KAERI/RR-4329/2017
522220-17
보안과제( ), 일반과제(○)

원자력시설주변 환경방사선 평가
Environmental Radiation Monitoring Around the Nuclear Facilities

KAERI

한국원자력연구원

KAERI

제 출 문

원자력안전위원회 위원장 귀하

이 보고서를 “원자력시설주변 환경방사선 평가” 과제의 연구보고서로 제출합니다.

2018년 3월 31일

주관연구기관명 한국원자력연구원

주관연구책임자 이 완 로

연 구 원 최 근 식 조 영 현

강 문 자 정 근 호

김 원 영 고 영 건

지 영 용 임 종 명

장 미 김 현 철

임 교 선 김 창 종

박 두 원 박 효 국

최 상 도 김 은 한

정 해 선

KAERI

KAERI

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td colspan="2">522220-17</td><td>해당단계
연구기간</td><td>2017.1.1.~
2017.12.31.</td><td>단계구분</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="5">주요사업</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">원자력안전성 선도기술개발 기반확보</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5">원자력재난 환경방호사업</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">원자력시설주변 환경방사선 평가</td></tr>
<tr><td rowspan="6">연구책임자</td><td rowspan="6">이완로</td><td rowspan="3">해당단계
참여
연구원수</td><td>총 12.97명</td><td rowspan="3">해당단계
연구비</td><td>정부</td><td>1,678,430 천원</td></tr>
<tr><td>내부 12.97명</td><td>기업</td><td>천원</td></tr>
<tr><td>외부 0명</td><td>계</td><td>1,678,430 천원</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구기간
참여
연구원수</td><td>총 36.97명</td><td rowspan="3">총연구비</td><td>정부</td><td>4,956,267 천원</td></tr>
<tr><td>내부 36.97명</td><td>기업</td><td>천원</td></tr>
<tr><td>외부 명</td><td>계</td><td>천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="3">한국원자력연구원 방재환경부</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국 연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명 : 충남대학교</td><td colspan="3">연구책임자 : 이진홍</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내로 작성합니다.)</td><td>보고서 면수</td><td colspan="2">184 p.</td></tr>
</table>

대덕 원자력이용시설과 서울 연구용원자로시설 부지 반경 30 km 이내 지역에 대해 공간감마선량률 측정과 환경시료에 대한 방사능 분석을 실시하였다.

대덕 원자력이용시설 주변 공감감마선량률을 측정하는 2개의 조사 지점을 변경하고 1개 지점은 추가하였다. 대덕 원자력이용시설과 서울 연구용원자로시설의 부지 및 주변의 공간감마선량률과 집적선량은 전년도와 비슷한 수준을 보였다. 대덕 부지내 1개 지점에서 집적선량의 일시증가 보고가 있었다. 전알파, 전베타, 삼중수소, 우라늄 및 스트론튬-90 등 환경방사능 농도는 모든 시료에 있어서 평상시 변동범위 내에서 유지되고 있었다. 감마동위원소의 경우 자연방사성핵종인 ^{40}K 또는 ^{7}Be을 제외한 대부분의 인공방사성핵종의 농도가 MDA 이하로 나타났다. 대덕 원자력이용시설의 경우 표층토양에서 ^{137}Cs 이 일부 검출되었고 서울 연구용원자로시설의 경우 지표수 시료에서 ^{131}I이 표층토양 시료에서 ^{137}Cs가 평상시변동범위 이내에서 일부 검출되었다. 평상시 변동범위 수준으로 검출된 ^{137}Cs의 방사능 준위는 1960 ~ 1970년대 실시된 대기권 핵실험에 의한 전 지구적인 오염에 의한 것으로 판단된다. 한편, 원자력이용시설 운영으로 주변 주민에 대한 최대 유효선량은 0.000878 mSv/yr로 평가되었는데 이는 일반인에 대한 법적선량한도 (1 mSv/yr) 및 부지 기준치 (0.25 mSv/yr) 보다 낮은 값으로 주변 주민의 방사선에 의한 영향이 거의 없는 것으로 판단된다.

본 연구의 환경방사선 평가 결과 조사기간 동안 원자력이용시설의 운영으로 인한 부지 및 주변 환경에 대한 변화는 일어나지 않은 것으로 판단된다.

색인어 (각 5개 이상)		
	한글	공간감마선량률, 전알파, 전베타, 삼중수소, 우라늄, 스트론튬-90, 감마동위원소, 환경방사능분석, 원자력시설, 기상관측, 주민선량평가
	영어	exposure dose rate, gross alpha, gross beta, tritium, uranium, strontium-90, gamma radionuclide, environmental radioactivity analysis, nuclear facility, meteorology, dose assessment

KAERI

요 약 문

Ⅰ. 제 목

원자력시설주변 환경방사선 평가
1. 대덕 원자력이용시설 주변 환경방사선 감시
2. 서울 연구용원자로시설 주변 환경방사선 감시

Ⅱ. 운영의 목적 및 필요성

원자력이용시설 주변에 대한 방사선환경 조사 및 평가를 수행하는 본 과제의 목적은 원자력이용시설의 운영으로 인해 시설 주변 주민이 받게 되는 방사선량이 연간 선량한도 이내로 유지되고 있는지를 확인함으로써 주민의 건강과 안전을 확보하고, 시설 주변 환경의 방사능 오염을 사전에 예방하며, 시설로부터의 예기치 않은 방사성물질의 배출에 의한 주변 환경 변화의 영향을 판단할 수 있는 기초 자료를 확보하고 평가능력을 제고하는데 있다. 또한, 원자력이용시설 주변 환경을 지속적이고 과학적으로 조사, 평가하여 원자력에 대한 국민의 올바른 이해를 구하고 안정적 연구 환경을 조성하고자 과제를 수행하고 있다. 방사선환경 조사 및 평가의 구체적 조사 목적은 원자력이용시설 주변 주민의 방사선량 추정 및 평가, 환경에서 방사성물질의 축적경향 평가, 원자력이용시설로부터 예기치 않은 방사성 물질 배출로 인한 주변 환경의 영향 유무 평가 등이다.

또한 다목적 연구용원자로인 '하나로'를 비롯하여 원자력이용시설을 운영하는 운영자로서 원자력안전법 제104조 (환경보전)의 1항, 원자력안전법 시행규칙 제136조 (방사선환경 조사 및 평가), 원자력안전위원회 고시 제2017-17호 (원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가)를 근거로 방사선환경조사계획을 수립하여 정부로부터 승인받아 이를 수행하여 그 결과를 정기적으로 정부에 보고해야 하는 의무도 지니고 있다.

본 과제는 원자력안전위원회 고시 제2017-17호를 기본으로 하여 원자력이용시설의 건설 및 운영 인허가 시 제출된 방사선환경조사계획서에 따라 원자력이용시설 주변 환경의 안전성 확보를 위해 지속적으로 대덕 부지의 '하나로'와 관련 원자력이용시설 그리고 서울 연구용원자로 시설 주변에 대한 환경방사선 감시를 실시하고 있다.

Ⅲ. 운영의 내용 및 범위

한국원자력연구원의 원자력이용시설 주변에 대한 환경방사선 감시는 대덕 원자력이용시설과 서울 연구용원자로시설의 부지 및 주변지역에서 이루어졌으며, 이들 지역에 대해 환경방사선 측정과 환경감시 대상 시료의 방사성핵종 분석을 실시하였다. 대덕 원자력이용시설의 공간감마선량률 측정은 환경방사선감시기 (Environmental Radiation Monitor, ERM)를 사용했으며, 이와 더불어 열형광선량계 (Thermoluminescent Dosimeter, TLD)를 이용하여 집적선량도 측정하였다.

공간감마선량률 측정은 부지 내의 5 개 지점, 주변지역 2 개 지점과 비교지점 1 개 지점에서 환경방사선감시기를 이용하여 24 시간 실시간 연속측정하였으며, 열형광선량계를 이용한 집적선량 측정은 부지 내 37 개 지점과 주변지역 19 개 지점에서 실시하였다.

환경방사능 조사대상 시료는 공기 중 미립자, 방사성 옥소, 수분 및 낙진과 하천토양, 표층토양, 솔잎, 빗물, 지표수, 지하수, 곡류(쌀), 채소류(배추), 가금류(닭) 및 우유로 하고 이들 조사대상 시료의 채취빈도는 월별, 분기별 혹은 반기별, 수확기로 하였다. 이들 시료에 대한 방사성핵종 분석 항목은 전알파 방사능, 전베타 방사능, 우라늄 동위원소, 삼중수소, 스트론튬-90, 감마동위원소였다.

서울 연구용원자로시설 주변에 대한 환경조사는 3 개 지점에서 환경방사선감시기로 공간감마선량률을 측정하였고, 열형광선량계를 이용한 집적선량은 부지 내 9 개 지점과 주변지역 9 개 지점에서 실시하였다.

또한 환경조사 지역내에서 공기 중 미립자, 표층토양, 하천토양, 지표수, 지하수 시료를 월별, 분기별, 반기별로 채취하여 전베타 방사능, 삼중수소, 스트론튬-90, 감마동위원소를 분석하였다.

Ⅳ. 운영결과

대덕 원자력이용시설 주변에 대해 방위별로 환경방사선을 감시하기 위해 기존 골프장 북쪽 지점을 구즉도서관으로 제3연구동 지점을 제6연구동으로 변경하였다. 그리고 북쪽 방향에는 구룡동 지점을 추가하여 부지 내 5개 지점, 주변지역 2개 지점과 비교지점을 운영하였다. 부지 내와 주변지역에 설치된 환경방사선감시기로 연중 연속 측정한 공간감마선량률은 연평균 109 nGy/h으로 전년도 평균치 112 nGy/h과 유사한 준위로 유지되고 있었다. 7개 조사 지점 중 연평균 94.5 nGy/h의 기상탑 지점이 가장 낮은 준위를 나타내었고, 하나로서쪽 지점이 연평균 133 nGy/h으로 가장 높게 측정되었다.

한편, 열형광선량계에 의한 집적선량 측정 결과는 부지 내에서 231 μGy/분기로 나타나 전년도의 209 μGy/분기보다는 약간 높았으며 가연물처리시설서쪽 지점에서 3/4분기에

3,240 μGy/분기로 일시증가 되어 보고를 하였다. 주변지역에서는 213 μGy/분기로 전년도의 202 μGy/분기와 비교하여 연도별 변화가 크지 않았다.

환경방사능 조사대상 시료에 대한 방사성핵종 분석결과는 공기 중 미립자의 전알파 방사능은 부지 내 연평균 0.142 mBq/㎥로 측정되어 전년도의 0.129 mBq/㎥과 비슷한 준위를 유지하였다.

전베타 방사능의 경우 공기 중 미립자에서 부지 내 연평균 농도가 1.13 mBq/㎥로 측정되었으며 평상시변동범위를 유지하고 있었다.

5 개 조사 지점에서 실시된 공기 중 수분의 삼중수소의 연평균 농도는 본관동동쪽 0.0755 Bq/㎥, 독신료 0.0310 Bq/㎥, 기상탑 0.0303 Bq/㎥, 제3연구동 지점에서 0.0805 Bq/㎥이 검출되었고 비교 지점인 연산주말농장 지점에서는 MDA 이하로 나타났다. 또한, 낙진의 전베타 방사능 농도는 기상탑 지점에서 31.4 Bq/㎡-90days, 독신료 지점에서 25.5 Bq/㎡-90days, 연산주말농장 지점에서 29.8 Bq/㎡-90days로 측정되었다.

12 개 조사 지점에서 실시된 표층토양 시료의 스트론튬-90 농도 분석결과는 상반기에서 부지 내 0.173 Bq/kg-dry, 주변지역 0.144 Bq/kg-dry, 하반기에서 부지 내 0.238 Bq/kg-dry, 주변지역 0.187 Bq/kg-dry가 검출되었으며, 평상시변동범위를 유지하고 있었다.

표층토양 중 우라늄 조사의 경우 기상탑 지점에서 우라늄 (^{238}U) 연평균 농도가 31.2 Bq/kg-dry, 덕진소류지 지점에서는 50.8 Bq/kg-dry가 검출되어 전년도와 유사한 준위를 유지하고 있었다.

연구원 부지 및 주변지역에서 채취된 하천토양에 대한 우라늄 (^{238}U) 방사능 연평균은 정문앞배수구에서 40.9 Bq/kg-dry, 본관동쪽배수구에서 46.6 Bq/kg-dry로 검출되었고 주변지역인 배수구합류지점과 연산주말농장에서 연평균 농도가 46.6 Bq/kg-dry 및 43.9 Bq/kg-dry로 각각 검출되어 평상시변동범위를 유지하고 있었다.

빗물 시료에 대한 삼중수소의 연평균 농도는 본관동동쪽은 MDA 이하, 독신료 2.55 Bq/L, 기상탑 2.08 Bq/L, 제3연구동 지점은 2.78 Bq/L로 측정되었으며, 비교 지점인 연산주말농장 지점에서 MDA 이하의 값이었다.

빗물 시료 중 전베타 방사능의 연평균 농도는 부지 내 0.0696 Bq/L, 비교 지점인 연산주말농장 지점에서 0.0785 Bq/L로 측정되었다.

6개 조사 지점에서 실시된 지표수에 대한 삼중수소의 연평균 농도는 부지 내 3.87 Bq/L, 주변지역 3.25 Bq/L로 전년도와 비슷한 준위를 유지하였다. 한편, 동일지점에서 수행된 지표수에서의 전베타 방사능의 연평균 농도는 부지 내 0.124 Bq/L, 주변지역 0.105 Bq/L로 검출되어 전년도와 유사한 준위를 나타내었다.

지하수 시료의 삼중수소 농도는 보덕샘 지점, 동화울 지점 및 연산주말농장 지점에서 모두 MDA 이하로 나타났다. 지하수 시료 중 우라늄 방사능 조사는 연구원 부지 내 보덕샘 지

점에서 실시하였다. 1/4 분기의 우라늄 (^{238}U) 방사능 농도는 1,780 mBq/L, 2/4 분기에서 1,720 mBq/L, 3/4 분기에서 1,760 mBq/L, 4/4 분기에서 1,640 mBq/L가 검출되었다. 농산물 (배추)에 대한 스트론튬-90은 동화울, 구즉초등학교, 연서면 주민센터과 연산주말농장 모든 지점에서 MDA 이하의 값이었다. 배추에 대한 삼중수소 농도 분석 결과는 4개 조사 지점 모두 MDA 이하로 나타났다.

한편, 조사 대상 시료에 대한 감마동위원소 분석결과는 공기 중 미립자, 낙진, 솔잎, 농산물 및 축산물의 경우 자연 방사성 핵종인 ^{40}K 또는 ^{7}Be이 검출되었으며 그 외의 인공 방사성핵종 모두가 MDA 이하로 나타났다. 빗물의 경우 인공 방사성핵종 모두가 MDA 이하로 나타났다. 다만, 표층토양에서 ^{137}Cs이 일부 검출되었으며, 지하수에서는 모든 인공 방사성핵종이 MDA 이하로 나타났다.

2017년도 서울 연구용원자로시설 주변의 경우 부지 내 3 개 지점에서 환경방사선감시기로 공간감마선량률을 측정하였다. 공간감마선량률은 2호기(MW) 동쪽 지점에서 연평균 122 nGy/h로 전년도와 동일하였으며 2호기(MW) 서쪽 지점에서 연평균 109 nGy/h로 전년도의 108 nGy/h와 유사한 준위를 나타내었다. 1호기(KW) 서쪽 지점에서 연평균 120 nGy/h로 전년도와 동일하였다. 열형광선량계에 의한 집적선량 연평균은 부지 내 227 μGy/분기 및 주변지역 236 μGy/분기로 나타나 전년도와 유사한 준위로 유지되고 있었다.

환경방사능 조사대상 시료에 대한 방사성핵종 분석 결과는 공기 중 미립자의 경우 부지 내 전베타 방사능은 연평균 농도 1.23 mBq/㎥로 평상시 변동 범위를 유지되고 있었다. 표층토양시료의 경우 스트론튬-90 방사능의 연평균 농도는 부지 내 상반기 0.165 Bq/kg-dry, 하반기 0.188 Bq/kg-dry, 전체 연평균 0.177 Bq/kg-dry로서 평상시변동범위를 유지하고 있었다. 지표수 시료에서는 전베타 방사능 연평균 농도는 주변지역 0.134 Bq/L 및 비교지점 0.298 Bq/L의 농도로 측정되어 전년도의 0.124 Bq/L 및 0.229 Bq/L와 유사한 준위를 유지하였다. 삼중수소의 경우 서울과학기술대학연못 지점 및 광운대학교 지점 모두 MDA 이하로 나타났으며, 지하수 시료에서도 보일러건물 지점에서 MDA 이하로 나타났다.

조사 대상 시료에 대한 감마동위원소 분석결과는 대덕 원자력이용시설 지역과 마찬가지로 공기 중 미립자에서는 자연 방사성핵종인 ^{7}Be이 전년도 준위로 검출되었으며 그 외의 모든 인공 방사성핵종은 모두 MDA 이하로 나타났다. 지하수에서는 인공핵종 모두 MDA이하로 나타났다. 다만, 표층토양, 지표수의 경우 자연 방사성 핵종인 ^{40}K과 함께 ^{137}Cs 또는 ^{131}I이 평상시변동범위 내에서 일부 검출되었다.

원자력이용시설 운영에 따른 주변 주민에 대한 예상 피폭선량은 0.000878 mSv/yr로 일반인에 대한 법적선량한도(1mSv/yr) 및 부지기준치(0.25 mSv/yr) 보다 낮게 평가 되어 주변 주민의 안전에 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

본 연구에서 살펴본 것처럼 한국원자력연구원의 원자력이용시설 및 주변지역에 대한 2017년도 환경방사선 및 방사능 조사 자료를 검토한 결과 원자력시설 운영으로 인한 주변 환경의 오염 및 변화추이는 없었으며, 방사능 물질의 축적현상은 발견되지 않았다.

SUMMARY

Ⅰ. Project Title

Environmental Radiation Monitoring Around the Nuclear Facilities.

1. The environmental radiation monitoring on the site of KAERI nuclear facilities and their environs.

2. The environmental radiation monitoring on the site of Seoul research reactors and their environs.

Ⅱ. Objective and Importance of the Project

Purposes and importance of the environmental radiation monitoring around the nuclear facilities are as follows:

1) To confirm that the surrounding environment is not changed by the operation of nuclear facilities.

2) To know the tendencies of accumulation of radioactive materials in the environment.

3) To obtain the public confidence by opening of the monitoring results.

Ⅲ. Scope and Contents of Project

The environmental radiation monitoring was carried out broadly for the following:

1) Measurements of the environmental radiation

Environmental radiation dose was measured by a continuous Environmental Radiation Monitor (ERM) in the sites. And the accumulated radiation dose was measured by thermoluminescent dosimeter (TLD).

2) Analyses of the environmental radioactivity

The environmental radioactivity on gross alpha and gross beta, uranium, tritium, strontium, and gamma-radionuclides were analyzed routinely in the

various samples such as air particulate, iodine air filter, air moisture, soil, sediment, pine needle, rainwater, surface water, underground water, fallout, farm products, and livestock products.

Ⅳ. Result of Project

The results of environmental radiation monitoring in Daedeok-site are as follows:

The locations of 2 Environment Radiation Monitor (ERM) for the on-site environmental radiation dose measurement were changed and 1 ERM is established additionally in the north direction of the site. The annual average level of the environmental radiation dose of on-site and neighboring area was 109 nGy/h, which was similar comparing with 112 nGy/h of the previous year. The annual average of quarterly accumulated radiation dose was 231 μGy/quarter in the site and 213 μGy/quarter in neighboring area.

The radioactivity of gross alpha in air particulate in the site was 0.142 mBq/m^3. The radioactivity of gross beta in environmental samples such as air particulate, surface water, rainwater, fallout were obtained from the monitoring. The average radioactivity of gross beta in the site were 1.13 mBq/m^3 in air particulate and 0.124 Bq/L in surface water, respectively. The average concentration of the on-site of strontium in soil was 0.173 Bq/kg-dry at the first half and 0.238 Bq/kg-dry at the second half, respectively. In the analyses of gamma-radionuclides, natural radionuclides such as ^{40}K or ^{7}Be were detected in air particulate, pine needle and food. But soil, sedimentr showed the concentration of ^{137}Cs of the similar level to the previous year. The radioactivity of ^{3}H was detected in the rainwater, and was similar to radioactivity of the previous year.

The results of environmental radiation monitoring in the Seoul-site are as follows:

Environmental radiation dose was measured by a continuous ERM. The annual average levels of the on-site environmental radiation dose were 122 nGy/h in east point of the KRR-2 (MW), 109 nGy/h in west point of the KRR-2 (MW) and 120 nGy/h in west point of the KRR-1 (KW). The annual average of quarterly accumulated γ-radiation dose measured by a TLD was 227 μGy/quarter in on-site and 236 μGy/quarter in off-site. The annual average activity of on-site gross beta

was 1.23 mBq/㎥ in air particulate and that of gross bata of the surface water from neighboring area was 0.134 Bq/L. The average on-site concentration of strontium in soil was 0.165 Bq/kg-dry at the first half and 0.188 Bq/kg-dry at the second half, respectively. And the radioactivities of tritium in surface water and underground water samples were less than MDA. In the analyses of gamma-radionuclides, the radioactivities of most gamma-radionuclides in air particulate were less than MDA except ^{7}Be which are natural radionuclide. But not only ^{40}K or ^{7}Be but also ^{137}Cs were detected at the background level in soil. I-131 was also detected at the background level in surface water.

KAERI

CONTENTS

SUMMARY ····· 10

Chapter 1. Introduction ····· 21

Chapter 2. Main subject ····· 25

Section 1. Scope and method ····· 27

1. Current status of the site and environmental radiation monitoring program ····· 27

a. Site of Daedeok nuclear facilities ····· 27

b. Site of Seoul research reactors ····· 36

2. Monitoring method ····· 41

a. Method of environmental radiation monitoring ····· 41

b. Collection and pre-treatment method of samples ····· 42

c. Measurement and analyses ····· 44

d. Calibration ····· 46

e. Quality control ····· 53

Section 2. Result and discussion ····· 56

1. Site of Daedeok nuclear facilities and its environs ····· 56

a. Results of the investigation on the environmental radiation monitoring ····· 56

b. Results of the investigation on the environmental radioactivity ····· 58

2. Site of Seoul research reactors and its environs ····· 73

a. Results of the investigation on the environmental radiation monitoring ····· 73

b. Results of the investigation on the environmental radioactivity ····· 74

3. Meteorology and atmospheric dispersion ····· 80

4. Radiological dose assessment on environs ····· 89

Chapter 3. Conclusion ····· 107

Section 1. Site of Daedeok nuclear facilities and its environs ····· 109

Section 2. Site of Seoul research reactors and its environs ····· 109

Section 3. Radiological dose assessment on environs ····· 110

Section 4. Conclusion ····· 110

Chapter 4. References ····· 111

Appendix ····· 115

KAERI

목 차

요약문 ····· 5
제1장 서 론 ····· 21
제2장 본 론 ····· 25
제1절 운영내용 및 방법 ····· 27
1. 부지현황 및 환경감시 프로그램 ····· 27
가. 대덕 원자력이용시설 부지 ····· 27
(1) 대덕 원자력이용시설 부지 현황 ····· 27
(2) 대덕 원자력이용시설 주변 환경감시 프로그램 ····· 27
나. 서울 연구용원자로시설 부지 ····· 36
(1) 서울 연구용원자로시설 부지 현황 ····· 36
(2) 서울 연구용원자로시설 주변 환경감시 프로그램 ····· 36
2. 환경감시 방법 ····· 41
가. 환경방사선 조사 방법 ····· 41
(1) 공간감마선량률 조사 ····· 41
(2) 집적선량 조사 ····· 42
나. 환경시료의 채취 및 전처리 방법 ····· 42
(1) 공기 중 미립자 및 방사성 옥소 ····· 42
(2) 공기 중 수분 ····· 42
(3) 낙진 ····· 42
(4) 표층토양 ····· 43
(5) 하천토양 ····· 43
(6) 솔잎 ····· 43
(7) 빗물 ····· 43
(8) 지표수 ····· 43
(9) 지하수 ····· 43
(10) 채소류 ····· 44
(11) 곡류 ····· 44
(12) 기타 환경시료 ····· 44
다. 방사능 계측 및 분석 방법 ····· 44

(1) 전알파/전베타 방사능 ····· 44
(2) 우라늄 방사능 ····· 44
(3) 삼중수소 방사능 ····· 45
(4) 스트론튬-90 방사능 ····· 45
(5) 감마동위원소 ····· 45
라. 환경 방사선 및 방사능 계측기의 교정 ····· 46
(1) 저준위 알파/베타 방사능 계측기 교정 ····· 46
(2) 열형광선량계 교정 ····· 48
(3) 감마 스펙트로메터의 교정 ····· 49
(4) 알파 스펙트로메터의 교정 ····· 50
(5) 액체섬광계수기의 교정 ····· 50
(6) 환경감시기(ERM)의 교정 ····· 52
마. 품질관리 ····· 53
(1) 시료채취 및 운반 ····· 53
(2) 시료 전처리 ····· 53
(3) 방사능 분석 ····· 54
(4) 조사자료의 해석 및 통계처리 ····· 54
(5) 조사결과 보고 ····· 54
제2절 운영결과 및 고찰 ····· 56
1. 대덕 원자력이용시설 부지 및 주변지역 ····· 56
가. 환경방사선 조사결과 ····· 56
(1) 공간감마선량률 ····· 56
(2) 집적선량 ····· 57
나. 환경방사능 조사결과 ····· 58
(1) 공기 중 미립자 ····· 58
(2) 공기 중 수분 ····· 60
(3) 낙진 ····· 61
(4) 표층토양 ····· 62
(5) 하천토양 ····· 64
(6) 솔잎 ····· 65
(7) 빗물 ····· 65
(8) 지표수 ····· 67
(9) 지하수 ····· 69
(10) 농산물 ····· 71

(11) 축산물 ····· 72
2. 서울 연구용원자로시설 부지 및 주변지역 ····· 73
가. 환경방사선 조사결과 ····· 73
(1) 공간감마선량률 ····· 73
(2) 집적선량 ····· 74
나. 환경방사능 조사결과 ····· 74
(1) 공기 중 미립자 ····· 74
(2) 표층토양 ····· 75
(3) 하천토양 ····· 77
(4) 지표수 ····· 77
(5) 지하수 ····· 78
3. 기상 및 대기 확산 ····· 80
가. 기상관측자료 수집 ····· 80
나. 기상관측자료 분석 ····· 80
4. 주민선량평가 ····· 89
가. 개요 ····· 89
나. 방사성물질의 환경배출 ····· 89
(1) 환경배출기준치 ····· 89
(2) 환경배출량 ····· 90
다. 주민선량 평가방법 ····· 93
(1) 인체 피폭경로 ····· 93
(2) 대기확산 ····· 93
라. 주민선량 평가결과 ····· 100
제3장 결 론 ····· 107
제1절 대덕 원자력이용시설 부지 및 주변지역 ····· 109
제2절 서울 연구용원자로시설 부지 내 및 주변지역 ····· 109
제3절 주민선량평가 ····· 110
제4절 결 론 ····· 110
제4장 참고문헌 ····· 111
부 록 ····· 115
[부록 1] 공간 감마선량률 및 환경방사능 농도 자료 ····· 117
[부록 2] 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자 ····· 169
[부록 3] 방사선/능 일시증가 보고 자료 ····· 178

KAERI

표 목차

표 2-1. 원자력시설 주변 방사선환경 조사계획 ····· 28
표 2-2. 환경방사선감시기에 의한 공간감마선량률 조사계획 (대덕) ····· 29
표 2-3. 열형광선량계에 의한 집적선량 조사계획 (대덕) ····· 30
표 2-3. 〈계속〉 열형광선량계에 의한 집적선량 조사계획 (대덕) ····· 31
표 2-4. 육상시료의 환경방사능 조사계획 (대덕) ····· 32
표 2-4. 〈계속〉 육상시료의 환경방사능 조사계획 (대덕) ····· 33
표 2-5. 환경방사선감시기에 의한 공간감마선량률 조사계획 (서울) ····· 37
표 2-6. 열형광선량계에 의한 집적선량 조사계획 (서울) ····· 37
표 2-7. 육상시료의 환경방사능 조사계획 (서울) ····· 38
표 2-8. 저준위 알파베타계수기 교정 결과 및 자기흡수 보정 결과 ····· 47
표 2-9. 열형광선량계(TLD-100H) ····· 48
표 2-10. 감마 스펙트로메터 교정 결과 (ORT#9) ····· 49
표 2-11. 감마 스펙트로메터 교정 결과 (ORT#8) ····· 49
표 2-12. 액체섬광계수기 교정결과(삼중수소, 스트론튬-90) ····· 51
표 2-13. 환경방사선감시기 교정 결과 ····· 52
표 2-14. 2017년 방사능 숙련도 시험 결과(KINS) ····· 55
표 3-1. 대기안정도의 년간 발생빈도의 연도별 추이 ····· 82
표 3-2. 풍속구간별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (67m) ····· 82
표 3-2. 〈계속〉 풍속구간별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (27m) ····· 83
표 3-2. 〈계속〉 풍속구간별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (10m) ····· 83
표 3-3. 풍향별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (67m) ····· 84
표 3-3. 〈계속〉 풍향별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (27m) ····· 84
표 3-3. 〈계속〉 풍향별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (10m) ····· 85
표 3-4. 풍향, 풍속의 연간통계값 (Annual statistics of wind direction and speed) ····· 86
표 3-5. 기온의 연간 통계값 (Annual statistics of temperature) ····· 86
표 3-6. 상대습도의 연간 통계값 (Annual statistics of relative humidity) ····· 87
표 3-7. 일사, 기압, 강우, 시정의 연간 통계값 ····· 87

표 3-8. 풍향, 풍속, 대기안정도별 발생빈도 (Joint frequency distributions) ····· 88
표 4-1. 환경상의 위해 방지를 위한 기준치 ····· 90
표 4-2. 기체상 방사성물질의 환경배출량 ····· 91
표 4-2. 〈계속〉 기체상 방사성물질의 환경배출량 ····· 92
표 4-3. 액체상 배출물의 환경배출량 ····· 92
표 4-4. 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (하나로) ····· 94
표 4-4. 〈계속〉 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (한국원자력연구원 운영 기타 원자력관련시설) ····· 95
표 4-4. 〈계속〉 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (한국원자력연구원 운영 기타 원자력관련시설) ····· 96
표 4-4. 〈계속〉 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (한전원자력연료 운영시설) ····· 97
표 4-4. 〈계속〉 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (한국원자력환경공단 운영시설) ····· 98
표 4-5. 최대 피폭지점의 대기확산인자 및 침적인자의 연도별 변화 ····· 99
표 4-6. 원자력시설당 설계기준치와의 비교 (mGy/yr 또는 mSv/yr) ····· 101
표 4-6. 〈계속〉 원자력시설당 설계기준치와의 비교 ····· 102
표 4-6. 〈계속〉 원자력시설당 설계기준치와의 비교 ····· 103
표 4-6. 〈계속〉 원자력시설당 설계기준치와의 비교 ····· 104
표 4-7. 부지 당 기준치와의 비교 ····· 105
표 4-8. 집단선량과 자연방사선과의 비교 ····· 105

KAERI

그림 목차

그림 2-1. 대덕 원자력이용시설 부지 내 지형도 ····· 34
그림 2-2. 대덕 원자력이용시설 주변지역 지형도 ····· 35
그림 2-3. 서울 연구용원자로시설 부지 내 지형도 ····· 39
그림 2-4. 서울 연구용원자로시설 주변지역 지형도 ····· 40
그림 2-5. 부지 내 공간감마선량률 및 기상 실시간 측정 지점 ····· 41
그림 2-6. 저준위 알파/베타계수기 자기흡수 보정 결과 ····· 46
그림 2-7. 열형광 선량계 교정 결과 ····· 48
그림 2-8. 알파 스펙트로메타의 에너지 보정 곡선 ····· 50
그림 2-9. 대덕 원자력시설 주변 공간감마선량률 (환경방사선감시기, 2014~2016년) ····· 56
그림 2-10. 대덕 원자력시설 주변 공간감마선량률 (환경방사선감시기, 2017) ····· 57
그림 2-11. 대덕 원자력시설 주변 집적선량 (열형광선량계) ····· 58
그림 2-12. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전알파) ····· 59
그림 2-13. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전베타) ····· 59
그림 2-14. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 수분의 방사능 농도 (삼중수소) ····· 60
그림 2-15. 대덕 원자력시설 주변 낙진의 방사능 농도 (전베타) ····· 61
그림 2-16. 대덕 원자력시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (^{238}U) ····· 63
그림 2-17. 대덕 원자력시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (스트론튬-90) ····· 63
그림 2-18. 대덕 원자력시설 주변 하천토양의 방사능 농도 (^{238}U) ····· 64
그림 2-19. 대덕 원자력시설 주변 빗물의 방사능 농도 (삼중수소) ····· 66
그림 2-20. 대덕 원자력시설 주변 빗물의 방사능 농도 (전베타) ····· 66
그림 2-21. 대덕 원자력시설 주변 지표수의 방사능 농도 (삼중수소) ····· 68
그림 2-22. 대덕 원자력시설 주변 지표수의 방사능 농도 (전베타) ····· 68
그림 2-23. 대덕 원자력시설 주변 지하수의 방사능 농도 (^{238}U) ····· 70
그림 2-24. 대덕 원자력시설 주변 지하수의 방사능 농도 (삼중수소) ····· 70
그림 2-25. 대덕 원자력시설 주변 농산물(배추)의 방사능 농도 (스트론튬-90) ····· 71
그림 2-26. 대덕 원자력시설 주변 농산물(배추)의 방사능 농도 (삼중수소) ····· 72
그림 2-27. TRIGA 연구로시설 주변 공간감마선량률 (환경방사선감시기) ····· 73

그림 2-28. TRIGA 연구로시설 주변 집적선량 (열형광선량계) ····· 74
그림 2-29. TRIGA 연구로시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전베타) ····· 75
그림 2-30. TRIGA 연구로 시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (스트론튬-90) ····· 76
그림 2-31. TRIGA 연구로시설 주변 지표수의 방사능 농도 (전베타) ····· 77
그림 2-32. TRIGA 연구로시설 주변 지표수의 방사능 농도 (삼중수소) ····· 78
그림 2-33. TRIGA 연구로시설 주변 지하수의 방사능 농도 (삼중수소) ····· 79
그림 3-1 연간 바람장미 (Annual wind rose) ····· 81
그림 4-1. 최근 3년간 기체상 배출물에 의한 부지 최대 피폭연령군의 유효선량 ····· 106
그림 4-2. 최근 3년간 액체상 배출물에 의한 부지 최대 피폭연령군의 유효선량 ····· 106

KAERI

제1장

서 론

KAERI

KAERI

1 서 론

원자력이용시설의 운영자는 주변 환경에 미치는 영향과 방사성물질의 거동 등에 대해 지속적인 조사·평가를 수행하도록 원자력안전법에서 의무화하고 있다. 원자력이용시설을 운영하는 한국원자력연구원은 원자력안전법 제104조 (환경보전)의 1항, 원자력안전법 시행규칙 제136조 (방사선환경 조사 및 평가)에 의해 고시된 원자력안전위원회 고시 제2017-17호 (원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가)에 따라 원자력시설의 운영에 따른 주변 환경 변화여부를 추적하기 위해 환경방사선 감시를 철저히 수행하고 이를 분석하여 그 결과를 원자력안전위원회에 정기적으로 보고하고 관련 자료를 확보하여야 한다. 아울러 환경방사선 감시내용을 공개하여 원자력의 올바른 이해와 불안감을 해소시켜 원자력에 대한 국민적 신뢰성 확보에도 노력을 기울여야 한다.

한국원자력연구원의 원자력이용시설로는 대덕 부지에는 다목적 연구용원자로인 '하나로'를 비롯하여 조사재시험시설, 조사후시험시설, 방사성폐기물처리시설, 연구용원자로 핵연료가공시설 등이 운영되고 있으며, 서울 부지에는 연구용원자로 2기가 있으며 2호기는 해체가 완료되었으며 1호기는 현재 해체중이다. 따라서 이러한 원자력이용시설 주변에 대한 환경방사선 감시를 지속적으로 실시하여 원자력시설의 운영에 따른 주변 환경의 이상 여부를 확인하고 예기치 않은 원자력시설의 사고 시 주변 환경에 대한 방사능 영향을 평가할 수 있는 기초 자료를 확보해 나가고 있다.

한국원자력연구원의 원자력이용시설 주변에 대한 환경방사선 감시는 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정 (원자력안전위원회 고시 제2017-17호)을 기본으로 하여 원자력이용시설 건설 및 운영 인허가 시 제출된 방사선환경조사계획서에 의해 원자력시설 부지 및 주변 지역에 대하여 환경방사선과 환경시료에 대한 방사성핵종 분석을 실시하였다.

본 조사연구는 원자력이용시설의 운영으로 인하여 방사성 물질에 의한 환경변화와 환경오염의 우려가 없음을 입증하기 위한 것으로 다음과 같은 목적을 두고 실시하였다. 첫째, 한국원자력연구원이 운영하는 원자력이용시설 주변의 환경감시 자료를 확보하여 원자력시설 운영으로 인해 주변 환경 및 주민들의 장해가 없음을 입증하여 원자력시설에 대한 신뢰성 및 안전성을 확보하고, 둘째 원자력이용시설로부터 예기치 않은 방사성 물질의 배출로 환경오염이 발생할 경우 판단할 수 있는 기초 자료를 확보하는데 그 목적이 있다.

KAERI

제2장

본 론

제1절 운영내용 및 방법

제2절 운영결과 및 고찰

KAERI

KAERI

2 본 론

제1절 운영내용 및 방법

1. 부지현황 및 환경감시 프로그램

가. 대덕 원자력이용시설 부지

(1) 대덕 원자력이용시설 부지 현황

대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111에 위치하고 있는 한국원자력연구원의 원자력이용시설은 다목적 연구용원자로인 '하나로', 연구용원자로 핵연료가공시설, 조사재시험시설, 조사후시험시설, 방사성폐기물처리시설 그리고 연구실험실 등이 운영되고 있다.

부지는 대전시가지의 북북서 방향 13 km, 유성의 북북동 방향 8 km 지점에 위치하고 있다. 부지 서남쪽 16 km 거리에 계룡산국립공원 (해발 845 m)이 위치하며, 부지 반경 8 km 이내에는 낮은 야산과 구릉지대, 반경 2 km 이내에는 북동쪽에 보덕봉 (263 m)과 남쪽에 적오산 (255 m)이 있다. 한편, 금강 본류가 부지의 동쪽으로부터 북서쪽으로 흐르는데 지류인 갑천과는 부지 북동쪽 약 5 km 지점에서 합류해 흐른다. 부지에서 배출되는 배수는 동화천을 따라 갑천으로 흘러들고 갑천이 금강에 합류함에 따라 금강수계로 유입되고 있다.

(2) 대덕 원자력이용시설 주변 환경감시 프로그램

대덕 원자력이용시설에 대한 방사선환경 조사·평가는 부지 내와 주변지역을 구별하여 실시하였으며, 또한 방사선환경 조사·평가는 환경방사선 및 환경방사능으로 구분하여 수행하였다. 환경방사선 조사는 공간감마선량률과 집적선량을 조사하였으며, 환경방사능 조사는 공기 중 미립자, 방사성옥소, 수분, 낙진과 하천토양, 표층토양, 솔잎, 지표수, 지하수, 빗물, 농산물, 축산물을 조사하였다. 대덕 원자력시설 주변에 대한 공간감마선량률 측정, 시료채취 지점, 환경방사능 측정항목 및 주기는 표 2-1, 표 2-2, 표 2-3, 표 2-4에 나타내었다. 또한, 대덕 원자력시설 부지 내, 주변지역의 지형도는 그림 2-1, 그림 2-2에 나타내었다.

공간감마선량률 측정은 공기 중 방사선이 높을 곳으로 예상되는 곳과 인구밀집 지역, 주 풍하방향, 대기확산 인자를 고려하여 선정한 지점과 비교지점에서 측정하였고, 환경방사성핵종 조사에서 공기 중 미립자 채취는 시설 주변의 지표면에서 공기 중 방사능 농도

가 높을 곳으로 예상되는 서로 다른 방향의 지점에서, 토양 및 솔잎 채취는 반경 26 km 이내 인구밀집지역, 대기 확산 인자가 최대인 지역과 비교지점에서 하였다. 또 부지의 배출수가 흘러 나가는 동화천의 수계를 따라 하천수 및 하천토양을 채취하였다. 곡류, 채소류 및 가금류의 경우는 인구 분포와 농경상황을 고려하여 시료 채취 지점을 선정하였다.

표 2-1. 원자력시설 주변 방사선환경 조사계획

구분	환경매체		조사빈도	감시핵종	조사 지점 수 (대덕)		조사 지점 수 (서울)	
	조사대상	시료종류			부지 내	부지 밖	부지 내	부지 밖
육상시료	공기	미립자	월 1회 (연속채취)	전알파 방사능	5	1	-	-
				전베타 방사능			3	1
				감마동위원소				
		방사성 옥소	주 1회 (연속채취)	^{131}I	5	1	-	-
		수분	월 1회 (연속채취)	^{3}H	4	1	-	-
		낙진	분기 1회 (연속채취)	전베타 방사능	2	1	-	-
				감마동위원소				
	토양	하천토양	분기 1회	^{238}U, ^{235}U, ^{234}U	2	2	-	-
				감마동위원소	2	2	1	1
		표층토양	년 2회	^{238}U, ^{235}U, ^{234}U	2	1	-	-
				^{90}Sr	7	5	3	1
				감마동위원소	9*	5	3	1
	지표생물	솔잎	년 2회	감마동위원소	2	1	-	-
	물	빗물	월 1회	^{3}H	4	1	-	-
				전베타 방사능				
				감마동위원소				
		지표수	월 1회	^{3}H	4	2	-	2
				전베타 방사능				
				감마동위원소				
		지하수 (식수)	분기 1회	^{238}U, ^{235}U, ^{234}U	1	1	-	-
				^{3}H	1	2	1	-
				감마동위원소				
	농산물	곡류 (쌀)	수확기	감마동위원소	-	4	-	-
		채소 (배추)	수확기	^{3}H	-	4	-	-
				^{90}Sr				
				감마동위원소				
	축산물	가금류	년 2회	감마동위원소	-	2	-	-
		우유	년 2회	감마동위원소	-	1	-	-
방사선	환경 방사선		연속측정	공간감마선량률	5	3	3	-
			분기 1회	집적선량	37*	19	9	9

* 가연물처리시설 가동으로 인한 집적선량 조사 지점 3곳, 토양 조사 지점 2곳 추가

표 2-2. 환경방사선감시기에 의한 공간감마선량률 조사계획 (대덕)

번호	조사 지점		방위	거리(㎞)	조사시기	비 고
MPS-1	구즉도서관	대전 유성구 송강동	NE	1.08	연속측정	주변지역
MPS-2	본관동동쪽	대전 유성구 덕진동	ES	0.89	〃	부지 내
MPS-3	기상탑	대전 유성구 덕진동	WS	0.49	〃	〃
MPS-4	독신료	대전 유성구 덕진동	SE	1.04	〃	〃
MPS-5	제6연구동	대전 유성구 덕진동	S	0.79	〃	〃
MPS-6	하나로 서쪽	대전 유성구 덕진동	WNW	0.34	〃	〃
MPS-7	구룡동	대전 유성구 구룡동	N	2.16	〃	주변지역
MPS-8	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점

KAERI

표 2-3. 열형광선량계에 의한 집적선량 조사계획 (대덕)

번호	조사 지점		방위	거리(㎞)	조사시기 (월)	비 고
TL-1	핵연료가공동	대전 유성구 덕진동	SW	0.35	3, 6, 9, 12	부지 내
TL-2	조사후시험동	대전 유성구 덕진동	SE	0.20	〃	〃
TL-3	폐기물운영동	대전 유성구 덕진동	SE	0.33	〃	〃
TL-4	정련시설동	대전 유성구 덕진동	SES	0.32	〃	〃
TL-5	식당 앞	대전 유성구 덕진동	SE	0.66	〃	〃
TL-6	정문 앞	대전 유성구 덕진동	SES	0.79	〃	〃
TL-7	제5연구동	대전 유성구 덕진동	SES	0.72	〃	〃
TL-8	환경기술원 앞	대전 유성구 덕진동	S	0.69	〃	〃
TL-9	기상탑	대전 유성구 덕진동	SWS	0.49	〃	〃
TL-10	수송용기실험동	대전 유성구 덕진동	WSW	0.42	〃	〃
TL-11	액체폐기물증발시설	대전 유성구 덕진동	WNW	0.34	〃	〃
TL-12	고체폐기물 창고	대전 유성구 덕진동	E	0.07	〃	〃
TL-13	KNFC본관 뒤	대전 유성구 덕진동	NE	0.36	〃	〃
TL-14	경계초소(KNFC본관 뒤)	대전 유성구 덕진동	ENE	0.51	〃	〃
TL-15	MPS1(골프장북쪽)	대전 유성구 덕진동	ENE	0.61	〃	〃
TL-16	경계초소14(골프장 뒤)	대전 유성구 덕진동	E	0.71	〃	〃
TL-17	경계초소12(골프장 옆)	대전 유성구 덕진동	E	0.85	〃	〃
TL-18	집수포	대전 유성구 덕진동	ESE	0.85	〃	〃
TL-19	MPS2(본관동 동편)	대전 유성구 덕진동	SE	0.89	〃	〃
TL-20	정문 테니스장 옆	대전 유성구 덕진동	SE	0.81	〃	〃
TL-21	하나로 21	대전 유성구 덕진동	S	0.21	〃	〃
TL-22	하나로 22	대전 유성구 덕진동	SWS	0.25	〃	〃
TL-23	하나로 23	대전 유성구 덕진동	WS	0.25	〃	〃
TL-24	하나로 24	대전 유성구 덕진동	WSW	0.18	〃	〃
TL-25	하나로 25	대전 유성구 덕진동	WNW	0.19	〃	〃
TL-26	하나로 26	대전 유성구 덕진동	N	0.09	〃	〃
TL-27	하나로 27	대전 유성구 덕진동	N	0.04	〃	〃
TL-28	하나로 28	대전 유성구 덕진동	S	0.06	〃	〃
TL-29	하나로 29	대전 유성구 덕진동	E	0.14	〃	〃
TL-30	하나로 30	대전 유성구 덕진동	E	0.14	〃	〃
TL-31	하나로 31	대전 유성구 덕진동	SEE	0.22	〃	〃
TL-32	하나로 32	대전 유성구 덕진동	SE	0.23	〃	〃
TL-33	하나로 33	대전 유성구 덕진동	WS	0.18	〃	〃
TL-34	독신료	대전 유성구 덕진동	SES	1.04	〃	〃

표 2-3. 〈계속〉 열형광선량계에 의한 집적선량 조사계획 (대덕)

번호	조사 지점		방위	거리(㎞)	조사시기(월)	비 고
TL-35	동화울	대전 유성구 관평동	S	1.5	3, 6, 9, 12	주변지역
TL-36	구즉초등학교	대전 유성구 봉산동	NNE	1.7	〃	〃
TL-37	기계연구원 앞	대전 유성구 신성동	SW	3.0	〃	〃
TL-38	대덕초등학교	대전 유성구 도룡동	SSE	4.5	〃	〃
TL-39	새일초등학교	대전 대덕구 덕암동	NEE	4.5	〃	〃
TL-40	(구)대동초등학교	대전 유성구 대동	NNE	6.0	〃	〃
TL-41	신탄진초등학교	대전 대덕구 석봉동	NEE	5.5	〃	〃
TL-42	국방과학연구소	대전 유성구 반석동	SSW	6.5	〃	〃
TL-43	외삼초등학교	대전 유성구 반석동	SSW	6.5	〃	〃
TL-44	목동초등학교	대전 중구 목동	SSE	10.5	〃	〃
TL-45	충남대학교	대전 유성구 궁동	SW	6.2	〃	〃
TL-46	법동주공아파트	대전 대덕구 법동	SE	7.5	〃	〃
TL-47	감성초등학교	충남 연기군 금남면	WWN	8.0	〃	〃
TL-48	덕송초등학교	대전 유성구 덕명동	SW	9.5	〃	〃
TL-49	대청댐 휴게소	충북 청원군 문의면	NEE	12.0	〃	〃
TL-50	연서면 주민센터	세종 연서면 성제리	NW	20.5	〃	비교지점
TL-51	삼괴동 마을회관	대전 동구 삼괴동	SSE	21.5	〃	〃
TL-52	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	〃
TL-53	충북대 병원	충북 청주시 개신동	NNE	24.0	〃	〃
TL-54	가연물처리동북쪽*	대전 유성구 덕진동	WNW	0.43	〃	부지 내
TL-55	가연물처리동서쪽*	대전 유성구 덕진동	WNW	0.45	〃	〃
TL-56	가연물처리동남쪽*	대전 유성구 덕진동	WNW	0.42	〃	〃

* 가연물처리시설 가동으로 인한 추가 조사 지점

표 2-4. 육상시료의 환경방사능 조사계획 (대덕)

조사대상	번호	조 사 지 점		방위	거리(㎞)	조사시기(월)	비 고
공기 중 미립자	AP-1	기상탑 MPS1(골프장	대전 유성구 덕진동	WS	0.49	매월	부지 내
	AP-2	북쪽)	대전 유성구 덕진동	E	0.61	〃	〃
	AP-3	MPS2(본관동동쪽)	대전 유성구 덕진동	ES	0.89	〃	〃
	AP-4	독신료	대전 유성구 덕진동	SE	1.04	〃	〃
	AP-5	하나로 서쪽	대전 유성구 덕진동	NWW	0.34	〃	〃
	AP-6	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
공기 중 방사성옥소	AI-1	기상탑	대전 유성구 덕진동	WS	0.49	매주	부지 내
	AI-2	MPS1(골프장북쪽)	대전 유성구 덕진동	E	0.61	〃	〃
	AI-3	MPS2(본관동동쪽)	대전 유성구 덕진동	ES	0.89	〃	〃
	AI-4	독신료	대전 유성구 덕진동	SE	1.04	〃	〃
	AI-5	하나로 서쪽	대전 유성구 덕진동	NWW	0.34	〃	〃
	AI-6	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
공기 중 수분	AM-1	기상탑	대전 유성구 덕진동	WS	0.49	매월	부지 내
	AM-2	독신료	대전 유성구 덕진동	SE	1.04	〃	〃
	AM-3	MPS2(본관동동쪽)	대전 유성구 덕진동	ES	0.89	〃	〃
	AM-4	제3연구동	대전 유성구 덕진동	S	0.47	〃	〃
	AM-5	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
공기 중 낙진	FO-1	기상탑	대전 유성구 덕진동	WS	0.49	3, 6, 9, 12	부지 내
	FO-2	독신료	대전 유성구 덕진동	SE	1.04	〃	〃
	FO-3	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
하천 토양	WS-1	정문앞 배수구※	대전 유성구 덕진동	SES	0.92	3, 6, 9, 12	부지 내
	WS-2	본관동쪽 배수구※	대전 유성구 덕진동	SE	0.87	〃	〃
	WS-3	배수구합류지점※	대전 유성구 덕진동	S	1.13	〃	주변지역
	WS-4	연산주말농장※	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
표층 토양	S-1	기상탑※	대전 유성구 덕진동	SWS	0.49	3월, 9월	부지 내
	S-2	KNFC본관 뒤 2	대전 유성구 덕진동	NE	0.42	〃	〃
	S-3	집수포	대전 유성구 덕진동	ESE	0.85	〃	〃
	S-4	MPS2(본관동동쪽)	대전 유성구 덕진동	SE	0.89	〃	〃
	S-5	독신료	대전 유성구 덕진동	SES	1.04	〃	〃
	S-6	덕진소류지※	대전 유성구 덕진동	NWW	0.63	〃	〃
	S-7	하나로 23	대전 유성구 덕진동	WS	0.25	〃	〃
	S-8	구즉초등학교	대전 유성구 봉산동	NNE	2.0	〃	주변지역
	S-9	기계연구원 앞	대전 유성구 신성동	SW	3.3	〃	〃
	S-10	새일초등학교	대전 대덕구 덕암동	NEE	4.5	〃	〃
	S-11	대청댐휴게소	충북 청원군 문의면	NEE	12.0	〃	〃
	S-12	연산주말농장※	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
	S-13	가연물처리동북쪽*	대전 유성구 덕진동	WNW	0.43	〃	부지 내
	S-14	가연물처리동남쪽*	대전 유성구 덕진동	WNW	0.42	〃	〃

※ 우라늄동위원소 분석지점

* 가연물처리시설 가동으로 인한 추가 조사 지점

표 2-4. 〈계속〉 육상시료의 환경방사능 조사계획 (대덕)

조사대상	번호	조사 지점		방위	거리(㎞)	조사시기(월)	비 고
솔잎	P-1	MPS2(본관동동쪽)	대전 유성구 덕진동	SE	0.89	3월, 9월	부지 내
	P-2	기상탑	대전 유성구 덕진동	SWS	0.49	〃	〃
	P-3	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
빗물	RN-1	독신료	대전 유성구 덕진동	SE	1.04	매월	부지 내
	RN-2	기상탑	대전 유성구 덕진동	WS	0.49	〃	〃
	RN-3	MPS2(본관동동쪽)	대전 유성구 덕진동	ES	0.89	〃	〃
	RN-4	제3연구동	대전 유성구 덕진동	S	0.47	〃	〃
	RN-5	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
지표수	SW-1	정문앞배수구	대전 유성구 덕진동	SES	0.92	매월	부지 내
	SW-2	본관동편배수구	대전 유성구 덕진동	SE	0.87	〃	〃
	SW-3	오폐수처리장앞	대전 유성구 덕진동	ESS	0.73	〃	〃
	SW-4	덕진소류지	대전 유성구 덕진동	NWW	0.63	〃	〃
	SW-5	배수구합류지점	대전 유성구 덕진동	S	1.13	〃	주변지역
	SW-6	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
지하수	UW-1	보덕샘※	대전 유성구 덕진동	ESE	0.59	3, 6, 9, 12	부지 내
	UW-2	동화울	대전 유성구 관평동	S	1.5	〃	주변지역
	UW-3	연산주말농장※	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	비교지점
곡류 (쌀)	R-1	동화울	대전 유성구 관평동	S	1.5	수확기	주변지역
	R-2	둔곡동	대전 유성구 둔곡동	NNW	4.4	〃	〃
	R-3	연서면 주민센터	세종 연서면 성제리	NW	20.5	〃	비교지점
	R-4	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	〃
채소류 (배추)	V-1	동화울	대전 유성구 관평동	S	1.5	수확기	주변지역
	V-2	둔곡동	대전 유성구 둔곡동	NNW	4.4	〃	〃
	V-3	연서면 주민센터	세종 연서면 성제리	NW	20.5	〃	비교지점
	V-4	연산주말농장	충남 논산시 연산면	SW	26.0	〃	〃
가금류 (닭)	EG-1	안산동	대전 유성구 안산동	WSW	6.8	3월, 9월	주변지역
	EG-2	연서면 주민센터	세종 연서면 성제리	NW	20.5	〃	비교지점
우유	M-1	영대목장	충남 연기군 금남면	NW	5.4	3월, 9월	주변지역

※ 우라늄동위원소 분석지점

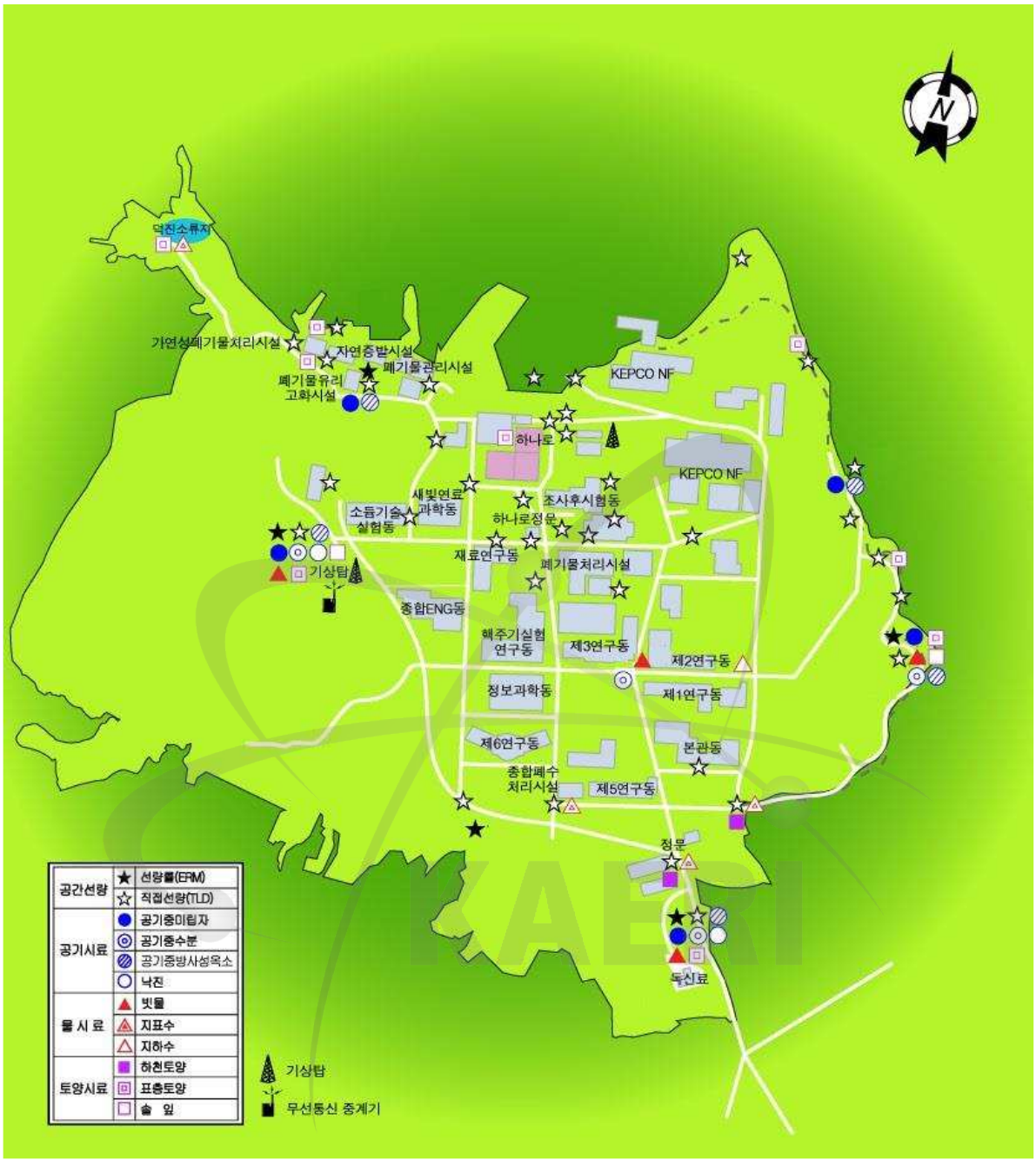


그림 2-1. 대덕 원자력이용시설 부지 내 지형도

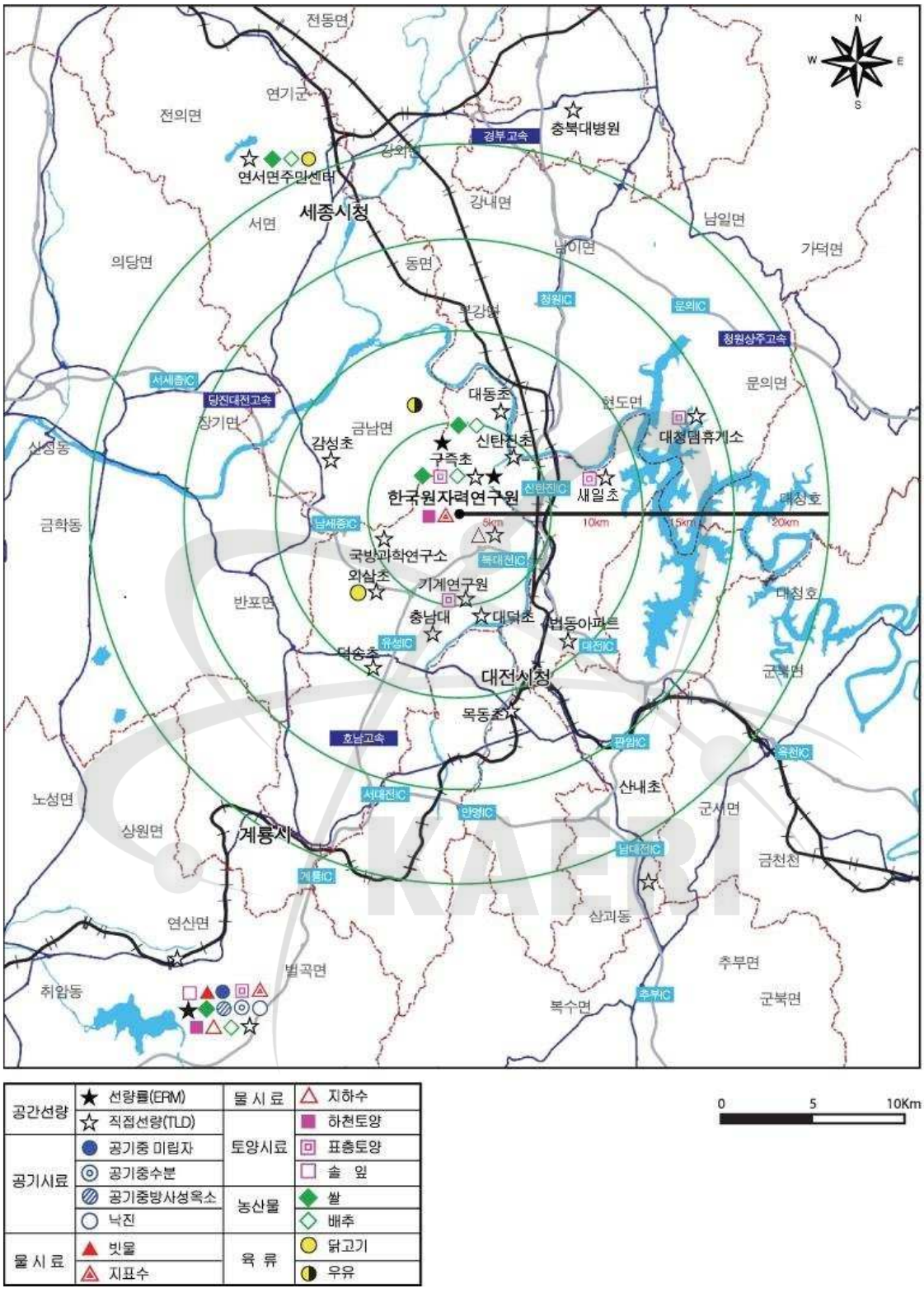


그림 2-2. 대덕 원자력이용시설 주변지역 지형도

나. 서울 연구용원자로시설 부지

(1) 서울 연구용원자로시설 부지 현황

서울 연구용원자로 부지는 서울시 노원구 노원길 130에 위치하고 있으며, 부지에는 연구용원자로 TRIGA시설 2 기가 설치되어 있는데, 이들 연구용원자로는 대덕의 '하나로'가 가동되면서 지난 '95년부터 가동 중지되었고 현재 1호기는 해체중이며 2호기는 해체가 완료되었다.

부지는 서울시 동북쪽 경계선 가까이에 있으며 서울시청으로 부터의 직선거리는 약 11.6 km이다. 한강은 부지의 남쪽 약 10 km 떨어진 곳에서 동쪽에서 서쪽으로 흐르며, 북한산 (836 m), 도봉산 (740 m)의 연봉으로 이루어진 산맥 (북한산국립공원)이 서쪽 약 10 km 떨어진 곳에서 남북으로 뻗어 있고, 동쪽에는 수락산 (638 m), 불암산 (508 m)으로 이어지는 산맥이 남북으로 뻗어 있다. 부지는 불암산 봉우리로부터 남남서 방향 약 3 km 지점의 산자락에 있으며, 낮은 구릉들로 둘러싸인 좁고 긴 분지형 지대의 동쪽 기슭에 있다.

(2) 서울 연구용원자로시설 주변 환경감시 프로그램

서울 연구용원자로 시설을 중심으로 반경 5 km 범위내에서 다음과 같은 내용에 대해 조사·감시를 정기적으로 수행하였다.

- 공간감마선량률 조사
- 집적선량 조사
- 환경시료에 대한 전베타 방사능 분석
- 환경시료의 스트론튬-90 분석
- 환경시료의 감마동위원소 분석
- 환경시료의 삼중수소 분석

특히 원자력이용시설로부터 방사성 물질의 유출·확산 가능성에 대비하여 연구원 부지 내를 흐르는 지표수에 대한 조사·감시를 강화하였다. 정확한 환경방사선 조사·감시를 위해서 원자력이용시설 부지 내 지역과 주변지역에 대해 매월 현지에서 수행하였다. 방사선환경조사 대상항목 및 조사빈도 등에 대해서는 표 2-5과 표 2-6, 표 2-7에 나타내었고, 그림 2-3에 부지 내의 지형도를, 그림 2-4에 주변지역의 지형도를 나타내었다.

표 2-5. 환경방사선감시기에 의한 공간감마선량률 조사계획 (서울)

번호	조사 지점		방위	거리(㎞)	조사시기	비 고
MPS-101	2호기(MW) 동쪽	서울 노원구 공릉동	E	0.1	연속측정	부지 내
MPS-102	2호기(MW) 서쪽	서울 노원구 공릉동	W	0.1	〃	〃
MPS-103	1호기(KW) 서쪽	서울 노원구 공릉동	W	0.1	〃	〃

표 2-6. 열형광선량계에 의한 집적선량 조사계획 (서울)

번호	조사 지점		방 위	거리(㎞)	조사시기(월)	비 고
TL-101	1호기(KW) 동쪽	서울 노원구 공릉동	E	0.1	3, 6, 9, 12	부지 내
TL-102	1호기(KW) 서쪽	서울 노원구 공릉동	W	0.1	〃	〃
TL-103	2호기(MW) 동쪽	서울 노원구 공릉동	E	0.1	〃	〃
TL-104	2호기(MW) 서쪽	서울 노원구 공릉동	WW	0.1	〃	〃
TL-105	보일러 건물	서울 노원구 공릉동	W	0.2	〃	〃
TL-106	(구)폐기물 건물	서울 노원구 공릉동	S	0.3	〃	〃
TL-107	(구)정문	서울 노원구 공릉동	WS	0.4	〃	〃
TL-108	(구)물리동	서울 노원구 공릉동	NEN	0.3	〃	〃
TL-109	한전기숙사 남쪽	서울 노원구 공릉동	S	0.6	〃	〃
TL-110	원자력의학원 앞	서울 노원구 공릉동	S	0.7	〃	주변지역
TL-111	원자력의학원 옆	서울 노원구 공릉동	S	0.6	〃	〃
TL-112	서울과학기술대학 연못	서울 노원구 공릉동	NW	0.7	〃	〃
TL-113	서울여자대학교	서울 노원구 공릉동	SE	1.0	〃	〃
TL-114	삼육대학교	서울 노원구 공릉동	NE	1.7	〃	〃
TL-115	인덕전문대학	서울 노원구 월계동	SW	2.0	〃	〃
TL-116	태능중학교	서울 중랑구 묵동	N	2.1	〃	〃
TL-117	공릉중학교	서울 노원구 공릉동	N	1.2	〃	〃
TL-118	광운대학교	서울 노원구 월계동	W	3.3	〃	비교지점

KAERI

표 2-7. 육상시료의 환경방사능 조사계획 (서울)

조 사 대 상	번 호	조 사 지 점		방위	거리 (㎞)	조사시기 (월)	비 고
공기 중 미립자	AP-101 AP-102 AP-103 AP-104	2호기(MW) 앞 2호기(MW) 뒤 1호기(KW) 앞 한전기계실 옆	서울 노원구 공릉동 서울 노원구 공릉동 서울 노원구 공릉동 서울 노원구 공릉동	E W N W	0.1 0.1 0.1 0.2	매월 〃 〃 〃	부지 내 〃 〃 비교지점
하천 토양	WS-101 WS-102	(구)정문 서울과학기술대학	서울 노원구 공릉동 서울 노원구 공릉동	WS NW	0.4 0.7	3, 6, 9, 12 〃	부지 내 비교지점
지하수	UW-101	보일러 건물	서울 노원구 공릉동	W	0.2	3, 6, 9, 12	부지 내
지표수	SW-101 SW-102	서울과학기술대학연못 광운대학교	서울 노원구 공릉동 서울 노원구 월계동	S W	0.6 3.3	매월 〃	주변지역 비교지점
표층 토양	S-101 S-102 S-103 S-104	2호기(MW) 동쪽 보일러 건물 (구)물리동 원자력의학원앞	서울 노원구 공릉동 서울 노원구 공릉동 서울 노원구 공릉동 서울 노원구 공릉동	E W NEN S	0.1 0.2 0.3 0.7	3월, 9월 〃 〃 〃	부지 내 〃 〃 비교지점

KAERI



그림 2-3. 서울 연구용원자로시설 부지 내 지형도

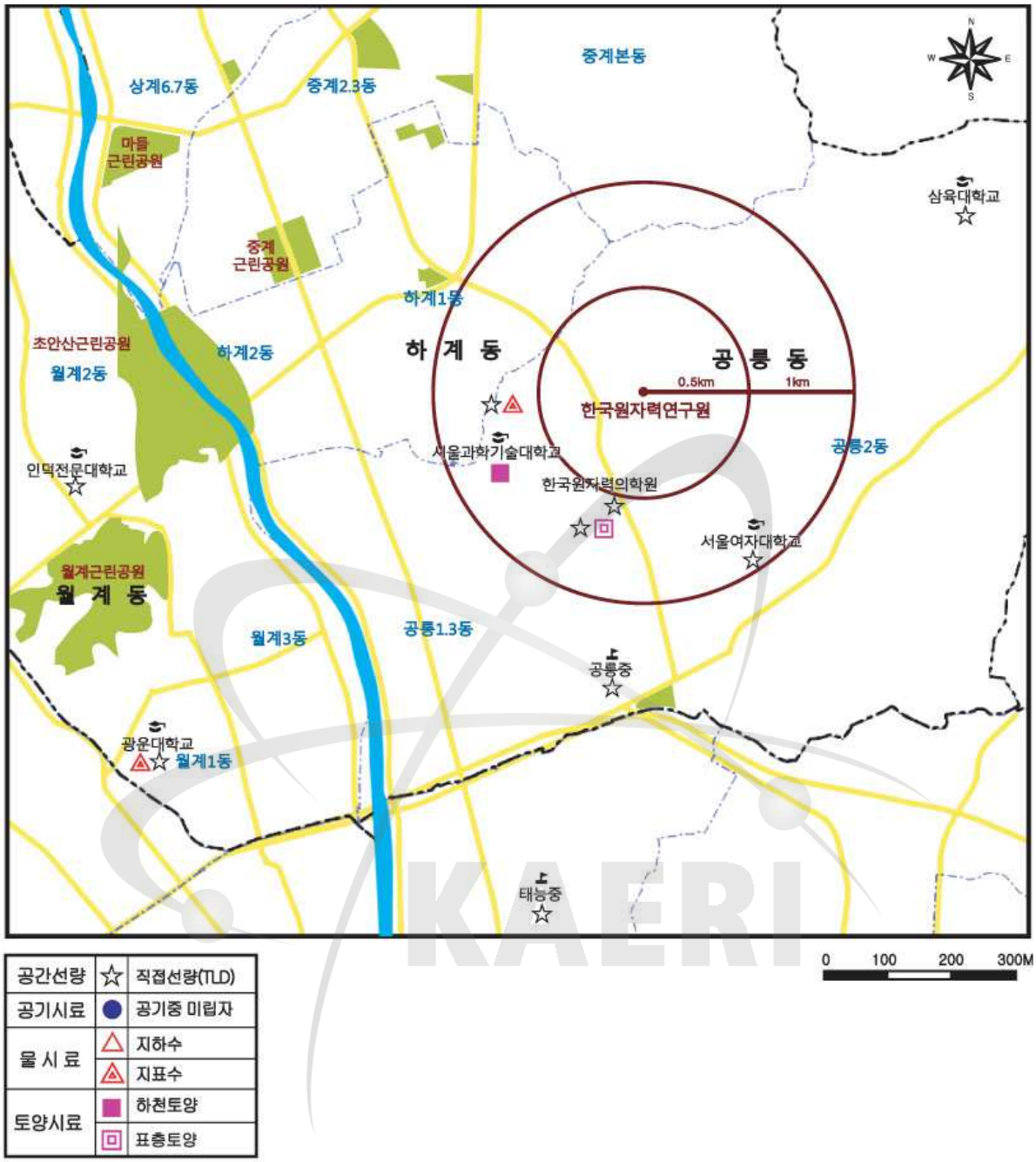


그림 2-4. 서울 연구용원자로시설 주변지역 지형도

2. 환경감시 방법

가. 환경방사선 조사 방법

(1) 공간감마선량률 조사

공간감마선량률 측정을 위하여 부지 내에 환경방사선 실시간감시장치 (Reuter Stokes RSS-131, Environmental Radiation Monitor, Spherical High Pressurized Ionization Chamber, 30 cmØ, Pure Argon 25 atm)를 고정설치 운영하였다. 환경방사선 감시장치의 검출기를 지상 약 1 m 높이에 고정시키고 24 시간 연속으로 공간감마선량률이 자동으로 측정 기록되도록 하였다. 대덕 부지 주변은 방위별로 부지 내, 주변지역 및 비교지점 8 개소의 감시 지점에 설치하고 무선 전송에 의한 온라인 감시 시스템을 구축 운영하고 있다. 그림 2-5는 부지에 설치된 공간감마선량률 및 기상 실시간 측정 지점을 나타내고 있다. 그리고 서울은 부지 내에 3개의 방사선감시기를 설치하여 운영하고 있다.

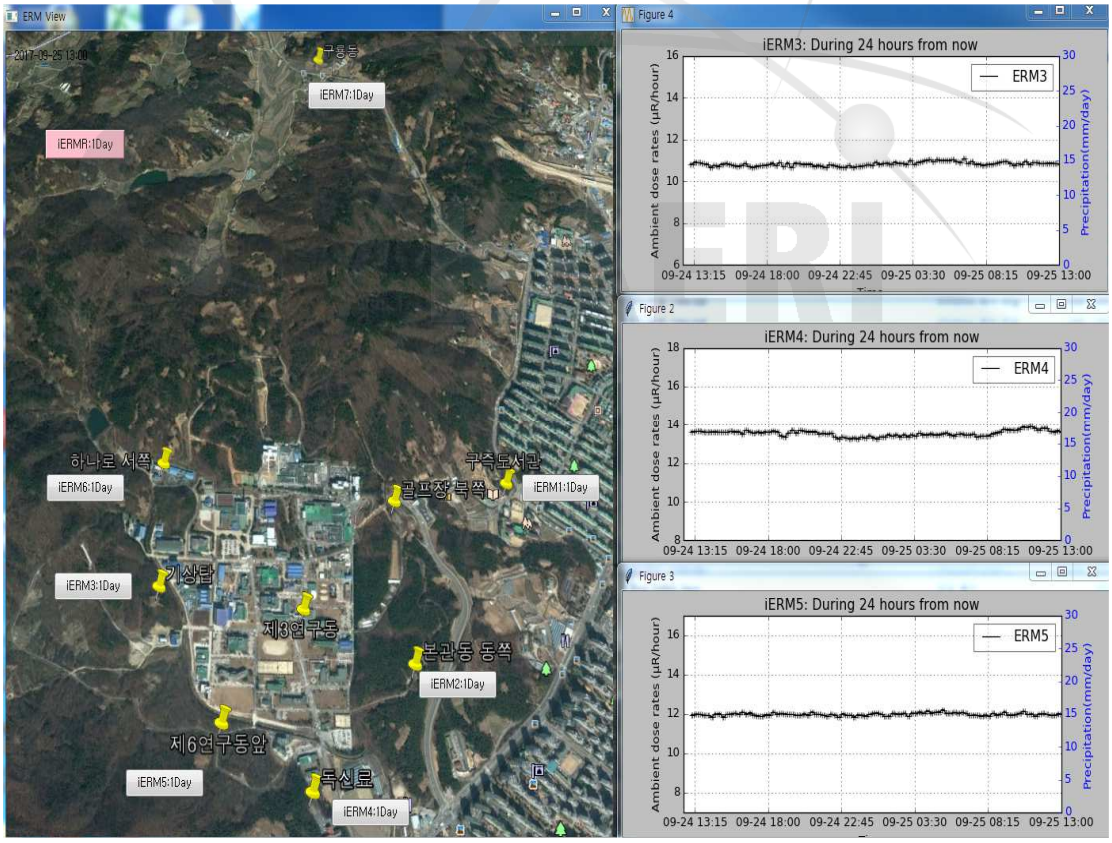


그림 2-5. 부지 내 공간감마선량률 및 기상 실시간 측정 지점

(2) 집적선량 조사

집적선량은 선정된 조사 지점에서 지표 1 m 이상의 높이에 열형광선량계를 장착하고 3개월 간격으로 교환·회수하여 측정되었다. 열형광계측장치 (TLD Reader, Harshaw TLD 6600)를 사용하여 회수된 선량계의 열형광량 (TL)을 계측하고 방치기간 (3 개월) 동안의 집적선량을 산출하였다. 사용된 선량계는 0.38 mm 두께를 갖는 4 개의 LiF : Mg, Cu, P TLD 소자로 구성되어 있는 TLD-100H로서 테프론으로 포장되어 있으며 구리와 ABS 필터, 플라스틱, Mylar 박막 및 주석 필터로 구성된 Type 8855 선량계 홀더에 담아 사용하였다.

나. 환경시료의 채취 및 전처리 방법

(1) 공기 중 미립자 및 방사성 옥소

공기 중 미립자는 연속채취장치 (Low Volume Air Sampler)를 설치하여 채취하는데 채집기에 사용되는 여과지는 Glass Fiber Filter (47 mmD, Gelman Co.)가 사용되었다. 이때 공기채집기는 지표에서 1 m 이상의 높이에 설치하였다. 미립자의 시료 채취는 2.2 ft^3/min (3.74 ㎥/h)의 유량으로 포집하였으며 7일 간격으로 Filter를 회수 및 교환하였다. 방사성옥소의 경우는 부지 내 및 주변지역에서 6개 지점에 활성탄필터를 설치하여 7일 동안 공기를 연속 채취 (600 ㎥ 이상)하였다.

(2) 공기 중 수분

공기 중 수분은 5 개 지점에서 분자체 (Molecular Sieve) 칼럼 5 개를 설치한 장치를 이용하여 채취하였다. 분자체는 3A 1/16 형태로 평균수분흡착용량 21 wt%, 형상 1.6 ㎜D의 것을 사용하였다. 흡입되는 공기의 유속은 0.3 L/min ~ 1.0 L/min 로 유지하며 4 주 동안 연속 채취가 가능하도록 하였다. 4 주 후 수거된 칼럼은 전기로에서 400 ℃로 가열하면서 질소 가스를 주입하여 포집된 수분을 회수하였다.

(3) 낙진

조사 지점에 설치된 면적 10,000 ㎠, 깊이 40 ㎝인 스텐인레스 스틸 수반에 증류수를 약 20 L 채운 다음 3 개월 간 강수와 자연강하물을 받아 여과 후 낙진을 회수하였다.

(4) 표층토양

표층토양시료는 조사 지점에서 반경 약 5 m 지역에서 일정한 방위와 간격으로 5 개 이상의 곳에서 채취하였다. 채취 깊이는 지표면에서 5 cm로 하고 채취량은 각 점에서 동일하게 가로 및 세로 길이가 각각 20 cm인 400 cm^2 넓이에서 채취하여 전체가 1 kg 정도 되도록 한다. 채취한 시료는 골고루 섞어 건조기 (Drying Oven)에서 70 ℃ ~ 110 ℃로 완전 건조시켰다. 건조된 시료는 1 mm의 체로 체질하여 핵종 분석용으로 사용하였다.

(5) 하천토양

조사 지점에서 표층토양의 경우와 같은 방법으로 1 kg 정도 채취하여 사용한다.

(6) 솔잎

조사 지점에서 주변 반경 약 10 m 지역에서 2년생 소나무 한그루당 0.2 kg 정도씩 약 1 kg 채취하였다. 채취된 시료를 건조기에서 110 ℃로 건조시킨 다음, 믹서로 분쇄하여 사용하였다.

(7) 빗물

조사 지점에 채수기를 채수에 지장이 없는 곳에 지면에서 튀긴 물이 들어가지 않도록 설치하였다. 시료 채취량은 1개월 동안 내린 강수량으로 하는 것을 원칙으로 하되, 강수량이 20 L 이상일 경우에는 20 L를 취하고 그 이하일 경우에는 전량을 시료로 한다.

(8) 지표수

조사 지점에서 물이 흐르는 중심 부분을 선택하여 표면수를 20 L 정도 채취하여 사용하였다. 채취한 시료에 질산 또는 염산을 소량 가한다. 단, 삼중수소 측정용 시료는 제외하였다.

(9) 지하수

조사 지점에서 지하공을 충분히 지나올 정도의 시료는 버린 다음 지하수를 약 20 L 이상 채수하여 사용하였다.

(10) 채소류

조사 지점에서 재배되는 배추를 현지에서 직접 5 ㎏ 정도 구입하였다. 시료는 건조기에서 70 ℃ ~ 110 ℃로 충분히 건조시킨 후 분쇄하여 사용한다. 삼중수소 분석용 시료는 냉동 건조기 (Freezer Dryer)를 이용하여 조직 자유수를 추출한 다음 추출한 시료를 증류하였다.

(11) 곡류

시료는 수확기에 채취하고 생산지역에서 직접 채취하거나 그 지역에서 생산된 것을 확인하여 약 10 kg 정도를 구입하여 사용한다.

(12) 기타 환경시료

가금류의 시료채취는 조사지점에서 직접 사육되는 닭고기를 직접 구입하고 시료량은 생체분석을 할 수 있도록 5 kg 정도로 한다. 우유시료는 조사 지점 주변의 목장에서 생산된 원유을 대상으로 하여 시료량은 10 L 정도로 한다. 채취 방법은 일반적으로 벌크쿨러 (300 ~ 3000 L 정도)에 옮겨 균일하게 섞인 원유을 채취하거나 그 지역에서 생산된 것을 확인하여 구입한다.

다. 방사능 계측 및 분석 방법

(1) 전알파/전베타 방사능

공기 중 미립자의 경우 채취된 필터는 자연방사능 감쇄를 보정하기 위하여 72 시간 경과 후 지름 5 cm 스테인레스 스틸 플랜챗에 옮겨 저준위 알파/베타 계측기 (Low background α/β counter, Tennelec XLB)를 이용하여 계측하였다.

낙진시료는 부유물을 필터로 여과한 후 450 ℃ 전기로에서 회화하였다. 회화한 시료를 계측용기에 옮겨 계측하였다.

물시료의 경우 전체 시료 중 1 L를 취해 질산 1 mL를 첨가하여 5 mL가 될 때까지 증발시켰다. 증발된 시료는 플랜챗에 옮겨 적외선으로 완전히 건고한 후 계측하였다.

(2) 우라늄 방사능

표층토양과 하천토양의 경우 3 g의 시료를 600 ℃ 전기로에서 10 시간 이상 유지하여 유

기물이 완전히 제거되도록 회화하였다. 회화된 시료는 질산 용액으로 토양 중의 우라늄을 용출 시킨 후 UTEVA 컬럼으로 순수분리하여 전기전착하였다.

지하수의 경우 시료 0.5 L ~ 10 L를 증발농축하여 철공침시켜 여과한 후 토양 시료와 같은 방법으로 분리한 후 우라늄 농도를 분석하였다. 우라늄 동위원소는 알파스펙트로메터 (CANBERRA, Alpha Analyst)를 사용하여 측정하였다.

(3) 삼중수소 방사능

공기 중 수분의 경우 칼럼에서 포집된 시료를, 빗물, 지표수, 지하수의 경우는 전처리하지 않은 시료를, 배추의 경우는 냉동 건조후 수집 시료를 직접 증류법으로 분리하였다. 증류된 시료는 8 mL를 취하여 섬광체 (Ultima Gold LLT. Packard) 12 mL와 함께 20 mL의 시료병에 넣고 흔들어 혼합시킨 다음, 시료를 24 시간 암실에 방치해둔 후 액체섬광계수기 (Liquid Scintillation Counter, Quantulus 1220)를 이용하여 삼중수소의 농도를 측정하였다.

(4) 스트론튬-90 방사능

토양시료의 경우는 시료를 완전히 건조시킨 후 450 ℃의 전기로에서 유기물이 충분히 제거될 때까지 회화하였다. 회화된 토양시료 중 30 g ~ 100 g을 취해서 산추출법/Sr-resin법으로 스트론튬-90을 분리/정제한 후에 액체섬광계수기 (Liquid Scintillation Counter, Quantulus 1220)로 계측하였다. 배추의 경우는 회화된 배추 시료 중 1 g~ 10 g을 취하여 토양시료와 동일한 방법으로 스트론튬-90을 분석하였다.

(5) 감마동위원소

감마선분광분석 시스템을 이용하여 계측 및 분석을 하였다. 공기 중 미립자는 채취한 필터 1 개월분을 취합하여 72 시간 방치 후 계측하였다. 낙진시료는 부유물을 필터로 여과하고 450 ℃ 전기로에서 회화한 후 용기에 옮겨 계측하였다. 표층토양과 하천토양은 건조하여 계측하였다. 솔잎, 곡류, 채소류, 가금류 시료는 건조 및 분쇄하여 계측하였다. 물시료는 채취한 시료 20 L를 증발 장치를 이용하여 1 L로 농축하여 계측하였다. 우유시료는 생 시료 상태로 계측하였다.

라. 환경 방사선 및 방사능 계측기의 교정

(1) 저준위 알파/베타 방사능 계측기 교정

전알파 방사능의 경우 표준 알파 Calibration Disk인 ^{241}Am (Amersham, 반감기 432년)을 사용하고, 전베타 방사능의 경우에는 ^{90}Sr/^{90}Y (Amersham, 반감기 29.12년) Disk를 사용하여 교정하였다. 백그라운드 계측은 계측시간 100분으로 10회 이상 계측한 결과로 표 2-8 교정 결과에 나타내었다. 저준위 알파/베타계수기의 자기흡수 보정은 KCl과 ^{241}Am을 사용하여 수행하였다. 그 결과를 표 2-8과 그림 2-6에 나타내었다. 알파 핵종의 경우는 자기흡수에 의한 효율 변화가 지수함수로 감소하는 경향을 보인다. 베타 핵종의 경우는 환경시료 측정 영역인 KCl 0 ~ 120 mg 영역에서는 효율값이 요동현상을 보이기 때문에 평균값을 사용하였고 이때 평균 효율 값인 48.6±1.4%와 43.4±2.1%를 사용하였다.

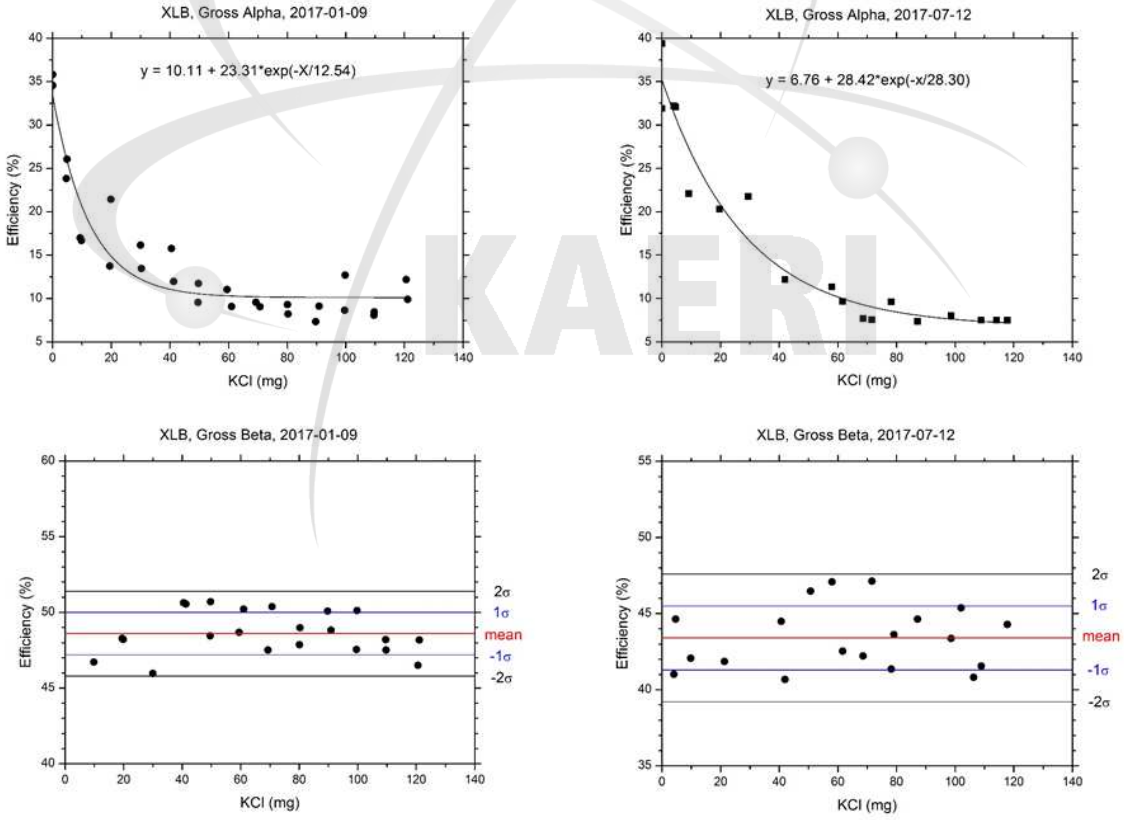


그림 2-6. 저준위 알파/베타계수기 자기흡수 보정 결과

표 2-8. 저준위 알파베타계수기[1] 교정 결과 및 자기흡수 보정 결과

Calibration Date	Operating Voltage (V)		Background (CPM)		Efficiency (%)	
	α[2]	β[3]	α[2]	β[3]	α[2]	β[3]
2017. 1. 9.	450	1470	0.08	0.68	32.1	45.6
2017. 7. 12.	570	1470	0.07	0.75	35.2	47.1

주1) 계측기: Tennelec XLB
주2) 알파 교정 선원: ^{241}Am (IAEA Tech. '04. 04. 08)
주3) 베타 교정 선원: ^{90}Sr/^{90}Y (IAEA Tech. '02. 04. 12)

Gross Alpha				Gross Beta			
2017.1.9		2017.7.12		2017.1.9		2017.7.12	
KCl (mg)	Eff.(%)	KCl (mg)	Eff.(%)	KCl (mg)	Eff.(%)	KCl (mg)	Eff.(%)
0	36	0	39.4	9.8	46.7	4.1	41.0
4.9	26.2	4.1	32.2	19.9	48.2	40.7	44.5
9.8	16.8	9.2	22.1	30	46.0	50.7	46.5
19.9	21.6	19.6	20.3	40.5	50.6	58	47.1
30	16.2	32.3	24.2	49.7	50.7	71.6	47.1
40.5	15.9	40.7	2.5	59.5	48.7	79.1	43.6
49.7	11.8	50.7	17.9	69.3	47.5	87.2	44.6
59.5	11.1	58	11.3	80.3	49.0	102	45.4
69.3	9.6	71.6	7.5	89.7	50.1	106.3	40.8
80.3	8.3	79.1	12.7	99.6	47.5	4.7	44.6
89.7	7.4	87.2	7.4	109.6	48.2	9.8	42.1
99.6	8.7	102	5.9	121.1	48.2	21.3	41.9
109.6	8.1	106.3	14.6	19.5	48.3	42	40.7
121.1	10.0	114.2	7.5	41.3	50.6	61.6	42.5
0	34.8	0	31.9	49.6	48.4	68.6	42.2
4.7	24.0	4.7	32.1	61	50.2	78.2	41.3
9.4	17.1	9.8	33.4	70.7	50.4	98.6	43.4
19.5	13.8	21.3	24.7	80.1	47.9	108.9	41.5
30.3	13.5	29.5	21.7	90.9	48.8	117.8	44.3
41.3	12.0	42	12.2	99.8	50.1	**평균**	**43.4**
49.6	9.6	49.3	20.4	109.7	47.5		
61	9.1	61.6	9.6	120.6	46.5		
70.7	9.1	68.6	7.7	**평균**	**48.6**		
80.1	9.4	78.2	9.6				
90.9	9.2	88.6	16.6				
99.8	12.8	98.6	8.0				
109.7	8.5	108.9	7.5				
120.6	12.3	117.8	7.5				

(2) 열형광선량계 교정

열형광선량계의 교정 목적은 가해진 방사선 조사량에 대해 사용된 모든 선량계가 실질적으로 동일한 응답특성을 나타냄을 확인하는 것이다. 또한 열형광 계측시스템의 교정은 동일 선원에 대해 동일 시점에서 일관성 있는 판독값이 나오도록 유지시키기 위함이다. 교정용 선원으로는 ^{90}Sr 또는 ^{137}Cs등이 주로 사용된다. 선량계에 대한 교정인자를 ECC (Element Correction Coefficient), 판독기의 교정인자를 RCF (Reader Calibration Factor)라고 하며, 이들 두 교정인자들은 다음 식에 따라 적용이 된다.

$$\mathrm{Exposure} = \frac{ECC \times Charge}{RCF}$$

열형광 선량계(TLD-100H)의 조건은 표 2-9와 같고, 일정한 선량을 조사한 임의의 선량계에 대한 판독결과는 그림 2-7과 같다.

표 2-9. 열형광선량계(TLD-100H)

Material		TLD-100H (LiF:Mg,Cu,P)	
Shape		Chip (3.2mm(1/8 inches) square)	
Thickness		0.25mm/0.010" 0.38mm/0.015"	
Substrate Material		Teflon	Kapton
Pre-heat	Temp (℃) Time (s)	165 10	165 10
Acquire	Max temp (℃) Time (s) Rate (℃/s)	260 13.33 15	250 13.33 15
Anneal	Temp (℃) Time (s)	260 10	250 10

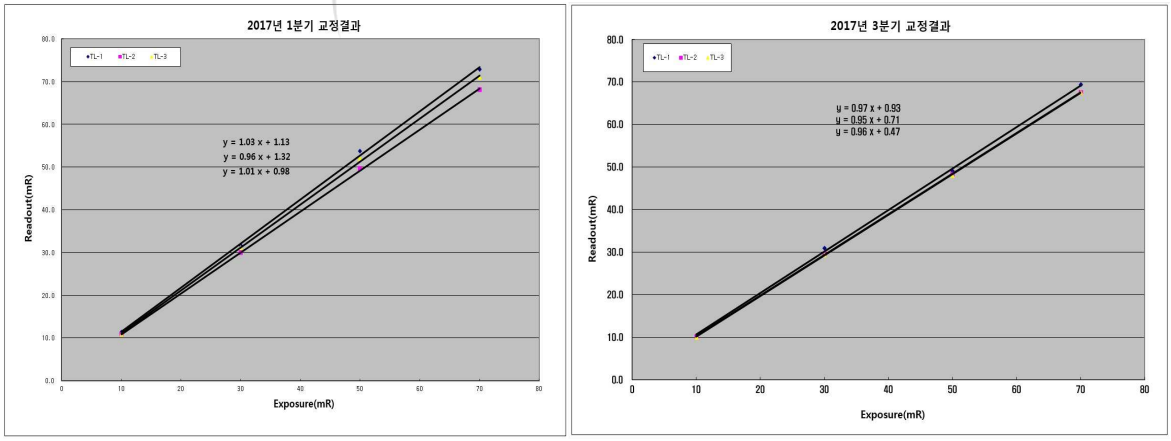


그림 2-7. 열형광 선량계 교정 결과

(3) 감마 스펙트로메터의 교정

표준 혼합 선원 (Standard Mixed Source, ^{241}Am, ^{109}Cd, ^{57}Co, ^{139}Ce, ^{203}Hg, ^{113}Sn, ^{137}Cs, ^{60}Co, ^{88}Y 등)을 희석하여 교정을 위해 사용한다. HPGe 검출기를 사용하여 측정 용기의 표준 선원에 대하여 각 에너지 및 핵종별로 검출 효율을 산정하였다. 그 결과 중 일부를 표 2-10과 표 2-11에 나타내었다.

표 2-10. 감마 스펙트로메터 교정 결과 (ORT#9)

Date	Geometry	Energy	Energy Calibration	Efficiency Calibration	Date	Geometry	Energy	Energy Calibration	Efficiency Calibration
		KeV	Channel	Efficiency			KeV	Channel	Efficiency
17.5.29.	1000 mL Marinelli Beaker	88	240.22	3.7329E-002	17.11.20.	1000 mL Marinelli Beaker	88	240.09	3.7272E-002
		661	1812.22	1.6865E-002			661	1812.33	1.6216E-002
		1332	3650.50	9.8076E-003			1332	3650.70	9.5919E-003
17.5.25.	150mL Cylindrical Bottle(5cm)	88	240.21	4.2174E-002	17.11.22.	150mL Cylindrical Bottle(5cm)	88	240.19	4.2322E-002
		661	1812.29	1.5298E-002			661	1812.79	1.5183E-002
		1332	3650.59	9.2118E-003			1332	3651.61	8.9645E-003
17.5.31.	Air Filter	88	240.29	1.3675E-001	17.11.24.	Air Filter	88	240.34	1.3878E-001
		661	1812.14	4.1882E-002			661	1812.98	4.0575E-002
		1332	3650.30	2.1716E-002			1332	3651.97	2.2371E-002

ORT#9 System :
-Dectector Type : p-type HPGe
-Relative Eff. : 30%
-Resolution : 1.85KeV at 1.33 MeV
-Peak-to-Compton Ratio ^{60}Co : 60:1
-Crystal Diameter : 57.7 mm
-Crystal Length : 74.8 mm

주) 효율교정곡선은 다항식 (Polynomial)을 사용하였음.

표 2-11. 감마 스펙트로메터 교정 결과 (ORT#8)

Date	Geometry	Energy	Energy Calibration	Efficiency Calibration	Date	Geometry	Energy	Energy Calibration	Efficiency Calibration
		KeV	Channel	Efficiency			KeV	Channel	Efficiency
17.07.25.	1000 mL Marinelli Beaker	88	239.90	3.5828E-002	17.11.28.	1000 mL Marinelli Beaker	88	239.45	3.6556E-002
		661	1806.18	1.8508E-002			661	1802.69	1.8806E-002
		1332	3637.65	1.1017E-002			1332	3630.62	1.1237E-002
17.07.21.	150mL Cylindrical Bottle(5cm)	88	239.98	4.6561E-002	17.11.29.	150mL Cylindrical Bottle(5cm)	88	239.49	4.7989E-002
		661	1806.54	1.6675E-002			661	1802.64	1.7031E-002
		1332	3638.36	9.7192E-003			1332	3630.50	1.0011E-002
17.07.20.	Air Filter	88	240.10	1.4269E-001	17.12.04.	Air Filter	88	239.54	1.4476E-001
		661	1806.60	4.2225E-002			661	1802.20	4.3065E-002
		1332	3638.47	2.3243E-002			1332	3629.60	2.3742E-002

ORT#8 System :
-Dectector Type : n-type HPGe
-Relative Eff. : 30%
-Resolution : 1.96 KeV at 1.33 MeV
-Peak-to-Compton Ratio ^{60}Co : 60:1
-Crystal Diameter : 62.8 mm
-Crystal Length : 67.8 mm

주) 효율교정곡선은 Knee Energy 기준으로 2차 함수 (Quadratic)식을 사용하였음.

(4) 알파 스펙트로메터의 교정

우라늄 동위원소 농도를 측정하기 위해 사용된 알파 스펙트로메터는 CANBERRA사의 Alpha Analyst 8 Chamber이다. 우라늄과 같은 알파선 방출 핵종은 비정이 매우 짧아서 대기압에서 측정하지 않고 진공에서 측정하는데 우라늄 피크를 정량적으로 분리하기 위해서는 진공을 최소한 10^{-2} Torr 이하로 유지하여야 한다. 본 우라늄 분석에서는 WELCH 사(DirecTorr 8905)의 진공펌프를 사용하여 진공을 10^{-2} Torr 이하로 유지하였다. 에너지 보정을 위해서 Analytics 사의 Mixed Alpha Standard Source (^{238}U: 4.18 MeV, ^{234}U: 4.76 MeV, ^{239}Pu: 5.15 MeV, ^{241}Am: 5.48 MeV)를 사용하여 채널수와 에너지간의 관계를 조사하였다. 그림 2-8은 2017년 4월 12일에 수행된 알파스펙트로미터의 에너지 보정 곡선을 나타내고 있다.

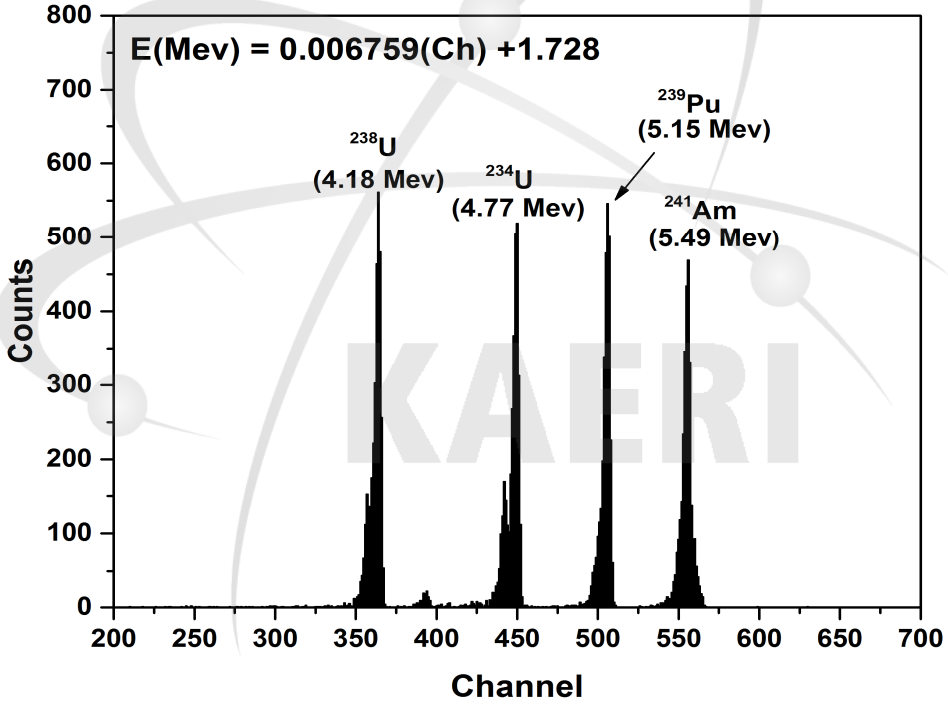


그림 2-8. 알파 스펙트로메터의 에너지 보정 곡선

(5) 액체섬광계수기의 교정

삼중수소와 스트론튬-90을 분석하기 위해 표준 선원 (Standard Source)을 시료로 조제하여 액체섬광계수기 (Quantulus 1220, Wallac) 검출기의 효율을 보정하였으며, 그 결과를 표 2-12에 나타내었다. 스트론튬-90을 분석하기 위해서 0.1~5 Bq의 ^{90}Sr 표준선원와 0.1 M HNO_3를 섞어 시료 부피가 10 mL가 되도록 한 후 Ultima Gold AB를 혼합하여 검출기의

효율을 보정하였다. 본 분석법에서 ^{90}Sr은 딸핵종 ^{90}Y와 방사평형에 도달하는 2 주가 지난 뒤에 LSC로 분석되었다. ^{90}Sr과 그 딸핵종 ^{90}Y는 모두 베타핵종으로서 LSC에 의해 검출된다. 표 2-12의 계측효율은 ^{90}Sr+^{90}Y가 모두 반영된 결과이다.

표 2-12. 액체섬광계수기[1] 교정결과(삼중수소, 스트론튬-90)

교정 일자	표준용액[2] (g)	BKG Water (mL)	Ultima Gold LLD (mL)	용액 총부피 (mL)	SQP(E)	효율 (%)
'17.1.25 (Quantulus 1220 #3)	1	1	18	20	826.30	45.14
	1	2	17	20	823.37	43.44
	1	3	16	20	809.11	42.14
	1	4	15	20	802.41	40.37
	1	5	14	20	797.41	38.87
	1	6	13	20	789.89	36.93
	1	7	12	20	779.06	34.63
	1	8	11	20	762.13	32.00
	1	9	10	20	752.19	29.25
	1	10	9	20	736.37	26.14
'17.7.27 (Quantulus 1220 #3)	1	1	18	20	830.25	44.00
	1	2	17	20	816.07	43.36
	1	3	16	20	807.81	41.38
	1	4	15	20	804.11	40.12
	1	5	14	20	797.58	38.26
	1	6	13	20	785.97	36.27
	1	7	12	20	774.92	34.02
	1	8	11	20	763.14	31.62
	1	9	10	20	750.15	28.91
	1	10	9	20	739.14	26.16

주1) 액체섬광계수기: Quantulus 1220 (Wallac)
주2) ^{3}H 표준용액: ^{3}HHO, 5.038 ± 0.036 kBq/g (12:00 EST on 3 September. 1998, NIST)의 희석용액

교정일자/장비	^{90}Sr 표준용액 (g)[3]	섬광용액 (mL)	SQP(E)[4]	계수율 (cps)[5]	^{90}Sr 표준용액 (Bq)
'17.2.15 (A20-07-2623)	0.0502	10	738-741	0.99±0.01	0.526
	0.1017	10	742-743	2.03±0.04	1.066
	0.1992	10	745-749	4.00±0.04	2.089
	0.3037	10	740-746	6.09±0.03	3.184
				계측효율	192±1%
'17.7.11 (A20-07-2623)	0.0562	10	751-753	1.12±0.01	0.584
	0.1024	10	754-760	2.02±0.04	1.063
	0.2009	10	747-753	4.02±0.06	2.086
				계측효율	193±3%

주3) ^{90}Sr 표준용액: 10.8 Bq g^{-1} (2015-11-25)
주4) 평균 ± 표준편차 (알짜계수율: 표준시료 계수율 - 바탕시료계수율)
주5) ^{90}Sr과 ^{90}Y의 혼합 계측효율
※ 바탕시료와 ^{90}Sr 표준시료는 분석절차와 같은 매질로 구성

(6) 환경방사선감시기 (ERM) 의 교정

약 10 μCi 표준 선원 (^{137}Cs) 1개, 2개 및 3개를 각각 사용하여 방사선준위를 구하고 이로부터 선원의 세기에 따른 방사선량률의 선형성 관계를 조사하였다. 표 2-13에 대덕 및 서울 부지 환경방사선감시기의 선원 세기와 방사선량률을 나타내었다. 이때 상관계수는 0.9985~1.0000로 나타나 선원의 세기에 따른 방사선량률의 값은 선형적으로 나타남을 알 수 있었다.

표 2-13. 환경방사선감시기 교정 결과

지점		선원 세기별 선량률 (μR/h)			상관계수
		10 μCi	20 μCi	30 μCi	
대덕 (2017.11.2.-2017.11.9)	구즉도서관	106.1	191.0	281.9	0.9997
	본관동편	101.0	182.6	264.3	1.0000
	기상탑	99.0	176.4	260.7	0.9994
	독신료	105.8	185.5	271.3	0.9995
	제6연구동	108.7	192.6	287.4	0.9997
	하나로서쪽	113.6	206.3	293.8	0.9997
	구룡동	108.4	197.2	284.2	0.9997
	연산주말농장	104.9	186.8	279.3	0.9987
서울 (2017.11.7)	KW서쪽	111.7	204.9	290.3	0.9993
	MW서쪽	110.1	202.4	290.9	0.9999
	MW동쪽	112.4	207.8	292.0	0.9987

마. 품질관리

원자력안전위원회 고시 제2017-17호 (원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가) 제5조 (품질관리)에 따라 환경방사선/능 조사 자료에 대한 품질이 객관적으로 적절한 수준 이내로 유지되고 있는지에 대한 보증 및 조사결과의 정확성과 신뢰성 확보를 목적으로 다음 각 항목에 대하여 “환경방사선/능 조사에 대한 품질관리 계획”을 수립하여 품질관리 활동을 수행하였다.

- ㅇ시료채취 및 운반
- ㅇ시료 전처리
- ㅇ방사선측정 및 방사능 분석
- ㅇ조사자료의 해석 및 통계처리
- ㅇ조사결과 보고

(1) 시료채취 및 운반

환경방사능 분석 시료는 “한국원자력연구원 방사선환경 조사 절차서 ”의 시료 채취 방법과 절차를 준수하여 시료의 대표성이 확보되도록 한다. 시료는 현장에서 용기에 담은 후 시료명, 채취 지점, 채취 일시 등을 정확히 기록하고, 시료 채취 대장에도 해당 사항을 기록하여 관리하였다. 실험실로 운반한 후에는 시료의 부패 및 변질, 용기에의 흡착 등에 대한 예방 조치를 하여 보관하였으며, 분석이 끝난 시료는 환경시료 저장실에 식별이 용이하도록 시료의 종류, 채취 지점, 채취 일시 등을 기록한 후 보관 및 관리하였다.

(2) 시료 전처리

분석용 시료는 시료별 전처리 절차에 따라 방사능분석 및 계측에 적합하도록 증발, 농축, 건조, 분쇄, 회화 등의 과정으로 전처리를 수행하였다. 또한 원자력안전위원회고시 제2017-17호 (원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가)의 검출하한치를 만족시킬 수 있도록 시료별 전처리량 등을 조절하였으며, 각 과정별 사항을 기록 및 관리하고 있다.

(3) 방사능 분석

① 방사능 교차분석 프로그램 참여

한국원자력연구원은 방사능 분석에 대한 품질관리 목적으로 2017년 KINS에서 주최하는 국내 방사능 분석 숙련도 시험에 참여하였다. 알파, 베타 및 감마 핵종들에 대해 시료의 방사능 분석을 수행하여 결과를 제출하였으며 평가가 진행되었다. 표 2-14에는 한국원자력연구원의 결과를 나타내었다.

② 방사능분석 공인시험 기관 인정

방사능분석에 대한 품질관리 및 품질보증을 위해 국가표준기본법에 따라 운영되는 산업통산자원부 국가기술표준원 한국인정기구(Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS)로부터 공인시험기관으로 인정받았으며, 계속적으로 사후 관리를 받고 있다.

(4) 조사자료의 해석 및 통계처리

조사자료의 해석 및 통계처리는 원자력안전위원회고시 제2017-17호 (원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가) 제8조 (환경조사자료의 처리)에 따라 수행하였다. 환경조사항목마다 최근 3년간의 환경조사자료를 통계적으로 처리하여 평균치와 평상시 변동범위를 설정하였으며, 이를 근거로 연구원의 원자력이용시설 운영에 따른 이상 유무를 판단하였다.

(5) 조사결과 보고

원자력안전위원회고시 제2017-17호 (원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가) 제10조(보고)에 따라 수행하였다.

표 2-14. 2017년 방사능 숙련도 시험 결과 (KINS)

2017 숙련도 평가결과 (F : 한국원자력연구원)

Code of Lab.	Final Score: Am241	Co-134	Cs-137	Co-60	Gross Beta	H-3	Sr-90	U-234	U-238	No. of Accepted	No. of Warning	No. of Not accepted	No. of Not Reported
F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	9	0	0	0

Am-241 PT 평가 결과

LAP(%)= 15% MAB(%)= 15%

Code of Lab.	Reported value: Value	1σ	Reference value: Value	1σ	Relative Bias	+/-	Accuracy: A1	A2	Trueness	P	Precision: Score	Score	MAB 판정	Final Score
F	46.7	2.2	47.90	2.00	-2.51%	4.6%	1.20	7.61	A	6.29%	A	A	A	A

Cs-134 PT 평가 결과

LAP(%)= 15% MAB(%)= 15%

Code of Lab.	Reported value: Value	1σ	Reference value: Value	1σ	Relative Bias	+/-	Accuracy: A1	A2	Trueness	P	Precision: Score	Score	MAB 판정	Final Score
F	52.4	1.0	53.10	1.00	-1.32%	1.9%	0.70	3.6	A	2.99%	A	A	A	A

Cs-137 PT 평가 결과

LAP(%)= 10% MAB(%)= 10%

Code of Lab.	Reported value: Value	1σ	Reference value: Value	1σ	Relative Bias	+/-	Accuracy: A1	A2	Trueness	P	Precision: Score	Score	MAB 판정	Final Score
F	28.6	1.2	28.80	1.00	-0.50%	3.0%	0.20	4.08	A	3.94%	A	A	A	A

Co-60 PT 평가 결과

LAP(%)= 15% MAB(%)= 15%

Code of Lab.	Reported value: Value	1σ	Reference value: Value	1σ	Relative Bias	+/-	Accuracy: A1	A2	Trueness	P	Precision: Score	Score	MAB 판정	Final Score
F	45.8	1.0	45.60	2.00	0.44%	2.2%	0.20	5.77	A	4.90%	A	A	A	A

전베타 PT 평가 결과

A criteria 15% W criteria 4.0%

Code of Lab.	Lab. Value	Lab. Unc.	Ref. Value	Ref. Unc.	R. Bias	+/-	R	Final Score
F	60.6	1.7	67.2	0.6	-9.8%	2.5%	35.6	A

H-3 PT 평가 결과

LAP(%)= 10% MAB(%)= 10%

Code of Lab.	Reported value: Value	1σ	Reference value: Value	1σ	Relative Bias	+/-	Accuracy: A1	A2	Trueness	P	Precision: Score	Score	MAB 판정	Final Score
F	173.0	4.0	176.70	3.00	1.95%	2.3%	3.50	11.54	A	2.59%	A	A	A	A

Sr-90 PT 평가 결과

LAP(%)= 20% MAB(%)= 20%

Code of Lab.	Reported value: Value	1σ	Reference value: Value	1σ	Relative Bias	+/-	Accuracy: A1	A2	Trueness	P	Precision: Score	Score	MAB 판정	Final Score
F	27.9	1.1	28.70	0.30	-2.79%	3.8%	0.80	2.94	A	4.08%	A	A	A	A

U-234 PT 평가 결과

LAP(%)= 10% MAB(%)= 15%

Code of Lab.	Reported value: Value	1σ	Reference value: Value	1σ	Relative Bias	+/-	Accuracy: A1	A2	Trueness	P	Precision: Score	Score	MAB 판정	Final Score
F	28.4	1.1	27.70	1.50	2.53%	4.0%	0.70	4.60	A	5.06%	A	A	A	A

U-238 PT 평가 결과

LAP(%)= 10% MAB(%)= 15%

Code of Lab.	Reported value: Value	1σ	Reference value: Value	1σ	Relative Bias	+/-	Accuracy: A1	A2	Trueness	P	Precision: Score	Score	MAB 판정	Final Score
F	28.2	1.2	27.40	1.50	2.92%	4.4%	0.80	4.96	A	6.93%	A	A	A	A

제2절 운영결과 및 고찰

1. 대덕 원자력이용시설 부지 및 주변지역

가. 환경방사선 조사결과

(1) 공간감마선량률

대덕 원자력이용시설 부지 주변에 대해 방위별로 환경방사선을 감시하기 위해 4월1일을 기점으로 골프장북쪽 지점을 구즉도서관으로 변경, 제3연구동 지점을 제6연구동 지점으로 변경하였다. 그리고 북쪽 방향에 구룡동 지점을 추가하여 부지내 5개 지점, 주변지역 2개 지점, 비교지점을 운영하였다. 부지 내와 주변지역에 설치된 환경방사선감시기로 측정한 공간감마선량률의 연평균은 109 nGy/h로 전년도의 112 nGy/h과 유사한 준위를 유지함을 알 수 있다. 본관동쪽 지점의 연평균 준위는 109 nGy/h, 기상탑 지점은 94.5 nGy/h, 독신료 지점은 118 nGy/h, 하나로서쪽 지점은 133 nGy/h, 제6연구동 지점은 102 nGy/h으로 측정되었으며, 주변 지역인 구즉도서관 지점은 117 nGy/h, 구룡동 지점은 101 nGy/h으로 측정되었으며 비교지점인 연산주말농장에서의 공간감마선량률의 연평균은 102 nGy/h 이었다 (부록 표 1). 그림 2-9와 2-10에서 보면 각각의 조사 지점에 대한 부지 내 공간감마선량률은 최근 3년간 평상시변동범위를 유지하고 있음을 알 수 있었다.

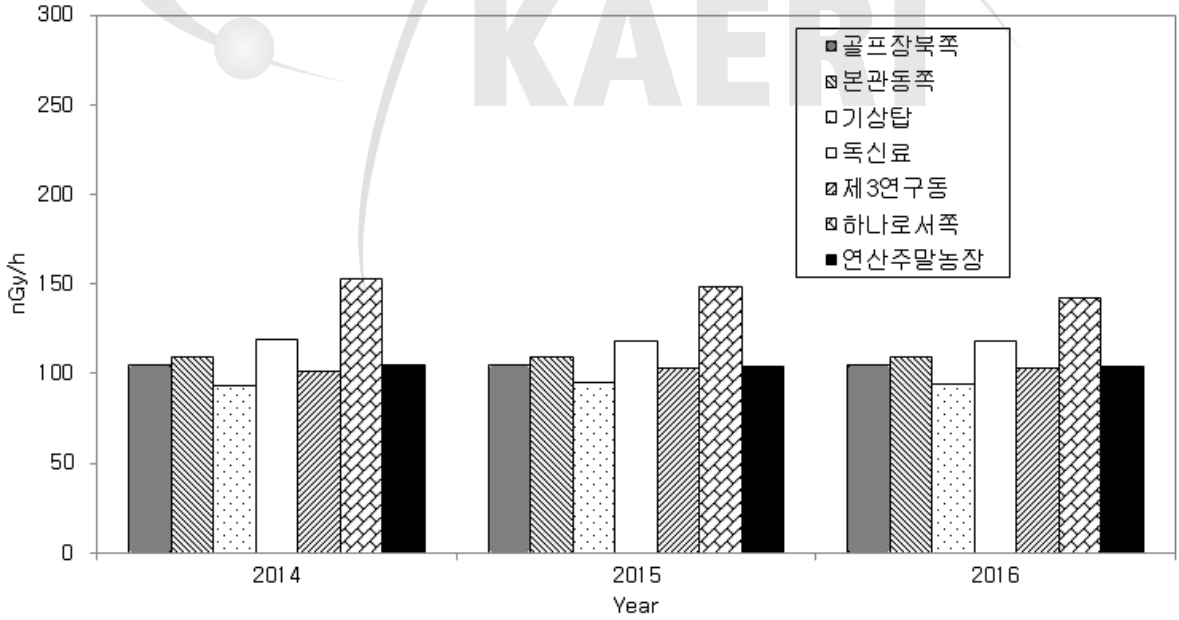


그림 2-9. 대덕 원자력시설 주변 공간감마선량률 (환경방사선감시기, 2014 ~ 2016년)

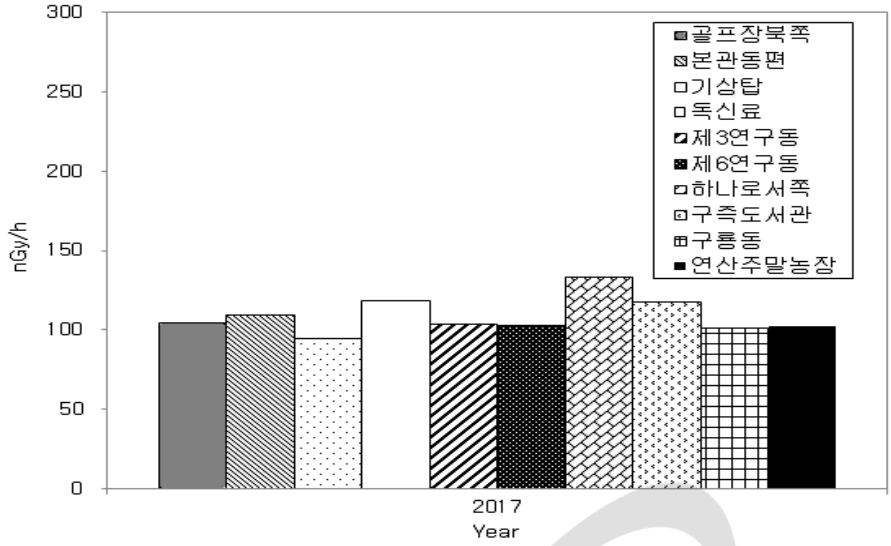


그림 2-10. 대덕 원자력시설 주변 공간감마선량률
(환경방사선감시기, 2017년)

(2) 집적선량

열형광선량계에 의한 집적선량의 조사 결과를 살펴보면 그림 2-11에서 나타나듯이 부지 내 37 개 지점 및 주변지역 19 개 지점의 연평균은 각각 231 μGy/분기 및 213 μGy/분기이다. 우선, 부지 내의 경우 37 개 지점 중 가연물처리동서쪽 지점에서 연평균 895 μGy/분기로 측정되어 최고치로 나타났으며 기상탑 지점에서 연평균 141 μGy/분기로 측정되어 최저치를 나타내었다. 가연물처리시설서쪽 지점에서는 3/4분기에 3,240 μGy/분기로 평상시변동범위의 5배가 넘게 측정되어 방사능 일시증가 보고를 하였다. 일시증가 사유는 가연물처리시설에 있던 서울연구로 해체폐기물의 정리 작업 및 재적재로 인한 것이었다.

또한 주변지역 19 개 지점 중 충남대학교 지점이 연평균 275 μGy/분기로 최고치를 나타내었으며, 대청댐휴게소 지점이 연평균 155 μGy/분기로 최저치를 나타내었다 (부록 표 2).

집적선량 조사 결과 가연물처리동서쪽 지점의 일시증가외에 모든 조사 지점에서의 집적선량 값들이 평상시변동범위 이내임을 알 수 있었다. 그림 2-11은 최근 3년간의 대덕 원자력시설 부지 내 및 주변지역에 대한 집적선량 연평균 변화를 나타낸 것이며 연도에 따른 변화는 거의 없는 것으로 파악되었다.

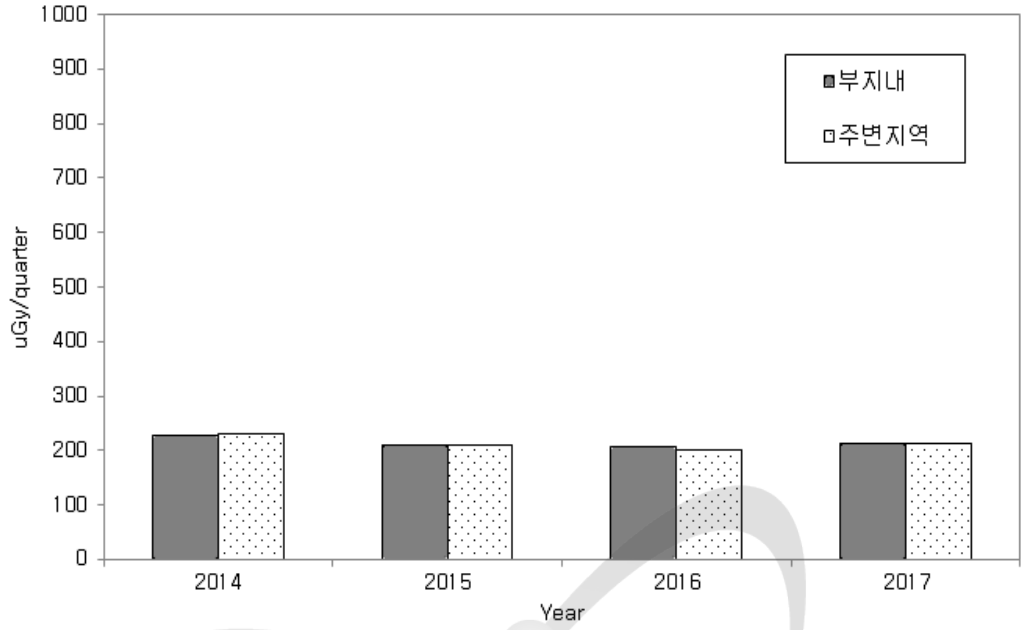


그림 2-11. 대덕 원자력시설 주변 집적선량 (열형광선량계)

나. 환경방사능 조사결과

(1) 공기 중 미립자

공기 중 미립자 시료의 채취는 대덕 원자력시설 부지 내 5 개 지점 및 비교지점 1 개 지점 등 모두 6 개 지점에서 월 1 회 실시되었으며 이에 대한 전알파/전베타 방사능 분석과 감마동위원소 분석이 수행되었다.

① 전알파/전베타 방사능

부지 내 5 개 조사 지점에서의 전알파 방사능 농도는 연평균 0.142 mBq/㎥로서 전년도의 0.129 mBq/㎥과 유사한 준위를 유지하고 있었다(부록 표 3). 전베타 방사능 농도의 경우 부지 내 연평균 1.13 mBq/㎥로 측정되어 전년도의 1.11 mBq/㎥과 유사한 준위를 유지하고 있다(부록 표 4.). 한편, 그림 2-12 그림 2-13에 공기 중 미립자의 전알파 및 전베타 방사능 농도에 대한 최근 3년간 변화를 나타내었으며, 각각의 농도는 평상시 변동범위 안에서 유지되고 있었다. 또한 전알파 및 전베타 방사능은 동절기에는 상대적으로 높고, 하절기에는 낮은 경향이 있다.

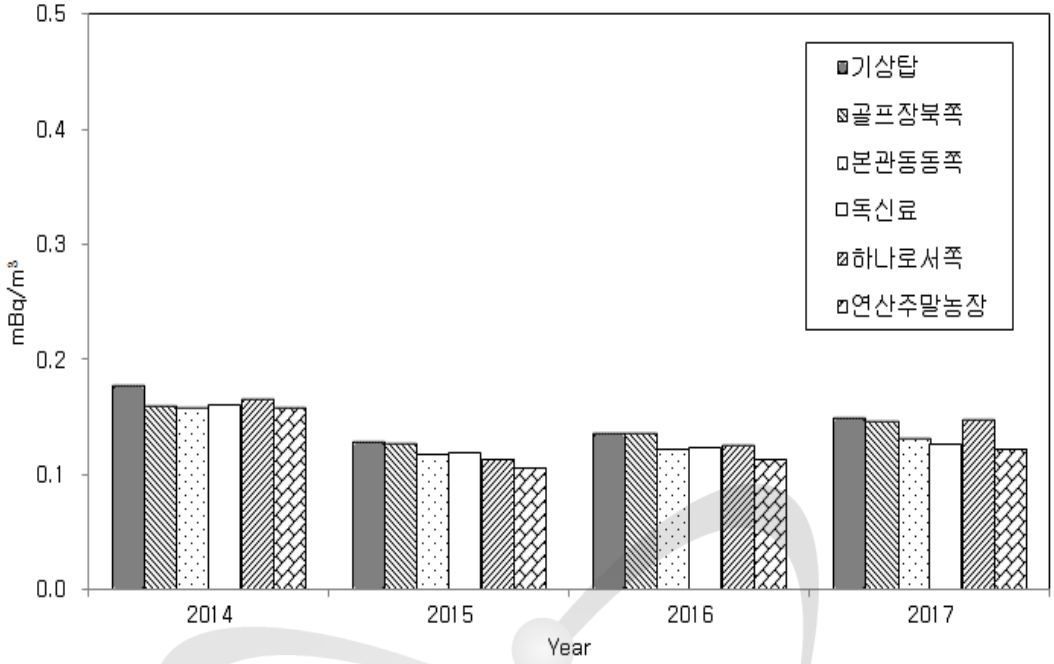


그림 2-12. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전알파)

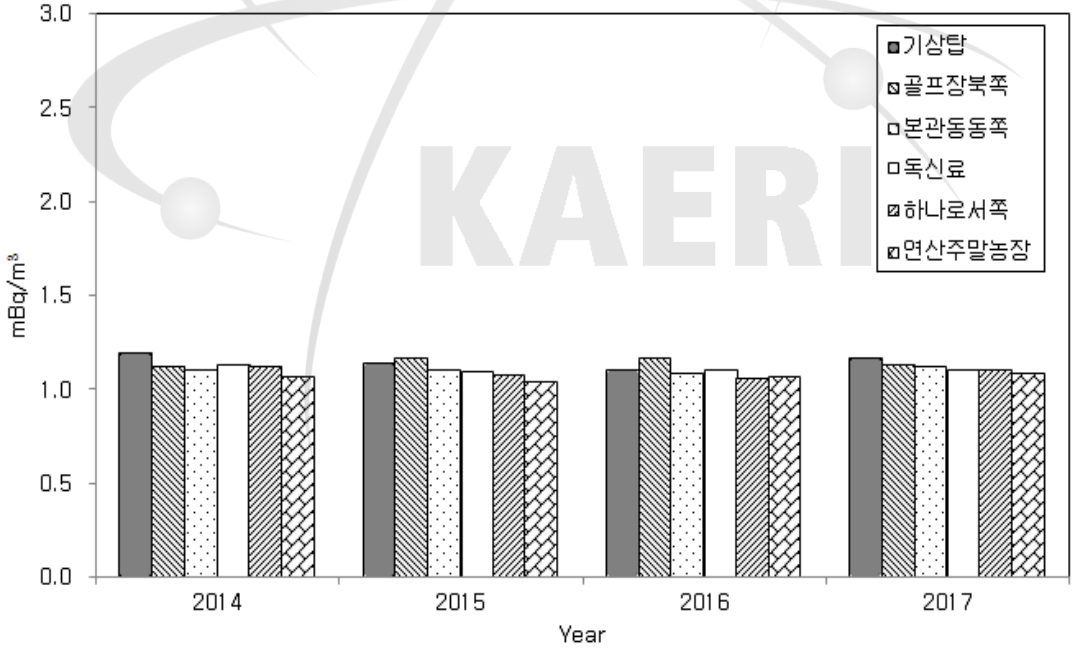


그림 2-13. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전베타)

② 감마동위원소

부지 내 5 개 및 비교지점 1 개 지점에서 실시된 공기 중 미립자의 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{7}Be) 분석 결과는 자연방사성핵종인 ^{7}Be만 검출되었고 나머지 감시대상 핵종 모두 MDA 이하의 값을 나타내고 있다(부록 표 5). 한편, 공기 중 방사성 옥소는 주 1회 시료를 분석하고 있으며 모든 지점에서 MDA 이하의 값을 나타내었다(부록 표 6).

(2) 공기 중 수분

공기 중 수분 시료의 채취는 대덕 원자력시설 부지 4 개 지점 및 비교지점 1 개소 등 모두 5 개 지점에서 월 1회로 실시되었으며 이에 대한 삼중수소 분석이 수행되었다.

① 삼중수소

부지 내 4 개 및 비교지점 1 개 조사 지점에서 실시된 공기 중 수분의 삼중수소의 분석 결과를 살펴보면 연평균 농도가 본관동동쪽 0.0755 Bq/㎥, 독신료 0.0310 Bq/㎥, 기상탑 0.0303 Bq/㎥, 제3연구동 0.0805 Bq/㎥ 그리고 비교 지점인 연산주말농장에서 MDA 이하를 나타내어 평상시 변동범위를 유지하고 있었다(부록 표 7).

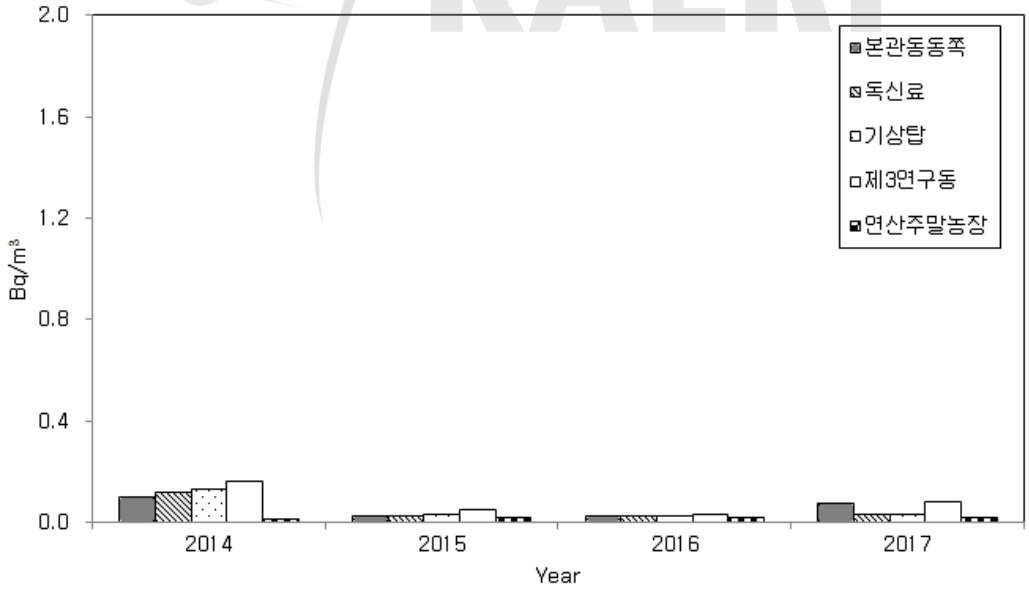


그림 2-14. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 수분의 방사능 농도 (삼중수소)

(3) 낙진

낙진 시료의 채취 및 분석은 전베타 방사능과 감마동위원소 분석을 목적으로 수행되었다. 전베타 방사능과 감마동위원소의 경우 대덕 원자력시설 부지 내 2 개 지점과 비교지점 1개 지점에서 채취되었다. 시료 채취 빈도는 분기 1 회이다.

① 전베타 방사능

낙진에 대한 전베타 방사능 농도를 살펴보면 기상탑 지점에서 연평균 31.4 Bq/㎡-90days, 독신료 지점에서 25.5 Bq/㎡-90days, 연산주말농장 지점에서 29.8 Bq/㎡-90days을 나타내었다(부록 표 8). 그림 2-15는 최근 3년간 추이를 나타낸 것으로 독신료 지점을 제외하고 전년도와 비슷한 준위를 유지하고 있었다.

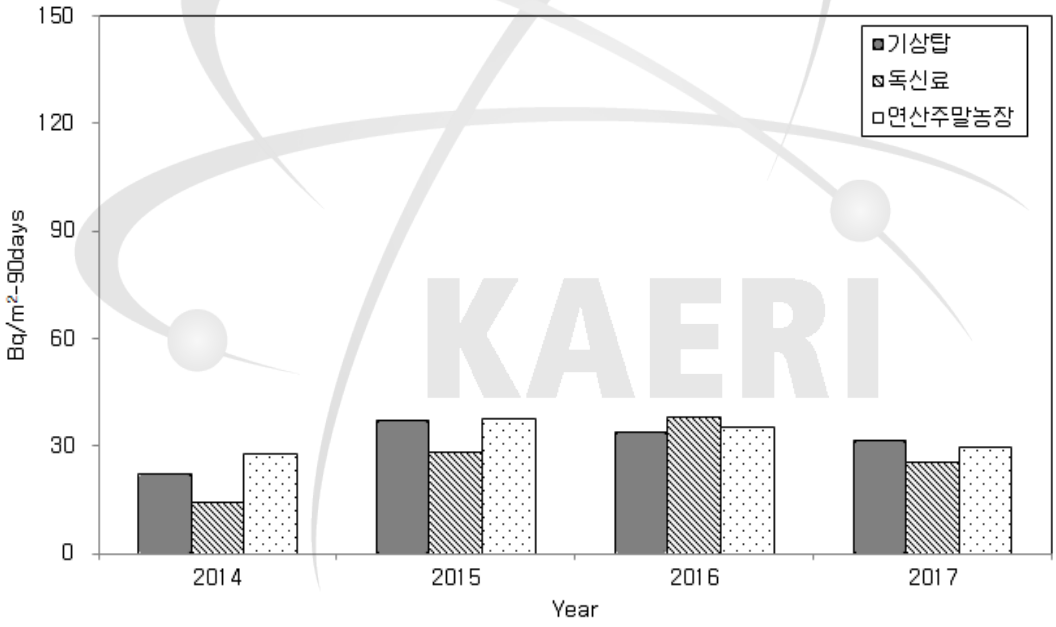


그림 2-15. 대덕 원자력시설 주변 낙진의 방사능 농도 (전베타)

② 감마동위원소

낙진의 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{7}Be) 분석결과를 살펴보면 자연방사성핵종인 ^{7}Be 만 측정되었고 분석대상 중 인공핵종 모두가 MDA 이하의 값을 나타내었다 (부록 표 9).

⑷ 표층토양

표층토양 시료의 채취 및 분석은 우라늄동위원소, 스트론튬-90 및 감마동위원소 분석을 목적으로 수행되었다. 우라늄동위원소의 경우 대덕 원자력시설 부지 내 2 개 지점, 스트론튬-90의 경우 대덕 원자력시설 부지 내 7 개 지점과 주변지역 5 개 지점 그리고 감마동위원소의 경우 대덕 원자력시설 부지 내 9 개 지점과 주변지역 5 개 지점에서 채취되었다. 시료 채취 빈도는 연간 2 회이다.

① 우라늄 방사능

표층토양 시료의 우라늄동위원소에 대한 방사능 농도를 살펴보면 기상탑 지점에서 ^{238}U 농도의 연평균은 31.2 Bq/kg-dry이고 덕진소류지 지점은 50.8 Bq/kg-dry, 비교지점인 연산주말농장의 연평균은 52.5 Bq/kg-dry 이다 (부록 표 10).

② 스트론튬-90 방사능

채취된 표층토양 시료의 스트론튬-90 농도는 부지 내 7 개 조사 지점의 상반기는 평균이 0.173 Bq/kg-dry, 하반기 평균이 0.238 Bq/kg-dry, 그리고 연평균 농도는 0.205 Bq/kg-dry로 전년도와 유사한 준위를 유지하고 있었다. 주변지역 5개 조사 지점에서의 연평균 농도는 0.166 Bq/kg-dry로 평상시 변동범위를 유지하고 있었다. (부록 표 11).

③ 감마동위원소

표층토양의 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K) 분석결과에서는 ^{137}Cs과 ^{40}K이 검출되었으며, 이는 '60년대 이후 대기권 핵실험에 의해서 지구 북반구에 넓게 분포하고 있는 ^{137}Cs에 의한 영향이다. ^{40}K은 전체 지점에서 모두 검출되었다 (부록 표 12). ^{137}Cs과 ^{40}K는 평상시변동범위 내이며 그 밖의 인공핵종은 모두 MDA 이하의 값이었다.

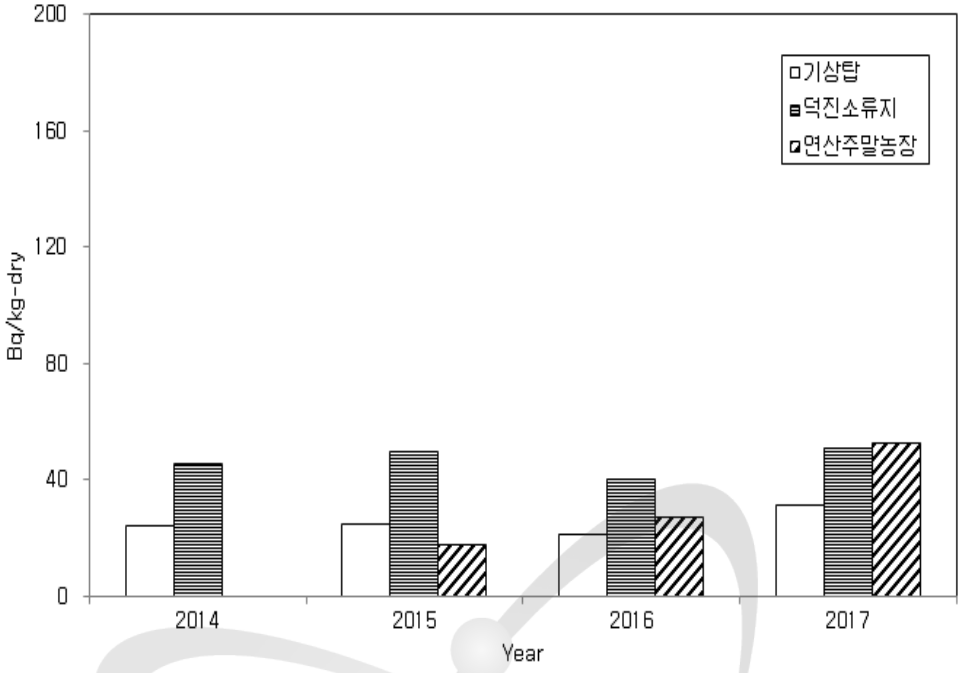


그림 2-16. 대덕 원자력시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (^{238}U)

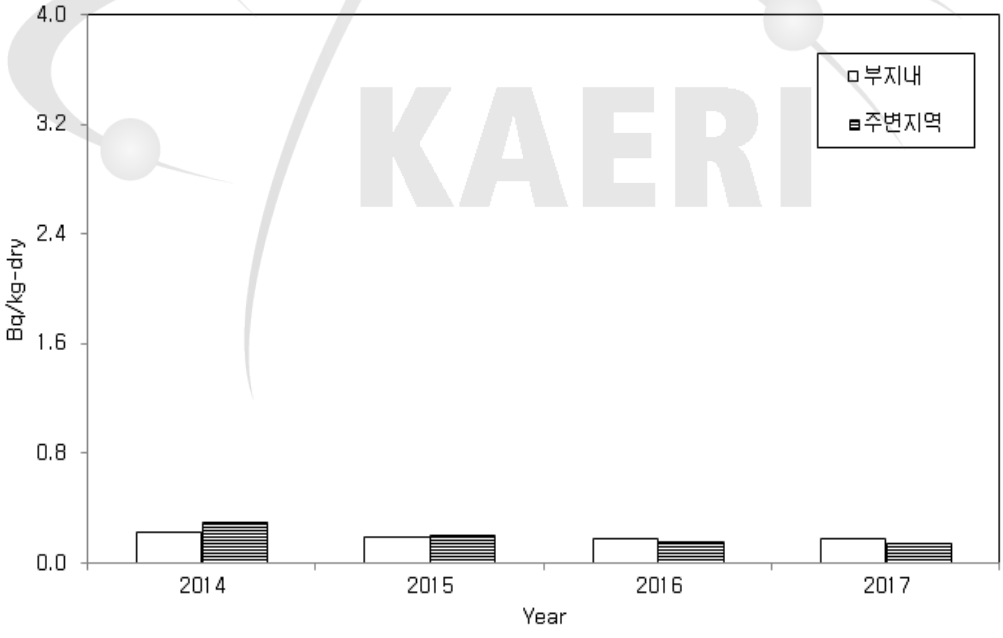


그림 2-17. 대덕 원자력시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (스트론튬-90)

(5) 하천토양

하천토양 시료는 대덕 원자력시설의 배수로를 따라서 동화천에 이르는 부지 내 2 개 지점과 주변지역 2 개 지점에서 채취되었다. 시료 채취는 우라늄동위원소와 감마동위원소 측정을 위해서 분기별로 실시하였다.

① 우라늄 방사능

하천토양의 ^{238}U 연평균 방사능 농도의 경우 대덕 원자력이용시설에서 배출되는 배수구 두 지점과 주변지역, 비교지점의 방사능 농도를 비교하면 큰 차이 없이 비슷한 값을 보이고 있었다 (부록 표 13).

우선, 지점별 ^{238}U 연평균 농도를 살펴보면 정문앞배수구에서 40.9 Bq/kg-dry, 본관동쪽배수구에서 46.6 Bq/kg-dry, 배수구합류지점에서 46.6 Bq/kg-dry, 연산주말농장에서 43.9 Bq/kg-dry로 평상시변동범위를 유지하고 있었다.

조사시기별 부지 내 ^{238}U 연평균 농도를 보면 1/4 분기에서 48.3 Bq/kg-dry, 2/4 분기에서 41.2 Bq/kg-dry, 3/4 분기에서 38.1 Bq/kg-dry, 4/4 분기에서 47.6 Bq/kg-dry이었다. 그림 2-18은 4 개 지점에서 채취된 하천토양의 최근 3년간 ^{238}U 연평균 방사능 농도 추이를 보여주고 있으며 평상시변동범위를 유지하고 있었다.

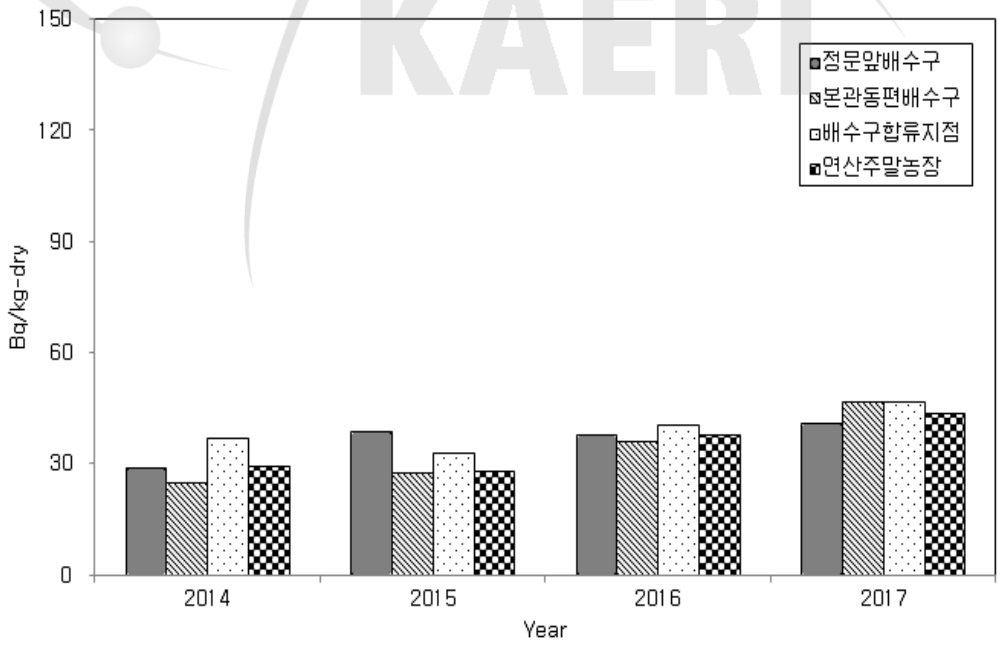


그림 2-18. 대덕 원자력시설 주변 하천토양의 방사능 농도 (^{238}U)

② 감마동위원소

하천토양에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K) 분석결과에서는 ^{40}K이 검출되었으며, 그 밖의 인공핵종은 모두 MDA 이하의 값이었다 (부록 표 14).

(6) 솔잎

솔잎 시료의 채취는 대덕 원자력시설 부지 2 개 지점 및 비교지점 1 개 지점 등 모두 3 개 지점에서 연간 2 회 실시되었으며 이에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K, ^{7}Be) 분석이 수행되었다.

① 감마동위원소

솔잎 시료에서 검출된 핵종은 우주선에 의하여 대기 중에서 생성되는 ^{7}Be과 자연방사성 핵종인 ^{40}K이며, 인공핵종은 모두 MDA 이하로 나타났다. (부록 표 15).
솔잎 시료에서 검출된 핵종은 우주선에 의하여 대기 중에서 생성되는 ^{7}Be과 자연방사성 핵종인 ^{40}K이며, 인공핵종은 모두 MDA 이하로 나타났다. (부록 표 15).

(7) 빗물

빗물 시료의 채취는 삼중수소, 전베타 방사능과 감마동위원소의 경우 대덕 원자력시설 부지 내 4 개 지점과 비교지점 1 곳에서 실시하였으며 빗물의 시료 채취 빈도는 월 1 회 이었다.

① 삼중수소

빗물에 대한 삼중수소의 분석결과를 그림 2-19에 나타내었다. 본관동동쪽 지점은 모두 MDA 이하, 독신료 지점의 연평균 농도는 2.55 Bq/L, 기상탑 지점의 연평균은 2.08 Bq/L, 제3연구동 지점의 연평균은 2.78 Bq/L이며, 연산주말농장 지점은 MDA 이하로 나타났다 (부록 표 16).

② 전베타 방사능

빗물에 대한 전베타방사능의 연평균을 그림 2-20에서 보면 독신료 지점에서 0.0659 Bq/L, 기상탑 지점 0.0662 Bq/L, 본관동쪽 지점 0.0610 Bq/L, 제3연구동 지점 0.0853 Bq/L, 비교지점인 연산주말농장 지점에서 0.0785 Bq/L로 전년도와 비슷한 준위를 유지하고 있었다(부록 표 17). 전베타 방사능은 동절기에는 상대적으로 높고 하절기에는 낮은 경향이 있다.

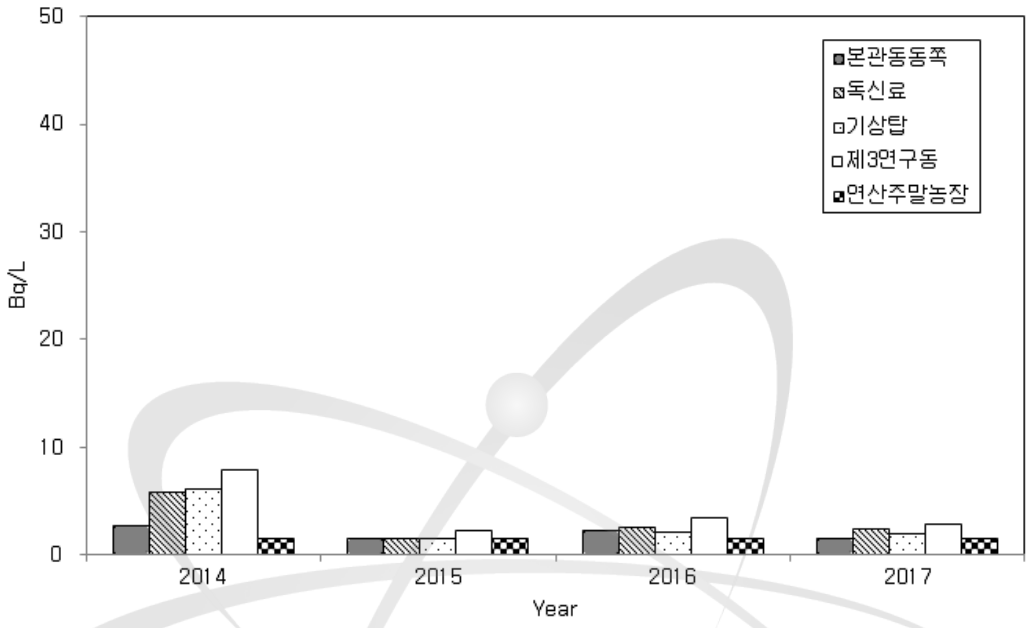


그림 2-19. 대덕 원자력시설 주변 빗물의 방사능 농도 (삼중수소)

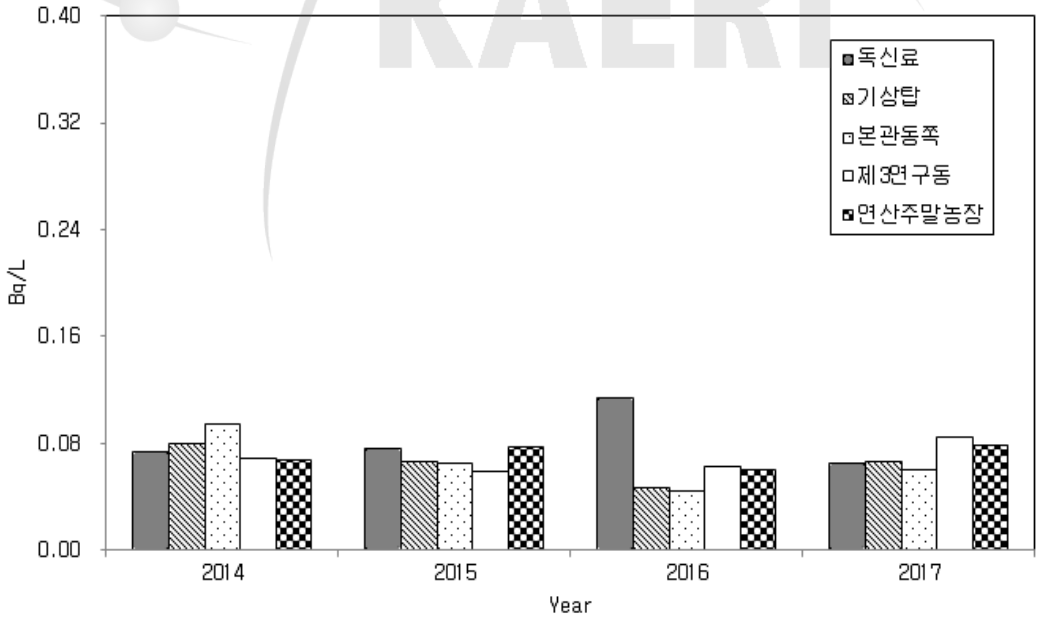


그림 2-20. 대덕 원자력시설 주변 빗물의 방사능 농도 (전베타)

③ 감마동위원소

빗물 시료에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K) 분석결과 조사대상 인공핵종이 모두 MDA 이하로 나타났다. 1월, 3월, 5월, 11월 경우는 빗물 시료가 부족하여 일부 핵종의 경우 검출하한치를 불만족하였다. (부록 표 18)

(8) 지표수

지표수 시료는 대덕 원자력시설의 배수로를 따라 동화천에 이르기까지의 4 개 지점을 포함한 모두 6 개 지점에서 채취되었다. 채취된 지표수에 대하여는 삼중수소, 전베타 방사능 및 감마동위원소 분석이 수행되었다. 시료 채취 빈도는 월 1회이다.

① 삼중수소

지표수의 삼중수소 분석결과를 그림 2-21에 최근 3년간 농도 변동 추이와 함께 나타내었다. 부지 내 4 개 조사 지점에 대한 농도의 연평균을 살펴보면 덕진소류지 지점은 MDA 이하, 오폐수처리장앞 지점 7.92 Bq/L, 정문앞배수구 지점 3.83 Bq/L, 본관동편배수구 지점도 1.98 Bq/L으로 나타났다. 그리고 주변지역에서는 배수구합류지점 3.25 Bq/L, 연산주말농장 지점이 MDA 이하로 나타나 평상시변동범위로 유지되고 있었다(부록 표 19). 6 개 지점에서의 최근 3년간 삼중수소 방사능 농도(그림 2-21)를 보면 오폐수처리장앞의 농도가 다른 지점보다 다소 높음을 알 수 있다.

② 전베타 방사능

지표수에 대한 전베타 방사능 농도의 지점별 연평균은 그림 2-22에서 나타나듯이 6 개 조사 지점에 대한 농도의 연평균을 살펴보면 정문앞배수구 지점 0.110 Bq/L, 본관동편배수구 지점 0.118 Bq/L, 오폐수처리장 앞 지점 0.218 Bq/L, 덕진소류지 지점 0.0490 Bq/L, 배수구합류지점 0.105 Bq/L 그리고 연산주말농장 지점 0.0610 Bq/L로서 평상시변동범위로 유지되고 있었다(부록 표 20).

③ 감마동위원소

지표수에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K) 분석결과 조사대상 인공핵종이 모두 MDA 이하로 나타났다(부록 표 21).

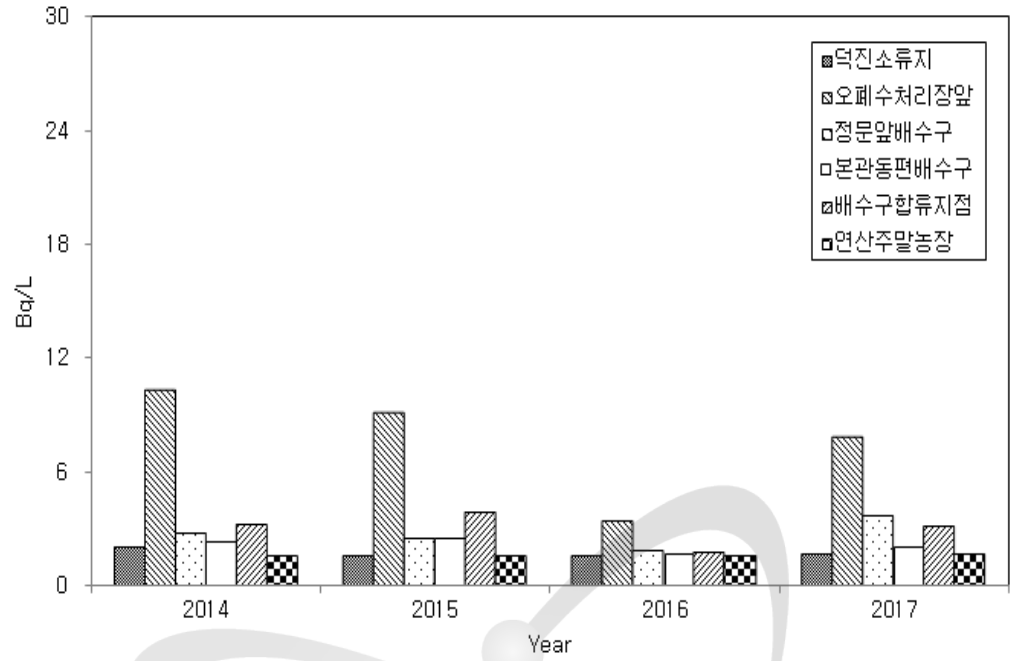


그림 2-21. 대덕 원자력시설 주변 지표수의 방사능 농도 (삼중수소)

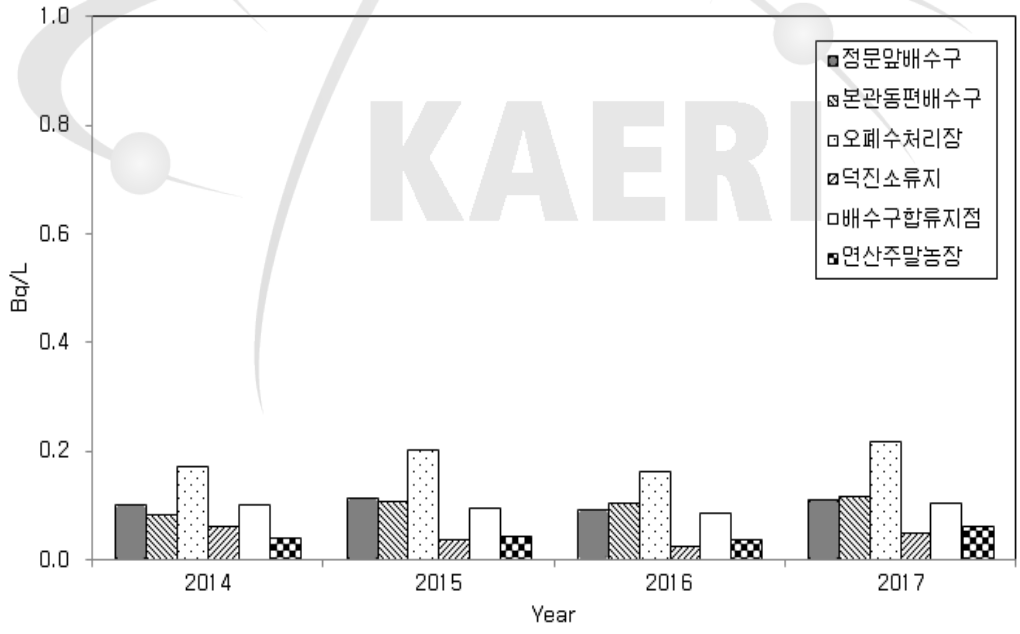


그림 2-22. 대덕 원자력시설 주변 지표수의 방사능 농도 (전베타)

(9) 지하수

지하수 시료의 채취는 대덕 원자력시설 부지 내 및 주변지역 3 개 지점에서 실시하여 삼중수소와 감마동위원소 분석을 수행하였으며, 우라늄동위원소 분석은 보덕샘과 비교지점 시료에 대하여 실시하였다. 시료 채취 빈도는 분기 1회이었다.

① 우라늄 방사능

지하수 시료의 우라늄동위원소 조사는 연구용원자로 핵연료가공시설 가동 및 우라늄 변환시설 해체에 따른 추가 핵종으로서 2003년 하반기부터 수행하였다. 보덕샘 지점에서의 ^{238}U 의 분기별 농도를 살펴보면 1/4 분기 1,780 mBq/L, 2/4 분기 1,720 mBq/L, 3/4 분기 1,760 mBq/L, 4/4 분기 1,640 mBq/L이며 연평균 농도는 1,730 mBq/L이었다(부록 표 22). 그림 2-23에서 볼 수 있듯이 부지 내 지점의 ^{238}U의 농도가 비교지점 보다 높은 것은 지리적 특성에 기인한 것으로 판단되며, 과거 조사 결과에서 역시 평상시 변동범위는 비슷한 수준으로 나타난다.

② 삼중수소

그림 2-24에서와 같이 지하수의 삼중수소 분석결과를 보면 보덕샘 지점, 동화울 지점 및 연산주말농장 지점 모두 MDA 이하로서 평상시변동범위를 유지하고 있었다 (부록 표 23).

③ 감마동위원소

지하수의 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K)분석결과를 살펴보면 자연방사성핵종인 ^{40}K를 포함한 조사대상 핵종 모두 MDA 이하로 나타났다 (부록 표 24).

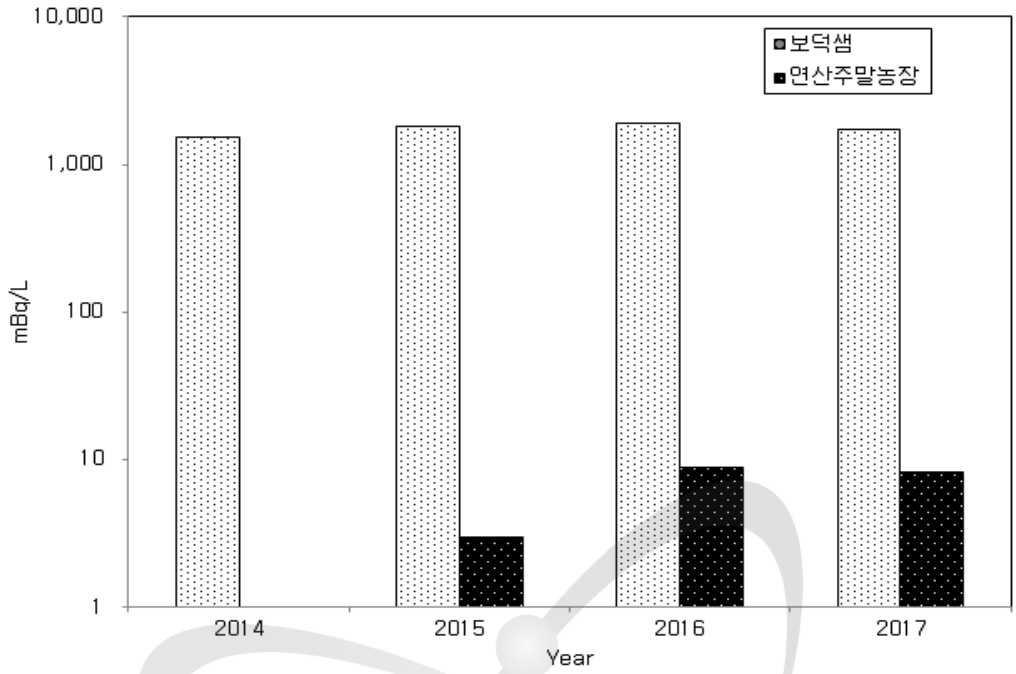


그림 23. 대덕 원자력시설 주변 지하수의 방사능 농도 (^{238}U)

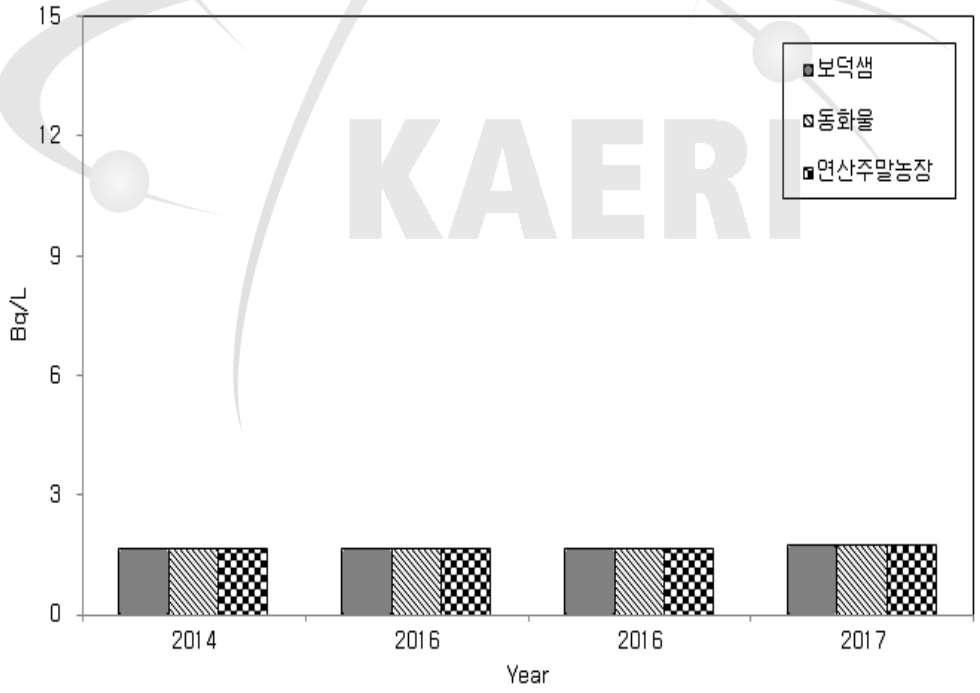


그림 2-24. 대덕 원자력시설 주변 지하수의 방사능 농도 (삼중수소)

(10) 농산물

대덕 원자력시설 주변지역의 농산물에 대한 방사능 조사는 채소류에서 배추, 곡류에서 쌀을 대상으로 하였다. 시료는 4 개 지점에서 수확기에 현지에서 채취하였다. 배추 시료는 스트론튬-90, 삼중수소 및 감마동위원소에 대한 방사능을 분석하였으며 쌀 시료의 경우 감마동위원소 분석만 실시하였다.

① 스트론튬-90

배추에 대한 스트론튬-90 방사능 분석결과 주변지역인 동화울과 구즉초등학교 지점 모두 MDA 이하이었다. 비교지점인 연서면 주민센터와 연산주말농장 지점도 모두 MDA 이하로 나타났다(부록 표 25).

② 삼중수소

배추시료의 삼중수소 방사능 농도에 대한 최근 3년간 추이를 그림 2-26에 나타내었으며 평상시변동범위로 유지되고 있었다. 4 개 지점 모두 MDA 이하로 나타났다 (부록 표 26).

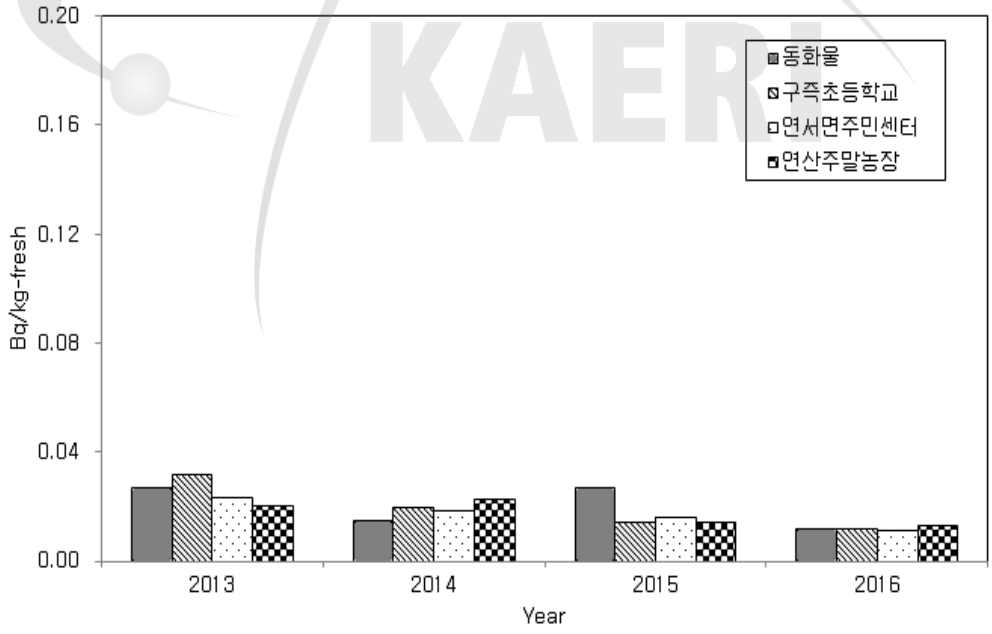


그림 2-25. 대덕 원자력시설 주변 농산물(배추)의 방사능 농도 (스트론튬-90)

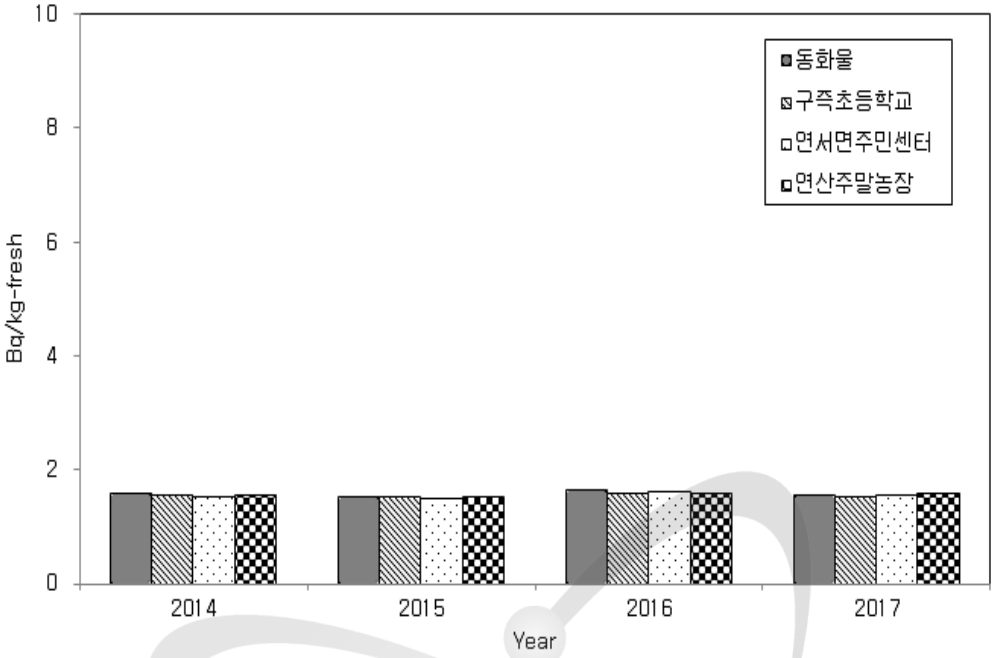


그림 2-26. 대덕 원자력시설 주변 농산물(배추)의 방사능 농도 (삼중수소)

③ 감마동위원소

농산물에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K)분석 결과 조사 대상 핵종 중 자연방사성핵종인 ^{40}K가 측정되었으며, 쌀 시료가 배추 시료에 비해 모든 지점에서 낮은 ^{40}K 농도를 나타냈다. 그 외의 인공핵종에 대해서는 모두 MDA 이하였다 (부록 표 27).

(11) 축산물

대덕 원자력시설 주변지역의 축산물에 대한 방사능 분석은 가금류와 우유를 선정하였다. 가금류와 우유 시료에 대한 조사 빈도는 연간 2회이다. 가금류 시료는 2 개 조사 지점에서 사육되는 닭을 대상으로 하였고, 우유 시료는 2016년 하반기부터 지점을 변경하여 채취를 시작하였다. 가금류에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K) 분석 결과를 보면 자연방사성 핵종인 ^{40}K이 평상시 변동 범위의 최대를 약간 넘는 값으로 나타났으며 그 외 조사대상 핵종은 MDA 이하로 나타났다 (부록 표 28, 표 29).

2. 서울 연구용원자로시설 부지 및 주변지역

가. 환경방사선 조사결과

(1) 공간감마선량률

TRIGA 연구로시설 부지 내 3 곳의 고정 지점에 설치된 환경방사선감시기로 공간감마선량률을 24 시간 연속 측정하였다. 그림 2-27에서 보면 2호기 (MW) 동쪽 지점에 위치한 감시기의 경우 연평균 공간감마선량률이 122 nGy/h의 준위를 나타내어 전년도와 동일하였으며, 2호기 (MW) 서쪽 지점에 위치한 감시기의 경우 연평균 공간감마선량률이 109 nGy/h의 준위를 나타내어 108 nGy/h의 전년도와 유사하다. 한편, 1호기 (KW) 서쪽 지점에 위치한 감시기의 경우 연평균 공간감마선량률은 120 nGy/h로 전년도와 동일하다 (부록 표 30). 그림 2-26에서 최근 3년간 서울 부지 내 공간감마선량률의 변동 추이는 큰 변화 없이 일정하였다.

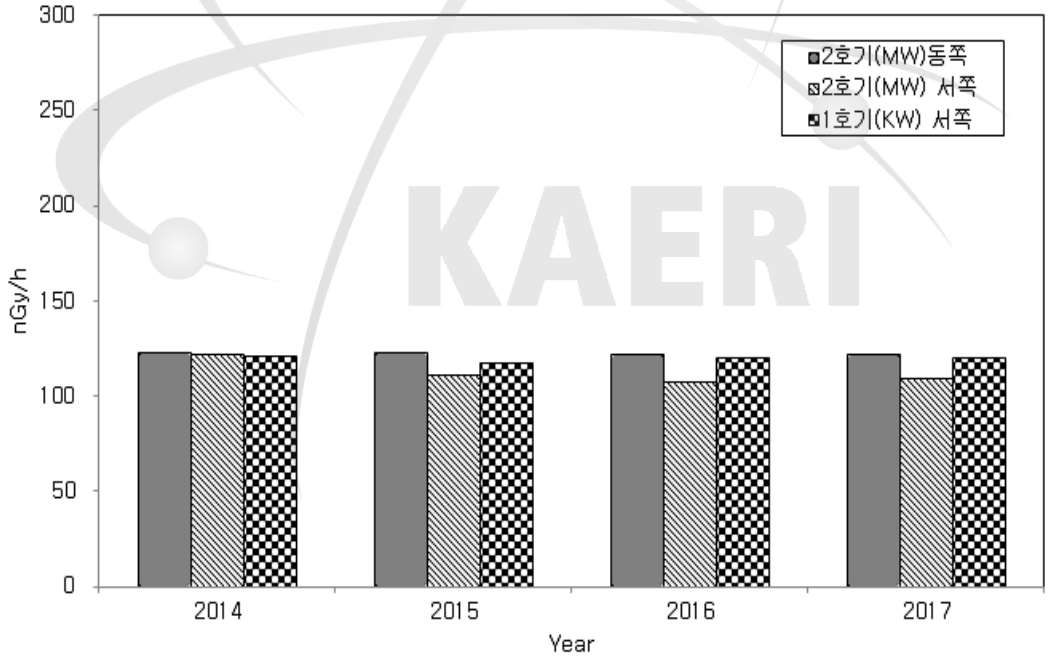


그림 2-27. TRIGA 연구로시설 주변 공간감마선량률 (환경방사선감시기)

(2) **집적선량**

열형광선량계에 의한 집적선량은 부지 내의 9 개 지점과 주변지역 9 개 지점에 열형광선량계를 설치하여 3 개월간의 집적방사선량을 열형광계측기로 분기별로 분석하였다. 조사 지점에서의 분기별 집적선량에 대한 조사 결과를 그림 2-28에서 보면 부지 내와 주변지역에서의 차이는 크지 않으며 최근 3년간 일정하게 유지되고 있었다. 조사 기간 동안 집적선량의 연평균은 부지 내 227 μGy/분기, 주변지역 236 μGy/분기로 전년도와 비슷하게 유지되고 있었다 (부록 표 31).

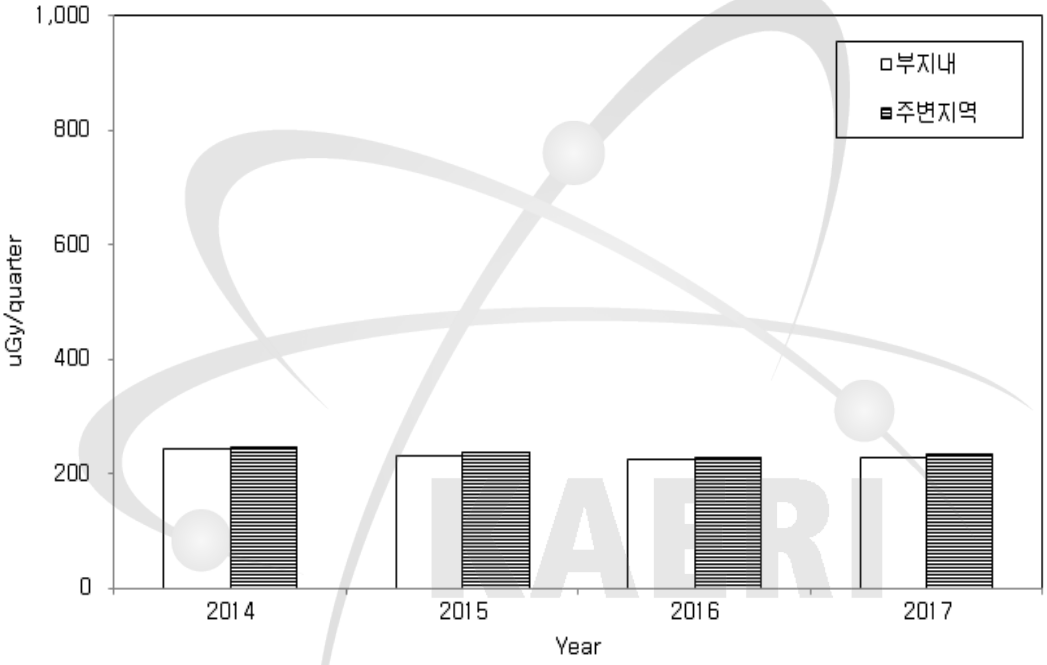


그림 2-28. TRIGA 연구로시설 주변 집적선량 (열형광선량계)

나. 환경방사능 조사결과

(1) 공기 중 미립자

TRIGA 연구로시설 부지 내 및 주변지역에 대한 공기 중 미립자의 조사는 비교지점 1 개 지점을 포함하여 모두 4 개 지점에서 수행하였다. 시료는 7일에 한 번씩 채취하여 매월 분석하였다.

① 전베타 방사능

그림 2-29에서와 같이 전베타 방사능 농도에 대한 연평균을 살펴보면 2호기(MW) 앞 지점 1.23 mBq/㎥, 2호기(MW) 뒤 지점 1.13 mBq/㎥, 1호기(KW) 앞 지점 1.33 mBq/㎥, 그리고 한전기계실 옆 지점 1.38 mBq/㎥로 측정되었다. 부지 내 조사 지점에 대한 전베타 방사능 농도 연평균은 1.23 mBq/㎥로 전년도와 비슷하게 유지되고 있었다. 공기 중 미립자에서의 전베타 방사능 농도는 습기가 많은 하절기보다 건조한 동절기가 다소 높은 경향이 있다 (부록 표 32).

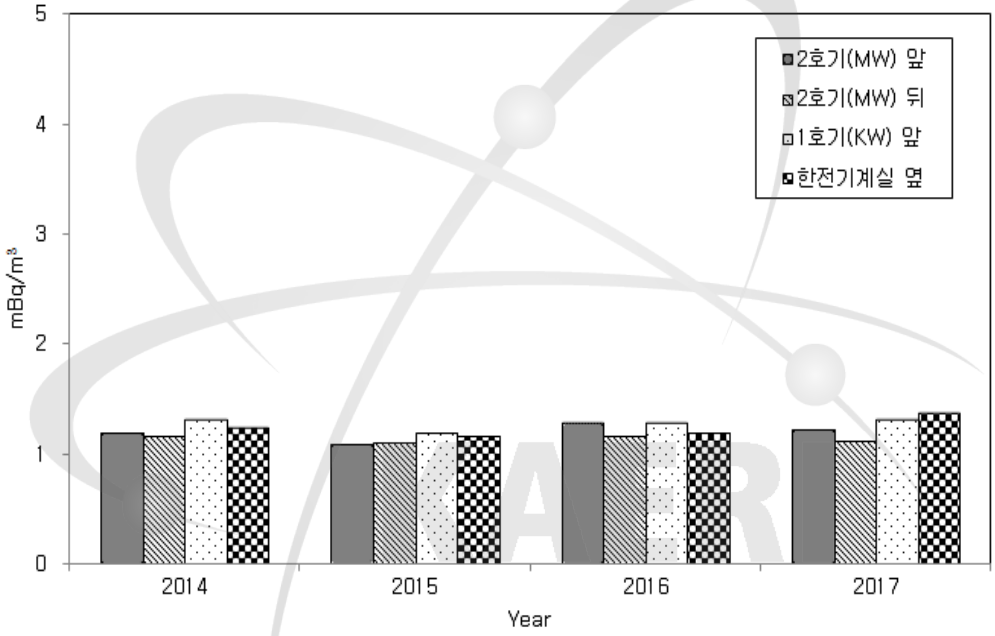


그림 2-29. TRIGA 연구로시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전베타)

② 감마동위원소

공기 중 미립자에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{22}Na, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{7}Be)분석 결과 자연방사성핵종인 ^{7}Be만 측정되었으며 그 외의 감시대상 핵종들은 MDA 이하로 나타났다 (부록 표 33).

(2) 표층토양

TRIGA 연구로시설 부지 내 및 주변지역에 대한 표층토양의 시료채취 지점은 모두 4 개 지점으로 연간 2 회 채취하여 스트론튬-90 및 감마동위원소 분석을 수행하였다.

① 스트론튬-90 방사능

그림 2-30에서와 같이 표층토양 시료에서의 스트론튬-90 분석 결과 부지 내 평균 농도가 상반기에 0.165 Bq/kg-dry, 하반기에 0.188 Bq/kg-dry로 검출되었다. 부지 내 연평균 농도는 0.177 Bq/kg-dry로서 전년도와 비슷하게 유지되고 있었다(부록 표 34).

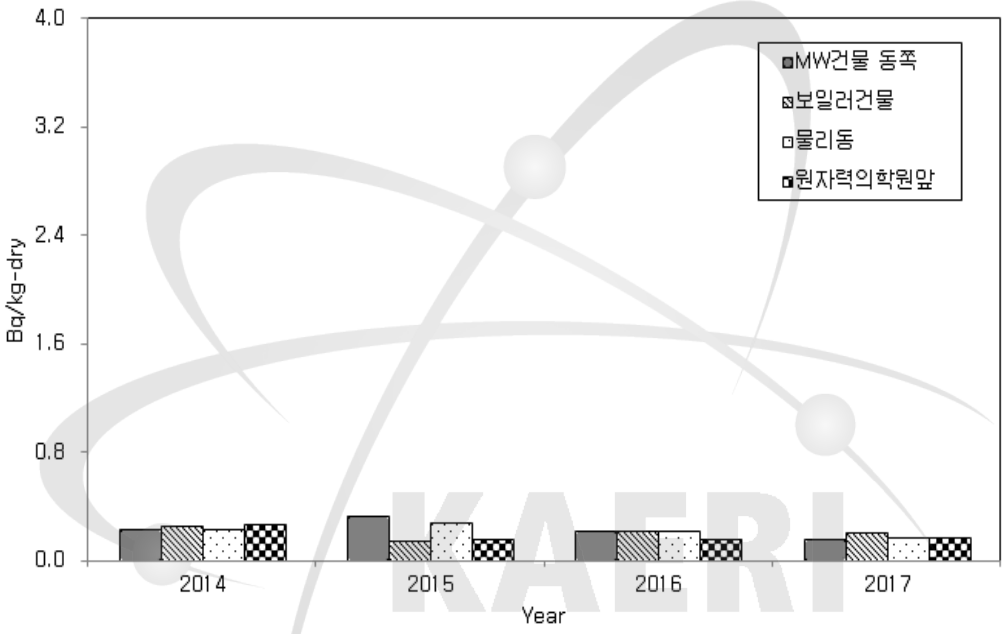


그림 2-30. TRIGA 연구로시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (스트론튬-90)

② 감마동위원소

표층토양 시료의 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{22}Na, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{40}K) 분석은 4 개 지점에서 채취된 시료에 대해서 실시하였다. 분석 결과 조사대상 핵종 중 ^{137}Cs은 일부 지점에서 검출되었으며 2호기 동쪽 지점에서는 평상시 변동범위를 약간 넘는 값이며 (구)물리동 지점에서는 평상시 변동범위 내 였다. 자연 방사성 핵종인 ^{40}K은 대부분 시료에서 검출되었으며, 나머지 감시핵종은 모두 MDA 이하였다(부록 표 35).

(3) 하천토양

하천토양 시료는 TRIGA 연구로시설 부지 내에서 서울과학기술대학 정문에 이르는 하천을 따라 2 개 지점에서 분기별 채취하였으며 각 채취 지점에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{22}Na, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{40}K)를 분석하였다. 분석결과 자연방사성핵종인 ^{40}K 핵종이 측정되었으며 평상시변동범위를 유지하고 있었다. 그리고 나머지 감시핵종들은 모두 MDA 이하의 값이었다(부록 표 36).

(4) 지표수

TRIGA 연구로시설 주변지역의 지표수 시료는 2 개 지점에서 월별로 채취하여 전베타 방사능, 삼중수소 및 감마동위원소에 대한 분석을 수행하였다.

① 전베타 방사능

지표수에 대한 전베타 방사능 분석결과를 살펴 보면 그림 2-31에서와 같이 서울과학기술대학연못 지점 0.134 Bq/L, 광운대학교 지점 0.298 Bq/L로 검출되어 평상시변동범위를 유지하고 있었다 (부록 표 37).

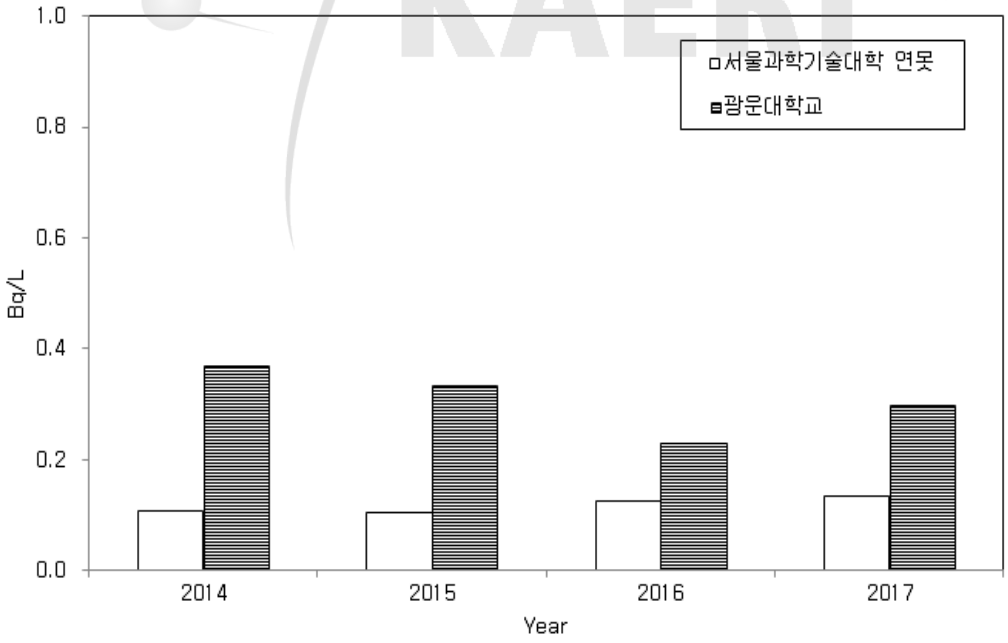


그림 2-31. TRIGA 연구로시설 주변 지표수의 방사능 농도 (전베타)

② 삼중수소

지표수의 삼중수소 방사능 농도는 그림 2-32에서와 같이 서울과학기술대학연못 지점과 광운대학교 지점에서 모두 MDA 값 이하로 나타났다 (부록 표 38).

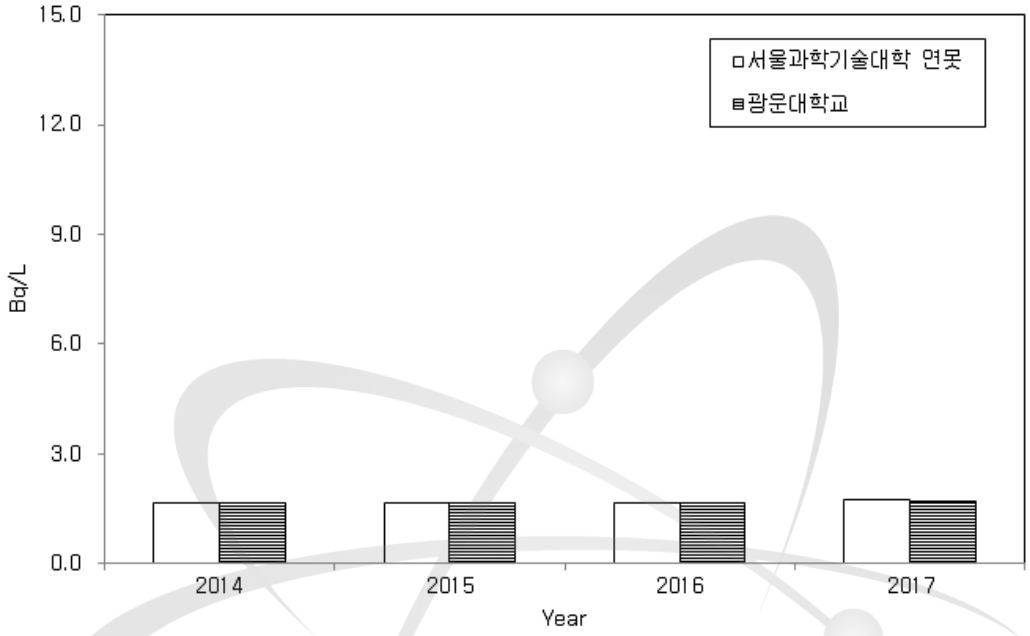


그림 2-32. TRIGA 연구로시설 주변 지표수의 방사능 농도 (삼중수소)

③ 감마동위원소

TRIGA 연구로시설 주변지역 지표수에서의 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K)분석 결과 ^{131}I를 제외한 조사대상 인공핵종 모두 MDA 값 이하로 나타났다. 비교지점인 광운대학교 지점에서 ^{131}I이 평상시변동범위 이내로 검출되었다(부록 표 39). 이는 방사성옥소 투여환자의 배설물이 하천에 유입되어 미량 검출된 것으로 판단된다.

(5) 지하수

TRIGA 연구로시설 주변에 대한 지하수의 시료채취는 부지 내의 보일러건물 앞에서 분기별로 채취하여 삼중수소와 감마동위원소를 분석하였다.

① 삼중수소

지하수에 대한 삼중수소 방사능 분석 결과를 보면 4분기 모두 MDA 이하의 값이었다 (부록 표 40). 그림 2-33에서는 최근 3년간 변동 추이를 나타내었다.

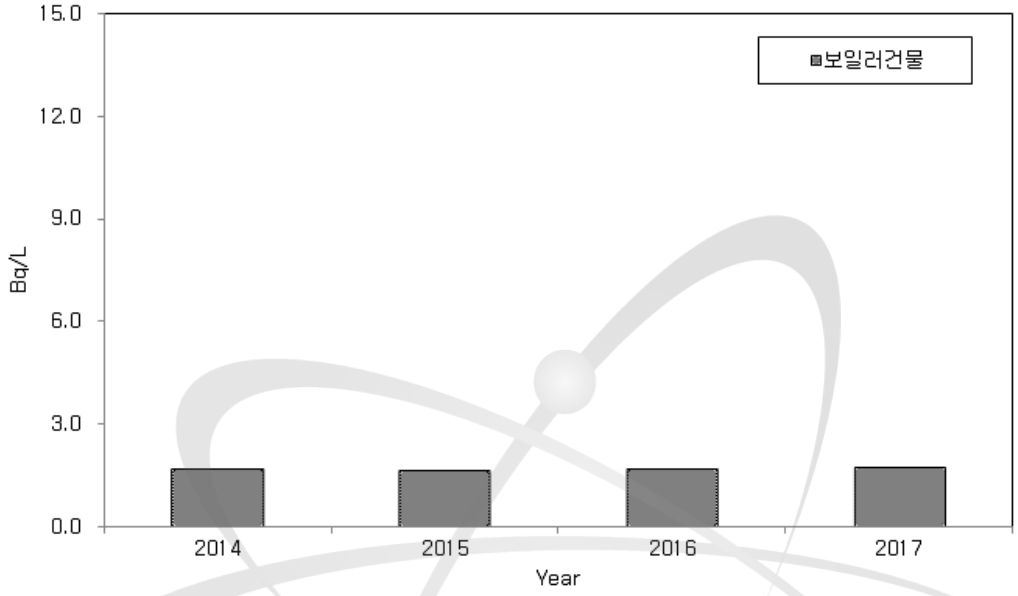


그림 2-33. TRIGA 연구로시설 주변 지하수의 방사능 농도 (삼중수소)

② 감마동위원소

지하수에 대한 감마동위원소 (^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I, ^{60}Co, ^{51}Cr, ^{59}Fe, ^{54}Mn, ^{40}K)분석 결과 조사대상 인공핵종이 MDA 이하로 나타났다 (부록 표 41).

3. 기상 및 대기 확산

기상탑 철골 구조물에 대한 안전점검은 연 1회, 리프트의 안전점검은 2개월마다 실시하였다. 4월 20일부터 5월 4일, 9월 21일부터 11월 20일 사이에 풍향, 풍속, 온도 습도계는 외부 전문업체에서 교정받은 후 교체하여 설치하였고, 강수량계와 시정계는 직접 교정을 실시하였다.

가. 기상관측자료 수집

교정으로 인한 결측을 제외한 기상 관측률은 99.9 %였다.

나. 기상관측자료 분석

국지기상의 기후통계적 분석을 위하여 표 3-1 ~ 표 3-3에서와 같이 바람자료의 풍향, 풍속별 발생빈도를 계산하였으며 연간 바람장미를 그림 3-1에 제시하였다. 바람장미를 보면 연평균 최다 풍향은 67 m에서 남서풍, 27 m에서 서남서풍, 10 m에서 남서풍으로 나타났으며 전반적으로 남서풍과 북서풍 계열이 우세하였다. 연간 정온상태(calm)의 분포는 67 m의 경우 전년의 0.6 %에서 0.5 %로, 27 m에서는 1.5 %에서 1.7%로, 10 m에서는 5.8 %에서 6.4 %로 전년과 비슷한 분포를 보였다.

각 기상관측요소들의 평균, 최대, 최소값 등을 분석한 자료를 표 3-4부터 표 3-7까지에 각각 나누어 실었다. 표 3-4는 매월의 최다풍향, 평균풍속, 최대풍속과 최대순간풍속, 그때의 풍향과 발생시간을 높이별로 정리한 것이다. 67 m 측정높이에서 1년간 탁월풍은 남서풍(14.2 %)이나 서남서풍(10.7 %), 북북서풍(10.0 %)도 많이 나타나 전년과 비슷한 경향을 보였다. 연평균 풍속은 67 m에서 2.3 m/s, 27 m에서 1.7 m/s, 10 m에서 0.8 m/s로 전년과 큰 차이가 없었다. 최대 풍속은 67 m에서 14.3 m/s, 27 m에서 9.8 m/s, 10 m에서 5.7 m/s이고, 최대순간풍속은 67 m에서 26.4 m/s, 27 m에서 19.3 m/s, 10 m에서 15.1 m/s를 기록하였다.

표 3-5와 표 3-6에 각각 기온과 상대습도의 평균, 최대, 최소값 등을 실었다. 연평균 기온은 67 m에서 13.0 ℃, 27 m에서 13.1 ℃, 10 m에서 13.0 ℃, 백엽상이 위치한 1.5 m에서 13.0 ℃로 전년에 비해 0.2 ~ 0.4 ℃ 정도 낮게 관측되었다. 연평균 상대습도는 65 ~ 68 %로 전년과 비슷하였다.

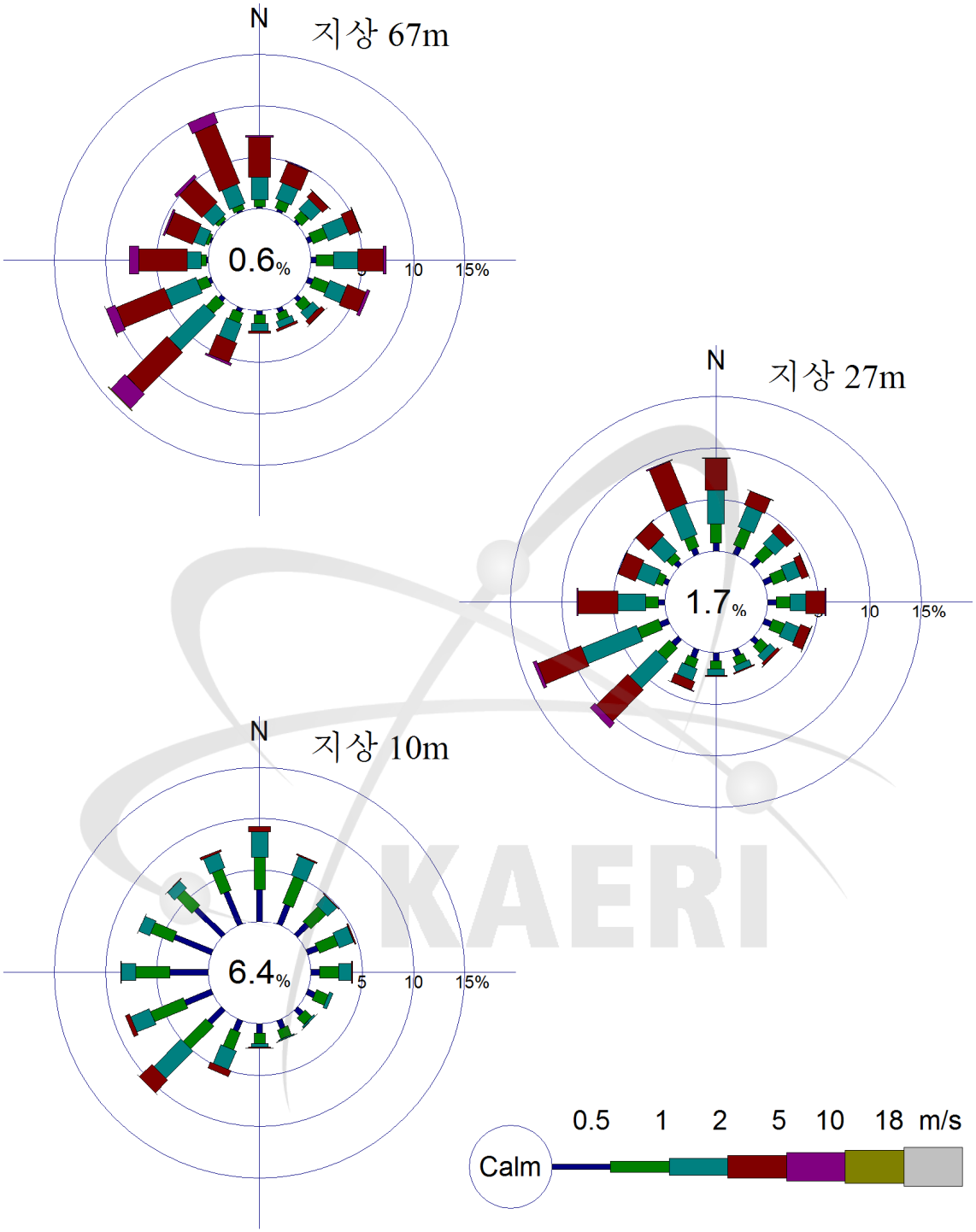


그림 3-1. 연간 바람장미 (Annual wind rose)

(동심원내 숫자는 정온상태(calm) 발생빈도의 백분율을 나타냄)

표 3-7은 일사, 기압, 강우, 시정, 안개발생시간 등에 대한 연간통계값을 나타낸다. 연간 강수량은 1080.1 mm로 전년(1135.0 mm)에 비해 약간 감소하였다.

관측된 자료는 온라인으로 연결되어 원자력시설의 방사성물질 누출시 실시간 확산 및 피폭예측에 이용되기도 하지만, 1년간 대기안정도 및 풍향, 풍속구간별 발생빈도를 계산하여 방사성물질의 장기간 확산 및 피폭선량 평가에 이용한다. 매 10분마다 측정된 기상자료를 통계처리하여 대기안정도와 풍향, 풍속별 발생빈도를 3개 높이의 관측위치마다 계산하였으며 이를 표 3-8에 제시하였다.

표 3-1. 대기안정도의 년간 발생빈도의 연도별 추이

대기안정도	2014	2015	2016	2017
A	6.25	4.90	6.67	16.52
B	4.09	2.98	3.37	4.68
C	4.15	3.28	3.74	4.62
D	25.51	25.40	26.17	21.61
E	34.86	37.58	37.64	31.56
F	21.29	22.08	19.78	17.73
G	3.84	3.77	2.64	3.28

표 3-2. 풍속구간별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (67m)

풍속 (m/sec)	2014	2015	2016	2017
calm	0.60	0.54	0.56	0.55
0.23~0.50	5.91	5.75	5.67	5.39
0.51~0.75	7.75	7.72	8.00	7.20
0.76~1.00	8.06	7.94	8.42	7.84
1.01~1.50	15.21	14.93	15.41	15.17
1.51~2.00	13.97	13.25	13.95	14.31
2.01~3.00	21.00	21.85	22.21	22.55
3.01~5.00	20.77	21.23	20.00	20.25
5.01~7.00	5.59	5.43	4.35	5.33
7.01~10.00	1.06	1.19	1.26	1.31
10.01~13.00	0.05	0.16	0.15	0.10
13.01~18.00	0.02	0.00	0.02	0.00
〉18.00	-	-	-	-

KAERI

표 3-2. 〈계속〉 풍속구간별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (27m)

풍속 (m/sec)	2014	2015	2016	2017
calm	1.89	1.93	1.54	1.71
0.23~0.50	12.18	12.34	11.99	11.60
0.51~0.75	10.92	10.64	11.05	10.49
0.76~1.00	10.13	9.67	10.20	9.77
1.01~1.50	17.48	16.93	18.51	17.48
1.51~2.00	14.80	15.83	15.79	16.23
2.01~3.00	19.58	20.13	19.75	20.22
3.01~5.00	11.79	11.13	9.81	11.05
5.01~7.00	1.13	1.25	1.22	1.35
7.01~10.00	0.08	0.14	0.13	0.10
10.01~13.00	0.01	-	0.01	-
13.01~18.00	-	-	-	-
〉18.00	-	-	-	-

표 3-2. 〈계속〉 풍속구간별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (10m)

풍속 (m/sec)	2014	2015	2016	2017
Calm	5.07	5.58	5.82	6.36
0.23~0.50	31.12	32.90	33.59	32.74
0.51~0.75	21.02	20.65	22.03	20.11
0.76~1.00	14.29	14.52	14.32	14.32
1.01~1.50	16.81	16.32	15.03	15.90
1.51~2.00	7.06	6.28	5.51	6.42
2.01~3.00	4.09	3.27	3.05	3.54
3.01~5.00	0.53	0.46	0.59	0.59
5.01~7.00	0.02	0.01	0.04	0.02
7.01~10.00	-	-	0.00	-
10.01~13.00	-	-	0.00	-
13.01~18.00	-	-	0.00	-
〉18.00	-	-	-	-

KAERI

표 3-3. 풍향별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (67m)

풍향	2014	2015	2016	2017
Calm	0.60	0.54	0.56	0.55
N	8.16	7.85	7.99	7.10
NNE	5.24	5.13	5.35	4.91
NE	3.78	3.93	3.91	3.38
ENE	6.53	6.53	5.84	5.21
E	9.79	9.29	7.77	7.33
ESE	8.00	7.50	6.77	6.09
SE	3.52	3.48	3.86	2.95
SSE	2.23	2.36	2.84	2.13
S	2.07	2.08	2.46	2.18
SSW	4.69	4.70	4.85	5.61
SW	11.93	11.48	11.66	14.20
WSW	9.85	9.21	9.93	10.70
W	6.33	7.12	6.68	7.67
WNW	3.62	4.02	3.88	4.63
NW	4.38	4.67	4.51	5.38
NNW	9.28	10.12	11.16	9.97

표 3-3. 〈계속〉 풍향별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (27m)

풍향	2014	2015	2016	2017
Calm	1.89	1.93	1.54	1.71
N	8.88	8.93	9.67	9.02
NNE	5.81	5.97	6.59	6.28
NE	4.40	4.54	4.86	4.68
ENE	5.34	5.42	4.88	4.33
E	7.52	7.14	5.96	5.71
ESE	5.95	5.26	5.05	4.56
SE	2.83	2.91	3.14	2.70
SSE	2.12	2.30	2.66	2.20
S	2.25	2.31	2.70	2.28
SSW	4.32	4.83	4.38	3.90
SW	10.72	10.21	9.92	11.00
WSW	11.59	11.26	12.01	13.73
W	6.56	6.89	6.76	8.55
WNW	4.30	4.18	4.18	4.90
NW	5.60	5.31	5.08	4.98
NNW	9.93	10.58	10.62	9.48

표 3-3. 〈계속〉 풍향별 년간 발생빈도의 연도별 추이 (10m)

풍향	2014	2015	2016	2017
Calm	5.07	5.58	5.82	6.36
N	9.02	9.58	9.62	9.23
NNE	7.62	7.94	8.11	7.09
NE	4.90	4.99	5.22	4.87
ENE	7.10	6.29	5.48	4.73
E	4.97	4.60	4.12	4.06
ESE	3.14	2.85	2.76	2.40
SE	2.11	2.20	2.22	1.86
SSE	1.89	2.23	2.31	1.93
S	2.02	2.39	2.99	2.38
SSW	5.69	5.59	6.37	5.51
SW	8.30	8.19	8.69	10.46
WSW	8.81	8.58	8.10	8.68
W	7.77	8.00	7.47	8.53
WNW	6.91	6.88	6.40	7.42
NW	6.75	6.46	6.41	6.93
NNW	7.94	7.64	7.91	7.55

KAERI

표 3-4. 풍향, 풍속의 연간통계값 (Annual statistics of wind direction and speed)

높이	67 m						27 m						10 m					
월	최다풍향 (%)	풍속 (m/sec)					최다풍향 (%)	풍속 (m/sec)					최다풍향 (%)	풍속 (m/sec)				
		평균	최대	풍향(월/일)	최대순간	풍향(월/일)		평균	최대	풍향(월/일)	최대순간	풍향(월/일)		평균	최대	풍향(월/일)	최대순간	풍향(월/일)
17_01	NNW (13.8)	2.1	10.8	SW (1/27)	16.7	SW (1/27)	NNW (12.5)	1.5	7.2	SW (1/27)	14.8	NW (1/20)	N (12.5)	0.7	4.2	SW (1/27)	10.9	SW (1/27)
17_02	W (13.1)	2.5	10.9	SW (2/19)	17.0	SW (2/19)	WSW (14.9)	1.8	7.5	SW (2/19)	14.6	NW (2/ 9)	N (14.5)	0.9	4.8	SW (2/19)	12.0	SW (2/19)
17_03	WSW (13.6)	2.4	9.5	SW (3/ 9)	16.0	WSW (3/ 9)	WSW (14.8)	1.8	6.9	SW (3/ 9)	14.8	SW (3/ 9)	N (11.1)	0.9	4.2	SW (3/ 9)	11.7	WSW (3/ 9)
1/4분기	NNW (12.6)	2.3	10.9	SW (2/19)	17.0	SW (2/19)	WSW (13.5)	1.7	7.5	SW (2/19)	14.8	NW (1/20)	N (12.7)	0.9	4.8	SW (2/19)	12.0	SW (2/19)
17_04	SW (18.2)	3.0	14.3	SW (4/14)	24.5	SW (4/14)	SW (16.6)	2.2	9.8	SW (4/14)	19.3	SW (4/14)	SW (15.9)	1.1	5.7	SW (4/14)	15.1	SW (4/14)
17_05	SW (21.9)	2.5	14.0	WSW (5/13)	26.4	WSW (5/13)	WSW (20.9)	1.8	9.3	WSW (5/13)	16.8	WSW (5/13)	SW (16.3)	0.8	4.3	SW (5/25)	11.6	WSW (5/13)
17_06	SW (13.2)	2.4	9.7	SW (6/ 9)	13.2	SW (6/ 9)	WSW (13.8)	1.7	6.7	SW (6/ 9)	11.0	W (6/ 1)	SW (12.4)	0.8	3.2	SW (6/ 9)	8.0	SSW (6/ 1)
17_2/4	SW (17.8)	2.6	14.3	SW (4/14)	26.4	WSW (5/13)	WSW (16.4)	1.9	9.8	SW (4/14)	19.3	SW (4/14)	SW (14.9)	0.9	5.7	SW (4/14)	15.1	SW (4/14)
17_07	SW (26.1)	2.2	9.8	SW (7/11)	15.7	SW (7/ 3)	SW (23.9)	1.6	6.9	SW (7/16)	14.5	SW (7/ 3)	SW (23.1)	0.8	5.6	S (7/31)	8.9	SW (7/16)
17_08	E (13.1)	2.2	9.9	SW (8/24)	14.9	SW (8/24)	SW (11.7)	1.6	6.6	WSW (8/24)	14.1	SW (8/28)	SW (11.6)	0.7	4.1	SSW (8/ 1)	10.8	SW (8/24)
17_09	E (13.1)	2.1	8.8	E (9/16)	14.5	E (9/16)	WSW (11.6)	1.6	7.0	E (9/16)	13.1	ESE (9/15)	SW (8.4)	0.6	3.0	ENE (9/16)	8.9	ENE (9/16)
17_3/4	SW (16.3)	2.2	9.9	SW (8/24)	15.7	SW (7/ 3)	SW (14.6)	1.6	7.0	E (9/16)	14.5	SW (7/ 3)	SW (14.4)	0.7	5.6	S (7/31)	10.8	SW (8/24)
17_10	N (13.5)	2.1	7.1	NNW (10/29)	12.2	WNW (10/29)	N (14.2)	1.5	5.5	NNE (10/14)	11.5	NW (10/29)	NNE (11.0)	0.6	2.3	NNE (10/14)	7.7	NE (10/22)
17_11	NNW (16.0)	2.3	11.2	SW (11/25)	18.1	SW (11/25)	WSW (15.4)	1.7	7.6	SW (11/10)	14.9	SW (11/25)	N (11.6)	0.7	4.2	SSW (11/25)	12.2	SSW (11/25)
17_12	NNW (15.2)	2.1	8.3	NNW (12/ 4)	14.4	W (12/10)	WSW (15.5)	1.5	6.0	NNW (12/ 4)	14.0	WSW (12/10)	N (13.8)	0.8	3.2	SSW (12/18)	10.1	SW (12/10)
17_4/4	NNW (14.2)	2.2	11.2	SW (11/25)	18.1	SW (11/25)	WSW (12.5)	1.6	7.6	SW (11/10)	14.9	SW (11/25)	N (11.2)	0.7	4.2	SSW (11/25)	12.2	SSW (11/25)
년	SW (14.2)	2.3	14.3	SW (17_04)	26.4	WSW (17_05)	WSW (13.7)	1.7	9.8	SW (17_04)	19.3	SW (17_04)	SW (10.5)	0.8	5.7	SW (17_04)	15.1	SW (17_04)

표 3-5. 기온의 연간 통계값 (Annual statistics of temperature)

높이	67 m			27 m			10 m			1.5 m		
월	평균	최고(월/일)	최저(월/일)	평균	최고(월/일)	최저(월/일)	평균	최고(월/일)	최저(월/일)	평균	최고(월/일)	최저(월/일)
17_01	-1.1	11.6 (1/ 8)	-10.9 (1/15)	-0.9	12.1 (1/ 8)	-11.0 (1/15)	-0.7	13.0 (1/ 8)	-11.7 (1/15)	-1.1	13.9 (1/ 8)	-12.7 (1/15)
17_02	0.3	12.7 (2/16)	-8.2 (2/ 2)	0.6	13.6 (2/16)	-8.5 (2/ 2)	0.8	14.6 (2/16)	- 9.3 (2/ 2)	0.5	15.5 (2/16)	-10.3 (2/ 2)
17_03	5.8	16.5 (3/30)	-4.3 (3/ 8)	6.1	17.2 (3/30)	-4.4 (3/ 8)	6.4	18.0 (3/30)	-4.5 (3/ 8)	6.1	19.1 (3/30)	-5.5 (3/ 8)
1/4분기	1.7	16.5 (3/30)	-10.9 (1/15)	2.0	17.2 (3/30)	-11.0 (1/15)	2.2	18.0 (3/30)	-11.7 (1/15)	1.9	19.1 (3/30)	-12.7 (1/15)
17_04	13.5	26.3 (4/16)	2.1 (4/ 2)	13.8	26.9 (4/16)	2.0 (4/ 2)	14.1	27.7 (4/16)	2.1 (4/ 2)	13.8	28.7 (4/16)	0.9 (4/ 2)
17_05	19.3	30.1 (5/29)	10.9 (5/15)	19.4	30.6 (5/29)	10.4 (5/15)	19.1	31.0 (5/29)	9.1 (5/15)	19.4	32.2 (5/29)	8.7 (5/15)
17_06	22.6	32.5 (6/23)	13.6 (6/ 4)	22.8	33.0 (6/23)	13.1 (6/ 4)	22.7	33.5 (6/23)	11.8 (6/ 4)	23.0	35.1 (6/23)	11.6 (6/ 4)
2/4분기	18.5	32.5 (6/23)	2.1 (4/ 2)	18.7	33.0 (6/23)	2.0 (4/ 2)	18.7	33.5 (6/23)	2.1 (4/ 2)	18.8	35.1 (6/23)	0.9 (4/ 2)
17_07	26.7	32.8 (7/21)	22.0 (7/ 9)	26.8	33.0 (7/21)	22.2 (7/ 1)	26.7	33.2 (7/21)	20.8 (7/27)	26.9	34.2 (7/21)	20.7 (7/27)
17_08	25.6	34.6 (8/ 5)	15.7 (8/30)	25.7	35.0 (8/ 5)	15.8 (8/30)	25.5	34.9 (8/ 5)	15.5 (8/30)	25.9	36.3 (8/ 6)	15.7 (8/31)
17_09	21.2	27.5 (9/26)	11.8 (9/29)	21.1	27.9 (9/26)	11.0 (9/30)	20.7	28.1 (9/26)	9.8 (9/29)	21.0	30.4 (9/26)	9.9 (9/29)
3/4분기	24.5	34.6 (8/ 5)	11.8 (9/29)	24.6	35.0 (8/ 5)	11.0 (9/30)	24.3	34.9 (8/ 5)	9.8 (9/29)	24.6	36.3 (8/ 6)	9.9 (9/29)
17_10	15.8	25.9 (10/ 9)	3.2 (10/31)	15.6	26.4 (10/ 9)	1.9 (10/31)	15.2	26.8 (10/ 9)	0.7 (10/31)	15.5	28.9 (10/ 9)	0.6 (10/31)
17_11	6.4	19.5 (11/ 7)	-5.1 (11/19)	6.3	20.1 (11/ 7)	-5.7 (11/19)	6.0	20.4 (11/ 7)	-6.2 (11/19)	6.1	21.8 (11/ 7)	-6.5 (11/19)
17_12	-1.0	9.9 (12/ 3)	-11.3 (12/12)	-1.1	10.5 (12/ 3)	-11.7 (12/12)	-1.0	11.1 (12/ 3)	-12.2 (12/12)	-1.1	12.1 (12/ 3)	-12.8 (12/12)
4/4분기	7.1	25.9 (10/ 9)	-11.3 (12/12)	7.0	26.4 (10/ 9)	-11.7 (12/12)	6.8	26.8 (10/ 9)	-12.2 (12/12)	6.8	28.9 (10/ 9)	-12.8 (12/12)
년	13.0	34.6 (17_08)	-11.3 (17_12)	13.1	35.0 (17_08)	-11.7 (17_12)	13.0	34.9 (17_08)	-12.2 (17_12)	13.0	36.3 (17_08)	-12.8 (17_12)

표 3-6. 상대습도의 연간 통계값 (Annual statistics of relative humidity)

높이	67 m			27 m			10 m			1.5 m		
월	평균	최고(월/일)	최저(월/일)	평균	최고(월/일)	최저(월/일)	평균	최고(월/일)	최저(월/일)	평균	최고(월/일)	최저(월/일)
17_01	64	99 (1/19)	20 (1/28)	63	98 (1/ 1)	18 (1/28)	69	100 (1/ 1)	23 (1/28)	67	99 (1/ 1)	20 (1/16)
17_02	57	100 (2/14)	11 (2/21)	56	98 (2/14)	11 (2/21)	62	100 (2/14)	16 (2/21)	60	99 (2/20)	12 (2/21)
17_03	50	96 (3/28)	11 (3/17)	50	97 (3/28)	10 (3/17)	55	100 (3/28)	14 (3/17)	53	99 (3/28)	10 (3/17)
1/4분기	57	100 (2/14)	11 (3/17)	57	98 (1/ 1)	10 (3/17)	62	100 (1/ 1)	14 (3/17)	60	99 (1/ 1)	10 (3/17)
17_04	53	100 (4/21)	11 (4/16)	53	100 (4/29)	10 (4/16)	57	100 (4/ 5)	15 (4/12)	56	99 (4/21)	11 (4/12)
17_05	57	99 (5/10)	13 (5/ 6)	59	100 (5/10)	14 (5/ 6)	61	100 (5/10)	14 (5/ 6)	61	97 (5/11)	14 (5/ 6)
17_06	62	100 (6/ 7)	22 (6/ 5)	64	100 (6/ 7)	23 (6/ 5)	64	100 (6/ 7)	21 (6/ 5)	63	97 (6/ 7)	20 (6/ 5)
2/4분기	57	100 (6/ 7)	11 (4/16)	59	100 (6/ 7)	10 (4/16)	61	100 (4/ 5)	14 (5/ 6)	60	99 (4/21)	11 (4/12)
17_07	85	100 (7/ 9)	55 (7/ 5)	88	100 (7/ 9)	55 (7/ 5)	87	100 (7/ 1)	56 (7/ 5)	85	98 (7/ 9)	53 (7/27)
17_08	80	100 (8/10)	32 (8/26)	85	100 (8/22)	33 (8/26)	83	100 (8/15)	33 (8/26)	83	98 (8/22)	36 (8/29)
17_09	73	100 (9/10)	22 (9/29)	79	100 (9/10)	25 (9/29)	77	100 (9/12)	24 (9/29)	76	98 (9/12)	24 (9/29)
3/4분기	79	100 (9/10)	22 (9/29)	84	100 (9/10)	25 (9/29)	82	100 (9/12)	24 (9/29)	82	98 (8/22)	24 (9/29)
17_10	70	100 (10/21)	22 (10/30)	77	100 (10/ 2)	23 (10/30)	75	100 (10/13)	22 (10/30)	75	99 (10/13)	21 (10/30)
17_11	63	100 (11/24)	17 (11/29)	66	100 (11/ 3)	15 (11/29)	66	100 (11/ 6)	16 (11/29)	67	99 (11/26)	16 (11/29)
17_12	62	100 (12/20)	12 (12/15)	61	100 (12/21)	11 (12/15)	62	100 (12/24)	12 (12/15)	64	99 (12/24)	13 (12/15)
4/4분기	65	100 (11/24)	12 (12/15)	68	100 (10/ 2)	11 (12/15)	67	100 (11/ 6)	12 (12/15)	69	99 (12/24)	13 (12/15)
년	65	100 (17_11)	10 (17_04)	67	100 (17_06)	10 (17_04)	68	100 (17_01)	12 (17_12)	67	100 (17_12)	10 (17_03)

표 3-7. 일사, 기압, 강우, 시정의 연간 통계값
(Annual statistics of solar radiation, pressure, precipitation and visibility)

월	일사량 (MJ/m^2)	최대일사율 (W/m^2)(월/일)	기 압 (hPa)			강 우 (mm)			시 정 (km)		안개 발생시간
			평균	최고(월/일)	최저(월/일)	합계	10분최다(월/일)	1시간최다 (월/일)	평균	최저(월/일)	
17_01	193.3	711.9 (1/24)	1009.7	1020.7 (1/25)	996.0 (1/ 8)	18.3	0.4 (1/20)	1.6 (1/20)	12.0	0.1 (1/ 1)	18.7
17_02	305.4	789.9 (2/16)	1007.7	1018.4 (2/14)	991.5 (2/20)	36.9	2.2 (2/20)	6.2 (2/20)	14.0	0.1 (2/14)	10.2
17_03	432.0	883.7 (3/ 7)	1004.2	1012.7 (3/19)	995.5 (3/ 2)	11.0	2.0 (3/27)	2.4 (3/27)	12.6	0.5 (3/28)	3.5
1/4분기	930.7	883.7 (3/ 7)	1007.2	1020.7 (1/25)	991.5 (2/20)	66.2	2.2 (2/20)	6.2 (2/20)	12.8	0.1 (1/ 1)	32.3
17_04	468.9	976.3 (4/22)	998.3	1011.0 (4/ 4)	980.4 (4/18)	77.6	1.5 (4/17)	5.8 (4/17)	13.3	0.2 (4/21)	9.7
17_05	524.2	1056.2 (5/26)	997.9	1008.3 (5/ 2)	985.8 (5/31)	23.5	2.5 (5/24)	4.7 (5/24)	13.9	0.4 (5/24)	3.5
17_06	504.8	991.7 (6/ 8)	994.2	1002.4 (6/ 5)	983.2 (6/ 1)	39.7	3.8 (6/27)	6.9 (6/27)	13.5	0.2 (6/25)	15.5
2/4분기	1497.8	1056.2 (5/26)	996.8	1011.0 (4/ 4)	980.4 (4/18)	140.8	3.8 (6/27)	6.9 (6/27)	13.6	0.2 (4/21)	28.7
17_07	327.4	953.1 (7/13)	993.7	999.9 (7/16)	986.4 (7/10)	394.0	13.4 (7/ 8)	45.7 (7/ 8)	10.5	0.2 (7/25)	19.0
17_08	366.6	941.3 (8/ 2)	993.5	1002.5 (8/27)	982.4 (8/ 9)	290.0	13.2 (8/24)	31.6 (8/24)	13.4	0.5 (8/ 9)	9.0
17_09	345.8	897.4 (9/ 1)	998.6	1009.4 (9/30)	989.1 (9/17)	123.5	9.2 (9/11)	32.3 (9/11)	12.5	0.3 (9/11)	29.7
3/4분기	1039.8	953.1 (7/13)	995.2	1009.4 (9/30)	982.4 (8/ 9)	807.5	13.4 (7/ 8)	45.7 (7/ 8)	12.1	0.2 (7/25)	57.7
17_10	235.3	779.1 (10/ 4)	1005.8	1013.3 (10/16)	994.3 (10/ 2)	21.6	1.2 (10/ 1)	3.6 (10/ 1)	14.4	0.1 (10/13)	3.7
17_11	151.8	580.4 (11/18)	1007.6	1016.1 (11/ 5)	996.4 (11/10)	13.7	1.7 (11/10)	3.0 (11/10)	13.2	0.1 (11/27)	11.2
17_12	157.2	534.7 (12/ 1)	1010.0	1017.3 (12/21)	991.3 (12/24)	30.3	2.0 (12/24)	7.6 (12/24)	13.6	0.2 (12/24)	12.8
4/4분기	544.3	779.1 (10/ 4)	1007.8	1017.3 (12/21)	991.3 (12/24)	65.6	2.0 (12/24)	7.6 (12/24)	13.8	0.1 (10/13)	27.7
년	4012.6	1056.2 (17_05)	1001.7	1020.7 (17_01)	980.4 (17_04)	1080.1	13.4 (17_07)	45.7 (17_07)	13.1	0.1 (17_01)	146.3

표 3-8. 풍향, 풍속, 대기안정도별 발생빈도 (Joint frequency distributions)

통계기간 : 2017/01부터 2017/12까지, 관측높이 : 지상 67m

관측횟수 : 52,514 (99.91 %), 결측횟수 : 46 (0.09 %), 합 계 : 52,560

Joint Frequency Distribution of Wind Speed and Direction in Fractions(For Xoqdoq): Atmospheric Stability Class All

U (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
Calm																	0.55
0.22~ 0.50	0.17	0.26	0.29	0.42	0.53	0.54	0.48	0.49	0.41	0.42	0.41	0.32	0.19	0.15	0.14	0.18	5.39
0.51~ 0.75	0.28	0.42	0.50	0.69	0.82	0.74	0.53	0.39	0.46	0.53	0.62	0.46	0.27	0.15	0.18	0.18	7.20
0.76~ 1.00	0.39	0.44	0.46	0.80	0.85	0.80	0.49	0.34	0.37	0.55	0.83	0.61	0.25	0.18	0.21	0.30	7.84
1.01~ 1.50	0.98	0.88	0.83	1.28	1.44	1.14	0.60	0.44	0.45	1.00	2.24	1.50	0.58	0.46	0.59	0.78	15.17
1.51~ 2.00	1.22	0.80	0.53	0.84	0.93	0.61	0.33	0.23	0.25	0.86	2.59	1.74	0.73	0.65	0.77	1.25	14.31
2.01~ 3.00	2.31	1.21	0.57	0.86	1.17	0.95	0.33	0.23	0.21	1.26	3.11	2.83	1.89	1.37	1.55	2.69	22.55
3.01~ 5.00	1.59	0.82	0.20	0.29	1.30	1.01	0.18	0.02	0.04	0.79	2.37	2.26	2.84	1.46	1.57	3.51	20.25
5.01~ 7.00	0.15	0.08	0.01	0.02	0.24	0.26	0.02	0.00	-	0.18	1.29	0.72	0.82	0.19	0.34	1.01	5.33
7.01~10.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	-	-	0.03	0.68	0.27	0.10	0.01	0.03	0.09	1.31
10.01~13.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.01	0.00	-	-	-	0.10
13.01~18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.00
18.00<	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	7.10	4.91	3.38	5.21	7.33	6.09	2.95	2.13	2.18	5.61	14.20	10.70	7.67	4.63	5.38	9.97	100.00

Joint Frequency Distribution of Stability and Direction in Fractions

Stab	Calm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
A	0.00	1.08	1.06	0.55	0.68	1.32	1.27	0.70	0.32	0.30	0.59	1.85	1.76	1.33	0.59	1.26	1.85	16.52
B	-	0.43	0.23	0.09	0.15	0.33	0.36	0.12	0.11	0.08	0.21	0.50	0.37	0.41	0.25	0.34	0.69	4.68
C	0.00	0.39	0.26	0.11	0.12	0.26	0.30	0.14	0.08	0.06	0.18	0.53	0.38	0.38	0.35	0.42	0.65	4.62
D	0.05	1.83	0.96	0.46	0.63	1.37	1.28	0.62	0.50	0.36	1.09	3.02	1.96	2.16	1.30	1.45	2.59	21.61
E	0.21	2.08	1.33	1.01	1.85	2.37	1.69	0.80	0.69	0.79	1.97	4.75	3.62	2.59	1.60	1.31	2.90	31.56
F	0.23	0.98	0.81	0.91	1.47	1.47	1.09	0.52	0.39	0.51	1.31	3.00	2.31	0.69	0.45	0.52	1.10	17.73
G	0.05	0.31	0.25	0.26	0.32	0.20	0.11	0.05	0.05	0.08	0.26	0.55	0.30	0.11	0.09	0.08	0.19	3.28
Total	0.55	7.10	4.91	3.38	5.21	7.33	6.09	2.95	2.13	2.18	5.61	14.20	10.70	7.67	4.63	5.38	9.97	100.00

통계기간 : 2017/01부터 2017/12까지, 관측높이 : 지상 27m

관측횟수 : 52,512 (99.91 %), 결측횟수 : 48 (0.09 %), 합 계 : 52,560

Joint Frequency Distribution of Wind Speed and Direction in Fractions(For Xoqdoq): Atmospheric Stability Class All

U (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
Calm																	1.71
0.22~ 0.50	0.74	0.81	0.88	0.82	0.87	0.77	0.62	0.67	0.75	0.84	0.85	0.86	0.59	0.43	0.49	0.62	11.60
0.51~ 0.75	0.98	0.91	0.81	0.71	0.73	0.63	0.53	0.42	0.46	0.47	0.81	1.01	0.66	0.41	0.34	0.59	10.49
0.76~ 1.00	0.89	0.90	0.60	0.63	0.60	0.62	0.44	0.37	0.37	0.44	0.77	1.21	0.59	0.35	0.40	0.59	9.77
1.01~ 1.50	1.69	1.21	0.75	0.81	0.88	0.92	0.53	0.44	0.42	0.66	1.87	2.85	1.27	0.84	0.91	1.44	17.48
1.51~ 2.00	1.60	0.98	0.65	0.63	0.68	0.54	0.28	0.19	0.18	0.58	1.79	2.90	1.43	1.01	1.06	1.73	16.23
2.01~ 3.00	2.13	1.06	0.76	0.56	1.02	0.58	0.21	0.11	0.08	0.62	2.26	3.11	2.40	1.38	1.24	2.69	20.22
3.01~ 5.00	0.96	0.40	0.23	0.16	0.83	0.46	0.08	-	0.01	0.28	1.98	1.47	1.51	0.47	0.53	1.70	11.05
5.01~ 7.00	0.03	0.01	0.00	0.02	0.10	0.04	0.01	-	-	0.02	0.59	0.30	0.10	0.01	0.01	0.11	1.35
7.01~10.00	-	-	-	-	0.00	-	-	-	-	-	0.08	0.02	0.00	-	-	-	0.10
10.01~13.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.01~18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.00<	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	9.02	6.28	4.68	4.33	5.71	4.56	2.70	2.20	2.28	3.90	11.00	13.73	8.55	4.90	4.98	9.48	100.00

Joint Frequency Distribution of Stability and Direction in Fractions

Stab	Calm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
A	0.03	1.14	0.95	1.05	0.85	1.20	1.23	0.73	0.49	0.43	0.71	1.67	1.65	1.15	0.49	0.89	1.85	16.52
B	0.02	0.53	0.25	0.19	0.22	0.33	0.29	0.13	0.11	0.09	0.22	0.46	0.42	0.35	0.23	0.30	0.54	4.68
C	0.01	0.45	0.26	0.22	0.13	0.26	0.26	0.13	0.12	0.09	0.14	0.48	0.39	0.39	0.34	0.42	0.54	4.62
D	0.10	2.10	1.16	0.60	0.70	1.34	0.99	0.65	0.52	0.46	0.88	2.69	2.40	2.15	1.43	1.34	2.11	21.61
E	0.60	2.72	1.82	1.28	1.35	1.72	1.25	0.72	0.57	0.71	1.13	3.63	5.04	3.22	1.81	1.36	2.62	31.56
F	0.78	1.67	1.56	1.16	0.96	0.78	0.46	0.27	0.32	0.40	0.65	1.74	3.36	1.13	0.51	0.51	1.48	17.73
G	0.17	0.41	0.28	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.10	0.17	0.32	0.46	0.15	0.09	0.15	0.35	3.28
Total	1.71	9.02	6.28	4.68	4.33	5.71	4.56	2.70	2.20	2.28	3.90	11.00	13.73	8.55	4.90	4.98	9.48	100.00

통계기간 : 2017/01부터 2017/12까지, 관측높이 : 지상 10m

관측횟수 : 52,515 (99.91 %), 결측횟수 : 45 (0.09 %), 합 계 : 52,560

Joint Frequency Distribution of Wind Speed and Direction in Fractions(For Xoqdoq): Atmospheric Stability Class All

U (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
Calm																	6.36
0.22~ 0.50	3.12	2.13	1.53	1.09	0.85	0.78	0.73	0.86	0.92	1.13	1.88	2.80	3.71	3.95	3.75	3.50	32.74
0.51~ 0.75	1.83	1.52	1.15	0.97	0.99	0.73	0.61	0.59	0.64	0.96	1.62	2.10	2.23	1.41	1.33	1.46	20.11
0.76~ 1.00	1.29	1.32	0.89	1.02	0.86	0.53	0.33	0.34	0.38	0.85	1.49	1.38	1.14	0.91	0.79	0.79	14.32
1.01~ 1.50	1.65	1.45	0.94	1.23	0.97	0.29	0.17	0.13	0.31	1.30	2.34	1.35	0.98	0.95	0.79	1.05	15.90
1.51~ 2.00	0.84	0.54	0.31	0.30	0.29	0.07	0.02	0.01	0.04	0.65	1.43	0.62	0.38	0.18	0.22	0.52	6.42
2.01~ 3.00	0.48	0.13	0.06	0.12	0.09	0.00	0.01	0.01	0.04	0.49	1.35	0.39	0.09	0.03	0.05	0.21	3.54
3.01~ 5.00	0.02	-	-	0.01	0.00	-	-	-	0.05	0.13	0.34	0.04	-	-	-	0.01	0.59
5.01~ 7.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.00	0.01	-	-	-	-	-	0.02
7.01~10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.01~13.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.01~18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.00<	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	9.23	7.09	4.87	4.73	4.06	2.40	1.86	1.93	2.38	5.51	10.46	8.68	8.53	7.42	6.93	7.55	100.00

Joint Frequency Distribution of Stability and Direction in Fractions

Stab	Calm	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
A	0.09	1.65	1.41	1.26	1.38	1.22	0.75	0.63	0.63	0.71	1.31	1.99	1.24	0.60	0.34	0.38	0.92	16.52
B	0.05	0.53	0.44	0.29	0.31	0.39	0.18	0.09	0.11	0.15	0.38	0.51	0.29	0.25	0.18	0.18	0.34	4.68
C	0.02	0.52	0.39	0.27	0.27	0.25	0.17	0.10	0.14	0.15	0.31	0.51	0.27	0.25	0.32	0.34	0.35	4.62
D	0.39	1.99	1.79	1.04	1.12	1.08	0.61	0.52	0.52	0.60	1.70	3.06	1.56	1.50	1.39	1.34	1.40	21.61
E	2.28	2.55	1.94	1.33	1.24	0.84	0.53	0.38	0.39	0.62	1.54	3.48	3.43	3.42	2.72	2.42	2.43	31.56
F	2.68	1.73	0.96	0.57	0.36	0.23	0.13	0.11	0.12	0.13	0.23	0.80	1.72	2.25	2.02	1.88	1.81	17.73
G	0.83	0.25	0.17	0.12	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.12	0.17	0.28	0.45	0.39	0.30	3.28
Total	6.36	9.23	7.09	4.87	4.73	4.06	2.40	1.86	1.93	2.38	5.51	10.46	8.68	8.53	7.42	6.93	7.55	100.00

4. 주민선량평가

가. 개요

본 장에서는 한국원자력연구원 운영시설을 포함하여 대덕부지에 위치한 원자력관련시설의 운영으로 인한 부지 주변 주민이 받게 되는 종합적 피폭선량 계산결과를 수록하였다. 대기확산인자 및 침적인자는 미국 원자력규제위원회의 규제지침 1.111에 근거하여 개발된 전산프로그램 XOQDOQ를 사용하여 평가하였다. 동 프로그램에서 기상자료는 실측값 그대로가 아닌 대기안정도에 따른 풍향과 풍속의 발현빈도가 사용된다. 정온상태(0.22 m/sec 이하)는 첫 번째 풍속등급(0.23~0.50 m/sec)의 풍향의 빈도에 따라 분포시키고 정온상태와 첫 번째 풍속등급의 빈도의 합이 대기확산인자와 침적인자를 평가하기 위한 새로운 첫 번째 풍속등급(0~0.50 m/sec)으로 설정하였다. 기체상 및 액체상 배출물에 의한 주민선량평가는 미국 원자력규제위원회의 규제지침 1.109에 근거하여 개발된 전산프로그램 GASDOS와 LIQDOS를 한국원자력연구원에서 국내 또는 부지 특성에 맞게 수정·보완한 ENDOS-G와 ENDOS-L을 사용하였다. 대덕 원자력부지에 위치한 주민선량 평가대상시설은 다음과 같다.

① 하나로, 조사후시험시설, 방사성폐기물처리시설, 고화폐기물시험시설, 자연증발시설, 연구로용연료가공시설, 가연성폐기물처리시설 (한국원자력연구원 운영)
② 원전연료가공시설 및 열분해시설 (한전원자력연료 운영)
③ RI폐기물관리시설

나. 방사성물질의 환경배출

(1) 환경배출기준치

기체상 및 액체상 배출물에 대한 기준치는 [표 4-1]과 같이 원자력안전위원회고시 제2017-36호 “방사선방호 등에 관한 기준”, 제16조(환경상의 위해방지)에 제시되어 있다.

표 4-1. 환경상의 위해 방지를 위한 기준치

구분	항목	시설당 기준치	부지당 기준치	비고
기체	감마선에 의한 공기의 흡수선량	0.1 mGy/yr	◦유효선량 0.25 mSv/yr ◦갑상선등가선량 0.75 mSv/yr	◦일반인 선량한도 1mSv/yr
	베타선에 의한 공기의 흡수선량	0.2 mGy/yr		
	외부피폭에 의한 유효선량	0.05 mSv/yr		
	외부피폭에 의한 피부등가 선량	0.15 mSv/yr		
	입자상 방사성물질, H-3, C-14 및 방사성 옥소에 의한 장기 등가선량	0.15 mSv/yr		
액체	유효선량	0.03 mSv/yr		
	장기 등가선량	0.1 mSv/yr		

(2) 환경배출량

① 기체상 배출물

대덕 부지에 위치한 원자력관련시설의 2017년도 운영에 따른 기체상 방사성물질의 환경배출량을 표 4-2에 나타냈다. 하나로의 경우 배출유량 등 배출특성이 달라 굴뚝원 별로 배출량을 제시하였다.

② 액체상 배출물

대덕 부지에 위치한 원자력관련시설의 2017년도 운영에 따른 액체상 방사성물질의 환경배출량을 표 4-3에 나타냈다. 원전연료 가공시설의 액체상 배출물에서 극미량의 방사성핵종이 함유되어 환경으로 방류될 수 있으며, 그 외 시설에서 발생되는 모든 액체상 배출물은 자연증발시설에서 전량 증발 처리된다.

표 4-2. 기체상 방사성물질의 환경배출량

시 설 명			배출량 (Bq/yr)		배출유형
한국 원자력 연구원	하나로	원자로실 굴뚝	I-131 H-3	1.37E+05 7.19E+11	◦연속적 고공방출
		RCI 굴뚝	I-131 Br-82 Co-60 H-3	1.24E+02 3.91E+04 9.17E+02 1.42E+12	
		RIPF /IMEF 굴뚝	Kr-85 I-131 H-3	2.13E+11 4.96E+07 4.34E+11	
		보조굴뚝	I-131	2.87E+08	
		합계	Kr-85 I-131 Br-82 Co-60 H-3	2.13E+11 3.36E+08 3.91E+04 9.17E+02 2.57E+12	
한국원자력 연구원	조사후시험시설		Kr-85 Cs-137	1.49E+10 2.33E+04	◦연속적 고공방출
	방사성폐기물처리시설		Cs-137	9.12E+04	◦연속적 지표면방출
	자연증발시설		H-3	1.03E+08	◦연속적 지표면방출
	고화폐기물시험시설		-	핵종 미검출	◦연속적 지표면방출
	연구로용연료가공시설		-	핵종 미검출	◦연속적 고공방출
	가연성폐기물처리시설		-	핵종 미검출	◦연속적 지표면방출

표 4-2. 〈계속〉 기체상 방사성물질의 환경배출량

시설명			배출량 (Bq/yr)		비고
기타	한전 원자력 연료	핵연료1동	알파방사능 베타방사능	8.87E+04 2.77E+05	◦연속적 고공방출
		핵연료2동	알파방사능 베타방사능	3.13E+04 9.33E+04	◦연속적 혼합방출
		열분해시설	알파방사능 베타방사능	1.28E+02 4.50E+02	◦연속적 지표면방출
	한국 원자력 환경공단	RI 폐기물 관리시설	베타방사능	1.45E+04	◦연속적 지표면방출

(주1) 한전원자력연료의 경우 보수적 선량평가를 위해 알파방사능은 U-234, 베타방사능은 Th-234로 가정함
(주2) 한국원자력환경공단의 베타방사능은 H-3, C-14, Pm-147 핵종으로 가정함

표 4-3. 액체상 배출물의 환경배출량

시설명		배출량 (Bq/yr)		비고
한전원자력 연료	핵연료1동	알파방사능 베타방사능	3.13E+05 2.12E+06	-
	핵연료2동	알파방사능 베타방사능	1.83E+06 3.41E+06	-

(주) 보수적 선량평가를 위해 알파방사능은 U-234, 베타방사능은 Th-234로 가정함
(주) 기타 다른 시설로부터 발생되는 액체상배출물은 자연 증발시설에서 전량 증발처리

다. 주민선량 평가방법

(1) 인체 피폭경로

환경으로 배출된 기체상 및 액체상 배출물은 다양한 경로를 거쳐 최종적으로 인체에 대한 방사능 피폭영향을 주게 된다. 기체상 배출물에 의한 주민선량평가에서 고려되는 피폭경로는 다음과 같다.

◦방사성 플륨에 의한 외부피폭
◦오염 토양으로부터 외부피폭
◦오염 공기흡입에 의한 내부피폭
◦오염 음식물 섭취에 의한 내부피폭

액체상 배출물에 의한 주민선량평가에서 고려되는 피폭경로는 다음과 같다.

◦관개 농작물 섭취에 따른 내부피폭
◦오염 식수섭취에 따른 내부피폭
◦오염 수생식품 섭취에 따른 내부피폭
◦강변 침적물에 의한 외부피폭
◦수영에 의한 외부피폭

(2) 대기확산

대기확산인자 및 침적인자는 2017년 1월부터 2017년 12월까지 1년간 한국원자력연구원에 위치한 74.5 m 높이 기상관측탑의 3개 측정고도 (10 m, 27 m, 67 m)에서 관측된 자료를 사용하여 평가하였다. XOQDOQ 프로그램을 사용하여 평가된, 주변 주요 지역에서의 대기확산인자 및 침적인자를 표 4-4에 나타냈다. 아울러 최대피폭지점에서 대기확산인자 및 침적인자의 연도별 변화를 표 4-5에 나타냈다.

표 4-4. 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (하나로)

방위	거리 (km)	지역	배출원	χ/Q (sec/m^3)	$(\chi/Q)^D$ (sec/m^3)	$(\chi/Q)^{DD}$ (sec/m^3)	D/Q (1/m^2)
NE	0.8	최대 피폭 지점	원자로실 굴뚝	6.13E-06	6.12E-06	5.90E-06	2.02E-08
			RCI 굴뚝	8.54E-06	8.51E-06	7.92E-06	2.72E-08
			RIPF-IMEF 굴뚝	5.17E-06	5.16E-06	5.06E-06	1.53E-08
			보조굴뚝	1.87E-05	1.85E-05	1.70E-05	2.13E-08
NE	1.2	송강동	원자로실 굴뚝	4.10E-06	4.08E-06	3.92E-06	1.04E-08
			RCI 굴뚝	5.07E-06	5.04E-06	4.62E-06	1.40E-08
			RIPF-IMEF 굴뚝	3.66E-06	3.65E-06	3.57E-06	7.92E-09
			보조굴뚝	9.63E-06	9.51E-06	8.56E-06	1.10E-08
ESE	1.3	테크노 밸리	원자로실 굴뚝	9.92E-08	9.89E-08	9.74E-08	1.20E-09
			RCI 굴뚝	1.29E-07	1.29E-07	1.27E-07	1.22E-09
			RIPF-IMEF 굴뚝	8.79E-08	8.77E-08	8.63E-08	1.16E-09
			보조굴뚝	1.64E-05	1.61E-05	1.45E-05	7.35E-09
ENE	6	신탄진	원자로실 굴뚝	1.45E-07	1.41E-07	1.41E-07	2.23E-10
			RCI 굴뚝	1.65E-07	1.60E-07	1.60E-07	2.25E-10
			RIPF-IMEF 굴뚝	1.36E-07	1.33E-07	1.33E-07	2.23E-10
			보조굴뚝	1.21E-06	1.13E-06	9.19E-07	5.73E-10
WSW	8	유성 관광 단지	원자로실 굴뚝	2.42E-07	2.28E-07	1.98E-07	1.93E-10
			RCI 굴뚝	2.48E-07	2.34E-07	1.85E-07	1.96E-10
			RIPF-IMEF 굴뚝	2.38E-07	2.24E-07	2.06E-07	1.91E-10
			보조굴뚝	2.70E-07	2.46E-07	1.96E-07	1.83E-10
SSE	13	대전시 중심가	원자로실 굴뚝	3.82E-08	3.63E-08	3.60E-08	7.93E-11
			RCI 굴뚝	4.08E-08	3.86E-08	3.83E-08	7.99E-11
			RIPF-IMEF 굴뚝	3.70E-08	3.52E-08	3.49E-08	7.87E-11
			보조굴뚝	4.91E-07	4.14E-07	3.26E-07	1.32E-10

(주1) “최대 피폭지점”은 시설과 부지 최대피폭지점을 나타냄

(주2) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자

$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자

$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자

D/Q : 침적인자

표 4-4. 〈계속〉 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (한국원자력연구원 운영 기타 원자력관련시설)

방위	거리 (km)	지 역	시설명	χ/Q (sec/m^3)	$(\chi/Q)^D$ (sec/m^3)	$(\chi/Q)^{DD}$ (sec/m^3)	D/Q (1/m^2)
NE	0.8	시설최대 피폭지점	조사후시험시설	1.47E-05	1.46E-05	1.34E-05	2.16E-08
			연구로용연료가공시설	1.47E-05	1.46E-05	1.34E-05	2.16E-08
ESE	0.8	시설최대 피폭지점	방사성폐기물처리시설	3.98E-05	3.94E-05	3.63E-05	1.62E-08
			고화폐기물시험시설	3.98E-05	3.94E-05	3.63E-05	1.62E-08
			자연증발시설	3.98E-05	3.94E-05	3.63E-05	1.62E-08
			가연성폐기물처리시설	3.98E-05	3.94E-05	3.63E-05	1.62E-08
NE	0.8	부지최대 피폭지점	조사후시험시설	1.47E-05	1.46E-05	1.34E-05	2.16E-08
			연구로용연료가공시설	1.47E-05	1.46E-05	1.34E-05	2.16E-08
			방사성폐기물처리시설	2.01E-05	1.99E-05	1.83E-05	2.11E-08
			고화폐기물시험시설	2.01E-05	1.99E-05	1.83E-05	2.11E-08
			자연증발시설	2.01E-05	1.99E-05	1.83E-05	2.11E-08
NE	1.2	송강동	가연성폐기물처리시설	2.01E-05	1.99E-05	1.83E-05	2.11E-08
			조사후시험시설	7.29E-06	7.22E-06	6.48E-06	1.12E-08
			연구로용연료가공시설	7.26E-06	7.19E-06	6.46E-06	1.12E-08
			방사성폐기물처리시설	1.01E-05	9.99E-06	8.99E-06	1.10E-08
			고화폐기물시험시설	1.01E-05	9.99E-06	8.99E-06	1.10E-08
			자연증발시설	1.01E-05	9.99E-06	8.99E-06	1.10E-08
ESE	1.3	테크노 밸리	가연성폐기물처리시설	1.01E-05	9.99E-06	8.99E-06	1.10E-08
			조사후시험시설	5.80E-07	5.76E-07	5.70E-07	1.64E-09
			연구로용연료가공시설	5.69E-07	5.65E-07	5.59E-07	1.64E-09
			방사성폐기물처리시설	1.76E-05	1.73E-05	1.56E-05	7.35E-09
			고화폐기물시험시설	1.76E-05	1.73E-05	1.56E-05	7.35E-09
			자연증발시설	1.76E-05	1.73E-05	1.56E-05	7.35E-09
			가연성폐기물처리시설	1.76E-05	1.73E-05	1.56E-05	7.35E-09

표 4-4. 〈계속〉 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (한국원자력연구원 운영 기타 원자력관련시설)

방위	거리 (km)	지 역	시설명	χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	D/Q
				(sec/m^3)	(sec/m^3)	(sec/m^3)	(1/m^2)
ENE	6	신탄진	조사후시험시설	5.15E-07	4.95E-07	5.02E-07	3.16E-10
			연구로용연료가공시설	5.17E-07	4.97E-07	5.05E-07	3.17E-10
			방사성폐기물처리시설	1.23E-06	1.14E-06	9.31E-07	5.73E-10
			고화폐기물시험시설	1.23E-06	1.14E-06	9.31E-07	5.73E-10
			자연증발시설	1.23E-06	1.14E-06	9.31E-07	5.73E-10
			가연성폐기물처리시설	1.23E-06	1.14E-06	9.31E-07	5.73E-10
WSW	8	유성 관광 단지	조사후시험시설	2.80E-07	2.58E-07	2.05E-07	1.65E-10
			연구로용연료가공시설	2.80E-07	2.57E-07	2.05E-07	1.65E-10
			방사성폐기물처리시설	2.73E-07	2.48E-07	1.98E-07	1.83E-10
			고화폐기물시험시설	2.73E-07	2.48E-07	1.98E-07	1.83E-10
			자연증발시설	2.73E-07	2.48E-07	1.98E-07	1.83E-10
			가연성폐기물처리시설	2.73E-07	2.48E-07	1.98E-07	1.83E-10
SSE	13	대전시 중심가	조사후시험시설	9.95E-08	9.04E-08	9.44E-08	7.34E-11
			연구로용연료가공시설	9.95E-08	9.05E-08	9.45E-08	7.34E-11
			방사성폐기물처리시설	4.96E-07	4.18E-07	3.29E-07	1.32E-10
			고화폐기물시험시설	4.96E-07	4.18E-07	3.29E-07	1.32E-10
			자연증발시설	4.96E-07	4.18E-07	3.29E-07	1.32E-10
			가연성폐기물처리시설	4.96E-07	4.18E-07	3.29E-07	1.32E-10

(주) “부지 최대피폭지점”은 하나로 운영에 따른 최대 피폭지점과 동일

표 4-4. 〈계속〉 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (한전원자력연료 운영시설)

방 위	거 리 (km)	지 역	배출원	χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	D/Q
				(sec/m^3)	(sec/m^3)	(sec/m^3)	(1/m^2)
NE	0.8	시설최대 피폭지점	핵연료1동	1.32E-05	1.31E-05	1.20E-05	2.11E-08
			핵연료2동	1.90E-05	1.88E-05	1.73E-05	2.01E-08
ESE	0.8		열분해시설	3.61E-05	3.57E-05	3.29E-05	1.62E-08
NE	0.8	부지최대 피폭지점	핵연료1동	1.32E-05	1.31E-05	1.20E-05	2.11E-08
			핵연료2동	1.90E-05	1.88E-05	1.73E-05	2.01E-08
			열분해시설	1.89E-05	1.87E-05	1.72E-05	2.11E-08
NE	1.2	송강동	핵연료1동	6.82E-06	6.75E-06	6.08E-06	1.10E-08
			핵연료2동	9.49E-06	9.37E-06	8.45E-06	1.05E-08
			열분해시설	9.75E-06	9.63E-06	8.66E-06	1.10E-08
ESE	1.3	테크노 밸리	핵연료1동	2.79E-07	2.78E-07	2.76E-07	1.20E-09
			핵연료2동	2.67E-06	2.63E-06	2.64E-06	1.32E-09
			열분해시설	1.67E-05	1.64E-05	1.47E-05	7.35E-09
ENE	6	신탄진	핵연료1동	3.95E-07	3.81E-07	3.86E-07	2.69E-10
			핵연료2동	8.62E-07	8.05E-07	8.36E-07	2.35E-10
			열분해시설	1.21E-06	1.13E-06	9.22E-07	5.73E-10
WSW	8	유성 관광 단지	핵연료1동	2.78E-07	2.55E-07	2.03E-07	1.62E-10
			핵연료2동	2.68E-07	2.44E-07	1.98E-07	1.81E-10
			열분해시설	2.71E-07	2.46E-07	1.97E-07	1.83E-10
SSE	13	대전시 중심가	핵연료1동	8.15E-08	7.45E-08	7.74E-08	6.95E-11
			핵연료2동	3.14E-07	2.66E-07	2.95E-07	5.36E-11
			열분해시설	4.92E-07	4.15E-07	3.27E-07	1.32E-10

(주) “부지 최대피폭지점”은 하나로 운영에 따른 최대 피폭지점과 동일

KAERI

표 4-4. 〈계속〉 주요 지역에서 대기확산인자 및 침적인자 (한국원자력환경공단 운영시설)

방 위	거 리 (km)	지 역	χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	D/Q
			(sec/m^3)	(sec/m^3)	(sec/m^3)	(1/m^2)
ESE	0.8	시설최대 피폭지점	4.15E-05	4.11E-05	3.78E-05	1.62E-08
NE	0.8	부지최대 피폭지점	1.02E-05	2.04E-05	1.88E-05	2.11E-08
NE	1.2	송강동	1.03E-05	1.01E-05	9.12E-06	1.10E-08
ESE	1.3	관평동	1.80E-05	1.77E-05	1.59E-05	7.35E-09
ENE	6	신탄진	1.23E-06	1.15E-06	9.34E-07	5.73E-10
WSW	8	유성관광단지	2.73E-07	2.49E-07	1.98E-07	1.83E-10
SSE	13	대전시중심가	4.97E-07	4.19E-07	3.30E-07	1.32E-10

(주) “부지 최대피폭지점”은 하나로 운영에 따른 최대 피폭지점과 동일

KAERI

표 4-5. 최대 피폭지점의 대기확산인자 및 침적인자의 연도별 변화

시설명		인자	2015	2016	2017
하나로	원자로실 굴뚝	대기확산인자	8.02E-06	7.85E-06	6.13E-06
		침적인자	9.34E-09	9.64E-09	2.02E-08
	RCI 굴뚝	대기확산인자	8.17E-06	8.01E-06	8.54E-06
		침적인자	9.36E-09	9.66E-09	2.72E-08
	RIPF-IMEF 굴뚝	대기확산인자	7.97E-06	7.79E-06	5.17E-06
		침적인자	9.28E-09	9.56E-09	1.53E-08
	보조굴뚝	대기확산인자	1.13E-05	1.31E-05	1.87E-05
		침적인자	1.14E-08	1.30E-08	2.13E-08
조사후시험시설		대기확산인자	1.83E-05	1.50E-05	1.47E-05
		침적인자	2.13E-08	1.95E-08	2.16E-08
연구로용연료가공시설		대기확산인자	1.70E-05	1.50E-05	1.47E-05
		침적인자	2.01E-08	1.95E-08	2.16E-08
방사성폐기물처리시설		대기확산인자	3.77E-05	3.54E-05	3.98E-05
		침적인자	1.49E-08	1.68E-08	1.62E-08
자연증발시설		대기확산인자	3.77E-05	3.54E-05	3.98E-05
		침적인자	1.49E-08	1.68E-08	1.62E-08
고화폐기물시험시설		대기확산인자	3.77E-05	3.54E-05	3.98E-05
		침적인자	1.49E-08	1.68E-08	1.62E-08
가연성폐기물처리시설		대기확산인자	3.77E-05	3.54E-05	3.98E-05
		침적인자	1.49E-08	1.68E-08	1.62E-08
핵연료1동		대기확산인자	1.52E-05	1.35E-05	1.32E-05
		침적인자	1.97E-08	1.90E-08	2.11E-08
핵연료2동		대기확산인자	2.01E-05	2.06E-05	1.90E-05
		침적인자	1.60E-08	1.68E-08	2.01E-08
열분해시설		대기확산인자	3.40E-05	3.24E-05	3.61E-05
		침적인자	1.48E-08	1.68E-08	1.62E-08
RI 폐기물관리시설		대기확산인자	3.93E-05	3.67E-05	4.15E-05
		침적인자	1.48E-08	1.68E-08	1.62E-08

(주) 대기확산인자는 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 값으로 단위는 sec/m^3, 침적인자의 단위는 $1/m^2$ 임

라. 주민선량 평가결과

대덕 원자력시설의 건전한 관리 및 운영을 확인하기 위해 주변 주민에 대한 피폭선량을 평가하였다. [표 4-6]에 나타낸 바와 같이 각 원자력시설은 기준치 이하로 운영/관리되었음을 확인하였다. 대덕 부지에 위치한 모든 원자력시설의 운영으로 받게 되는 최대 피폭연령군(소아)에 대한 최대 피폭선량을 [표 4-7]에 나타냈으며, 부지당 기준치와 비교하여 유효선량의 경우 0.35%, 갑상선 등가선량의 경우 1.6%로 평가되었다. 이는 일반인에 대한 선량한도인 1 mSv/yr의 0.09% 정도에 불과하였다. 기체상 배출물로부터 소아의 유효선량에 대한 경로별 기여는 음식물 섭취에 의한 내부피폭이 73%, 호흡에 의한 내부피폭이 26%, 플륨에 의한 외부피폭과 지표침적에 의한 피폭영향은 상대적으로 무시 가능한 수준이었다. 액체상 배출물로부터 유효선량에 대한 기여는 관개로 인한 오염 농작물 섭취에 의한 영향이 56%, 수생식품에 의한 영향은 40%, 음용수는 약 4% 정도로 나타났으며, 침적물 및 수영 등에 의한 외부피폭 영향은 상대적으로 무시 가능하였다.

기체상 및 액체상 배출물로부터 최근 3년간 부지 최대피폭 개인에 대한 유효선량의 변화를 각각 [그림 4-1]과 [그림 4-2]에 나타냈다.

KAERI

표 4-6. 원자력시설당 설계기준치와의 비교 (mGy/yr 또는 mSv/yr)

항 목		연간 기준치*	한국원자력연구원 운영시설							
			하나로		조사후시험시설		방사성폐기물 처리시설		자연증발시설	
			실적치	%	실적치	%	실적치	%	실적치	%
기체	공기 중 감마 흡수선량	0.1	1.62E-07	1.62E-04	3.23E-08	3.23E-05	0	0	0	0
	공기 중 베타 흡수선량	0.2	1.84E-05	9.20E-03	3.67E-06	1.84E-03	0	0	0	0
	유효선량**	0.05	1.85E-07	3.70E-04	3.69E-08	7.38E-05	0	0	0	0
	피부 등가선량**	0.15	1.02E-05	6.80E-03	2.03E-06	1.35E-03	0	0	0	0
	장기 등가선량***	0.15	1.20E-02	7.99	9.05E-08	6.00E-05	2.69E-07	1.79E-04	9.09E-08	6.06E-05
액체	유효 선량	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
	장기 등가선량	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-

*기준치는 시설당 기준치임
**불활성기체에 의한 외부피폭선량
***입자상 배출물에 의한 최대 피폭장기에 대한 등가선량
"-"는 해당없음을 나타냄

KAERI

표 4-6. 〈계속〉 원자력시설당 설계기준치와의 비교

항 목		연간 기준치*	한국원자력연구원 운영시설					
			연구로용연료 가공시설		고화폐기물 시험시설		가연성폐기물 처리시설	
			실적치	%	실적치	%	실적치	%
기체	공기 중 감마 흡수선량	0.1	0	0	0	0	0	0
	공기 중 베타 흡수선량	0.2	0	0	0	0	0	0
	유효선량**	0.05	0	0	0	0	0	0
	피부 등가선량**	0.15	0	0	0	0	0	0
	장기 등가선량***	0.15	0	0	0	0	0	0
액체	유효 선량	0.03	-	-	-	-	-	-
	장기 등가선량	0.1	-	-	-	-	-	-

*기준치는 시설당 기준치임
**불활성기체에 의한 외부피폭선량
***입자상 배출물에 의한 최대 피폭장기에 대한 등가선량
"-"는 해당없음을 나타냄

표 4-6. 〈계속〉 원자력시설당 설계기준치와의 비교

항 목		연간 기준치*	한전원자력연료 운영시설					
			핵연료1동		핵연료2동		열분해시설	
			실적치	%	실적치	%	실적치	%
기체	공기 중 감마 흡수선량	0.1	0	0	0	0	0	0
	공기 중 베타 흡수선량	0.2	0	0	0	0	0	0
	유효선량**	0.05	0	0	0	0	0	0
	피부 등가선량**	0.15	0	0	0	0	0	0
	장기 등가선량***	0.15	3.91E-05	2.61E-02	1.36E-05	9.07E-03	5.19E-08	3.46E-05
액체	유효 선량	0.03	2.43E-07	8.10E-04	6.43E-07	2.14E-03	-	-
	장기 등가선량	0.1	2.46E-06	2.46E-03	1.44E-05	1.44E-02	-	-

*기준치는 시설당 기준치임
**불활성기체에 의한 외부피폭선량
***입자상 배출물에 의한 최대 피폭장기에 대한 등가선량
"-"는 해당없음을 나타냄

표 4-6. 〈계속〉 원자력시설당 설계기준치와의 비교

항 목		연간기준치*	한국원자력환경공단	
			RI폐기물관리시설	
			실적치	%
기체	공기 중 감마 흡수선량	0.1	0	0
	공기 중 베타 흡수선량	0.2	0	0
	유효선량**	0.05	0	0
	피부등가선량**	0.15	0	0
	장기등가선량***	0.15	3.60E-09	2.40E-06
액체	유효선량	0.03	-	-
	장기등가선량	0.1	-	-

*기준치는 시설당 기준치임
**불활성기체에 의한 외부피폭선량
***입자상 배출물에 의한 최대 피폭장기에 대한 등가선량
"-"는 해당없음을 나타냄

표 4-7. 부지당 기준치와의 비교 (mSv/yr)

피폭장기	기준치	피폭선량		기준치 대비 (%)
유 효	0.25	기체	8.78E-04	0.35
		액체	8.86E-07	
		합계	8.78E-04	
갑상선	0.75	기체	1.20E-02	1.6
		액체	2.08E-07	
		합계	1.20E-02	

부지로부터 반경 80 km 내 주민에 대한 집단선량은 자연방사선으로부터 받게 되는 피폭선량과 비교하였다. 자연방사능으로부터 받게 되는 집단선량은 자연방사능으로부터 받게 되는 개인선량에 부지로부터 반경 80 km 내 인구수 (약 7,167,000명)를 곱하여 추산하였다. 계산결과 대덕 원자력시설의 운영으로 받게 되는 집단에 대한 유효선량은 [표 4-8]에 나타낸 바와 같이 자연방사능으로부터 받게 되는 선량의 7.49 x 10^{-5}% 정도로 평가되었다. 따라서 대덕 원자력 관련시설의 2017년도 운영으로 주변 주민이 받게 되는 방사선에 의한 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

표 4-8. 집단선량과 자연방사선과의 비교

1. 1인당 연간 평균 자연 방사선에 의한 피폭선량 (Sv/yr)		2.40E-03
2. 자연방사선에 의한 연간 집단선량 (man-Sv/yr)		1.72E+04
3. 대덕 원자력시설의 운영에 의한 집단선량 (man-Sv/yr)	기체상 배출물	1.16E-02
	액체상 배출물	7.40E-04
	합계	1.29E-02
4. 자연방사선에 의한 집단선량 대비 (%)		7.50E-05

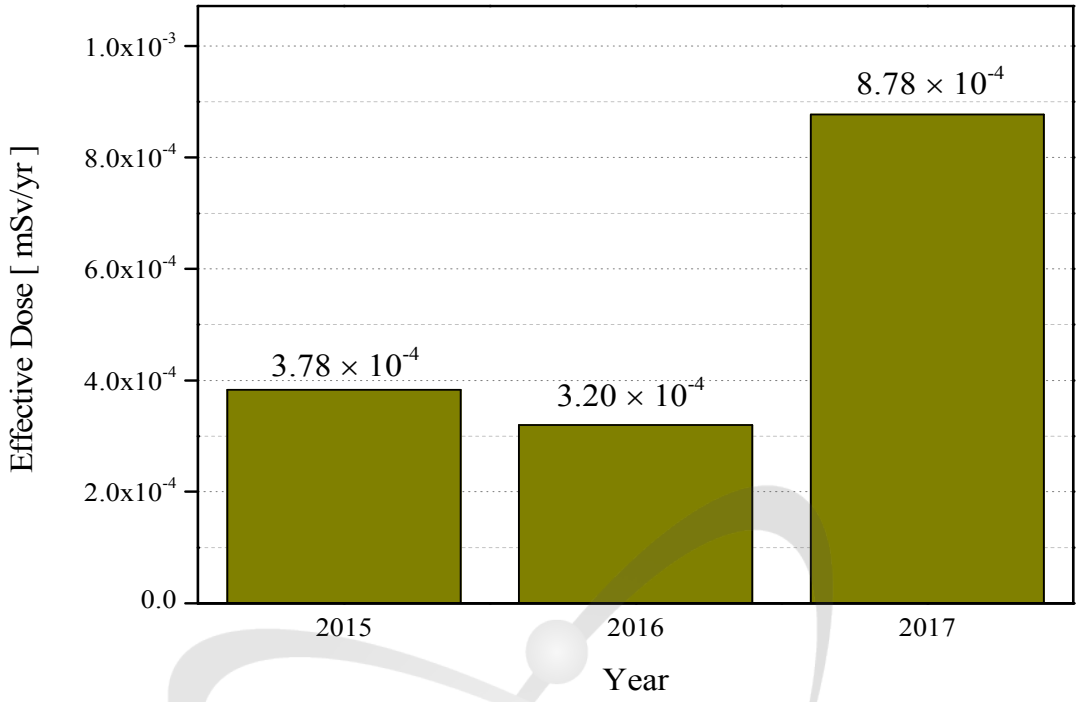


그림 4-1. 최근 3년간 기체상 배출물에 의한 부지 최대 피폭연령군의 유효선량

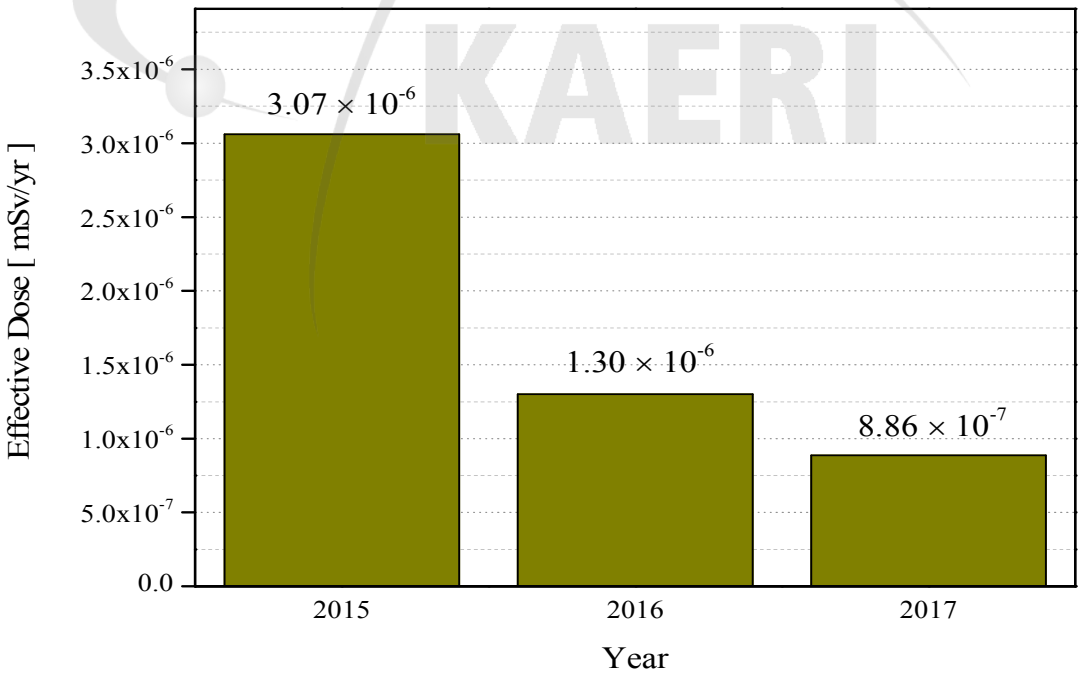


그림 4-2. 최근 3년간 액체상 배출물에 의한 부지 최대 피폭연령군의 유효선량

제3장

결 론

제1절 대덕원자력이용시설 주변
제2절 서울 연구용원자로시설 주변
제3절 주민선량평가
제4절 결 론

KAERI

KAERI

3 결 론

제1절 대덕 원자력이용시설 주변

대덕 원자력이용시설 주변에 대한 환경방사선 감시 결과는 예년의 자료와 비교해 보았을 때 전반적으로 이상 변동은 보이지 않는 것으로 나타났다.

공간감마선량률의 조사는 4월1일을 기점으로 골프장북쪽을 구즉도서관 지점으로, 제3연구동을 제6연구동 지점으로 변경하였다. 그리고 북쪽 방향에 구룡동 지점을 추가하여 부지내 5개 지점, 주변지역 2개 지점, 비교지점을 운영하였다. 변경되고 추가된 지점의 연평균은 제6연구동 지점이 102 nGy/h, 구즉도서관 지점이 117 nGy/h, 구룡동 지점이 101 nGy/h으로 측정되었으며 나머지 지점들의 공간감마선량률은 2016년도와 거의 유사한 수준을 나타내었다. 집적선량의 경우는 가연물처리시설서쪽 지점에서는 3/4분기에 3,240 μGy/분기로 평상시변동범위의 5배가 넘게 측정되어 방사능 일시증가 보고를 하였다. 환경방사능 조사 대상 시료에 대한 전베타 방사능 분석결과를 살펴보면, 낙진, 지표수의 경우는 조사 지점, 조사 시기에 따른 특이한 경향성은 없고 비교적 일정한 분석 결과 값을 나타내고 있다. 공기 중 미립자와 빗물의 전베타 방사능은 동절기가 하절기보다는 다소 높은 경향을 나타내었다. 조사 대상 시료에 대한 삼중수소 분석결과를 살펴보면 공기 중 수분의 경우는 평상시 변동범위 내였다. 감마동위원소 분석결과를 살펴보면 솔잎, 농산물 및 축산물 시료에서는 자연 방사성핵종인 ^{40}K 또는 ^{7}Be이 전년도 준위로 나타났으며 그 외의 인공 방사성핵종 모두는 MDA 이하였다. 표층토양에서는 ^{137}Cs이 일부 검출되었으며 검출된 ^{137}Cs의 방사능 준위는 1960 ~ 1970년대에 실시된 대기권 핵실험에 의한 전 지구적인 오염에 의한 수준의 것으로 판단된다. 지하수에서는 모든 핵종이 MDA 이하였고 지표수에서는 인공 방사성핵종 모두 MDA 이하였다.

앞에서 살펴본 것처럼 2017년도 대덕 원자력시설 주변에 대한 환경감시 결과를 종합하여 볼 때 대덕 원자력이용시설의 운영으로 인한 주변 환경의 변화는 없는 것으로 판단된다.

제2절 서울 연구용원자로시설 주변

TRIGA 연구용원자로시설 부지내 및 주변지역에 대한 공간감마선량률 조사결과는 예년과 비슷한 준위를 보이고 있다. 1호기(MW) 건물 주변의 공간감마선량률이 안정한 준위로 측정되었고, 특이한 변동 사항은 발견되지 않았다.

조사 대상 시료에 대한 방사능 분석결과를 살펴보면, 공기 중 미립자의 전베타 방사능 분석치는 습한 하절기 보다 건조한 동절기가 다소 높게 검출되었다. 공기 중 미립자에 대한 감마동위원소의 분석 결과를 살펴보면, 자연 방사성핵종인 ^{7}Be 이 검출되었고, 그 외 조사 대상핵종은 모두 MDA 이하의 값이였다. 그리고 지하수 시료에서도 조사 대상 핵종 모두가 MDA 이하로 나타났다. 표층토양 시료에서는 자연 방사성핵종인 ^{40}K과 함께 ^{137}Cs이 일부 검출되었으나 평상시변동범위 이내였다. 지표수 시료에서는 비교지점인 광운대학교 지점에서 ^{131}I가 미량 검출되었으나 평상시변동범위 이내였으며, 이는 방사성옥소 투여환자에 기인하는 것으로 판단된다.

본 조사 기간 동안의 환경방사선/능 조사 자료를 검토·분석한 결과 TRIGA 연구용원자로시설로 인한 부지주변 환경에 대한 영향은 발견되지 않았다.

제3절 주민선량평가

원자력이용시설 운영으로 주변 주민에 대한 최대 유효선량은 0.000878 mSv/yr로 평가되었으며, 이는 일반인에 대한 법적선량한도 (1 mSv/yr) 및 부지 기준치 (0.25 mSv/yr) 보다 훨씬 낮은 값으로 주변 주민의 방사선에 의한 영향 거의 없는 것으로 판단된다.

제4절 결 론

원자력이용시설의 운영으로 인한 주변 환경변화 여부와 예기치 않은 방사성 물질의 배출에 의한 주변 환경변화의 영향을 판단할 수 있는 기초 자료의 확보와 평가능력 제고를 위한 본 조사 자료를 살펴본 결과, 대덕 및 서울 원자력이용시설 부지 주변의 방사선/방사능 환경변화는 없는 것으로 판단된다. 그리고 원자력이용시설 주변지역에 대한 환경방사선 감시는 신속하고 지속적으로 이루어져서 원자력시설에 대한 환경안정성 확보는 물론 원자력에 대한 올바른 이해와 불안감 해소 및 주변지역 주민의 보건과 대국민홍보에도 기여할 것으로 기대된다.

제4장

참고문헌

KAERI

KAERI

4 참고문헌

[1] 원자력시설주변 환경방사선평가(2016보),한국원자력연구원, KAERI/RR-4204/2016

[2] Huthrie, J. E. and W. E. Grummit : Manual for low Activity Environmental Analysis AECL-1745,(1963)

[3] Volchok H. L. and G. de Planque, Ed. : EML Procedures Manual, HASL-300(1982) (1982), U. S. DOE.

[4] Beck, H. L. et al.: New Perspectives on Environmental Radiation Monitering around Nuclear Facilities. Trans. Amer. Nucl. Soci., 14(2), 464(1971).

[5] NCRP : Environmental Radiation Measurements (1976), NCRP Report No. 50.

[6] Watt D. E. and D. Ramsden : High Sensitivity Counting Techniques. Pergamon Press (1964).

[7] Becker, K.: Environmental Monitering with TLD. Nucl. Instr. Neth., 104, 405 (1972).

[8] Decampo, J. A., et al. : High Pressure Argon Ionization Chamber Systems for the Measurement of Environmental Radiation Exposure Rates HASL-260 (1970).

[9] Reuter Stokes : Manual of Environmental Radiation monitor, RSS-111AC, Reuter Stokes

[10] Burgess P. H. and D. F. White : A Comparison of Collimated and Free Air Radiation Source in the Calibration of Radiation Protection Instruments, Rad. Prot. Dosimetry, 2, 33-38, (1982).

[11] IAEA : Handbook on Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Tech. Report, No.133,(1971), IAEA.

[12] Lederer, C.M. et. al. : Table of Isotopes,(6th Ed.), John Wiley and Son (1976).

[13] IAEA : Methods of low-level Counting and Spectrometry, Proceeding Series, IAEA Vienna, (1981).

[14] Burke G.P.: Variation in Natural Environmental Gamma Radiation and its Effects on the Interpretabillity of TLD Measurements made near Nuclear Facilities, HASL-289 (1975).

[15] AMANO. H and A. KASAI : Concentration of ^{7}Be in the lower Atmosphere and Fall out Rate in TOKAI,J. Hoken Butsuri, 16, 99(1981).

[16] 이현덕등, 환경방사선능조사, Vol. 16,(1984) KAERI/MR-83/84, 과학기술처

[17] 이현덕등, 환경방사선능조사, Vol. 17,(1985) KAERI/MR-101/85, 과학기술처

[18] 핵연료 가공시설 가동중 환경감시 보고서, 한국핵연료주식회사(1992)

[19] 알파 방사능 분석법, 방사능 분석 시리즈 1, 소화 51년, 일본 과학기술청

[20] 우라늄 분석법, 방사능 분석 시리즈 14, 소화 57년, 일본 과학기술청

[21] 가동중 원자력 발전소 주변 환경방사선/능 조사 보고서, KAERI/NSC-34/89, 한국원자력연구소 부설 원자력 안전센타(1989)

[22] IAEA : Intercomparison Procedures in the Dosimetry of Protect Radiation(1978), IAEA Tech. Report 182

[23] Burke,G.and De Planques, G. "Thermoluminescent Dosimetry : Environmental Monitoring near Nuclear Reactor Site ",IEEE Trans Nucl. Scien., NS-23(3), 1224-1226, (1976)

[24] Harley, J. H. Ed "EML Procedures Manual", HASL-300(1972,ed)
[25] Jagielak, J. et al “Problems in Calculating Instruments for Environmental Gamma Exposure Dose Measurements, IAEA-SM-180/21, (1973) IAEA
[26] Pensko, J. “Natural Gamma Background Radiation in the Environments of Nuclear Facilities ", IAEA-SM-180/23 (1973) IAEA
[27] 환경감시법의 표준화연구, KAERI/RR-423/83
[28] 한국 토양중 감마핵종의 분포에 관한 연구, KINS/AR-173, 한국원자력안전기술원
[29] 방사성핵종 표준분석법, KINS/G-009, 한국원자력안전기술원.
[30] 이창우 등, 연구용원자로주변 환경방사선조사, KAERI/RR-1451/94, 한국원자력연구소, 1995
[31] Panofasky, H. A. and G. W. Brier(1958). Some Applications of Statistics to Meteorology, The Pennsylvania State Univ., Pennsylvania 23.
[32] Huschke, R. E.(Ed. 1970). Glossary of Meteorology, American Meteorological Society, Boston, 227.
[33] American Nuclear Society(1984). American National Standard for Determining Meteorogical Information at Nuclear Power Sites, ANSI/ANS-2.5-1984.
[34] J. B. Paces, K. R. Ludwig, Z. E. Peterman and L. A. Neymark, 234U/238U evidence for local recharge and pattern of groundwater flow in the vicinity of Yucca Mountain, Neveda, USA, Applied Gecem., 17, 751-779 (2002).
[35] M. H. Lee, G. K. Choi, Y. H. Cho, Y. H. Choi, C. W. Lee, "Concentration and activity ratios of radionuclides around the nuclear facilities in Korea", J. Radioanal. Nucl. Chem. 249, 215 (2001)
[36] 이명호, 최근식, 조영현, 이창우, 정성태, ‘’환경시료에 존재하는 우라늄 동위원소 분석법에 대한 연구“, 대한방사선방어학회지 24(1), 1-7 (1999)
[37] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO (1993)
[38] 측정 불확도 표현 지침 (KRISS-98-096-SP), 한국표준과학연구원 (1998)
[39] E P A : Environmental Surveillance Guide (1972), U.S. E P A
[40] Pelletier, C. A. : “Environmental Surveillance in the Vicinity Thomas Publisher, Springfield(1970)
[41] 이현덕 등 : 원자력시설주변에 대한 환경방사능 및 방사선량 측정조사, KAERI/RR-228/80, (1981), 한국원자력 연구소
[42] 원자력안전위원회 : 원자력이용시설주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 고시. 원자력안전위원회 고시 제2017-17호(원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가) (2017).
[43] ICRU : Measurement of low level Radioactivity, ICRU Report No.22

부 록

[부록 1] 공간 감마선량률 및 환경방사능 농도 자료

[부록 2] 대덕원자력시설 소유지 경계에서의
대기확산인자 및 침적인자

[부록 3] 환경방사선/능 일시증가 보고 자료

KAERI

KAERI

공간감마선량률 및 환경방사능 농도 자료

KAERI

부록 표 1. 대덕 원자력시설 주변 공간감마선량률 (환경방사선감시기)

(단위: nGy/h)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	골프장북쪽	103±2	103±3	104±1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	105 (102 ~ 109)
	본관동쪽	106±3	105±5	108±2	109±5	111±2	113±4	107±5	108±7	109±4	110±3	110±2	108±3	109	109 (105 ~ 113)
	기상탑	92.0±2.9	92.9±4.4	93.7±1.3	94.6±4.4	96.4±1.8	98.1±3.5	92.9±4.9	93.7±6.6	94.6±3.8	95.5±2.5	96.4±2.4	93.7±2.5	94.5	93.8 (87.6 ~ 97.2)
	독신료	116±3	116±4	117±2	118±4	120±2	123±3	118±4	118±5	119±3	119±2	120±2	117±2	118	118 (114 ~ 124)
	제3연구동	102±3	102±4	103±2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	102 (96.4 ~ 109)
	제6연구동	-	-	-	97.2±4.9	96.4±5.2	99.9±4.3	99.9±6.6	105±6	105±3	105±3	106±6	104±2	102	-
	하나로서쪽	133±5	131±5	132±2	136±5	138±2	139±4	135±6	131±6	132±4	131±3	131±3	128±3	133	148 (138 ~ 156)
주변지역	구즉도서관	-	-	-	117±4	118±2	120±3	116±4	115±6	116±4	117±3	118±3	117±3	117	-
	구룡동	-	-	-	102±6	104±2	107±4	98.1±6.4	98.1±6.6	99.0±3.2	99.9±3.2	102±3	99.9±2.9	101	-
평균		109	108	110	110	112	114	110	110	111	111	112	110	109	-
비교지점	연산 주말농장	101±3	102±5	102±1	102±5	104±2	107±4	99.0±4.6	99.9±5.8	101±4	102±3	103±3	102±3	102	104 (99.9 ~ 110)

KAERI

부록 표 2. 대덕 원자력시설 주변 집적선량 (열형광선량계)

(단위: μGy/분기)

조사 지점		2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기	연평균	
부지내	핵연료가공동	193±6	173±6	170±7	197±5	183	179 (161 ~ 209)
	조사후시험동	228±15	237±6	229±6	230±5	231	230 (197 ~ 293)
	폐기물운영동	206±1	201±3	185±4	199±8	198	194 (172 ~ 221)
	정련시설동	225±4	210±8	209±1	223±12	217	215 (192 ~ 239)
	식당앞	179±4	179±8	171±6	184±9	178	176 (150 ~ 213)
	정문앞	176±6	179±5	171±5	180±10	176	179 (162 ~ 217)
	환경기술원앞	191±9	190±12	177±5	189±12	187	192 (166 ~ 234)
	제 5연구동	190±3	183±6	195±15	185±3	188	191 (171 ~ 216)
	기상탑	143±12	138±9	138±6	146±12	141	139 (124 ~ 156)
	수송용기실험동	171±3	169±6	166±2	173±7	170	173 (155 ~ 211)
	액폐 증발시설	291±15	288±17	277±12	274±23	283	317 (287 ~ 383)
	고체폐기물창고	343±9	330±16	323±9	354±6	337	320 (186 ~ 355)
	KNFC본관뒤 1	209±6	230±5	226±4	238±7	226	239 (211 ~ 304)
	KNFC본관뒤 2	193±4	187±7	183±3	184±8	187	194 (166 ~ 235)
	골프장북쪽	173±6	173±7	219±7	177±10	185	174 (148 ~ 209)
	골프장뒤	163±10	171±4	163±7	154±10	163	160 (140 ~ 183)
	골프장옆	164±10	171±11	166±6	173±18	169	178 (151 ~ 200)
	집수포	200±17	197±10	206±13	208±13	203	204 (175 ~ 246)
	본관동동쪽	180±5	179±12	187±9	190±12	184	175 (153 ~ 194)
	정문테니스장옆	178±7	180±8	183±5	175±10	179	196 (162 ~ 420)
	하나로21	199±8	199±8	196±4	199±6	198	200 (180 ~ 217)
	하나로22	201±3	214±12	197±5	220±21	208	197 (179 ~ 218)
	하나로23	243±7	225±11	227±5	228±12	231	236 (213 ~ 268)
	하나로24	232±3	271±9	228±9	220±11	238	232 (215 ~ 262)
	하나로25	222±3	227±5	216±8	227±10	223	227 (204 ~ 263)
	하나로26	206±2	195±3	204±2	207±7	203	202 (188 ~ 219)
	하나로27	257±12	281±15	266±6	256±2	265	252 (232 ~ 292)
	하나로28	213±2	207±5	206±4	217±9	211	212 (187 ~ 243)
	하나로29	402±1	387±6	364±1	373±16	382	394 (354 ~ 461)
	하나로30	363±2	343±7	372±8	351±18	357	368 (302 ~ 509)
	하나로31	250±22	246±27	246±12	243±30	246	244 (223 ~ 276)
	하나로32	213±4	217±4	215±8	227±10	218	229 (207 ~ 287)
	하나로33	208±10	207±6	198±7	205±9	204	218 (184 ~ 273)
	독신료	148±6	142±1	146±2	144±6	145	146 (126 ~ 169)
	가연물처리동북쪽	216±9	219±7	207±11	194±8	209	203 (171 ~ 252)
	가연물처리동서쪽	1,080±20	1,110±20	3,240±20	496±16	895	630 (379 ~ 1,600)
	가연물처리동남쪽	318±4	300±12	298±10	221±10	284	262 (202 ~ 464)
평균		242	242	215	223	231	-

부록 표 2. 〈계속〉

(단위: μGy/분기)

조사 지점		2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기	연평균	
주변 지역	동화울	210±7	204±7	207±3	205±10	207	213 (194 ~ 257)
	구즉초등학교	251±5	242±8	233±2	239±12	241	242 (213 ~ 279)
	기계연구원	170±8	175±14	170±5	172±8	172	170 (149 ~ 200)
	대덕초등학교	204±2	201±5	202±8	227±5	208	213 (190 ~ 246)
	새일초등학교	228±9	229±7	215±3	247±5	230	232 (199 ~ 302)
	(구)대동초등학교	216±9	205±9	196±8	211±14	207	214 (189 ~ 242)
	신탄진초등학교	223±6	217±6	209±4	217±7	216	219 (194 ~ 255)
	국방과학연구소	226±8	221±13	230±7	218±2	224	226 (207 ~ 266)
	외삼초등학교	267±7	252±10	258±10	257±8	258	238 (198 ~ 273)
	목동초등학교	208±7	199±9	200±7	208±11	204	208 (185 ~ 237)
	충남대학교	278±4	277±12	275±10	269±11	275	264 (241 ~ 284)
	법동주공아파트	212±4	214±11	196±4	*	207	211 (192 ~ 233)
	감성초등학교	175±5	175±5	171±4	180±7	175	177 (163 ~ 202)
	덕송초등학교	250±5	238±10	246±5	249±6	246	224 (204 ~ 248)
	대청댐휴게소	158±3	151±5	161±8	149±6	155	162 (133 ~ 193)
비교 지점	연서면 주민센터	215±4	216±8	203±2	214±5	212	201 (173 ~ 230)
	삼괴동 마을회관	200±5	191±12	194±5	191±3	194	254 (181 ~ 440)
	연산주말농장	173±5	173±8	180±11	186±27	178	175 (153 ~ 197)
	충북대병원	234±2	233±7	245±8	238±8	237	230 (208 ~ 256)
평균		216	211	210	215	213	-

* 시료 분실

부록 표 3. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전알파)

(단위: mBq/m^3)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	기상탑	0.147 ±0.019	0.133 ±0.018	0.331 ±0.033	0.288 ±0.027	0.206 ±0.025	0.153 ±0.017	0.0580 ±0.0090	0.0420 ±0.0070	0.0741 ±0.0099	0.0536 ±0.0092	0.192 ±0.020	0.139 ±0.015	0.151	0.148 (0.0594 ~ 0.301)
	골프장북쪽	0.161 ±0.020	0.136 ±0.018	0.321 ±0.032	0.229 ±0.024	0.200 ±0.024	0.165 ±0.018	0.0540 ±0.0090	0.0400 ±0.0070	0.0768 ±0.0107	0.0693 ±0.0111	0.184 ±0.020	0.146 ±0.015	0.148	0.142 (0.0493 ~ 0.248)
	본관 동쪽	0.140 ±0.019	0.129 ±0.018	0.309 ±0.032	0.194 ±0.021	0.155 ±0.021	0.137 ±0.016	0.0650 ±0.0100	0.0390 ±0.0070	0.0749 ±0.0100	0.0543 ±0.0099	0.181 ±0.019	0.124 ±0.014	0.133	0.134 (0.0508 ~ 0.282)
	독신료	0.161 ±0.020	0.132 ±0.018	0.274 ±0.030	0.208 ±0.022	0.157 ±0.021	0.111 ±0.014	0.0560 ±0.0090	0.0300 ±0.0060	0.0678 ±0.0095	0.0408 ±0.0077	0.155 ±0.017	0.114 ±0.013	0.126	0.133 (0.0451 ~ 0.287)
	하나로서쪽	0.144 ±0.018	0.138 ±0.018	0.291 ±0.031	0.226 ±0.024	0.171 ±0.023	0.157 ±0.017	0.0820 ±0.0110	0.0390 ±0.0070	0.0796 ±0.0106	0.0860 ±0.0129	0.225 ±0.022	0.150 ±0.016	0.149	0.136 (0.0529 ~ 0.284)
평균		0.151	0.134	0.305	0.229	0.178	0.145	0.0630	0.0380	0.0746	0.0608	0.187	0.135	0.142	-
비교지점	연산 주말농장	0.165 ±0.020	0.123 ±0.017	0.252 ±0.028	0.207 ±0.022	0.163 ±0.022	0.107 ±0.014	0.0630 ±0.0110	0.0390 ±0.0070	0.0720 ±0.0100	0.0465 ±0.0083	0.134 ±0.016	0.115 ±0.013	0.124	0.128 (0.0277 ~ 0.208)

부록 표 4. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전베타)

(단위: mBq/m^3)

조사 지점		2017년												평상시 변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	기상탑	1.60 ±0.08	1.34 ±0.07	1.36 ±0.07	1.15 ±0.05	0.954 ±0.050	0.879 ±0.041	0.688 ±0.038	0.546 ±0.031	1.09 ±0.05	1.29 ±0.07	1.51 ±0.07	1.63 ±0.07	1.17	1.15 (0.568 ~ 1.99)
	골프장북쪽	1.59 ±0.08	1.26 ±0.07	1.27 ±0.06	1.05 ±0.05	0.880 ±0.046	0.841 ±0.039	0.662 ±0.037	0.519 ±0.030	1.12 ±0.05	1.31 ±0.07	1.39 ±0.07	1.71 ±0.07	1.13	1.15 (0.535 ~ 2.09)
	본관 동쪽	1.62 ±0.08	1.29 ±0.07	1.25 ±0.06	1.03 ±0.05	0.838 ±0.044	0.743 ±0.036	0.678 ±0.038	0.546 ±0.031	1.09 ±0.05	1.23 ±0.07	1.37 ±0.07	1.69 ±0.07	1.12	1.10 (0.548 ~ 1.98)
	독신료	1.53 ±0.07	1.25 ±0.06	1.27 ±0.06	1.06 ±0.05	0.838 ±0.044	0.751 ±0.035	0.656 ±0.036	0.515 ±0.029	1.13 ±0.05	1.22 ±0.06	1.41 ±0.07	1.63 ±0.07	1.10	1.11 (0.503 ~ 1.89)
	하나로서쪽	1.52 ±0.07	1.24 ±0.06	1.25 ±0.06	0.884 ±0.044	0.889 ±0.047	0.822 ±0.039	0.736 ±0.040	0.553 ±0.031	1.05 ±0.05	1.27 ±0.07	1.43 ±0.07	1.67 ±0.07	1.11	1.08 (0.522 ~ 1.95)
평균		1.57	1.28	1.28	1.03	0.880	0.807	0.684	0.536	1.10	1.26	1.42	1.67	1.13	-
비교지점	연산 주말농장	1.58 ±0.08	1.18 ±0.06	1.24 ±0.06	0.967 ±0.044	0.843 ±0.045	0.737 ±0.035	0.661 ±0.040	0.611 ±0.034	1.03 ±0.05	1.24 ±0.06	1.38 ±0.07	1.68 ±0.07	1.09	1.06 (0.511 ~ 1.82)

부록 표 5. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: mBq/m^3)

조사 지점		조사 핵종	2017년												평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	기상탑	^{134}Cs	〈0.00850	〈0.00894	〈0.00790	〈0.00645	〈0.00921	〈0.00822	〈0.00758	〈0.00860	〈0.00630	〈0.00888	〈0.00678	〈0.00793	-	〈0.00202
		^{137}Cs	〈0.00845	〈0.0134	〈0.00866	〈0.0120	〈0.0107	〈0.00880	〈0.00912	〈0.00936	〈0.00561	〈0.00643	〈0.00893	〈0.0111	-	〈0.00220
		^{131}I	〈0.0617	〈0.0658	〈0.0435	〈0.0537	〈0.0595	〈0.0445	〈0.0362	〈0.0535	〈0.0861	〈0.0542	〈0.101	〈0.0756	-	〈0.0180
		^{60}Co	〈0.00450	〈0.0161	〈0.00919	〈0.0106	〈0.00993	〈0.00824	〈0.00891	〈0.0113	〈0.0100	〈0.0107	〈0.0160	〈0.0119	-	〈0.00313
		^{51}Cr	〈0.0750	〈0.151	〈0.142	〈0.136	〈0.140	〈0.112	〈0.101	〈0.0674	〈0.146	〈0.0870	〈0.161	〈0.169	-	〈0.0311
		^{59}Fe	〈0.0199	〈0.0424	〈0.0273	〈0.0211	〈0.0330	〈0.0203	〈0.0205	〈0.0227	〈0.0319	〈0.0230	〈0.0237	〈0.0293	-	〈0.00411
		^{54}Mn	〈0.00835	〈0.0123	〈0.00855	〈0.00668	〈0.0120	〈0.00960	〈0.00977	〈0.0113	〈0.00765	〈0.00918	〈0.00892	〈0.00970	-	〈0.00211
		^{7}Be	4.73±0.20	5.00±0.23	6.35±0.24	6.57±0.31	6.76±0.27	4.26±0.19	2.16±0.15	2.10±0.16	4.68±0.21	6.33±0.26	5.32±0.22	4.94±0.27	4.93	4.71 (2.13 ~ 8.86)
	골프장북쪽	^{134}Cs	〈0.00883	〈0.00830	〈0.00890	〈0.00741	〈0.0102	〈0.00671	〈0.0102	〈0.00950	〈0.00672	〈0.0119	〈0.00766	〈0.00773	-	〈0.00253
		^{137}Cs	〈0.00643	〈0.00981	〈0.00749	〈0.00630	〈0.0125	〈0.00927	〈0.00726	〈0.0105	〈0.00819	〈0.0128	〈0.0117	〈0.0130	-	〈0.00243
		^{131}I	〈0.0840	〈0.0693	〈0.0346	〈0.0576	〈0.0603	〈0.0433	〈0.0457	〈0.0439	〈0.0703	〈0.0774	〈0.0910	〈0.0506	-	〈0.0183
		^{60}Co	〈0.00863	〈0.0135	〈0.00868	〈0.00979	〈0.0136	〈0.0109	〈0.00941	〈0.0104	〈0.00754	〈0.00937	〈0.00944	〈0.00986	-	〈0.00171
		^{51}Cr	〈0.152	〈0.119	〈0.102	〈0.109	〈0.106	〈0.0781	〈0.107	〈0.124	〈0.136	〈0.177	〈0.120	〈0.175	-	〈0.0316
		^{59}Fe	〈0.0147	〈0.0254	〈0.0221	〈0.0265	〈0.0355	〈0.0221	〈0.0330	〈0.0156	〈0.0106	〈0.0353	〈0.0163	〈0.0173	-	〈0.00667
		^{54}Mn	〈0.00531	〈0.00941	〈0.00818	〈0.00642	〈0.0114	〈0.00921	〈0.0107	〈0.0109	〈0.00873	〈0.0105	〈0.0115	〈0.00895	-	〈0.00272
		^{7}Be	4.51±0.20	5.03±0.22	5.99±0.24	6.44±0.25	6.72±0.26	4.04±0.19	2.28±0.16	2.24±0.16	4.64±0.19	6.87±0.30	5.34±0.26	5.20±0.25	4.94	4.77 (2.26 ~ 7.19)

부록 표 5.〈계속〉

(단위: mBq/m^3)

조사 지점		조사 핵종	2017년												평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	본관동동쪽	^{134}Cs	〈0.00899	〈0.00743	〈0.00751	〈0.0127	〈0.00761	〈0.00784	〈0.0158	〈0.00849	〈0.00943	〈0.0185	〈0.00740	〈0.00683	-	〈0.00211
		^{137}Cs	〈0.00998	〈0.00630	〈0.00946	〈0.0132	〈0.0105	〈0.00759	〈0.0148	〈0.00978	〈0.00751	〈0.0232	〈0.0137	〈0.0104	-	〈0.00214
		^{131}I	〈0.0691	〈0.0538	〈0.0485	〈0.116	〈0.0519	〈0.0513	〈0.0862	〈0.0309	〈0.212	〈0.149	〈0.0983	〈0.0683	-	〈0.00657
		^{60}Co	〈0.00870	〈0.0119	〈0.00705	〈0.0136	〈0.00515	〈0.00928	〈0.0169	〈0.00725	〈0.0120	〈0.0200	〈0.0134	〈0.0105	-	〈0.00316
		^{51}Cr	〈0.130	〈0.121	〈0.115	〈0.118	〈0.112	〈0.111	〈0.213	〈0.0959	〈0.155	〈0.168	〈0.144	〈0.0977	-	〈0.0260
		^{59}Fe	〈0.0340	〈0.0276	〈0.0241	〈0.0412	〈0.0281	〈0.0200	〈0.0351	〈0.0127	〈0.0575	〈0.0548	〈0.0300	〈0.0324	-	〈0.00360
		^{54}Mn	〈0.00485	〈0.0106	〈0.00470	〈0.0138	〈0.00845	〈0.00732	〈0.0107	〈0.00782	〈0.0146	〈0.0268	〈0.0130	〈0.00779	-	〈0.00230
		^{7}Be	4.59±0.20	5.19±0.21	6.00±0.24	6.79±0.30	6.59±0.26	4.13±0.20	2.14±0.24	2.29±0.16	4.99±0.32	6.94±0.54	5.36±0.27	5.29±0.24	5.02	4.96 (2.30 ~ 18.9)
	독신료	^{134}Cs	〈0.00939	〈0.0172	〈0.0118	〈0.0120	〈0.0104	〈0.00629	〈0.00753	〈0.00965	〈0.00770	〈0.00842	〈0.00925	〈0.00628	-	〈0.00210
		^{137}Cs	〈0.00866	〈0.0170	〈0.0199	〈0.0141	〈0.0128	〈0.00729	〈0.00688	〈0.0129	〈0.00992	〈0.0107	〈0.0114	〈0.00840	-	〈0.00203
		^{131}I	〈0.0945	〈0.139	〈0.0897	〈0.0939	〈0.0733	〈0.0389	〈0.0332	〈0.0496	〈0.102	〈0.0940	〈0.0718	〈0.0852	-	〈0.0148
		^{60}Co	〈0.0102	〈0.0126	〈0.0162	〈0.0155	〈0.0156	〈0.00881	〈0.00797	〈0.0106	〈0.0105	〈0.0171	〈0.0104	〈0.00647	-	〈0.00216
		^{51}Cr	〈0.118	〈0.200	〈0.193	〈0.164	〈0.130	〈0.0765	〈0.0760	〈0.0993	〈0.130	〈0.187	〈0.121	〈0.108	-	〈0.0277
		^{59}Fe	〈0.0321	〈0.0374	〈0.0307	〈0.0385	〈0.0277	〈0.0198	〈0.0190	〈0.0201	〈0.0254	〈0.0427	〈0.0264	〈0.0153	-	〈0.00691
		^{54}Mn	〈0.0117	〈0.0181	〈0.0181	〈0.0146	〈0.0133	〈0.00613	〈0.0102	〈0.00521	〈0.0114	〈0.0108	〈0.0111	〈0.00754	-	〈0.00184
		^{7}Be	4.52±0.21	5.04±0.28	6.08±0.30	6.63±0.29	6.96±0.30	4.08±0.17	2.39±0.13	2.25±0.16	5.08±0.23	6.39±0.25	5.23±0.23	4.91±0.20	4.96	4.68 (2.45 ~ 7.04)

부록 표 5.〈계속〉

(단위: mBq/m^3)

조사 지점		조사 핵종	2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	하나로서쪽	^{134}Cs	〈0.0155	〈0.00818	〈0.0127	〈0.00467	〈0.00670	〈0.00633	〈0.00793	〈0.0161	〈0.00747	〈0.00908	〈0.00663	〈0.0126	-	〈0.00237
		^{137}Cs	〈0.0168	〈0.00478	〈0.0141	〈0.00667	〈0.00772	〈0.00575	〈0.0113	〈0.0160	〈0.00725	〈0.00953	〈0.0124	〈0.0230	-	〈0.00230
		^{131}I	〈0.149	〈0.0571	〈0.109	〈0.0522	〈0.0445	〈0.0213	〈0.0648	〈0.0671	〈0.0968	〈0.0761	〈0.137	〈0.0892	-	〈0.0148
		^{60}Co	〈0.0175	〈0.00749	〈0.0157	〈0.00700	〈0.00980	〈0.00716	〈0.0102	〈0.0219	〈0.00570	〈0.0104	〈0.0118	〈0.0127	-	〈0.00310
		^{51}Cr	〈0.299	〈0.0649	〈0.108	〈0.0929	〈0.107	〈0.0763	〈0.142	〈0.232	〈0.118	〈0.128	〈0.182	〈0.141	-	〈0.0239
		^{59}Fe	〈0.0402	〈0.0223	〈0.0324	〈0.0184	〈0.0204	〈0.0125	〈0.0170	〈0.0511	〈0.0272	〈0.0200	〈0.0239	〈0.0517	-	〈0.00870
		^{54}Mn	〈0.0172	〈0.00946	〈0.0148	〈0.00663	〈0.00829	〈0.00592	〈0.00897	〈0.0145	〈0.00758	〈0.0110	〈0.0172	〈0.0216	-	〈0.00286
		^{7}Be	4.62±0.26	5.00±0.21	5.85±0.29	5.36±0.21	7.08±0.26	4.33±0.19	2.15±0.16	2.28±0.19	5.10±0.21	6.45±0.28	5.33±0.26	5.38±0.37	4.91	4.48 (2.04 ~ 6.71)
비교지점	연산주말농장	^{134}Cs	〈0.00615	〈0.0104	〈0.00757	〈0.00625	〈0.0171	〈0.0133	〈0.0114	〈0.00644	〈0.00672	〈0.0110	〈0.0174	〈0.00728	-	〈0.00163
		^{137}Cs	〈0.0108	〈0.0115	〈0.00670	〈0.00611	〈0.0180	〈0.0117	〈0.0114	〈0.00739	〈0.00831	〈0.0153	〈0.0162	〈0.00553	-	〈0.00191
		^{131}I	〈0.0602	〈0.0898	〈0.0510	〈0.0306	〈0.101	〈0.0617	〈0.0504	〈0.0405	〈0.100	〈0.110	〈0.158	〈0.0417	-	〈0.0139
		^{60}Co	〈0.00884	〈0.0122	〈0.00869	〈0.00571	〈0.0195	〈0.0141	〈0.0143	〈0.00763	〈0.00781	〈0.0116	〈0.0244	〈0.00877	-	〈0.00251
		^{51}Cr	〈0.140	〈0.155	〈0.0638	〈0.0537	〈0.254	〈0.143	〈0.0867	〈0.0931	〈0.120	〈0.154	〈0.289	〈0.0806	-	〈0.0273
		^{59}Fe	〈0.0120	〈0.0294	〈0.0162	〈0.0119	〈0.0414	〈0.0191	〈0.0291	〈0.0131	〈0.0279	〈0.0398	〈0.0495	〈0.0262	-	〈0.00324
		^{54}Mn	〈0.00730	〈0.00970	〈0.00623	〈0.00803	〈0.0190	〈0.0153	〈0.0125	〈0.00747	〈0.00827	〈0.0117	〈0.0216	〈0.00853	-	〈0.00229
		^{7}Be	4.90±0.20	4.81±0.25	5.92±0.23	6.55±0.23	7.25±0.35	4.46±0.24	2.45±0.18	2.28±0.13	5.54±0.22	7.07±0.29	5.55±0.31	5.56±0.23	5.20	4.89 (1.27 ~ 8.53)

부록 표 6. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 방사성옥소 (^{131}I)의 방사능 농도

(단위: mBq/m^3)

년 / 월	2017년							
	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
1월	기상탑	〈0.0918	〈0.0663	〈0.0612	〈0.120	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.140	〈0.0714	〈0.175	〈0.0829	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.0979	〈0.112	〈0.0830	〈0.169	-	-	-
	독신료	〈0.0735	〈0.0757	〈0.0836	〈0.144	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.0726	〈0.152	〈0.116	〈0.0996	-	-	-
	연산주말농장	〈0.120	〈0.120	〈0.0794	〈0.0856	-	-	-
	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
2월	기상탑	〈0.124	〈0.120	〈0.0732	〈0.106	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.0652	〈0.0946	〈0.102	〈0.129	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.115	〈0.0681	〈0.0746	〈0.0897	-	-	-
	독신료	〈0.173	〈0.0866	〈0.175	〈0.125	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.162	〈0.101	〈0.126	〈0.0911	-	-	-
	연산주말농장	〈0.0763	〈0.144	〈0.124	〈0.0433	-	-	-
	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
3월	기상탑	〈0.0470	〈0.0612	〈0.281	〈0.128	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.110	〈0.186	〈0.152	〈0.0631	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.0764	〈0.107	〈0.176	〈0.122	-	-	-
	독신료	〈0.0923	〈0.0739	〈0.131	〈0.0742	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.183	〈0.0726	〈0.118	〈0.0784	-	-	-
	연산주말농장	〈0.0695	〈0.120	〈0.113	〈0.121	-	-	-
	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
4월	기상탑	〈0.244	〈0.0511	〈0.111	〈0.0633	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.0825	〈0.0901	〈0.0816	〈0.121	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.149	〈0.161	〈0.0820	〈0.0970	-	-	-
	독신료	〈0.0631	〈0.133	〈0.0999	〈0.153	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.141	〈0.117	〈0.0990	〈0.0860	-	-	-
	연산주말농장	〈0.154	〈0.0756	〈0.137	〈0.119	-	-	-
	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
5월	기상탑	〈0.101	〈0.0813	〈0.0952	〈0.164	〈0.106	-	-
	골프장 북쪽	〈0.212	〈0.119	〈0.114	〈0.0919	〈0.130	-	-
	본관동 동쪽	〈0.181	〈0.0925	〈0.143	〈0.0946	〈0.0848	-	-
	독신료	〈0.0925	〈0.131	〈0.126	〈0.101	〈0.0972	-	-
	하나로 서쪽	〈0.135	〈0.0636	〈0.0436	〈0.116	〈0.184	-	-
	연산주말농장	〈0.168	〈0.119	〈0.135	〈0.0968	〈0.114	-	-

부록 표 6.〈계속〉

(단위: mBq/m^3)

년 / 월	2017년							
	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
6월	기상탑	〈0.0846	〈0.0534	〈0.106	〈0.0882	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.0999	〈0.143	〈0.0676	〈0.0643	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.0742	〈0.105	〈0.100	〈0.0828	-	-	-
	독신료	〈0.0790	〈0.103	〈0.125	〈0.132	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.141	〈0.0931	〈0.0899	〈0.0521	-	-	-
	연산주말농장	〈0.0681	〈0.0592	〈0.0602	〈0.0868	-	-	-
7월	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
	기상탑	〈0.109	〈0.0738	〈0.0804	〈0.0918	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.0902	〈0.0587	〈0.1000	〈0.128	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.0929	〈0.0620	〈0.133	〈0.0891	-	-	-
	독신료	〈0.0770	〈0.146	〈0.112	〈0.0510	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.0880	〈0.119	〈0.122	〈0.0555	-	-	-
	연산주말농장	〈0.139	〈0.105	〈0.0584	〈0.126	-	-	-
8월	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
	기상탑	〈0.101	〈0.0671	〈0.115	〈0.0548	〈0.0664	-	-
	골프장 북쪽	〈0.101	〈0.107	〈0.0765	〈0.124	〈0.0661	-	-
	본관동 동쪽	〈0.0733	〈0.0701	〈0.129	〈0.115	〈0.128	-	-
	독신료	〈0.107	〈0.133	〈0.0880	〈0.105	〈0.142	-	-
	하나로 서쪽	〈0.0648	〈0.147	〈0.120	〈0.0747	〈0.0799	-	-
	연산주말농장	〈0.0799	〈0.114	〈0.0712	〈0.0960	〈0.125	-	-
9월	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
	기상탑	〈0.153	〈0.0431	〈0.111	〈0.121	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.125	〈0.0739	〈0.121	〈0.0844	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.118	〈0.103	〈0.124	〈0.109	-	-	-
	독신료	〈0.110	〈0.0749	〈0.0696	〈0.182	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.0787	〈0.0843	〈0.0955	〈0.116	-	-	-
	연산주말농장	〈0.0772	〈0.0987	〈0.0721	〈0.0477	-	-	-
10월	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준편차
	기상탑	〈0.0689	〈0.162	〈0.126	〈0.0714	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.0549	〈0.0532	〈0.0894	〈0.0914	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.0783	〈0.0595	〈0.120	〈0.171	-	-	-
	독신료	〈0.104	〈0.134	〈0.189	〈0.287	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.0616	〈0.108	〈0.172	〈0.150	-	-	-
	연산주말농장	〈0.0586	〈0.104	〈0.128	〈0.110	-	-	-

부록 표 6. 〈계속〉

(단위: mBq/m^3)

년 / 월	2017년							
11월	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준 편차
	기상탑	〈0.0871	〈0.107	〈0.112	〈0.122	〈0.106	-	-
	골프장 북쪽	〈0.117	〈0.0828	〈0.131	〈0.0721	〈0.0554	-	-
	본관동 동쪽	〈0.149	〈0.105	〈0.124	〈0.143	〈0.105	-	-
	독신료	〈0.107	〈0.105	〈0.125	〈0.117	〈0.128	-	-
	하나로 서쪽	〈0.134	〈0.0984	〈0.0962	〈0.113	〈0.125	-	-
	연산주말농장	〈0.0822	〈0.119	〈0.110	〈0.121	〈0.101	-	-
12월	조사 지점	1주	2주	3주	4주	5주	월평균	
							평균	표준 편차
	기상탑	〈0.126	〈0.0882	〈0.0799	〈0.0783	-	-	-
	골프장 북쪽	〈0.0772	〈0.0896	〈0.103	〈0.148	-	-	-
	본관동 동쪽	〈0.103	〈0.0883	〈0.0850	〈0.112	-	-	-
	독신료	〈0.0555	〈0.0983	〈0.104	〈0.138	-	-	-
	하나로 서쪽	〈0.129	〈0.0910	〈0.0557	〈0.146	-	-	-
	연산주말농장	〈0.0635	〈0.114	〈0.124	〈0.0804	-	-	-
연평균	조사 지점	연평균	표준 편차	평상시 변동범위 (최소 ~ 최대)				
	기상탑	-	-	〈0.0162				
	골프장 북쪽	-	-	〈0.0153				
	본관동 동쪽	-	-	〈0.0138				
	독신료	-	-	〈0.0144				
	하나로 서쪽	-	-	〈0.0153				
	연산주말농장	-	-	〈0.0164				

부록 표 7. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 수분의 방사능 농도 (삼중수소)

(단위: Bq/m^3)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월 (1.25)	2월 (2.27)	3월 (3.29)	4월 (4.26)	5월 (5.30)	6월 (6.28)	7월 (7.28)	8월 (8.29)	9월 (9.26)	10월 (10.25)	11월 (11.28)	12월 (12.28)	연평균	
부지내	본관동동쪽	0.0325 ±0.0067	0.0296 ±0.0050	0.0264 ±0.0048	0.0599 ±0.0150	〈0.0129 (0.0447 ±0.0199)	0.0725 ±0.0218	〈0.0341 (0.0694 ±0.0331)	0.231 ±0.037	0.215± 0.038	0.0621 ±0.0190	0.0647 ±0.0093	0.0657 ±0.0047	0.0755	0.0495 (〈0.00549~ 0.214)
	독신료	0.0127 ±0.0034	0.0331 ±0.0059	〈0.00644	〈0.0119 (0.0413 ±0.0140)	〈0.0147 (0.0358 ±0.0168)	〈0.0216 (0.0375 ±0.0222)	〈0.0355	〈0.0399 (0.0900 ±0.0405)	〈0.0288 (0.0954 ±0.0359)	0.0732 ±0.0206	0.0307 ±0.0086	0.0636 ±0.0058	0.0310	0.0573 (〈0.00551~ 0.319)
	기상탑	0.0182 ±0.0045	0.00871 ±0.00178	0.0220 ±0.0043	〈0.0102 (0.0378 ±0.0132)	〈0.0111 (0.0308 ±0.0134)	〈0.0205 (0.0503 ±0.0182)	〈0.0387	〈0.0356 (0.0930 ±0.0320)	0.116 ±0.035	〈0.0169 (0.0520 ±0.0222)	0.0388 ±0.0115	0.0273 ±0.0044	0.0303	0.0629 (〈0.00541~ 0.238)
	제3연구동	0.0254 ±0.0056	0.0382 ±0.0049	0.0430 ±0.0056	0.108 ±0.012	0.0519 ±0.0164	〈0.0205 (0.0759 ±0.0261)	〈0.0377 (0.0550 ±0.0355)	0.256 ±0.047	0.175 ±0.037	0.119 ±0.022	0.0560 ±0.0086	0.0354 ±0.0035	0.0805	0.0788 (〈0.00555~ 0.312)
평균		0.0222	0.0274	0.0245	0.0473	0.0230	0.0340	-	0.140	0.133	0.0679	0.0475	0.0480	0.0543	-
비교지점	연산 주말농장	〈0.00629	〈0.00549	〈0.00686	〈0.0134	〈0.0165	〈0.0225	〈0.0362	〈0.0399	〈0.0265	〈0.0175	〈0.00976	〈0.00575	-	〈0.00522

부록 표 8. 대덕 원자력시설 주변 공기 중 낙진의 방사능 농도 (전베타)

(단위: Bq/m^2-90days)

조사 지점		2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1/4분기 (3.9)	2/4분기 (6.8)	3/4분기 (9.12)	4/4분기 (12.6)	연평균	
부지내	기상탑	58.0±11.8	14.3±3.0	35.6±7.2	17.7±3.6	31.4	31.0 (8.42 ~ 60.6)
	독신료	35.3±7.3	17.9±3.7	37.7±7.7	11.2±2.3	25.5	26.8 (10.5 ~ 60.8)
평균		46.7	16.1	36.7	14.4	28.5	-
비교지점	연산 주말농장	36.6±7.4	7.36±1.52	41.6±8.4	33.5±6.8	29.8	33.4 (12.9 ~ 56.1)

KAERI

부록 표 9. 대덕 원자력시설 주변 낙진의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/m^2-90days)

조사 지점		조사 핵종	2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1/4분기 (3.9)	2/4분기 (6.8)	3/4분기 (9.12)	4/4분기 (12.6)	연평균	
부지내	기상탑	^{134}Cs	〈0.0460	〈0.0299	〈0.0216	〈0.0334	-	〈0.00756
		^{137}Cs	〈0.0625	〈0.0329	〈0.0344	〈0.0300	-	〈0.0119
		^{131}I	〈0.154	〈0.0772	〈0.0307	〈0.101	-	〈0.0393
		^{60}Co	〈0.0799	〈0.0380	〈0.0271	〈0.0319	-	〈0.0130
		^{51}Cr	〈0.587	〈0.259	〈0.155	〈0.356	-	〈0.106
		^{59}Fe	〈0.0533	〈0.0604	〈0.0692	〈0.0698	-	〈0.0188
		^{54}Mn	〈0.0608	〈0.0329	〈0.0229	〈0.0351	-	〈0.0105
		^{7}Be	118±4	62.3±1.9	58.1±1.8	20.8±0.8	64.8	60.9 (5.02 ~ 186)
	독신료	^{134}Cs	〈0.0269	〈0.0547	〈0.0226	〈0.0251	-	〈0.00881
		^{137}Cs	〈0.0263	〈0.0603	〈0.0415	〈0.0299	-	〈0.0190
		^{131}I	〈0.0595	〈0.0760	〈0.0761	〈0.0583	-	〈0.0224
		^{60}Co	〈0.0329	〈0.0698	〈0.0461	〈0.0338	-	〈0.0130
		^{51}Cr	〈0.287	〈0.598	〈0.409	〈0.220	-	〈0.102
		^{59}Fe	〈0.0398	〈0.122	〈0.0830	〈0.101	-	〈0.0249
		^{54}Mn	〈0.0327	〈0.0566	〈0.0330	〈0.0303	-	〈0.0102
		^{7}Be	64.8±1.8	89.4±2.9	70.1±2.0	13.5±0.6	59.5	51.6 (4.69 ~ 141)
비교지점	연산주말농장	^{134}Cs	〈0.0281	〈0.0251	〈0.0501	〈0.0209	-	〈0.00759
		^{137}Cs	〈0.0453	〈0.0316	〈0.0477	〈0.0237	-	〈0.00988
		^{131}I	〈0.0638	〈0.0648	〈0.104	〈0.113	-	〈0.0266
		^{60}Co	〈0.0420	〈0.0223	〈0.0473	〈0.0331	-	〈0.00920
		^{51}Cr	〈0.499	〈0.273	〈0.496	〈0.318	-	〈0.0933
		^{59}Fe	〈0.0755	〈0.0341	〈0.0955	〈0.0406	-	〈0.0277
		^{54}Mn	〈0.0337	〈0.0293	〈0.0566	〈0.0283	-	〈0.0104
		^{7}Be	89.4±2.8	70.0±2.1	78.8±2.5	68.1±2.1	76.6	60.9 (6.49 ~ 114)

KAERI

부록 표 10. 대덕 원자력시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (우라늄)

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.10)	하반기(9.5)	연평균	
부지내	기상탑	^{238}U	25.4±1.2	36.9±1.1	31.2	23.3 (17.1 ~ 25.3)
		^{235}U	1.03±0.19	1.73±0.18	1.38	1.01 (0.74 ~ 1.24)
		^{234}U	25.9±1.2	35.2±1.1	30.6	22.3 (16.4 ~ 25.4)
	덕진소류지	^{238}U	50.8±2.4	50.7±1.4	50.8	45.0 (28.4 ~ 67.4)
		^{235}U	2.10±0.34	2.11±0.19	2.11	2.24 (1.16 ~ 3.56)
		^{234}U	49.2±2.3	51.6±1.5	50.4	47.2 (30.4 ~ 72.2)
평균(^{238}U)			38.1	43.8	41.0	-
비교지점	연산주말 농장	^{238}U	50.0±2.3	55.0±1.6	52.5	23.0 (14.1 ~ 29.7)
		^{235}U	2.04±0.32	2.71±0.23	2.38	1.18 (0.547 ~ 1.40)
		^{234}U	52.2±2.4	56.7±1.6	54.5	23.6 (11.8 ~ 31.6)

KAERI

부록 표 11. 대덕 원자력시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (스트론튬-90)

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		상반기(3.10)	하반기(9.5)	연평균	
부지내	기상탑	〈0.122	0.164±0.036	0.143	0.219 (〈0.148 ~ 0.322)
	KNFC본관 뒤 2	0.154±0.038	0.227±0.046	0.191	0.185 (〈0.136 ~ 0.233)
	집수포	0.215±0.042	0.267±0.044	0.241	0.228 (〈0.169 ~ 0.373)
	본관동 동쪽	0.221±0.045	0.145±0.036	0.183	0.181 (〈0.154 ~ 0.217)
	독신료	0.143±0.043	0.280±0.040	0.212	0.194 (〈0.135 ~ 0.247)
	덕진소류지	〈0.149	0.337±0.046	0.243	0.196 (〈0.158 ~ 0.247)
	하나로23	0.206±0.048	0.246±0.038	0.226	0.184 (〈0.134 ~ 0.235)
	평 균	0.173	0.238	0.205	-
주변지역	구즉초등학교	0.167±0.043	0.199±0.037	0.183	0.208 (〈0.139 ~ 0.353)
	기계연구원	〈0.118	0.293±0.040	0.206	0.184 (〈0.109 ~ 0.273)
	새일초등학교	0.157±0.042	0.204±0.040	0.181	0.272 (〈0.155 ~ 0.656)
	대청댐휴게소	0.130±0.039	〈0.111	0.121	0.258 (〈0.131 ~ 0.604)
비교지점	연산주말농장	0.148±0.039	〈0.129	0.139	0.171 (〈0.150 ~ 0.221)
	평균	0.144	0.187	0.166	-

KAERI

부록 표 12. 대덕 원자력시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.10)	하반기(9.5)	연평균	
부지내	기상탑	^{134}Cs	〈0.484	〈0.798	-	〈0.151
		^{137}Cs	〈0.618	〈1.04	-	〈0.229
		^{131}I	〈1.36	〈1.18	-	〈0.339
		^{60}Co	〈0.588	〈1.35	-	〈0.273
		^{51}Cr	〈5.29	〈6.06	-	〈1.17
		^{59}Fe	〈1.73	〈2.92	-	〈0.402
		^{54}Mn	〈0.645	〈0.970	-	〈0.224
		^{40}K	1,030±30	997±40	1,010	1,010 (922~1,040)
	KNFC 본관 뒤	^{134}Cs	〈0.599	〈0.618	-	〈0.207
		^{137}Cs	4.87±0.56	〈0.716	2.80	1.59 (〈0.247~4.33)
		^{131}I	〈1.09	〈0.856	-	〈0.556
		^{60}Co	〈0.701	〈0.791	-	〈0.236
		^{51}Cr	〈4.26	〈4.78	-	〈3.01
		^{59}Fe	〈1.91	〈1.62	-	〈0.601
		^{54}Mn	〈0.671	〈0.681	-	〈0.251
		^{40}K	936±31	996±33	966	895 (725~1,120)
	집수포	^{134}Cs	〈0.500	〈0.709	-	〈0.169
		^{137}Cs	〈0.634	〈0.862	-	〈0.212
		^{131}I	〈0.858	〈0.843	-	〈0.266
		^{60}Co	〈0.670	〈0.815	-	〈0.235
		^{51}Cr	〈4.41	〈6.20	-	〈1.26
		^{59}Fe	〈1.65	〈1.26	-	〈0.390
		^{54}Mn	〈0.702	〈0.874	-	〈0.191
		^{40}K	1,300±40	1,300±40	1,300	1,120 (919~1,320)
	본관동동쪽	^{134}Cs	〈0.624	〈0.783	-	〈0.223
		^{137}Cs	〈0.789	〈0.979	-	〈0.169
		^{131}I	〈1.90	〈1.41	-	〈0.475
		^{60}Co	〈0.759	〈1.11	-	〈0.240
		^{51}Cr	〈6.57	〈7.79	-	〈1.67
		^{59}Fe	〈1.87	〈1.01	-	〈0.292
		^{54}Mn	〈0.741	〈1.06	-	〈0.336
		^{40}K	1,490±40	1,840±50	1,660	1,690 (1,470~1,850)

부록 표 12. 〈계속〉

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.10)	하반기(9.5)	연평균	
부지내	독신료	^{134}Cs	〈0.473	〈0.528	-	〈0.198
		^{137}Cs	〈0.804	〈1.09	-	〈0.242
		^{131}I	〈1.54	〈1.20	-	〈0.400
		^{60}Co	〈0.615	〈0.678	-	〈0.254
		^{51}Cr	〈6.96	〈4.63	-	〈1.35
		^{59}Fe	〈1.45	〈2.07	-	〈0.422
		^{54}Mn	〈0.720	〈0.951	-	〈0.197
		^{40}K	1,030±30	1,070±30	1,050	1,020 (977~1,060)
	덕진소류지	^{134}Cs	〈0.887	〈0.580	-	〈0.188
		^{137}Cs	〈1.07	〈0.655	-	〈0.267
		^{131}I	〈2.43	〈0.938	-	〈0.373
		^{60}Co	〈0.414	〈0.694	-	〈0.113
		^{51}Cr	〈11.1	〈3.90	-	〈1.84
		^{59}Fe	〈3.65	〈1.40	-	〈0.477
		^{54}Mn	〈1.17	〈0.650	-	〈0.238
		^{40}K	1,040±40	751±29	895	1,110 (981~1,170)
	하나로 23	^{134}Cs	〈0.582	〈0.527	-	〈0.164
		^{137}Cs	〈0.674	〈0.613	-	〈0.244
		^{131}I	〈0.721	〈1.17	-	〈0.405
		^{60}Co	〈0.707	〈0.445	-	〈0.254
		^{51}Cr	〈4.01	〈4.45	-	〈1.58
		^{59}Fe	〈1.28	〈1.27	-	〈0.547
		^{54}Mn	〈0.598	〈0.816	-	〈0.237
		^{40}K	864±32	897±31	881	942 (895~984)
주변지역	구즉 초등학교	^{134}Cs	〈0.691	〈0.774	-	〈0.195
		^{137}Cs	7.24±0.66	2.59±0.58	4.91	6.65 (〈0.273~15.8)
		^{131}I	〈1.40	〈0.995	-	〈0.457
		^{60}Co	〈0.653	〈0.824	-	〈0.311
		^{51}Cr	〈5.92	〈6.71	-	〈1.31
		^{59}Fe	〈1.35	〈1.59	-	〈0.664
		^{54}Mn	〈0.717	〈0.942	-	〈0.302
		^{40}K	1,020±30	1,020±30	1,020	1,100 (1,030~1,150)

부록 표 12. 〈계속〉

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.10)	하반기(9.5)	연평균	
주변지역	기계연구원	^{134}Cs	〈0.540	〈0.503	-	〈0.173
		^{137}Cs	〈0.623	〈0.691	-	〈0.218
		^{131}I	〈1.26	〈0.960	-	〈0.249
		^{60}Co	〈0.710	〈0.661	-	〈0.173
		^{51}Cr	〈2.89	〈3.07	-	〈1.50
		^{59}Fe	〈1.23	〈1.52	-	〈0.508
		^{54}Mn	〈0.594	〈0.794	-	〈0.215
		^{40}K	1,070±40	918±30	996	943 (873~1,060)
	새일 초등학교	^{134}Cs	〈0.630	〈0.557	-	〈0.264
		^{137}Cs	〈0.664	〈0.684	-	〈0.468
		^{131}I	〈1.24	〈0.790	-	〈1.06
		^{60}Co	〈0.810	〈0.744	-	〈0.534
		^{51}Cr	〈6.59	〈4.05	-	〈4.45
		^{59}Fe	〈1.31	〈1.28	-	〈0.948
		^{54}Mn	〈0.775	〈0.748	-	〈0.348
		^{40}K	929±31	967±32	948	1,060 (965~1,120)
	대청댐 휴게소	^{134}Cs	〈0.937	〈0.652	-	〈0.204
		^{137}Cs	〈1.87	〈0.766	-	0.935 (〈0.265~1.71)
		^{131}I	〈2.40	〈1.18	-	〈0.467
		^{60}Co	〈1.19	〈0.688	-	〈0.168
		^{51}Cr	〈10.3	〈6.27	-	〈1.66
		^{59}Fe	〈2.28	〈1.63	-	〈0.659
		^{54}Mn	〈1.17	〈0.864	-	〈0.238
		^{40}K	956±38	1,020±30	986	1,010 (962~1,050)
비교지점	연산 주말농장	^{134}Cs	〈0.652	〈0.872	-	〈0.225
		^{137}Cs	〈0.789	〈1.03	-	〈0.232
		^{131}I	〈1.70	〈1.59	-	〈0.352
		^{60}Co	〈0.872	〈0.927	-	〈0.305
		^{51}Cr	〈6.41	〈7.29	-	〈2.00
		^{59}Fe	〈1.27	〈1.76	-	〈0.637
		^{54}Mn	〈0.827	〈1.05	-	〈0.283
		^{40}K	1,080±30	984±35	1,030	874 (710~1,080)

KAERI

부록 표 12. 〈계속〉

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.10)	하반기(9.5)	연평균	
부지내	가연물 처리동 북쪽*	^{134}Cs	〈0.634	〈0.635	-	〈0.222
		^{137}Cs	〈0.697	〈0.749	-	0.942 (〈0.310~2.35)
		^{131}I	〈1.71	〈0.536	-	〈0.518
		^{60}Co	〈0.850	〈0.704	-	〈0.306
		^{51}Cr	〈5.36	〈2.93	-	〈1.15
		^{59}Fe	〈1.58	〈1.49	-	〈0.566
		^{54}Mn	〈0.756	〈0.761	-	〈0.243
		^{40}K	964±32	917±30	940	913 (881~940)
	가연물 처리동 남쪽*	^{134}Cs	〈0.637	〈0.586	-	〈0.190
		^{137}Cs	〈0.740	〈0.749	-	1.24 (〈0.247~3.11)
		^{131}I	〈2.66	〈0.611	-	〈0.528
		^{60}Co	〈0.869	〈0.884	-	〈0.282
		^{51}Cr	〈10.1	〈4.50	-	〈1.52
		^{59}Fe	〈1.82	〈0.973	-	〈0.320
		^{54}Mn	〈0.685	〈0.730	-	〈0.268
		^{40}K	1,060±40	1,030±30	1,050	964 (923~1,030)

* 가연물 처리시설 가동으로 인한 조사 지점 추가로 2011년 하반기부터 조사함.

부록 표 13. 대덕 원자력시설 주변 하천토양의 방사능 농도 (우라늄)

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1/4분기 (3.7)	2/4분기 (6.7)	3/4분기 (9.6)	4/4분기 (12.20)	연평균	
부지내	정문앞 배수구	^{238}U	27.8±1.9	41.3±2.1	38.1±1.5	56.5±1.8	40.9	35.4 (19.5 ~ 63.2)
		^{235}U	1.53±0.36	1.63±0.31	1.75±0.23	2.59±0.25	1.87	1.97 (1.03 ~ 3.56)
		^{234}U	29.7±2.0	45.3±2.3	39.5±1.5	63.1±1.9	44.4	39.6 (20.2 ~ 77.4)
	본관동쪽 배수구	^{238}U	68.7±3.4	41.0±2.0	38.0±1.3	38.6±1.4	46.6	29.5 (18.6 ~ 48.6)
		^{235}U	2.45±0.41	1.82±0.31	1.95±0.21	1.83±0.21	2.01	1.51 (0.773 ~ 2.48)
		^{234}U	74.0±3.6	41.7±2.1	39.7±1.4	51.1±1.7	51.6	32.2 (20.5 ~ 50.7)
평균(^{238}U)			48.3	41.2	38.1	47.6	43.8	-
주변지역	배수구 합류지점	^{238}U	29.1±1.6	69.5±3.2	48.6±1.4	39.3±1.2	46.6	36.9 (20.7 ~ 70.3)
		^{235}U	0.661±0.192	2.91±0.43	2.26±0.20	1.84±0.19	1.92	1.95 (1.08 ~ 4.23)
		^{234}U	29.0±1.6	72.0±3.3	53.0±1.5	40.3±1.2	48.6	39.2 (21.3 ~ 69.2)
비교지점	연산 주말농장	^{238}U	34.4±1.8	51.8±2.6	50.6±1.5	38.8±1.3	43.9	31.7 (23.5 ~ 41.6)
		^{235}U	1.42±0.27	1.79±0.33	2.43±0.22	1.79±0.20	1.86	1.71 (1.14 ~ 2.65)
		^{234}U	38.9±1.9	52.4±2.6	53.1±1.5	39.2±1.3	45.9	32.1 (23.5 ~ 42.6)
평균(^{238}U)			31.7	60.6	49.6	39.1	45.3	-

부록 표 14. 대덕 원자력시설 주변 하천토양의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1/4분기 (3.7)	2/4분기 (6.7)	3/4분기 (9.6)	4/4분기 (12.20)	연평균	
부지내	정문앞 배수구	^{134}Cs	〈0.341	〈0.442	〈0.770	〈0.476	-	〈0.138
		^{137}Cs	〈0.461	〈0.508	〈1.13	〈0.599	-	0.693 (〈0.432 ~ 1.97)
		^{131}I	〈0.576	〈0.547	〈1.26	〈0.950	-	〈0.146
		^{60}Co	〈0.488	〈0.641	〈1.08	〈0.668	-	〈0.177
		^{51}Cr	〈2.35	〈3.76	〈10.0	〈3.98	-	〈1.17
		^{59}Fe	〈1.30	〈1.00	〈1.83	〈1.22	-	〈0.424
		^{54}Mn	〈0.416	〈0.429	〈0.881	〈0.548	-	〈0.162
		^{40}K	813±26	870±29	855±32	963±32	875	839 (767 ~ 921)
	본관동쪽 배수구	^{134}Cs	〈0.462	〈0.611	〈0.531	〈0.598	-	〈0.162
		^{137}Cs	〈0.556	〈0.679	〈0.667	〈0.819	-	〈0.188
		^{131}I	〈1.01	〈0.664	〈0.812	〈1.45	-	〈0.371
		^{60}Co	〈0.823	〈0.653	〈0.644	〈1.05	-	〈0.210
		^{51}Cr	〈4.71	〈4.51	〈2.48	〈6.84	-	〈1.50
		^{59}Fe	〈1.40	〈1.34	〈0.988	〈1.29	-	〈0.395
		^{54}Mn	〈0.511	〈0.626	〈0.575	〈0.942	-	〈0.187
		^{40}K	867±28	908±30	916±29	768±28	865	901 (735 ~ 1,010)
주변지역	배수구 합류지점	^{134}Cs	〈0.483	〈0.510	〈0.367	〈0.546	-	〈0.154
		^{137}Cs	〈0.598	〈0.623	〈0.545	〈0.958	-	〈0.266
		^{131}I	〈0.982	〈0.812	〈0.625	〈1.26	-	〈0.334
		^{60}Co	〈0.629	〈0.654	〈0.441	〈0.880	-	〈0.192
		^{51}Cr	〈4.94	〈3.88	〈3.86	〈5.87	-	〈1.91
		^{59}Fe	〈1.45	〈1.47	〈0.527	〈1.84	-	〈0.372
		^{54}Mn	〈0.680	〈0.579	〈0.428	〈0.710	-	〈0.169
		^{40}K	986±32	969±30	809±25	807±28	893	894 (764 ~ 1,070)
비교지점	연산 주말농장	^{134}Cs	〈0.592	〈0.664	〈0.631	〈0.565	-	〈0.166
		^{137}Cs	〈0.706	〈0.774	〈0.768	〈0.604	-	〈0.209
		^{131}I	〈1.24	〈0.965	〈1.11	〈0.814	-	〈0.295
		^{60}Co	〈0.825	〈0.807	〈0.858	〈0.818	-	〈0.213
		^{51}Cr	〈3.46	〈4.14	〈6.04	〈4.97	-	〈1.32
		^{59}Fe	〈0.820	〈1.33	〈1.38	〈0.747	-	〈0.359
		^{54}Mn	〈0.748	〈0.716	〈0.718	〈0.636	-	〈0.197
		^{40}K	866±29	835±30	818±29	807±30	832	949 (803 ~ 1,060)

부록 표 15. 대덕원자력시설 주변 솔잎의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/kg-fresh)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.2)	하반기(9.8)	연평균	
부지내	본관동쪽	^{134}Cs	〈0.0694	〈0.0613	-	〈0.0159
		^{137}Cs	〈0.0791	〈0.0757	-	〈0.0261
		^{131}I	〈0.184	〈0.144	-	〈0.0223
		^{60}Co	〈0.0813	〈0.0733	-	〈0.0178
		^{51}Cr	〈0.771	〈0.552	-	〈0.107
		^{59}Fe	〈0.161	〈0.226	-	〈0.0528
		^{54}Mn	〈0.0883	〈0.0664	-	〈0.0214
		^{40}K	61.2±2.7	60.4±2.4	60.8	56.3 (44.6 ~ 68.0)
		^{7}Be	16.5±1.2	21.7±1.3	19.1	15.3 (7.63 ~ 25.9)
	기상탑	^{134}Cs	〈0.0572	〈0.0687	-	〈0.0224
		^{137}Cs	〈0.0386	〈0.0758	-	〈0.0307
		^{131}I	〈0.239	〈0.0705	-	〈0.0326
		^{60}Co	〈0.0870	〈0.0841	-	〈0.0211
		^{51}Cr	〈0.859	〈0.577	-	〈0.227
		^{59}Fe	〈0.188	〈0.164	-	〈0.0315
		^{54}Mn	〈0.0842	〈0.0667	-	〈0.0237
		^{40}K	53.9±2.6	52.4±2.4	53.2	55.5 (40.5 ~ 96.5)
		^{7}Be	14.6±0.9	29.5±1.2	22.1	15.1 (7.95 ~ 21.3)
비교지점	연산 주말농장	^{134}Cs	〈0.0556	〈0.0829	-	〈0.0271
		^{137}Cs	〈0.0905	〈0.0787	-	〈0.0235
		^{131}I	〈0.187	〈0.139	-	〈0.0504
		^{60}Co	〈0.0649	〈0.104	-	〈0.0382
		^{51}Cr	〈0.424	〈0.651	-	〈0.195
		^{59}Fe	〈0.204	〈0.209	-	〈0.0658
		^{54}Mn	〈0.0581	〈0.116	-	〈0.0349
		^{40}K	71.6±2.9	105±4	88.4	87.7 (75.1 ~ 99.9)
		^{7}Be	20.3±1.1	10.0±1.0	15.2	15.8 (11.1 ~ 22.6)

부록 표 16. 대덕 원자력시설 주변 빗물의 방사능 농도 (삼중수소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월 (1.31)	2월 (2.28)	3월 (3.31)	4월 (4.27)	5월 (5.31)	6월 (6.30)	7월 (7.31)	8월 (8.31)	9월 (9.29)	10월 (10.31)	11월 (11.30)	12월 (12.29)	연평균	
부지내	본관동 동쪽	〈1.77 (2.23 ±1.22)	〈1.66	〈1.70 (2.04 ±1.86)	〈1.70 (1.92 ±1.93)	〈1.69	〈1.69	〈1.80	〈1.76	〈1.74	〈1.67 (1.92 ±1.71)	〈1.68	〈1.69 (3.21 ±1.43)		2.33 (〈1.58 ~11.1)
	독신료	8.11±1.34	〈1.66	〈1.70 (2.08 ±1.51)	〈1.70	〈1.69	〈1.69 (1.75 ±1.69)	〈1.80	〈1.76	〈1.74	5.35±1.63	〈1.68	〈1.69 (3.27 ±1.73)	2.55	3.49 (〈1.58~ 22.3)
	기상탑	〈1.77	〈1.66 (2.46 ±1.42)	〈1.70	〈1.70 (2.85 ±1.75)	〈1.69	〈1.69	〈1.80	〈1.76 (2.40 ±2.27)	〈1.74	6.09±1.69	〈1.68 (2.21 ±1.96)	〈1.69 (2.10 ±1.58)	2.08	3.43 (〈1.58~ 34.4)
	제3연구동	14.5±1.7	〈1.66 (2.48 ±1.83)	〈1.70 (2.27 ±1.92)	〈1.70	〈1.69 (1.88 ±2.02)	〈1.69	〈1.80	〈1.76 (2.69 ±2.31)	〈1.74	〈1.67 (4.27 ±1.52)	〈1.68 (2.40 ±1.52)	〈1.69 (5.09 ±1.84)	2.78	4.52 (〈1.58~ 37.5)
평균		6.54	-	-	-	-	-	-	-	-	3.70	-	-	2.28	-
비교지점	연산 주말농장	〈1.77	〈1.66	〈1.70	〈1.70	〈1.69	〈1.69	〈1.80	〈1.76	〈1.74	〈1.67	〈1.68	〈1.69	-	〈1.58

KAERI

부록 표 17. 대덕 원자력시설 주변 빗물의 방사능 농도 (전베타)

(단위: Bq/L)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월 (1.31)	2월 (2.28)	3월 (3.31)	4월 (4.27)	5월 (5.31)	6월 (6.30)	7월 (7.31)	8월 (8.31)	9월 (9.29)	10월 (10.31)	11월 (11.30)	12월 (12.29)	연평균	
부지내	독신료	0.0623 ±0.0144	0.126 ±0.022	0.0838 ±0.0172	〈0.0324	0.206 ±0.031	〈0.0359	0.0337 ±0.0107	〈0.0286	〈0.0288	〈0.0388	0.0553 ±0.0141	0.0591 ±0.0147	0.0659	0.0881 (〈0.0273 ~ 0.735)
	기상탑	0.0858 ±0.0175	0.193 ±0.030	0.0838 ±0.0172	0.0358 ±0.0105	0.129 ±0.023	〈0.0359	〈0.0317	〈0.0286	〈0.0288	〈0.0388	〈0.0300	0.0727 ±0.0166	0.0662	0.0649 (〈0.0243 ~ 0.247)
	본관동 동쪽	0.0520 ±0.0130	0.174 ±0.028	0.105 ±0.020	〈0.0324	0.117 ±0.021	〈0.0359	〈0.0317	0.0293 ±0.0099	〈0.0288	〈0.0388	0.0353 ±0.0110	0.0521 ±0.0136	0.0610	0.0685 (〈0.0243 ~ 0.253)
	제3연구동	0.113 ±0.021	0.182 ±0.029	0.120 ±0.022	〈0.0324	0.142 ±0.024	0.0770 ±0.0164	0.0808 ±0.0176	0.0400 ±0.0118	〈0.0288	0.0766 ±0.0171	〈0.0300	0.102 ±0.020	0.0853	0.0636 (〈0.0243 ~ 0.256)
평균		0.0782	0.169	0.0981	0.0333	0.149	0.0462	0.0445	0.0316	-	0.0483	0.0377	0.0715	0.0696	-
비교지점	연산 주말농장	0.0693 ±0.0154	0.210 ±0.032	0.190 ±0.029	〈0.0324	0.126 ±0.022	〈0.0359	〈0.0317	〈0.0286	0.0338 ±0.0107	0.0658 ±0.0156	0.0645 ±0.0154	0.0535 ±0.0139	0.0785	0.0688 (〈0.0260 ~ 0.357)

부록 표 18. 대덕원자력시설 주변 빗물의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/L)

조사지점		조사핵종	2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월* (1.31)	2월 (2.28)	3월* (3.31)	4월 (4.27)	5월* (5.31)	6월 (6.30)	7월 (7.31)	8월 (8.31)	9월 (9.29)	10월 (10.31)	11월* (11.30)	12월 (12.29)	연평균	
부지내	독신료	^{134}Cs	〈0.00692	〈0.00268	〈0.0130	〈0.00514	〈0.00669	〈0.00274	〈0.00348	〈0.00370	〈0.00469	〈0.00673	〈0.0140	〈0.00456	-	〈0.000857
		^{137}Cs	〈0.00787	〈0.00309	〈0.0140	〈0.00577	〈0.00678	〈0.00370	〈0.00343	〈0.00289	〈0.00569	〈0.00621	〈0.0106	〈0.00593	-	〈0.000673
		^{131}I	〈0.00837	〈0.00586	〈0.0237	〈0.0116	〈0.00916	〈0.00387	〈0.00395	〈0.00643	〈0.00699	〈0.0133	〈0.0166	〈0.0104	-	〈0.00112
		^{60}Co	〈0.00808	〈0.00247	〈0.0153	〈0.00398	〈0.00681	〈0.00170	〈0.00418	〈0.00269	〈0.00551	〈0.00759	〈0.0170	〈0.00648	-	〈0.00171
		^{51}Cr	〈0.0671	〈0.0303	〈0.134	〈0.0535	〈0.0436	〈0.0187	〈0.0291	〈0.0324	〈0.0498	〈0.0664	〈0.120	〈0.0595	-	〈0.00708
		^{59}Fe	〈0.0172	〈0.00513	〈0.0323	〈0.00787	〈0.0110	〈0.00670	〈0.00764	〈0.00825	〈0.0100	〈0.0162	〈0.0158	〈0.0132	-	〈0.00126
		^{54}Mn	〈0.00699	〈0.00305	〈0.0152	〈0.00541	〈0.00586	〈0.00280	〈0.00418	〈0.00336	〈0.00565	〈0.00689	〈0.00971	〈0.00555	-	〈0.000831
		^{40}K	〈0.186	〈0.0751	〈0.425	〈0.123	〈0.191	〈0.137	〈0.0967	〈0.110	〈0.115	〈0.184	〈0.414	〈0.170	-	0.231 (0.0339 ~ 2.14)
	본관동 동쪽	^{134}Cs	〈0.00868	〈0.00274	〈0.0214	〈0.00342	〈0.00725	〈0.00372	〈0.00318	〈0.00308	〈0.00277	〈0.00579	〈0.0150	〈0.00542	-	〈0.000961
		^{137}Cs	〈0.00833	〈0.00393	〈0.0258	〈0.00378	〈0.00812	〈0.00369	〈0.00361	〈0.00412	〈0.00236	〈0.00723	〈0.0138	〈0.00322	-	〈0.000691
		^{131}I	〈0.0103	〈0.00755	〈0.0169	〈0.0115	〈0.00462	〈0.00366	〈0.00356	〈0.00705	〈0.0100	〈0.0173	〈0.0217	〈0.0126	-	〈0.000973
		^{60}Co	〈0.00765	〈0.00322	〈0.0206	〈0.00511	〈0.00731	〈0.00418	〈0.00159	〈0.00410	〈0.00236	〈0.00883	〈0.0131	〈0.00358	-	〈0.00126
		^{51}Cr	〈0.0686	〈0.0211	〈0.113	〈0.0491	〈0.0515	〈0.0243	〈0.0368	〈0.0324	〈0.0298	〈0.0502	〈0.119	〈0.0385	-	〈0.0100
		^{59}Fe	〈0.0215	〈0.00786	〈0.0462	〈0.0139	〈0.00695	〈0.00541	〈0.00527	〈0.00433	〈0.00527	〈0.0111	〈0.0183	〈0.00875	-	〈0.00253
		^{54}Mn	〈0.00902	〈0.00306	〈0.0216	〈0.00414	〈0.00792	〈0.00282	〈0.00284	〈0.00437	〈0.00367	〈0.00643	〈0.0143	〈0.00542	-	〈0.00130
		^{40}K	〈0.266	〈0.272	〈0.506	〈0.101	〈0.221	〈0.114	〈0.1000	〈0.0970	〈0.113	〈0.226	〈0.382	〈0.182	-	0.162 (0.0323 ~ 1.51)

KAERI

부록 표 18.〈계속〉

(단위: Bq/L)

조사지점		조사핵종	2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월* (1.31)	2월 (2.28)	3월* (3.31)	4월 (4.27)	5월* (5.31)	6월 (6.30)	7월 (7.31)	8월 (8.31)	9월 (9.29)	10월* (10.31)	11월* (11.30)	12월 (12.29)	연평균	
부지내	제3연구동	^{134}Cs	〈0.0109	〈0.00296	〈0.0252	〈0.00332	〈0.00906	〈0.00250	〈0.00389	〈0.00437	〈0.00271	〈0.00596	〈0.0208	〈0.00440	-	〈0.000854
		^{137}Cs	〈0.0124	〈0.00379	〈0.0313	〈0.00332	〈0.0159	〈0.00406	〈0.00629	〈0.00336	〈0.00281	〈0.00504	〈0.0131	〈0.00694	-	〈0.000844
		^{131}I	〈0.0160	〈0.00653	〈0.0438	〈0.00857	〈0.0128	〈0.00446	〈0.00762	〈0.00671	〈0.00410	〈0.0194	〈0.0463	〈0.0127	-	〈0.000811
		^{60}Co	〈0.0129	〈0.00358	〈0.0286	〈0.00273	〈0.0109	〈0.00369	〈0.00487	〈0.00348	〈0.00181	〈0.00931	〈0.0260	〈0.00752	-	〈0.000660
		^{51}Cr	〈0.0595	〈0.0368	〈0.175	〈0.0313	〈0.0991	〈0.0323	〈0.0340	〈0.0222	〈0.0342	〈0.0754	〈0.202	〈0.0478	-	〈0.00870
		^{59}Fe	〈0.0202	〈0.00670	〈0.0629	〈0.00806	〈0.0146	〈0.00781	〈0.00613	〈0.00420	〈0.00561	〈0.00931	〈0.0207	〈0.00679	-	〈0.00101
		^{54}Mn	〈0.0117	〈0.00305	〈0.0258	〈0.00381	〈0.00947	〈0.00423	〈0.00452	〈0.00459	〈0.00314	〈0.00848	〈0.0183	〈0.00723	-	〈0.00108
		^{40}K	〈0.373	〈0.104	〈0.832	〈0.103	〈0.296	〈0.0988	〈0.125	〈0.133	〈0.0729	〈0.247	〈0.691	〈0.205	-	0.171 (〈0.0100~ 1.86)
	기상탑	^{134}Cs	〈0.00722	〈0.00469	〈0.0151	〈0.00394	〈0.00599	〈0.00257	〈0.00360	〈0.00307	〈0.00291	〈0.00866	〈0.0123	〈0.00428	-	〈0.00101
		^{137}Cs	〈0.00774	〈0.00459	〈0.0157	〈0.00204	〈0.00388	〈0.00439	〈0.00439	〈0.00278	〈0.00190	〈0.0139*	〈0.0140	〈0.00505	-	〈0.000951
		^{131}I	〈0.0115	〈0.0125	〈0.0261	〈0.0102	〈0.00842	〈0.00519	〈0.00372	〈0.00430	〈0.0109	〈0.0135	〈0.0208	〈0.0109	-	〈0.000758
		^{60}Co	〈0.0118	〈0.00510	〈0.0205	〈0.00468	〈0.00819	〈0.00465	〈0.00451	〈0.00259	〈0.00252	〈0.0134	〈0.00793	〈0.00496	-	〈0.00127
		^{51}Cr	〈0.0453	〈0.0559	〈0.195	〈0.0364	〈0.0606	〈0.0267	〈0.0231	〈0.0282	〈0.0339	〈0.103	〈0.0824	〈0.0472	-	〈0.00783
		^{59}Fe	〈0.0138	〈0.00821	〈0.0296	〈0.0106	〈0.0153	〈0.00975	〈0.00763	〈0.00881	〈0.00633	〈0.0168	〈0.0217	〈0.00779	-	〈0.00229
		^{54}Mn	〈0.00705	〈0.00486	〈0.0156	〈0.00312	〈0.00717	〈0.00322	〈0.00370	〈0.00378	〈0.00180	〈0.00923	〈0.0134	〈0.00456	-	〈0.00120
		^{40}K	〈0.260	〈0.167	〈0.712	〈0.124	〈0.207	〈0.122	〈0.115	〈0.0981	〈0.0975	〈0.248	〈0.337	〈0.151	-	0.173 (〈0.0330~ 1.68)

부록 표 18. 〈계속〉

(단위: Bq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월* (1.31)	2월 (2.28)	3월* (3.31)	4월 (4.27)	5월 (5.31)	6월 (6.30)	7월 (7.31)	8월 (8.31)	9월 (9.29)	10월 (10.31)	11월* (11.30)	12월 (12.29)	연평균	
비교지점	연산주말농장	^{134}Cs	〈0.00870	〈0.00398	〈0.0153	〈0.00282	〈0.00481	〈0.00526	〈0.00353	〈0.00260	〈0.00397	〈0.00593	〈0.00708	〈0.00570	-	〈0.00119
		^{137}Cs	〈0.00787	〈0.00503	〈0.0142	〈0.00350	〈0.00409	〈0.00527	〈0.00478	〈0.00372	〈0.00425	〈0.00676	〈0.0103	〈0.00502	-	〈0.00139
		^{131}I	〈0.00839	〈0.00934	〈0.0253	〈0.00684	〈0.00682	〈0.00736	〈0.00562	〈0.00610	〈0.00582	〈0.0114	〈0.0175	〈0.0166	-	〈0.00162
		^{60}Co	〈0.00751	〈0.00409	〈0.0203	〈0.00366	〈0.00694	〈0.00333	〈0.00411	〈0.00356	〈0.00414	〈0.00963	〈0.00767	〈0.00511	-	〈0.00134
		^{51}Cr	〈0.0513	〈0.0383	〈0.175	〈0.0368	〈0.0498	〈0.0381	〈0.0297	〈0.0227	〈0.0393	〈0.0634	〈0.0824	〈0.0513	-	〈0.00908
		^{59}Fe	〈0.0222	〈0.00521	〈0.0300	〈0.00809	〈0.0112	〈0.0103	〈0.00928	〈0.00682	〈0.00995	〈0.0165	〈0.0212	〈0.0140	-	〈0.00113
		^{54}Mn	〈0.00937	〈0.00432	〈0.0154	〈0.00337	〈0.00740	〈0.00450	〈0.00466	〈0.00370	〈0.00397	〈0.00648	〈0.00960	〈0.00600	-	〈0.000892
		^{40}K	〈0.233	〈0.0999	〈0.502	〈0.0993	〈0.196	〈0.128	〈0.122	〈0.112	〈0.0920	〈0.169	〈0.231	〈0.168	-	〈0.0342

* 갈수기로 인한 시료 부족

부록 표 19. 대덕 원자력시설 주변 지표수의 방사능 농도 (삼중수소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월 (1.24)	2월 (2.21)	3월 (3.23)	4월 (4.25)	5월 (5.23)	6월 (6.22)	7월 (7.26)	8월 (8.23)	9월 (9.27)	10월 (10.24)	11월 (11.21)	12월 (12.22)	연평균	
부지내	덕진 소류지	<1.71 (2.28±1.15)	<1.82	<1.76 (2.44±1.89)	<1.72	<1.76	<1.79 (2.47±0.85)	<1.77	<1.76	<1.69 (3.57±1.20)	<1.67 (1.85±1.57)	<1.75	<1.73 (3.02±1.37)	-	2.08 (<1.58 ~ 7.15)
	오폐수 처리장앞	6.79±1.79	4.29±1.28	<1.76 (2.35±1.73)	5.35±1.19	<1.76 (1.94±2.38)	5.08±0.87	7.85±1.58	20.7±2.8	14.2±1.8	8.27±2.47	8.63±1.83	10.5±1.4	7.92	8.37 (<1.77 ~ 21.2)
	정문앞 배수구	<1.71 (3.65±1.82)	<1.82	<1.76	<1.72 (2.65±1.76)	<1.76 (2.00±1.90)	<1.79	<1.77 (3.96±1.84)	12.7±2.6	10.8±1.4	<1.67 (4.71±2.68)	<1.75 (3.94±1.95)	6.78±1.65	3.83	2.78 (<1.58 ~ 8.08)
	본관동편 배수구	4.54±1.30	<1.82	<1.76	<1.72	<1.76	<1.79	<1.77	<1.76 (4.83±2.32)	<1.69 (2.81±1.71)	<1.67	<1.75 (4.77±2.00)	<1.73	1.98	2.17 (<1.58 ~ 7.79)
평균		3.69	2.44	-	2.63	-	2.61	3.29	9.23	7.08	3.32	3.47	5.17	3.87	-
주변 지역	배수구 합류지점	<1.71 (4.44±1.79)	<1.82	<1.76 (2.24±1.87)	<1.72 (3.33±1.77)	<1.76 (2.35±2.01)	5.46±1.24	<1.77 (3.50±1.28)	12.0±2.3	<1.69 (4.98±1.82)	<1.67 (5.72±2.01)	5.94±1.73	<1.73 (4.06±1.64)	3.25	3.02 (<1.58 ~ 8.08)
비교 지점	연산 주말농장	<1.71	<1.82	<1.76	<1.72	<1.76	<1.79	<1.77	<1.76	<1.69	<1.67	<1.75	<1.73	-	<1.58
평균		-	-	-	-	-	3.62	-	6.88	-	-	3.84	-	2.50	-

부록 표 20. 대덕 원자력시설 주변 지표수의 방사능 농도 (전베타)

(단위: Bq/L)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월 (1.24)	2월 (2.21)	3월 (3.23)	4월 (4.25)	5월 (5.23)	6월 (6.22)	7월 (7.26)	8월 (8.23)	9월 (9.27)	10월 (10.24)	11월 (11.21)	12월 (12.22)	연평균	
부지내	정문앞배수구	0.117 ±0.021	0.125 ±0.022	0.107 ±0.020	0.0774 ±0.0164	0.141 ±0.024	0.126 ±0.022	0.129 ±0.024	0.0921 ±0.0191	0.0671 ±0.0158	0.103 ±0.020	0.134 ±0.024	0.106 ±0.021	0.110	0.102 (0.0567~ 0.143)
	본관동편배수구	0.123 ±0.022	0.0850 ±0.0174	0.0749 ±0.0161	0.0673 ±0.0151	0.0900 ±0.0180	0.211 ±0.032	0.175 ±0.029	0.120 ±0.023	0.0729 ±0.0166	0.131 ±0.024	0.154 ±0.027	0.112 ±0.022	0.118	0.0991 (<0.0347~ 0.151)
	오폐수처리장앞	0.165 ±0.027	0.235 ±0.034	0.198 ±0.030	0.210 ±0.032	0.235 ±0.034	0.233 ±0.034	0.255 ±0.038	0.230 ±0.035	0.0803 ±0.0176	0.348 ±0.047	0.200 ±0.032	0.228 ±0.035	0.218	0.180 (0.0539~ 0.309)
	덕진 소류지	0.0453 ±0.0120	0.0445 ±0.0119	0.0816 ±0.0170	0.0467 ±0.0122	<0.0309	0.0397 ±0.0111	0.0574 ±0.0144	0.0452 ±0.0126	<0.0306	0.0519 ±0.0136	0.0681 ±0.0159	0.0461 ±0.0127	0.0490	0.0342 (<0.0154~ 0.102)
평균		0.112	0.123	0.115	0.100	0.124	0.153	0.154	0.122	0.0627	0.158	0.139	0.123	0.124	-
주변지역	배수구합류지점	0.0994 ±0.0192	0.0949 ±0.0186	0.0885 ±0.0178	0.104 ±0.020	0.100 ±0.019	0.109 ±0.020	0.121 ±0.023	0.0789 ±0.0174	0.0651 ±0.0155	0.114 ±0.022	0.144 ±0.025	0.136 ±0.024	0.105	0.0937 (0.0324~ 0.172)
비교지점	연산주말농장	0.0535 ±0.0132	0.117 ±0.021	0.0495 ±0.0126	0.0445 ±0.0119	0.0570 ±0.0137	0.0616 ±0.0143	0.0443 ±0.0124	0.0345 ±0.0108	0.0607 ±0.0149	0.0536 ±0.0139	0.0843 ±0.0181	0.0714 ±0.0164	0.0610	0.0406 (<0.0181~0.0830)
평균		0.0765	0.106	0.0690	0.0741	0.0787	0.0853	0.0827	0.0567	0.0629	0.0840	0.114	0.104	0.0828	-

부록 표 21. 대덕 원자력시설 주변 지표수의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월 (1.24)	2월 (2.21)	3월 (3.23)	4월 (4.25)	5월 (5.23)	6월 (6.22)	7월 (7.26)	8월 (8.23)	9월 (9.27)	10월 (10.24)	11월 (11.21)	12월 (12.22)	연평균	
부지내	덕진소류지	^{134}Cs	〈0.00328	〈0.00494	〈0.00277	〈0.00275	〈0.00252	〈0.00378	〈0.00515	〈0.00211	〈0.00380	〈0.00436	〈0.00352	〈0.00206	-	〈0.000843
		^{137}Cs	〈0.00359	〈0.00551	〈0.00358	〈0.00368	〈0.00341	〈0.00630	〈0.00573	〈0.00320	〈0.00384	〈0.00447	〈0.00443	〈0.00290	-	〈0.00103
		^{131}I	〈0.0126	〈0.00822	〈0.00490	〈0.00909	〈0.0128	〈0.00784	〈0.00529	〈0.00372	〈0.00572	〈0.00864	〈0.00722	〈0.00667	-	〈0.00121
		^{60}Co	〈0.00426	〈0.00505	〈0.00158	〈0.00311	〈0.00356	〈0.00665	〈0.00558	〈0.00293	〈0.00558	〈0.00586	〈0.00311	〈0.00140	-	〈0.00110
		^{51}Cr	〈0.0421	〈0.0265	〈0.0307	〈0.0278	〈0.0337	〈0.0440	〈0.0375	〈0.0234	〈0.0436	〈0.0364	〈0.0183	〈0.0283	-	〈0.00476
		^{59}Fe	〈0.0108	〈0.00670	〈0.00706	〈0.00803	〈0.00483	〈0.00787	〈0.00681	〈0.00589	〈0.00869	〈0.00935	〈0.00716	〈0.00719	-	〈0.00123
		^{54}Mn	〈0.00434	〈0.00259	〈0.00383	〈0.00399	〈0.00389	〈0.00461	〈0.00527	〈0.00339	〈0.00466	〈0.00390	〈0.00330	〈0.00311	-	〈0.000933
		^{40}K	〈0.0997	〈0.159	〈0.0974	〈0.103	〈0.0991	〈0.115	〈0.120	〈0.0767	〈0.116	〈0.124	〈0.101	〈0.0958	-	0.0970 (〈0.0249~ 0.217)
	오폐수처리장앞	^{134}Cs	〈0.00311	〈0.00284	〈0.00279	〈0.00507	〈0.00334	〈0.00270	〈0.00286	〈0.00301	〈0.00272	〈0.00361	〈0.00362	〈0.00333	-	〈0.000908
		^{137}Cs	〈0.00364	〈0.00276	〈0.00268	〈0.00274	〈0.00434	〈0.00340	〈0.00289	〈0.00367	〈0.00306	〈0.00249	〈0.00353	〈0.00254	-	〈0.00105
		^{131}I	〈0.00890	〈0.00353	〈0.00396	〈0.0122	〈0.00984	〈0.00527	〈0.00431	〈0.00584	〈0.00344	〈0.00675	〈0.00723	〈0.00982	-	〈0.00135
		^{60}Co	〈0.00334	〈0.00285	〈0.00277	〈0.00310	〈0.00415	〈0.00355	〈0.00399	〈0.00399	〈0.00320	〈0.00423	〈0.00375	〈0.00438	-	〈0.00142
		^{51}Cr	〈0.0379	〈0.0199	〈0.0211	〈0.0506	〈0.0357	〈0.0299	〈0.0316	〈0.0313	〈0.0261	〈0.0334	〈0.0259	〈0.0398	-	〈0.00717
		^{59}Fe	〈0.00606	〈0.00593	〈0.00531	〈0.00722	〈0.0122	〈0.00715	〈0.00845	〈0.00716	〈0.00664	〈0.0115	〈0.00673	〈0.00467	-	〈0.00140
		^{54}Mn	〈0.00299	〈0.00298	〈0.00252	〈0.00441	〈0.00329	〈0.00300	〈0.00415	〈0.00291	〈0.00349	〈0.00441	〈0.00366	〈0.00478	-	〈0.00101
		^{40}K	〈0.0989	〈0.113	〈0.0827	〈0.119	0.224 ±0.063	〈0.103	〈0.100	〈0.114	〈0.0801	0.272 ±0.064	0.223 ±0.067	〈0.115	0.137	0.184 (〈0.0364~ 0.154)

부록 표 21.〈계속〉

(단위: Bq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월 (1.24)	2월 (2.21)	3월 (3.23)	4월 (4.25)	5월 (5.23)	6월 (6.22)	7월 (7.26)	8월 (8.23)	9월 (9.27)	10월 (10.24)	11월 (11.21)	12월 (12.22)	연평균	
부지내	정문앞배수구	^{134}Cs	〈0.00506	〈0.00469	〈0.00397	〈0.00361	〈0.00331	〈0.00287	〈0.00368	〈0.00345	〈0.00342	〈0.00350	〈0.00454	〈0.00335	-	〈0.000784
		^{137}Cs	〈0.00397	〈0.00528	〈0.00337	〈0.00318	〈0.00387	〈0.00493	〈0.00500	〈0.00308	〈0.00378	〈0.00268	〈0.00448	〈0.00451	-	〈0.000915
		^{131}I	〈0.0110	〈0.00630	〈0.00596	〈0.00958	〈0.00966	〈0.00553	〈0.00439	〈0.00553	〈0.00404	〈0.00574	〈0.00959	〈0.00928	-	〈0.00114
		^{60}Co	〈0.00472	〈0.00527	〈0.00204	〈0.00462	〈0.00362	〈0.00236	〈0.00530	〈0.00438	〈0.00357	〈0.00281	〈0.00571	〈0.00341	-	〈0.000757
		^{51}Cr	〈0.0454	〈0.0215	〈0.0274	〈0.0417	〈0.0201	〈0.0293	〈0.0348	〈0.0235	〈0.0247	〈0.0303	〈0.0608	〈0.0249	-	〈0.00464
		^{59}Fe	〈0.0107	〈0.00968	〈0.00583	〈0.00909	〈0.00997	〈0.00660	〈0.0103	〈0.00850	〈0.00615	〈0.00616	〈0.00593	〈0.00723	-	〈0.000918
		^{54}Mn	〈0.00576	〈0.00438	〈0.00369	〈0.00416	〈0.00284	〈0.00318	〈0.00500	〈0.00324	〈0.00371	〈0.00374	〈0.00362	〈0.00380	-	〈0.000978
		^{40}K	〈0.139	〈0.161	〈0.0930	0.182 ±0.049	〈0.105	〈0.0964	〈0.120	〈0.112	〈0.0885	〈0.104	〈0.116	〈0.109	0.119	0.122 (〈0.0283 ~ 0.381)
	본관동편배수구	^{134}Cs	〈0.00353	〈0.00482	〈0.00331	〈0.00346	〈0.00499	〈0.00459	〈0.00327	〈0.00375	〈0.00338	〈0.00297	〈0.00321	〈0.00294	-	〈0.000907
		^{137}Cs	〈0.00360	〈0.00586	〈0.00407	〈0.00390	〈0.00500	〈0.00532	〈0.00443	〈0.00273	〈0.00372	〈0.00365	〈0.00436	〈0.00409	-	〈0.000640
		^{131}I	〈0.0103	〈0.00557	〈0.00567	〈0.00982	〈0.0111	〈0.00724	〈0.00336	〈0.00698	〈0.0129	〈0.00699	〈0.00890	〈0.00977	-	〈0.00124
		^{60}Co	〈0.00422	〈0.00396	〈0.00341	〈0.00312	〈0.00514	〈0.00280	〈0.00354	〈0.00629	〈0.00327	〈0.00384	〈0.00385	〈0.00363	-	〈0.000541
		^{51}Cr	〈0.0384	〈0.0380	〈0.0329	〈0.0223	〈0.0415	〈0.0324	〈0.0249	〈0.0428	〈0.0375	〈0.0257	〈0.0322	〈0.0185	-	〈0.00637
		^{59}Fe	〈0.00637	〈0.0109	〈0.00618	〈0.00341	〈0.00419	〈0.00675	〈0.00546	〈0.0120	〈0.00438	〈0.00391	〈0.00921	〈0.00750	-	〈0.000966
		^{54}Mn	〈0.00365	〈0.00662	〈0.00346	〈0.00393	〈0.00491	〈0.00436	〈0.00346	〈0.00411	〈0.00291	〈0.00319	〈0.00429	〈0.00394	-	〈0.00109
		^{40}K	〈0.125	〈0.124	〈0.138	〈0.101	〈0.114	〈0.123	〈0.117	〈0.120	〈0.0984	〈0.0969	〈0.0973	〈0.106	-	0.129 (〈0.0279 ~ 0.462)

부록 표 21. 〈계속〉

(단위: Bq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월 (1.24)	2월 (2.21)	3월 (3.23)	4월 (4.25)	5월 (5.23)	6월 (6.22)	7월 (7.26)	8월 (8.23)	9월 (9.27)	10월 (10.24)	11월 (11.21)	12월 (12.22)	연평균	
주변지역	배수구합류지점	^{134}Cs	〈0.00270	〈0.00337	〈0.00367	〈0.00350	〈0.00550	〈0.00348	〈0.00360	〈0.00399	〈0.00288	〈0.00347	〈0.00336	〈0.00376	-	〈0.00100
		^{137}Cs	〈0.00243	〈0.00314	〈0.00768	〈0.00636	〈0.00556	〈0.00385	〈0.00298	〈0.00441	〈0.00364	〈0.00402	〈0.00445	〈0.00444	-	〈0.000599
		^{131}I	〈0.00899	〈0.00312	〈0.0110	〈0.0105	〈0.00988	〈0.00537	〈0.00334	〈0.00618	〈0.00311	〈0.00565	〈0.00820	〈0.00912	-	〈0.000739
		^{60}Co	〈0.00264	〈0.00356	〈0.00436	〈0.00585	〈0.00444	〈0.00388	〈0.00471	〈0.00400	〈0.00170	〈0.00330	〈0.00205	〈0.00313	-	〈0.00110
		^{51}Cr	〈0.0228	〈0.0316	〈0.0543	〈0.0392	〈0.0544	〈0.0347	〈0.0226	〈0.0371	〈0.0229	〈0.0276	〈0.0286	〈0.0350	-	〈0.00584
		^{59}Fe	〈0.00867	〈0.00613	〈0.00796	〈0.0110	〈0.0119	〈0.00368	〈0.00493	〈0.00693	〈0.00833	〈0.00864	〈0.00895	〈0.00360	-	〈0.00127
		^{54}Mn	〈0.00304	〈0.00258	〈0.00502	〈0.00411	〈0.00428	〈0.00386	〈0.00355	〈0.00334	〈0.00327	〈0.00367	〈0.00436	〈0.00412	-	〈0.00102
		^{40}K	〈0.0763	〈0.122	〈0.144	〈0.101	〈0.122	〈0.103	〈0.0962	〈0.0947	〈0.131	〈0.106	〈0.0885	〈0.102	-	0.112 (〈0.0425 ~ 0.312)
비교지점	연산주말농장	^{134}Cs	〈0.00210	〈0.00329	〈0.00310	〈0.00282	〈0.00360	〈0.00316	〈0.00303	〈0.00307	〈0.00344	〈0.00355	〈0.00495	〈0.00464	-	〈0.000795
		^{137}Cs	〈0.00376	〈0.00347	〈0.00347	〈0.00423	〈0.00326	〈0.00318	〈0.00324	〈0.00395	〈0.00336	〈0.00522	〈0.00261	〈0.00555	-	〈0.000607
		^{131}I	〈0.00481	〈0.00238	〈0.00324	〈0.00759	〈0.0116	〈0.00602	〈0.00378	〈0.00612	〈0.00532	〈0.00719	〈0.00857	〈0.0140	-	〈0.00125
		^{60}Co	〈0.00264	〈0.00345	〈0.00266	〈0.00308	〈0.00359	〈0.00443	〈0.00295	〈0.00228	〈0.00242	〈0.00610	〈0.00516	〈0.00447	-	〈0.000741
		^{51}Cr	〈0.0261	〈0.0201	〈0.0299	〈0.0365	〈0.0399	〈0.0243	〈0.0223	〈0.0290	〈0.0199	〈0.0620	〈0.0258	〈0.0417	-	〈0.00773
		^{59}Fe	〈0.00673	〈0.00574	〈0.00705	〈0.00797	〈0.00655	〈0.00769	〈0.00500	〈0.00690	〈0.00674	〈0.0119	〈0.0101	〈0.00561	-	〈0.00132
		^{54}Mn	〈0.00280	〈0.00381	〈0.00271	〈0.00359	〈0.00306	〈0.00329	〈0.00367	〈0.00391	〈0.00404	〈0.00327	〈0.00354	〈0.00567	-	〈0.000646
		^{40}K	〈0.0999	〈0.119	〈0.103	〈0.101	〈0.0965	〈0.0962	〈0.103	〈0.0985	〈0.116	〈0.113	〈0.118	〈0.122	-	0.104 (〈0.0299 ~ 0.234)

부록 표 22. 대덕 원자력시설 주변 지하수의 방사능 농도 (우라늄)

(단위: mBq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1/4분기 (3.3)	2/4분기 (6.9)	3/4분기 (9.22)	4/4분기 (12.5)	연평균	
부지내	보덕샘	^{238}U	1,780±40	1,720±50	1,760±60	1,640±40	1,730	1,750 (1,260 ~ 2,090)
		^{235}U	77.7±3.3	62.7±2.5	81.0±4.1	75.5±2.6	74.2	90.7 (66.6 ~ 136)
		^{234}U	2,100±40	2,060±50	2,070±70	1,970±50	2,050	2,090 (1,550 ~ 2,550)
비교지점	연산주말농장	^{238}U	7.66±0.33	8.65±0.34	9.55±0.27	6.61±0.23	8.12	4.66 (0.882 ~ 9.32)
		^{235}U	0.418±0.077	0.316±0.039	0.430±0.036	0.312±0.034	0.369	0.212 (0.0592 ~ 0.459)
		^{234}U	9.82±0.39	10.5±0.4	12.0±0.3	8.11±0.26	10.1	5.74 (0.948 ~ 11.8)

부록 표 23. 대덕 원자력시설 주변 지하수의 방사능 농도 (삼중수소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1/4분기 (3.3)	2/4분기 (6.9)	3/4분기 (9.22)	4/4분기 (12.5)	연평균	
부지내	보덕샘	〈1.76	〈1.79	〈1.69	〈1.73	-	〈1.64
주변 지역	동화울	〈1.76	〈1.79	〈1.69	〈1.73	-	〈1.64
비교 지점	연산 주말농장	〈1.76	〈1.79	〈1.69	〈1.73	-	〈1.64

KAERI

부록 표 24. 대덕원자력시설 주변 지하수의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1/4분기 (3.3)	2/4분기 (6.9)	3/4분기 (9.22)	4/4분기 (12.5)	연평균	
부지내	보덕샘	^{134}Cs	〈0.00221	〈0.00309	〈0.00321	〈0.00278	-	〈0.000827
		^{137}Cs	〈0.00308	〈0.00428	〈0.00377	〈0.00274	-	〈0.00106
		^{131}I	〈0.00702	〈0.00542	〈0.00581	〈0.00382	-	〈0.000744
		^{60}Co	〈0.00319	〈0.00471	〈0.00322	〈0.00329	-	〈0.000767
		^{51}Cr	〈0.0403	〈0.0269	〈0.0324	〈0.0234	-	〈0.00837
		^{59}Fe	〈0.00705	〈0.00724	〈0.00677	〈0.00639	-	〈0.00102
		^{54}Mn	〈0.00236	〈0.00349	〈0.00316	〈0.00221	-	〈0.00116
		^{40}K	〈0.104	〈0.101	〈0.113	〈0.0718	-	〈0.0285
주변지역	동화울	^{134}Cs	〈0.00358	〈0.00300	〈0.00344	〈0.00443	-	〈0.00124
		^{137}Cs	〈0.00442	〈0.00373	〈0.00310	〈0.00529	-	〈0.000681
		^{131}I	〈0.0114	〈0.00599	〈0.00441	〈0.00621	-	〈0.00146
		^{60}Co	〈0.00256	〈0.00190	〈0.00326	〈0.00502	-	〈0.00127
		^{51}Cr	〈0.0359	〈0.0240	〈0.0309	〈0.0457	-	〈0.00689
		^{59}Fe	〈0.00594	〈0.00665	〈0.00737	〈0.0103	-	〈0.00222
		^{54}Mn	〈0.00285	〈0.00380	〈0.00295	〈0.00369	-	〈0.00128
		^{40}K	〈0.100	〈0.0993	〈0.0970	〈0.118	-	0.138 (〈0.0548 ~ 0.411)
비교지점	연산 주말 농장	^{134}Cs	〈0.00375	〈0.00364	〈0.00350	〈0.00437	-	〈0.00116
		^{137}Cs	〈0.00290	〈0.00507	〈0.00511	〈0.00512	-	〈0.00119
		^{131}I	〈0.0164	〈0.00576	〈0.00873	〈0.0110	-	〈0.00191
		^{60}Co	〈0.00473	〈0.00446	〈0.00585	〈0.00466	-	〈0.00139
		^{51}Cr	〈0.0495	〈0.0394	〈0.0407	〈0.0464	-	〈0.0133
		^{59}Fe	〈0.00597	〈0.00885	〈0.0165	〈0.0119	-	〈0.00287
		^{54}Mn	〈0.00385	〈0.00517	〈0.00624	〈0.00563	-	〈0.00108
		^{40}K	〈0.166	〈0.119	〈0.123	〈0.123	-	〈0.0389

부록 표 25. 대덕 원자력시설 주변 농산물(배추)의 방사능 농도 (스트론튬-90)

(단위: Bq/kg-fresh)

조사 지점		2017년 수확기(11.17/20)	평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
주변 지역	동화울	〈0.0190	0.0179 (〈0.0120 - 0.0270)
	구즉초등학교	〈0.0205	0.0151 (〈0.0120 - 0.0194)
비교 지점	연서면 주민센터	〈0.0223	0.0151 (〈0.0110 - 0.0182)
	연산주말농장	〈0.0177	0.0153 (〈0.0100 - 0.0228)
평균		-	-

부록 표 26. 대덕 원자력시설 주변 농산물(배추)의 방사능 농도 (삼중수소(TFWT))

(단위: Bq/kg-fresh)

조사 지점		2017년 수확기(11.17/20)	평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
주변 지역	동화울	〈1.57	〈1.54
	구즉초등학교	〈1.53	〈1.53
비교 지점	연서면 주민센터	〈1.58	〈1.51
	연산주말농장	〈1.59	〈1.53
평균		-	-

부록 표 27. 대덕 원자력시설 주변 농산물의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/kg-fresh)

조사 지점		조사 핵종	2017년			
			배추(11.17/20)	평상시변동범위 (최소 ~ 최대)	쌀(11.7/8)	평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
주변지역	동화울	^{134}Cs	〈0.0638	〈0.0379	〈0.0685	〈0.0543
		^{137}Cs	〈0.0792	〈0.0266	〈0.0978	〈0.0621
		^{131}I	〈0.0997	〈0.0505	〈0.174	〈0.0675
		^{60}Co	〈0.0836	〈0.0486	〈0.0906	〈0.0554
		^{51}Cr	〈0.303	〈0.334	〈0.747	〈0.593
		^{59}Fe	〈0.152	〈0.131	〈0.243	〈0.162
		^{54}Mn	〈0.0706	〈0.0473	〈0.0827	〈0.0654
		^{40}K	105±4	92.5 (87.1 ~ 101)	35.7±2.2	39.2 (34.4 ~ 42.2)
	둔곡동	^{134}Cs	〈0.0567	〈0.0252	〈0.0614	〈0.0613
		^{137}Cs	〈0.0574	〈0.0272	〈0.0815	〈0.0561
		^{131}I	〈0.147	〈0.0499	〈0.129	〈0.101
		^{60}Co	〈0.0528	〈0.0248	〈0.0851	〈0.0617
		^{51}Cr	〈0.509	〈0.200	〈0.627	〈0.362
		^{59}Fe	〈0.173	〈0.0552	〈0.152	〈0.153
		^{54}Mn	〈0.0431	〈0.0380	〈0.0595	〈0.0622
		^{40}K	109±4	84.2 (68.6 ~ 106)	38.1±2.1	31.8 (29.6 ~ 33.5)
비교지점	연서면 주민센터	^{134}Cs	〈0.0897	〈0.0386	〈0.0496	〈0.0613
		^{137}Cs	〈0.0977	〈0.0426	〈0.0640	〈0.0650
		^{131}I	〈0.258	〈0.0808	〈0.0907	〈0.122
		^{60}Co	〈0.173	〈0.0344	〈0.0667	〈0.0454
		^{51}Cr	〈1.45	〈0.275	〈0.435	〈0.712
		^{59}Fe	〈0.373	〈0.0867	〈0.136	〈0.183
		^{54}Mn	〈0.165	〈0.0565	〈0.0670	〈0.0815
		^{40}K	101±4	85.5 (68.4 ~ 110)	32.0±1.8	31.0 (25.8 ~ 35.1)
	연산 주말농장	^{134}Cs	〈0.0419	〈0.0427	〈0.0531	〈0.0620
		^{137}Cs	〈0.0461	〈0.0400	〈0.0674	〈0.0547
		^{131}I	〈0.0636	〈0.0825	〈0.0939	〈0.0774
		^{60}Co	〈0.0463	〈0.0421	〈0.0665	〈0.0662
		^{51}Cr	〈0.358	〈0.399	〈0.457	〈0.650
		^{59}Fe	〈0.0627	〈0.0962	〈0.138	〈0.144
		^{54}Mn	〈0.0497	〈0.0482	〈0.0642	〈0.0668
		^{40}K	90.9±3.0	81.2 (71.7 ~ 92.3)	31.1±1.7	29.1 (23.5 ~ 36.8)

부록 표 28. 대덕원자력시설 주변 축산물(가금류)의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/kg-fresh)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.22)	하반기(9.13)	연평균	
주변지역	안산동	^{134}Cs	〈0.0305	〈0.0324	-	〈0.0186
		^{137}Cs	〈0.0306	〈0.0370	-	〈0.0295
		^{131}I	〈0.0648	〈0.0589	-	〈0.0367
		^{60}Co	〈0.0583	〈0.0538	-	〈0.0224
		^{51}Cr	〈0.299	〈0.414	-	〈0.224
		^{59}Fe	〈0.149	〈0.109	-	〈0.0590
		^{54}Mn	〈0.0386	〈0.0403	-	〈0.0216
		^{40}K	94.9±3.0	94.5±3.0	94.7	70.2 (57.6 ~ 83.4)
비교지점	연서면 주민센터	^{134}Cs	〈0.0253	〈0.0316	-	〈0.0153
		^{137}Cs	〈0.0344	〈0.0369	-	〈0.0240
		^{131}I	〈0.0630	〈0.0655	-	〈0.0252
		^{60}Co	〈0.0458	〈0.0432	-	〈0.0200
		^{51}Cr	〈0.242	〈0.248	-	〈0.141
		^{59}Fe	〈0.106	〈0.104	-	〈0.0494
		^{54}Mn	〈0.0403	〈0.0325	-	〈0.0179
		^{40}K	87.0±3.0	85.3±2.6	86.2	70.8 (48.0 ~ 82.3)

KAERI

부록 표 29. 대덕원자력시설 주변 축산물(우유)의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.30)	하반기(9.15)	연평균	
주변지역	영대목장	^{134}Cs	〈0.0898	〈0.0759	-	〈0.0573
		^{137}Cs	〈0.140	〈0.139	-	〈0.0677
		^{131}I	〈0.142	〈0.151	-	〈0.0621
		^{60}Co	〈0.113	〈0.132	-	〈0.0546
		^{51}Cr	〈0.985	〈0.698	-	〈0.312
		^{59}Fe	〈0.202	〈0.273	-	〈0.0994
		^{54}Mn	〈0.126	〈0.101	-	〈0.0450
		^{40}K	52.0±3.0	52.0±3.0	52.0	49.6 (49.6 ~ 49.6)

KAERI

부록 표 30. TRIGA 연구로시설 주변 공간감마선량률 (환경방사선감시기)

(단위: nGy/h)

조사 지점		2017년												평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	2호기(MW) 동쪽	121±3	118±3	123±2	123±3	126±2	127±3	123±5	109±5	125±3	126±2	125±4	118±3	122	123 (115 ~ 127)
	2호기(MW) 서쪽	107±2	105±3	108±1	108±3	110±2	110±4	109±6	109±6	110±3	110±2	110±3	104±3	109	114 (107 ~ 128)
	1호기(KW) 서쪽	116±3	115±3	118±2	120±3	124±1	125±3	120±6	121±6	123±3	124±2	122±4	113±4	120	120 (114 ~ 125)
평균		114	113	116	117	120	121	117	115	119	120	119	112	117	-

KAERI

부록 표 31. TRIGA 연구로시설 주변 집적선량 (열형광선량계)

(단위: μGy/분기)

조사 지점		2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기	연평균	
부지내	1호기(KW) 동쪽	247±1	239±3	236±5	241±9	241	246 (225 ~ 270)
	1호기(KW) 서쪽	228±4	221±9	219±3	223±9	223	230 (197 ~ 266)
	2호기(MW) 동쪽	237±3	230±7	226±3	228±8	230	268 (226 ~ 310)
	2호기(MW) 서쪽	194±5	178±7	180±4	186±12	184	180 (162 ~ 226)
	보일러건물	231±5	228±12	250±21	236±13	236	244 (223 ~ 287)
	(구)폐기물건물	239±9	236±11	238±4	228±8	235	237 (213 ~ 293)
	(구) 정문	220±6	215±8	211±2	215±8	215	219 (193 ~ 245)
	(구)물리동	260±2	261±3	251±1	248±12	255	257 (236 ~ 280)
	한전기숙사남쪽	225±4	218±12	219±2	231±15	223	218 (192 ~ 249)
평균		231	225	225	226	227	-
주변지역	원자력의학원 앞	277±9	274±12	263±9	274±18	272	277 (260 ~ 315)
	원자력의학원 옆	205±2	198±5	222±4	217±7	211	224 (199 ~ 250)
	서울과학기술대학 연못	236±4	238±7	241±9	239±12	239	235 (209 ~ 265)
	서울여자대학교	218±3	206±11	207±2	218±19	212	221 (201 ~ 267)
	삼육대학	211±2	201±8	198±3	205±11	204	211 (189 ~ 233)
	인덕전문대학	244±1	246±8	242±7	245±7	244	252 (230 ~ 281)
	태능중학교	256±1	251±5	245±9	253±8	251	253 (236 ~ 277)
	공릉중학교	225±5	215±8	221±4	221±7	221	222 (203 ~ 253)
	광운대학교	272±7	276±12	260±10	271±7	270	260 (240 ~ 290)
평균		238	234	233	238	236	-

부록 표 32. TRIGA 연구로시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (전베타)

(단위: mBq/m^3)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	2호기(MW) 앞	2.18 ±0.11	1.60 ±0.08	1.53 ±0.08	0.727 ±0.037	0.660 ±0.038	0.859 ±0.041	0.690 ±0.039	0.596 ±0.034	1.27 ±0.06	1.49 ±0.08	1.24 ±0.07	1.88 ±0.08	1.23	1.20 (0.491~ 2.30)
	2호기(MW) 뒤	1.99 ±0.09	1.22 ±0.07	0.998 ±0.052	0.829 ±0.038	0.922 ±0.051	0.746 ±0.037	0.871 ±0.047	0.670 ±0.040	0.921 ±0.044	1.29 ±0.07	1.28 ±0.06	1.83 ±0.08	1.13	1.15 (0.446 ~ 2.13)
	1호기(KW) 앞	2.24 ±0.11	1.87 ±0.10	1.17 ±0.06	1.03 ±0.05	0.908 ±0.047	0.797 ±0.038	0.709 ±0.041	0.656 ±0.037	1.30 ±0.06	1.63 ±0.08	1.57 ±0.08	2.11 ±0.09	1.33	1.28 (0.469 ~ 2.55)
평균		2.14	1.56	1.23	0.861	0.830	0.801	0.757	0.641	1.16	1.47	1.36	1.94	1.23	-
비교지점	한전기계실 옆	1.88 ±0.08	1.67 ±0.07	1.56 ±0.06	0.957 ±0.047	0.650 ±0.031	0.781 ±0.039	0.820 ±0.031	0.633 ±0.032	1.24 ±0.06	1.61 ±0.06	1.93 ±0.08	2.85 ±0.14	1.38	1.21 (0.468 ~ 2.35)

부록 표 33. TRIGA 연구로시설 주변 공기 중 미립자의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: mBq/m^3)

조사 지점		조사 핵종	2017년												평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	2호기(MW)앞	^{134}Cs	〈0.00682	〈0.00792	〈0.00904	〈0.00701	〈0.0105	〈0.00614	〈0.00941	〈0.00870	〈0.00660	〈0.00795	〈0.0119	〈0.00859	-	〈0.00189
		^{137}Cs	〈0.00714	〈0.0115	〈0.00449	〈0.00916	〈0.0107	〈0.00897	〈0.00922	〈0.0117	〈0.00614	〈0.0103	〈0.0126	〈0.00520	-	〈0.00149
		^{131}I	〈0.105	〈0.0954	〈0.0551	〈0.0982	〈0.0593	〈0.0564	〈0.0583	〈0.0370	〈0.0962	〈0.0761	〈0.0745	〈0.105	-	〈0.0160
		^{60}Co	〈0.00810	〈0.0126	〈0.00826	〈0.0100	〈0.0103	〈0.0104	〈0.0129	〈0.00581	〈0.00314	〈0.0136	〈0.00693	〈0.0111	-	〈0.00315
		^{51}Cr	〈0.129	〈0.119	〈0.112	〈0.119	〈0.119	〈0.0627	〈0.110	〈0.113	〈0.172	〈0.0838	〈0.186	〈0.141	-	〈0.0217
		^{59}Fe	〈0.0275	〈0.0305	〈0.0221	〈0.0221	〈0.0338	〈0.0278	〈0.0222	〈0.0187	〈0.0294	〈0.0194	〈0.0281	〈0.0338	-	〈0.00635
		^{54}Mn	〈0.00753	〈0.0108	〈0.00907	〈0.00814	〈0.0126	〈0.0104	〈0.0111	〈0.00861	〈0.00663	〈0.00866	〈0.0122	〈0.0104	-	〈0.00280
		^{22}Na	〈0.00757	〈0.0114	〈0.00945	〈0.0112	〈0.0107	〈0.00969	〈0.00854	〈0.00863	〈0.00969	〈0.0131	〈0.0152	〈0.00834	-	〈0.00243
		^{152}Eu	〈0.0170	〈0.0145	〈0.0145	〈0.00919	〈0.0160	〈0.0143	〈0.0120	〈0.0149	〈0.0128	〈0.0159	〈0.0210	〈0.0157	-	〈0.00318
		^{154}Eu	〈0.0126	〈0.0120	〈0.0104	〈0.00768	〈0.0106	〈0.0115	〈0.0103	〈0.0105	〈0.0119	〈0.0120	〈0.0148	〈0.0119	-	〈0.00226
		^{7}Be	5.12±0.22	5.96±0.26	6.01±0.25	4.93±0.23	4.97±0.24	4.73±0.22	2.02±0.13	2.27±0.13	5.90±0.25	7.09±0.29	4.42±0.26	5.07±0.25	4.87	4.81 (2.42 ~ 7.50)
부지내	2호기(MW)뒤	^{134}Cs	〈0.00802	〈0.00979	〈0.00879	〈0.00759	〈0.00748	〈0.00913	〈0.0159	〈0.0118	〈0.00774	〈0.0115	〈0.00867	〈0.00532	-	〈0.00215
		^{137}Cs	〈0.00776	〈0.0123	〈0.0100	〈0.0117	〈0.00759	〈0.0111	〈0.0196	〈0.00935	〈0.00599	〈0.0115	〈0.0113	〈0.00958	-	〈0.00265
		^{131}I	〈0.102	〈0.114	〈0.0365	〈0.107	〈0.0547	〈0.0552	〈0.0726	〈0.0827	〈0.0761	〈0.0796	〈0.126	〈0.0805	-	〈0.00691
		^{60}Co	〈0.0133	〈0.0159	〈0.0113	〈0.00887	〈0.0106	〈0.00974	〈0.0225	〈0.0132	〈0.00630	〈0.00573	〈0.0119	〈0.00771	-	〈0.00315
		^{51}Cr	〈0.134	〈0.162	〈0.0869	〈0.0755	〈0.127	〈0.110	〈0.179	〈0.131	〈0.113	〈0.147	〈0.166	〈0.0978	-	〈0.0289
		^{59}Fe	〈0.0186	〈0.0404	〈0.0323	〈0.0344	〈0.0292	〈0.0180	〈0.0405	〈0.0147	〈0.0255	〈0.0269	〈0.0381	〈0.0220	-	〈0.00432
		^{54}Mn	〈0.00806	〈0.0120	〈0.00712	〈0.00944	〈0.0115	〈0.00983	〈0.0195	〈0.00970	〈0.00697	〈0.0103	〈0.00992	〈0.00841	-	〈0.00252
		^{22}Na	〈0.0116	〈0.0157	〈0.0108	〈0.0134	〈0.0117	〈0.0109	〈0.0180	〈0.00628	〈0.00991	〈0.00737	〈0.0111	〈0.00557	-	〈0.00293
		^{152}Eu	〈0.0180	〈0.0144	〈0.0141	〈0.0149	〈0.0214	〈0.0156	〈0.0291	〈0.0156	〈0.00916	〈0.0166	〈0.0179	〈0.00996	-	〈0.00396
		^{154}Eu	〈0.0117	〈0.0137	〈0.00960	〈0.0107	〈0.0135	〈0.0111	〈0.0220	〈0.0110	〈0.00797	〈0.0146	〈0.0129	〈0.00805	-	〈0.00271
		^{7}Be	4.55±0.20	4.58±0.22	4.17±0.18	4.84±0.21	6.36±0.27	4.15±0.19	2.73±0.26	2.62±0.19	4.09±0.19	5.94±0.26	4.41±0.22	4.47±0.21	4.41	4.88 (2.16 ~ 19.7)

부록 표 33. 〈계속〉

(단위: mBq/m^3)

조사 지점		조사 핵종	2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균	
부지내	1호기(KW)앞	^{134}Cs	〈0.00789	〈0.00768	〈0.00888	〈0.00874	〈0.0141	〈0.00829	〈0.0183	〈0.0178	〈0.00751	〈0.00958	〈0.00825	〈0.00642	-	〈0.00143
		^{137}Cs	〈0.00562	〈0.0171	〈0.00855	〈0.0101	〈0.0173	〈0.00951	〈0.0199	〈0.0127	〈0.00361	〈0.0104	〈0.0120	〈0.00677	-	〈0.00233
		^{131}I	〈0.0747	〈0.103	〈0.0629	〈0.0794	〈0.0913	〈0.0411	〈0.0950	〈0.0864	〈0.143	〈0.102	〈0.128	〈0.0771	-	〈0.0101
		^{60}Co	〈0.00819	〈0.0147	〈0.00811	〈0.0111	〈0.0183	〈0.00819	〈0.0172	〈0.0201	〈0.0105	〈0.0120	〈0.0115	〈0.0126	-	〈0.00271
		^{51}Cr	〈0.137	〈0.0799	〈0.0823	〈0.128	〈0.184	〈0.0992	〈0.238	〈0.166	〈0.121	〈0.140	〈0.0722	〈0.176	-	〈0.0215
		^{59}Fe	〈0.0237	〈0.0311	〈0.0291	〈0.0279	〈0.0333	〈0.0276	〈0.0453	〈0.0147	〈0.0222	〈0.0316	〈0.0309	〈0.0415	-	〈0.00610
		^{54}Mn	〈0.0104	〈0.0116	〈0.00693	〈0.0104	〈0.0213	〈0.00953	〈0.0184	〈0.00920	〈0.0132	〈0.0114	〈0.00949	〈0.00962	-	〈0.00192
		^{22}Na	〈0.00568	〈0.0128	〈0.00906	〈0.0116	〈0.0221	〈0.0104	〈0.0216	〈0.00628	〈0.0101	〈0.0134	〈0.0103	〈0.0129	-	〈0.00218
		^{152}Eu	〈0.0175	〈0.0169	〈0.0145	〈0.0130	〈0.0219	〈0.0164	〈0.0255	〈0.0156	〈0.0119	〈0.0219	〈0.0174	〈0.0136	-	〈0.00270
		^{154}Eu	〈0.0124	〈0.0142	〈0.0121	〈0.0111	〈0.0131	〈0.0113	〈0.0168	〈0.0110	〈0.00857	〈0.0144	〈0.0126	〈0.0162	-	〈0.00248
		^{7}Be	4.91±0.21	5.92±0.25	4.51±0.21	5.44±0.24	6.51±0.32	4.09±0.19	1.82±0.19	2.62±0.19	5.63±0.25	7.45±0.32	4.53±0.20	4.74±0.22	4.85	4.58 (2.15 ~ 6.92)
비교지점	한전기계실옆	^{134}Cs	〈0.0133	〈0.00940	〈0.0113	〈0.00628	〈0.00942	〈0.00665	〈0.00673	〈0.00994	〈0.0136	〈0.0108	〈0.0118	〈0.00686	-	〈0.00190
		^{137}Cs	〈0.0102	〈0.0123	〈0.0189	〈0.0106	〈0.00930	〈0.00802	〈0.00959	〈0.00917	〈0.0233	〈0.0117	〈0.0122	〈0.00632	-	〈0.00164
		^{131}I	〈0.170	〈0.110	〈0.0965	〈0.129	〈0.0477	〈0.0401	〈0.0478	〈0.0503	〈0.202	〈0.0968	〈0.123	〈0.0545	-	〈0.0106
		^{60}Co	〈0.0164	〈0.0129	〈0.0185	〈0.0105	〈0.0109	〈0.00661	〈0.0113	〈0.00632	〈0.0176	〈0.0129	〈0.0116	〈0.0111	-	〈0.00296
		^{51}Cr	〈0.244	〈0.189	〈0.204	〈0.197	〈0.113	〈0.0944	〈0.114	〈0.140	〈0.214	〈0.158	〈0.153	〈0.115	-	〈0.0190
		^{59}Fe	〈0.0475	〈0.0139	〈0.0405	〈0.0339	〈0.0245	〈0.0103	〈0.0244	〈0.0271	〈0.0590	〈0.0321	〈0.0339	〈0.0257	-	〈0.00683
		^{54}Mn	〈0.0147	〈0.0116	〈0.0164	〈0.00884	〈0.0108	〈0.00799	〈0.00576	〈0.0115	〈0.0198	〈0.0121	〈0.00839	〈0.0107	-	〈0.00128
		^{22}Na	〈0.0138	〈0.0119	〈0.0173	〈0.00988	〈0.0112	〈0.00750	〈0.0114	〈0.00819	〈0.0221	〈0.0125	〈0.0161	〈0.00728	-	〈0.00201
		^{152}Eu	〈0.0181	〈0.0192	〈0.0218	〈0.0144	〈0.0152	〈0.0143	〈0.0146	〈0.0153	〈0.0217	〈0.0153	〈0.0224	〈0.0141	-	〈0.00328
		^{154}Eu	〈0.0171	〈0.0136	〈0.0161	〈0.0105	〈0.0102	〈0.0100	〈0.00665	〈0.0124	〈0.0153	〈0.0127	〈0.0132	〈0.0101	-	〈0.00289
		^{7}Be	4.56±0.26	5.14±0.29	6.32±0.31	4.89±0.20	4.45±0.21	3.81±0.17	2.27±0.15	2.37±0.15	5.74±0.36	7.90±0.30	5.90±0.27	6.62±2.80	5.00	4.59 (2.23 ~ 6.47)

부록 표 34. TRIGA 연구로 시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (스트론튬-90)

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		상반기(3.15)	하반기(9.19)	연평균	
부지내	2호기(MW)동쪽	0.172±0.046	0.131±0.034	0.152	0.257 (<0.188 ~ 0.457)
	보일러건물	0.202±0.044	0.213±0.040	0.208	0.206 (<0.147 ~ 0.340)
	(구)물리동	<0.121	0.220±0.044	0.171	0.243 (<0.174 ~ 0.347)
평균		0.165	0.188	0.177	-
비교지점	원자력의학원 앞	0.140±0.041	0.194±0.045	0.167	0.192 (<0.134 ~ 0.356)

KAERI

부록 표 35. TRIGA 연구로시설 주변 표층토양의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.15)	하반기(9.19)	연평균	
부지내	2호기 (MW) 동쪽	^{134}Cs	〈0.573	〈0.745	-	〈0.200
		^{137}Cs	〈0.907	3.11±0.77	2.01	1.48(〈0.920~2.07)
		^{131}I	〈1.33	〈0.665	-	〈0.265
		^{60}Co	〈0.745	〈0.744	-	〈0.209
		^{51}Cr	〈7.78	〈5.51	-	〈1.63
		^{59}Fe	〈1.73	〈1.74	-	〈0.324
		^{54}Mn	〈0.810	〈0.882	-	〈0.256
		^{22}Na	〈1.02	〈0.809	-	〈0.124
		^{152}Eu	〈1.81	〈1.82	-	〈0.475
		^{154}Eu	〈1.32	〈1.28	-	〈0.337
		^{40}K	1,150±40	1,140±40	1,140	1,110(1,070~1,160)
	보일러 건물	^{134}Cs	〈0.749	〈1.03	-	〈0.245
		^{137}Cs	〈0.985	〈1.44	-	1.06(〈0.840~1.84)
		^{131}I	〈1.24	〈1.46	-	〈0.504
		^{60}Co	〈0.842	〈0.958	-	〈0.378
		^{51}Cr	〈6.04	〈9.59	-	〈2.46
		^{59}Fe	〈1.95	〈2.73	-	〈0.590
		^{54}Mn	〈0.935	〈1.29	-	〈0.303
		^{22}Na	〈0.933	〈1.33	-	〈0.300
		^{152}Eu	〈1.60	〈2.73	-	〈0.630
		^{154}Eu	〈1.32	〈1.88	-	〈0.442
		^{40}K	1,050±40	988±37	1,020	1,040(923~1,090)

KAERI

부록 표 35. 〈계속〉

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년			평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			상반기(3.15)	하반기(9.19)	연평균	
부지내	(구) 물리동	^{134}Cs	〈0.728	〈0.659	-	〈0.215
		^{137}Cs	4.15±0.59	4.85±0.60	4.50	4.31(〈0.334~9.61)
		^{131}I	〈2.06	〈0.823	-	〈0.572
		^{60}Co	〈1.10	〈1.06	-	〈0.164
		^{51}Cr	〈6.75	〈4.72	-	〈2.14
		^{59}Fe	〈2.38	〈1.69	-	〈0.680
		^{54}Mn	〈0.838	〈1.05	-	〈0.286
		^{22}Na	〈0.933	〈1.00	-	〈0.343
		^{152}Eu	〈1.53	〈1.48	-	〈0.551
		^{154}Eu	〈1.30	〈0.962	-	〈0.389
		^{40}K	1,040±30	1,260±40	1,150	1,080(855~1,260)
비교지점	원자력의학원 앞	^{134}Cs	〈0.820	〈0.537	-	〈0.199
		^{137}Cs	〈1.00	〈0.855	-	〈0.287
		^{131}I	〈2.14	〈0.679	-	〈0.641
		^{60}Co	〈1.23	〈0.668	-	〈0.243
		^{51}Cr	〈7.82	〈5.27	-	〈3.05
		^{59}Fe	〈2.19	〈1.66	-	〈0.486
		^{54}Mn	〈1.10	〈0.931	-	〈0.321
		^{22}Na	〈1.11	〈0.947	-	〈0.233
		^{152}Eu	〈2.15	〈1.68	-	〈0.583
		^{154}Eu	〈1.43	〈0.907	-	〈0.342
		^{40}K	1,170±40	1,190±40	1,180	801(669~936)

KAERI

부록 표 36. TRIGA 연구로시설 주변 하천토양의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/kg-dry)

조사 지점		조사 핵종	2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1/4분기 (3.13)	2/4분기 (6.14)	3/4분기 (9.19)	4/4분기 (12.13)	연평균	
부지내	(구) 정문	^{134}Cs	〈0.541	〈0.420	〈0.591	〈0.390	-	〈0.440
		^{137}Cs	〈0.624	〈0.600	〈0.781	〈0.636	-	〈0.593
		^{131}I	〈0.719	〈0.582	〈0.888	〈0.864	-	〈0.544
		^{60}Co	〈0.636	〈0.669	〈0.686	〈0.623	-	〈0.524
		^{51}Cr	〈5.23	〈2.36	〈5.42	〈4.34	-	〈2.54
		^{59}Fe	〈0.790	〈1.23	〈1.21	〈1.85	-	〈1.17
		^{54}Mn	〈0.587	〈0.558	〈0.783	〈0.669	-	〈0.514
		^{22}Na	〈0.657	〈0.631	〈0.925	〈0.745	-	〈0.532
		^{152}Eu	〈1.06	〈1.27	〈1.46	〈1.17	-	〈0.872
		^{154}Eu	〈0.807	〈0.917	〈0.967	〈0.829	-	〈0.685
		^{40}K	1,330±40	1,390±40	1,450±40	1,450±40	1,400	1,430 (1,270 ~ 1,500)
비교지점	서울과학기술대학	^{134}Cs	〈0.563	〈0.611	〈0.691	〈0.363	-	〈0.531
		^{137}Cs	〈0.674	〈0.670	〈0.798	〈0.518	-	〈0.575
		^{131}I	〈1.10	〈0.607	〈0.825	〈0.435	-	〈0.657
		^{60}Co	〈0.772	〈0.754	〈0.864	〈0.617	-	〈0.605
		^{51}Cr	〈5.15	〈4.78	〈5.02	〈4.22	-	〈3.90
		^{59}Fe	〈1.80	〈1.34	〈1.44	〈1.50	-	〈1.30
		^{54}Mn	〈0.732	〈0.658	〈0.833	〈0.556	-	〈0.690
		^{22}Na	〈0.867	〈0.651	〈1.08	〈0.622	-	〈0.366
		^{152}Eu	〈1.21	〈1.00	〈1.31	〈0.873	-	〈0.992
		^{154}Eu	〈0.749	〈0.879	〈1.15	〈0.699	-	〈0.694
		^{40}K	1,350±40	1,340±40	1,450±40	1,300±40	1,360	1,420 (1,270 ~ 1,720)

부록 표 37. TRIGA 연구로시설 주변 지표수의 방사능 농도 (전베타)

(단위: Bq/L)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월 (1.17)	2월 (2.14)	3월 (3.13)	4월 (4.11)	5월 (5.12)	6월 (6.14)	7월 (7.12)	8월 (8.11)	9월 (9.19)	10월 (10.12)	11월 (11.14)	12월 (12.13)	연평균	
주변 지역	서울과학기술 대학 연못	0.191 ±0.030	0.0468 ±0.0122	0.164 ±0.027	0.218 ±0.033	0.135 ±0.023	0.0734 ±0.0159	0.155 ±0.027	0.176 ±0.029	0.0843 ±0.0181	0.0929 ±0.0192	0.156 ±0.027	0.113 ±0.022	0.134	0.113 (0.0338~ 0.297)
비교 지점	광운대학교	0.365 ±0.048	0.433 ±0.055	0.308 ±0.042	0.281 ±0.039	0.323 ±0.043	0.332 ±0.044	0.117 ±0.022	0.288 ±0.041	0.201 ±0.032	0.206 ±0.032	0.377 ±0.050	0.345 ±0.047	0.298	0.311 (0.0614~ 0.805)

부록 표 38. TRIGA 연구로시설 주변 지표수의 방사능 농도 (삼중수소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		2017년													평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1월 (1.17)	2월 (2.14)	3월 (3.13)	4월 (4.11)	5월 (5.12)	6월 (6.14)	7월 (7.12)	8월 (8.11)	9월 (9.19)	10월 (10.12)	11월 (11.14)	12월 (12.13)	연평균	
주변 지역	서울과학기술 대학 연못	〈1.71	〈1.82	〈1.76	〈1.72	〈1.76	〈1.79	〈1.77	〈1.76	〈1.69	〈1.67	〈1.75	〈1.73	-	〈1.58
비교 지점	광운대학교	〈1.71	〈1.82	〈1.76	〈1.72	〈1.76	〈1.79	〈1.77	〈1.76	〈1.69	〈1.67	〈1.75	〈1.73	-	〈1.58

부록 표 39. TRIGA 연구로시설 주변 지표수의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년													평상시 변동범위 (최소 ~ 최대)
			1월 (1.17)	2월 (2.14)	3월 (3.13)	4월 (4.11)	5월 (5.12)	6월 (6.14)	7월 (7.12)	8월 (8.11)	9월 (9.19)	10월 (10.12)	11월 (11.14)	12월 (12.13)	연평균	
주변지역	서울과학기술대학 연못	^{134}Cs	〈0.00245	〈0.00270	〈0.00316	〈0.00352	〈0.00478	〈0.00301	〈0.00422	〈0.00382	〈0.00347	〈0.00360	〈0.00283	〈0.00372	-	〈0.000831
		^{137}Cs	〈0.00343	〈0.00368	〈0.00408	〈0.00374	〈0.00725	〈0.00331	〈0.00425	〈0.00254	〈0.00428	〈0.00488	〈0.00335	〈0.00584	-	〈0.000849
		^{131}I	〈0.00533	〈0.00585	〈0.00691	〈0.00449	〈0.00939	〈0.00570	〈0.00577	〈0.0104	〈0.00715	〈0.00985	〈0.0125	〈0.00609	-	〈0.00136
		^{60}Co	〈0.00316	〈0.00206	〈0.00490	〈0.00304	〈0.00436	〈0.00427	〈0.00359	〈0.00304	〈0.00165	〈0.00723	〈0.00295	〈0.00386	-	〈0.000729
		^{51}Cr	〈0.0230	〈0.0166	〈0.0318	〈0.0251	〈0.0456	〈0.0327	〈0.0351	〈0.0358	〈0.0284	〈0.0474	〈0.0353	〈0.0288	-	〈0.00490
		^{59}Fe	〈0.00749	〈0.00667	〈0.00707	〈0.00798	〈0.00411	〈0.00854	〈0.00919	〈0.00998	〈0.00725	〈0.0101	〈0.00422	〈0.00829	-	〈0.00189
		^{54}Mn	〈0.00269	〈0.00392	〈0.00377	〈0.00420	〈0.00498	〈0.00450	〈0.00329	〈0.00382	〈0.00327	〈0.00474	〈0.00327	〈0.00256	-	〈0.000850
		^{40}K	〈0.0847	〈0.124	0.492 ±0.066	0.213 ±0.058	〈0.120	〈0.0964	〈0.103	〈0.0985	〈0.114	〈0.124	〈0.104	〈0.128	0.150	0.120 (〈0.0315~0.404)
비교지점	광운대학교	^{134}Cs	〈0.00264	〈0.00489	〈0.00346	〈0.00289	〈0.00350	〈0.00511	〈0.00560	〈0.00294	〈0.00363	〈0.00404	〈0.00256	〈0.00384	-	〈0.000918
		^{137}Cs	〈0.00349	〈0.00553	〈0.00335	〈0.00383	〈0.00357	〈0.00486	〈0.00501	〈0.00247	〈0.00204	〈0.00825	〈0.00362	〈0.00418	-	〈0.000993
		^{131}I	0.289 ±0.011	0.0565 ±0.0092	0.114 ±0.008	0.0400 ±0.0039	〈0.00604	〈0.00840	〈0.00938	〈0.00962	〈0.00808	〈0.00679	〈0.0122	0.0251 ±0.0050	0.0488	0.486 (〈0.00462~4.25)
		^{60}Co	〈0.00297	〈0.00256	〈0.00388	〈0.00359	〈0.00158	〈0.00569	〈0.00449	〈0.00335	〈0.00388	〈0.00529	〈0.00364	〈0.00342	-	〈0.000609
		^{51}Cr	〈0.0241	〈0.0494	〈0.0283	〈0.0239	〈0.0290	〈0.0444	〈0.0464	〈0.0361	〈0.0338	〈0.0486	〈0.0342	〈0.0183	-	〈0.00812
		^{59}Fe	〈0.00265	〈0.0119	〈0.00662	〈0.00725	〈0.00688	〈0.00649	〈0.00856	〈0.00797	〈0.00860	〈0.00988	〈0.00655	〈0.00648	-	〈0.00111
		^{54}Mn	〈0.00293	〈0.00262	〈0.00393	〈0.00333	〈0.00315	〈0.00388	〈0.00404	〈0.00386	〈0.00345	〈0.00360	〈0.00263	〈0.00485	-	〈0.000856
		^{40}K	0.328 ±0.045	〈0.176	0.566 ±0.068	0.245 ±0.059	0.401 ±0.064	0.359 ±0.083	〈0.125	0.210 ±0.052	0.341 ±0.064	〈0.117	0.366 ±0.063	0.412 ±0.075	0.304	0.284 (〈0.0409~0.588)

부록 표 40. TRIGA 연구로시설 주변 지하수의 방사능 농도 (삼중수소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
		1/4분기 (3.13)	2/4분기 (6.14)	3/4분기 (9.19)	4/4분기 (12.13)	연평균	
부지내	보일러건물	〈1.76	〈1.79	〈1.69	〈1.73	-	〈1.64

부록 표 41. TRIGA 연구로시설 주변 지하수의 방사능 농도 (감마동위원소)

(단위: Bq/L)

조사 지점		조사 핵종	2017년					평상시변동범위 (최소 ~ 최대)
			1/4분기 (3.13)	2/4분기 (6.14)	3/4분기 (9.19)	4/4분기 (12.13)	연평균	
부지내	보일러건물	^{134}Cs	〈0.00351	〈0.00429	〈0.00344	〈0.00277		〈0.00119
		^{137}Cs	〈0.00408	〈0.00493	〈0.00434	〈0.00298		〈0.00133
		^{131}I	〈0.00498	〈0.00480	〈0.00555	〈0.00182		〈0.00273
		^{60}Co	〈0.00402	〈0.00349	〈0.00293	〈0.00251		〈0.00184
		^{51}Cr	〈0.0273	〈0.0315	〈0.0311	〈0.0279		〈0.0148
		^{59}Fe	〈0.00355	〈0.0101	〈0.00951	〈0.00593		〈0.00377
		^{54}Mn	〈0.00434	〈0.00283	〈0.00204	〈0.00259		〈0.00133
		^{40}K	〈0.108	〈0.124	〈0.110	〈0.0799		0.105 (〈0.0397 ~ 0.213)

대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

KAERI

부록 표 42. 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

시설명 (방출원)	방위	거리(m)	대기확산인자 (sec/m^3)			침적인자 (1/m^2)
			χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	
하나로 (원자로실 굴뚝)	S	839	1.076E-07	1.074E-07	1.059E-07	3.004E-09
	SSW	870	8.113E-08	8.096E-08	7.985E-08	2.131E-09
	SW	1,021	5.540E-08	5.521E-08	5.458E-08	8.288E-10
	WSW	836	4.061E-06	4.041E-06	3.944E-06	7.151E-09
	W	651	4.470E-07	4.461E-07	4.388E-07	6.137E-09
	WNW	310	3.810E-07	3.807E-07	3.788E-07	5.113E-09
	NW	375	3.380E-07	3.375E-07	3.342E-07	4.476E-09
	NNW	507	3.051E-07	3.044E-07	3.010E-07	2.225E-09
	N	555	1.860E-06	1.853E-06	1.842E-06	2.916E-09
	NNE	407	3.312E-06	3.308E-06	3.248E-06	1.722E-08
	NE	300	4.955E-07	4.952E-07	4.954E-07	7.988E-09
	ENE	552	1.846E-07	1.844E-07	1.824E-07	5.797E-09
	E	641	1.204E-07	1.202E-07	1.187E-07	4.478E-09
	ESE	856	9.160E-08	9.145E-08	9.001E-08	1.989E-09
	SE	827	8.355E-08	8.343E-08	8.205E-08	3.002E-09
	SSE	1,086	1.182E-07	1.180E-07	1.158E-07	3.461E-09
하나로 (RCI 굴뚝)	S	839	1.312E-07	1.310E-07	1.289E-07	3.195E-09
	SSW	870	9.965E-08	9.943E-08	9.786E-08	2.282E-09
	SW	1,021	8.482E-08	8.447E-08	8.361E-08	8.822E-10
	WSW	836	5.906E-06	5.873E-06	5.448E-06	9.529E-09
	W	651	7.087E-07	7.070E-07	6.945E-07	7.068E-09
	WNW	310	5.192E-07	5.186E-07	5.160E-07	5.317E-09
	NW	375	4.680E-07	4.673E-07	4.598E-07	6.642E-09
	NNW	507	6.371E-07	6.353E-07	6.289E-07	2.910E-09
	N	555	3.815E-06	3.797E-06	3.674E-06	6.176E-09
	NNE	407	6.879E-06	6.866E-06	6.597E-06	2.858E-08
	NE	300	6.412E-07	6.408E-07	6.408E-07	1.023E-08
	ENE	552	2.118E-07	2.116E-07	2.089E-07	5.977E-09
	E	641	1.345E-07	1.343E-07	1.324E-07	4.648E-09
	ESE	856	1.156E-07	1.154E-07	1.137E-07	2.030E-09
	SE	827	9.594E-08	9.579E-08	9.404E-08	3.237E-09
	SSE	1,086	1.435E-07	1.432E-07	1.406E-07	3.700E-09

(주) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자
$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자
$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자
D/Q : 침적인자

부록 표 42. 〈계속〉 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

시설명 (방출원)	방위	거리(m)	대기확산인자 (sec/m^3)			침적인자 (1/m^2)
			χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	
하나로 (RIPF-IMEF 굴뚝)	S	839	9.840E-08	9.824E-08	9.723E-08	2.776E-09
	SSW	870	7.429E-08	7.414E-08	7.334E-08	2.140E-09
	SW	1,021	4.652E-08	4.637E-08	4.575E-08	8.286E-10
	WSW	836	3.315E-06	3.299E-06	3.265E-06	5.419E-09
	W	651	3.697E-07	3.691E-07	3.636E-07	5.599E-09
	WNW	310	3.246E-07	3.243E-07	3.230E-07	4.642E-09
	NW	375	2.919E-07	2.915E-07	2.890E-07	3.764E-09
	NNW	507	2.269E-07	2.265E-07	2.244E-07	1.795E-09
	N	555	1.302E-06	1.298E-06	1.294E-06	2.119E-09
	NNE	407	2.381E-06	2.378E-06	2.350E-06	1.167E-08
	NE	300	4.355E-07	4.353E-07	4.355E-07	7.988E-09
	ENE	552	1.736E-07	1.734E-07	1.718E-07	5.555E-09
	E	641	1.141E-07	1.139E-07	1.127E-07	4.295E-09
	ESE	856	8.240E-08	8.226E-08	8.104E-08	1.913E-09
	SE	827	7.846E-08	7.835E-08	7.736E-08	2.628E-09
	SSE	1,086	1.081E-07	1.079E-07	1.060E-07	3.129E-09
하나로 (보조굴뚝)	S	839	2.632E-05	2.605E-05	2.391E-05	1.802E-08
	SSW	870	1.688E-05	1.670E-05	1.529E-05	1.294E-08
	SW	1,021	8.833E-06	8.723E-06	7.915E-06	6.871E-09
	WSW	836	8.699E-06	8.615E-06	7.903E-06	9.060E-09
	W	651	9.901E-06	9.829E-06	9.135E-06	1.156E-08
	WNW	310	2.394E-05	2.385E-05	2.287E-05	2.150E-08
	NW	375	1.530E-05	1.523E-05	1.450E-05	1.273E-08
	NNW	507	1.022E-05	1.015E-05	9.553E-06	8.353E-09
	N	555	1.020E-05	1.013E-05	9.494E-06	8.902E-09
	NNE	407	2.821E-05	2.809E-05	2.666E-05	3.242E-08
	NE	300	8.599E-05	8.573E-05	8.224E-05	9.662E-08
	ENE	552	4.701E-05	4.671E-05	4.376E-05	3.287E-08
	E	641	4.811E-05	4.773E-05	4.442E-05	2.618E-08
	ESE	856	3.189E-05	3.153E-05	2.892E-05	1.468E-08
	SE	827	3.129E-05	3.095E-05	2.844E-05	1.449E-08
	SSE	1,086	1.878E-05	1.851E-05	1.676E-05	9.934E-09

(주) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자
$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자
$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자
D/Q : 침적인자

부록 표 42. 〈계속〉 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

시설명	방위	거리(m)	대기확산인자 (sec/m^3)			침적인자 (1/m^2)
			χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	
조사후시험시설	S	713	3.672E-07	3.666E-07	3.619E-07	4.824E-09
	SSW	841	3.110E-07	3.100E-07	3.076E-07	3.008E-09
	SW	1,092	8.226E-07	8.156E-07	8.165E-07	1.849E-09
	WSW	974	7.250E-06	7.177E-06	6.525E-06	6.302E-09
	W	759	7.121E-06	7.071E-06	6.673E-06	1.104E-08
	WNW	524	2.323E-06	2.316E-06	2.295E-06	8.531E-09
	NW	507	1.067E-05	1.061E-05	1.000E-05	1.021E-08
	NNW	650	9.010E-06	8.938E-06	8.328E-06	5.871E-09
	N	547	1.451E-05	1.441E-05	1.353E-05	8.025E-09
	NNE	347	3.573E-05	3.560E-05	3.399E-05	2.778E-08
	NE	534	1.468E-05	1.463E-05	1.385E-05	3.902E-08
	ENE	532	6.765E-07	6.758E-07	6.645E-07	1.190E-08
	E	651	3.895E-07	3.890E-07	3.818E-07	6.979E-09
	ESE	762	4.825E-07	4.815E-07	4.738E-07	3.648E-09
	SE	684	2.538E-07	2.534E-07	2.498E-07	3.659E-09
	SSE	1,021	4.233E-07	4.221E-07	4.173E-07	4.045E-09
방사성폐기물 처리시설	S	749	3.543E-05	3.510E-05	3.241E-05	2.165E-08
	SSW	739	2.448E-05	2.427E-05	2.242E-05	1.685E-08
	SW	788	1.485E-05	1.471E-05	1.354E-05	1.045E-08
	WSW	1,076	6.117E-06	6.041E-06	5.466E-06	6.005E-09
	W	910	6.152E-06	6.089E-06	5.559E-06	6.735E-09
	WNW	841	5.156E-06	5.103E-06	4.682E-06	4.589E-09
	NW	622	7.517E-06	7.458E-06	6.951E-06	5.846E-09
	NNW	795	5.291E-06	5.237E-06	4.822E-06	4.101E-09
	N	611	9.637E-06	9.563E-06	8.921E-06	7.657E-09
	NNE	638	1.514E-05	1.504E-05	1.399E-05	1.618E-08
	NE	545	3.904E-05	3.882E-05	3.637E-05	3.922E-08
	ENE	528	5.903E-05	5.867E-05	5.508E-05	3.523E-08
	E	680	5.038E-05	4.996E-05	4.636E-05	2.384E-08
	ESE	651	5.678E-05	5.629E-05	5.236E-05	2.279E-08
	SE	676	4.953E-05	4.909E-05	4.558E-05	2.003E-08
	SSE	877	2.940E-05	2.907E-05	2.662E-05	1.408E-08

(주) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자
$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자
$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자
D/Q : 침적인자

부록 표 42. 〈계속〉 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

시설명	방위	거리(m)	대기확산인자 (sec/m^3)			침적인자 (1/m^2)
			χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	
고화폐기물 시험시설	S	735	3.658E-05	3.625E-05	3.350E-05	2.232E-08
	SSW	671	2.883E-05	2.860E-05	2.655E-05	1.966E-08
	SW	772	1.538E-05	1.524E-05	1.404E-05	1.080E-08
	WSW	1,098	5.905E-06	5.830E-06	5.271E-06	5.804E-09
	W	938	5.837E-06	5.775E-06	5.263E-06	6.409E-09
	WNW	851	5.051E-06	4.999E-06	4.583E-06	4.502E-09
	NW	662	6.749E-06	6.693E-06	6.219E-06	5.297E-09
	NNW	829	4.920E-06	4.867E-06	4.471E-06	3.832E-09
	N	504	1.344E-05	1.335E-05	1.257E-05	1.034E-08
	NNE	624	1.573E-05	1.563E-05	1.455E-05	1.675E-08
	NE	517	4.269E-05	4.246E-05	3.988E-05	4.256E-08
	ENE	524	5.979E-05	5.942E-05	5.580E-05	3.564E-08
	E	656	5.351E-05	5.307E-05	4.933E-05	2.524E-08
	ESE	624	6.091E-05	6.041E-05	5.631E-05	2.437E-08
	SE	559	6.788E-05	6.738E-05	6.313E-05	2.703E-08
	SSE	848	3.112E-05	3.078E-05	2.824E-05	1.487E-08
자연증발시설	S	822	3.027E-05	2.996E-05	2.752E-05	1.863E-08
	SSW	823	2.039E-05	2.019E-05	1.854E-05	1.416E-08
	SW	614	2.268E-05	2.251E-05	2.099E-05	1.556E-08
	WSW	331	4.576E-05	4.558E-05	4.360E-05	3.816E-08
	W	273	4.840E-05	4.826E-05	4.644E-05	4.319E-08
	WNW	94	2.023E-04	2.021E-04	1.984E-04	1.108E-07
	NW	65	3.199E-04	3.197E-04	3.140E-04	1.382E-07
	NNW	72	2.916E-04	2.913E-04	2.862E-04	1.265E-07
	N	62	4.234E-04	4.231E-04	4.156E-04	1.863E-07
	NNE	58	7.797E-04	7.792E-04	7.652E-04	4.569E-07
	NE	70	1.076E-03	1.075E-03	1.056E-03	6.878E-07
	ENE	595	4.836E-05	4.802E-05	4.484E-05	2.923E-08
	E	1,018	2.544E-05	2.512E-05	2.280E-05	1.244E-08
	ESE	1,235	1.919E-05	1.888E-05	1.700E-05	8.015E-09
	SE	1,411	1.429E-05	1.402E-05	1.255E-05	5.971E-09
	SSE	943	2.599E-05	2.568E-05	2.342E-05	1.250E-08

(주) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자
$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자
$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자
D/Q : 침적인자

부록 표 42. 〈계속〉 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

시설명	방위	거리(m)	대기확산인자 (sec/m^3)			침적인자 (1/m^2)
			χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	
가연성폐기물 처리시설	S	818	3.052E-05	3.021E-05	2.776E-05	1.878E-08
	SSW	818	2.060E-05	2.040E-05	1.874E-05	1.430E-08
	SW	553	2.705E-05	2.687E-05	2.518E-05	1.833E-08
	WSW	298	5.448E-05	5.430E-05	5.211E-05	4.453E-08
	W	240	5.997E-05	5.982E-05	5.778E-05	5.198E-08
	WNW	101	1.809E-04	1.807E-04	1.772E-04	1.010E-07
	NW	62	3.465E-04	3.463E-04	3.401E-04	1.463E-07
	NNW	47	6.154E-04	6.150E-04	6.031E-04	2.114E-07
	N	64	4.013E-04	4.010E-04	3.939E-04	1.793E-07
	NNE	63	6.772E-04	6.767E-04	6.647E-04	4.134E-07
	NE	74	9.768E-04	9.761E-04	9.588E-04	6.420E-07
	ENE	620	4.513E-05	4.481E-05	4.175E-05	2.740E-08
	E	1,048	2.419E-05	2.388E-05	2.164E-05	1.185E-08
	ESE	1,261	1.854E-05	1.823E-05	1.640E-05	7.738E-09
	SE	1,421	1.412E-05	1.386E-05	1.240E-05	5.900E-09
	SSE	934	2.642E-05	2.610E-05	2.382E-05	1.270E-08

(주) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자
$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자
$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자
D/Q : 침적인자

KAERI

부록 표 42. 〈계속〉 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

시설명	방위	거리(m)	대기확산인자 (sec/m^3)			침적인자 (1/m^2)
			χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	
핵연료1동	S	980	4.700E-07	4.685E-07	4.662E-07	3.270E-09
	SSW	999	3.768E-07	3.751E-07	3.741E-07	2.326E-09
	SW	1,139	3.451E-07	3.426E-07	3.424E-07	1.493E-09
	WSW	1,198	4.960E-06	4.897E-06	4.413E-06	4.401E-09
	W	977	7.095E-06	7.022E-06	6.962E-06	8.449E-09
	WNW	608	1.049E-06	1.046E-06	1.037E-06	5.938E-09
	NW	641	7.331E-06	7.278E-06	6.782E-06	6.768E-09
	NNW	188	5.857E-08	5.854E-08	5.854E-08	2.029E-09
	N	369	6.602E-07	6.591E-07	6.560E-07	3.248E-09
	NNE	300	2.145E-06	2.144E-06	2.109E-06	1.473E-08
	NE	256	7.049E-07	7.046E-07	7.009E-07	2.186E-08
	ENE	255	3.512E-07	3.511E-07	3.509E-07	8.230E-09
	E	327	2.637E-07	2.635E-07	2.620E-07	5.687E-09
	ESE	478	1.517E-07	1.516E-07	1.502E-07	2.818E-09
	SE	681	1.409E-07	1.407E-07	1.387E-07	3.144E-09
	SSE	694	2.155E-07	2.152E-07	2.121E-07	5.580E-09
핵연료2동	S	1,157	1.649E-05	1.626E-05	1.634E-05	1.109E-08
	SSW	1,132	9.944E-06	9.810E-06	9.867E-06	8.422E-09
	SW	1,267	2.262E-06	2.231E-06	2.240E-06	1.922E-09
	WSW	1,019	6.275E-06	6.202E-06	5.647E-06	6.272E-09
	W	488	3.032E-06	3.021E-06	2.975E-06	9.367E-09
	WNW	457	1.677E-06	1.671E-06	1.658E-06	4.654E-09
	NW	470	9.178E-06	9.123E-06	8.637E-06	6.901E-09
	NNW	413	5.170E-06	5.145E-06	4.901E-06	8.333E-09
	N	81	3.694E-06	3.693E-06	3.625E-06	1.070E-08
	NNE	54	3.450E-05	3.449E-05	3.385E-05	8.502E-08
	NE	286	7.292E-06	7.286E-06	7.072E-06	4.139E-08
	ENE	292	2.839E-06	2.836E-06	2.739E-06	1.415E-08
	E	353	1.497E-06	1.495E-06	1.435E-06	5.534E-09
	ESE	491	8.592E-07	8.574E-07	8.226E-07	3.531E-09
	SE	852	6.293E-07	6.256E-07	6.100E-07	1.743E-09
	SSE	984	8.034E-07	7.971E-07	7.834E-07	2.315E-09

(주) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자
$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자
$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자
D/Q : 침적인자

부록 표 42. 〈계속〉 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

시설명	방위	거리(m)	대기확산인자 (sec/m^3)			침적인자 (1/m^2)
			χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	
열분해시설	S	980	2.098E-05	2.073E-05	1.886E-05	1.397E-08
	SSW	1,044	1.280E-05	1.264E-05	1.146E-05	9.625E-09
	SW	1,242	6.503E-06	6.404E-06	5.760E-06	4.942E-09
	WSW	1,185	4.966E-06	4.899E-06	4.413E-06	5.105E-09
	W	967	5.261E-06	5.204E-06	4.734E-06	6.095E-09
	WNW	599	8.557E-06	8.495E-06	7.930E-06	7.896E-09
	NW	636	6.663E-06	6.610E-06	6.154E-06	5.644E-09
	NNW	181	5.543E-05	5.531E-05	5.380E-05	3.777E-08
	N	253	3.692E-05	3.680E-05	3.550E-05	2.889E-08
	NNE	312	4.420E-05	4.405E-05	4.221E-05	4.818E-08
	NE	266	1.073E-04	1.070E-04	1.030E-04	1.151E-07
	ENE	267	1.451E-04	1.447E-04	1.393E-04	9.787E-08
	E	340	1.295E-04	1.290E-04	1.233E-04	6.922E-08
	ESE	492	7.631E-05	7.582E-05	7.144E-05	3.530E-08
	SE	689	4.274E-05	4.236E-05	3.929E-05	1.943E-08
	SSE	739	3.549E-05	3.515E-05	3.249E-05	1.858E-08

(주) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자
$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자
$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자
D/Q : 침적인자

KAERI

부록 표 42. 〈계속〉 대덕원자력시설 소유지 경계에서의 대기확산인자 및 침적인자

시설명	방위	거리(m)	대기확산인자 (sec/m^3)			침적인자 (1/m^2)
			χ/Q	$(\chi/Q)^D$	$(\chi/Q)^{DD}$	
RI폐기물관리시설	S	910	2.621E-05	2.592E-05	2.368E-05	1.578E-08
	SSW	939	1.672E-05	1.653E-05	1.507E-05	1.142E-08
	SW	857	1.326E-05	1.312E-05	1.202E-05	9.118E-09
	WSW	573	1.888E-05	1.875E-05	1.754E-05	1.655E-08
	W	404	2.655E-05	2.643E-05	2.509E-05	2.418E-08
	WNW	152	1.102E-04	1.101E-04	1.074E-04	5.881E-08
	NW	78	2.940E-04	2.937E-04	2.886E-04	1.103E-07
	NNW	172	8.308E-05	8.290E-05	8.073E-05	4.052E-08
	N	281	3.965E-05	3.951E-05	3.800E-05	2.482E-08
	NNE	570	1.902E-05	1.890E-05	1.768E-05	1.931E-08
	NE	525	4.346E-05	4.322E-05	4.057E-05	4.156E-08
	ENE	483	7.287E-05	7.246E-05	6.829E-05	4.043E-08
	E	884	3.339E-05	3.303E-05	3.022E-05	1.561E-08
	ESE	1,105	2.376E-05	2.342E-05	2.119E-05	9.666E-09
	SE	1,087	2.270E-05	2.237E-05	2.026E-05	9.275E-09
	SSE	1,101	2.036E-05	2.007E-05	1.817E-05	9.708E-09

(주) χ/Q : 방사능붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기확산인자
$(\chi/Q)^D$: 방사능붕괴만을 고려한 대기확산인자
$(\chi/Q)^{DD}$: 방사능붕괴 및 침적을 고려한 대기확산인자
D/Q : 침적인자

KAERI

환경방사선/능 일시증가 보고 자료

KAERI

[별지 서식]

환경방사선/능 일시증가 보고서(제10조 관련)

1. 사업소명 : 한국원자력연구원
2. 일시증가 보고 내용

구분	보고 내용				
	환경매체	보고핵종	시료채취일	지점(부지내·외, 비교)	발견일
방사선	환경방사선	집적선량	2019.09.19	가연물처리동 서쪽 (첨부참조)	2017.09.20

구분	보고 내용		최근 3년 이상		
	측정치	단위	지점 평균	지점 변동범위(최소~최대)	전체 지점 최대치
방사선	3240	μGy/분기	630	379 ~ 1596	1596

3. 일시증가 원인

■시설영향 □자연현상 □시료채취 환경 □원인불명 □기타( )

4. 조치사항

■추가 원인규명 불필요 □추가 원인규명 후 서면보고

5. 추가 원인규명이 불필요한 사유

□자연현상 증빙자료 첨부 □원인규명 자료 첨부 ■원인분석 및 평가로 갈음

6. 원인분석 및 평가

- 한국원자력연구원 방사선환경 조사계획에 따라 대전 연구로 부지내 집적선량을 평가하고 있음.
- 2017년 3/4분기 TLD 시료 중, 가연물처리동 서쪽 지점의 집적선량 값이 3240 μGy/분기로 판독되었음. 이는 해당지역의 3년 평균치 (630 μGy/분기)보다 약 5.1배 정도 높은 값임.
- 원인은 가연물처리동 창고(B27 건물)에 보관된 서울연구로 해체폐기물 때문인 것으로 확인됨.
- 2017년 6월 및 7월에 폐기물 재적재 작업을 하였으며 이 과정 중 콘크리트 폐기물의 이동으로 집적선량이 증가한 것으로 확인됨.

원자력안전위원회고시 「원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정」 제10조제1호에 따라 환경방사선/능 일시증가 보고서를 제출합니다.

2017 년 9 월 26 일

제출인 방재환경부장 이 완 로 (서명 또는 인)

원자력안전위원회 귀중

첨부]

집적선량 일시증가 현황

2017. 9. 26
방재환경부

1. 보고근거

○ 원자력안전위원회 제2014-12호 제10조(보고) 제1항 '나'
- 조사계획에 의한 시료채취지점에서의 방사능분석결과가 최근 3년 이상 자료(그 이하의 경우에는 확보된 자료만)의 평균치의 5배를 초과한 경우

2. 개요

○ 대덕 연구로 부지내 가연물처리동 서쪽 지점에서, 2017년 3/4분기 TLD에서 집적선량 값이 3240 μGy/분기 로 보고기준인 3년 평균의 5배(3150 μGy/분기)를 초과함.

○ 부지내 다른 지점의 동일 기간 중 집적선량은 평소와 유사한 값을 보임.



<연구원 내 집적선량 설치지점 및 환경시료 채취 지점>

3. 발생원인

1) 분기별 집적선량 평가를 위해 2017년 9월 19일 가연물처리동 서쪽지점의 TLD를 수거하여 2017년 9월 20일 판독한 결과는 3240 μGy/분기 로 3년 평균치의 5배(3130 μGy/분기)를 초과함.
2) 같은 시기 부지 내 다른 지점의 집적선량에서는 이상치가 발견되지 않았으며 가연물처리동 남쪽 및 북쪽지점의 경우 평상시 변동범위임.(표 1 참조)
3) 2017년 6월 및 7월경에 가연물처리동 창고의 폐기물 드럼을 재적재 하는 작업을 수행함. 이 과정 중 서쪽에 놓여있던 콘크리트 폐기물을 동쪽으로 이동하였으며 이에 따라 3/4분기 집적선량이 증가함.

4. 작업자 선량평가

1) 분기별 집적선량이 3240 μGy일 경우 보수적으로 평가하였을 때 하루 8시간 근무하는 작업자에 대한 예상선량은 약 4.9 mSv임. 이는 직업자에 대한 연간 선량한도 50 mSv의 10 % 이하임.
   ※ 방사선작업자 연간선량한도기준(5년간 100 mSv, 년 최대선량 50 mSv)
2) 가연물처리동 창고(B27 건물)는 해체폐기물 저장고로 사용되어 작업자가 상주하지 않으며, 작업이 있을 때만 일시 출입하고 있음.

5. 조치사항

1) 현재 가연물처리동의 서울 연구로 해체폐기물은 핵연료주기기술연구소 방사성폐기물통합관리센터 해체폐기물관리실에서 관리 중임.
2) 관리부서에서 차폐장벽설치와 시설 내 폐기물 이동을 통하여 외부선량률을 낮추는 작업을 수행함.



<서울연구로 해체폐기물 보관중인 가연물처리동 건물(B27)>

표 1. 가연물처리동 집적선량(2017년 3/4분기)

측정지점	집적선량(μGy/분기)	평상시 변동범위(최소~최대)
가연물처리동 북쪽	207±11	203 (171 ~ 252)
가연물처리동 서쪽	3,240±20	630 (379 ~ 1,596)
가연물처리동 남쪽	298±10	262 (202 ~ 464)

KAERI

서지정보양식

KAERI보고서번호	KAREI/RR-4329/2017	보고서 종류	연구보고서
제 목 / 부 제	원자력시설주변 환경방사선 평가		
연구책임자 및 부 서 명	이완로 / 방재환경부		
연구자 및 부서명	최근식, 조영현, 강문자, 정근호, 김원영, 고영건, 지영용, 임종명, 장 미, 김현철, 임교선, 김창종, 박두원, 박효국, 최상도 / 방재환경부 김은한, 정해선 / 환경안전연구실		

출 판 지	대전	발 행 일	2018.03.31	총 페 이 지	184 p.
공 개 여 부	공개(O), 비공개( )	참고사항	표(30)개, 그림(36)개, 참고문헌(43)개		
비 밀 여 부	대외비( ), __ 급 비밀				
INIS 공개여부	공개(O), 비공개( )				

초록 (15-20줄 내외)

대덕 원자력이용시설과 서울 연구용원자로시설 부지 반경 30 km 이내 지역에 대해 공간감마선량률 측정과 환경시료에 대한 방사능 분석을 실시하였다.

대덕 원자력이용시설 주변 공감감마선량률을 측정하는 2개의 조사 지점을 변경하고 1개 지점은 추가하였다. 대덕 원자력이용시설과 서울 연구용원자로시설의 부지 및 주변의 공간감마선량률과 집적선량은 전년도와 비슷한 수준을 보였다. 대덕 부지내 1개 지점에서 집적선량의 일시증가 보고가 있었다. 전알파, 전베타, 삼중수소, 우라늄 및 스트론튬-90 등 환경방사능 농도는 모든 시료에 있어서 평상시 변동범위 내에서 유지되고 있었다. 감마동위원소의 경우 자연방사성핵종인 ^{40}K 또는 ^{7}Be을 제외한 대부분의 인공방사성핵종의 농도가 MDA 이하로 나타났다. 대덕 원자력이용시설의 경우 표층토양에서 ^{137}Cs 이 일부 검출되었고 서울 연구용원자로시설의 경우 지표수 시료에서 ^{131}I이 표층토양 시료에서 ^{137}Cs가 평상시변동범위 이내에서 일부 검출되었다. 평상시 변동범위 수준으로 검출된 ^{137}Cs의 방사능 준위는 1960 ~ 1970년대 실시된 대기권 핵실험에 의한 전 지구적인 오염에 의한 것으로 판단된다. 한편, 원자력이용시설 운영으로 주변 주민에 대한 최대 유효선량은 0.000878 mSv/yr로 평가되었는데 이는 일반인에 대한 법적선량한도 (1 mSv/yr) 및 부지 기준치 (0.25 mSv/yr) 보다 낮은 값으로 주변 주민의 방사선에 의한 영향이 거의 없는 것으로 판단된다.

본 연구의 환경방사선 평가 결과 조사기간 동안 원자력이용시설의 운영으로 인한 부지 및 주변 환경에 대한 변화는 일어나지 않은 것으로 판단된다.

주제명키워드 (10단어내외)	공간감마선량률, 전알파, 전베타, 삼중수소, 우라늄, 스트론튬-90, 감마동위원소, 환경방사능분석, 원자력시설, 기상관측, 주민선량평가

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET

KAERI Report No.	KAREI/RR-4329/2017		Report Type	Research Report	
Title / Subtitle	Environmental Radiation Monitoring Around the Nuclear Facilities				
Project Manager and Department	Wan-No Lee / Nuclear Emergency & Environmental Protection Division				
Researcher and Department	Geun-Sik Choi, Young-Hyun Cho, Mun-Ja Kang, Kun-Ho Chung, Won-Young Kim, Young-Gun Ko, Young-Yong Ji, Jong-Myoung Lim, Mee Jang, Hyun-Cheol Kim, Kyo-Sun Lim, Chang-Jong Kim Doo-Won Park, Hyo-Kook Park, Sang-Do Choi / Nuclear Emergency & Environmental Protection Division Eun-Han Kim, Hae-Sun Jeong / Nuclear Environment Safety Research Division				
Publication Place	Daejeon	Date of Publication	2018.03.31	Total number of page	184 p.
Open	Open(O), Closed ( )		Reference	Tabs. (30) Figs. (36) Refs. (43)	
Classified	Restricted( ),__Class Document				
INIS Open	Open(O), Closed ( )				

Abstract (15-20 Lines)

Environmental Radiation Monitoring was carried out with measurement of environment. Radiation and environmental radioactivity analysis on the sites of KAERI nuclear facilities and Seoul Research Reactors and their environments.

The average level of environmental radiation dose measured by an ERM and the accumulated radiation dose by a TLD were almost same level compared with the previous years. The activity of gross alpha and gross beta, Tritium, Uranium and Strontium in environmental samples showed a environmental level. The radioactivities of most γ-radionuclides in air particulate, fallout, rain water and ground water were less than MDA except ^{40}K or ^{7}Be which are natural radionuclides. However, not only ^{40}K or ^{7}Be but also ^{137}Cs or ^{131}I were detected in the soil, sediment and surface water.

Subject Keywords (About 10 words)	exposure dose rate, gross alpha, gross beta, tritium, uranium, strontium-90, gamma radionuclide, environmental radioactivity analysis, nuclear facility, meteorology, dose assessment

주 의

1. 이 보고서는 한국원자력연구원에서 시행한 원자력시설주변 환경방사선 평가의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 한국원자력연구원에서 시행한 원자력시설주변 환경방사선 평가의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 아니 됩니다.