

하수기반 감염성 병원체 감시

- 하수 내 코로나19바이러스 검출 추이 확인
- 노로바이러스 검출 현황 확인
- 인플루엔자 및 급성호흡기바이러스 검출로 유행 현황 파악
- 질병관리청 대시보드 결과 업로드를 통해 감염성 병원체의 전국적 유행 현황 파악 기초자료 제공

1. 조사개요

- 조사기간 : 2024년 1월 ~ 12월
- 조사방법 : 1차 침전지 유출수에서 핵산 추출 후 실시간(역전사)중합효소연쇄반응법으로 바이러스 유전자 확인
- 조사항목 : 코로나19바이러스, 노로바이러스, 인플루엔자바이러스 및 급성호흡기바이러스 7종*
* 아데노바이러스(ADV), 사람보카바이러스(hBoV), 파라인플루엔자바이러스(PIV), 사람리노바이러스(hRV), 사람코로나바이러스(hCoV), 호흡기세포융합바이러스(RSV), 사람메타뉴모바이러스(hMPV)

2. 조사대상

- 하수 검사 대상 현황

검체는 주 1회 수영, 강변, 남부, 동부, 해운대 및 동부 하수처리장에서 1차 침전지 유출수를 대상으로 감염성 바이러스 병원체 검사를 실시하였으며, 각 하수처리장명 52건, 전체 검사건수는 312건이다. 감시 대상 하수처리장의 현황은 표 1에 나타내었다. 수영하수처리장은 동래, 연제, 금정 전역과 부산진, 해운대, 수영 일부의 880,100명의 인구수를 처리하고 있어 부산시 13곳의 하수처리장 중 가장 처리 인구수가 많은 하수처리장이며, 다음은 강변하수처리장으로 865,673명, 남부 718,952명, 동부 226,125명, 중앙 149,311명, 그리고 해운대는 121,225명으로 대상 지점 중 처리인구수가 가장 작은 지점이다.

표 1. 조사 대상 하수처리장 현황

하수처리장	처리구역	처리인구수
수영하수처리장	동래, 연제, 금정 전역, 부산진, 해운대, 수영 일부	880,100명
강변하수처리장	북구, 사하, 사상 전역 및 서구 일부	865,673명
남부하수처리장	남구 전역 및 부산진, 수영 동구 일부	718,952명
동부하수처리장	해운대구 우동, 반송지역	226,125명
중앙하수처리장	중구·서구 전역, 동구 일부지역	149,311명
해운대하수처리장	해운대구, 좌동, 중동일부(청사포, 달맞이), 송정, 기장 내리분구	121,225명

(출처 : 부산환경공단 홈페이지)

3. 조사결과

○ 하수 pH 및 전기전도도 측정 결과

하수처리장별 pH는 그림 1에서 나타난 바와 같이 6.92에서 7.18로 중성 범위에 위치하여 지점별로 큰 차이가 없었다. 하지만 전기전도도의 경우에는 지점별로 차이를 보였다. 중앙하수처리장이 평균 전기전도도가 10,732 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 가장 높았고, 남부하수처리장은 3,139 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 강변은 1,738 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 순이었으며, 해운대하수처리장은 808 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 가장 낮은 수치를 나타내, 가장 높은 중앙하수처리장과 가장 낮은 해운대하수처리장의 평균 전기전도도가 13배 가량의 차이를 보였다.

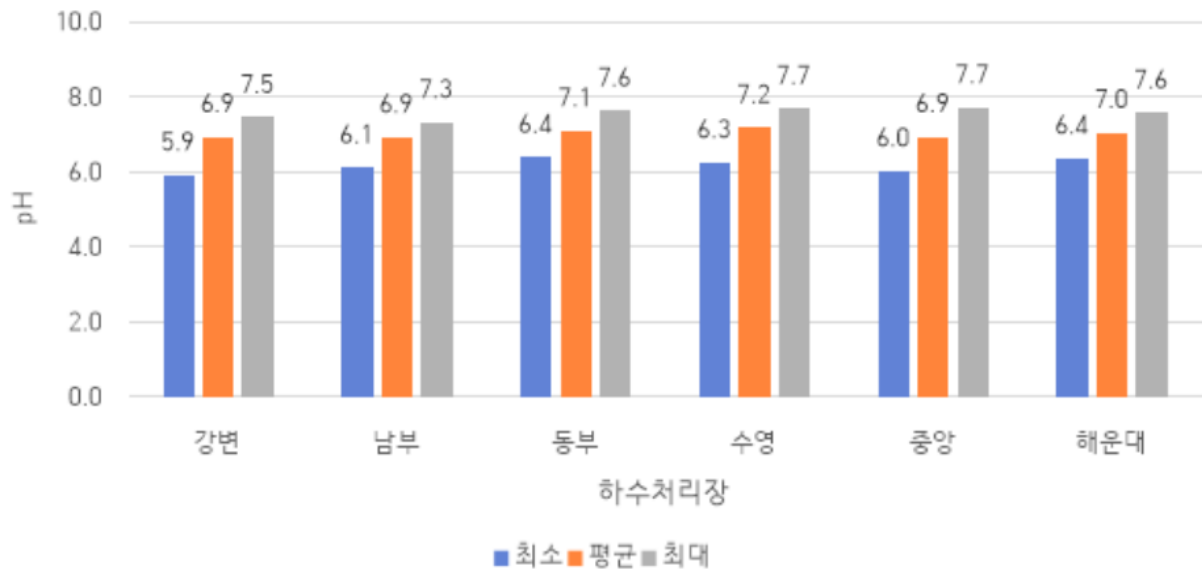


그림 1. 지점별 pH 측정 결과

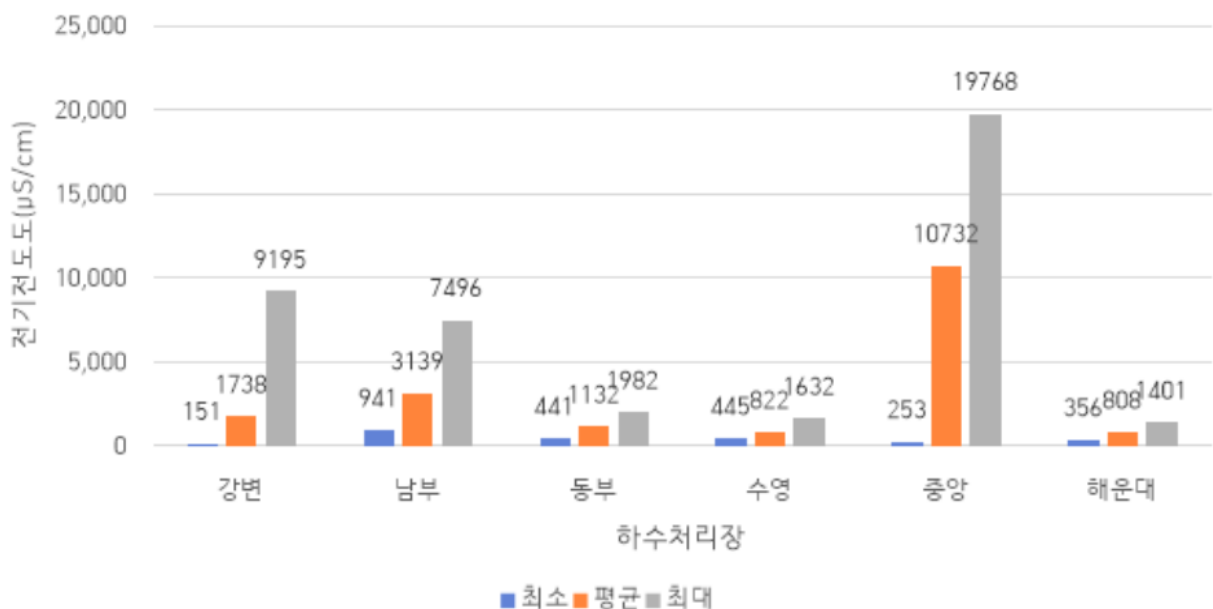


그림 2. 지점별 전기전도도 측정 결과

○ 코로나19바이러스 검출 현황

전체 검사건수 312건, 모두에서 코로나19 바이러스 RNA가 검출되어 100%의 검출률을 나타내었다. 코로나 19 바이러스 검출 현황에 대한 각 표적 유전자(E gene, N1 gene, N2 gene)와 참조 유전자(PMMoV gene, Pepper Mild mottle virus)의 평균 Ct (Cycle Threshold) 값을 표 2에 나타내었다.

표 2. 하수 내 코로나19 바이러스 유전자형 평균 Ct 값

[Ct : cycle threshold]]

구분	강변	남부	동부	수영	중앙	해운대
E	31.42	30.45	29.46	30.94	30.27	29.34
N1	34.97	34.73	33.82	34.85	34.59	33.56
N2	34.44	33.71	32.93	33.94	33.98	32.74
PMMoV	21.55	20.39	20.24	20.76	20.30	20.94

지점별 표적 유전자의 평균 Ct(Cycle Threshold) 값을 확인해보면 해운대에서 E : 29.34, N1 : 33.56, N2 : 32.74로 가장 낮은 ct 값을 나타내었으며, 이는 가장 많은 바이러스를 포함하고 있다는 것을 의미한다. 해운대하수처리장에 이어 낮은 ct 값을 보인 곳은 동부하수처리장으로 E : 29.46, N1 : 33.82, N2 : 32.93 이었다. 반면 강변하수처리장의 경우 E : 31.42, N1 : 34.97, N2 : 34.44 로 가장 높은 ct 값을 기록해, 가장 작은 코로나19 바이러스 RNA를 검출할 수 있었다. 참조 유전자인 PMMoV의 ct 값은 강변이 21.55로 비교적 높은 값을 나타낸 것에 비해 동부 20.24, 중앙 20.30, 남부 20.39로 서로 비슷했고, 수영 20.76, 해운대 20.94로 비슷한 수치임을 확인할 수 있었다.

○ 노로바이러스 검출 현황

노로바이러스 검출 현황을 살펴보면 전체 검사건수 312건 중 94.2%인 294건에서 G I 이, 98.1%인 306건에서 G II가 검출되어 G II의 검출이 더 많은 것을 확인할 수 있었으며, 이 중 293건인 93.9%에서 노로바이러스 GI과 GII가 동시에 검출되는 것을 확인할 수 있었다. 자세한 검출 현황은 표 3과 그림 3에 나타내었다.

표 3. 하수 내 노로바이러스 검출 현황

하수처리장	검사건수(건)	노로바이러스 G I			노로바이러스 G II		
		검출건수(건)	검출률(%)	평균값(ct)	검출건수(건)	검출률(%)	평균값(ct)
합계	312	294	94.2	33.98	306	98.1	32.06
강변	52	51	98.1	34.55	52	100.0	32.96
남부	52	49	94.2	33.49	50	96.2	31.87
동부	52	48	92.3	34.24	51	98.1	31.69
수영	52	50	96.2	34.04	52	100.0	32.15
중앙	52	47	90.4	34.35	51	98.1	31.97
해운대	52	49	94.2	33.19	50	96.2	31.69

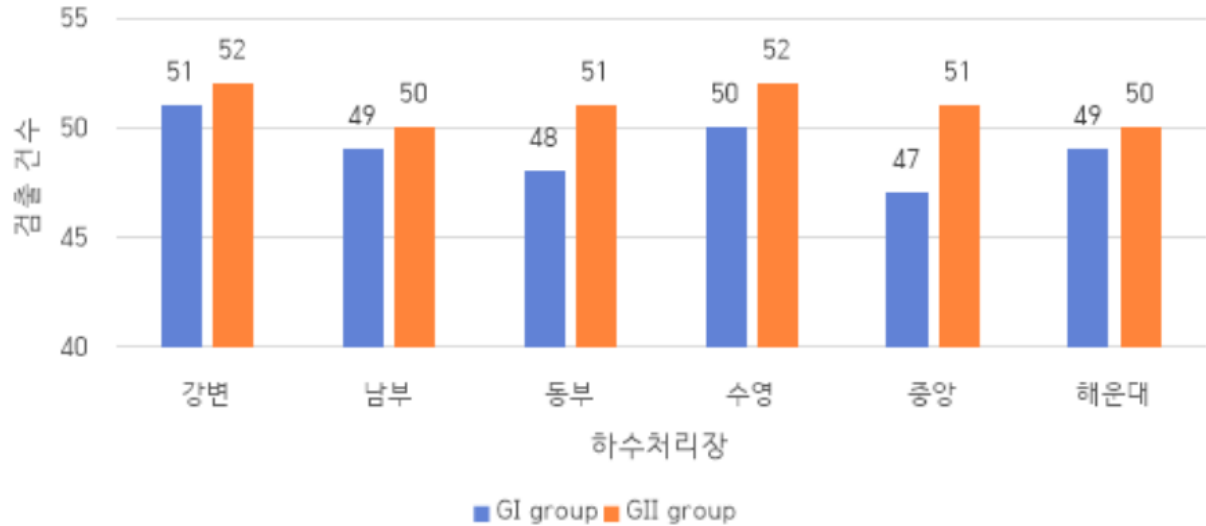


그림 3. 지점별 노로바이러스 유전자형 검출 현황

하수처리장별로는 강변하수처리장에서 52건 중 1건을 제외한 모든 검체에서 노로바이러스 GI와 GII가 검출되는 것을 확인할 수 있었고, 중앙하수처리장의 경우 다른 지점에 비해 노로바이러스 GI의 검출이 상대적으로 적다는 것을 확인할 수 있다. 평균 ct값이 가장 낮은 지점은 해운대로 GI : 33.95, GII : 32.06을 기록하였다.

○ 지점별 급성호흡기바이러스 검출 현황

하수 감시 지점 중 가장 많은 검출 건수를 나타낸 곳은 해운대하수처리장으로 8종의 급성호흡기감염증 원인 바이러스가 141회에 걸쳐 검출되었다. 이 중 가장 많은 것은 아데노바이러스(45건)였고, 다음이 사람보카바이러스(26건), 호흡기세포융합바이러스(24건), 인플루엔자바이러스(12건) 뒤를 이었다.

다음으로 많은 검출을 기록한 곳은 남부하수처리장으로 아데노바이러스(43건), 사람보카바이러스(25건), 호흡기세포융합바이러스(16건), 인플루엔자바이러스(11건) 순이었다. 동부 110건, 수영 101건, 강변 91건이었으며, 중앙하수처리장이 89건으로 가장 적은 바이러스 검출을 나타내었다(표 4, 그림 4).

표 4. 지점별 급성호흡기바이러스 검출건수

하수처리장	검사건수	검출건수	[검출건수(검출률(%))]							
			ADV	PIV	RSV	IFV	hCoV	hRV	hBoV	hMPV
합계	312	647	251 (80.4)	36 (11.5)	91 (29.2)	61 (19.6)	5 (1.6)	10 (3.2)	132 (42.3)	61 (19.6)
강변	52	91	35 (67.3)	2 (3.8)	12 (23.1)	6 (11.5)	0 (0.0)	3 (5.8)	21 (40.4)	12 (23.1)
남부	52	115	43 (82.7)	6 (11.5)	16 (30.8)	11 (21.2)	1 (1.9)	0 (0.0)	25 (48.1)	13 (25.0)
동부	52	110	47 (90.4)	7 (13.5)	15 (28.8)	12 (23.1)	2 (3.8)	1 (1.9)	20 (38.5)	6 (11.5)
수영	52	101	38 (73.1)	5 (9.6)	15 (28.8)	9 (17.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	26 (50.0)	8 (15.4)
중앙	52	89	43 (82.7)	5 (9.6)	9 (17.3)	11 (21.2)	1 (1.9)	0 (0.0)	14 (26.9)	6 (11.5)
해운대	52	141	45 (86.5)	11 (21.2)	24 (46.2)	12 (23.1)	1 (1.9)	6 (11.5)	26 (50.0)	16 (30.8)

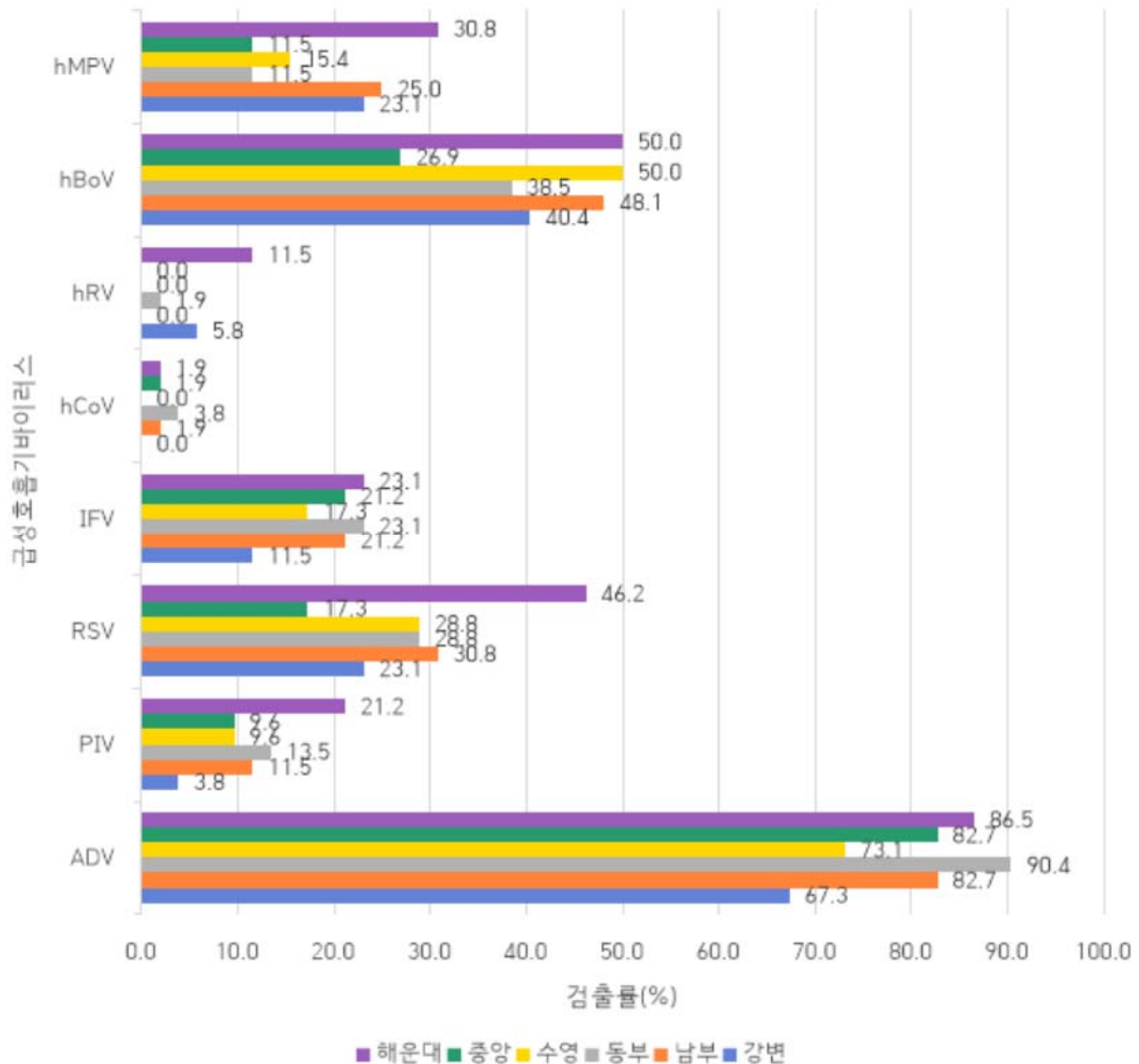


그림 4. 지점별 급성호흡기바이러스 검출률

○ 원인 호흡기바이러스별 검출현황

하수 내에서 급성호흡기감염증 원인바이러스 중 가장 많이 검출된 바이러스는 총 검사 312건 중 251건(38.8%)에서 검출된 아데노바이러스이다. 이중 가닥 DNA 바이러스로서 환경 저항성이 높아 하수와 같은 환경에서도 장기간 안정적으로 생존할 수 있어 가장 검출이 높은 것으로 보인다. 다음으로 높은 검출률을 보인 바이러스는 사람보카바이러스로 132건(20.4%)에서 검출되었다. 사람보카 바이러스 역시 아데노바이러스와 같은 DNA 바이러스로, 다른 6종의 급성호흡기바이러스(RNA 바이러스) 보다 상대적으로 안정적인 구조를 가지고 있어 하수 환경에서의 안정성이 유전자 검출률을 높이는 요인으로 작용했을 것으로 생각된다. RNA 바이러스 중 가장 높은 검출을 보인 것은 호흡기세포융합 바이러스로 91건이었고, 인플루엔자바이러스와 사람메타뉴모바이러스가 각각 61건으로 그 뒤를 이었다. 사람코로나바이러스와 리노바이러스는 각각 5건과 10건으로 검출률이 가장 낮았다(그림 5).

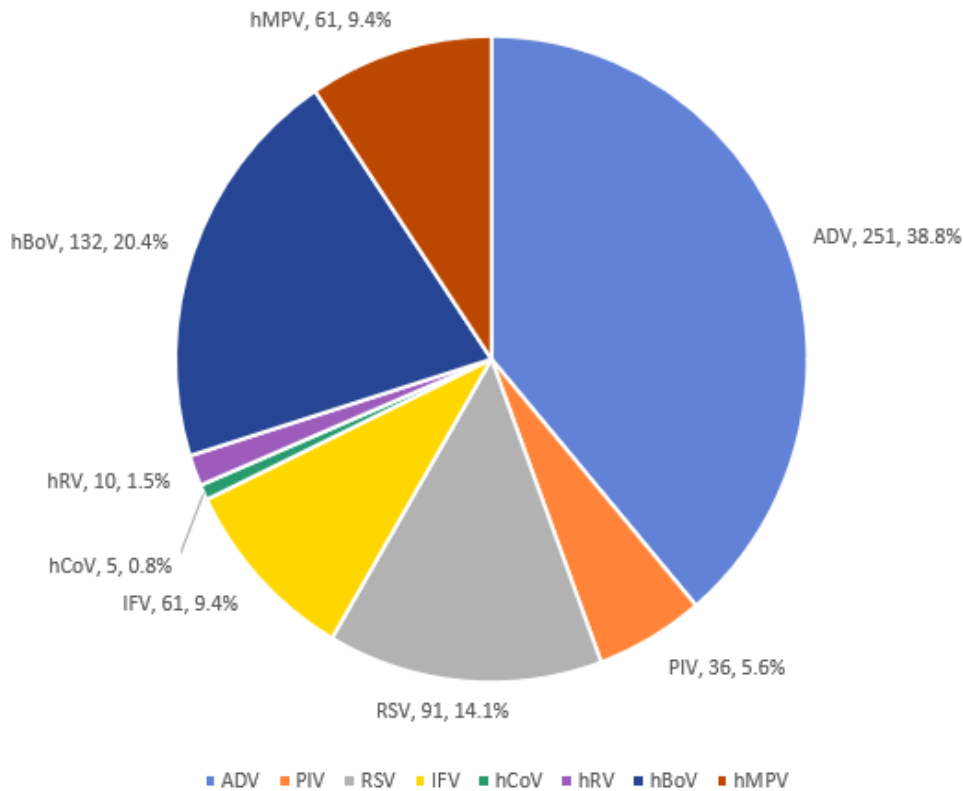


그림 5. 월별 급성호흡기바이러스 검출 현황

○ 시기별 급성호흡기바이러스 검출현황

원인 바이러스의 월별 검출률은 4월에 검사건수 30건에서 아데노바이러스 27건, 사람보카바이러스 24건, 사람메타뉴모바이러스 18건, 호흡기세포융합바이러스 13건, 파라인플루엔자 10건, 인플루엔자 바이러스 9건, 사람코로나바이러스와 사람리노바이러스가 각각 3건, 총 107건의 급성호흡기바이러스가 검출되어 가장 많은 바이러스가 검출된 시기였다.

4월 다음으로 많은 급성호흡기바이러스가 검출된 시기는 3월(69건)로, 특히 아데노바이러스 21건, 사람보카바이러스 17건, 사람메타뉴모바이러스 10건이 주를 이루었다. 1월은 65건의 급성호흡기바이러스가 검출되어, 그 뒤를 이었는데 1월 역시, 가장 많은 검출을 보인 것은 아데노바이러스였으나 두 번째로 많은 검출을 보인 것은 인플루엔자바이러스로 30건 중 25건에서 검출되었다. 다음은 사람보카바이러스와 호흡기세포융합바이러스로 각각 8건과 7건이 검출되었다. 5월은 64건의 급성호흡기바이러스가 검출되어, 1월보다 1건 적었으나, 검출된 바이러스의 양상은 달랐다. 인플루엔자 바이러스는 5월에는 1건 검출에 그쳤고, 1월에는 검출이 없었던 사람메타뉴모바이러스가 10건이 검출되었다. 또한 1월 8건이던 사람메타뉴모바이러스가 19건으로, 검출이 없었던 파라인플루엔자바이러스가 7건이 검출되어 1월과 5월에 유행하는 바이러스에 큰 차이가 있음을 확인할 수 있는 결과였다. 파라인플루엔자는 3월을 시작으로 급증해 4월에 절정을 이루었고, 이후 점차 줄어들어 8월에 3건 검출되다가 10월에 1건 이후에는 검출이 되지 않음을 알 수 있다. 파라인플루엔자는 1형이 2건, 3형이 35건이었고, 이중 한 건은 중복검출이었다. 파라인플루엔자바이러스 3형은 일반적으로 봄과 초여름에 발생한다고 알려져 있는데 본 결과와 일치함을 알 수 있다.

표 5. 월별 급성호흡기바이러스 검출률

	[검출률(%)]											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
ADV	80.0	79.2	87.5	90.0	83.3	62.5	70.0	70.8	70.0	83.3	100.0	91.7
PIV	0.0	0.0	8.3	33.3	29.2	25.0	23.3	12.5	0.0	4.2	0.0	0.0
RSV	23.3	58.3	70.8	43.3	25.0	4.2	0.0	8.3	3.3	33.3	29.2	62.5
IFA	83.3	37.5	41.7	30.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2
hCoV	0.0	4.2	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2
hRV	3.3	0.0	0.0	10.0	4.2	4.2	3.3	0.0	0.0	4.2	4.2	4.2
hBoV	26.7	33.3	37.5	80.0	79.2	62.5	56.7	29.2	13.3	20.8	25.0	41.7
hMPV	0.0	29.2	41.7	60.0	41.7	16.7	0.0	8.3	6.7	4.2	20.8	8.3

반면 검출이 가장 적었던 시기는 9월이었는데 30건의 검체에서 아데노바이러스 21건, 사람보카바이러스 4건, 사람메타뉴모바이러스 2건, 호흡기세포융합바이러스 1건이 검출되었고, 나머지 급성 호흡기바이러스의 검출은 없었다. 8월 역시 24건에서 31건의 검출만 있었고, 아데노바이러스 17건, 사람보카바이러스 7건, 파라인플루엔자바이러스 3건, 그리고 사람메타뉴모바이러스와 호흡기세포 융합바이러스가 각 2건으로 기록되어 9월 다음으로 검출이 적었다.

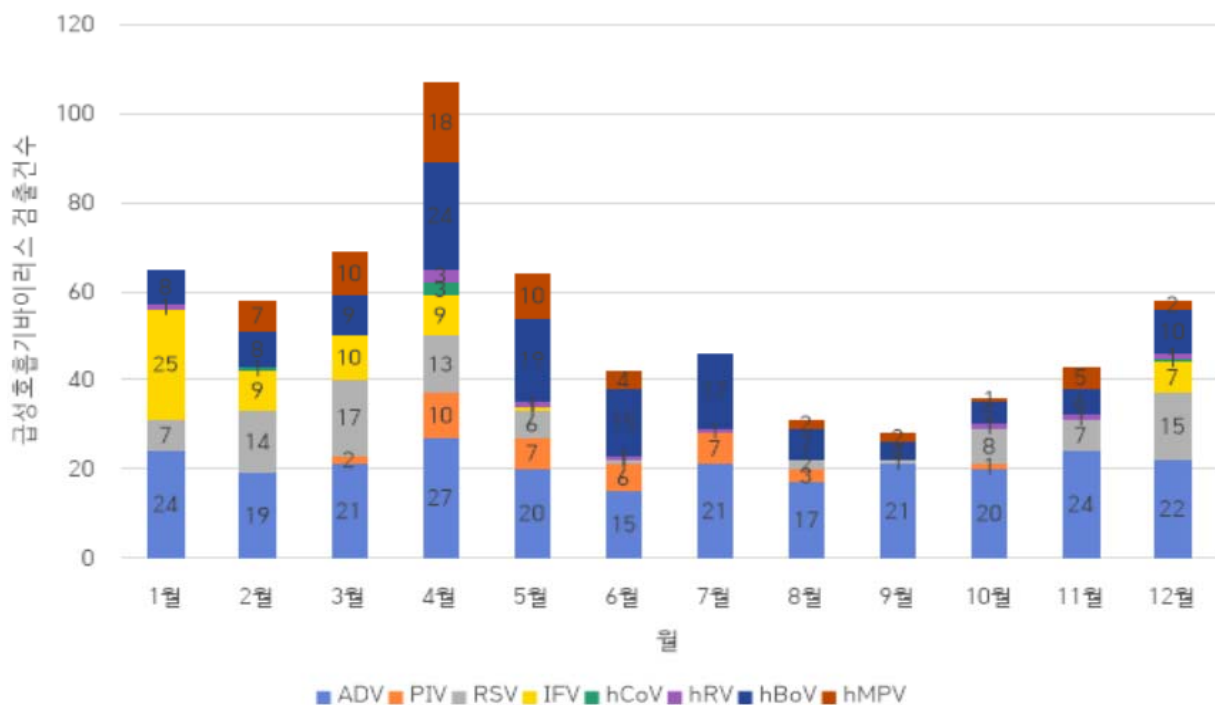


그림 6. 월별 급성호흡기바이러스 검출 현황

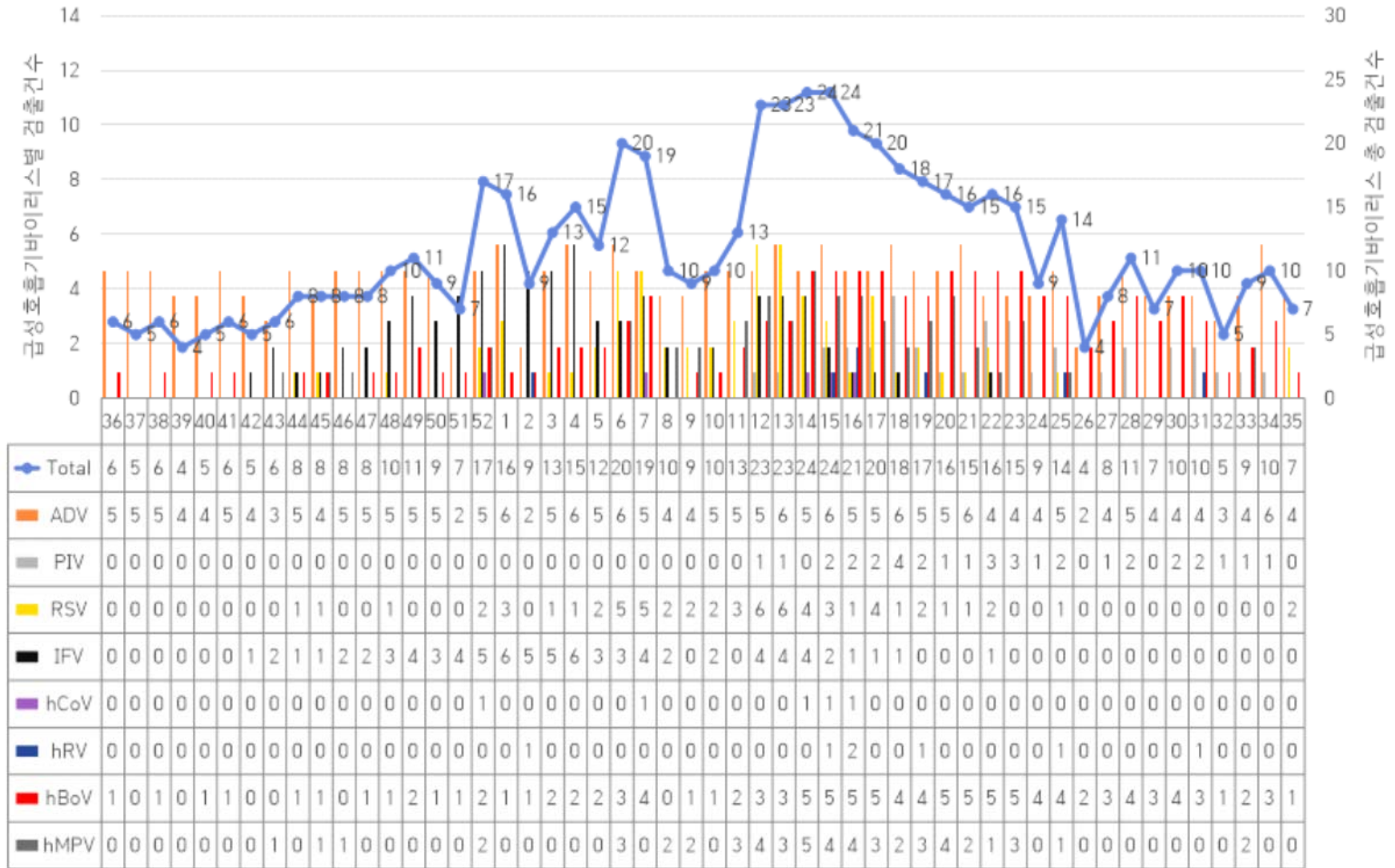


그림 7. 주별 급성호흡기바이러스 검출 현황

4. 활용방안

- 하수 감시 체계를 기존 임상 감시와 병행하여 지역사회 감염병 유행 상황을 보다 정밀하게 파악
- 인플루엔자바이러스를 포함한 주요 병원체의 유행 추이 분석 및 유행주 확인
- 바이러스별 검출 특성과 계절적 유행 패턴을 반영하여 조기 경보 시스템 설계하고, 이를 통해 지역사회 방역 정책 및 대응 전략 수립에 활용

5. 기대효과

- 국내 코로나19 바이러스, 노로바이러스, 인플루엔자 및 급성호흡기바이러스 유행 양상에 대한 종합 분석과 유행 확산 차단을 위한 자료 제공
- 감염병 유행 및 확산에 대한 조기 인지 능력 향상에 기여
- 분리 병원체 데이터베이스 구축 강화를 통해 신종 감염병 출현에 신속하게 대응할 수 있는 기반 마련