

## 지하역사 공기 중 라돈 조사

- 도시철도 지하역사 중 고농도 라돈 발생 우려 역사에 대한 라돈 발생 수준과 특성을 조사
- 라돈으로 인한 환경상 위해를 예방하고 시민 불안을 해소

### 1. 조사개요

- 조사기간 : 2023년 상반기(3 ~ 4월), 하반기(9월)
- 조사대상 : 1 ~ 4호선별 고농도 라돈 발생 우려 2개 역사(총 8개 역사)

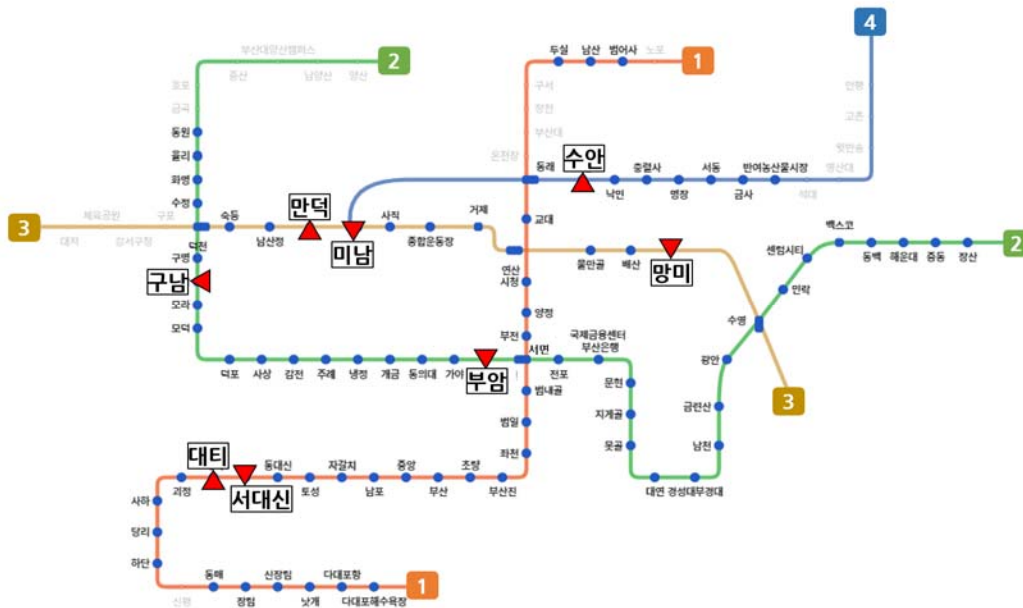


그림 1. 2023년 지하역사 공기 중 라돈조사 지점

- 조사항목 : 실내공기 중 라돈(Rn-222)
  - ※ 라돈(Rn-222) : 암석이나 토양 등 자연계의 우라늄(U-238)이 연속 붕괴하여 생성되는 자연 방사성물질로 반감기 3.823일을 갖는 무색, 무취, 무미의 기체
- 조사지점 : 각 지하역사의 승강장, 배수펌프실(또는 승강장 인접 터널)내 각 1개 지점

역사	1호선		2호선		3호선		4호선	
	서대신	대티	구남	부암	만덕	망미	미남	수안
조사 지점	승강장	승강장	승강장	승강장	승강장	승강장	승강장	승강장
	배수펌프실	배수펌프실	배수펌프실	배수펌프실	터널*	터널*	배수펌프실	배수펌프실

※ 3호선 만덕, 망미역의 배수펌프실은 터널 내부에 위치하여 승강장과 떨어져 있고 접근이 어려워 승강장 인접 터널에서 측정

담당부서 : 미세먼지안전팀(☎051-309-2790)

팀장 : 정현철, 담당자 : 지화성

## 2. 조사방법

- 실내공기질공정시험기준(ES 02901.1e 실내공기 중 라돈 연속측정방법)에 따라 48시간 연속측정
- 측정장비 : 라돈 연속측정기(RAD7)
- 라돈 평가기준

관련 법령	기준(Bq/m <sup>3</sup> )	적용 대상
실내공기질관리법 「실내공기질 권고기준」	148 이하	지하역사 등 다중이용시설과 신축 공동주택
산업안전보건법 「작업장 라돈 노출기준」	600 이하	지하 작업공간, 라돈발생 원료물질 취급 작업장 등 라돈노출 이 우려되는 작업장

※ 베크렐(Bq) : 방사성물질의 양을 나타내는 국제 단위(1초당 붕괴하는 양)

## 3. 그간 조사내용

- (2017년 ~ 2020년) 도시철도 1 ~ 4호선 총114개 역사에 대한 라돈 전수조사
  - 부산 도시철도 지상 및 지하역사의 승강장과 대합실의 평균 라돈 농도는 실내공기질 권고기준 148 Bq/m<sup>3</sup> 이내
  - 조사지점 중 평균 라돈 농도가 높은 곳은 지하역사의 승강장

표 1. 호선별 평균 라돈 농도 (단위 : Bq/m<sup>3</sup>)

조사지점 (조사연도, 역사 수)		1호선 (2017년, 40)	2호선 (2019년, 43)	3호선 (2020년, 17)	4호선 (2020년, 14)
전체(114)	대합실	8.3	9.1	8.3	7.7
	승강장	9.6	10.3	10.1	11.0
지상(23)	대합실	6.6	9.9	6.6	5.1
	승강장	7.0	7.6	7.0	4.5
지하(91)	대합실	8.7	9.0	8.9	9.1
	승강장	10.2	10.8	10.8	14.7

- (2021년) 고심도 및 비운행시간대 고농도 라돈 발생 7개 지하역사 집중 조사
  - 7개 지하역사의 승강장과 대합실의 평균 라돈 농도는 실내공기질 권고기준 148 Bq/m<sup>3</sup> 이내
    - ⇒ 4호선 미남역(평균 19.2 Bq/m<sup>3</sup>) > 2호선 부암역(평균 16.8 Bq/m<sup>3</sup>)
  - 철도 비운행시간대(환기 미가동시간대, 00:00 ~ 05:00)에 시간당 최대 농도 발생
    - ⇒ 4호선 미남역 승강장 191.2 Bq/m<sup>3</sup>

표 2. 7개 지하역사의 라돈 농도(2021년, 7일 연속측정) (단위 : Bq/m<sup>3</sup>)

지하역사	대합실			승강장			지하역사 평균
	최대*	최소*	평균	최대*	최소*	평균	
만덕	64.6	1.4	11.7	64.6	1.2	14.5	13.1
배산	56.0	2.7	13.3	54.4	1.2	14.3	13.8
물만골	37.1	1.2	10.7	52.2	1.2	13.4	12.1
망미	83.2	1.2	12.5	103.5	1.2	17.0	14.8
구남	115.1	2.5	11.7	73.7	1.2	10.7	11.2
미남	117.8	1.3	11.3	191.2	1.2	27.1	19.2
부암	48.6	1.2	13.2	72.6	2.7	20.4	16.8

\* 1시간당 최대 또는 최소 라돈 농도

- (2022년) 승강장과 대합실 주변 배수펌프실(또는 터널) 라돈 조사
  - 승강장과 대합실의 평균 라돈 농도는 실내공기질 권고기준 148 Bq/m<sup>3</sup> 이내
    - ↳ 4호선 미남역(평균 39.1 Bq/m<sup>3</sup>) > 2호선 배산역(평균 17.2 Bq/m<sup>3</sup>)
  - 각 배수펌프실(또는 터널)의 평균 라돈 농도는 작업장 라돈 노출기준(600 Bq/m<sup>3</sup>)이내였으나, 철도 비운행 시간대(환기 미가동시간대, 00:00 ~ 05:00)에 부암역과 미남역에서 고농도 라돈 발생

표 3. 4개 지하역사의 라돈 농도(2022년 2회, 각 48시간 연속측정) (단위 : Bq/m<sup>3</sup>)

지하역사	대합실			승강장			지하역사 평균	배수펌프실(또는 터널)		
	최대*	최소*	평균	최대*	최소*	평균		최대*	최소*	평균
동대신	37.0	0.0	7.1	33.0	0.0	8.1	7.6	171.0	48.0	94.1
부암	46.0	0.0	6.9	66.0	0.0	9.3	8.1	3,720.8	36.0	269.0
배산**	72.0	1.2	16.3	82.0	0.0	18.1	17.2	78.0	12.0	30.6
미남	56.0	0.0	12.6	276.0	0.0	65.6	39.1	449.0	60.0	162.4

\* 1시간당 최대 또는 최소 라돈 농도

\*\* 배산역 배수펌프실은 터널 내부에 위치하여 승강장과 떨어져 있고 진입이 어려워 승강장 인접 터널에서 측정

#### 4. 조사결과

##### ○ 조사대상 지하역사 현황

- (승강장 깊이) 만덕역(지하9층) > 망미역(지하6층) > 대티역(지하5층)
- (지질 정보) 서대신·부암·망미·수안·미남역은 충적층 지대, 대티·만덕역은 유천층군안산암·안산암질응회암 지대, 구남역은 화강암 지대
- (배수펌프실) 내부에 지하 역사나 선로에 고인 지하수, 빗물 등을 저장하거나 방류하는 집수정이 있으며, 환기구 또는 환기팬이 설치되어 가동되고 있음 망미·만덕역은 터널 내에, 서대신역 등 6개 역사는 승강장에서 이종으로 출입문을 거쳐야 하는 구조로 분리되어 있음
- (터널) 스크린도어(PSD, Platform Screen Doors)로 분리되어 있음
  - ↳ 서대신 · 대티 · 구남 · 부암역은 반밀폐, 망미 · 만덕 · 수안 · 미남역은 밀폐 구조

표 4. 2023년 조사대상 지하역사 현황

지하역사	승강장 층수 (수직깊이)	지질 정보	PSD 밀폐수준	배수펌프실		
				집수정 덮개	환기시설	
1호선	서대신	B3	Qa <sup>1</sup>	반밀폐	미설치	환기구
	대티	B5	Kat <sup>2</sup>	반밀폐	미설치	환기구
2호선	구남	B3	Tgr <sup>3</sup>	반밀폐	미설치	환기구
	부암	B3	Qa <sup>1</sup>	반밀폐	설치	환기팬
3호선	망미	B6	Qa <sup>1</sup>	밀폐	터널 내부에 위치하여, 승강장과 인접한 터널에서 측정함	
	만덕	B9	Kat <sup>2</sup>	밀폐		
4호선	수안	B3	Qa <sup>1</sup>	밀폐	미설치	환기팬
	미남	B3	Qa <sup>1</sup>	밀폐	설치	환기팬

1. Qa : 충적층, 2. Kat : 유천층군안산암·안산암질응회암, 3. Tgr : 화강암

○ 공간별 라돈 발생 수준

- 승강장보다 배수펌프실(또는 터널)에서 높은 농도의 라돈이 발생함
  - ⇒ (48시간 평균 농도) 배수펌프실(또는 터널) 50.6 Bq/m<sup>3</sup> > 승강장 13.5 Bq/m<sup>3</sup>
- 지하역사 승강장의 48시간 라돈 평균 농도는 「실내공기질 권고기준」 이내
  - ⇒ 전체 평균 농도는 13.5 Bq/m<sup>3</sup>이며, 대티역이 5.8 Bq/m<sup>3</sup>으로 가장 낮았고 미남역이 29.2 Bq/m<sup>3</sup>으로 가장 높았음
  - ⇒ 시간 최대 농도는 철도 비운행시간대에 미남역에서 116.6 Bq/m<sup>3</sup>으로 발생하였으며, 「실내공기질 권고기준」 이내 수준임
- 배수펌프실(또는 터널)의 48시간 라돈 평균 농도는 「작업장 라돈 노출기준」 이내
  - ⇒ 전체 평균 농도는 50.6 Bq/m<sup>3</sup>이며, 대티역이 11.6 Bq/m<sup>3</sup>으로 가장 낮았고 부암역이 131.7 Bq/m<sup>3</sup>으로 가장 높았음
  - ⇒ 시간 최대 농도 역시 모두 「작업장 라돈 노출기준」 이내 수준이지만, 부암역에서는 철도 비운행시간대에 500.9 Bq/m<sup>3</sup>으로 순간적인 고농도가 발생하기도 함

표 4. 2023년 지하역사의 라돈 평균 농도(2023년 2회, 각 48시간 연속측정) (단위 : Bq/m<sup>3</sup>)

지하역사		승강장			배수펌프실(또는 터널)		
		상반기 (3월)	하반기 (9월)	지점 평균	상반기 (3월)	하반기 (9월)	지점 평균
전체평균		12.7	14.3	13.5	44.2	57.1	50.6
1호선	서대신	9.1	11.6	10.4	16.7	27.4	22.1
	대티	6.4	5.2	5.8	13.2	9.9	11.6
2호선	구남	12.1	15.8	14.0	28.8	28.0	28.4
	부암	5.6	10.3	8.0	90.2	173.2	131.7
3호선	망미*	10.5	15.9	13.2	22.3	34.1	28.2
	만덕*	13.2	20.0	16.6	30.6	38.0	34.3
4호선	수안	15.7	6.3	11.0	62.6	45.8	54.2
	미남	28.7	29.6	29.2	88.9	100.1	94.5

\* 3호선 만덕, 망미역은 승강장과 인접한 터널에서 측정

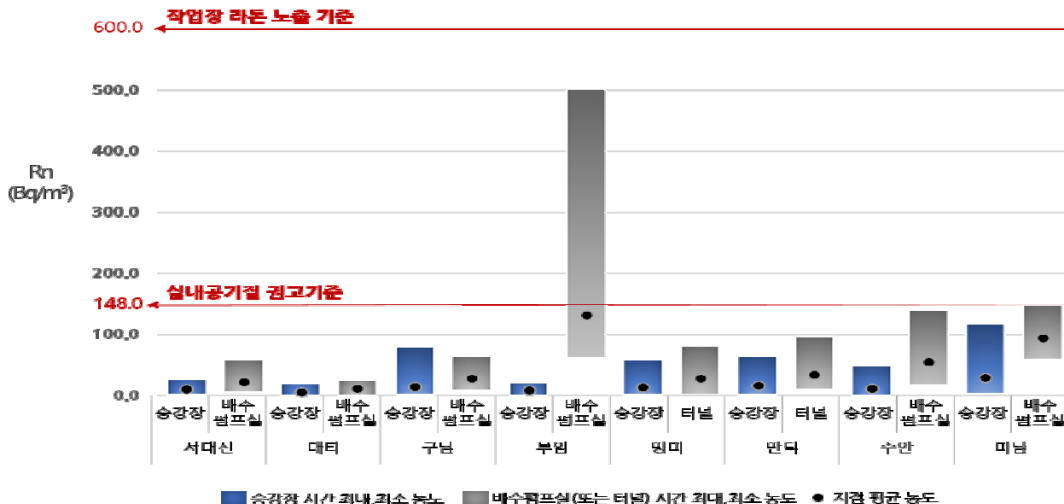


그림 2. 2023년 지하역사의 공간별 라돈 평균 농도 및 시간 최대, 최소 농도

○ 지하역사별 라돈 발생 특성

- 서대신역(1호선)

- ⇒ (승강장) 라돈 평균 농도는 상반기 9.1 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 11.6 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 26.0 Bq/m<sup>3</sup>으로 「실내공기질 권고기준」 이내였으며, 2017년 조사된 평균 농도 22.4 Bq/m<sup>3</sup>, 최대 농도 40.5 Bq/m<sup>3</sup>보다 낮았음
- ⇒ (배수펌프실) 라돈 평균 농도는 상반기 16.7 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 27.4 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 57.1 Bq/m<sup>3</sup>으로 승강장보다 높은 농도로 발생하고 있지만, 「작업장 라돈 노출기준」 및 「실내공기질 권고기준」 이내로 조사되었음

- 대티역(1호선)

- ⇒ (승강장) 1호선 중 가장 깊은 지하 5층에 위치하며, 라돈 평균 농도는 상반기 6.4 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 5.2 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 19.6 Bq/m<sup>3</sup>으로 「실내공기질 권고기준」 이내이며 조사 대상 승강장 중 가장 낮은 라돈 농도를 나타내었고, 2017년 조사된 평균 농도 19.2 Bq/m<sup>3</sup>, 최대 농도 37.9 Bq/m<sup>3</sup>보다 낮았음
- ⇒ (배수펌프실) 라돈 평균 농도는 상반기 13.2 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 9.9 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 25.0 Bq/m<sup>3</sup>으로 승강장보다 높은 농도로 발생하고 있지만, 「작업장 라돈 노출기준」 및 「실내공기질 권고기준」 이내로 조사되었음

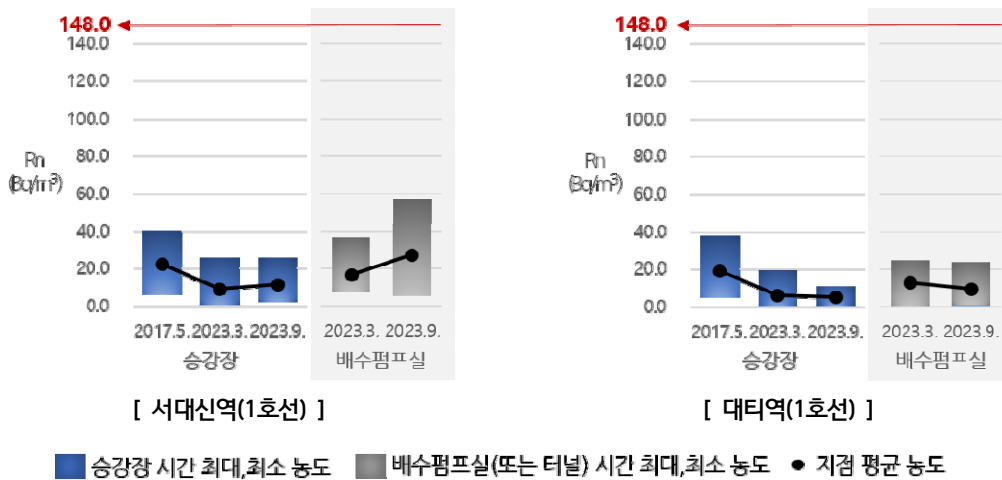


그림 3. 서대신역(1호선), 대티역(1호선)의 라돈 발생 농도

- 구남역(2호선)

- ⇒ (승강장) 라돈 평균 농도는 상반기 12.1 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 15.8 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 78.4 Bq/m<sup>3</sup>으로 「실내공기질 권고기준」 이내였으며, 2019년과 2021년에 조사된 평균 농도 10.5 ~ 15.3 Bq/m<sup>3</sup>, 최대 농도 73.7 Bq/m<sup>3</sup>과 유사한 수준이었음
- ⇒ (배수펌프실) 라돈 평균 농도는 상반기 28.8 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 28.0 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 63.4 Bq/m<sup>3</sup>으로 평균 농도가 승강장보다 높게 발생하고 있지만, 「작업장 라돈 노출기준」 및 「실내 공기질 권고기준」 이내로 조사되었음

- 부암역(2호선)

- ⇒ (승강장) 라돈 평균 농도는 상반기 5.6 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 10.3 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 21.6 Bq/m<sup>3</sup>으로 「실내공기질 권고기준」 이내였으며, 2019년부터 2022년까지 조사된 평균 농도 9.2 ~ 47.8 Bq/m<sup>3</sup>, 최대 농도 129.3 Bq/m<sup>3</sup>보다 낮은 수준이었음

⇒ (배수펌프실) 라돈 평균 농도는 상반기 90.2 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 173.2 Bq/m<sup>3</sup>으로 조사 대상 역사 중 가장 높은 농도로 발생하였으며 측정 기간 중 시간 최대 농도는 500.9 Bq/m<sup>3</sup>으로 「작업장 라돈 노출기준」 이내였으나, 시간 최대 농도가 2022년 3,720.8 Bq/m<sup>3</sup>, 2023년 500.9 Bq/m<sup>3</sup>으로 고농도의 라돈이 지속적으로 발생하는 지점이므로 배수펌프실 내부 라돈 농도 저감과 외부 확산 방지를 위하여 라돈 차단 및 환기 강화가 필요함

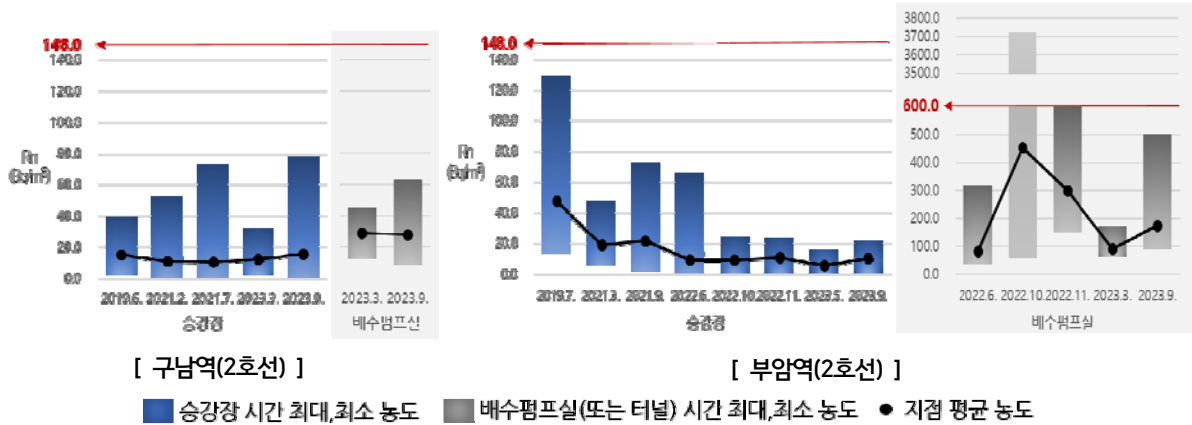


그림 4. 구남역(2호선), 부암역(2호선)의 라돈 발생 농도

- 망미역(3호선)

⇒ (승강장) 라돈 평균 농도는 상반기 10.5 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 15.9 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 58.1 Bq/m<sup>3</sup>으로 「실내공기질 권고기준」 이내였으며, 2020년부터 2021년까지 조사된 평균 농도 12.4 ~ 21.6 Bq/m<sup>3</sup>, 최대 농도 103.5 Bq/m<sup>3</sup>보다 낮은 수준이었음

⇒ (터널) 라돈 평균 농도는 상반기 22.3 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 34.1 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 80.0 Bq/m<sup>3</sup>으로 승강장보다 높은 농도로 발생하고 있지만, 「작업장 라돈 노출기준」 및 「실내공기질 권고기준」 이내로 조사되었음

- 만덕역(3호선)

⇒ (승강장) 지하역사 승강장 중 가장 깊은 지하 9층에 위치하며, 라돈 평균 농도는 상반기 13.2 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 20.0 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 63.1 Bq/m<sup>3</sup>으로 「실내공기질 권고기준」 이내였으며, 2020년부터 2021년까지 조사된 평균 농도 13.4 ~ 16.0 Bq/m<sup>3</sup>, 최대농도 64.6 Bq/m<sup>3</sup>과 유사한 수준이었음

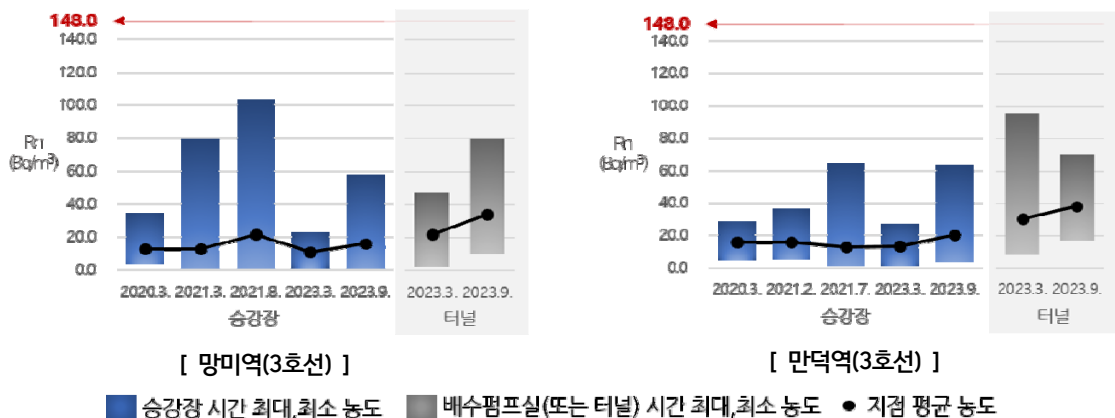


그림 5. 망미역(3호선), 만덕역(3호선)의 라돈 발생 농도

⇒ (터널) 라돈 평균 농도는 상반기 30.6 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 38.0 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 70.2 Bq/m<sup>3</sup>으로 승강장보다 높은 농도로 발생하고 있지만, 「작업장 라돈 노출기준」 및 「실내공기질 권고기준」 이내로 조사되었음

- 수안역(4호선)

⇒ (승강장) 라돈 평균 농도는 상반기 15.7 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 6.3 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 48.1 Bq/m<sup>3</sup>으로 「실내공기질 권고기준」 이내였으며, 2020년에 조사된 평균 농도 25.0 Bq/m<sup>3</sup>, 최대 농도 121.3 Bq/m<sup>3</sup>보다 낮은 수준이었음

⇒ (배수펌프실) 라돈 평균 농도는 상반기 62.6 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 45.8 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 139.1 Bq/m<sup>3</sup>으로 승강장보다 높게 발생하고 있지만, 「작업장 라돈 노출기준」 및 「실내공기질 권고기준」 이내로 조사되었음

- 미남역(4호선)

⇒ (승강장) 라돈 평균 농도는 상반기 28.7 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 29.6 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 116.6 Bq/m<sup>3</sup>으로 「실내공기질 권고기준」 이내 이었으며 조사 대상 승강장 중에서 가장 높은 농도로 조사되었고, 전년도 8월에도 라돈 평균 농도가 109.8 Bq/m<sup>3</sup> 수준으로 발생하는 등 다른 역사에 비해 지속적으로 높은 경향을 보이고 있으므로, 환기량 증가 등 승강장 라돈 저감을 위한 관리가 필요함

⇒ (배수펌프실) 라돈 평균 농도는 상반기 88.9 Bq/m<sup>3</sup>, 하반기 100.1 Bq/m<sup>3</sup>, 측정 기간 중 시간 최대 농도는 147.8 Bq/m<sup>3</sup>으로 승강장보다 높게 발생하고 있지만, 「작업장 라돈 노출기준」 이내로 조사되었음

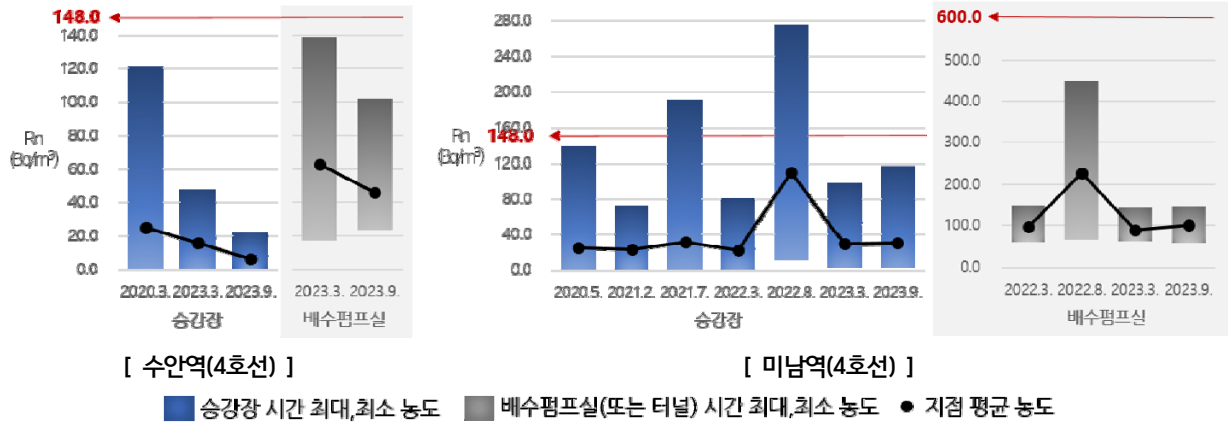
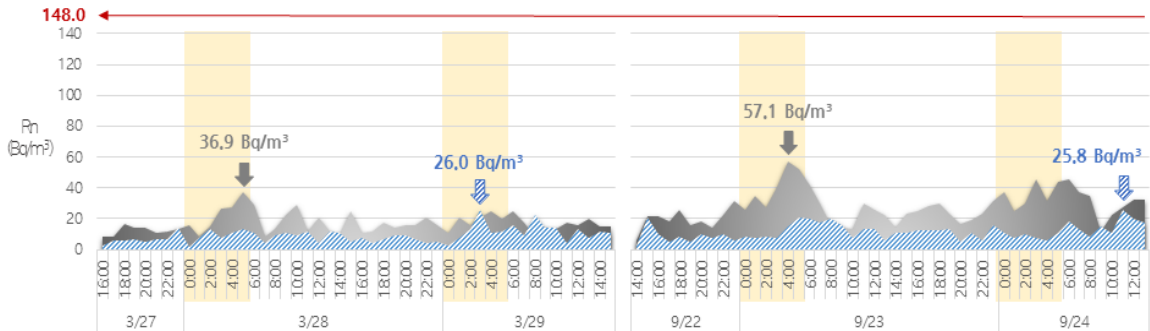


그림 6. 수안역(4호선), 미남역(4호선)의 라돈 발생 농도

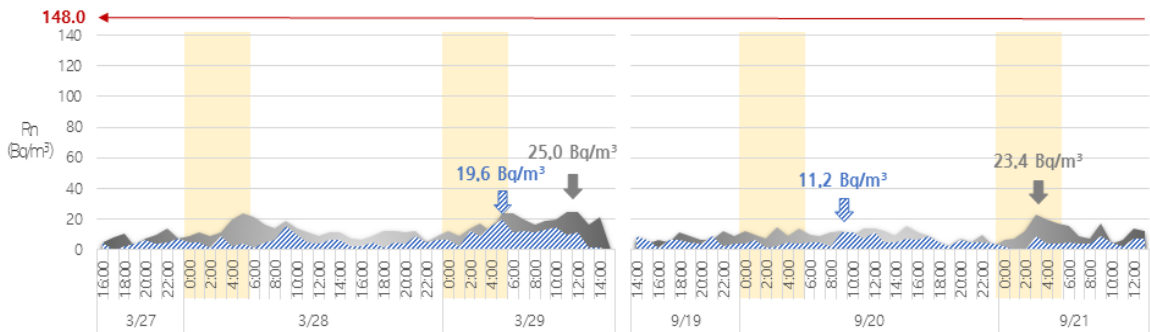
○ 시간대별 라돈 발생 특성

- 도시철도가 운행하지 않는 야간시간대(00:00 ~ 05:00)에 환기가 중단되고 승강장 및 터널 내부 공기가 정체 되면서 라돈 농도가 가장 높았으며, 운행이 시작되는 오전 시간대(05:00 ~ 12:00)에는 환기가 재개되면서 농도가 낮아지지만, 환기 부족 및 정체되었던 공기 이동 등으로 인해 다소 높은 농도를 나타내기도 하였고, 이후 오후에서 밤 시간대(12:00 ~ 24:00)에 가장 낮은 농도로 조사
- (승강장) 환기시스템에 직접적인 영향을 받으며, 환기가 중단되는 01:00 ~ 05:00 시간대에 라돈 농도가 증가하고 시간 최대 농도가 발생하다가 환기가 재개되는 6시 이후 농도가 급속하게 감소함
  - ⇒ 비운행시간대 24.9 Bq/m<sup>3</sup>에서 운행시간대 10.5 Bq/m<sup>3</sup>으로 평균 57.8% 감소
- (배수펌프실 또는 터널) 시간 최대 농도는 01:00 ~ 08:00 시간대에 발생하였고 시간대별 증감 폭이 완만하였고, 야간시간대에는 역사 전체에 안정하고 정체된 공기의 영향을 서서히 받고, 승강장 환기가 재개된 이후에도 승강장과 공간적으로 분리되어 있어서 직접적이고 즉각적인 환기 영향을 받지 않는 것으로 판단됨

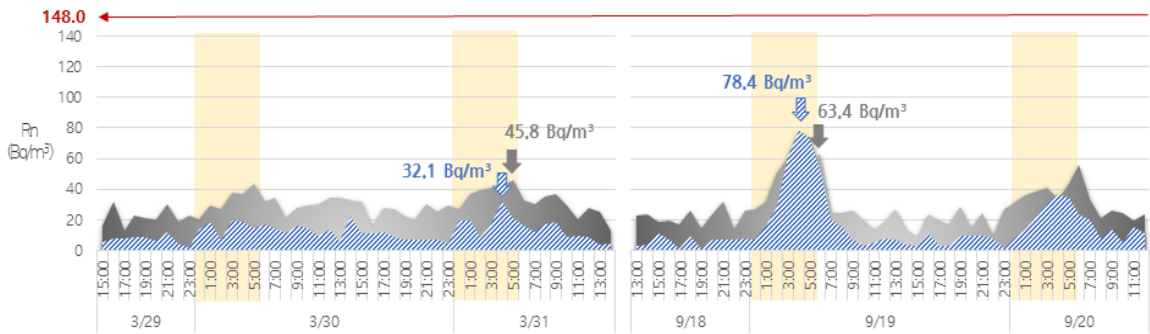
⇒ 비운행시간대 64.9 Bq/m<sup>3</sup>에서 운행시간대 46.8 Bq/m<sup>3</sup>으로 평균 27.9 % 감소



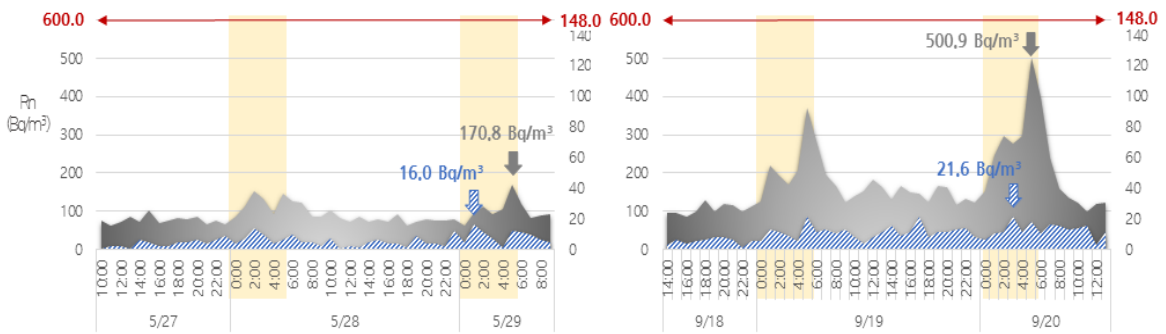
[ 서대신역(1호선) ]



[ 대티역(1호선) ]



[ 구남역(2호선) ]

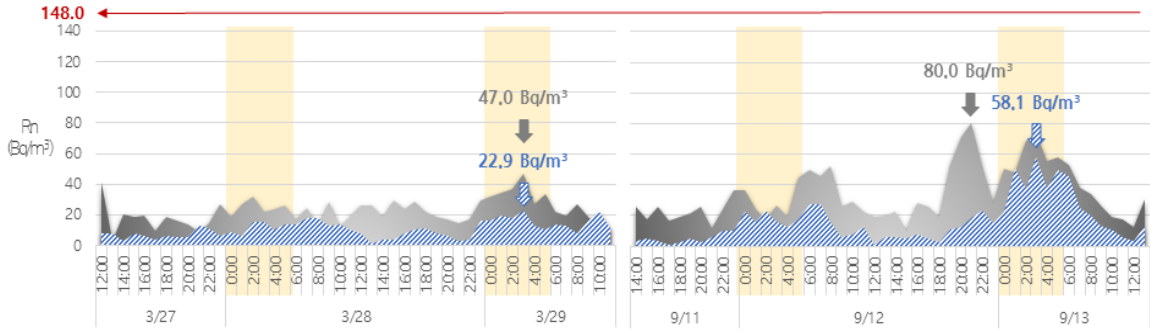


[ 부암역(2호선) ]

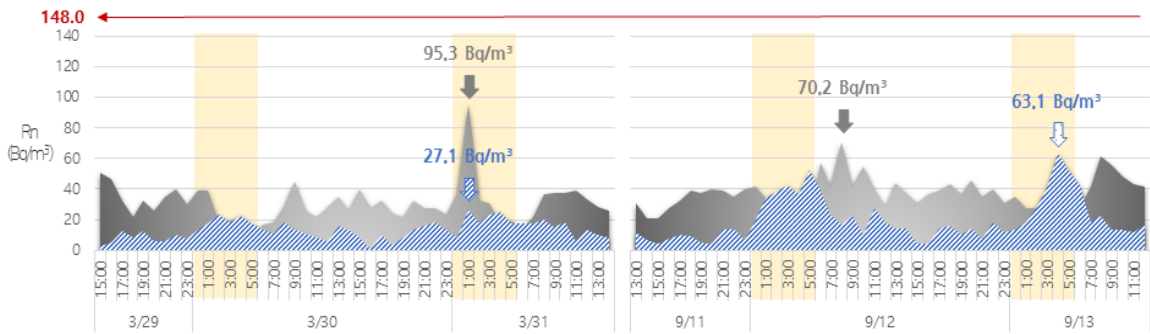
▨ 승강장    ■ 배수펌프실    ■ 열차 비운행시간대(00:00-05:00)

그림 7. 서대신역(1호선), 대티역(2호선), 구남역(2호선), 부암역(2호선)의 라돈 발생 시간 변화

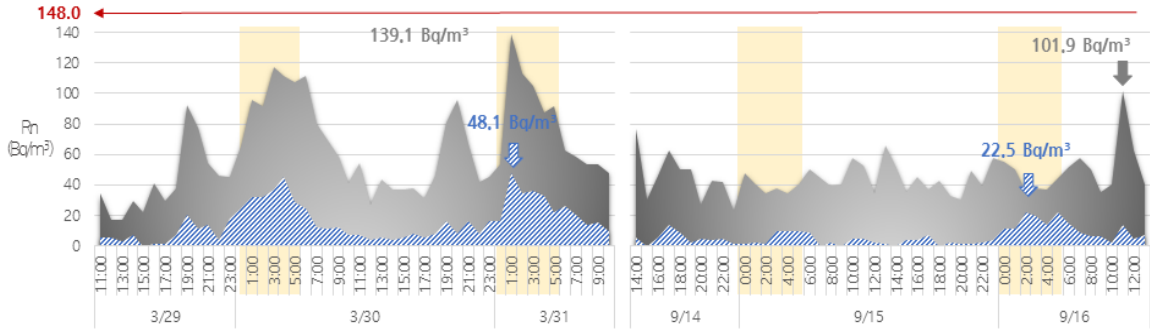




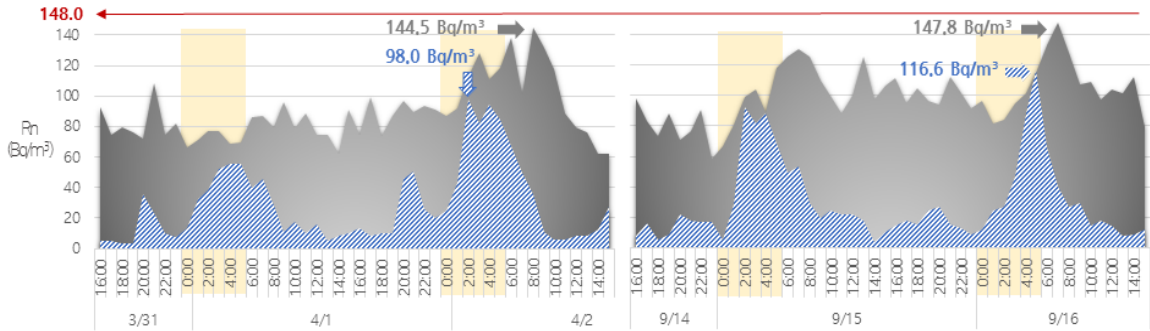
[ 망미역(3호선) ]



[ 만덕역(3호선) ]



[ 수안역(4호선) ]



[ 미남역(4호선) ]

승강장   
  배수펌프실   
  열차 비운형시간대(00:00-05:00)

그림 8. 망미역(3호선), 만덕역(3호선), 수안역(4호선), 미남역(4호선)의 라돈 발생 시간 변화

표 5. 시간대별 라돈 평균 농도(2023년 2회, 각 48시간 연속측정)

(단위 : Bq/m<sup>3</sup>)

지하역사	승강장				배수펌프실(또는 터널)			
	비운행시간 00:00 ~05:00	운영시간			비운행시간 00:00 ~05:00	운영시간		
		05:00 ~24:00	05:00 ~12:00	12:00 ~24:00		05:00 ~24:00	05:00 ~12:00	12:00 ~24:00
전체	24.9	10.5	14.0	8.4	64.9	46.8	53.2	43.1
서대신	11.1	10.2	13.2	8.4	30.0	19.9	22.4	18.5
대티	5.8	5.9	7.9	4.7	14.2	10.8	14.4	8.8
구남	28.7	10.1	14.3	7.5	40.6	25.2	29.3	22.8
부암	11.0	7.1	7.9	6.7	199.6	113.9	134.9	101.6
망미	23.2	10.6	14.6	8.2	37.4	25.8	26.3	25.5
만덕	30.7	12.9	17.4	10.3	30.5	35.3	37.8	33.9
수안	23.6	7.7	9.2	6.9	72.6	49.4	53.2	47.1
미남	64.9	19.7	28.0	14.9	94.7	94.5	107.1	87.1

## 5. 지하역사 라돈 관리

### ○ 승강장 환기

- 지하공간 전체에서 유의미하게 자연 발생되는 라돈은 전체 환기에 의한 희석이 최선의 방법으로 알려져 있으며, 현재 환기시설 운영(05:00 ~ 24:00)으로 조사 대상 8개 지하 승강장의 평균 라돈 농도 및 시간 최대 라돈 농도는 「실내공기질 권고기준」 이내 수준으로 유지되고 있음

↳ 승강장 라돈 농도는 환기시설이 운영되는 시간대는 환기가 중단되는 시간대와 비교해서 평균 57.8% 감소(24.9 Bq/m<sup>3</sup> → 10.5 Bq/m<sup>3</sup>)하였고, 최대 69.6% 감소(64.9 Bq/m<sup>3</sup> → 19.7 Bq/m<sup>3</sup>, 미남역) 하였음

- 도시철도 비운행시간대에 시간 최대 농도가 발생하고 있으므로 야간 작업자를 위한 환기시스템을 가동하여 순간적인 고농도 라돈 노출 위험을 최소화하고, 도시철도 운행 재개 시간(05:00 ~ 06:00) 환기량 증가 등 역사별 라돈 발생 수준에 맞는 환기시설을 운영하여 승강장 라돈 농도를 저감 시킬 필요성이 있음

### ○ 배수펌프실 라돈 차단

- 지하역사의 라돈은 집수정이 있는 배수펌프실에서 높은 농도로 발생하고 있고, 그 외에도 승강장 인접 터널, 지하 시설물, 승강장 내부 벽과 바닥의 갈라진 틈 등에서 발생하여 승강장으로 유입되는 것으로 알려져 있음

- 배수펌프실 내부 라돈 저감을 위해서 역사별 배수펌프실 위치와 라돈 발생 수준에 맞는 국소배기장치(환기구 및 환기팬) 및 집수정 덮개 설치, 벽과 바닥의 갈라진 틈 보수 등이 필요함

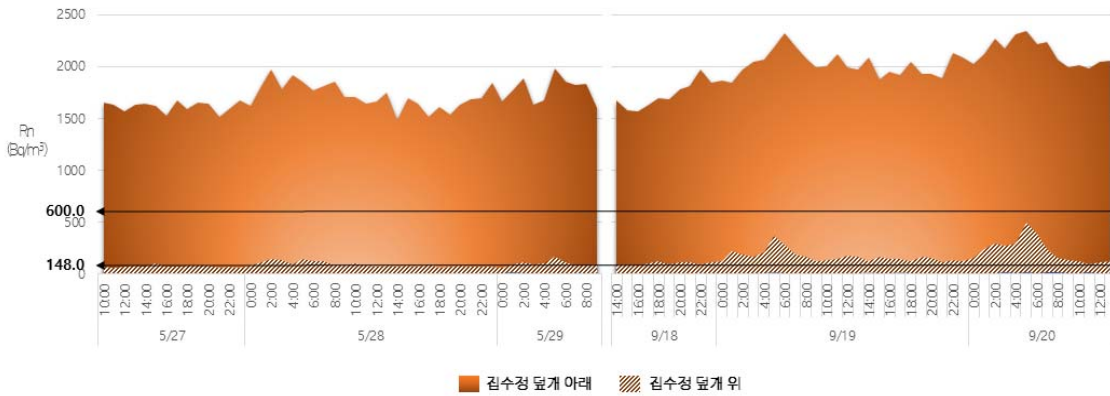
↳ 배수펌프실의 라돈 농도가 상대적으로 높은 부암역과 미남역에는 국소배기장치(환기구 및 환기팬)와 함께 집수정 고무 덮개가 설치되어 있음

↳ 특히, 부암역 배수펌프실은 집수정 고무 덮개를 덮은 상태에서 평균 라돈 농도는 131.7 Bq/m<sup>3</sup>, 고무 덮개 아래 집수정 부분에서 동시간에 측정한 평균 라돈 농도는 1,845.8 Bq/m<sup>3</sup>으로 집수정 덮개로 인해 평균 92.9 % 의 라돈 차단 효과를 나타내고 있으나, 덮개 아래 집수정 영역에서는 고농도의 라돈이 지속적으로 발생하고 있고 집수정 덮개가 설치되어 있음에도 불구하고 시간 최대 라돈 농도가 500.9

Bq/m<sup>3</sup>까지 발생하고 있으므로 환기량 증가와 집수정 덮개 보강이 요구됨

[참고] 부암역 배수펌프실내 집수정 덮개의 라돈 차단 효과

구 분	배수펌프실 라돈 농도 (Bq/m <sup>3</sup> )		
	평균	최대	최소
집수정 덮개 아래	1,845.8	2,343.0	1,663.7
집수정 덮개 위	131.7	500.9	61.8
라돈 차단율(%)	92.9	78.6	96.3



## 6. 결론

- 8개 지하역사 승강장의 라돈 농도는 실내공기질 권고기준 148 Bq/m<sup>3</sup>이내로 조사되었으며 승강장은 환기시스템의 직접적인 영향을 받고 있으므로 야간에는 환기 중단과 내부 공기 정체로 라돈 농도가 증가했다가 주간에 환기를 시작하면 라돈 농도가 급속하게 감소하는 경향을 나타냄
- 배수펌프실 및 터널은 작업장 라돈 노출기준 600 Bq/m<sup>3</sup>이내로 조사되었으며 승강장보다 높은 농도의 라돈이 발생하고 있고 시민들이 이용하는 지하역사 구간에 영향을 미칠 수 있으므로 국소배기장치 연중 가동, 집수정 덮개 설치 등 라돈 차단 조치가 필요함

## 7. 활용방안 및 기대효과

- 지하역사의 수직 깊이와 지질학적 특성, 구조 및 시설물, 환기 수준에 따라 발생 수준이 다르므로 역사별 라돈 발생 특성에 맞는 맞춤형 관리 필요
- 조사 결과는 시 탄소중립정책과, 도시철도과 및 부산교통공사와 공유(통보)하고 지하역사별 라돈 발생 수준과 특성에 대한 지속적인 모니터링을 실시하여 라돈으로 인한 환경상 위해를 예방하고 시민 불안을 해소

**붙임**

**2023년 지하역사 공기 중 라돈 조사결과**

(단위 : Bq/m<sup>3</sup>, 48시간)

지하역사	측정기간 (48시간)	승강장			배수펌프실(또는 터널)		
		최대	최소	평균	최대	최소	평균
전체 평균		-	-	13.5	-	-	50.6
서대신	3.27. ~ 3.29.	26.0	1.3	9.1	36.9	7.9	16.7
	9.22. ~ 9.24.	25.8	2.5	11.6	57.1	5.4	27.4
대티	3.27. ~ 3.29.	19.6	0.0	6.4	25.0	0.0	13.2
	9.19. ~ 9.21.	11.2	0.0	5.2	23.4	1.2	9.9
구남	3.29. ~ 3.31.	32.1	2.5	12.1	45.8	12.7	28.8
	9.18. ~ 9.20.	78.4	1.4	15.8	63.4	8.7	28.0
부암	5.27. ~ 5.29.	16.0	0.0	5.6	170.8	61.8	90.2
	9.18. ~ 9.20.	21.6	1.3	10.3	500.9	87.0	173.2
망미*	3.27. ~ 3.29.	22.9	1.3	10.5	47.0	2.6	22.3
	9.11. ~ 9.13.	58.1	1.2	15.9	80.0	10.2	34.1
만덕*	3.29. ~ 3.31.	27.1	1.2	13.2	95.3	9.1	30.6
	9.11. ~ 9.13.	63.1	3.9	20.0	70.2	16.9	38.0
수안	3.29. ~ 3.31.	48.1	0.0	15.7	139.1	17.1	62.6
	9.14. ~ 9.16.	22.5	0.0	6.3	101.9	23.3	45.8
미남	3.31. ~ 4.2.	98.0	3.7	28.7	144.5	62.3	88.9
	9.14. ~ 9.16.	116.6	3.9	29.6	147.8	58.5	100.1