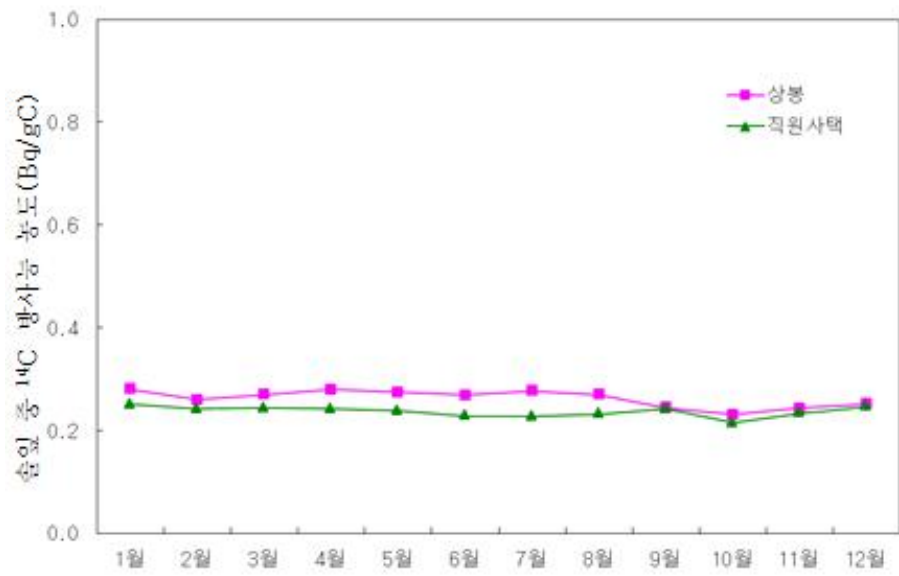


그림 43. 월성원전 주변 솔잎 중 ^{14}C 방사능농도의 월별 변화

제 3 절 중·저준위 방사성폐기물처분시설 운영전 환경조사

1980년대 초부터 정부는 방사성폐기물의 안전한 관리를 위하여 처분부지 확보를 위한 지속적인 대책을 강구하여 왔다. 1998년 9월 30일에 개최된 제 249차 원자력위원회에서 2008년까지 중·저준위 방사성폐기물 처분장, 2016년까지 중양집중식 사용후핵연료 중간저장시설의 건설·운영을 목표로 하는 “국가 방사성폐기물 관리대책”을 결정하였으나 부지선정에 많은 어려움이 있었다. 이에 따라 2004년 12월 17일에 개최된 제 253차 원자력위원회에서 2008년까지 중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 건설·운영을 우선 시행하고 사용후핵연료는 국가정책방향, 국내외 기술개발 추이 등을 감안하여 중간저장시설 건설 등을 포함한 관리방침을 추후 검토하여 결정하기로 하였다.

정부는 2005년 6월 처분시설 후보부지 선정 유치 공고를 하였으며, 예비안전성평가 및 주민투표 등의 절차에 의하여 2005년 11월 경주시가 최종후보부지로 선정되었다. 2006년 6월 처분방식선정위원회는 1단계 처분방식을 동굴처분으로 결정하였다. 한국수력원자력(주)는 2007년 1월 교육과학기술부에 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 건설·운영 허가 신청서를 제출하였다. 한국원자력안전기술원은 이들 관련 신청서에 대한 안전심사를 수행하였고, 교육과학기술부는 2008년 7월 31일 건설·운영허가를 승인하여 현재 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 동굴을 건설 중에 있다.

2009년 1월에는 중·저준위 방사성폐기물처분시설(월성원자력환경관리센터) 운영을 담당할 방사성폐기물관리공단이 발족하여 운영전 처분시설에 대하여 현재 건설을 전담하고 있는 한국수력원자력(주)와 함께 중·저준위 방사성폐기물처분시설(월성원자력환경관리센터)에 관한 사업을 추진 중에 있다.

부지주변에 대한 방사선환경조사는 처분시설 운영 전 2년 이상의 환경 중의 방사성물질 농도 분포를 조사하여 처분시설 운영으로 인한 방사성물질의 영향에 대한 비교·평가를 수행함으로써 환경보전 및 주민의 안전을 도모하기 위한 기초자료 확보 목적으로 기초조사를 수행하도록 원자력안전위원회 고시 제 2012-05호 “원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정”에

명시되어 있다. 이에 따라 사업자인 월성원자력환경관리센터는 2007년도부터 운영 전 환경조사를 수행하고 있으며, 한국원자력안전기술원에서는 사업자와는 독립적으로 2008년도부터 환경방사선/능 조사를 수행하기 시작하였다.

2010년 12월 25일에는 중·저준위 방사성폐기물을 울진원전에서 처음으로 처분 시설(월성원자력환경관리센터)의 인수저장시설에 반입함으로써 처음으로 운영을 시작하였다. 이에 따라 운영 중 환경조사는 2011년도부터 처음으로 수행하였다.

1. 조사개요

중·저준위 방사성폐기물처분시설(월성원자력환경관리센터) 부지주변에 대한 방사선환경조사는 처분시설 운영 전 환경중의 방사성물질 농도분포를 조사하여 처분 시설 운영으로 인한 방사성물질의 영향에 대한 비교·평가를 수행함으로써 환경보전 및 주민의 안전을 도모하기 위한 기초자료 확보 목적으로 2008년도부터 환경중의 방사능농도 기초조사를 수행하였으며 2011년도부터는 시설 주변 환경 중 방사성 핵종의 현존농도 준위와 시설로부터 환경으로 유출된 방사성물질의 축적 경향을 파악하기 위해 운영중 환경조사를 수행하였다.

사업자인 방사성폐기물관리공단의 처분시설의 건설·운영에 따른 방사선조사계획서는 2005년 12월 최초 작성되어 교육과학기술부에 제출되었으며 질의, 보완 및 심사 등의 과정을 통해 2006년 12월 최종 승인되었다. 이에 따라 사업자는 2007년도부터 환경시료 분석을 위한 감시기 및 장비 등을 확보하고, 운영 전 부지주변 환경조사를 수행하였으며, 2011년도부터 운영중 환경조사를 수행하였다.

한국원자력안전기술원은 2008년도부터 조사계획을 수립하여 환경조사를 하반기부터 본격적으로 수행하였으며, 2011년도부터 운영중 환경조사를 수행하였다.

2. 조사내용

한국원자력안전기술원의 중저준위 방사성폐기물처분시설 (월성원자력환경관리센터) 주변 환경방사선/능 조사계획에 따라 2012년도의 부지주변 5개 지점의 공간집적선량 및 환경시료(토양, 대기, 솔잎, 지하수 및 빗물), 해양시료(해수 및 해저퇴적물) 등에 대한 감마동위원소, ^{90}Sr , Pu 동위원소, U 동위원소, ^3H , ^{14}C

등의 방사능을 조사하였다.

2008년도에는 처분시설에서 검출가능한 ^{129}I 분석법을 정립하여, 2009년도 지하수 시료에 적용하여 조사를 수행하였으며, 2009년도에는 ^{99}Tc 분석법을 개발하기 위하여 기초조사 및 연구를 수행하여 분석법을 정립하였으며, 2010년부터는 이들 개발된 분석법을 적용하여 처분시설 주변 지하수 시료에 적용하여 조사결과를 작성하였다.

가. 조사목적

처분시설 운영 전 환경중의 방사성물질 농도분포에 대한 기초조사 결과를 바탕으로, 처분시설 운영으로 인한 방사성물질의 영향에 대한 비교·평가를 수행함으로써 환경보전 및 주민의 안전을 도모하기 위하여 환경조사를 수행함이 그 목적이다.

나. 조사계획

처분시설 운영 중 환경감시는 시설 주변 환경 중 방사성 핵종의 현존농도 준위와 시설로부터 환경으로 유출된 방사성물질의 축적경향을 파악하기 위해 수행하였다.

환경방사능 측정을 위한 시료채취지점의 위치와 환경시료별 분석항목 및 분석주기는 표 37 및 그림 44에 나타낸 바와 같이 처분시설주변의 해상조건, 지형, 방위 등을 일차적으로 고려하여 결정하였다.

표 37. 한국원자력안전기술원의 중·저준위 방사성폐기물처분시설
(월성원자력환경관리센터) 주변 환경방사선/능 조사계획

시료명		분석항목	분석주기	지점	
방사선 조사	공간집적선량		공간집적선량	매분기	봉길리, (NE, 1.3km) 부지경계 동, (E, 0.8km) 부지경계 서, (SW, 0.2km) 부지경계 남, (ESE, 0.6km) 부지경계 북 (NNE, 0.4km)
방사능 분석	환경 시료	토양	감마동위원소 ⁹⁰ Sr, Pu 동위원소 U 동위원소	연 2회 연 1회 연 1회	봉길교, (NE, 1.6km)
		해저 퇴적물	감마동위원소 ⁹⁰ Sr, Pu 동위원소 U 동위원소	연 2회 연 1회 연 1회	봉길리 해변 (NE, 1.5km)
		대기	³ H, ¹⁴ C	매 월	양북초교 (NNW, 7.0km)
		솔잎	³ H, ¹⁴ C	매 월	
	물시료	해수	감마동위원소, ³ H, ⁹⁰ Sr, Pu 동위원소	매분기 연 2회	봉길리 해변 (ENE, 1.3km)
		지하수	감마동위원소, ³ H ⁹⁰ Sr, Pu 동위원소 U 동위원소, ⁹⁹ Tc	연 2회	부지경계 동, (E, 0.8km) 봉길리, (NE, 1.3km) 상봉, (E, 0.6km)
		빗물	³ H	매 월	기상탑, (SSW, 0.2km) 양북초교 (NNW, 7.0km)



그림 44. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 부지 주변의 환경시료채취 지점

번호	채취지점	채취시료	번호	채취지점	채취시료
A	봉길리	TLD, 지하수	F	봉길교	토양
B	부지경계 동	TLD, 지하수	G	봉길리해변	해저퇴적물, 해수
C	부지경계 서	TLD	H	상봉	지하수
D	부지경계 남	TLD	I	기상탑	빗물
E	부지경계 북	TLD	J	양북초교	대기, 빗물, 솔잎

다. 측정 및 분석방법

제 2 장의 제 3 절에서 언급한 원자력이용시설의 환경시료분석에 관한 측정 및 분석방법과 동일한 방법으로 각 환경시료에 대한 방사능분석을 수행하였다.

지하수중 ^{129}I 의 분석은 2008년도에 정립된 분석법(KINS/AR-140, Vol. 19)을 적용하여 수행하였다. ^{129}I 분석을 위하여 지하수 10 L에 I carrier를 넣고, 버너와 온풍기를 이용하여 끓어오르지 않을 정도의 온도에서 약 200 mL 되도록 증발농축한 후, Fe와 Co carrier를 넣어 각각 pH 8.2 와 pH 10에서 공침시켜 여과함으로써 악티나이드 핵종 등 방해 가능한 핵종들을 제거하였다. 여액에 2 mL NaOCl 과 10 mL $\text{H}_2\text{NOH} \cdot \text{HCl}$ 을 순차적으로 넣어 반응시킨 후, pH 6.5 되도록 NaOH 용액으로 pH를 조절하였고 이온교환분리용 컬럼(AG1-X8, Cl^- form, 50 ~ 100 mesh, 10 mm $\times$ 90 mm)을 이용하여 I 을 순수 분리하였다. 탈이온수를 이용하여 이온교환수지를 컨디셔닝하고, 시료를 주입한 후 탈이온수와 2M NaCl으로 세척하였다. ^{129}I 은 최종적으로 20% NaOCl 80 mL로 회수하였다. 회수된 용액은 pH 10 으로 맞춘 후, 1M $\text{H}_2\text{NOH} \cdot \text{HCl}$ 와 1M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 를 순차적으로 넣어 I^- 이온 상태로 고정시킨 후, HCl과 1% PdCl_2 를 넣어 검은색의 PdI_2 침전을 생성시켰다. 끓지 않을 정도로 가열하여 침전이 고루 생성될 수 있도록 한 후, 미리 건조된 여과지(GF/C, 25 mm)로 여과하여 침전을 회수·건조하여 회수율을 계산하고 침전이 분산되지 않도록 테프론으로 제작된 지지대를 이용하여 잘 고정시켰다. 제조된 시료는 저에너지용 감마선분광분석시스템(BEGe, BE3830, CANBERRA)을 이용하여 정량하였다.

지하수중 ^{99}Tc 는 2009년도에 정립된 분석법(KINS/AR-140, Vol. 20)을 적용하였다. ^{99}Tc 분석을 위하여 지하수 1 L를 여과한 후, 추적자로서 Re을 넣고 과산화수소 10 mL를 첨가하여 지하수 중 ^{99}Tc 의 산화수를 모두 TcO_4^- 로 변화시켰다. 2시간 동안 가열한 후 추출크로마토그래피용 컬럼(TEVA·specTM, 10 mm $\times$ 40 mm)을 이용하여 ^{99}Tc 를 순수 분리하였다. 1M HNO_3 를 이용하여 수지를 세척한 후, 0.2N HNO_3 를 주입하여 컨디셔닝하였다. 연동펌프(peristaltic pump)를 이용하여 시료를 천천히 주입한 후, 0.1N HNO_3 로 세척하여 방해핵종

을 충분히 제거하고 8N HNO₃를 이용하여 ⁹⁹Tc 및 Re을 회수하였다. 회수된 용액은 80℃ 이하에서 천천히 가열하여 증발시킨 후, 0.5N HNO₃에 분해하여 0.45 μm 필터를 이용하여 여과하였다. 최종 준비된 시료를 MC-ICP-MS에 주입하여 정량하였다.

3. 조사결과

2012년도에 한국원자력안전기술원에서 수행한 환경시료의 조사결과는 다음과 같다. 환경조사결과는 매월, 분기 및 반기시료에 대하여 수행한 결과를 수록하였다.

가. 공간집적선량

시설 주변 5개 지점에 TLD 함을 설치하고 매분기별로 설치 및 회수하여 2012년도 공간집적선량을 관독한 결과는 표 38과 같다.

2012년도 지점별 공간집적선량의 범위는 0.154~0.248 mSv/분기 수준이었다.

나. 대기

월성원자력발전소는 중수로인 원자로 고유특성에 의해 비교적 많은 양의 ³H 및 ¹⁴C이 환경 중에 방출되고 있다. 따라서 인근에 위치한 처분시설은 월성원자력발전소의 영향을 받는 주변 환경 중 ³H 및 ¹⁴C의 농도준위 파악이 필요함에 따라 대기시료에 대한 감시를 실시하였다.

표 39에 나타낸 바와 같이 부지주변인 양북초교지점에서 매월 대기시료를 채취하여 ³H 및 ¹⁴C를 분석하였다.

2012년도 양북초교에서 대기 중 ³H의 연평균 방사능농도는 0.155 Bq/m³, ¹⁴C의 연평균 방사능농도는 0.234 Bq/g-C의 준위를 나타내고 있다.

다. 토양

표 40 ~ 표 42에 나타낸 바와 같이 시설 주변의 1개 지점 토양시료를 연 2회 채취하여 ¹³⁷Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결

과 인공감마동위원소는 검출되지 않았다. 감마동위원소를 제외한 나머지 방사성핵종은 연 1회 시료채취를 수행하였다.

^{90}Sr 의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 토양시료 중에서는 0.766 Bq/kg-dry 준위를 나타내고 있다.

^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 그리고 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비를 분석하였다. 그 결과는 각각 <4.34 mBq/kg-dry, 0.0222 Bq/kg-dry, 0.182 를 보였고 지난해 조사된 결과는 각각 7.60 mBq/kg-dry, 0.0236 Bq/kg-dry, 0.173로서 최근 4년간 변동범위와 유사한 수준으로 나타났다.

^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도를 분석하였다. 그 결과는 각각 33.8 Bq/kg-dry, 0.895 Bq/kg-dry, 33.3 Bq/kg-dry의 값을 나타내고 있다.

라. 지하수

처분시설의 운영이 시작되면 처분시설로 인한 방사능 영향을 가장 많이 받게 되는 시료인 지하수시료는 타 시료에 비해 조사지점을 강화하여 시설 주변의 3개 지점 지하수시료를 연 2회 채취하여 수행하였다. 표 43 ~ 표 45에 나타낸 바와 같이 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분석하였다. 그 결과 모든 부지주변의 지하수 중에서는 인공감마동위원소는 검출되지 않았다.

^3H 의 방사능농도를 분석한 결과 삼중수소 농도범위는 14.1~28.6 Bq/L로 월성원전에서의 지하수 중 삼중수소 농도에 비해 약간 높게 나타나고 있다.

^{90}Sr 의 방사능농도 분석결과, 농도범위는 1.04 ~ 5.54 mBq/kg을 나타내고 있다.

$^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 분석결과, $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도는 모든 지점에서 MDA 이하로 나타났다.

^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도 분석결과, 각각 0.983 ~ 5.96 mBq/kg, 0.0472 ~ 0.181 mBq/kg, 1.18 ~ 10.6 mBq/kg의 값을 나타내고 있다. 발전소 정문 지점의 경우 시료채취량 부족으로 2011년부터 조사지점이 변경된 신규 관정(2010년 조사계획서 변경 승인 완료)으로 지점변경으로 인해

과거에 비해 방사능 농도의 변화폭이 크다.

^{129}I 의 방사능농도 분석은 2008년에 정립된 분석법 (KINS/AR-140, Vol. 19)을 적용하여 수행하였고, ^{99}Tc 방사능농도 분석은 2009년에 개발된 분석법 (KINS/AR-140, Vol. 20)을 적용하여 실시하였으며, 두 핵종에 대한 분석결과 모두 MDA 이하로 나타났다.

마. 빗물

표 39에 나타낸 바와 같이 처분시설의 부지내 지점인 기상탑지점과 부지주변인 양북초교지점에서 매월 빗물시료를 채취하여 삼중수소를 분석하였다. 빗물 중 삼중수소농도는 기상탑지점의 경우 $<1.61\sim113\text{ Bq/L}$, 양북초교지점의 경우 $<1.29\sim21.8\text{ Bq/L}$ 농도범위를 나타내고 있다.

바. 솔잎

표 39에 나타낸 바와 같이 처분시설은 인근에 위치한 중수로형 월성원자력발전소의 특성을 감안하여 대기 중 방사능농도와 더불어 주변 식생의 대표적인 식물인 솔잎에 대해서도 ^3H 및 ^{14}C 의 농도준위 파악이 운영전 기초자료 확보에 반영되어야 하는 필요에 따라 방사능농도를 분석하였다. 솔잎시료는 방사성물질의 방출에 의한 환경중의 축적경향을 파악하기 위한 시료로 매월 분석하고 있다.

양북초교에서 솔잎시료를 매월 채취하여 ^3H 의 방사능농도를 분석한 결과, TFWT (조직자유수 : Tissue Free Water Tritium) 농도범위(최소~최대)는 $<1.63\sim25.9\text{ Bq/L}$, TBT(조직결합수 : Tissue Bound Tritium) 농도범위(최소~최대)는 $2.22\sim37.9\text{ Bq/L}$ 를 나타내고 있다.

^{14}C 의 방사능 농도 농도범위(최소~최대)는 $0.225\sim0.238\text{ Bq/g-C}$ 를 나타내고 있다.

사. 해수

표 43 ~ 표 44에 나타낸 바와 같이 시설 앞 해상의 1개 지점 해수시료를 연 4회 채취하여 수행하였다. ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도를 분

석하였다. 그 결과 인공방사성 핵종인 ^{137}Cs 의 경우 $0.816 \sim <1.55 \text{ mBq/kg}$ 준위를 나타내고 있다. ^{137}Cs 이외의 인공감마동위원소는 검출되지 않았다.

^3H 의 방사능농도를 분석한 결과 삼중수소 농도범위는 $2.22 \sim 14.4 \text{ Bq/L}$ 를 나타내고 있다.

^{90}Sr 의 방사능농도 분석결과 ^{90}Sr 은 검출되지 않았다.

$^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 분석결과, 모두 MDA 이하로 나타났다.

아. 해저퇴적물

표 40 ~ 표 42에 나타낸 바와 같이 시설앞 해변 1개 지점 해저퇴적물 시료를 연 2회 채취하여 ^{137}Cs 등 감마동위원소의 방사능농도 분석결과, 인공방사성 핵종인 ^{137}Cs 은 검출되지 않았다. 감마동위원소를 제외한 나머지 방사성핵종은 연 1회 시료채취를 수행하였다.

^{90}Sr 의 방사능농도 분석결과 ^{90}Sr 은 검출되지 않았다.

^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 그리고 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비 분석결과, 각각 $<3.00 \text{ mBq/kg-dry}$, 0.0176 Bq/kg-dry , 0.224 의 값을 나타내고 있다.

^{238}U , ^{235}U 및 ^{234}U 방사능농도를 분석결과, 각각 16.9 Bq/kg-dry , 0.587 Bq/kg-dry , 17.1 Bq/kg-dry 의 값을 나타내고 있다.

표 38. 중·저준위 방사성폐기물처분시설 주변 공간집적선량 추정자료

분기 지점	2012년도 분기별 공간집적선량 (mSv/분기)				연간 집적선량 (mSv/년)
	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기	
부지경계 동	0.188 ± 0.007	0.184 ± 0.007	0.169 ± 0.008	0.164 ± 0.009	0.705
부지경계 서	0.167 ± 0.005	0.195 ± 0.024	0.165 ± 0.002	0.154 ± 0.006	0.681
부지경계 남	0.193 ± 0.014	0.182 ± 0.009	0.203 ± 0.016	0.184 ± 0.013	0.762
부지경계 북	0.248 ± 0.009	0.246 ± 0.009	0.225 ± 0.006	0.212 ± 0.011	0.931
봉길리	0.236 ± 0.009	0.244 ± 0.012	0.214 ± 0.009	0.195 ± 0.004	0.889
평 균	0.206	0.210	0.195	0.182	0.794
추정지점 간 편차(1σ)	0.031	0.029	0.024	0.021	0.100

표 39. 중·저준위 방사성폐기물처분시설 주변 대기, 슬윳 및 빗물 중 ^3H 및 ^{14}C 농도 분석자료

시료	대기		슬윳			빗물	
지점	양북초교		양북초교			양북초교	기상탑
핵종 (단위)	^3H (Bq/m ³)	^{14}C (Bq/g-C)	^3H		^{14}C (Bq/g-C)	^3H (Bq/L)	^3H (Bq/L)
			TFWT (Bq/L)	TBT (Bq/L)			
1월	0.00800 ±0.00200	0.235±0.007	<1.63	<2.22	0.235±0.006	<1.63	<1.82
2월	0.0360±0.0020	0.232±0.006	<1.73	7.19±0.71	0.229±0.005	<1.53	28.4±0.9
3월	0.0620±0.0030	0.240±0.006	14.1±0.7	12.0±0.9	0.237±0.005	7.72±0.64	103±1
4월	0.348±0.007	0.244±0.006	8.01±0.62	9.58±0.66	0.234±0.006	3.87±0.53	70.6±1.1
5월	0.209±0.008	0.233±0.006	2.58±0.54	8.63±0.67	0.231±0.006	21.8±0.8	32.4±0.9
6월	0.174±0.010	0.237±0.006	<1.67	6.35±0.64	0.236±0.006	<1.51	7.11±0.59
7월	0.397±0.016	0.235±0.006	24.5±0.8	10.4±0.6	0.225±0.006	4.22±0.55	23.5±0.8
8월	0.259±0.016	0.238±0.006	25.9±0.7	37.9±0.9	0.238±0.006	8.69±0.57	16.9±0.7
9월	0.213±0.009	0.253±0.006	2.01±0.48	3.30±0.52	0.230±0.006	<1.62	<1.61
10월	0.0640±0.0050	0.202±0.011	2.95±0.47	4.35±0.53	0.228±0.006	3.47±0.47	37.3±0.8
11월	0.0250±0.0020	0.217±0.006	2.01±0.58	4.54±0.60	0.230±0.006	<1.29	7.52±0.54
12월	0.0630±0.0020	0.247±0.006	3.34±0.52	9.14±0.76	0.225±0.006	15.4±0.8	113±2
범위	0.00800 ~ 0.397	0.202 ~ 0.253	<1.63 ~ 25.9	<2.22 ~ 37.9	0.225 ~ 0.238	<1.29 ~ 21.8	<1.61 ~ 113
평균	0.155	0.234	7.54	9.63	0.232	6.06	36.9
1σ	0.126	0.013	8.64	9.00	0.004	6.21	36.7

σ) 표준편차

표 40. 중·저준위 방사성폐기물처분시설 주변 토양 및 해저퇴적물 중
감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취지역		시료채취일	방사능농도 (Bq/kg-dry)	
			^{137}Cs	^{40}K
토양	봉길교	'12.04.30	<2.15	1040±10
		'12.10.30	<2.16	1030±20
해저 퇴적물	봉길리 해변	'12.04.30	<1.76	908±14
		'12.10.30	<1.21	768±11

표 41. 중·저준위 방사성폐기물처분시설 주변 토양 및 해저퇴적물 중 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 농도 및 Pu 원자비, ^{90}Sr 분석자료

채취장소		시료 채취일	^{238}Pu (mBq/kg.dry)	$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg.dry)	Pu 원자비 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)	^{90}Sr (Bq/kg.dry)
			방사능농도	방사능농도	원자비	방사능농도
토양	봉길교	'12.04.30	<4.34	0.0222±0.0043	0.182±0.006	0.766 ±0.050
해저 퇴적물	봉길리 해변	'12.04.30	<3.00	0.0176±0.0034	0.224±0.008	<0.148

표 42. 중·저준위 방사성폐기물처분시설 주변 토양 및 해저퇴적물 중 우라늄 동위원소 농도 분석자료

채취장소		시료 채취일	방사능농도			
			^{238}U (Bq/kg-dry)	^{235}U (Bq/kg-dry)	^{234}U (Bq/kg-dry)	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratio
토양	봉길교	'12.04.30	33.8±1.6	0.895±0.213	33.3±1.5	0.0265
2012년 사업자 농도 범위*			6.96~57.5	<1.03~1.84	6.35~60.4	0.0320 ~0.0451
해저 퇴적물	봉길리 해변	'12.04.30	16.9±0.9	0.587±0.143	17.1±0.9	0.0347

*사업자인 한국방폐물관리공단에서 수행한 운영전 조사 결과
(2012년 부지주변 토양의 농도 범위)

표 43. 중·저준위 방사성폐기물처분시설 주변 해수 및 지하수 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취지역		시료채취일	방사능농도 (mBq/kg)			
			^{137}Cs	^{60}Co	^{129}I	^{131}I
해수	봉길리 해변	'12.01.30	<1.55	<3.37	-	-
		'12.04.30	<0.879	<1.84	-	-
		'12.07.31	0.816±0.118	<2.48	-	-
		'12.10.30	<0.972	<2.16	-	-
지하수	발전소 정문	'12.02.28	<1.21	-	<1.30	<88.3
		'12.08.31	<1.08	-	<1.43	<49.0
	봉길교	'12.02.28	<1.06	-	<0.698	<19.1
		'12.08.31	<1.78	-	<0.886	<6.86
	상봉	'12.02.28	<0.989	-	<0.777	<18.8
		'12.08.31	<1.19	-	<0.666	<7.36

-) 조사계획에 의거 미 실시

표 44. 중·저준위 방사성폐기물처분시설 주변 해수 및 지하수 중 $^{239+240}\text{Pu}$ 농도, ^{90}Sr , ^3H , ^{99}Tc 분석자료

채취장소		시료 채취일	방사능 농도			
			$^{239+240}\text{Pu}$ ($\mu\text{Bq/kg}$)	^{90}Sr (mBq/kg)	^3H (Bq/L)	^{99}Tc (mBq/kg)
해수	봉길리 해변	'12.01.30	<3.43	<0.401	2.22±0.07	-
		'12.04.30	-	-	10.2±0.1	-
		'12.07.31	<3.56	<0.926	14.4±0.1	-
		'12.10.30	-	-	8.73±0.10	-
지하수	발전소 정문	'12.02.28	<1.96	-	19.3±0.2	<0.756
		'12.08.31	<2.59	-	22.3±0.1	<5.11
	봉길교	'12.02.28	<1.88	<0.334	26.7±0.2	<1.74
		'12.08.31	<2.24	1.04±0.12	28.6±0.2	<1.54
	상봉	'12.02.28	<1.57	<0.483	14.1±0.2	<2.22
		'12.08.31	<1.72	5.54±0.25	15.2±0.1	<1.53

-) 조사계획에 의거 미 실시

표 45. 중·저준위 방사성폐기물처분시설 주변 지하수 중
우라늄 동위원소 농도 분석자료

채취장소		시료 채취일	방사능 농도 (mBq/kg)		
			²³⁸ U	²³⁵ U	²³⁴ U
지하수	발전소 정문	‘12.02.28	5.96±0.21	0.181±0.026	10.6±0.3
		’12.08.31	2.77±0.13	0.0904±0.0177	4.69±0.19
	봉길리	‘12.02.28	0.983±0.032	0.0472±0.0060	1.18±0.04
		’12.08.31	1.57±0.06	0.0479±0.0083	1.89±0.07
	상봉	‘12.02.28	4.01±0.15	0.158±0.023	4.53±0.16
		’12.08.31	2.65±0.10	0.112±0.016	2.72±0.11
2012년 사업자 농도범위*			<1.16~2.18	<1.16	<1.16~8.87

*사업자인 한국방폐물관리공단에서 수행한 운영중 조사 결과 (2012년 부지주변 지하수의 농도 범위)

제 4 절 주민피폭선량 평가

2012년도에 국내 원자력시설에서 환경으로 배출된 기체 및 액체 방사성 유출물에 의해 인근 주민이 받은 피폭선량 평가를 사업자와 별도로 INDAC 1.0 코드를 이용하여 한국원자력안전기술원에서 수행하였다.

한국원자력안전기술원은 기존 미국규제지침 1.109에 근거한 GASDOS, LIQDOS 코드를 ICRP-60 체계에 적합하도록 수정·보완하여 개발한 INDAC(Integrated Dose Assessment Code Package for KINS) 코드를 주민피폭선량평가에 활용하고 있다. 이 계산에 적용된 환경으로 방출된 방사선원형, 대기확산인자 및 냉각수 회석유량은 원자력사업자가 제출한 환경방사선조사보고서에 적용된 값이며, 기타 환경특성인자(섭취율, 호흡율, 이동 및 처리기간 등)는 기존 INDAC 코드의 기본 입력 자료를 이용하였다.

한편 한수원(주)는 미국규제지침 1.109를 기본으로 하여 ICRP-60 개념을 적용한 KDOSE-60 전산코드를 이용하여 주민피폭선량을 평가하고 있으며, 대덕 원자력시설의 주민피폭선량도 ICRP-60 개념을 적용하여 수정한 ENDOS-G와 ENDOS-L 프로그램을 이용하고 있으며, 월성원자력환경관리센터 (중저준위 방사성폐기물 처분시설)하여 평가되고 있다.

1. 원자력발전소 방사성유출물에 의한 주민피폭선량 평가결과

원자력발전소로부터 액체 및 기체상 방사성유출물에 의해 주민이 받는 피폭선량을 유효선량과 갑상선선량에 대하여 평가하였다(표-46, 47 참조). 원자력안전위원회 고시 제2012-29호(방사선.001. 방사선방호 등에 관한 기준)의 제16조 제2항에 의하면 각 호기별 기준과, 부지별 기준이 제시되어있으며, 유효선량 및 갑상선선량의 부지당 선량기준치는 각각 0.25mSv/y 및 0.75mSv/y이다.

이를 기준으로 각 원전부지별 2012년도의 유효선량을 사업자가 평가한 결과와 비교하기 위해 한국원자력안전기술원에서 사업자가 제시한 배출량을 이용해 6개 연령군에 대해 평가한 결과는 ‘표-46’, ‘표-47’에서 보는 바와 같이 고리부

지가 부지당 1.67%, 영광부지가 6.44%, 울진부지가 6.27%, 월성부지가 8.95% 정도로서 부지당 유효선량기준치 0.25mSv/y를 충분히 하회하고 있음을 알 수 있다. 갑상선 등가선량의 경우도 고리부지가 부지당 0.53%, 영광부지가 2.15%, 울진부지가 2.15%, 월성부지가 3.03% 정도로서 부지당 선량기준치 0.75mSv/y를 충분히 하회하고 있음을 알 수 있다. 사업자의 경우 부지특성자료를 반영한 최대개인을 기준으로 평가를 수행하여 본원에서 평가한 결과보다 다소 작은 값을 갖으나 보수적인 평가를 수행한 결과에서도 기준치보다 충분히 낮은 값을 보임을 알 수 있다.

따라서 표-47의 사업자평가 및 검증계산결과에서 보는 바와 같이 원전주변 성인 주민이 받는 피폭방사선량은 호기당 제한치를 충분히 만족하고 있으며, 원자력 관계법령에서 정하는 일반인의 선량한도인 연간 1 mSv와 비교할 때도 피폭량이 상당히 작은 수준으로 평가되었다.

액체유출물의 경우 한국원자력안전기술원에서는 보수적으로 희석인자를 '1'을 사용하여 평가하였다. 인허가시는 '2'로 평가하여 결과 값이 두 배 정도의 차이를 보이나, 한수원의 경우 부지별로 고리, 월성은 '13', 영광 '11~12', 울진은 '2'로 가정하여 평가를 수행하였다.

표 46. 2012년 원전 부지별 방사성유출물에 의한 주민피폭선량 (사업자자료)

항목	기준치	기체	액체	계	기준치대비(%)
고리					
유효선량	0.25 mSv	3.88E-03	3.04E-04	4.18E-03	1.67
갑상선	0.75 mSv	3.88E-03	1.30E-04	4.01E-03	0.53
영광					
유효선량	0.25 mSv	1.61E-02	2.95E-05	1.61E-02	6.44
갑상선	0.75 mSv	1.61E-02	3.85E-05	1.61E-02	2.15
울진					
유효선량	0.25 mSv	1.57E-02	1.29E-05	1.57E-02	6.27
갑상선	0.75 mSv	1.61E-02	1.26E-05	1.61E-02	2.15
월성					
유효선량	0.25 mSv	2.21E-02	3.17E-04	2.24E-02	8.95
갑상선	0.75 mSv	2.21E-02	6.12E-04	2.27E-02	3.03

※ 부지 내 전체호기의 부지제한구역에서의 평가결과(바다방향제외)

표 47. 2012년 원전 호기별 방사성유출물에 의한 주민피폭선량 [1/2]

항목	기준치	고리1		고리2		고리3	
		KINS	KHNP	KINS	KHNP	KINS	KHNP
기체							
공기중감마	0.1mGy/yr	6.05E-06	4.22E-06	1.26E-05	8.78E-06	1.97E-06	1.37E-06
공기중베타	0.2mGy/yr	1.76E-05	1.23E-05	2.77E-05	1.94E-05	4.06E-06	2.84E-06
유효선량	0.05mSv/yr	1.91E-06	3.11E-06	4.77E-06	4.76E-06	7.67E-07	7.65E-07
피부	0.15mSv/yr	9.89E-06	8.37E-06	1.95E-05	1.37E-05	2.98E-06	2.09E-06
최대장기	0.15mSv/yr	2.32E-03	5.92E-04	2.80E-03	5.46E-04	1.90E-03	6.60E-04
액체							
유효선량	0.03mSv/yr	1.71E-05	3.02E-06	1.39E-04	2.37E-05	1.55E-05	1.00E-06
최대장기	0.1mGy/yr	1.92E-05	2.54E-05	2.30E-04	4.48E-05	1.55E-05	1.00E-06

항목	기준치	고리4		신고리1		신고리2	
		KINS	KHNP	KINS	KHNP	KINS	KHNP
기체							
공기중감마	0.1mGy/yr	6.16E-07	4.30E-07	5.79E-06	4.05E-06	2.00E-06	1.39E-06
공기중베타	0.2mGy/yr	1.56E-06	1.09E-06	4.38E-06	3.06E-06	3.80E-06	2.65E-06
유효선량	0.05mSv/yr	2.14E-07	2.13E-07	3.14E-06	3.15E-06	1.09E-06	1.09E-06
피부	0.15mSv/yr	9.75E-07	6.81E-07	9.17E-06	6.44E-06	4.93E-06	3.45E-06
최대장기	0.15mSv/yr	1.32E-03	5.31E-04	7.91E-03	1.37E-03	1.04E-02	1.50E-03
액체							
유효선량	0.03mSv/yr	1.55E-05	1.04E-06	1.56E-03	2.20E-04	1.56E-03	2.20E-04
최대장기	0.1mGy/yr	1.55E-05	1.04E-06	6.18E-03	5.16E-04	6.18E-03	5.16E-04

항목	기준치	영광1		영광2		영광3	
		KINS	KHNP	KINS	KHNP	KINS	KHNP
기체							
공기중감마	0.1mGy/yr	1.10E-06	7.65E-07	4.25E-07	2.96E-07	2.05E-06	1.43E-06
공기중베타	0.2mGy/yr	3.87E-07	2.70E-07	1.50E-07	1.05E-07	7.25E-07	5.06E-07
유효선량	0.05mSv/yr	5.92E-07	5.92E-07	2.30E-07	2.92E-07	1.11E-06	1.11E-06
피부	0.15mSv/yr	1.39E-06	9.74E-07	5.39E-07	3.78E-07	2.61E-06	1.82E-06
최대장기	0.15mSv/yr	7.15E-03	3.79E-03	4.83E-03	2.12E-03	3.24E-03	2.30E-03
액체							
유효선량	0.03mSv/yr	3.81E-06	1.52E-06	3.26E-06	1.31E-06	1.38E-05	5.50E-06
최대장기	0.1mGy/yr	3.86E-06	1.55E-06	3.31E-06	1.34E-06	1.38E-05	5.50E-06

항목	기준치	영광4		영광5		영광6	
		KINS	KHNP	KINS	KHNP	KINS	KHNP
기체							
공기중감마	0.1mGy/yr	1.48E-06	1.08E-06	2.78E-06	1.94E-06	1.70E-05	4.75E-06
공기중베타	0.2mGy/yr	1.08E-06	7.72E-07	1.40E-06	9.76E-07	6.77E-06	1.20E-05
유효선량	0.05mSv/yr	7.50E-07	8.11E-07	1.47E-06	1.47E-06	2.37E-06	9.20E-06
피부	0.15mSv/yr	1.96E-06	1.47E-06	3.59E-06	2.51E-06	1.07E-05	1.60E-05
최대장기	0.15mSv/yr	3.67E-03	2.46E-03	8.99E-03	4.26E-03	1.39E-02	8.79E-03
액체							
유효선량	0.03mSv/yr	1.42E-05	5.67E-06	1.87E-05	7.73E-06	1.86E-05	7.79E-06
최대장기	0.1mGy/yr	1.42E-05	5.67E-06	3.60E-05	1.94E-05	3.64E-05	1.97E-05

표 47. 2012년 원전 호기별 방사성유출물에 의한 주민피폭선량 [2/2]

항목	기준치	울진1		울진2		울진3	
		KINS	KHNP	KINS	KHNP	KINS	KHNP
기체							
공기중감마	0.1mGy/yr	9.30E-06	6.49E-06	2.53E-06	1.77E-06	2.18E-06	1.52E-06
공기중베타	0.2mGy/yr	2.76E-05	1.93E-05	6.82E-06	4.76E-06	7.69E-07	5.37E-07
유효선량	0.05mSv/yr	3.46E-06	3.70E-06	1.38E-06	1.65E-06	1.18E-06	1.18E-06
피부	0.15mSv/yr	1.93E-05	1.39E-05	7.72E-06	5.87E-06	2.77E-06	1.94E-06
최대장기	0.15mSv/yr	4.73E-03	3.14E-03	4.48E-03	3.26E-03	6.33E-03	2.76E-03
액체							
유효선량	0.03mSv/yr	8.31E-06	1.41E-06	8.30E-06	1.41E-06	1.29E-05	3.53E-06
최대장기	0.1mGy/yr	8.31E-06	1.41E-06	8.30E-06	1.41E-06	1.29E-05	3.53E-06

항목	기준치	울진4		울진5		울진6	
		KINS	KHNP	KINS	KHNP	KINS	KHNP
기체							
공기중감마	0.1mGy/yr	0.00E+00	0.00E+00	1.24E-07	8.61E-08	8.75E-06	6.10E-06
공기중베타	0.2mGy/yr	0.00E+00	0.00E+00	4.36E-08	3.04E-08	3.08E-06	2.15E-06
유효선량	0.05mSv/yr	0.00E+00	0.00E+00	6.69E-08	6.66E-08	4.73E-06	4.72E-06
피부	0.15mSv/yr	0.00E+00	0.00E+00	1.57E-07	1.10E-07	1.11E-05	7.76E-06
최대장기	0.15mSv/yr	6.71E-03	3.07E-03	1.12E-02	4.47E-03	1.76E-02	5.89E-03
액체							
유효선량	0.03mSv/yr	1.29E-05	3.53E-06	6.30E-06	1.56E-06	5.86E-06	1.44E-06
최대장기	0.1mGy/yr	1.29E-05	3.53E-06	8.28E-06	2.65E-06	7.47E-06	2.35E-06

항목	기준치	월성1		월성2		월성3	
		KINS	KHNP	KINS	KHNP	KINS	KHNP
기체							
공기중감마	0.1mGy/yr	1.89E-05	1.32E-05	6.77E-05	4.72E-05	6.76E-04	4.71E-04
공기중베타	0.2mGy/yr	1.98E-05	1.38E-05	8.94E-05	3.24E-05	3.39E-04	2.37E-04
유효선량	0.05mSv/yr	9.06E-06	9.04E-06	3.08E-05	3.07E-05	3.57E-04	3.56E-04
피부	0.15mSv/yr	2.70E-05	1.87E-05	9.55E-05	6.66E-05	8.87E-04	6.21E-04
최대장기	0.15mSv/yr	4.71E-03	5.20E-03	2.15E-03	2.19E-03	7.19E-03	7.56E-03
액체							
유효선량	0.03mSv/yr	8.05E-04	3.29E-04	2.54E-04	7.41E-05	1.58E-04	3.67E-05
최대장기	0.1mGy/yr	3.50E-03	8.68E-04	1.44E-03	3.58E-04	6.78E-04	1.63E-04

항목	기준치	월성4		신월성1		신월성2	
		KINS	KHNP	KINS	KHNP	KINS	KHNP
기체							
공기중감마	0.1mGy/yr	5.14E-04	3.58E-04	9.31E-06	6.49E-06	0.00E+00	0.00E+00
공기중베타	0.2mGy/yr	1.91E-04	1.33E-04	3.28E-06	2.29E-06	0.00E+00	0.00E+00
유효선량	0.05mSv/yr	2.77E-04	2.76E-04	5.03E-06	5.02E-06	0.00E+00	0.00E+00
피부	0.15mSv/yr	6.54E-04	4.57E-04	1.18E-05	8.28E-06	0.00E+00	0.00E+00
최대장기	0.15mSv/yr	7.88E-03	8.63E-03	6.67E-03	1.01E-03	5.58E-06	2.32E-06
액체							
유효선량	0.03mSv/yr	3.12E-05	6.65E-06	2.80E-04	6.70E-05	0.00E+00	0.00E+00
최대장기	0.1mGy/yr	1.74E-04	4.27E-05	9.11E-04	1.85E-04	0.00E+00	0.00E+00

※ 호기별 부지제한구역에서의 평가결과(바다방향제외)

2. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 방사성유출물에 의한 주민피폭선량 평가결과

중·저준위 방사성폐기물 처분시설은 2010년 말 울진으로부터 운반된 폐기물 드럼을 보관하고 있으며, 2012년 주변 주민에 대한 방사선피폭영향 평가 결과 기체 및 액체 유출물의 양은 0.00E+00 TBq/yr로 배출된 방사성물질이 없으므로 시설 운영에 따른 주변 방사선 환경영향은 없는 것으로 확인하였다.

3. 대덕 원자력시설에 의한 주민피폭선량 평가결과

대덕 원자력시설 부지내의 원자력관계시설로는 원자력연구소의 다목적연구로인 하나로, 조사후시험시설, 방사성폐기물처리시설, 자연증발시설, 연구로용 핵연료가공시설과 원자력연료(주)의 핵연료가공공장 1, 2 그리고 동위원소폐기물 소각시설, 동위원소폐기물 저장시설 등이 있다.

이들 시설들 중에서 방사성 폐기물처리시설, 고화폐기물 시험시설, 연구용 연료가공시설 및 RI 폐기물 관리시설에서는 특히 핵종이 검출되지 않아 기체유출물의 환경배출이 없는 것으로 나타났으며, 액체유출물의 환경배출은 한전원자력연료(주)의 핵연료가공공장에서만 이루어지고 있다.

표-48, 49의 주민피폭선량평가결과에 따르면 2012년도 유효선량 계산값은 최대피폭연령군에 대해 원자력안전위원회 고시 제2012-29호(방사선.001. 방사선 방호 등에 관한 기준)의 제16조 제2항에 따른 부지당 제한치 0.25mSv/y를 기준으로 0.72% 정도이며, 갑상선 선량의 경우 소아 연령군에 대해 제한치 0.75mSv/y의 2.35% 정도로서 부지당 기준치를 충분히 하회하는 것으로 나타났다.

표 48. 부지당 기준치 비교

피폭장기	기준치	KINS		KAERI	
		선량	대비(%)	선량	대비(%)
유효선량	0.25 mSv/yr	1.79E-03	0.72	1.79E-03	0.72
갑상선	0.75 mSv/yr	1.76E-02	2.35	1.76E-02	2.35

표 49. 원자력시설당 설계기준치와의 비교

(mGy/yr 또는 mSv/yr)

항 목			한국원자력연구원 운영시설							
			하나라		조사후시험시설		방사성 폐기물 처리시설		자연증발시설	
			실적치	%	실적치	%	실적치	%	실적치	%
기 체	공기중 감마 흡수선량	0.1	2.89E-05	0.029	4.77E-06	0.005	-	-	-	-
	KINS 검토결과		2.92E-05	0.03	4.76E-06	0.005	-	-	-	-
	공기중 베타 흡수선량	0.2	4.88E-05	0.024	5.40E-04	0.27	-	-	-	-
	KINS 검토결과		4.88E-05	0.02	5.40E-04	0.27	-	-	-	-
	유효 선량**	0.05	1.58E-05	0.032	5.43E-06	0.011	-	-	-	-
	KINS 검토결과		1.60E-05	0.03	5.43E-06	0.011	-	-	-	-
	피부** 등가선량	0.15	4.68E-05	0.031	2.99E-04	0.2	-	-	-	-
	KINS 검토결과		6.71E-05	0.04	4.27E-04	0.28	-	-	-	-
	장기*** 등가선량	0.15	1.76E-02	11.7	0.00E+00	0			2.11E-05	0.014
액 체	KINS 검토결과		1.78E-02	11.84	0.00E+00	0			2.07E-05	0.014
	유효 선량	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
	KINS 검토결과		-	-	-	-	-	-	-	-
	장기 등가선량	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
액 체	KINS 검토결과		-	-	-	-	-	-	-	-

항 목			한국원자력연구원 운영시설					
			연구로용 연료 가공시설		고화폐기물 시험시설		가연성폐기물처리시설	
			실적치	%	실적치	%	실적치	%
기 체	공기중 감마 흡수선량	0.1	-	-	-	-	-	-
	KINS 검토결과		-	-	-	-	-	-
	공기중 베타 흡수선량	0.2	-	-	-	-	-	-
	KINS 검토결과		-	-	-	-	-	-
	유효 선량**	0.05	-	-	-	-	-	-
	KINS 검토결과		-	-	-	-	-	-
	피부** 등가선량	0.15	-	-	-	-	-	-
	KINS 검토결과		-	-	-	-	-	-
	장기*** 등가선량	0.15	-	-	-	-	6.61E-08	4.41E-05
액 체	KINS 검토결과		-	-	-	-	6.63E-08	4.41E-05
	유효 선량	0.03	-	-	-	-	-	-
	KINS 검토결과		-	-	-	-	-	-
	장기 등가선량	0.1	-	-	-	-	-	-
액 체	KINS 검토결과		-	-	-	-	-	-

*기준치는 시설당 기준치임 , **불활성기체에 의한 외부피폭선량

***입자상 방출물에 의한 최대 피폭장기에 대한 등가선량, “-”는 해당없음을 나타냄

4. 한전원자력연료 가공시설에 의한 주민피폭선량 평가결과

한전원자력연료(주)의 핵연료가공시설에서는 제1공장, 제2공장, 열분해시설에서 방사성물질의 환경배출이 발생하고 있으며, 액체유출물의 환경배출은 제1공장 및 제2공장에서만 이루어지고 있다.

한전원자력연료(주)의 핵연료가공공장의 운영으로 인한 주민피폭선량평가결과는 표 50에 제시되어 있으며, 2012년도 당 시설의 운영으로 인한 유효선량 계산값은 최대피폭연령군에 대해 원자력안전위원회 고시 제2012-29호(방사선.001. 방사선방호 등에 관한 기준)의 제16조 제2항에 따른 부지당 제한치 0.25mSv/y를 기준으로 0.72% 정도이며, 갑상선 선량의 경우 소아 연령군에 대해 제한치 0.75mSv/y의 2.35% 정도로서 부지당 기준치를 충분히 하회하는 것으로 나타났다.

표 50. 원자력시설당 설계기준치와의 비교

항 목			년간 기준치*	한전원자력연료 운영시설					
				제 1공장		제 2공장		열분해시설	
				실적치	%	실적치	%	실적치	%
기 체	공기중 감마 흡수선량	0.1	0	0	0	0	0	0	
	KINS 검토결과		0	0	0	0	0	0	
	공기중 베타 흡수선량	0.2	0	0	0	0	0	0	
	KINS 검토결과		0	0	0	0	0	0	
	유효 선량**	0.05	0	0	0	0	0	0	
	KINS 검토결과		0	0	0	0	0	0	
	피부** 등가선량	0.15	0	0	0	0	0	0	
	KINS 검토결과		0	0	0	0	0	0	
	장기*** 등가선량	0.15	3.75E-05	0.025	3.08E-05	0.021	1.23E-06	0.00082	
KINS 검토결과		3.76E-05	0.025	3.09E-5	0.021	1.24E-06	0.00082		
액 체	유효 선량	0.03	1.21E-06	0.004	3.69E-06	0.012	-	-	
	KINS 검토결과		1.21E-06	0.004	3.69E-06	0.012	-	-	
	장기 등가선량	0.1	3.16E-05	0.032	1.05E-04	0.11	-	-	
	KINS 검토결과		3.16E-05	0.032	1.05E-04	0.11	-	-	

*기준치는 시설당 기준치임, **불활성기체에 의한 외부피폭선량

***입자상 방출물에 의한 최대 피폭 장기에 대한 등가선량, “-”는 해당 없음을 나타냄

제 4 장 결 론

2012년도 4개 원자력발전소 부지, 중·저준위 방사성폐기물처분시설(월성 원자력환경관리센터) 및 대덕 원자력이용시설 주변에 대해서 원자력사업자와는 별도로 한국원자력안전기술원에서 원자력이용시설주변의 환경방사선/능 조사, 감시 및 선량평가를 수행하였다. 부지별 공간감마선량률의 연평균 범위는 10.5~14.2 $\mu\text{R/h}$ 로 최근 5년간의 연평균 범위인 10.2 ~15.4 $\mu\text{R/h}$ 와 거의 비슷한 수준이었으며, 각 부지의 분기별 공간집적선량의 평균 범위는 0.191~0.261 mSv/분기로써 최근 5년간의 범위인 0.120~0.401 mSv/분기와 거의 비슷한 수준이었다.

원자력이용시설 주변지역에서 채취한 2012년도 환경시료 중 인공방사성 핵종의 농도범위는 대부분의 시료에 대하여 과거 5년간 조사된 농도범위 내에 포함되어 예년과 비슷한 경향을 나타내었다. 그리고 국내 원자력이용 시설 주변에서 미량 검출된 ^{137}Cs 및 ^{90}Sr 등 인공방사성 핵종의 농도는 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진 준위와 유사한 값으로서 원전주변에서 검출되는 이들 인공방사성핵종은 핵실험의 잔존물로 평가된다. 한편, 일부 어류(송어)시료에서 후쿠시마 원전 사고의 영향으로 ^{134}Cs , ^{137}Cs 의 인공방사성 핵종이 검출되었다.

중·저준위 방사성폐기물처분시설(월성원자력환경관리센터) 운영 중 환경감시를 통해 시설 주변 환경 중 방사성 핵종의 현존농도 준위와 시설로부터 환경으로 유출된 방사성물질의 축적경향을 파악하기 위해 환경방사선/능 조사계획에 따라 방사능을 조사하였으며, 특히 처분시설로 인한 방사능 영향을 가장 많이 받게 되는 지하수시료에 대한 ^{129}I 및 ^{99}Tc 의 방사능 조사결과도 작성하였다.

원자력이용시설에서 환경으로 방출되는 방사성물질에 의하여 주민이 받는 피폭선량을 평가하기 위하여 한국원자력안전기술원에서 개발한 주민피폭선량 계산 프로그램 INDAC을 이용하여 피폭선량을 계산한 결과, 일반인에 대한 연간선량한도 뿐만 아니라 부지 당 선량기준치에도 훨씬 못 미치는 정도의 낮은 수준으로 평가되어 원자력발전소의 가동으로 인한 주변주민의 방사선피폭은 무시할 수 있는 수준이었다.

참 고 문 헌

1. 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(2012년도), 한국수력원자력(주) (2012)
2. 원자력시설주변 환경방사선 평가 (2012년보), KAERI/RR-3571/2012, 한국원자력연구원 (2012)
3. 원자력연료 가공시설 가동중 환경조사 보고서 (2012년보), KEPCO/NF-2012, 한전원자력연료주식회사 (2012)
4. 월성원자력환경관리센터 부지주변 방사선환경조사보고서(2012년도), 한국방사성폐기물관리공단 (2012)
5. 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(2011년도), 한국수력원자력(주) (2011)
6. 원자력시설주변 환경방사선 평가 (2011년보), KAERI/RR-3327/2011, 한국원자력연구원 (2011)
7. 원자력연료 가공시설 가동중 환경조사 보고서 (2011년보), KEPCO/NF-2011, 한전원자력연료주식회사 (2011)
8. 월성원자력환경관리센터 부지주변 방사선환경조사보고서(2011년도), 한국방사성폐기물관리공단 (2011)
9. 원자력발전소주변 환경방사선조사보고서(2010년도), 한국수력원자력(주) (2010)
10. 원자력시설주변 환경방사선 평가 (2010년보), KAERI/RR-/2010, 한국원자력연구원 (2010)
11. 원자력연료 가공시설 가동중 환경감시 보고서, KAERI/CR-/2010, 한전원자력연료주식회사 (2010)
12. 월성원자력환경관리센터 부지주변 방사선환경조사보고서(2010년도), 한국방사성폐기물관리공단 (2010)
13. 원자력발전소 주변 환경방사능조사 계획, 한국수력원자력(주) (2010.11)
14. 원자력연구소 주변 환경방사능조사 계획, 한국원자력연구소 (2010.12)

15. 원자력연료 가공시설 가동중 방사선환경조사 계획, 한전원자력연료(주) (2010.12)
16. 방사성폐기물처분장 방사선환경조사 계획, 월성원자력환경관리센터 (2010.12)
17. 원자력이용시설 주변 환경조사 및 평가보고서, KINS/AR-140 Vol 22, 한국 원자력안전기술원 (2011년)
18. 원자력이용시설 주변 환경조사 및 평가보고서, KINS/AR-140 Vol 21, 한국 원자력안전기술원 (2010년)
19. 원자력이용시설 주변 환경조사 및 평가보고서, KINS/AR-140 Vol 20, 한국 원자력안전기술원 (2009년)
20. 원자력이용시설 주변 환경조사 및 평가보고서, KINS/AR-140 Vol 19, 한국 원자력안전기술원 (2008년)
21. 원자력이용시설 주변 환경조사 및 평가보고서, KINS/AR-140 Vol 18, 한국 원자력안전기술원 (2007년)
22. 해양환경방사능조사, KINS/ER-092, Vol. 8, 한국원자력안전기술원(2012년)
23. 해양환경방사능조사, KINS/ER-092, Vol. 7, 한국원자력안전기술원(2011년)
24. 해양환경방사능조사, KINS/ER-092, Vol. 6, 한국원자력안전기술원(2010년)
25. 전국 환경방사능조사, KINS/ER-28, Vol. 44, 한국원자력안전기술원(2012년)
26. 전국 환경방사능조사, KINS/ER-28, Vol. 43, 한국원자력안전기술원(2011년)
27. 전국 환경방사능조사, KINS/ER-28, Vol. 42, 한국원자력안전기술원(2010년)
28. 원자력이용시설 주변 환경방사능 조사, KINS/HR-285 Vol 15. 한국원자력 안전기술원 (2011)
29. J. Harlay, HASL-300(1977)
30. 일본의 환경방사선 모니터링
31. 윤주용, 최석원, 김창규, 문종이, 노병환 "Distribution and characteristics of radioactivity(^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K , ^{137}Cs and ^{90}Sr) and radiation in Korea", 대한방사선방어학회지 30(4), 167-174 (2005)

부 록

2012년도 원자력이용시설 주변 환경방사선/능 측정자료

(한국원자력안전기술원 조사자료)

A-1. 2012년도 고리원전 주변(장안읍사무소)의 공간감마선량률 일일평균 자료

(단위 : $\mu\text{R/h}$)

월 일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	10.6	10.5	10.4	10.4	10.6	10.6	10.6	10.7	10.4	10.7	10.6	10.6
2	10.7	10.5	10.4	10.4	10.6	10.5	10.7	10.7	10.5	10.7	10.6	10.5
3	10.8	10.4	10.5	11.0	10.5	10.6	10.7	10.7	10.6	10.8	10.5	10.6
4	10.8	10.5	11.0	10.5	10.5	10.7	10.7	10.7	10.5	10.8	10.9	10.6
5	10.7	10.6	11.2	10.5	10.5	10.8	10.7	10.7	10.5	10.9	10.5	10.9
6	10.8	10.8	10.6	10.4	10.5	10.8	10.7	10.8	10.6	10.9	10.5	10.6
7	10.5	10.6	10.5	10.4	10.7	10.7	10.6	10.8	10.5	10.7	10.5	10.7
8	10.5	10.5	10.4	10.5	10.7	11.0	10.4	10.9	10.5	10.7	10.5	10.5
9	10.6	10.5	10.3	10.5	10.7	10.5	10.5	10.9	10.6	10.8	10.5	10.5
10	10.7	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.6	11.0	10.9	10.9	10.4	10.5
11	10.7	10.5	10.4	10.6	10.5	10.6	11.9	11.0	10.5	11.0	11.3	10.6
12	10.7	10.4	10.4	10.5	10.5	10.7	10.5	11.0	10.5	10.8	10.6	10.5
13	10.7	10.9	10.4	10.5	10.5	10.6	10.7	10.8	10.6	10.8	10.6	10.5
14	10.7	11.0	10.5	10.4	11.0	10.6	10.8	10.7	10.8	10.9	10.5	11.0
15	10.7	10.6	10.5	10.5	10.7	10.8	10.9	10.5	10.6	10.9	10.7	10.5
16	11.4	10.6	10.9	10.5	10.5	10.5	10.2	10.4	10.5	10.9	10.7	10.5
17	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.3	10.5	10.9	11.0	11.0	10.6
18	10.6	10.5	10.4	10.5	10.5	10.6	10.3	10.5	10.7	10.9	10.5	10.5
19	11.2	10.5	10.4	10.5	10.5	10.5	10.4	10.5	10.6	10.8	10.5	10.4
20	10.6	10.5	10.5	10.5	10.5	10.4	10.4	10.6	10.5	10.8	10.6	10.4
21	10.4	10.6	10.5	11.2	10.5	10.4	10.4	10.7	10.5	10.8	10.7	10.7
22	10.4	10.5	10.8	10.4	10.5	10.4	10.4	10.6	10.5	11.1	10.7	10.4
23	10.3	10.5	11.4	10.4	10.6	10.5	10.5	10.4	10.5	10.9	10.6	10.4
24	10.4	10.5	10.5	10.5	10.7	10.5	10.5	10.3	10.7	10.9	10.5	10.3
25	11.6	10.5	10.5	10.9	10.7	10.5	10.6	10.3	10.6	10.9	10.6	10.4
26	10.4	10.5	10.5	10.4	10.6	10.5	10.7	10.4	10.6	10.8	10.9	10.4
27	10.4	10.5	10.5	10.4	10.7	10.5	10.5	10.5	10.6	11.6	10.5	10.4
28	10.5	10.6	10.4	10.4	10.6	10.5	10.6	10.7	10.6	10.5	10.6	11.0
29	10.8	10.3	10.5	10.5	10.6	10.5	10.7	10.5	10.7	10.6	10.6	10.3
30	10.5		10.8	10.5	10.6	10.5	10.8	10.5	10.8	10.7	10.5	10.6
31	10.5		10.4		10.6		10.8	10.6		10.8		10.4
평균	10.7	10.5	10.6	10.5	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.8	10.6	10.5
편차	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
최대	11.6	11.0	11.4	11.2	11.0	11.0	11.9	11.0	10.9	11.6	11.3	11.0
최소	10.3	10.3	10.3	10.4	10.5	10.4	10.2	10.3	10.4	10.5	10.4	10.3

o) 표준편차로 평균의 변동폭

-) 통신장애 등으로 자료 미수집

A-2. 2012년도 월성원전 주변(양남면사무소)의 공간감마선량을 일일평균 자료

(단위 : $\mu\text{R/h}$)

월 일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	10.8	10.6	10.5	10.5	10.6	10.6	10.2	9.8	10.1	10.6	10.8	10.8
2	10.8	10.6	10.7	10.5	10.7	10.6	10.3	9.7	10.1	10.6	10.8	10.7
3	10.8	10.5	10.7	11.2	10.6	10.6	10.3	9.7	10.1	10.6	10.8	10.8
4	10.8	10.6	11.0	10.5	10.5	10.7	10.3	9.7	10.0	10.6	11.2	10.9
5	10.6	10.6	11.5	10.5	10.5	10.7	10.7	9.6	10.0	10.7	10.6	11.0
6	10.6	10.8	10.8	10.5	10.6	10.6	10.4	9.7	10.1	10.6	10.8	10.8
7	10.6	10.7	10.6	10.5	10.6	10.7	10.7	9.8	10.1	10.6	10.8	10.9
8	10.6	10.6	10.5	10.5	10.9	11.0	10.2	9.9	10.1	10.5	10.7	10.9
9	10.6	10.5	10.5	10.5	10.7	10.5	10.3	10.0	10.3	10.6	10.7	10.9
10	10.7	10.5	10.5	10.6	10.6	10.5	10.2	10.1	10.8	10.7	10.5	10.9
11	10.9	10.5	10.5	10.8	10.6	10.6	11.4	9.9	10.1	10.8	11.4	10.9
12	10.8	10.5	10.5	10.5	10.6	10.6	10.1	10.1	10.1	10.8	10.7	10.8
13	10.8	10.9	10.5	10.7	10.7	10.6	10.5	10.5	10.1	10.8	10.8	10.8
14	10.8	10.8	10.5	10.5	11.4	10.5	10.6	10.1	10.6	10.8	10.8	11.4
15	10.8	10.6	10.5	10.6	10.7	10.8	11.0	9.6	10.6	10.7	10.7	10.9
16	11.2	10.5	10.8	10.6	10.6	10.5	10.1	9.5	10.7	10.6	10.7	10.9
17	10.6	10.6	10.6	10.5	10.8	10.3	10.0	9.7	11.1	10.9	11.1	11.0
18	10.8	10.6	10.5	10.6	10.6	10.5	9.9	9.5	10.2	10.9	10.6	10.9
19	11.6	10.6	10.5	10.5	10.6	10.6	9.8	9.5	10.2	10.8	10.7	10.9
20	10.7	10.5	10.5	10.5	10.6	10.3	9.8	9.6	10.2	10.9	10.8	10.8
21	10.5	10.7	10.5	11.4	10.6	10.3	9.9	9.7	10.3	10.8	10.8	11.3
22	10.6	10.5	10.9	10.6	10.6	10.3	10.0	9.9	10.3	10.9	10.7	10.9
23	10.5	10.6	11.6	10.5	10.7	10.3	9.8	10.1	10.3	10.8	10.8	10.9
24	10.6	10.6	10.6	10.5	10.7	10.4	9.6	10.1	10.3	10.8	10.8	10.8
25	10.6	10.7	10.6	10.9	10.7	10.4	9.6	9.8	10.3	10.8	10.7	10.8
26	10.5	10.7	10.5	10.5	10.7	10.5	9.7	9.6	10.3	10.8	10.9	10.7
27	10.5	10.7	10.5	10.5	10.6	10.5	9.8	9.5	10.3	11.3	10.7	10.7
28	10.5	10.8	10.5	10.6	10.6	10.3	9.6	9.8	10.4	10.5	10.7	11.3
29	10.6	10.5	10.5	10.6	10.6	10.3	9.7	9.4	10.5	10.6	10.8	10.8
30	10.5		10.8	10.6	10.6	10.6	9.7	9.9	10.6	10.8	10.8	11.0
31	10.6		10.5		10.6		9.7	10.3		10.9		10.9
평균	10.7	10.6	10.7	10.6	10.7	10.5	10.1	9.8	10.3	10.7	10.8	10.9
편차	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
최대	11.6	10.9	11.6	11.4	11.4	11.0	11.4	10.5	11.1	11.3	11.4	11.4
최소	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.3	9.6	9.4	10.0	10.5	10.5	10.7

σ) 표준편차로 평균의 변동폭

A-3. 2012년도 영광원전 주변(홍농읍사무소)의 공간감마선량률 일일평균 자료

(단위 : $\mu\text{R/h}$)

월 일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	13.5	13.1	13.1	13.0	13.6	13.3	13.1	13.3	12.9	13.3	13.1	12.9
2	13.3	12.9	13.3	13.1	13.1	13.4	13.1	13.2	13.0	13.3	13.1	13.1
3	13.6	12.7	13.1	13.8	13.1	13.4	13.2	13.2	13.0	13.4	13.2	13.4
4	13.4	12.8	13.4	13.1	13.1	13.4	13.2	13.3	13.0	13.4	13.3	13.2
5	13.0	12.9	14.0	13.1	13.3	13.4	13.5	13.4	12.8	13.3	13.3	13.7
6	12.8	13.4	13.1	13.0	13.2	13.4	13.3	13.4	12.8	13.3	13.4	12.9
7	12.8	13.1	13.0	13.0	13.2	13.4	13.0	13.3	13.0	13.3	13.1	13.1
8	12.9	13.0	13.0	13.1	13.3	13.6	13.1	13.4	13.0	13.3	13.1	13.2
9	13.0	12.7	13.0	13.1	13.2	13.4	13.1	13.4	13.2	13.4	13.2	13.0
10	13.1	12.7	13.0	13.2	13.2	13.5	13.4	13.5	13.0	13.4	13.4	12.8
11	13.1	12.8	13.0	13.2	13.3	13.5	14.0	13.0	13.0	13.3	13.4	12.9
12	13.1	12.8	12.9	13.1	13.3	13.6	13.0	13.0	13.0	13.4	13.1	12.9
13	13.2	13.1	12.9	13.2	13.4	13.5	13.2	13.6	13.3	13.5	13.2	12.9
14	13.2	13.3	13.0	13.1	13.9	13.4	13.8	13.0	13.0	13.4	13.2	13.3
15	13.3	-	13.0	13.2	13.0	13.5	13.5	13.1	13.0	13.4	13.0	13.0
16	13.4	-	13.2	13.2	13.1	13.5	12.9	13.4	13.1	13.4	13.3	13.0
17	13.4	-	13.1	13.2	13.1	13.4	13.1	12.9	13.9	13.7	13.2	13.1
18	13.4	-	13.1	13.2	13.1	13.6	12.7	12.9	12.9	13.4	13.0	12.9
19	13.5	12.9	13.0	13.4	13.2	13.6	12.8	12.9	13.0	13.4	13.1	12.8
20	13.4	13.0	13.1	13.1	13.2	13.5	12.8	13.2	13.0	13.4	13.1	12.8
21	13.6	13.1	13.1	13.8	13.2	13.5	12.9	12.9	13.0	13.4	13.1	13.1
22	13.1	13.1	13.7	13.1	13.2	13.4	12.9	12.9	13.0	14.3	13.1	12.9
23	13.1	13.1	13.7	13.0	13.2	13.5	12.9	12.9	13.1	13.0	13.1	13.5
24	13.1	13.3	13.1	13.0	13.3	13.7	12.9	12.9	13.2	13.1	13.0	12.3
25	13.0	13.1	13.0	13.4	13.3	13.6	12.9	12.8	13.1	13.1	13.2	12.2
26	12.9	13.0	13.0	13.0	13.3	13.6	13.0	12.8	13.1	13.1	13.2	12.2
27	12.9	13.0	13.0	13.0	13.3	13.5	13.1	13.0	13.2	14.1	12.9	12.2
28	13.0	13.1	13.0	13.1	13.3	13.5	13.0	13.3	13.2	12.9	13.0	12.6
29	13.1	13.1	13.1	13.1	13.4	13.7	13.1	12.9	13.2	13.1	13.1	12.4
30	13.1		13.3	13.2	13.4	13.9	13.1	13.7	13.3	13.1	13.0	12.6
31	13.3		13.0		13.3		13.2	12.8		13.1		12.0
평균	13.2	13.0	13.1	13.2	13.3	13.5	13.1	13.1	13.1	13.3	13.1	12.9
편차	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.4
최대	13.6	13.4	14.0	13.8	13.9	13.9	14.0	13.7	13.9	14.3	13.4	13.7
최소	12.8	12.7	12.9	13.0	13.0	13.3	12.7	12.8	12.8	12.9	12.9	12.0

σ) 표준편차로 평균의 변동폭

-) 통신장애 등으로 자료 미수집

A-4. 2012년도 울진원전 주변(북면사무소)의 공간감마선량률 일일평균 자료

(단위 : $\mu\text{R/h}$)

월 일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	14.2	14.2	14.3	14.1	14.2	14.1	14.1	14.3	14.0	14.2	14.3	14.4
2	14.4	14.1	14.2	14.3	14.2	14.1	14.3	14.0	14.1	14.2	14.2	14.4
3	14.2	14.1	14.2	14.9	14.1	14.2	14.4	14.0	14.0	14.2	14.3	14.3
4	14.2	14.1	14.2	14.1	14.2	14.3	14.4	14.2	14.0	14.2	14.4	14.3
5	14.1	14.3	14.4	14.1	14.2	14.3	14.4	14.4	14.0	14.3	14.2	14.4
6	14.0	14.3	14.2	14.1	14.3	14.3	15.7	14.3	13.9	14.3	14.2	14.2
7	14.2	14.3	14.1	14.2	14.2	14.4	14.0	14.2	14.1	14.2	14.2	14.6
8	14.2	14.1	14.1	14.2	14.3	14.5	13.9	14.3	14.1	14.2	14.1	14.2
9	14.1	14.1	14.1	14.1	14.2	14.3	14.1	14.5	14.0	14.2	14.2	14.2
10	14.2	14.1	14.3	14.2	14.1	14.4	14.0	14.8	14.2	14.3	14.0	14.3
11	14.2	14.2	14.1	14.3	14.0	14.3	14.1	14.5	13.9	14.3	14.4	14.4
12	14.2	14.2	14.0	14.3	14.1	14.3	14.1	14.7	14.0	14.3	14.2	14.4
13	14.2	14.3	14.0	14.2	14.3	14.1	14.1	14.7	14.2	14.4	14.1	14.4
14	14.2	14.3	14.0	14.4	14.7	14.1	14.0	14.0	14.1	14.3	14.2	15.0
15	14.2	14.3	14.0	14.5	14.3	14.4	15.2	14.2	13.9	14.2	14.1	14.0
16	14.4	14.2	14.1	14.3	14.2	14.1	13.7	14.6	14.2	14.2	14.2	14.2
17	14.3	14.2	14.4	14.2	14.5	14.3	13.8	13.9	14.7	14.4	14.2	14.2
18	14.2	14.3	14.4	14.3	14.1	14.3	13.8	14.0	13.9	14.3	14.3	14.1
19	14.6	14.3	14.0	14.2	14.3	14.4	13.8	14.0	14.0	14.2	14.4	14.2
20	14.0	14.3	14.1	14.1	14.3	14.0	13.8	13.9	13.9	14.4	14.5	14.1
21	14.1	14.2	14.1	14.6	14.1	14.2	13.8	13.9	14.1	14.3	14.4	14.2
22	14.2	14.2	14.1	14.1	14.1	14.2	13.8	14.1	14.1	14.6	14.4	14.3
23	14.1	14.3	15.2	14.0	14.3	14.3	14.0	13.8	14.1	14.4	14.3	14.1
24	14.1	14.2	14.3	14.1	14.2	14.3	14.0	13.7	14.1	14.3	14.4	14.0
25	14.1	14.5	14.1	14.4	14.3	14.1	14.0	13.9	14.0	14.3	14.4	14.1
26	14.1	14.5	14.1	14.0	14.3	14.0	14.1	14.1	14.0	14.3	14.3	14.2
27	14.2	14.2	14.0	14.1	14.3	14.0	14.1	13.9	14.1	14.5	14.2	14.2
28	14.2	14.1	14.1	14.1	14.1	14.0	14.1	13.9	14.1	14.2	14.3	14.4
29	14.3	14.1	14.2	14.2	14.1	14.2	14.2	13.9	14.2	14.4	14.3	14.1
30	14.1		14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.4	14.3	14.3	14.3	14.1
31	14.3		14.0		14.1		14.2	13.8		14.4		14.0
평균	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.1	14.2	14.1	14.3	14.3	14.3
편차	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
최대	14.6	14.5	15.2	14.9	14.7	14.5	15.7	14.8	14.7	14.6	14.5	15.0
최소	14.0	14.1	14.0	14.0	14.0	14.0	13.7	13.7	13.9	14.2	14.0	14.0

σ) 표준편차로 평균의 변동폭

B-1. 2012년도 고리원전 주변의 공간집적선량 측정자료

분기 지점	2012년도 분기별 공간집적선량 (mSv/분기)				연간 집적선량 (mSv/년)	정상 변동범위 (mSv/분기)
	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기		
장안읍사무소	0.227±0.018	0.206±0.024	0.169±0.017	0.199±0.007	0.801	0.213 (0.179~0.239)
성창목장	0.188±0.026	0.169±0.012	0.150±0.027	0.179±0.012	0.686	0.183 (0.157~0.208)
좌천초교	0.208±0.014	0.187±0.016	0.183±0.018	0.208±0.019	0.786	0.203 (0.173~0.244)
철암초교	0.226±0.011	0.210±0.014	0.179±0.016	0.210±0.004	0.825	0.210 (0.145~0.242)
임량	0.208±0.006	0.192±0.001	0.187±0.010	0.212±0.024	0.799	0.186 (0.163~0.225)
울산대학교	0.254±0.004	0.242±0.014	0.181±0.024	0.217±0.015	0.894	0.236 (0.212~0.260)
직원사택	0.207±0.003	0.184±0.007	0.177±0.024	0.202±0.015	0.770	0.190 (0.168~0.232)
연산마을	0.194±0.007	0.172±0.005	0.175±0.008	0.197±0.010	0.738	0.180 (0.155~0.221)
비학	0.234±0.017	0.200±0.004	0.160±0.022	0.193±0.007	0.787	0.195 (0.161~0.245)
서생초교	0.200±0.002	0.187±0.008	0.135±0.012	0.174±0.007	0.696	0.190 (0.120~0.228)
명례초교	0.193±0.014	0.156±0.005	0.155±0.010	0.176±0.019	0.680	0.179 (0.153~0.215)
장안초교	0.214±0.011	0.180±0.010	0.132±0.002	0.188±0.007	0.714	0.195 (0.176~0.250)
평 균	0.213	0.190	0.165	0.196	0.765	
측정지점간 편차(1σ)	0.019	0.021	0.018	0.014	0.061	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 분기별 평균 (최소 ~ 최대).

B-2. 2012년도 월성원전 주변의 공간집적선량 측정자료

분기 지점	2012년도 분기별 공간집적선량 (mSv/분기)				연간 집적선량 (mSv/년)	정상 변동범위 (mSv/분기)
	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기		
양남면사무소	0.251±0.037	0.257±0.006	0.219±0.004	0.204±0.014	0.931	0.205 (0.175 ~ 0.233)
직원사택	0.237±0.025	0.210±0.019	0.194±0.015	0.184±0.009	0.825	0.182 (0.160 ~ 0.219)
기구리	0.242±0.029	0.206±0.012	0.205±0.008	0.191±0.005	0.844	0.206 (0.178 ~ 0.259)
나산초교	0.190±0.009	0.193±0.013	0.179±0.004	0.165±0.015	0.727	0.175 (0.151 ~ 0.218)
정수장	0.194±0.022	0.184±0.013	0.174±0.012	0.164±0.008	0.716	0.184 (0.153 ~ 0.221)
상봉	0.215±0.007	0.190±0.010	0.180±0.011	0.169±0.007	0.754	0.184 (0.162 ~ 0.220)
양북중학	0.222±0.031	0.222±0.029	0.201±0.015	0.186±0.007	0.831	0.203 (0.180 ~ 0.249)
대본초교	0.193±0.001	0.221±0.014	0.199±0.009	0.182±0.005	0.795	0.194 (0.173 ~ 0.226)
감포중학	0.233±0.008	0.220±0.007	0.218±0.016	0.202±0.013	0.873	0.217 (0.182 ~ 0.262)
나산	0.216±0.010	0.194±0.002	0.190±0.006	0.166±0.009	0.766	0.179 (0.153 ~ 0.230)
석읍초교	0.194±0.006	0.178±0.006	0.177±0.010	0.164±0.010	0.713	0.174 (0.155 ~ 0.205)
평 균	0.217	0.207	0.194	0.180	0.798	
측정지점간 편차(1σ)	0.021	0.022	0.015	0.014	0.067	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 분기별 평균 (최소 ~ 최대).

B-3. 2012년도 영광원전 주변의 공간집적선량 측정자료

분기 지점	2012년도 분기별 공간집적선량 (mSv/분기)				연간 집적선량 (mSv/년)	정상 변동범위 (mSv/분기)
	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기		
고창변전소	0.236±0.003	0.239±0.022	0.249±0.024	0.224±0.015	0.948	0.237 (0.203 ~ 0.277)
영광변전소	0.265±0.004	0.268±0.006	0.269±0.015	0.240±0.031	1.04	0.244 (0.219 ~ 0.284)
공음중학	0.282±0.006	0.274±0.001	0.266±0.014	0.292±0.007	1.11	0.265 (0.241 ~ 0.301)
법성출장소	0.275±0.012	0.257±0.006	0.269±0.032	0.253±0.004	1.05	0.265 (0.231 ~ 0.310)
홍농읍사무소	0.257±0.012	0.277±0.017	0.280±0.030	0.238±0.005	1.05	0.241 (0.215 ~ 0.273)
한전사택	0.231±0.015	0.251±0.030	0.227±0.016	0.187±0.006	0.896	0.226 (0.207 ~ 0.266)
몽냉기	0.224±0.004	0.249±0.011	0.252±0.014	0.214±0.009	0.939	0.242 (0.212 ~ 0.276)
가마미	0.219±0.004	0.247±0.025	0.245±0.013	0.191±0.006	0.902	0.213 (0.184 ~ 0.259)
홍농서초교	0.199±0.014	0.216±0.007	0.238±0.020	0.197±0.002	0.850	0.206 (0.184 ~ 0.250)
청경사택	0.206±0.007	0.215±0.009	0.214±0.004	0.208±0.014	0.843	0.208 (0.176 ~ 0.244)
석남초교	0.241±0.010	0.235±0.005	0.224±0.010	0.209±0.009	0.909	0.236 (0.216 ~ 0.280)
나성리	0.231±0.006	0.228±0.011	0.247±0.017	0.235±0.009	0.941	0.231 (0.213 ~ 0.283)
평 균	0.239	0.246	0.248	0.224	0.958	
측정지점간 편차(1σ)	0.025	0.020	0.019	0.029	0.084	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 분기별 평균 (최소 ~ 최대).

B-4. 2012년도 울진원전 주변의 공간집적선량 측정자료

분기 지점	2012년도 분기별 공간집적선량 (mSv/분기)				연간 집적선량 (mSv/년)	정상 변동범위 (mSv/분기)
	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기		
매화초교	0.202±0.004	0.206±0.001	0.206±0.012	0.221±0.031	0.835	0.209 (0.161 ~ 0.252)
온양초교	0.260±0.028	0.261±0.003	0.256±0.010	0.259±0.008	1.04	0.277 (0.234 ~ 0.315)
화성초교	0.248±0.011	0.282±0.008	0.268±0.012	0.251±0.012	1.05	0.267 (0.211 ~ 0.314)
신화리	0.234±0.013	0.248±0.014	0.242±0.007	0.242±0.004	0.966	0.257 (0.222 ~ 0.309)
부구교량	0.228±0.008	0.224±0.002	0.217±0.006	0.233±0.006	0.902	0.228 (0.185 ~ 0.274)
취수댐	0.254±0.015	0.251±0.023	0.251±0.013	0.265±0.013	1.02	0.246 (0.200 ~ 0.288)
부구초교	0.262±0.010	0.268±0.034	0.256±0.007	0.271±0.009	1.06	0.269 (0.213 ~ 0.326)
북면사무소	0.307±0.026	0.316±0.016	0.290±0.018	0.280±0.020	1.19	0.297 (0.246 ~ 0.345)
축천초교	0.236±0.007	0.245±0.012	0.229±0.002	0.217±0.004	0.927	0.256 (0.187 ~ 0.354)
호산초교	0.230±0.012	0.249±0.007	0.253±0.003	0.241±0.005	0.973	0.245 (0.202 ~ 0.286)
나곡리	0.265±0.021	0.299±0.014	0.281±0.013	0.285±0.018	1.13	0.261 (0.206 ~ 0.303)
죽변초교	0.220±0.001	0.226±0.012	0.225±0.022	0.239±0.007	0.910	0.229 (0.193 ~ 0.286)
평 균	0.246	0.256	0.248	0.250	1.00	
측정지점간 편차(1σ)	0.026	0.030	0.024	0.021	0.10	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 분기별 평균 (최소 ~ 최대).

B-5. 2012년도 대덕 원자력시설 주변의 공간집적선량 측정자료

지점 \ 분기	2012년도 분기별 공간집적선량 (mSv/분기)				연간 집적선량 (mSv/년)	정상 변동범위 (mSv/분기)
	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기		
원자력연 앞	0.255±0.012	0.267±0.017	0.261±0.002	0.211±0.016	0.994	0.251 (0.221 ~ 0.305)
회덕초교	0.264±0.013	0.267±0.011	0.254±0.020	0.215±0.006	1.00	0.266 (0.227 ~ 0.330)
충일고등	0.295±0.021	0.284±0.008	0.297±0.007	0.249±0.020	1.13	0.283 (0.247 ~ 0.336)
구죽초교	0.267±0.008	0.272±0.012	0.271±0.011	0.235±0.013	1.05	0.276 (0.224 ~ 0.330)
금성초교	0.241±0.006	0.249±0.007	0.242±0.003	0.210±0.008	0.942	0.242 (0.209 ~ 0.274)
대동초교	0.227±0.021	0.217±0.011	0.225±0.009	0.179±0.002	0.848	0.225 (0.198 ~ 0.285)
신탄진초교	0.311±0.018	0.309±0.005	0.329±0.013	0.275±0.015	1.22	0.315 (0.281 ~ 0.370)
영대초교	0.248±0.008	0.264±0.004	0.254±0.010	0.210±0.007	0.976	0.276 (0.243 ~ 0.346)
지족초교	0.273±0.021	0.276±0.023	0.301±0.007	0.262±0.013	1.11	0.282 (0.239 ~ 0.335)
감성초교	0.240±0.007	0.246±0.013	0.238±0.011	0.215±0.022	0.939	0.237 (0.214 ~ 0.294)
금남초교	0.262±0.003	0.271±0.018	0.259±0.028	0.236±0.019	1.03	0.261 (0.228 ~ 0.304)
충북대학	0.329±0.003	0.354±0.007	0.338±0.025	0.287±0.018	1.31	0.345 (0.302 ~ 0.401)
평 균	0.268	0.273	0.272	0.232	1.05	
측정지점간 편차(1σ)	0.029	0.032	0.034	0.030	0.12	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 분기별 평균 (최소 ~ 최대).

C-1. 2012년도 월성원전 주변 공기 중 ^3H 및 ^{14}C 방사능농도 분석자료

채집 지점 월	^3H (Bq/m ³)		^{14}C (Bq/g-C)	
	상봉	직원사택	상봉	직원사택
1월	0.152±0.004	0.361±0.005	0.238±0.010	0.239±0.008
2월	0.101±0.003	0.336±0.004	0.234±0.007	0.228±0.006
3월	0.651±0.008	0.673±0.008	0.251±0.006	0.240±0.006
4월	2.05±0.02	0.600±0.009	0.288±0.006	0.249±0.006
5월	1.61±0.02	0.816±0.012	0.266±0.006	0.248±0.006
6월	1.04±0.02	1.04±0.02	0.251±0.006	0.263±0.006
7월	2.46±0.04	0.774±0.021	0.279±0.006	0.255±0.006
8월	1.60±0.03	0.984±0.022	0.258±0.006	0.234±0.006
9월	0.865±0.013	0.409±0.010	0.267±0.006	0.274±0.006
10월	0.420±0.009	0.261±0.007	0.236±0.006	0.238±0.006
11월	0.415±0.008	0.257±0.006	0.235±0.006	0.236±0.006
12월	0.195±0.004	0.204±0.005	0.233±0.006	0.222±0.006
범위	0.101 ~ 2.46	0.204 ~ 1.04	0.233 ~ 0.288	0.222 ~ 0.274
평균	0.963	0.560	0.253	0.244
1σ	0.761	0.282	0.018	0.014
정상변동범위	2.06 (0.0950~11.7)	0.934 (0.0950~3.29)	0.267 (0.203~0.374)	0.252 (0.209~0.389)

σ) 표준편차로 평균의 변동폭

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대).

D-1. 2012년도 원자력이용시설 주변 빗물 중 ^3H 방사능농도 분석자료

(단위 : Bq/L)

채취 월	^3H 방사능 농도					
	신고리 ^{\$} 기상관측소	월성 ^{\$\$} 기상관측소	영광 기상관측소	울진 ^{**} 기상관측소	대덕 독신료	대덕 한성신학대*
1월	<1.57	21.7±0.8	71.1±1.2	<1.57	38.7±0.9	<1.74
2월	4.42±0.52	176±2	67.1±1.0	1.84±0.48	8.55±0.59	<1.46
3월	14.9±0.7	529±3	34.3±0.9	<1.75	3.65±0.61	<1.73
4월	7.78±0.61	653±3	18.1±0.7	1.90±0.54	<1.83	<1.74
5월	5.99±0.54	223±2	13.3±0.6	2.87±0.50	<1.33	<1.23
6월	3.06±0.58	77.7±1.2	12.8±0.7	<1.62	2.16±0.56	<1.67
7월	5.89±0.57	182±2	8.37±0.59	1.78±0.49	<1.50	<1.50
8월	7.23±0.66	119±1	18.3±0.8	<1.74	<1.86	<1.78
9월	4.70±0.61	32.6±0.9	3.85±0.60	3.78±0.58	3.83±0.59	<1.77
10월	4.84±0.57	307±2	29.2±0.9	<1.62	1.99±0.55	<1.70
11월	2.61±0.57	200±2	54.0±1.2	9.01±0.69	2.42±0.57	<1.79
12월	<1.40	346±2	47.2±0.9	<1.30	13.2±0.6	<1.29
범 위	<1.40 ~ 14.9	21.7 ~ 653	3.85 ~ 71.1	<1.30 ~ 9.01	<1.33 ~ 38.7	<1.23
연 평균	5.37	239	31.5	2.57	6.75	-
1σ	3.48	185	22.2	2.05	10.2	-
정상변동 범위	15.3 (1.40~60.3)	285 (25.3~834)	32.4 (3.33~105)	3.31 (<0.682~ 11.7)	3.98 (<0.699~ 21)	1.30 (<0.653~ 4.67)

σ) 표준편차로 평균의 변동폭,

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

*) 비교지점, **) 구기상관측소 지점

\$) 고리에서 신고리기상관측소로 지점변경(2011년도) \$\$) 월성기상관측소(폐기물저장고 지점임)

D-2. 2012년도 월성원전 Stack으로부터 거리별 빗물 중 ^3H 방사능농도 분석자료

(단위 : Bq/L)

채취월	채취 지점				
	직원사택	양남소방서	구남	대본3리	쌍용주유소
1	115±1	48.9±1.1	14.8±0.7	<1.66	<1.60
2	25.6±0.8	17.8±0.8	3.92±0.63	11.4±0.7	2.13±0.59
3	131±2	32.2±0.9	8.46±0.64	25.0±0.9	6.49±0.62
4	28.3±0.8	42.9±0.9	4.00±0.53	33.9±0.8	7.72±0.58
5	89.8±1.3	27.9±0.9	8.19±0.59	28.7±0.8	9.84±0.66
6	155±1	37.1±0.8	10.6±0.6	5.65±0.57	2.43±0.54
7	31.0±0.8	6.80±0.58	<1.49	12.5±0.6	4.59±0.56
8	16.1±0.7	3.80±0.52	15.9±0.7	4.99±0.52	<1.30
9	41.5±0.9	9.74±0.64	<1.61	2.73±0.55	<1.54
10	<1.24	2.77±0.46	<1.24	25.1±0.7	15.1±0.6
11	8.17±0.52	3.68±0.48	<1.27	1.72±0.45	<1.23
12	29.3±0.9	3.83±0.62	4.93±0.63	6.08±0.65	6.65±0.65
평균	56.0	19.8	6.37	13.3	5.05
1σ	50.1	16.4	5.00	11.2	4.13
최소	<1.24	2.77	<1.24	<1.66	<1.23
최대	155	48.9	15.9	33.9	15.1
정상변동 범위	97.0 (<1.44~332)	29.2 (<1.57~120)	7.38 (<0.747~23.8)	20.8 (<0.725~135)	8.73 (<0.688~40.9)

o) 표준편차로 평균의 변동폭

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

D-3. 2012년도 원자력이용시설 주변 지하수 중 방사능농도 분석자료

채취지역		시료 채취일	핵종별 방사능농도		정상변동범위	
			^{137}Cs (mBq/kg)	^3H (Bq/L)	^{137}Cs (mBq/kg)	^3H (Bq/L)
고리	길천	'12.02.29	<1.08	0.942±0.075	<0.790	0.962 (0.581 ~ 1.29)
		'12.07.12	<2.68	1.57±0.04		
	서생	'12.02.29	<1.48	1.43±0.08	<0.862	1.75 (1.44 ~ 3.14)
		'12.07.12	<1.33	1.71±0.05		
월성	대종천*	'12.01.30	<1.18	11.3±0.1	<0.486	1.98 (0.206 ~ 3.86)
		'12.07.31	<1.39	10.7±0.1		
	나아	'12.01.30	<1.28	0.362±0.048	<0.591	2.65 (0.196 ~ 13.7)
		'12.07.31	<0.959	0.765±0.039		
영광	나성리	'12.01.26	<1.31	0.957±0.059	<0.565	0.480 (0.400 ~ 0.673)
		'12.07.05	<1.07	0.625±0.035		
	양지1	'12.01.26	<1.58	0.940±0.056	<0.661	0.799 (0.422 ~ 0.930)
		'12.07.05	<0.990	1.01±0.04		
울진	부구	'12.02.02	<1.63	0.583±0.076	<0.583	0.767 (0.509 ~ 0.966)
		'12.07.18	<0.885	0.663±0.039		
	죽변	'12.02.02	<1.48	0.600±0.073	<0.518	0.901 (0.746 ~ 1.16)
		'12.07.18	<1.35	0.834±0.041		
대덕	동화울	'12.02.06	<1.59	<0.193	1.13 (<0.893 ~ 1.00)	0.669 (0.495 ~ 0.955)
		'12.07.27	<1.29	0.677±0.038		
	충남대앞	'12.02.06	<1.42	0.286±0.070	<0.823	0.486 (0.321 ~ 0.665)
		'12.07.27	<1.55	0.413±0.036		

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

*) 기존 시료채취지점 폐쇄(월성원자력환경관리센터 주변 우회도로 도로건설)로 2012년부터 인근 채취지점으로 변경

D-4. 2012년도 원자력이용시설 주변 지표수 중 방사능농도 분석자료

채취지역		시료 채취일	핵종별 방사능농도		정상변동범위	
			¹³⁷ Cs (mBq/L)	¹³¹ I (mBq/L)	¹³⁷ Cs (mBq/L)	¹³¹ I (mBq/L)
대덕	D-2	'12.02.06	<4.42	<4.55	<1.72	5.41 (<1.38~15.9)
		'12.04.24	<4.15	<5.72		
		'12.07.27	<3.09	<4.68		
		'12.10.18	<3.47	<9.43		

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

D-5. 2012년도 원자력이용시설 주변 빗물 중 방사능농도 분석자료

채취지역		시료 채취일	핵종별 방사능농도		정상변동범위	
			¹³⁷ Cs (mBq/L)	¹³¹ I (mBq/L)	¹³⁷ Cs (mBq/L)	¹³¹ I (mBq/L)
대덕	독신료	'12.01.31	<15.7	<23.5	5.73 (<0.793~5.48)	7.70 (<0.731~22.4)
		'12.02.29	<13.6	<40.1		
		'12.03.30	<2.19	<10.3		
		'12.04.30	<13.6	<40.1		
		'12.05.31	<7.43	<32.0		
		'12.06.29	<7.55	<26.0		
		'12.07.31	<1.84	<8.32		
		'12.08.31	<1.63	<6.08		
		'12.10.02	<2.92	<4.66		
		'12.10.31	<3.37	<5.0		
		'12.11.30	<2.91	<4.22		
		'12.12.31	<4.22	<6.50		

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대).

E-1. 2012년도 고리원전 주변 토양 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취지역		시료채취일	방사능농도 (Bq/kg-dry)		정상변동범위 (Bq/kg-dry)	
			¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	
고리원전 주변지역	임랑	'12.04.12	11.1±0.4	436±10	8.74 (<1.42~12.2)	
		'12.10.11	7.33±0.32	363±9		
	서생	'12.04.12	2.05±0.16	934±16	2.19 (<1.15~3.15)	
		'12.10.11	2.54±0.18	978±15		
	신암	'12.04.12	<1.73	544±11	1.70 (<0.854~1.34)	
		'12.10.11	<1.64	641±11		
	전시관	'12.04.12	<1.17	670±12	1.76 (<0.982~1.59)	
		'12.10.11	<1.88	697±11		
	좌천	'12.04.12	2.42±0.32	794±19	2.39 (<1.04~3.86)	
		'12.10.11	<1.73	919±16		
	평균			3.36	698	
	1σ*			3.07	200	
	최소			<1.17	363	
	최대			11.1	978	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

*) 지역평균의 표준편차(채취지점간 편차)로 <MDA인 값의 경우 MDA 값으로 계산

E-2. 2012년도 월성원전 주변 토양 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취지역		시료채취일	방사능농도 (Bq/kg-dry)		평상변동범위 (Bq/kg-dry)
			¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
월 성 원 전 주 변 지 역	폐기물저장고	'12.04.30	<1.59	755±12	1.75 (<1.07~1.92)
		'12.10.30	<1.97	709±11	
	읍천	'12.04.30	2.58±0.34	629±18	2.41 (<1.46~3.82)
		'12.10.30	2.37±0.20	659±13	
	후문서편	'12.04.30	<1.69	566±11	3.49 (1.17~19.4)
		'12.10.30	<1.25	567±10	
	나아	'12.07.31	8.13±0.47	527±14	10.9 (3.30~25.8)
		-	-	-	
	상봉	'12.04.30	<1.80	714±10	2.11 (<0.910~4.05)
		'12.10.30	<1.26	675±11	
	직원사택	'12.04.30	<1.27	547±11	1.88 (<0.638~1.73)
		'12.10.30	<2.38	690±14	
평균			2.39	640	
1σ*			1.87	74	
최소			<1.25	527	
최대			8.13	755	

주) 평상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기, -) 조사계획에 의거 미분석

*) 지역평균의 표준편차(채취지점간 편차)로 <MDA인 값의 경우 MDA 값으로 계산

E-3. 2012년도 영광원전 주변 토양 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취지역		시료채취일	방사능농도 (Bq/kg-dry)		정상변동범위 (Bq/kg-dry)
			¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
영 광 원 전 주 변 지 역	홍농읍사무소	'12.04.09	<1.88	865±16	2.12 (<1.00~1.55)
		'12.10.05	<1.94	1020±20	
	발전소정문	'12.04.09	<1.71	799±14	<0.912
		'12.10.05	<2.74	827±16	
	홍농남초교	'12.04.09	<3.26	536±17	1.74 (1.08~1.15)
		'12.10.05	<1.81	620±11	
	몽냉기	'12.04.09	<2.34	682±13	3.13 (<0.966~9.44)
		'12.10.05	1.30±0.17	693±11	
	상하초교	'12.04.09	<2.16	686±13	2.01 (1.06~<3.29)
		'12.10.05	<3.28	807±16	
평균			2.24	754	
1σ*			0.63	131	
최소			1.30	536	
최대			<3.28	1020	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

*) 지역평균의 표준편차(채취지점간 편차)로 <MDA인 값의 경우 MDA 값으로 계산

E-4. 2012년도 울진원전 주변 토양 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취지역		시료채취일	방사능농도 (Bq/kg-dry)		평상변동범위 (Bq/kg-dry)
			¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
울진원전 주변지역	나곡리	'12.04.19	3.87±0.23	755±13	1.68 (0.822~<2.80)
		'12.10.15	<1.52	750±14	
	화성초교	'12.04.19	<3.31	962±16	2.19 (<1.15~3.07)
		'12.10.15	2.97±0.29	893±14	
	주인초교	'12.07.18	<2.56	849±15	2.06 (1.13~1.51)
		-	-	-	
	취수구	'12.04.19	<1.57	662±12	<1.08
		'12.10.15	<2.71	951±16	
	신화리	'12.04.19	7.81±0.36	886±14	2.03 (<1.44~2.16)
		'12.10.15	<2.08	976±13	
	부구교량	'12.04.19	<2.63	726±13	3.01 (<1.45~6.11)
		'12.10.15	<2.11	672±11	
	한전사택	'12.07.18	<3.30	1030±20	<1.09
		-	-	-	
평균			3.04	843	
1σ			1.59	121	
최소			<1.52	662	
최대			7.81	1030	

주) 평상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기, -) 조사계획에 의거 미분석

*) 지역평균의 표준편차(채취지점간 편차)로 <MDA인 값의 경우 MDA 값으로 계산

E-5. 2012년도 대덕 원자력이용시설 주변 토양 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취지역		시료채취일	방사능농도 (Bq/kg-dry)		정상변동범위 (Bq/kg-dry)
			¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
대전 주변 지역	관평리	'12.04.24	<1.43	875±11	<1.20
		'12.10.18	<1.86	1080±10	
	기숙사앞	'12.04.24	2.56±0.19	958±12	2.46 (<1.12~4.73)
		'12.10.18	3.21±0.22	870±14	
	충남대	'12.04.24	<1.89	1250±20	1.75 (<0.578~1.87)
		'12.10.18	<2.00	1210±10	
	구즉초교	'12.04.24	<1.85	1060±10	1.82 (<0.980~1.34)
		'12.10.18	<2.18	1080±10	
	감성초교	'12.04.24	<1.55	674±11	2.04 (<1.65~2.80)
		'12.10.18	1.63±0.19	692±10	
평균			2.02	975	
1σ*			0.50	188	
최소			<1.43	674	
최대			3.21	1250	

주) 평상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

*) 지역평균의 표준편차(채취지점간 편차)로 <MDA인 값의 경우 MDA 값으로 계산

E-6. 2012년도 원전주변 토양 중 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 농도 및 Pu 원자비 분석자료

채취장소		시료 채취일	$^{238}\text{Pu}(\text{mBq/kg.dry})$		$^{239+240}\text{Pu}(\text{Bq/kg.dry})$		Pu 원자비 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)	
			방사 능 농도	정상변동 범위 ^{주1)}	방사능 농도	정상변동 범위 ^{주1)}	원자 비	정상변 동 범위 ^{주1)}
고 리	임랑	'12.04.12	10.6 ±2.5	23.3 (12.4~38.9)	0.425 ±0.056	0.291 (0.00655~0.374)	0.179 ±0.002	0.176~ 0.23
	전시관	'12.04.12	<5.06	17.0 (4.81~23.7)	0.00731 ±0.00223	0.0281 (0.00938~0.0417)	0.172 ±0.014	0.175~ 0.230
월 성	나아	'12.07.31	16.4 ±3.4	13.3 (<4.02~21.0)	0.310 ±0.041	0.359 (0.100~0.655)	0.177 ±0.003	0.176~ 0.191
	상봉	'12.04.30	<3.77	16.6 (<4.24~33.0)	0.00712 ±0.00195	0.0532 (<0.00183~0.0953)	0.175 ±0.015	0.170 ~0.200
영 광	몽냉기	'12.04.09	<3.61	17.2 (4.84~36.7)	0.0229 ±0.0042	0.136 (0.0397~0.254)	0.171 ±0.007	0.160~ 0.19
	홍농남 초교	'12.04.09	<3.44	7.52 (5.58~11.1)	0.0103 ±0.0024	0.0194 (0.00528~0.0468)	0.181 ±0.006	0.16~ 0.181
울 진	한전 사택	'12.07.18	<5.65	8.10 (<6.28~12.1)	0.0276 ±0.0055	0.0170 (<0.00484~0.0343)	0.165 ±0.002	0.174~ 0.23
	주인 초교	'12.07.18	27.2 ±4.9	9.79 (<5.11~9.35)	0.0143 ±0.0031	0.0274 (0.00569~0.0604)	0.165 ±0.007	0.171~ 0.19
대 덕	기숙사 앞	'12.04.24	<9.02	10.7 (<6.21~17.4)	0.0822 ±0.0139	0.0494 (0.0118~0.0894)	0.174 ±0.006	0.170~ 0.180
	충남대	'12.04.24	<3.61	13.2 (4.56~25.2)	0.0112 ±0.0026	0.0301 (0.00898~0.0416)	0.176 ±0.006	0.17~ 0.19

주1) 정상변동범위: 최근 5년간('07~'11)의 평균(최소~최대)이며 결과치가 <MDA 경우 MDA 값으로 계산. 만약, 결과치가 모두 <MDA인 경우 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

E-7. 2012년도 원전주변 토양 중 ^{90}Sr 농도 분석자료

채취 장소		시료채취일	^{90}Sr (Bq/kg.dry)	
			방사능농도	정상변동범위
고리	임랑	'12.04.12	1.29±0.06	0.794(0.280~1.19)
	전시관	'12.04.12	0.720±0.062	0.294(<0.185~0.313)
월성	나아	'12.07.31	2.19±0.09	2.54(1.21~4.36)
	상봉	'12.04.30	0.653±0.040	0.890(0.338~1.04)
영광	몽냉기	'12.04.09	0.608±0.037	0.742(0.387~1.59)
	홍농남초교	'12.04.09	0.519±0.035	0.401(<0.199~0.917)
울진	한전사택	'12.07.18	0.572±0.040	0.353(<0.162~0.970)
	주인초교	'12.07.18	0.307±0.026	<0.172
대덕	기숙사앞	'12.04.24	0.566±0.040	0.286(0.237~<0.384)
	충남대	'12.04.24	0.577±0.043	0.230(<0.191~0.353)

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료 평균(최소~최대), 결과치가 <MDA인 자료는 MDA 값으로 계산

E-8. 2012년도 대덕원자력이용시설 주변 토양 중 우라늄 동위원소 농도 분석자료

채취장소		시료채취일	방사능농도			
			^{238}U (Bq/kg-dry)	^{235}U (Bq/kg-dry)	^{234}U (Bq/kg-dry)	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratio
대 덕	기숙사앞	'12.04.246	42.7±1.5	1.69±0.23	40.9±1.5	0.0396
		평상변동범위	28.2 (22.2~38.7)	1.25 (0.911~1.49)	29.1 (20.1~40.7)	0.0394 (0.0297~ 0.0573)
	충남대	'12.04.24	35.8±1.3	1.21±0.19	34.5±1.3	0.0338
		평상변동범위	34.4 (22.3~42.2)	1.42 (<1.16~1.58)	36.7 (22.1~42.8)	0.0402 (0.0328~ 0.0476)
	구즉초교	'12.04.24	78.2±2.3	3.11±0.30	77.1±2.2	0.0398
		평상변동범위	36.3 (25.1~47.9)	1.28 (0.881~1.56)	38.0 (28.5~49.0)	0.0360 (0.0280~ 0.0436)

주) 평상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료 평균(최소~최대)

F-1. 2012년도 원전주변 곡류(쌀) 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취장소		시료 채취일	방사능농도			정상변동범위
			^{137}Cs (mBq/kg-fresh)	^{40}K (Bq/kg-fresh)	^7Be (Bq/kg-fresh)	^{137}Cs (mBq/kg-fresh)
고리	서생	'12.10.12	<15.5	26.5±0.2	<0.244	<11.5
	월래	'12.10.12	<14.6	22.2±0.2	<0.237	<5.36
월성	나아	'12.10.30	51.6±2.3	25.0±0.2	<0.117	<8.41
	대중천	'12.10.30	<16.6	24.9±0.2	<0.197	28.2(12.2~80.2)
영광	양지1	'12.10.05	<14.3	26.5±0.3	<0.216	<12.9
	몽내기	'12.10.05	<16.2	28.9±0.2	<0.255	<7.25
울진	부구	'12.10.15	<15.8	30.2±0.2	<0.233	16.0(<10.9~25.8)
	울진	'12.10.15	<19.7	28.9±0.3	<0.294	<6.38
대덕	구죽	'12.10.18	<15.8	28.2±0.3	<0.231	<12.0
	동화울	'12.10.18	<19.5	27.5±0.3	<0.291	<11.8

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

F-2. 2012년도 원전주변 채소류(배추) 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취장소		시료 채취일	방사능농도			정상변동범위
			^{137}Cs (mBq/kg-fresh)	^{40}K (Bq/kg-fresh)	^7Be (Bq/kg-fresh)	^{137}Cs (mBq/kg-fresh)
고리	서생	'12.10.12	<28.4	65.6±0.6	<0.406	<21.6
	월래	'12.10.12	<23.3	56.4±0.8	<0.361	<16.6
월성	나아	'12.10.30	<34.9	91.8±0.7	0.882±0.046	<8.41
	대중천	'12.10.30	<21.2	61.7±0.5	0.285±0.028	<15.1
영광	양지1	'12.10.05	<41.0	98.9±0.9	0.617±0.069	<15.8
	몽내기	'12.10.05	<35.6	85.4±0.7	0.486±0.054	<20.5
울진	부구	'12.10.15	<34.7	86.4±0.7	<0.802	<8.97
	울진	'12.10.15	<41.5	71.5±0.9	<0.668	<10.1
대덕	구죽	'12.10.18	<34.1	79.7±0.6	<0.524	<20.4
	동화울	'12.10.18	<28.2	78.0±1.1	<0.428	<19.8

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

G-1. 2012년도 원전주변 우유 중 감마동위원소 및 ^{90}Sr 방사능농도 분석자료

채취장소		시료 채취일	방사능농도			정상변동범위 (mBq/kg-fresh)	
			^{137}Cs (mBq/kg-fresh)	^{40}K (Bq/kg-fresh)	^{90}Sr (mBq/kg-fresh)	^{137}Cs	^{90}Sr
고리	수효암 목장	'12.02.10	<21.1	39.5±0.4	6.18±1.17	23.5 (<14.0~ 23.4)	8.29 (<3.49~ 12.6)
		'12.04.12	31.3±2.8	37.2±0.5	-		
		'12.07.13	<45.7	45.5±0.5	<3.47		
		'12.10.12	<23.6	43.0±0.4	-		
월성	용동목장 ***	'12.01.30	<25.6	44.5±0.4	4.09±0.99	22.6 (<10.4~ 23.5)	7.21 (4.15~ 12.3)
		'12.04.30	<27.0	45.4±0.6	-		
		'12.07.31	<21.8	36.6±0.4	<3.12		
		'12.10.30	<15.9	45.3±0.4	-		
영광	하늬목장 ***	'12.01.26	<26.4	46.4±0.5	2.86±0.95	24.0 (<2.65~ 22.8)	9.41 (<3.19~ 16.4)
		'12.04.09	<23.2	49.2±0.6	-		
		'12.07.05	<28.8	45.1±0.6	6.90±1.14		
		'12.10.05	<32.9	44.7±0.5	-		
울진	청곡목장	*				-	-
		*					
		*					
		*					

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

-) 조사계획에 의거 미분석, *) 목장폐쇄로 시료채취 불가

**) 목장폐쇄로 2010년 지점변경 (도장곡목장 → 용동목장)

***) 목장폐쇄로 2011년 지점변경 (백동목장 → 하늬목장)

G-2. 2012년도 월성원전주변(용동 목장) 우유 중 ^3H 및 ^{14}C 방사능농도 분석자료

구분	시료 채취일	^3H 방사능농도(Bq/L)		^{14}C 방사능농도 (Bq/g-C)
		TFWT	TBT	
1월	'12.01.30	<1.78	<1.70	0.234±0.006
2월	'12.02.28	<1.74	3.83±0.78	0.227±0.006
3월	'12.03.29	<1.68	2.30±0.61	0.247±0.006
4월	'12.04.30	1.68±0.54	2.95±0.58	0.220±0.005
5월	'12.05.30	1.83±0.53	<1.33	0.236±0.006
6월	'12.06.28	2.81±0.60	2.63±0.60	0.240±0.006
7월	'12.07.31	2.68±0.51	3.27±0.55	0.222±0.006
8월	'12.08.31	<1.35	3.93±0.52	0.224±0.006
9월	'12.09.27	2.01±0.48	3.62±0.55	0.218±0.006
10월	'12.10.30	1.83±0.49	2.53±0.52	0.218±0.006
11월	'12.11.29	2.21±0.54	13.4±0.9	0.228±0.006
12월	'12.12.27	6.09±0.63	4.21±0.60	0.242±0.006
평균		2.31	3.81	0.230
1σ		1.21	3.02	0.010
최소		<1.35	<1.33	0.218
최대		6.09	13.4	0.247
정상변동범위		4.14 (<1.35~10.7)	5.17 (<0.664~18.5)	0.234 (0.211~0.268)

σ) 표준편차로 평균의 변동폭

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대).

기구리목장('07년~'08년) 및 도장곡목장의 자료 ('09년)

주) 목장폐쇄로 2010년 1월 지점변경 (도장곡목장 → 용동목장)

G-3. 2012년도 대덕주변 우유 중 감마동위원소 및 ^{90}Sr 방사능농도 분석자료

구분	시료 채취일	방사능농도			정상변동범위 (mBq/kg-fresh)	
		^{137}Cs (mBq/kg-fresh)	^{40}K (Bq/kg-fresh)	^{90}Sr (mBq/kg-fresh)	^{137}Cs	^{90}Sr
1월	'12.01.31	<26.3	45.5±0.4	6.06±1.05	25.5 (11.9~ 38.9)	9.81 (3.51~ 13.1)
2월	'12.02.06	22.5±2.6	44.5±0.4	-		
3월	'12.03.26	<27.7	45.5±0.5	-		
4월	'12.04.24	23.9±2.6	46.4±0.4	-		
5월	'12.05.21	<26.3	48.3±0.5	-		
6월	'12.06.22	<26.1	48.2±0.5	-		
7월	'12.07.27	<22.9	42.4±0.4	4.91±1.18		
8월	'12.08.23	<23.0	43.9±0.4	-		
9월	'12.09.21	<11.6	18.4±0.2	-		
10월	'12.10.18	14.1±2.5	44.2±0.4	-		
11월	'12.11.19	<20.9	45.8±0.4	-		
12월	'12.12.12	<24.2	43.6±0.4	-		
평균		22.5	43.1	5.48		
1σ		4.7	7.6	0.58		
최소		<11.6	18.4	4.91		
최대		<27.7	48.3	6.06		

σ) 표준편차로 평균의 변동폭으로 <MDA인 값의 경우 MDA 값으로 계산

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

-) 조사계획에 의거 미분석

H-1. 2012년도 원자력이용시설주변 해저퇴적물(하천토양) 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취장소		시료채취일	방사능농도 (Bq/kg-dry)		평상변동범위 (Bq/kg-dry)
			¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
고리	#1,2취수구	'12.04.13	<1.32	421±9	1.32(0.869~1.91)
		'12.10.12	1.31±0.16	570±10	
	#3,4취수구	'12.04.13	<1.26	386±9	1.50(1.07~1.90)
		'12.10.12	1.88±0.17	640±11	
	#1배수구	'12.04.13	<1.71	135±7	1.55(<0.961~2.30)
		'12.10.12	<1.72	343±9	
	#2배수구	'12.04.13	<1.60	357±8	1.25(0.908~1.28)
		'12.10.12	<1.34	387±9	
	#4배수구	'12.04.13	<0.868	322±8	1.38(<0.783~2.29)
		'12.10.12	<1.16	432±9	
신고리	#1,2취수구	'12.04.13	2.36±0.21	740±12	2.12(<1.35~2.88)
		'12.10.12	2.63±0.23	688±12	
	#1,2배수구	'12.04.13	<1.29	514±11	1.90(<1.46~2.32)
		'12.10.12	<2.07	711±14	
	#3,4취수구	'12.04.13	<1.80	532±9	-
		'12.10.12	2.33±0.21	694±12	
	#3,4배수구	'12.04.13	<2.14	572±17	-
		'12.10.12	<0.839	736±11	
월성	취수구	'12.05.25	<1.02	681±11	1.93(<0.874~4.23)
		'12.11.28	<1.05	606±10	
	배수구	'12.04.30	<0.712	809±14	1.29(<0.718~1.49)
		'12.10.30	<2.66	780±16	
	배수구2	'12.04.30	<1.50	813±10	1.22(0.845~0.990)
		'12.10.30	<1.03	762±11	
신월성	#1,2취수구	'12.05.05	<2.00	749±13	<1.18
		'12.11.28	<1.29	727±11	
	#1,2배수구	'12.05.05	<1.40	694±10	<0.906
		'12.11.28	<1.45	742±10	
영광	취수구	'12.04.24	<2.95	727±17	1.45(0.751~1.77)
		'12.10.22	1.63±0.19	770±12	
	배수구1	'12.04.24	<1.58	747±11	1.46(0.847~1.54)
		'12.10.22	1.57±0.17	761±11	
울진	취수구	'12.04.19	<1.48	823±11	1.56(0.818~1.65)
		'12.10.15	<1.79	911±14	
	배수구1	'12.04.19	<1.31	853±10	1.25(<0.646~1.23)
		'12.10.15	<1.44	989±12	
대덕	동화울	'12.04.24	<2.22	1070±20	<0.891
		'12.10.18	<1.79	1030±10	
	D-2	'12.04.24	<1.37	933±16	1.39(0.860~1.01)
		'12.10.18	<1.32	784±11	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('06~'10) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기, 주) 신고리의 환경방사능조사는 2010년도(#12부지), 2012년도(#34부지)처음 실시됨, 신월성#12부지는 2011년도 처음 실시됨,

H-2. 2012년도 원전주변 해저퇴적물(하천토양) 중 ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 Pu원자비 분석자료

채취장소		시료 채취일	^{238}Pu (mBq/kg-dry)		$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg-dry)		Pu원자비 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)	
			방사능 농도	정상변동 범위	방사능 농도	정상변동 범위	원자비	정상변 동범위
고리	#1,2 취수구	'12.04.13	<3.72	23.9 (5.60~54.7)	0.265 ± 0.035	0.334 (0.0791~0.483)	0.234 ± 0.002	0.235~ 0.27
	#3,4 취수구	'12.04.13	5.40 ± 1.77	34.4 (23.4~49.7)	0.276 ± 0.037	0.373 (0.161~0.540)	0.233 ± 0.004	0.237~ 0.28
	#1배수구	'12.04.13	<3.56	28.6 (10.5~47.3)	0.312 ± 0.041	0.307 (0.205~0.473)	0.242 ± 0.007	0.21~ 0.26
	#2배수구	'12.04.13	<3.53	17.4 (<6.86~37.8)	0.277 ± 0.037	0.271 (0.130~0.403)	0.236 ± 0.009	0.236~ 0.250
	#4배수구	'12.04.13	6.75 ± 1.90	22.3 (<8.70~41.8)	0.483 ± 0.063	0.307 (0.197~0.546)	0.246 ± 0.002	0.230~ 0.263
신고리 1,2 ^{주2)}	취수구	'12.04.13	9.75 ± 2.32	(4.24)	0.568 ± 0.074	(0.280)	0.233 ± 0.004	(0.244)
	배수구	'12.04.13	<4.12	29.3 (17.1~41.5)	0.248 ± 0.033	0.423 (0.365~0.480)	0.240 ± 0.003	0.231~ 0.238
신고리 3,4 ^{주3)}	취수구	'12.04.13	12.4 ± 2.7	-	0.560 ± 0.073	-	0.235 ± 0.003	-
	배수구	'12.04.13	13.2 ± 2.8	-	0.579 ± 0.076	-	0.234 ± 0.003	-
월성	취수구	'12.05.25	4.49 ± 1.47	22.4 (3.21~60.9)	0.244 ± 0.033	0.227 (0.0399~0.411)	0.231 ± 0.002	0.229~ 0.25
	배수구	'12.04.30	<3.16	10.3 (<5.44~26.5)	0.0478 ± 0.0074	0.0845 (0.0407~0.222)	0.234 ± 0.004	0.230~ 0.25
	배수구2	'12.04.30	<3.21	16.9 (4.91~41.4)	0.0611 ± 0.0091	0.111 (0.0328~0.382)	0.234 ± 0.007	0.234~ 0.27
신월성 ^{주4)}	취수구	'12.05.25	<3.37	(21.8)	0.140 ± 0.019	(0.0418)	0.244 ± 0.002	(0.235)
신월성 ^{주4)}	배수구	'12.05.25	<3.37	(10.6)	0.112 ± 0.016	(0.0739)	0.243 ± 0.003	(0.241)
영광	취수구	'12.04.24	<4.24	10.6 (<8.53~14.1)	0.0956 ± 0.0140	0.150 (0.0724~0.241)	0.208 ± 0.002	0.207~ 0.252
	배수구1	'12.04.24	<4.27	17.7 (9.67~33.9)	0.118 ± 0.017	0.122 (0.0750~0.254)	0.202 ± 0.009	0.20~ 0.262
울진	취수구	'12.04.19	<3.52	12.7 (6.52~23.6)	0.0826 ± 0.0120	0.166 (0.0688~0.395)	0.238 ± 0.003	0.223~ 0.25
	배수구1	'12.04.19	5.13 ± 1.57	8.87 (<4.24~10.6)	0.203 ± 0.028	0.129 (0.123~0.139)	0.241 ± 0.004	0.22~ 0.286
대덕	동화울	'12.04.24	<4.06	13.0 (<2.80~23.6)	0.00586 ± 0.00179	0.00662 (<0.00280~0.00927)	0.169 ± 0.020	0.16~ 0.21
	D-2	'12.04.24	<4.84	11.5 (5.29~21.5)	0.00860 ± 0.00242	0.0118 (<0.00590~0.0273)	-	0.17~ 0.20

주1) 정상변동범위: 최근 5년간('07~'11)의 평균(최소~최대)이며 결과치가 <MDA 경우 MDA 값으로 계산. 만약, 결과치가 모두 <MDA인 경우 MDA중에서 최소값을 <MDA로 표기

주2) 신고리부지의 1,2 취수구 및 1,2 배수구의 환경방사능조사는 각각 2011년, 2010년도에 처음 실시되었으며, 배수구지점의 정상변동범위는 2010년도의 1개 조사결과로서 나타냄.

주3) 신고리부지의 3,4 취수구 및 3,4 배수구의 환경방사능조사는 2012년 처음 실시됨.

주4) 신월성부지의 환경방사능조사는 2011년도 처음 실시됨.

H-3. 2012년도 원전주변 해저퇴적물(하천토양) 중 ^{90}Sr 방사능농도 분석자료

채취장소		시료채취일	^{90}Sr (Bq/kg.dry)	
			방사능농도	정상변동범위
고리	#1,2취수구	'12.04.13	0.278±0.052	0.228(<0.0920~0.598)
	#3,4취수구	'12.04.13	<0.185	0.159(<0.127~0.234)
	#1배수구	'12.04.13	0.157±0.041	0.351(<0.114~0.994)
	#2배수구	'12.04.13	<0.244	0.229(<0.120~0.132)
	#4배수구	'12.04.13	<0.101	0.202(<0.110~0.426)
신고리	#1,2취수구	'12.04.13	<0.101	0.118*
	#1,2배수구	'12.04.13	<0.151	0.113(0.111~0.115)
	#3,4취수구	'12.04.13	<0.122	-
	#3,4배수구	'12.04.13	<0.110	-
월성	취수구	'12.05.25	<0.0900	0.272(0.117~<0.546)
	배수구	'12.04.30	<0.0970	<0.0740
	배수구2	'12.04.30	<0.113	0.210(0.124~<0.303)
신월성	#1,2취수구	'12.05.25	<0.144	0.110*
	#1,2배수구	'12.05.25	<0.137	<0.112*
영광	취수구	'12.04.24	<0.109	<0.0920
	배수구1	'12.04.24	<0.110	0.231(0.143~<0.352)
울진	취수구	'12.04.19	<0.144	<0.127
	배수구1	'12.04.19	<0.104	<0.101
대덕 ^{&)}	동화울	'12.04.24	<0.127	0.331(<0.158~0.606)
	D-2	'12.04.24	0.163±0.041	0.213(0.165~0.278)

주)정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료 평균(최소~최대), <MDA인 자료는 MDA 값으로 통계처리, &) 하천토양, *) 2011년도 1개 자료임.

주)신고리의 환경방사능조사는 2010년도(#12부지), 2012년도(#34부지)처음 실시됨, 신월성#12부지는 2011년도 처음 실시됨,

H-4. 2012년도 대덕원자력이용시설 주변 하천토양 중 우라늄 동위원소 농도 분석자료

채취장소		시료채취일	방사능농도			
			^{238}U (Bq/kg-dry)	^{235}U (Bq/kg-dry)	^{234}U (Bq/kg-dry)	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratio
대덕	동화울	'12.04.24	42.7±2.1	1.87±0.36	43.5±2.1	0.0438
		평상변동 범위	39.7 (21.5~84.4)	1.87 (<0.901~ 3.39)	42.1 (18.9~85.9)	0.0486 (0.0402~0.0626)
	D-2	'12.04.24	29.8±1.4	1.57±0.26	30.1±1.4	0.0527
		평상변동 범위	41.9 (17.8~83.9)	1.53 (<1.16~2.67)	42.1 (18.2~83.5)	0.0372 (0.0317~0.0459)

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대).

I-1. 2012년도 원전주변 해수 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취장소		시료 채취일	방사능농도		정상변동범위	
			¹³⁷ Cs (mBq/kg)	⁶⁰ Co (mBq/kg)	¹³⁷ Cs (mBq/kg)	⁶⁰ Co (mBq/kg)
고리	#1,2취수구	'12.02.10	1.55±0.13	-	1.64 (<1.14~2.30)	-
		'12.04.12	<2.38	-		
		'12.07.13	<1.41	-		
		'12.10.12	1.36±0.14	-		
	#3,4취수구	'12.02.10	1.70±0.15	-	1.83 (<1.30~2.28)	-
		'12.04.12	1.78±0.15	-		
		'12.07.13	1.76±0.20	-		
		'12.10.12	<1.44	-		
	#1배수구	'12.02.10	<1.17	<1.61	1.67 (1.14~2.17)	1.60 (<0.932~1.33)
		'12.04.12	1.53±0.23	<1.38		
		'12.07.13	2.15±0.18	<2.14		
		'12.10.12	<1.23	<1.95		
	#2배수구	'12.02.10	1.39±0.13	<1.37	1.89 (<1.31~2.27)	<0.472
		'12.04.12	1.97±0.16	<1.97		
		'12.07.13	1.45±0.15	<1.77		
		'12.10.12	1.51±0.15	<2.05		
	#3배수구	'12.02.10	<1.22	<1.55	1.78 (<1.03~2.64)	<0.949
		'12.04.12	<2.42	<1.53		
		'12.07.13	<1.63	<1.55		
		'12.10.12	1.50±0.13	<1.98		
	#4배수구	'12.02.10	<2.17	<1.33	1.77 (1.24~2.25)	1.71 (<0.919~1.81)
		'12.04.12	2.00±0.28	<3.46		
		'12.07.13	1.85±0.25	<1.90		
		'12.10.12	1.49±0.13	<1.47		
신고리 1,2	취수구	'12.02.10	<1.02	-	1.83 (1.32~2.58)	-
		'12.04.12	1.84±0.17	-		
		'12.07.13	<1.88	-		
		'12.10.12	<1.27	-		
	배수구	'12.02.10	<2.02	<1.74	1.54 (<0.973~2.06)	<1.63
		'12.04.12	1.82±0.17	<1.83		
		'12.07.13	<1.52	<2.05		
		'12.10.12	<1.59	<1.68		
신고리 3,4	취수구	'12.02.10	1.48±0.15	-	1.64 (1.31~<2.02)	-
		'12.04.12	1.38±0.16	-		
		'12.07.13	1.84±0.17	-		
		'12.10.12	<1.00	-		
	배수구	'12.02.10	1.21±0.16	<2.11	1.50 (1.30~1.81)	<1.26
		'12.04.12	1.56±0.15	<1.87		
		'12.07.13	1.79±0.18	<1.36		
		'12.10.12	1.29±0.12	<2.45		

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'10) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기, -) 조사계획에 의거 미분석

주2) 환경방사능 조사시기는 신고리1,2(2010년), 신고리3,4(2011년) 실시

I-1. 2012년도 원전주변 해수 중 감마동위원소 방사능농도 분석자료(계속)

채취장소		시료채취일	방사능농도		평상변동범위	
			¹³⁷ Cs (mBq/kg)	⁶⁰ Co (mBq/kg)	¹³⁷ Cs (mBq/kg)	⁶⁰ Co (mBq/kg)
월성	취수구	'12.01.30	1.43±0.19	-	1.71 (1.04~2.31)	-
		'12.04.30	2.11±0.19	-		
		'12.07.31	<1.78	-		
		'12.10.30	<1.65	-		
	배수구	'12.01.30	1.30±0.15	<1.63	1.72 (<0.982~2.26)	1.72 (<0.884~1.02)
		'12.04.30	1.48±0.14	<1.88		
		'12.07.31	1.57±0.16	<1.45		
		'12.10.30	1.25±0.14	<2.54		
	배수구2	'12.01.30	<1.92	<3.07	1.70 (<1.21~2.67)	<1.00
		'12.04.30	1.45±0.15	<3.12		
		'12.07.31	1.95±0.16	<1.51		
		'12.10.30	1.18±0.12	<1.66		
신월성	취수구	'12.01.27	1.32±0.13	-	1.76 (<1.40~2.18)	-
		'12.04.30	1.69±0.15	-		
		'12.07.31	1.69±0.20	-		
		'12.10.30	1.56±0.15	-		
	배수구	'12.01.27	<1.96	<1.86	1.99 (1.61~<2.48)	<1.41
		'12.04.30	<2.06	<1.32		
		'12.07.31	3.09±0.28	<2.21		
		'12.10.30	1.39±0.14	<2.11		
영광	취수구	'12.01.26	1.31±0.17	-	1.74 (0.849~3.19)	-
		'12.04.09	1.89±0.20	-		
		'12.07.05	1.70±0.19	-		
		'12.10.05	<1.64	-		
	배수구1	'12.01.26	<1.40	<1.67	1.72 (<0.664~2.39)	<0.648
		'12.04.09	2.29±0.18	<1.45		
		'12.07.05	2.13±0.19	<1.98		
		'12.10.05	2.17±0.23	<1.22		
	배수구2	'12.01.26	<2.19	<2.06	1.85 (<1.06~2.65)	1.88 (<0.952~2.88)
		'12.04.09	1.47±0.17	<1.91		
		'12.07.05	2.21±0.20	<1.35		
		'12.10.05	1.31±0.15	<1.51		
울진	취수구	'12.02.02	<1.91	-	1.71 (<0.792~2.43)	-
		'12.04.19	<2.24	-		
		'12.07.18	1.47±0.17	-		
		'12.10.15	1.27±0.15	-		
	배수구1	'12.02.02	1.49±0.16	<2.46	1.81 (1.28~2.50)	<0.997
		'12.04.19	2.14±0.26	<1.82		
		'12.07.18	1.79±0.20	<1.79		
		'12.10.15	1.29±0.13	<2.42		
	배수구2	'12.02.02	1.28±0.14	<2.47	1.79 (1.01~2.39)	<0.927
		'12.04.19	1.64±0.16	<1.81		
		'12.07.18	1.80±0.17	<1.50		
		'12.10.15	1.34±0.14	<1.77		

주) 평상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기, -) 조사계획에 의거 미분석
주2) 신월성부지의 환경방사능조사는 2011년도 처음 실시됨

I-2. 2012년도 원전주변 해수 중 ^3H 방사능농도 분석자료

(단위 : Bq/L)

채취장소		시료채취일	^3H 방사능농도	정상변동범위
고리	#1,2취수구	'12.02.10	<0.193	1.35(0.130~9.84)
		'12.04.12	<0.113	
		'12.07.13	1.14±0.04	
		'12.10.12	1.92±0.06	
	#3,4취수구	'12.02.10	<0.183	0.460(0.106~1.48)
		'12.04.12	<0.110	
		'12.07.13	0.363±0.033	
		'12.10.12	0.697±0.050	
	#1배수구	'12.02.10	<0.174	0.507(0.123~1.71)
		'12.04.12	<0.111	
		'12.07.13	0.411±0.032	
		'12.10.12	1.70±0.06	
	#2배수구	'12.02.10	<0.195	0.629(<0.0605~3.16)
		'12.04.12	<0.108	
		'12.07.13	0.447±0.034	
		'12.10.12	0.236±0.042	
	#3배수구	'12.02.10	<0.183	26.3(0.112~518)
		'12.04.12	0.144±0.041	
		'12.07.13	0.226±0.030	
		'12.10.12	1.42±0.06	
	#4배수구	'12.02.10	<0.173	0.303(<0.0605~1.66)
		'12.04.12	1.22±0.05	
		'12.07.13	0.235±0.029	
		'12.10.12	0.688±0.050	
신고리 1,2	취수구	'12.02.10	<0.167	0.269(0.127~0.560)
		'12.04.12	<0.107	
		'12.07.13	0.431±0.034	
		'12.10.12	1.40±0.06	
	배수구	'12.02.10	<0.181	0.269(0.118~0.557)
		'12.04.12	<0.113	
		'12.07.13	0.162±0.027	
		'12.10.12	1.08±0.05	
신고리 3,4	취수구	'12.02.10	<0.173	0.261(0.113~0.547)
		'12.04.12	<0.112	
		'12.07.13	0.395±0.031	
		'12.10.12	1.35±0.06	
	배수구	'12.02.10	<0.177	0.253(0.121~0.483)
		'12.04.12	<0.114	
		'12.07.13	0.787±0.035	
		'12.10.12	1.18±0.05	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

주) 환경방사능 조사시기는 신고리1,2(2010년), 신고리3,4(2011년) 실시

I-2. 2012년도 원전주변 해수 중의 ^3H 방사능농도 분석자료(계속)

(단위 : Bq/L)

채취장소		시료채취일	^3H 방사능농도	정상변동범위
월성	취수구	'12.01.30	0.655±0.055	4.24(0.385~38)
		'12.04.30	4.96±0.09	
		'12.07.31	0.868±0.040	
		'12.10.30	0.586±0.049	
	배수구	'12.01.30	77.6±0.3	25.8(3.48~144)
		'12.04.30	36.6±0.2	
		'12.07.31	22.4±0.1	
		'12.10.30	8.76±0.11	
	배수구2	'12.01.30	0.842±0.054	48.7(0.515~534)
		'12.04.30	3.47±0.08	
		'12.07.31	0.658±0.038	
		'12.10.30	0.669±0.048	
신월성	취수구	'12.01.27	0.187±0.046	6.23(1.82~18.2)
		'12.04.30	1.59±0.06	
		'12.07.31	1.35±0.05	
		'12.10.30	1.34±0.06	
	배수구	'12.01.27	0.322±0.048	9.07(0.329~19.4)
		'12.04.30	1.95±0.06	
		'12.07.31	7.91±0.09	
		'12.10.30	0.358±0.040	
영광	취수구	'12.01.26	1.76±0.07	3.11(0.394~12.2)
		'12.04.09	4.43±0.08	
		'12.07.05	4.15±0.07	
		'12.10.05	10.4±0.1	
	배수구1	'12.01.26	2.74±0.07	3.08(0.700~9.83)
		'12.04.09	7.95±0.10	
		'12.07.05	4.13±0.06	
		'12.10.05	12.0±0.1	
	배수구2	'12.01.26	2.32±0.07	3.31(0.682~11.6)
		'12.04.09	7.75±0.10	
		'12.07.05	7.01±0.09	
		'12.10.05	14.2±0.1	
울진	취수구	'12.02.02	<0.186	0.442(<0.113~1.30)
		'12.04.19	0.365±0.047	
		'12.07.18	0.545±0.038	
		'12.10.15	0.395±0.044	
	배수구1	'12.02.02	0.371±0.070	5.33(0.119~91.5)
		'12.04.19	0.224±0.044	
		'12.07.18	0.440±0.036	
		'12.10.15	0.239±0.042	
	배수구2	'12.02.02	<0.188	0.846(0.164~4.56)
		'12.04.19	0.163±0.043	
		'12.07.18	0.523±0.037	
		'12.10.15	0.332±0.043	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

주2) 신월성부지의 환경방사능조사는 2011년도 처음 실시됨

I-3. 2012년도 원전주변 해수 중의 ^{90}Sr 방사능농도 분석자료

채취장소		시료채취일	방사능농도	정상변동범위
			^{90}Sr (mBq/kg)	^{90}Sr (mBq/kg)
고리	#1,2취수구	'12.02.10	1.33±0.43	<0.376
	#3,4취수구	'12.02.10	<0.405	<0.377
	#1배수구	'12.02.10	<0.380	<0.393
		'12.07.13	<0.548	
	#2배수구	'12.02.10	<0.404	0.559(<0.392 ~ 1.57)
		'12.07.13	<0.540	
	#3배수구	'12.02.10	1.29±0.42	<0.360
		'12.07.13	<0.535	
	#4배수구	'12.02.10	<0.401	<0.358
		'12.07.13	<0.485	
신고리 1,2	취수구	'12.02.10	<0.416	<0.331
		'12.07.13	<0.500	
	배수구	'12.02.10	<0.364	0.426(<0.387 ~ 0.475)
		'12.07.13	<0.531	
신고리 3,4	취수구	'12.02.10	<0.440	<0.425
	배수구	'12.02.10	<0.402	<0.381
		'12.07.13	<0.508	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

주2) 환경방사능 조사시기는 신고리1,2(2010년), 신고리3,4(2011년) 실시

I-3. 2012년도 원전주변 해수 중의 ^{90}Sr 방사능농도 분석자료(계속)

채취장소		시료채취일	방사능농도	정상변동범위
			^{90}Sr (mBq/kg)	^{90}Sr (mBq/kg)
월성	취수구	'12.01.30	<0.458	1.02(<0.331 ~ 2.34)
	#1배수구	'12.01.30	<0.428	<0.384
		'12.07.31	<0.465	
	#2배수구	'12.01.30	<0.418	<0.338
		'12.07.31	<0.606	
신월성	#1,2취수구	'12.01.27	<0.414	<0.403
	#1,2배수구	'12.01.27	<0.456	<0.356
		'12.07.31	<0.512	
영광	취수구	'12.01.26	<0.389	0.808(<0.349 ~ 2.08)
	배수구1	'12.01.26	<0.424	0.851(<0.346 ~ 1.67)
		'12.07.05	<0.480	
	배수구2	'12.01.26	1.34±0.44	0.667(<0.350 ~ 1.84)
		'12.07.05	<0.506	
울진	취수구	'12.02.08	<0.444	<0.399
	배수구1	'12.02.08	<0.468	<0.346
		'12.07.18	<0.479	
	배수구2	'12.02.08	<0.463	<0.350
		'12.07.18	<0.542	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

주2) 신월성부지의 환경방사능조사는 2011년도 처음 실시됨,

I-4 2012년도 원전주변 해수 중의 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비 분석자료

채취장소		시료채취일	방사능농도		정상변동범위 ^{주1)}	
			$^{239+240}\text{Pu}$ ($\mu\text{Bq/kg}$)	Pu 원자비 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)	$^{239+240}\text{Pu}$ ($\mu\text{Bq/kg}$)	Pu 원자비 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)
고리	#1,2취수구	'12.02.10	3.72±0.16	0.230±0.010	5.84 (4.20 ~ 9.45)	0.246 (0.22 ~ 0.28)
		'12.07.13	4.12±0.22	0.218±0.012		
	#3,4취수구	'12.02.10	4.25±0.27	0.227±0.015	5.75 (2.07 ~ 8.79)	0.242 (0.21 ~ 0.28)
		'12.07.13	5.56±0.44	0.217±0.017		
	#1배수구	'12.02.10	3.65±0.16	0.226±0.010	7.14 (4.58 ~ 11.2)	0.252 (0.224 ~ 0.297)
		'12.07.13	5.92±0.12	0.228±0.004		
	#2배수구	'12.02.10	3.71±0.09	0.233±0.006	6.57 (3.20 ~ 9.41)	0.237 (0.21 ~ 0.263)
		'12.07.13	5.74±0.31	0.225±0.012		
	#3배수구	'12.02.10	4.28±0.05	0.230±0.003	7.38 (2.35 ~ 10.8)	0.248 (0.21 ~ 0.285)
		'12.07.13	6.44±0.20	0.229±0.007		
	#4배수구	'12.02.10	4.27±0.12	0.220±0.006	7.13 (2.47 ~ 10.5)	0.244 (0.20 ~ 0.282)
		'12.07.13	6.53±0.09	0.226±0.030		
신고리 1,2 ^{주2)}	취수구	'12.02.10	4.16±0.07	0.227±0.004	5.86 (4.55 ~ 8.48)	0.245 (0.227 ~ 0.266)
		'12.07.13	4.99±0.12	0.229±0.005		
	배수구	'12.02.10	4.15±0.10	0.233±0.005	6.92 (4.30 ~ 12.3)	0.247 (0.220 ~ 0.265)
		'12.07.13	6.89±0.23	0.231±0.008		
신고리 3,4 ^{주2)}	취수구	'12.02.10	4.17±0.15	0.224±0.008	4.38 (4.37 ~ 4.38)	0.239 (0.223 ~ 0.255)
		'12.07.13	5.04±0.14	0.225±0.006		
	배수구	'12.02.10	4.18±0.18	0.229±0.010	5.07 (4.25 ~ 5.88)	0.258 (0.249 ~ 0.267)
		'12.07.13	6.58±0.32	0.236±0.011		

주1) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

주2) 환경방사능 조사시기는 신고리1,2(2010년), 신고리3,4(2011년) 실시

I-4 2012년도 원전주변 해수 중의 $^{239+240}\text{Pu}$ 방사능농도 및 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 원자비
분석자료(계속)

채취장소		시료채취일	방사능농도		정상변동범위 ^{주1)}	
			$^{239+240}\text{Pu}$ ($\mu\text{Bq/kg}$)	Pu 원자비 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)	$^{239+240}\text{Pu}$ ($\mu\text{Bq/kg}$)	Pu 원자비 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)
월성	취수구	'12.01.30	4.13±0.06	0.226±0.003	4.87	0.240
		'12.07.31	3.57±0.18	0.210±0.011	(3.05 ~ 6.88)	(0.22 ~ 0.28)
	#1배수구	'12.01.30	4.35±0.05	0.224±0.003	5.77	0.242
		'12.07.31	4.43±0.18	0.229±0.009	(4.38 ~ 8.19)	(0.21 ~ 0.277)
	#2배수구	'12.01.30	4.79±0.09	0.220±0.004	5.71	0.248
		'12.07.31	4.67±0.20	0.230±0.010	(4.13 ~ 7.85)	(0.225 ~ 0.29)
신월성 ^{주2)}	취수구	'12.01.27	4.60±0.17	0.230±0.008	3.92	0.232
		'12.07.31	2.92±0.06	0.226±0.005	(3.46 ~ 4.37)	(0.229 ~ 0.234)
	배수구	'12.01.27	4.13±0.07	0.224±0.004	4.24	0.248
		'12.07.31	4.18±0.21	0.229±0.012	(3.90 ~ 4.57)	(0.219 ~ 0.277)
영광	취수구	'12.01.26	17.3±0.3	0.207±0.004	9.75	0.227
		'12.07.05	4.34±0.05	0.210±0.003	(3.05 ~ 30.0)	(0.20 ~ 0.272)
	배수구1	'12.01.26	12.0±0.3	0.202±0.005	12.3	0.224
		'12.07.05	5.13±0.38	0.210±0.016	(4.10 ~ 43.5)	(0.202 ~ 0.278)
	배수구2	'12.01.26	15.6±0.2	0.204±0.003	9.46	0.227
		'12.07.05	5.67±0.46	0.217±0.018	(4.78 ~ 29.6)	(0.206 ~ 0.254)
울진	취수구	'12.02.02	3.35±0.14	0.223±0.009	4.75	0.251
		'12.07.18	3.32±0.17	0.223±0.011	(3.16 ~ 5.77)	(0.224 ~ 0.286)
	배수구1	'12.02.02	3.51±0.11	0.219±0.007	4.97	0.245
		'12.07.18	3.50±0.10	0.228±0.007	(3.19 ~ 6.85)	(0.23 ~ 0.266)
	배수구2	'12.02.02	3.80±0.12	0.226±0.007	5.20	0.242
		'12.07.18	3.50±0.13	0.228±0.008	(3.38 ~ 6.52)	(0.230 ~ 0.26)

주1) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

주2) 신월성부지의 환경방사능조사는 2011년도 처음 실시됨

J-1. 2012년도 원전주변 어류 중의 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취장소		시료명	시료채취일	방사능농도		정상변동범위
				^{137}Cs (mBq/kg-fresh)	^{40}K (Bq/kg-fresh)	^{137}Cs (mBq/kg-fresh)
고리	#1,2취수구	뱅에돔	'12.04.13	91.5±7.0	81.1±0.8	85.8(47.7 ~ 117)
		숭어	'12.11.07	113±9	100±1	
	#1배수구	뱅에돔	'12.04.13	<58.3	77.1±0.8	71.2(38.6 ~ 109)
		숭어	'12.11.07	109±4 48.3±3.6(^{134}Cs)	48.0±0.5	
	#1,2신고리 취수구	숭어	'12.04.13	<72.9	84.4±1.2	84.3(75.7 ~ <92.8)
		숭어	'12.11.07	<59.3	108±1	
	#1,2신고리 배수구	뱅에돔	'12.04.13	96.5±9.3	85.6±1.0	66.9(48.8 ~ 78.5)
		숭어	'12.11.07	51.9±6.4	94.4±1.4	
	#3,4신고리 취수구	숭어	'12.04.13	<78.2	94.0±1.0	-
		숭어	'12.11.07	<65.2	104±1	
	#3,4신고리 배수구	숭어	'12.04.13	272±9 170±9(^{134}Cs)	80.6±1.0	-
		숭어	'12.11.07	2,870±40 1,790±50(^{134}Cs)	127±1	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

주2) 환경방사능 조사시기는 신고리1,2(2010년), 신고리3,4(2012년) 실시

J-1. 2012년도 원전주변 어류 중의 감마동위원소 방사능농도 분석자료(계속)

채취장소		시료명	시료채취일	방사능농도		정상변동범위
				^{137}Cs (mBq/kg-fresh)	^{40}K (Bq/kg-fresh)	^{137}Cs (mBq/kg-fresh)
월성	취수구	숭어	'12.05.24	$7,080 \pm 60$ $4,990 \pm 50 (^{134}\text{Cs})$	104 ± 1	$87.8 (<53.4 \sim 94.1)$
		성대	'12.10.30	<69.6	105 ± 1	
	배수구	망상어	'12.05.24	<75.5	100 ± 1	$75.0 (<39.6 \sim 87.8)$
		방어	'12.10.30	83.2 ± 8.0	97.2 ± 1.0	
	신월성 취수구	망상어	'12.05.24	<60.9	99.2 ± 1.0	<54.8
		방어	'12.10.30	130 ± 10	173 ± 2	
	신월성 배수구	성대	'12.05.24	<80.7	105 ± 1	$83.4 (69.5 \sim 97.2)$
		삼치	'12.10.30	98.1 ± 8.6	115 ± 1	
영광	취수구	숭어	'12.04.24	18.4 ± 2.0	32.7 ± 0.3	$72.7 (<50.0 \sim 109)$
		숭어	'12.10.22	53.7 ± 5.5	113 ± 1	
	배수구1	숭어	'12.04.24	<24.1	33.1 ± 0.3	$77.7 (<38.7 \sim 101)$
		숭어	'12.10.22	43.7 ± 4.1	88.2 ± 0.8	
울진	취수구	황어	'12.04.19	57.7 ± 4.1	51.8 ± 0.5	$110 (<46.7 \sim 151)$
		방어	'12.10.15	68.2 ± 7.7	100 ± 1	
	배수구1	황어	'12.04.19	39.4 ± 3.6	48.5 ± 0.4	$96.2 (<56.0 \sim 131)$
		방어	'12.10.15	102 ± 6	115 ± 1	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

주2) 신월성부지의 환경방사능조사는 2011년도 처음 실시됨

J-2. 2012년도 원전주변 해조류 중의 감마동위원소 방사능농도 분석자료

채취장소		시료명	시료채취일	방사능농도			정상변동범위
				^{137}Cs (mBq/kg-fresh)	^{131}I (mBq/kg-fresh)*	^{40}K (Bq/kg-fresh)	^{137}Cs (mBq/kg-fresh)
고리	#2배수구	감태	'12.04.13	<37.6	859±55	93.0±0.8	100 (<46.5~172)
		감태	'12.10.12	<98.1	633±34	163±1	
	#3배수구	감태	'12.04.13	<32.8	702±31	82.0±1.1	<15.8
		감태	'12.10.12	<48.9	417±30	198±2	
	#1,2신고리 취수구	감태	'12.04.13	<41.6	651±33	102±1	<157
		감태	'12.10.12	<55.7	<356	247±2	
	#1,2신고리 배수구	감태	'12.04.13	<43.4	427±28	92.9±0.8	<65.7
		감태	'12.10.12	<80.8	<247	260±4	
	#3,4신고리 취수구	감태	'12.04.13	<41.2	515±26	93.0±0.8	-
		감태	'12.10.12	<65.5	527±27	246±3	
	#3,4신고리 배수구	감태	'12.04.13	<32.8	361±25	82.0±1.1	-
		감태	'12.10.12	<85.6	582±34	242±2	

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두

MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

*) 2008년도부터 분석 수행

주2) 환경방사능 조사시기는 신고리1,2(2011년), 신고리3,4(2012년) 실시

J-2. 2012년도 원전주변 해조류 중의 감마동위원소 방사능농도 분석자료(계속)

채취장소		시료명	시료채취일	방사능농도			평상변동범위
				^{137}Cs (mBq/kg-fresh)	^{131}I (mBq/kg-fresh)*	^{40}K (Bq/kg-fresh)	^{137}Cs (mBq/kg-fresh)
월성	취수구	감태	'12.05.25	<38.5	474±24	61.9±0.6	75.4 (<44.0~93)
		모자반	'12.11.28	<30.6	<178	212±2	
	배수구	모자반	'12.05.25	<57.7	234±24	88.1±0.8	<19.2
		감태	'12.11.28	<55.3	164±11	233±2	
	신월성 취수구	톳	'12.09.17	<99.5	<230	386±3	<53.1
	신월성 배수구	모자반	'12.11.28	<65.6	<118	255±2	<180
영광	취수구	톳	'12.04.24	<166	<191	445±4	109 (<62.5~148)
		감태	'12.10.30	<40.7	<146	248±2	
	배수구1	모자반	'12.04.24	<29.7	<369	43.1±0.4	110 (<28.7~121)
		모자반	'12.10.30	<100	<246	242±2	
울진	취수구	모자반	'12.04.19	<27.3	<408	50.3±0.6	61.9 (<30.8~62.2)
		모자반	'12.10.15	<80.1	<592	195±2	
	배수구1	미역	'12.04.19	<26.0	<86.0	42.5±0.4	<30.9
		참도박	'12.10.15	<56.2	<124	57.1±0.7	

주) 평상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대). 만약, 최근 5년간 모두 MDA 미만인 경우는 MDA 중에서 최소값을 <MDA로 표기

*) 2008년도부터 분석 수행

주2) 신월성부지의 환경방사능조사는 2011년도 처음 실시됨

K-1. 2012년도 월성원전주변 솔잎 중의 삼중수소 방사능농도 분석자료

(단위 : Bq/L)

구분	TFWT		TBT	
	상봉	직원사택	상봉	직원사택
1월	44.5±1.0	126±2	77.9±1.4	108±2
2월	27.0±0.9	144±2	59.1±1.2	83.2±1.3
3월	63.0±1.1	65.6±1.1	76.4±1.3	67.1±1.3
4월	37.4±0.9	151±2	63.7±1.1	103±1
5월	26.2±0.8	43.0±0.9	54.9±1.0	61.1±1.2
6월	10.7±0.7	187±2	28.9±0.8	85.6±1.3
7월	38.8±0.9	61.2±1.0	62.8±1.0	51.2±0.9
8월	87.8±1.2	64.0±1.0	60.0±1.0	43.6±0.9
9월	4.63±0.50	250±2	35.8±0.8	106±1
10월	18.9±0.7	36.0±0.8	33.9±0.8	43.5±0.8
11월	47.4±1.1	40.7±1.1	55.1±1.1	48.7±1.1
12월	21.2±0.8	32.8±1.0	68.5±1.3	56.7±1.3
범위	4.63 ~ 87.8	32.8 ~ 250	28.9 ~ 77.9	43.5 ~ 108
평균	35.6	100	56.4	71.5
1σ	22.2	67	15.3	23.6
정상변동범위	87.8 (10.7~536)	103 (17.5~363)	95.8 (44.3~242)	93.3 (42.0~167)

σ) 표준편차로 평균의 변동폭

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대).

K-2. 2012년도 월성원전주변 슬로프 중의 ^{14}C 방사능농도 분석자료

(단위 : Bq/g-C)

채취지점 월	상봉	직원사택
1월	0.281±0.006	0.251±0.006
2월	0.260±0.006	0.242±0.006
3월	0.270±0.006	0.244±0.006
4월	0.280±0.006	0.242±0.006
5월	0.274±0.006	0.238±0.006
6월	0.269±0.006	0.228±0.006
7월	0.277±0.006	0.227±0.006
8월	0.270±0.007	0.232±0.006
9월	0.245±0.006	0.242±0.007
10월	0.231±0.006	0.215±0.006
11월	0.244±0.006	0.234±0.006
12월	0.252±0.006	0.246±0.006
범위	0.231 ~ 0.281	0.215 ~ 0.251
평균	0.263	0.237
1σ	0.016	0.010
정상변동범위	0.252 (0.215~0.285)	0.242 (0.215~0.280)

o) 표준편차로 평균의 변동폭

주) 정상변동범위 : 최근 5년간('07~'11) 자료의 평균 (최소 ~ 최대).

서 지 정 보 양 식					
수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	주 제 코 드		
KINS/AR-140, Vol. 23	KINS/HR-285, Vol. 15				
제목/부제	원자력이용시설 주변 방사선환경 조사 및 평가보고서				
연구책임자 및 부서명	김용재, 방사능분석실				
연구자 및 부서명	김용재외 16인, 방사능분석실				
발 행 지	대 전	발행기관	한국원자력안전기술원	발행일	2012. 12
페 이 지	146p	도 표	유 (o), 무 ()	크 기	21x29.7cm.
참고사항					
비밀여부	공개(o), 대외비(), 급비밀		보고서 종류		
연구위탁기관	(주)한국방사선기술연구소		계 약 번 호		
초록 (200단어내외)	본 사업은 원자력안전법 제104조(환경보전)에 근거하여 원자력이용사업자와는 독립적으로 환경감시를 수행하여 사업자의 조사결과와 비교·평가하고, 원자력이용 시설 주변 환경에 대한 규제점검을 통해 주민과 환경에 대한 환경방사능 오염 여부를 객관적 입장에서 재확인 평가하는데 그 목적이 있다. 본 보고서는 2012년도에 한국원자력안전기술원에서 수행한 원자력이용시설 주변의 공간감마선량을 연속감시, 방사선량조사, 환경시료 방사능분석, 주민피폭선량 계산 및 평가 등의 자료를 정리한 것이다. 환경시료로서는 토양, 해저퇴적물 및 하천 토양, 대기, 빗물, 지하수, 해수, 우유, 곡류, 채소류, 어류, 해조류 등을 그 대상으로 하였으며, 이를 주기적으로 채취한 후 ^{137}Cs을 포함한 감마동위원소, ^3H, ^{14}C, ^{90}Sr, ^{238}Pu, $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}U, ^{235}U, 및 ^{234}U 등의 핵종에 대해서 방사능농도를 조사하였다. 현재 운영중인 중·저준위 방사성폐기물처분시설의 환경중의 방사성물질 농도준위에 대한 조사를 위해 환경조사를 수행하였다. 본 조사 및 평가결과 원자력이용시설에 기인한 주변 환경의 방사능오염의 흔적은 발견할 수 없었으며, 일부 어류(송어)시료에서 후쿠시마 원전 사고의 영향으로 ^{134}Cs, ^{137}Cs의 인공방사성 핵종이 검출되었다. 주민들의 잠재적인 피폭선량을 계산한 결과 모든 원자력발전소 설계에 적용할 기준치에 훨씬 못 미치는 무시할 정도의 값으로 나타나 원자력이용시설의 가동으로 인한 영향은 무시할 수 있는 수준이었다.				
주제명키워드(10단어 내외)					
원자력이용시설, 공간감마선량을 연속감시, 환경시료 방사능분석, 방사성폐기물처분 시설, ^{137}Cs , ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U , 주민피폭선량평가					

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report	Subject Code
KINS/AR-140, Vol 23		KINS/HR-285, Vol. 15			
Title/Subtitle		The Annual Report on the Environmental Radiological Surveillance and Assessment around the Nuclear Facilities			
Project Manager and Dep't.		Yong Jae, Kim Environmental Radioactivity Assessment Department			
Researchers and Dep't.		Yong Jae, Kim et al. Environmental Radioactivity Assessment Department			
Pub. Place	Daejon	Pub. Org.	KINS	Pub. Date	Dec. 2012
Page	146p	Fig. and Tab.	Yes (o), No ()	Size	21x29.7cm.
Note					
Classified	Open(o), Outside(), Class			Report Type	
Sponsoring Org.		Korea Radiation Tech. Inst. Co.		Contract No.	
Abstract (About 200 Words)					
Based on the second clause of Article 104 of Korean Atomic Energy Safety Act (Environmental Preservation), this is an assessment of radioactive contamination in the vicinity of nuclear facilities performed by the Korea Institute of Nuclear Safety (KINS) independent of the nuclear facilities licensees. This project validates the environmental surveillance data reported by the licensees and assess the environmental radiation level around the nuclear facilities for preservation of environment and public health against the potential radiation hazards. This report summarizes environmental monitoring data analysed by KINS in 2012 which includes radioactive waste repository in operation and contains several aspects as follow; continuous monitoring of external gamma radiation dose rate; the measurement of accumulated gamma radiation dose in the surrounding environment; radioactivity analysis for environmental samples; the effective dose estimates for maximally exposed individuals at the boundary of nuclear facilities and radiation free area for comparison purpose. Environmental samples including soil, sea sediment, river soil, atmosphere, rainwater, underground water, sea water, milk, crops, vegetables, fishes, seaweeds etc. are periodically collected and analyzed for anthropogenic gamma emitting radionuclides (e.g. ¹³⁷Cs), ³H, ¹⁴C, ⁹⁰Sr, ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu and U isotope. All of the radiological monitoring results were consistent with those in the previous years. There is no significant radioactive contamination arising from the nuclear facilities compared to previous annual data. There are small quantities of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in some fish(mullet) samples which considered as an effect of the Fukushima accidenandt and its radiological effect is negligible. In conclusion, the impact to the public and the surrounding environment from the operation of all nuclear facilities may almost simply be disregarded.					
Subject Keywords (About 10 Words)					
Nuclear Facilities, Continuous Monitoring of External Radiation Dose Rate, Radioactivity Analysis for Environmental Samples, Radioactive Waste Disposal Facility, ¹³⁷ Cs, ³ H, ¹⁴ C, ⁹⁰ Sr, ²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, ²³⁸ U, ²³⁵ U, ²³⁴ U, Effective Dose of the Population,					