

# 대기 중 제논 및 크립톤 포집기술

Sampling Technology of Xenon and Krypton in Air

*KAERI*

2010. 6

한국원자력연구원

# 제 출 문

한국원자력연구원장 귀하

본 보고서를 2010년도 “제논·크립톤 탐지장비 운용 및 기술개발” 과제의 기술보고서로 제출합니다.

2010. 6.

과 제 명 : 제논·크립톤 탐지장비 운용 및 기술개발

KAERI

주 저 자 : 이 완 로

공 저 자 : 전 인

최 상 도

금 동 권

# 요 약 문

## I. 제 목

대기 중 제논 및 크립톤 포집기술

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

대기 중 노블가스 분석을 위해 포집기술의 개발이 목적이고 포집기술은 일반적으로 매우 복잡한 전처리 과정과 농축이 필요하기 때문에 절차화가 필요하다. 대기 중 난분석 핵종인 노블가스 포집기술에 대한 절차화는 핵종분석을 위한 기초 단계로 매우 중요하다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서는 주로 다음과 같은 내용들을 중심으로 수행하였다.

- 1차 수분제거 기술
- 2차 이산화탄소 및 수분제거 기술
- 제논 및 크립톤 포집기술
- 1차 농축기술

## IV. 연구개발결과

대기 중 노블가스 분석을 위해서 대기 조성 및 특성에 대해서 분석하였고 이를 통해서 전처리 방법을 고찰하였다.

대기 중의 노블가스 분석을 위한 공기 포집 절차를 개발하였다. 포집순서는 수분 1차 제거 및 2차 수분제거와 이산화탄소 제거, 공기포집 및 공기 농축으로 구

성된다. 각각의 절차서를 개발하였고 초보자를 위한 메뉴얼도 개발하였다.

## V. 연구개발결과의 활용계획

대기 중 노블가스 포집기술을 개발하여 절차화를 통해서 노블가스 분석에 활용될 예정이고 본 기술보고서를 통해서 초보자용 교육에 활용될 수 있다. 아울러 원자력 발전소등의 관련시설 노블가스 제거 기술에 직접적으로 활용될 것이다.



# Summary

## I . Project Title

Sampling Technology of Xenon and Krypton in Air

## II. Objective and Importance of the Project

In order to measure noble gas in the air, sampling technology is very important and a process manual of sampling is needed.

## III. Scope and Contents of Project

This report has following contents:

- development of first reduction step of water in air
- development of second reduction step of water and CO<sub>2</sub>
- development of xenon and krypton sampling in air
- development of first enrichment method in air sample

## IV. Result of Project

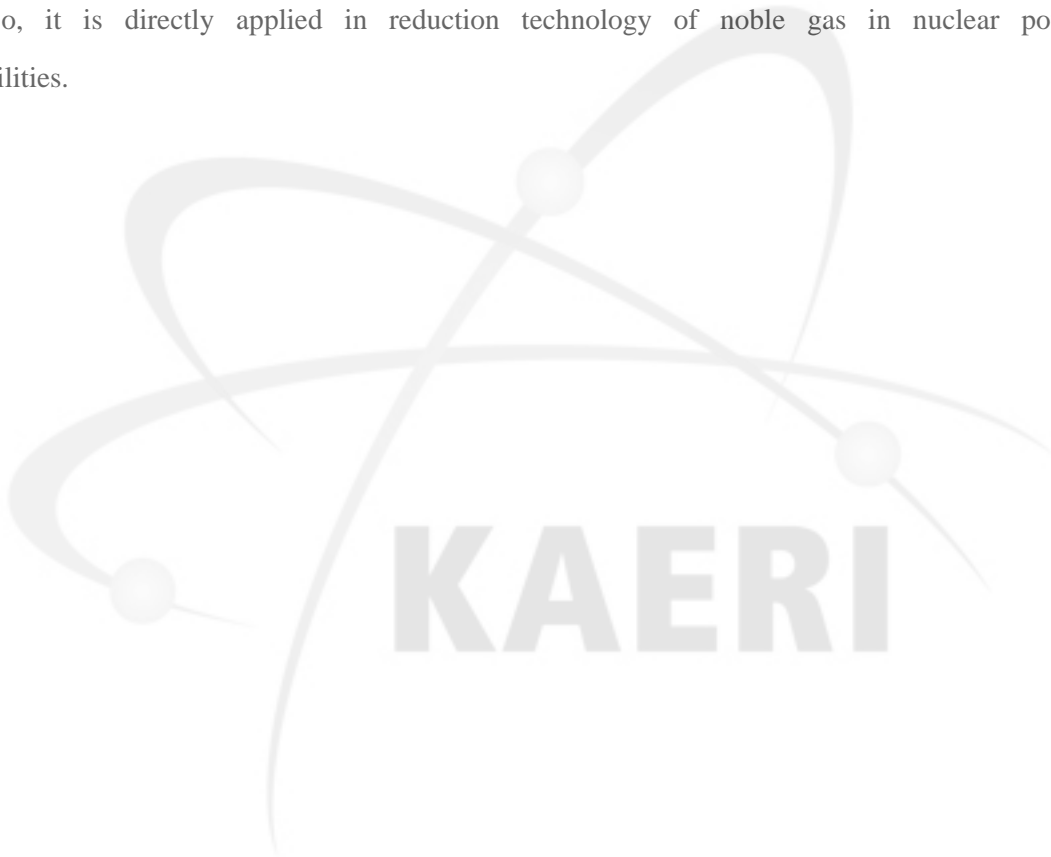
Air sampling method is developed for analysis of noble gas in air. Sampling process is followed below;

1. first reduction step of water in air

2. second reduction step of water and CO<sub>2</sub>
3. xenon and krypton sampling in air
4. first enrichment method in air sample

## V. Proposal for Applications

This method will be applied in analysis of noble gas and education of novel analysts. Also, it is directly applied in reduction technology of noble gas in nuclear power facilities.



# CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	1
Chapter 2. Sampling in air .....	3
Section 1 System introduction .....	3
Section 2 Main equipment .....	4
Section 2 Sampling process .....	11
Chapter 3. Collection of first enrichment sample .....	22
Section 1 System structure .....	22
Section 2 Water reduction and sampling stop .....	24
Section 3 Transportation and desorption .....	27
Chapter 4. Discussion and Results .....	33
Chapter 5. References .....	34

# 목 차

제 1 장 서론 .....	1
제 2 장 대기 중 공기포집 .....	3
제1절 구조 .....	3
제2절 주요 장비 .....	4
제3절 공기포집절차 .....	11
제 3 장 1차 농축시료 회수 .....	22
제1절 시스템 구조 .....	22
제2절 포집종료 및 수분제거 .....	24
제3절 탈착 및 이송절차 .....	27
제 4 장 토론 및 결론 .....	33
제 5 장 참고문헌 .....	34



## 제 1 장 서론

대기 중 노블가스(제논 및 크립톤) 공기포집은 수분제거 및 이산화탄소 제거, 노블가스 흡착, 진공펌프를 이용한 공기순환 등으로 이루어진다. 공기 1m<sup>3</sup> 중에는 stable 크립톤과 제논이 각각 1.13 cm<sup>3</sup>, 0.09 cm<sup>3</sup> 포함되어 있다. 본 시스템은 시료 당 약 10m<sup>3</sup>의 공기를 초저온흡착 방식의 공기포집기로 포집하여 공기 중의 크립톤과 제논을 일차적으로 약 2,500배 정도 농축시킨다(1차농축). 공기포집기에 흡착된 가스는 전기오븐을 이용하여 300°C에서 가열 탈착시켜 2차 농축 및 분리정제용 시료를 알루미늄 캔에 재차 포집한다(시료회수). 알루미늄 캔에 회수된 가스에는 여전히 산소, 질소, 이산화탄소 등의 불순물이 다량 포함되어 있으므로 이들 가스를 제거하기 위한 2차 농축 단계가 필요하다. 2차 농축을 위해 사용되는 장치는 활성탄이 충전된 3/8 인치 U-tube 이다. U-tube 내의 활성탄에서 시료 가스는 흡착과 탈착의 단계를 거치게 되며 이 때 산소와 수소가 주로 제거된다. U-tube 흡착단계에서 조작온도는 액체질소 온도이기 때문에 U-tube 내로 가스를 주입하기 전에 시료 중 이산화탄소를 molecular sieve 칼럼을 이용하여 먼저 제거한다. 시료 중 이산화탄소가 있으면 U-tube 내에서 이산화탄소의 동결로 가스의 흐름이 막히기 때문이다. 2차 농축 단계를 거치면 Xe 및 Kr 가스는 약 100배 정도 추가 농축된다 (2차 농축). 표1-1에는 각 단계에 사용되는 주요 장비의 조작 조건(Operating condition)을 요약하였다[1-7]. 표 1-2는 대기 조성을 보여주고 있는데 이중 노블가스는 매우 미량 포함되어 있음을 알 수 있다.

표 1-1. 단계별 주요 장비 및 조작 조건

구분	용도	column 크기 및 packed material	조작온도 (°C)	가스	유량
공기포집기 (absorber)	공기포집	활성탄	액체질소 (-196)	공기	10m <sup>3</sup> /시료 공기포집을 위해 포집주기에 따라 유량 조절
oven	공기포집기로 부터 공기회수		300		
MS column	공기시료 중 CO <sub>2</sub> 제거	molecular sieve	300	헬륨	

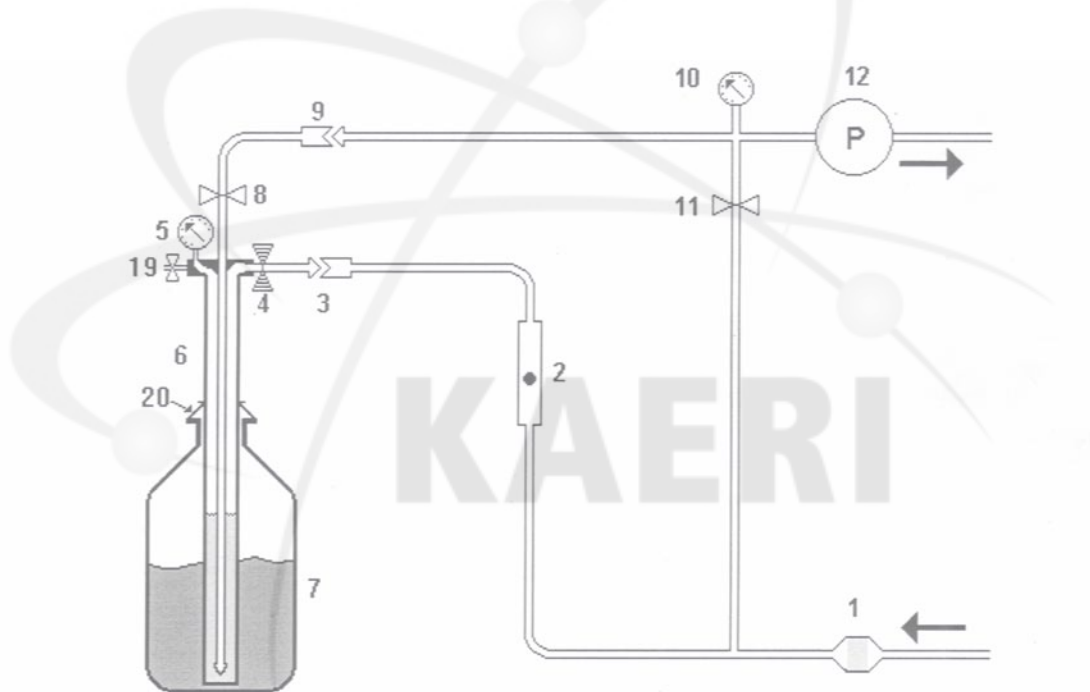
표 1-2. 대기 조성

성분	bp(°C)	체적비(%)
N <sub>2</sub>	-196	78.09
O <sub>2</sub>	-183	20.95
Ar	-186	0.93
CO <sub>2</sub>	-78.5 (승화)	0.03
CH <sub>4</sub>	-161	14.E-4
Ne	-246	1.8E-3
He	-269	5.2E-4
Kr	-153	1.1E-4
Xe	-109	8.0E-6

## 제 2 장 대기 중 공기포집

### 제 1 절 구조

공기 중의 방사성핵종 분석을 위한 공기 포집기는 방사성 제논(Xe) 및 크립톤(Kr)을 흡착할 수 있는 흡착기(Absorber), 강제로 공기 흐름을 유발할 수 있는 공기 펌프, 공기 흐름의 양을 조절하는 유량 조절 밸브, 총 포집된 공기량을 적산하는 누적 적산 계량기, 흡착기를 초저온으로 냉각시키는 질소냉각장치 및 공기 중 수분 및 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 제거하는 전처리 시스템으로 구성되어 있다.[그림 2-1, 2-2]



1. Dust filter 2. Flowmeter 3. Quick-snap 4. Needle-valve ( inlet ) 5. Manometer  
6. Adsorbant 7. Dewar containing lq. N<sub>2</sub> 8. Stop-cock ( outlet ) 9. Quick-snap  
10. Manometer 11. Bypass valve 12. Pump 19. Safety valve 20. Rubber collar

그림 2-1 공기포집 시스템 개요도

포집 과정은 공기 펌프를 이용한 강제 흡입 방식이며 공기의 흐름은 공기 펌프에 의해 강제로 흡입하여 이루어진다. 공기가 흐르는 과정에 공기 중의 수분을 제거하

는 pre-cooler와 실리카겔을 통과하여 수분이 제거된 순수 공기만을 통과 시키고 흡착기에 제논과 크립톤 가스 이외에 이산화탄소의 흡착을 막기 위하여 이산화탄소 제거장치를 거친다. 유량조절 밸브는 공기의 포집 속도를 조절하는 기능으로 10 m<sup>3</sup>의 공기를 최대 1주일, 최소 24시간동안 포집할 수 있도록 공기 유량을 조절할 수 있다. 흡착기를 통과한 전체 공기 양은 공기 적산계에 누적되어 표시되고 이를 통하여 사용자가 현재 얼마만큼의 공기가 포집되었는지 확인할 수 있다.



그림 2-2 공기포집 시스템

## 제 2 절 주요 장비

### 1) 흡착기

방사성 핵종을 포집할 수 있도록 제작된 흡착 장치로 내부로 공기를 주입시켜 내부 활성 탄소에 방사성 핵종이 흡착 되도록 제작되었다.(그림 2-3)

### 2) 공기 펌프

흡착기 내의 공기를 외부로 뽑아내 흡착기 내부의 압력을 낮추어 외부의 공

기가 압력차로 인하여 흡착기 내부로 빨려 들어갈 수 있도록 하는 기능을  
가짐.(그림 2-4)



그림 2-3 흡착기

KAERI

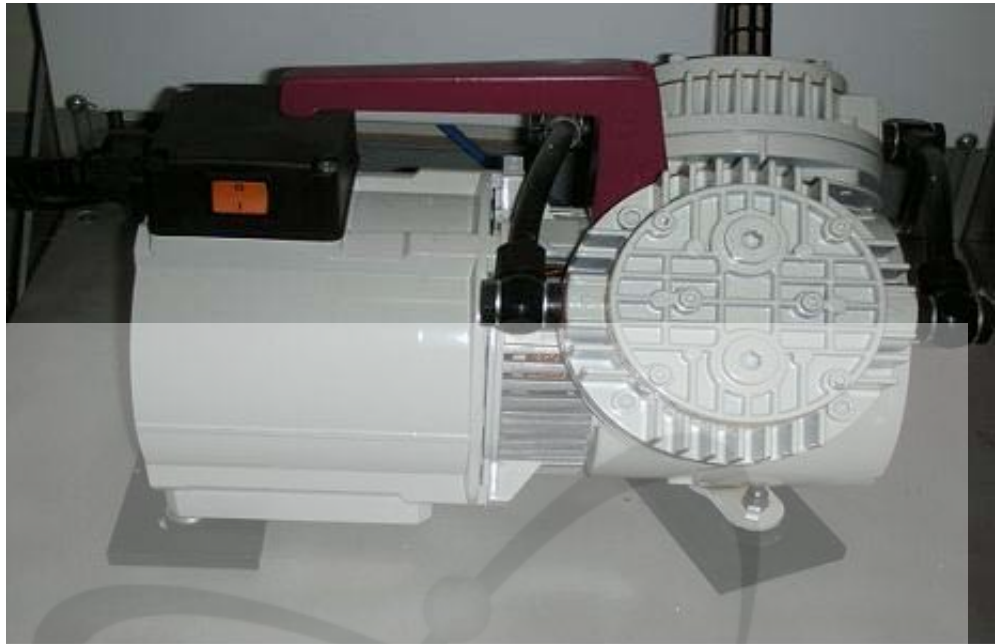


그림 2-4 공기 펌프

3) 유량조절 밸브

외부의 공기가 흡착기로 주입될 때 일정 기간 동안 정해진 양의 공기가 흐르도록 공기 유량을 조절하고 최소 10 ml/h에서 최대 600 ml/h 까지 조절 가능.(그림 2-5)

4) 누적 적산 계량기

공기 주입 펌프를 통하여 계량기를 통과한 공기의 전체량을 누적하여 계량함. 현재 흡착기에 주입된 공기의 양은 현재 누적량에 지난 흡착기 설치시 지시한 계량치를 감산하여 계산.(그림 2-6)

5) 질소 냉각 장치

흡착기 내 활성탄소의 온도를 낮추어(-77 °K) 활성탄소에 Xe와 Kr 기체가 흡착 되도록 흡착기를 냉각 시켜줌.(그림 2-7)

6) 수분 및 이산화탄소 제거장치

공기 중의 이산화탄소나 수분을 제거하여 흡착기에 제논 및 크립톤 가스가

원활하게 포집될 수 있도록 하는 기능으로 흡착기 전단에 설치한다.(그림 2-8)



그림 2-5 유량조절 밸브



그림 2-6 누적 적산 계량기

KAERI





그림 2-7 흡착기 냉각장치

KAERI



그림 2-8 이산화탄소 및 수분 제거장치

KAERI

## 제 3 절 공기포집 절차

### 가. 흡착기 구조 및 초기화

흡착기는 제논 및 크립톤을 흡착할 수 있는 활성탄소 부분과 잔여 습기 제거부분 및 압력계, inlet 밸브, outlet 밸브 및 safety 밸브로 구성되어 있다(그림 2-9). 새로 제작된 흡착기 하단의 너트를 풀고 깔대기를 이용하여 흡착기 내부에 활성탄소를 빈 공간이 없도록 주입한다(그림 2-10). 활성탄소 주입이 완료되면 하단의 너트를 잠근 후 흡착기 내의 압력이 2 bar가 되도록 질소 가스를 주입하고 너트를 비롯한 이음새 부분의 누수 여부를 확인한다(그림 2-11). 활성탄소 주입과 누수 여부를 확인한 흡착기를 전기 오븐에 넣고 질소 가스를 통과시키면서 300 °C로 가열하여 내부 수분을 완전히 제거한다(그림 2-12). 수분 제거 여부는 흡착기의 배기밸브에 투명 고무호스를 연결하여 수분 배출 여부를 육안으로 확인한다.

KAERI

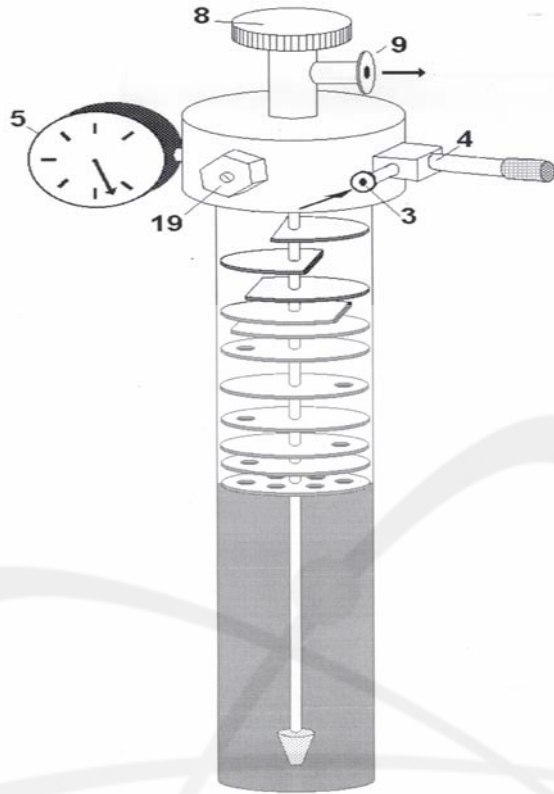


그림 2-9 흡착기의 내부 구조

KAERI



그림 2-10 활성탄소 주입

KAERI

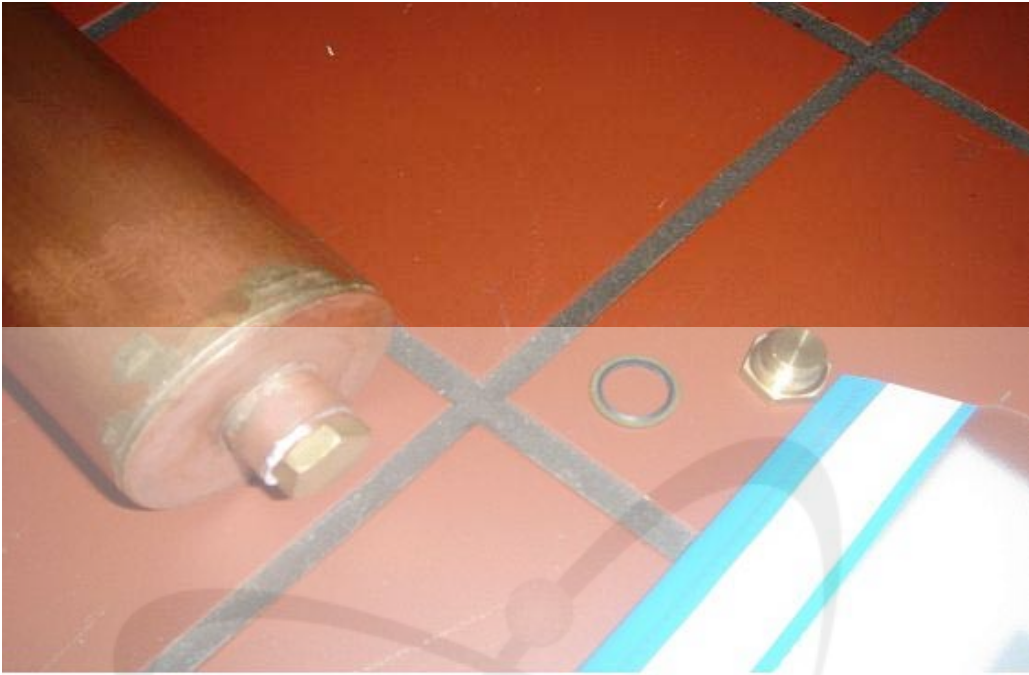


그림 2-11 흡착기의 누수 확인

KAERI



그림 2-12 흡착기내 수분 제거 과정

KAERI

#### 나. 흡착기 설치

- 1) 먼저 흡착기를 냉각시킬 수 있는 흡착기 냉각용 액체질소 용기에 액체 질소를 채운다. 액체질소의 양은 측정용 자를 이용하여 그 높이를 측정한다 (약 45cm)(그림 2-14).
- 2) 액체질소가 보충되면 흡착기와 액체질소 용기 사이의 충격을 완화시켜 주는 충격흡수 링을 준비하여 흡착기에 장착한다.(그림 2-13)



그림 2-13 충격 흡수 링 흡착기 장착

- 3) 미리 가압된 흡착기의 outlet 밸브를 열어 흡착기 압력을 대기압과 같게 압력을 배출한다.
- 4) 흡착기의 inlet 밸브와 outlet 밸브에 맞는 고무호스를 연결한다. 이때 연결부분이 새지 않도록 단단히 연결한다.(그림 2-15)





그림 2-14 흡착기 냉각용기 액체질소 보충

KAERI



그림 2-15 inlet 및 outlet 밸브에 호스연결

- 5) 포집 시스템의 유량조절 스위치 및 on/off 밸브와 우회 밸브를 닫는다.  
(그림 2-16)



그림 2-16 유량조절밸브 및 on/off 스위치

- 6) 흡착기를 냉각용 액체질소용기에 아주 천천히 장착한다. 이때 액체질소가 용기 밖으로 흐르지 않도록 조심하고 안면 보호용 안경 및 보호 장갑을 꼭 착용한다.(그림 2-17)



그림 2-17 안경 및 보호 장갑

- 7) 흡착기를 냉각용 액체질소 용기에 완전히 삽입한 후 흡착기가 충분히 냉각될 때까지(약 10~20분) 기다려 흡착기의 압력이 충분히 내려가도록 한다음(-0.7 ~ -1 bar) inlet 밸브를 열어 흡착기 내부 압력을 높인다. 이때 흡착기 압력은 대기압보다 낮은 압력이어야 한다(-0.5 bar).(그림 2-18)



그림 2-18 흡착기 압력계 및 진공펌프

- 8) 흡착기의 내부 압력이 -0.5 bar 정도가 되면 inlet, outlet 밸브를 모두 잠그고 유량조절기의 on/off 및 유량조절 밸브도 모두 잠근다.(그림 2-19)

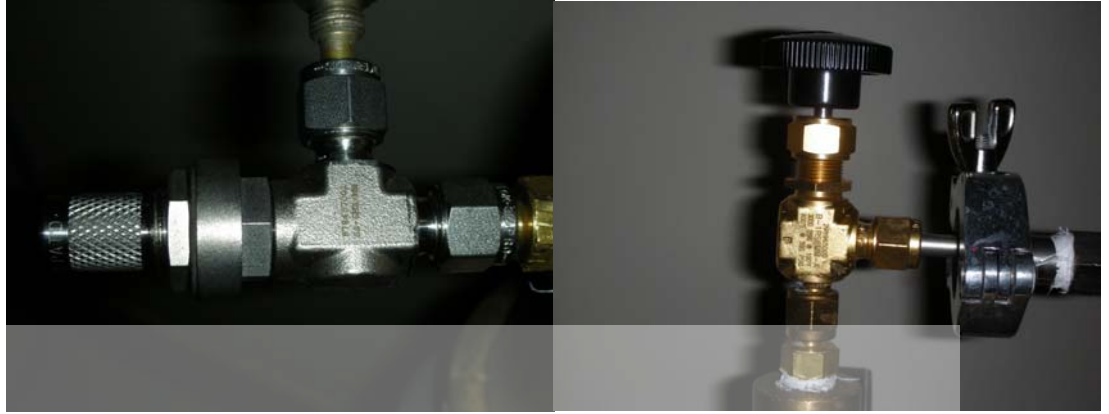


그림 2-19 inlet 밸브와 outlet 밸브

- 9) 진공펌프를 켜고 on/off 밸브, 유량조절 밸브, outlet 밸브, inlet 밸브 순으로 밸브를 연다.
- 10) 유량조절 밸브를 이용하여 포집시간에 맞는 유량이 흐르도록 조절한다.  
(표 2-1 참조)

KAERI

포집일(day)	총 포집시간 (sec)	1 L 포집하는데 걸리는 시간 (sec)	10 L 포집하는데 걸리는 시간 (sec)
1	86400	8.64	86.4
2	172800	17.28	172.8
3	259200	25.92	259.2
4	345600	34.56	345.6
5	432000	43.2	432
6	518400	51.84	518.4
7	604800	60.48	604.8

포집목표량	10,000	L(=10 m <sup>3</sup> )
-------	--------	------------------------

표 2-1 포집 기간별 단위 시간당 공기 유량 표

KAERI

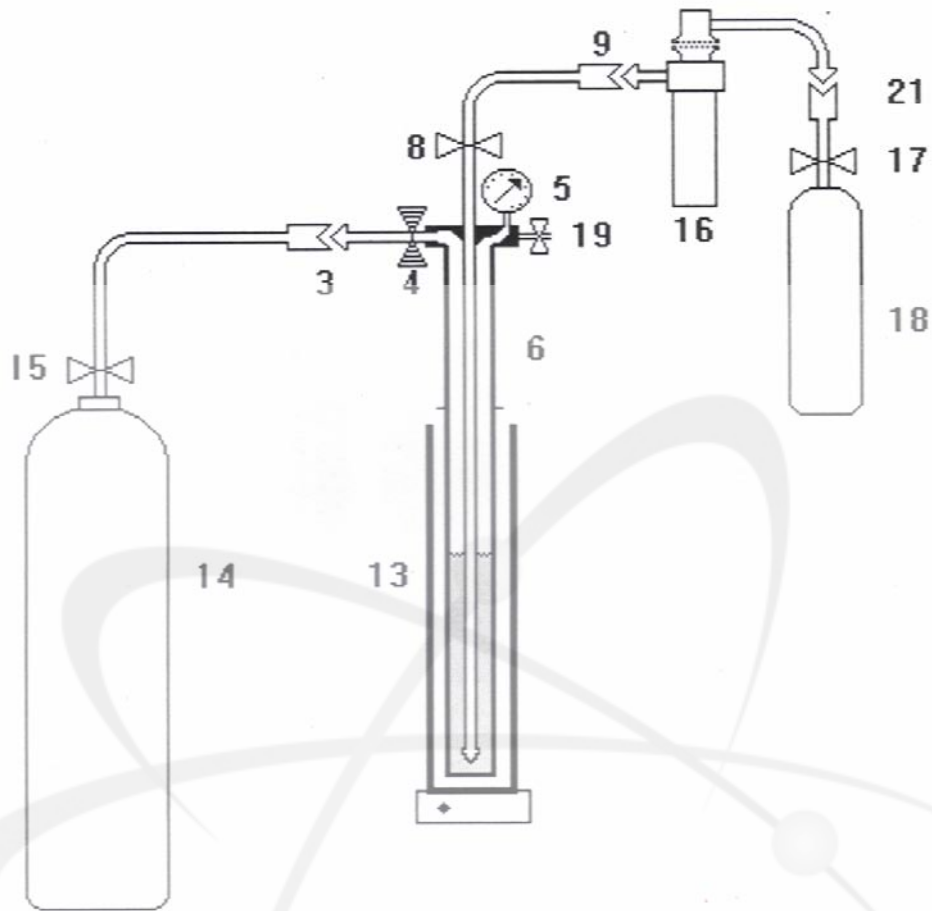
## 제 3 장 1차 농축 시료 회수

### 제 1 절 시스템 구조

흡착기에 포집된 방사성핵종을 탈착하여 1차적으로 농축하기 위해서는 활성탄소에 흡착되어 있으므로 방사성원소를 탈착하기 위한 고온의 열과 탈착된 방사성핵종을 옮길 수 있는 고압의 가스 및 가열된 수분을 제거할 수 있는 수분 제거장치 및 압축된 공기를 저장할 수 있는 용기가 필요하다(그림 3-1). 각각은 고압의 압력에 누수가 발생하지 않도록 밀봉이 필요하고 높은 회수율을 위해 각 단계별 소요시간 및 조치사항을 준수하여야 한다. 표 3-1에서는 대기중 노블가스 포집방법 및 순서를 표로 요약하였다.



KAERI



3. Quick-snap    4. Needle-valve (inlet)    5. Manometer    6. Adsorbant    8. Stop-cock (outlet )  
 9. Quick-snap    13. Oven    14. Inert gas ( He, N<sub>2</sub> )    15. Bottle-valve  
 16. Water adsorbant with drying-tube    17. Minican-valve    18. Minican    19. Safety-valve  
 21. Quick-snap

그림 3-1 탈착 시스템 구조

## 제 2 절 포집종료 및 수분제거

- 1) 유량계에 목표로 하는 공기가 포집되었으면 흡착기의 inlet 밸브, outlet 밸브, 유량조절 밸브, on/off 밸브 및 공기 펌프의 전원을 끄는 순으로 진행한다.(그림 3-2)
- 2) 흡착기에 연결된 inlet 및 outlet 호스를 제거한다.(그림 3-3)



그림 3-2 inlet 밸브, outlet 밸브, 유량조절밸브 및 on/off 밸브

- 3) 흡착기를 저온 용기에서 꺼내 거치대에 바로 세워 거치한 후 압력이 0 bar 이상으로 상승하면 거꾸로 거치하고 outlet 밸브를 열어 압력을 해소한다.(그림 3-4)
- 4) 거치대에 1시간(하절기) ~ 2시간(동절기) 보관하면 초저온(-196 °C)으로



냉각된 흡착기가 녹으며 외부에 얼었던 습기가 녹을 때까지 기다린다. 이때 흡착기 압력은 냉각용기에서 꺼냈을 때  $-0.5 \sim -0.8$  bar이고 내부 온도가 상승함과 동시에 압력이 같이 올라간다(2~5분). 압력이 0 bar 이상이 되면 outlet 밸브를 열어 내부 압력을 해소 시킨다.



그림 3-4 초기 흡착기 압력 및 압력 해소

- 5) 4)번 과정을 거치는 동안 흡착기는 계속 거꾸로 보관하여야 한다.
- 6) 흡착기 외부 습기가 마르면 흡착기의 열어 놓았던 outlet 밸브를 닫고 흡착기 에(거꾸로 거치하고 있으므로 엄밀히 말하면 상단) heating 자켓을 씌운다.(그림 3-5)
- 7) Heating 자켓의 온도조절기에서 온도를  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 온도 가속율을 40~50 %로 조절하여 가열 시킨다.(1시간 45분)
- 8) 1시간 45분 정도 경과한 후 가열 자켓을 제거하고 흡착기의 압력이 1 bar가 정도가 되었는지 확인하고 압력이 모자라면 inlet 밸브에  $\text{N}^2$  가스를 연결하여 흡착기 압력이 1 bar가 되도록 압력을 올려준 후 수 분이 흡착기 아래도 내려올 수 있도록 10분 정도 기다린다.



그림 3-5 온도 조절기와 heating jacket

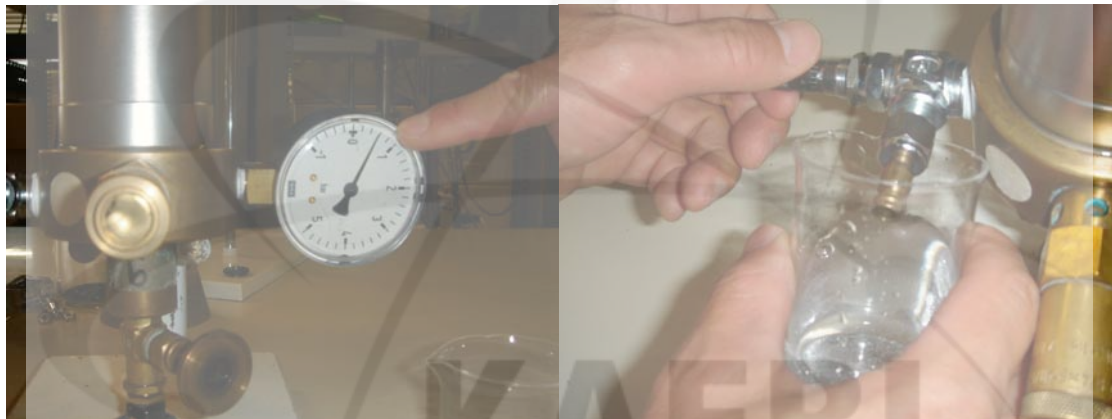


그림 3-6 흡착기 예열 후 압력 및 수분 제거 작업 사진.

- 9) 10분 정도 지난 후, inlet 밸브를 열어 흡착기에서 탈착된 수분을 제거한다. 이때 수분을 충분히 제거하기 위하여 밸브를 닫고 흡착기를 흔들어 주는 과정을 2~3번 반복한다.

### 제 3 절 탈착 및 이송절차

- 1) 가열된 흡착기 안으로 약 4 bar 이상의 압력을 불어 넣어 흡착기 내부의 탄소에서 탈착된 제논 및 크립톤을 분석 장비에 장착할 수 있는 미니 캔으로 옮기기 위해서 이송하는 작업을 하기 전에 충분한 압력의 He 가스가 있는지 확인하고 보충한다.
- 2) 수분이 제거된 흡착기를 300 °C로 가열할 수 있는 전기오븐에 장착한다. (그림 3-8)
- 3) 수분 여과기에 수분 제거 기능을 가진 신선한 실리카겔을 채운다(그림 3-7). 수분 여과기의 구조는 그림 3-9와 같고 그 기능은 흡착기 내부에 잔존해 있는 수분이 미니 캔으로 이동하는 과정에서 이를 제거해 주는 기능을 한다.



그림 3-7 미니캔 내부 공기 제거 및 수분여과기 실리카겔 장착

- 4) 미니 캔 내부의 공기를 제거하고 순수한 제논 및 크립톤을 저장하기 위해 공기 펌프를 이용하여 미니 캔 내부를 공기를 뽑아내고 그 무게를 기록한다(그림 3-7).
- 5) 흡착기의 outlet 밸브와 수분여과기를 연결하고 수분여과기에 내부 공기를 뽑아낸 미니 캔을 압력이 누수 되지 않도록 차례로 연결하고(그림 3-10), 흡착기의 inlet 밸브에 고압의 He 가스와 연결한다.

- 6) 흡착기의 outlet 밸브와 미니 캔의 밸브를 열어 흡착기의 공기가 미니 캔으로 이동할 수 있도록 한다. 이때 흡착기의 압력이 미니 캔의 공기를 진공펌프를 이용하여 뽑아냈으므로 흡착기의 압력계가 약  $-0.2 \sim -0.3$  bar 정도로 감압되고 이러한 상태가 계속 지속된다. 그렇지 않을 경우 누수가 있으므로 다시 점검하고 이 과정을 반복한다.(그림 3-10)

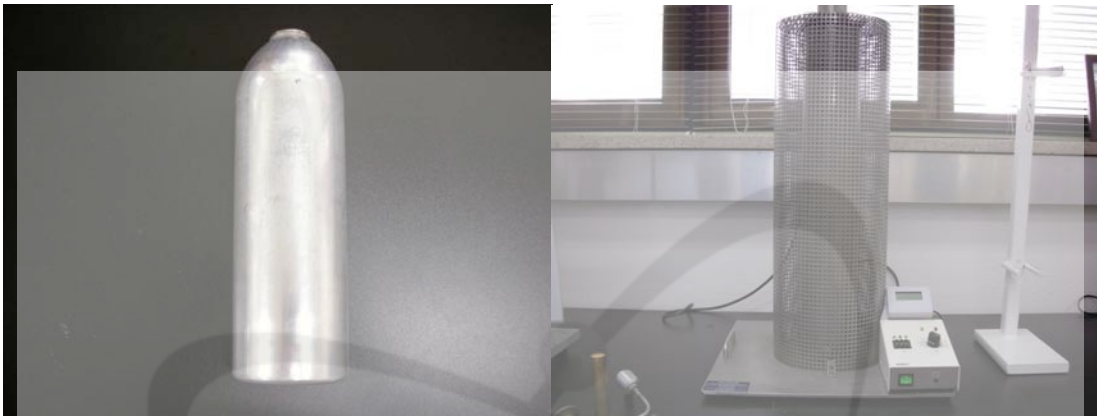
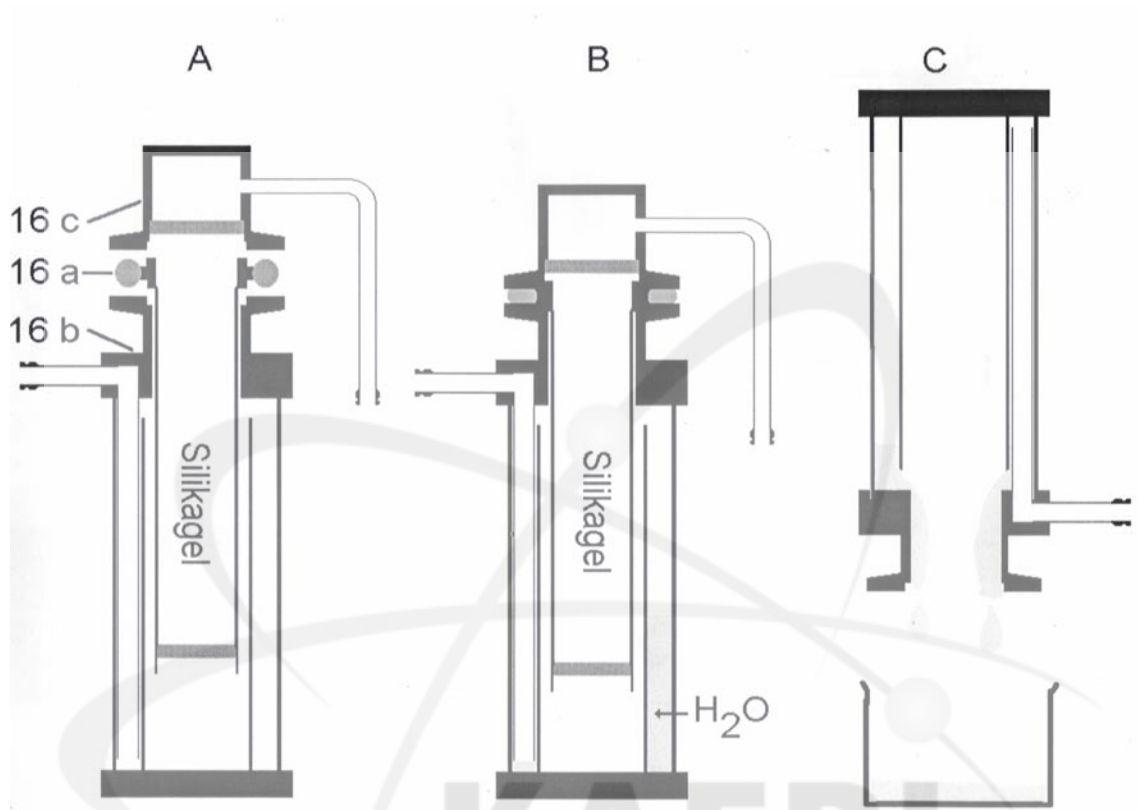


그림 3-8 미니 캔 및 전기 오븐

- 9) 전기오븐의 온도 조절기를  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 설정하고 온도 가속율을 100 %로 고정한 다음 전원 스위치를 켜다.
- 10) 1시간 정도 가열하고 나면 흡착기의 압력이 수분 및 이산화탄소의 함유량에 따라  $0.8 \sim 1.5$  bar 정도를 가리키고 있다. 이를 확인 한 후 흡착기의 inlet 밸브에 연결된 고압가스의 출력 밸브를 열고 흡착기의 inlet 밸브를 천천히 열어 흡착기의 압력이 4 bar가 되도록 한다. 그러면 흡착기 내에 탈착된 제논 및 크립톤 가스가 그 압력에 의해 흡착기에서 미니 캔으로 이송한다.
- 11) 흡착기의 압력이 4 bar가 되면 흡착기의 inlet 밸브, outlet 밸브, 미니 캔 밸브, 고압가스의 출력밸브를 모두 닫는다.
- 12) 수분여과기에서 미니 캔을 분리하고 그 무게를 기록한다.
- 13) 흡착기에서 수분여과기와 고압 헬륨 가스연결 호스를 분리한다.
- 14) 흡착기에 고압 헬륨 가스 대신 저압 질소 가스를 연결하고 흡착기 재생

절차를 시행한다.



- A : Parts of the water adsorbant  
16a: Inner tube filled with silica( filter at the bottom )  
16b: Water adsorbant with double-walls  
16c: Cap ( with filter )  
16d: stretching ring ( not showing)

- B : In use  
C : After use

그림 3-9 수분 여과기의 구조 및 기능



그림 3-10 탈착을 위한 미니캔 연결 및 연결 후 감압된 압력



그림 3-11 전기오븐 온도 조절기



그림 3-12 300 °C 한 시간 가열 후 압력과 He 가스로 이송 후 압력계이지



표 3-1 공기 포집 기록지

## 공기 포집 기록지

작업자	책임자

Sample No:

Action	일 시	Status				비 고
		공기유량	흡착기압력	적산계	액체질소수위 전 후	
공기포집 시작						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
공기포집 종료						
흡착기 거치대	시작:					
고정 단계	종료:					
Heating jacket	시작:					
설치 단계	종료:					
흡착기로부터						
물 제거단계						

Minican으로 시료이송

Action	일 시	Status	비 고
Minican 준비			
Minican 설치			
흡착기가열단계(300℃)	시작: 종료:		
He가압단계(4bar)			

재생단계

Action	일 시	status	비 고
흡착기 재생	시작: 종료:		
실리카겔 재생			



## 제 4 장 토의 및 결론

대기 노블가스 중 방사성 크립톤과 제논 분석은 재처리시설뿐만 아니라 지하 핵실험탐지를 위해 매우 중요하다. 대기 중 방사성 크립톤의 주요 방출원은 핵연료 재처리, 체르노빌 사고 등과 같이 발전소 사고, 핵실험과 미량이지만 우주선 및 바닷물에서 생성되기도 한다. 방사성 제논 역시 핵분열로 인해 생성되며, 핵실험, 발전소 및 기타 의료용에서도 생성된다. 방사성 제논의 경우 반감기가 짧아 몇 개월 내에 미미한 수준의 농도로 감소하기 때문에 빠른 시일에 분석해야 정확한 결과를 얻을 수 있다. 대기 중에 크립톤은 약  $1.14 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  정도 존재하며, 제논(Xe) 역시  $0.087 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  정도로 공기 중에 극미량이 존재한다. 따라서 대기 중 노블가스의 분석을 위해서는 공기포집이 매우 중요하다. 본 기술보고서는 공기 중 노블가스 포집에 관한 내용으로 대기 중 노블가스 포집에 이용될 것이며, 원자력발전소 추후에 재처리 연구시설 주변에서 노블가스 제거기술에 적용할 수 있을 것이다.

The logo for KAERI (Korea Atomic Energy Research Institute) is centered on the page. It features a stylized atomic symbol with three orbiting electrons and the acronym 'KAERI' in large, bold, capital letters below it.

KAERI

## 제 6 장 참고문헌

- [1] 한국원자력연구원, 금동권 외 다수, 대기 중 Kr-85 분석기술 개발, (2004).
- [2] Y. Igarashi, M. Aoyama, K. Nemoto, K. Hirose, T. Miyao, K. Fushimi, M. Suzuki, S. Yasui, Y. Asai, I. Aoki, K. Fujii, S. Yamamoto, H. Sartorius and W. Weiss,,  $^{85}\text{Kr}$  measurement system for continuous monitoring at the Meteorological Research Institute, Japan, J. of Environmental Monitoring, 3, 688-696, 2001.
- [3] Y. Igarashi, H. Sartorius, T. Miyao, W. Weiss, K. Fushimi, M. Aoyama, K. Hirose and H. Y. Inoue,  $^{85}\text{Kr}$  and  $^{133}\text{Xe}$  monitoring at MRI, Tsukuba and its importance, J. of Environmental Radioactivity, 48, 191-202, 20002.
- [4].Y. Igarahi, T. Miyao, Mi. Aoyama, K. Hirose, H. Sartorius and W. Weiss, Radioactive noble gases in surface air monitored at MRI, Tsukuba, before and after the JCO accident, J. of Environmental Radioactivity, 50, 107-118, 2000.
- [5] 한국수원자력연구소, 원자력발전소 방사선관리연보 (2001년), 2001
- [6] 한국원자력연구소, 대적 원자력 관련시설의 운영 중 방사선 환경 영향평가 (2003년), KAERI/CR-169/2003, 2003.
- [7] Y. Aregbe, K. Mayer, S. Valkiers and P. DE Bievre, Detection of reprocessing activities through stable isotope measurements of atmospheric noble gas, J. Anal. Chem., 358, 533-535, 1997.

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드		
KAERI/TR-4087/2010					
제목 / 부제	대기 중 제논 및 크립톤 포집기술				
연구책임자 및 부서명	이완로 (원자력환경안전연구부)				
연구자 및 부서명	전 인 (원자력환경안전연구부) 최상도 (원자력환경안전연구부) 금동권 (원자력환경안전연구부)				
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구원	발행년	2010.6
페이지	34 p.	도표	있음(○), 없음( )	크기	21×29.7Cm.
참고사항	원자력연구개발사업과제				
공개여부	공개(○), 비공개( )		보고서종류	기술보고서	
비밀여부	대외비( ), ___ 급비밀				
연구위탁기관			계약번호		
초록 (15-20줄내외)					
<p>대기 중에 크립톤은 약 <math>1.14 \text{ cm}^3/\text{m}^3</math> 정도 존재하며, 제논(Xe) 역시 <math>0.087 \text{ cm}^3/\text{m}^3</math> 정도로 공기 중에 극미량이 존재한다. 따라서 대기 중 노블가스의 분석을 위해서는 공기포집이 매우 중요하다. 본 기술보고서는 초저온 흡착원리를 이용하여 공기 중 노블가스 포집방법에 대해서 소개하였다. 이를 통해서 원자력발전소 추후에 재처리 연구시설 주변에서 노블가스 제거기술에 적용할 수 있을 것이다</p>					
주제명키워드 (10단어내외)	재처리, 노블가스, 초저온흡착				

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET							
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.		INIS Subject Code	
KAERI/TR-4087 /2010							
Title / Subtitle		Sampling Technology of Xenon and Krypton in Air					
Project Manager and Department (or Main Author)		Wanno Lee(Nuclear Environment Safety Research Division)					
Researcher and Department		In Jun (Nuclear Environment Safety Research Division)					
		Dong-Kwon Keum (Nuclear Environment Safety Research Division)					
		Sang-Do Choi (Nuclear Environment Safety Research Division)					
Publication Place	Daejeon	Publisher	KAERI		Publication Date	Jun. 2010	
Page	34 p.	Ill. & Tab.	Yes(○), No ( )		Size	21×29.7Cm	
Note							
Open	Open(○), Closed( )						
Classified	Restricted( ), ___Class Document		Report Type		Technical Report		
Sponsoring Org.				Contract No.			
Abstract (15-20 Lines)							
		In order to measure noble gas in the air, sampling technology is very important and n process manual of sampling is needed.					
		This report has following contents:					
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• development of first reduction step of water in air</li> <li>• development of second reduction step of water and CO2</li> <li>• development of xenon and krypton sampling in air</li> <li>• development of first enrichment method in air sample</li> </ul>					
		This method will be applied in analysis of noble gas and education of novel analysts. Also, it is directly applied in reduction technology of noble gas in nuclear power facilities.					
Subject Keywords (About 10 words)		reprocess, noble gas, cryogenic adsorption					