

# 하수기반 감염병 감시사업

송다영 · 손영희 · 박윤지 · 김단비 · 윤혜근 · 강선희 · 김사라 · 정혜진

바이러스분석과

- 하수 중 병원체 주기적 감시로 감염병 전파 규모 예측
- 지역사회 감염병 조기 감시체계 구축으로 감염병 능동적 대응

## 1. 조사개요

- 조사기간 : 2025년 1월 ~ 12월(주 1회)
- 조사대상 : 경북 소재 하수처리장 8개소(경주, 영천, 안동, 구미, 포항, 김천, 경산, 문경)
- 검사항목 : 하수 유입수 내 병원체 바이러스 11종\*
  - \* 11종 : 코로나19바이러스, 인플루엔자바이러스, 노로바이러스, 호흡기아데노바이러스, 보카바이러스, 파라인플루엔자바이러스, 호흡기세포융합바이러스, 사람코로나바이러스, 메타뉴모바이러스, 리노바이러스, 엡폭스

## 2. 조사방법

- 검체종류 : 각 하수처리장의 유입수
  - 하수처리장 선정 기준 : 경상북도 내 시설용량(m<sup>3</sup>/일) 10,000톤 이상
- 검사방법(그림 1)
  - 1) 유입수의 pH 및 전기전도도 측정
  - 2) Chemagic Viral DNA/RNA extraction kit (revvity)와 Chemagic 360-D(revvity) 장비를 사용하여 하수로부터 핵산 추출
  - 3) Real-time RT-PCR 및 TaqMan<sup>TM</sup> Array Card(TAC)를 이용한 병원체 유전자 검출

## II. 조사사업

### 3. 조사결과

#### ○ 바이러스 종별 검출 결과

8개 지역(경주, 영천, 안동, 구미, 포항, 김천, 경산, 문경)의 하수 유입수를 대상으로 52주간 11종 병원체를 총 414건을 검사한 결과, 412건에서 1종 이상 병원체가 검출되어 전체 검출률은 99.51%로 나타났다. 노로바이러스가 408건(98.55%), 코로나19 바이러스 391건(94.44%), 사람보카바이러스는 316건(76.33%), 파라인플루엔자바이러스는 240건(55.80%), 사람코로나바이러스는 208건(51.69%), 인플루엔자는 185건(44.69%), 호흡기세포융합바이러스는 155건(38.41%), 사람메타뉴모바이러스는 151건(36.47%), 아데노바이러스는 139건(33.57%), 리노바이러스는 77건(18.60%) 순으로 검출되었다(Table 1, Fig. 1).

Table 1. 하수 유입수 내 병원체 종별 검출 결과

병원체	검사건수	검출수(건)	검출률(%)
코로나19바이러스	414	391	94.44
인플루엔자(IFV)		185	44.69
노로바이러스(NoV)		408	98.55
아데노바이러스(HAdV)		139	33.57
사람보카바이러스(HBoV)		316	76.33
파라인플루엔자바이러스(HPIV)		240	55.80
호흡기세포융합바이러스(HRSV)		155	38.41
사람코로나바이러스(HCoV)		208	51.69
사람메타뉴모바이러스(HMPV)		151	36.47
리노바이러스(HRV)		77	18.60
엠펙스(Mpox)*		0	0.00

\* Mpox : 필수 감시 대상 병원체 추가 감시('25. 10.)

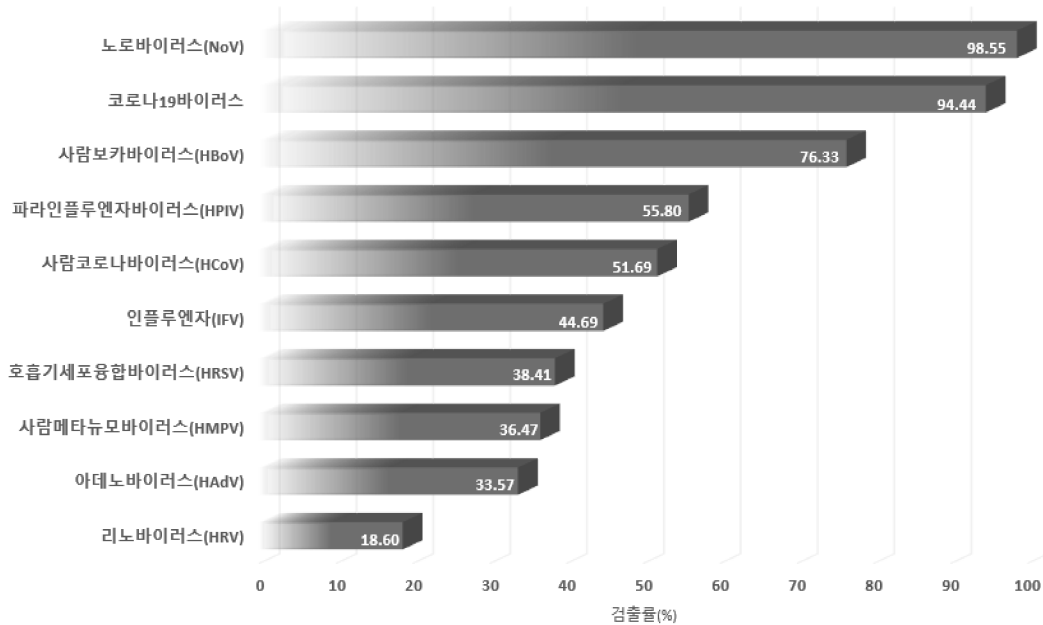


Fig. 1. 하수 유입수 내 바이러스 검출률

## ○ 지역별 바이러스 검출 결과

8개 지역(경주, 영천, 안동, 구미, 포항, 김천, 경산, 문경)을 대상으로 지역별 병원체 검출률을 분석한 결과, 노로바이러스(94.12~100%)와 코로나19바이러스(90.20~96.15%)는 모든 지역에서 90% 이상의 높은 검출률을 보여 지역 간 검출률은 전반적으로 유사한 수준으로 보였다. 인플루엔자는 포항에서 36.54%로 가장 낮고, 경주·김천에서 51.92%로 가장 높아 지역별 검출률이 36.54~51.92% 범위로 분포하였으며, 전 지역에서 비교적 유사한 수준으로 관찰되었다. 호흡기세포융합바이러스는 경산 27.45%에서 문경 45.10%까지, 사람메타뉴모바이러스는 구미 26.92%에서 경주 46.15%까지 분포하여 일부 지역 간 검출률 편차가 확인되었으나, 특정 지역이 높은 검출률을 보이는 양상은 관찰되지 않았다. 반면 파라인플루엔자 바이러스, 사람코로나바이러스, 아데노바이러스 및 리노바이러스는 병원체별로 지역 간 검출률 차이가 20% 이상으로 비교적 크게 나타났으나, 고검출 지역은 병원체별로 상이하여 특정 지역 집중 패턴은 관찰되지 않았다(Table 2, Fig. 2).

## II. 조사사업

Table 2. 지역별 바이러스 검출 결과

지역	검사 건수	검출 건수(검출률, %)										
		코로나 19 바이러스	인플루엔자 바이러스	노로바이러스	호흡기아데노바이러스	보카바이러스	파라인플루엔자 바이러스	호흡기세포용합 바이러스	사람코로나 바이러스	메타뉴모바이러스	리노바이러스	엡폭스
경주	52	49	27	50	18	39	29	23	23	24	12	0
		(94.2)	(51.9)	(96.2)	(34.6)	(75.0)	(55.8)	(44.2)	(44.2)	(46.2)	(23.1)	(0.00)
영천	52	49	20	51	14	40	29	19	25	19	12	0
		(94.2)	(38.5)	(98.1)	(26.9)	(76.9)	(55.8)	(36.5)	(48.1)	(36.5)	(23.1)	(0.00)
안동	52	50	23	52	25	38	34	21	36	20	13	0
		(96.2)	(44.2)	(100)	(48.1)	(73.1)	(65.4)	(40.4)	(69.2)	(38.5)	(25.0)	(0.00)
구미	52	50	24	52	19	45	32	23	31	14	10	0
		(96.2)	(46.2)	(100)	(36.5)	(86.5)	(61.5)	(44.2)	(59.6)	(26.9)	(19.2)	(0.00)
포항	52	50	19	52	24	44	30	16	26	20	1	0
		(96.2)	(36.5)	(100)	(46.2)	(84.6)	(57.7)	(30.8)	(50.0)	(38.5)	(1.92)	(0.00)
김천	52	50	27	52	15	40	29	20	24	20	12	0
		(96.2)	(51.9)	(100)	(28.8)	(76.9)	(55.8)	(38.5)	(46.2)	(38.5)	(23.1)	(0.00)
경산	51	47	22	51	15	36	21	14	22	14	3	0
		(92.2)	(43.1)	(100)	(29.4)	(70.6)	(41.2)	(27.4)	(43.1)	(27.5)	(5.9)	(0.00)
문경	51	46	23	48	9	34	27	23	27	20	14	0
		(90.2)	(45.1)	(94.1)	(17.6)	(66.7)	(52.9)	(45.1)	(52.9)	(39.2)	(27.5)	(0.00)

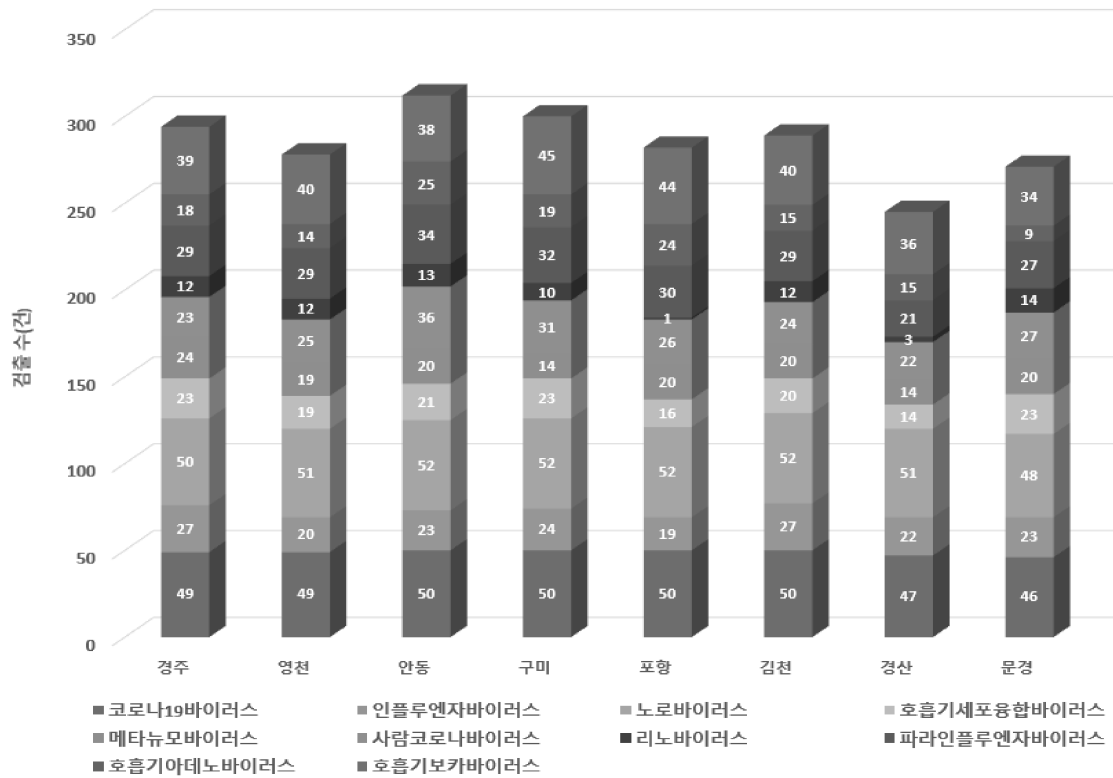


Fig. 2. 연간 지역별 바이러스 검출 건수

○ 월별 바이러스 검출 결과

월별 검출률 분석 결과, 노로바이러스는 매월 93.8~100.0%로 검출되었고, 코로나19 바이러스는 1년 중 10개월에서 93.8% 이상으로 검출되어 연중 지속적인 검출 양상을 보였다. 인플루엔자바이러스는 1~4월에는 58.1~78.1% 검출율을 나타낸 반면 6~9월에는 5.0~12.5%로 감소하였고, 이후 10월(41.9%), 11월(87.5%), 12월(100.0%)로 급격한 증가 양상을 보여 동절기 중심의 유행 특성이 확인되었다. 호흡기세포융합바이러스는 1~2월에 87.5~96.8%로 최고치를 보인 후 3~4월에 감소하여 5~7월에는 거의 검출되지 않았다. 8~9월 소폭 증가 후 11~12월에 31.3~62.5%로 상승하는 동절기 중심의 계절성을 나타냈다. 메타뉴모바이러스는 1~3월에 87.5~92.5%의 높은 검출률을 보인 반면, 하절기에는 대부분 12.5% 이하로 낮았고, 10월 이후 점진적으로 증가하여 동절기 중심의 계절성이 관찰되었다. 보카바이러스는 5~9월 동안 96.9~100.0%로 높은 검출률을 유지하였으며, 파라인플루엔자 또한 같은 기간 동안 81.3~100.0% 수준으로 검출되어 여름철 유행 특성이 뚜렷하게 나타났다(Fig. 3, Fig. 4, Table 3).

## II. 조사사업

월	검출율 (%)									
	코로나19 바이러스	인플루엔자 바이러스	노로 바이러스	호흡기 아데노 바이러스	보카 바이러스	파라인플루엔자 바이러스	호흡기 세포융합 바이러스	사람코로나 바이러스	메타뉴모 바이러스	리노 바이러스
1월	96.8	58.1	96.8	80.6	25.8	0.0	96.8	41.9	90.3	6.5
2월	71.9	43.8	96.9	71.9	37.5	0.0	87.5	50.0	87.5	3.1
3월	100.0	60.0	100.0	62.5	52.5	5.0	72.5	70.0	92.5	20.0
4월	100.0	78.1	100.0	40.6	62.5	9.4	31.3	34.4	71.9	34.4
5월	93.8	37.5	96.9	6.3	96.9	81.3	3.1	93.8	0.0	0.0
6월	97.5	5.0	100.0	7.5	100.0	92.5	0.0	65.0	12.5	20.0
7월	100.0	6.3	100.0	18.8	100.0	100.0	0.0	21.9	12.5	9.4
8월	100.0	6.3	93.8	9.4	100.0	90.6	9.4	15.6	9.4	0.0
9월	97.5	12.5	97.5	0.0	100.0	90.0	17.5	35.0	0.0	7.5
10월	100.0	41.9	100.0	32.3	51.6	54.8	51.6	38.7	16.1	29.0
11월	75.0	87.5	100.0	31.3	75.0	65.6	31.3	50.0	21.9	50.0
12월	97.5	100.0	100.0	47.5	100.0	70.0	62.5	90.0	27.5	40.0

Fig. 3. 월별 바이러스 검출률

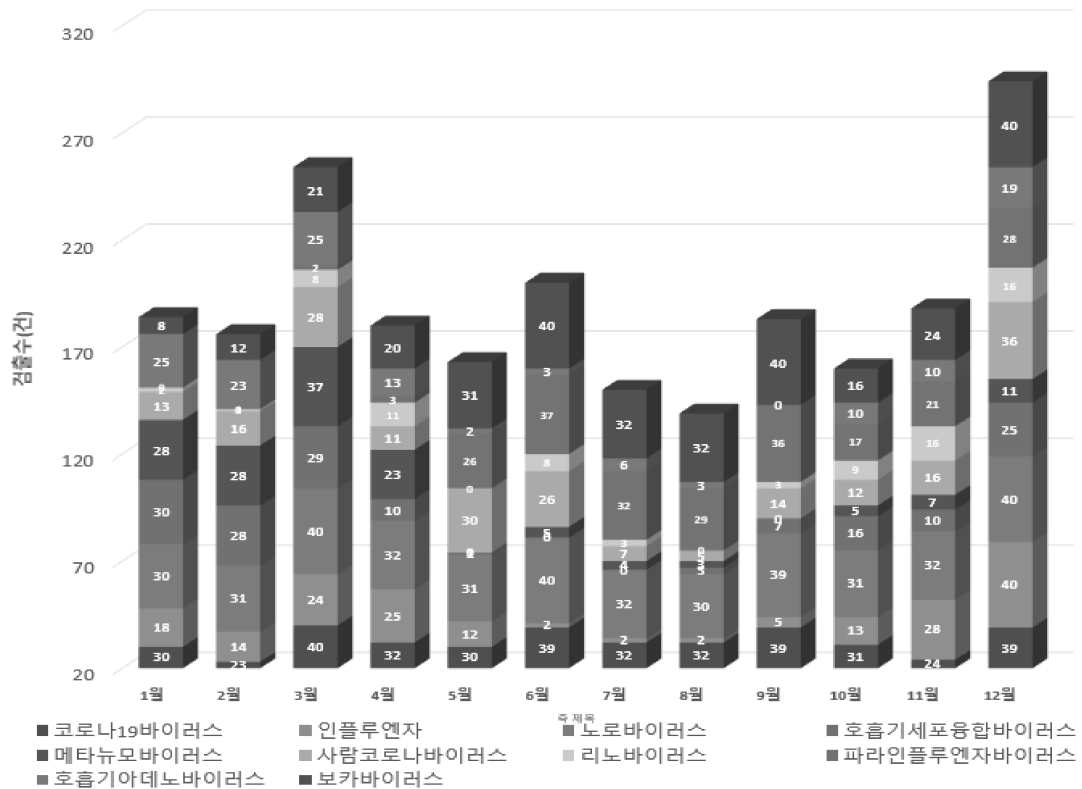


Fig. 4. 월별 바이러스 검출 건수

Table 3. 월별 바이러스 검출 결과

월	검사 건수	검출 건수(건)									
		코로나 19 바이러스	인플루엔자 바이러스	노로 바이러스	호흡기 아데노 바이러스	보카 바이러스	파라인플루엔자 바이러스	호흡기 세포융합 바이러스	사람 코로나 바이러스	메타뉴모 바이러스	리노 바이러스
1월	24	24	24	24	24	13	1	20	9	6	1
2월	24	24	23	24	24	17	1	19	11	11	0
3월	24	24	19	23	24	21	2	18	11	15	0
4월	30	25	1	29	15	12	4	9	2	18	1
5월	24	20	2	24	23	24	15	2	0	19	1
6월	24	23	4	24	23	23	17	1	0	10	0
7월	30	30	0	30	23	27	10	0	1	8	4
8월	24	24	0	24	21	10	3	1	0	7	0
9월	24	24	0	19	22	10	0	2	0	2	0
10월	30	30	1	28	22	8	0	1	0	3	0
11월	24	24	1	24	21	2	0	4	0	5	0
12월	30	30	20	30	20	2	0	25	4	15	1
총 건수	312	302	95	303	262	169	53	102	38	119	8

## II. 조사사업

---

### ○ 감염병 표본감시(K-Sens) 기반 임상감시 결과 비교

하수에서 인플루엔자바이러스는 9월 1주차부터 검출률의 증가가 시작되었으며, 임상감시에서 병원체 검출증가는 9월 4주차부터 증가하여 10월 이후 본격화되었다. 하수에서 호흡기세포융합바이러스는 9월 1주차부터 검출률이 증가하였으며, 임상감시에서는 9월 2주차부터 증가하여 11월 이후 병원체 검출이 집중되었다. 메타뉴모바이러스는 3월에 정점을 찍고 감소하다 12월 하수에서 점진적으로 증가하였으며, 임상감시에서는 병원체의 증가가 뚜렷하게 관찰되지 않았다. 이는 하수감시의 선행적 특성에 따라 다음해 초 임상감시에서 병원체가 증가할 것으로 예상된다.

## 4. 결론 및 고찰

- 하수 기반 감염병 감시 사업에서 인플루엔자바이러스, 호흡기세포융합바이러스, 보카바이러스 등 병원체는 계절성이 뚜렷하여 하수 감시에서 검출률 증가가 임상감시 보다 선행하여 나타났으며, 하수 기반 감염병 감시의 선제적 활용 가능성이 확인되었다.
- 반면 노로바이러스와 코로나19 바이러스는 연중 지속적으로 검출되고, 리노바이러스는 월별 변동 폭이 커 유행 시작 시점과 계절성 해석에 한계가 있었다.
- 하수 기반 감염병 감시는 무증상·경증 감염자를 포함한 지역사회 전체 감염 수준을 포착할 수 있으며, 본 감시 결과에서 확인된 바와 같이 일부 계절성 병원체에 대해서는 선제적 감시 수단으로 활용 가능하다는 점에서 유의미한 감시 방법으로 판단된다.

## 5. 향후 계획 및 개선사항

- 2026년부터 하수 기반 감염병 감시 사업의 대표성과 민감도를 높이기 위해, 하수처리장 2개소(상주, 영주)를 추가하여 감시 범위를 확대할 계획이다. 이를 통해 감시율을 전년도 46.32%에서 50.81%로 강화하여, 지역사회 감염병 유행 양상을 폭넓게 반영할 수 있을 것으로 기대된다.
- 병원체의 특성에 따라 선제적 감시 대상 병원체와 보완적 감시 대상 병원체를 구분한다면, 하수 기반 감염병 감시 결과의 해석 신뢰도가 향상되고 감시 결과의 활용도가 더욱 제고될 것으로 기대된다.