

모기매개 바이러스 감시사업

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

바이러스분석과

- 기후변화에 따른 모기 밀도 조사로 일본뇌염 등 모기매개 감염병 발생시기와 유행 추세 파악
- 매개체의 병원체 감염여부 파악으로 해외유입 모기매개 감염병 토착화 감시

1. 조사개요

- 조사기간 : 2025년 4월 ~ 10월
- 조사대상 : 경북 영천시 금호읍 소재 우사에서 채집한 모기
- 조사항목 : 모기매개바이러스 6종(일본뇌염바이러스, 웨스트나일바이러스, 뎅기바이러스, 지카바이러스, 황열바이러스, 치쿤구니아바이러스)

2. 조사방법

- 1) 모기 채집 및 종 분류 동정
 - 우사에 유문등을 설치하고 매주 2회 일몰 시부터 일출 시까지 가동하여 모기 채집
 - 모기 채집 후 육안과 실체 현미경을 이용하여 모기 분류 동정 및 발생 밀도 분석
- 2) 개체 내 병원성 유전자 바이러스 검출 검사(그림 1)
 - 채집 모기 중 얼룩날개모기 속을 제외한 모기를 종별로 최대 30마리까지 풀링(pooling)
 - Homogenizer를 이용하여 7,500 rpm, 30 sec 조건으로 조직 파쇄
 - Total RNA extraction kit를 이용하여 최종 60 μ l이 되도록 핵산 추출
 - Real-time RT-PCR로 모기매개 바이러스 특이 유전자 확인

II. 조사사업

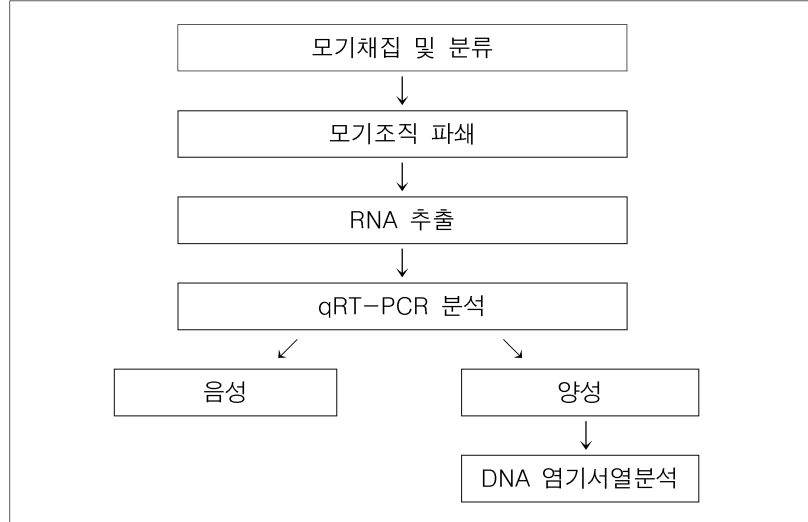


그림 1. 모기 매개 바이러스 검사 흐름도

3. 조사결과

1) 채집 모기 종 분류 동정 결과

○ 전체 채집 모기

조사 기간 동안 총 13종 39,915마리의 모기가 채집되었으며, 가장 많이 채집된 순서는 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus*) > 얼룩날개모기속(*Anopheles* spp.) > 금빛숲모기(*Aedes vexans*) > 빨간집모기(*Culex pipiens*) > 반점날개늪모기(*Mansonia uniformis*) > 큰검정들모기(*Armigeres subalbatus*) > 반점날개집모기(*Culex bitaeniorhynchus*) 등의 순으로 채집되었다. 채집은 4월 1주 차부터 10월 4주 차까지 진행되었으며, 8~9월에 채집량이 가장 많았다(표 1, 그림 2, 3).

○ 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus*)

일본뇌염 주요 매개 모기인 작은빨간집모기는 7월 1일(27주차)에 첫 채집된 이후 전체 기간 동안 26,896마리가 채집되어 전체 모기의 67%를 차지했다. 9월 1주차에 채집량이 최고치를 기록한 뒤, 9월 2주 차부터 급격히 감소했다(표 1, 그림 2). 또한, 일본뇌염 경보 발령 기준에 해당하는 작은빨간집모기 밀도가 50%를 초과하고 1일 개체수가 500마리 이상인 시점은 8월 3주차였으며, 이 시기에 채집된 모기 중 65%를 차지했다.

표 1. 주차별 채집모기 밀도조사 결과

월	주*	얼룩날개 모기류	금빛 숲모기	빨간 집모기	작은 빨간집 모기	큰검정 들모기	동양 집모기	반점 날개 집모기	반점 날개 늪모기	기타***	계	작은 빨간집 모기 비율 (%)
		<i>Anopheles</i> spp.	<i>Aedes vexans</i>	<i>Culex pipiens</i>	<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	<i>Armigeres subalbatus</i>	<i>Culex orientalis</i>	<i>Culex bitaeniorhynchus</i>	<i>Mansonia uniformis</i>			
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	0	6	0	0	0	0	0	0	8	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0
	5	3	1	4	0	0	0	0	0	0	8	0
5	1	19	4	17	0	0	0	0	0	0	40	0
	2	24	11	74	0	0	0	0	0	0	109	0
	3	56	36	44	0	0	0	0	0	0	136	0
	4	32	3	33	0	0	0	0	0	0	68	0
6	1	98	22	91	0	0	1	0	1	0	213	0
	2	197	242	164	0	1	0	1	1	0	606	0
	3	263	312	165	0	0	3	3	3	2	751	0
	4	212	70	64	0	0	0	2	4	0	352	1
7	1	346	465	51	5	1	1	0	2	0	871	1
	2	956	134	89	6	0	1	1	1	0	1,188	1
	3	445	34	110	17	2	0	0	1	1	610	3
	4	775	116	136	87	1	2	0	2	0	1,119	8
	5	534	422	72	84	0	0	1	0	1	1,114	8
8	1	286	213	39	400	2	0	1	1	1	943	42
	2	245	262	27	427	5	1	3	2	2	974	44
	3	455	540	32	1848	3	2	0	8	1	2,889	64
	4	370	204	26	3399	2	0	0	5	0	4,006	85
9	1	525	136	31	12411	0	0	0	15	0	13,118	95
	2	431	73	79	4044	3	0	1	27	1	4,659	87
	3	449	226	69	2641	2	0	1	16	0	3,404	78
	4	200	309	72	983	1	0	0	2	2	1,569	63
	5	78	88	72	282	4	0	0	0	3	527	54
10**	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	82	52	192	257	6	0	2	3	1	595	43
	3	1	3	27	5	0	0	0	0	0	36	14
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
계	7,084	3,978	1,788	26,896	33	11	16	94	15	39,915	67	

* 주 2회(화, 수) 채집하여 종별 개체수를 표시함.

** 10월 첫째 주는 미채집

*** 기타 종: *Culex vagans*, *Aedes albopictus*, *Ochlerotatus koreicus*, *Ochlerotatus togoi*, *Aedes lineatopennis*

II. 조사사업

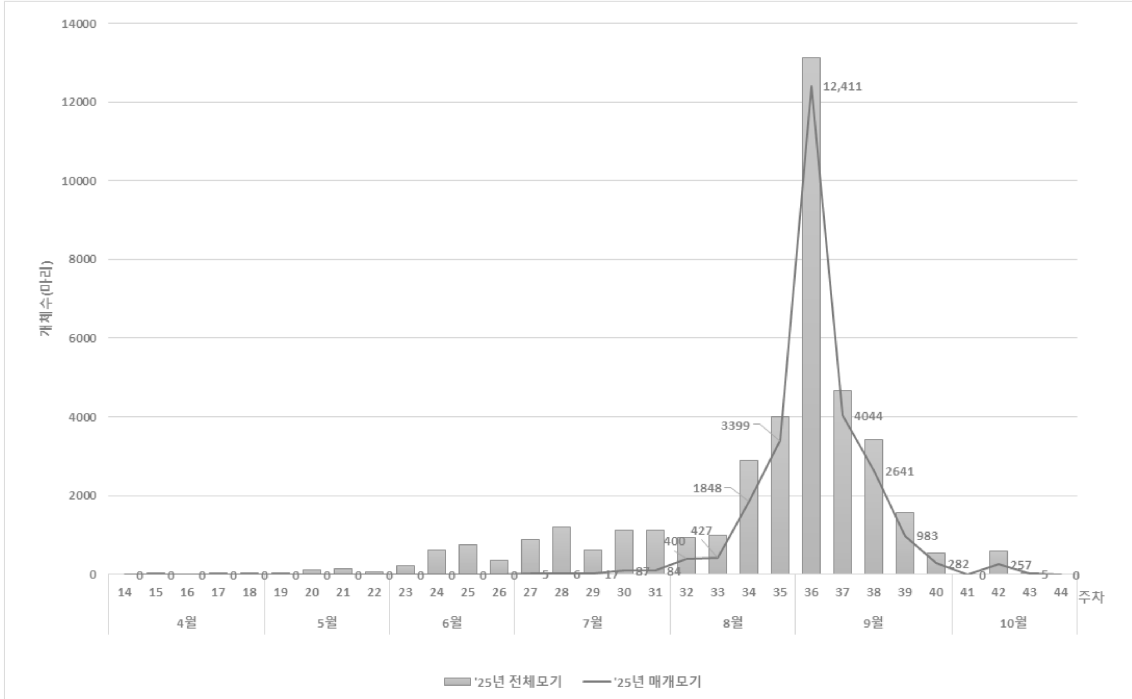


그림 2. 전체 채집 모기 및 작은빨간집모기 채집 개체수

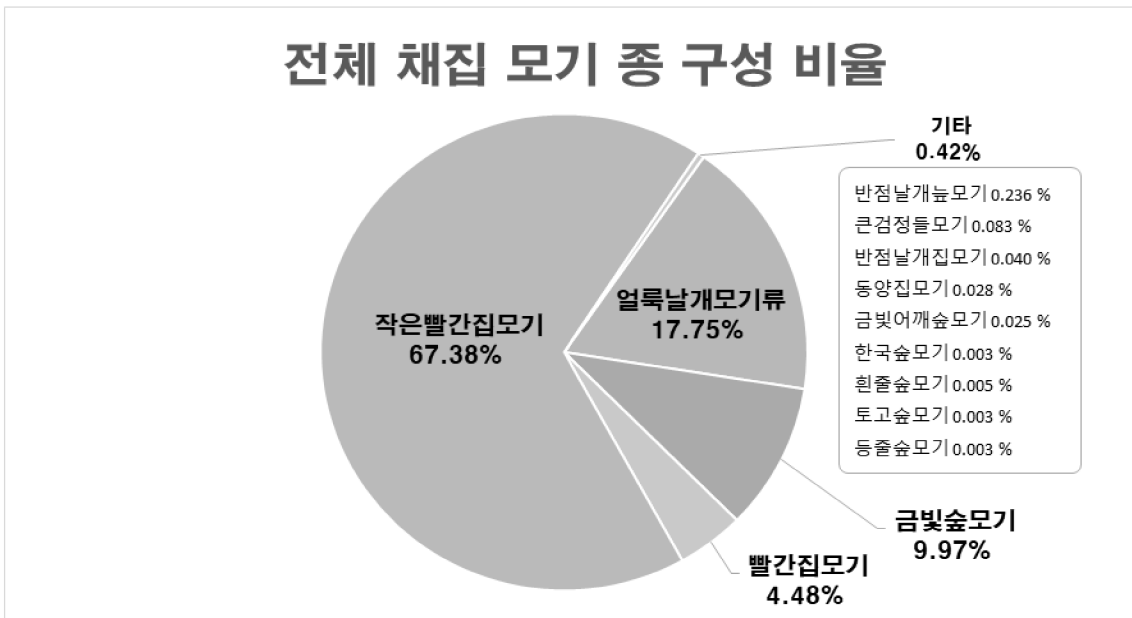


그림 3. 전체 채집 모기 비율

2) 기후 조건에 따른 모기 발생 양상 분석

○ 기온에 따른 월별 채집 개체수 분석

4월에서 10월까지의 평균기온 변화에 따른 채집 모기 개체수를 비교한 결과, 4~6월 평균기온이 약 10~23℃ 수준으로 비교적 낮아 채집 개체수가 전반적으로 적은 수준을 유지하였다. 이후 7월부터 평균기온이 24℃ 이상으로 상승하면서 채집 개체수가 점차 증가하였으며, 특히 8월 4주차 평균기온이 29.3℃일 때 채집 개체수는 4,006개체로 크게 증가하였다. 가장 높은 채집량은 9월 1주차 평균기온이 27.5℃에서 13,118개체로 확인되었으며, 이후 평균기온이 하강함에 따라 점진적인 감소 추세를 보였다. 10월에는 평균기온이 20℃ 이하로 낮아지면서 채집 개체수는 600개체 이하로 급감하였다(표 2, 그림 4).

표 2. 4~10월의 평균기온

구분	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
평균기온(℃)	13.7	16.9	23.8	26.8	27.6	22.9	16.3
평균최저기온(℃)	6.2	10.8	18.0	22.1	22.9	19.3	12.8
평균최고기온(℃)	21.2	23.4	30.0	32.4	33.1	27.9	20.8

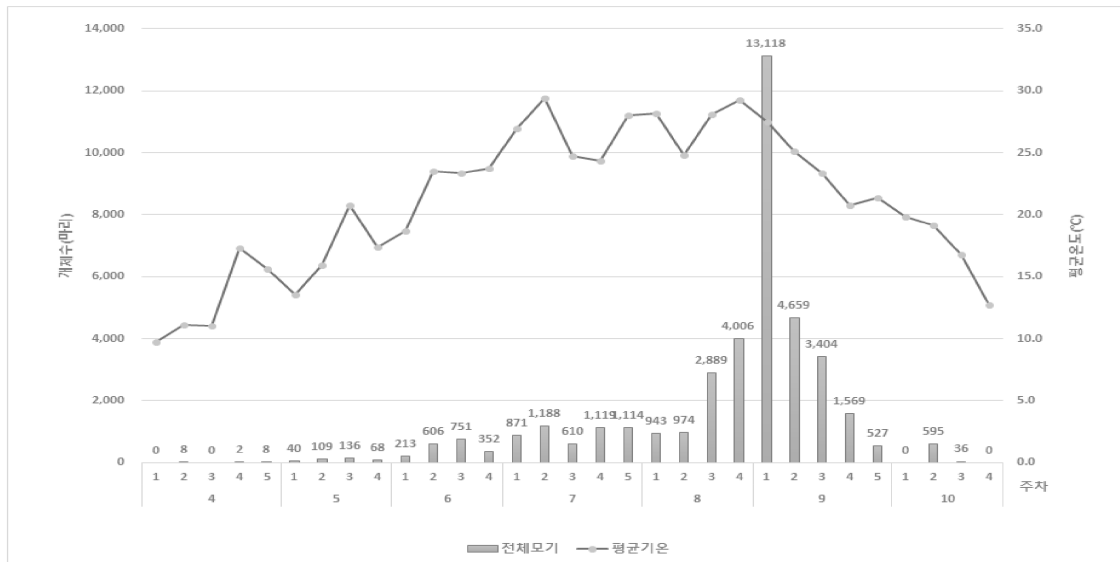


그림 4. 평균기온 변화에 따른 전체 모기 개체수

II. 조사사업

○ 강수량에 따른 월별 채집 개체수 분석

4월에서 10월까지 월별 강수량에 따른 채집 모기 개체수를 비교한 결과, 4월부터 6월까지의 강수량과 관계없이 모기 개체수가 낮은 수준을 유지하였는데, 이는 비교적 낮은 기온으로 개체수 증가가 크게 나타나지 않았기 때문으로 보인다. 7월에는 기온 상승에 따른 개체수 증가가 예상되었으나, 7월 3~4주차 집중호우가 발생하면서 채집 개체수가 감소하는 양상이 나타났다. 8월 3주차부터 강수량이 감소한 시기에 모기 개체수가 급격히 증가하였으며, 이는 강수량 감소가 모기의 번식 및 성충활동에 유리하게 작용했을 것으로 사료된다. 9월에는 강수량 증가와 기온 하강이 함께 나타나면서 모기 개체수가 빠르게 감소하는 경향을 보였다(표 3, 그림 5).

표 3. 4~10월의 주차별 강수량

주차	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
1	1.1	38.1	1.5	0	66.6	3.8	39.6
2	2.8	13.2	0	0	33.8	87.5	59.3
3	18.2	19.4	103.8	107.7	0.5	38.3	26.1
4	14.4	1.7	76.9	201.2	0	17.9	0.8
5	0	-	-	0	-	11.2	-

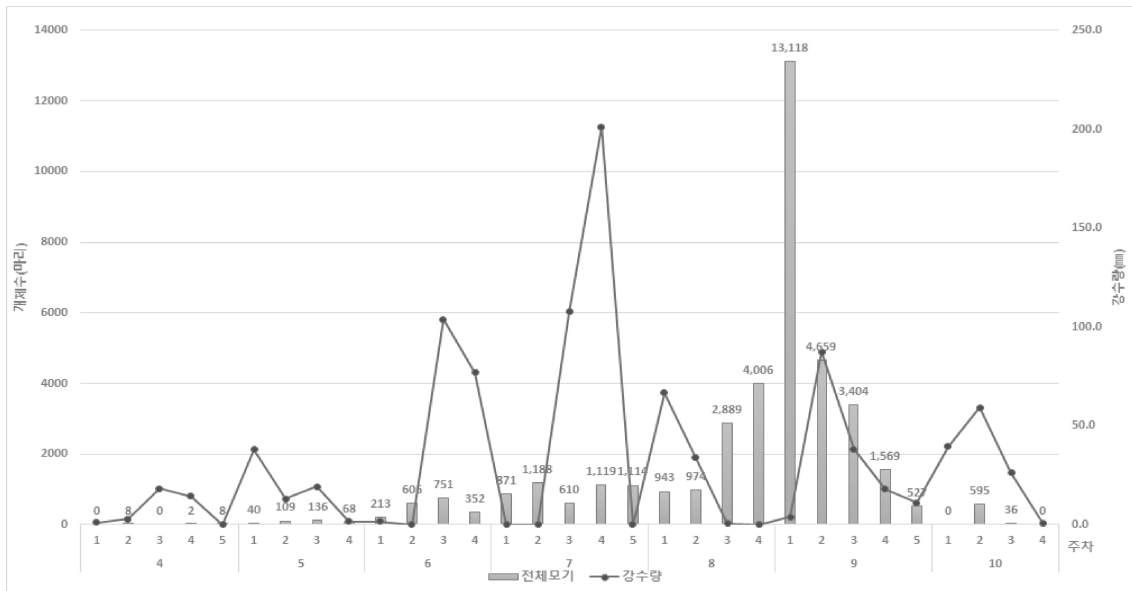


그림 5. 강수량 변화에 따른 전체 모기 개체수

○ 월별 채집모기 종 분포 비교

4월부터 6월까지의 얼룩날개모기류와 빨간집모기가 대부분을 차지하였다. 7월에는 얼룩날개 모기류의 비율이 높게 유지된 가운데 작은빨간집모기가 채집되었으며, 8월과 9월에는 작은빨간 집모기가 각각 69%, 88%로 가장 높은 비율을 보이며 우세하였다. 10월에는 작은빨간집모기 비율이 감소하고 얼룩날개모기류, 금빛숲모기, 빨간집모기 등 여러 종이 다시 분포하면서 종 구성이 분산되는 양상을 보였다.

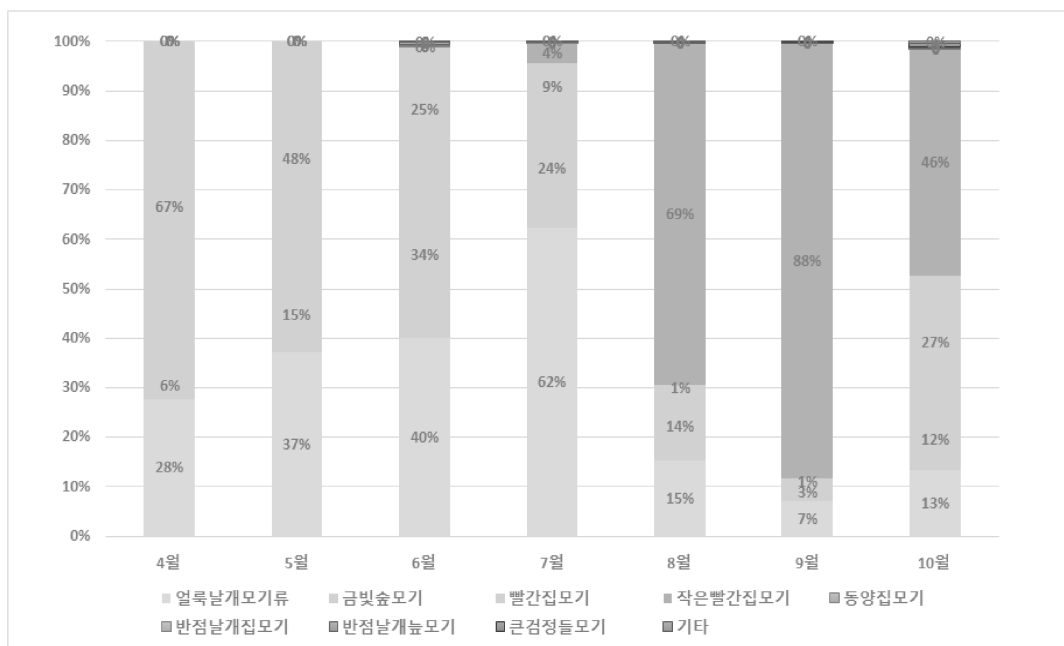


그림 6. 채집모기의 월별 종 분포도

○ 모기매개 감염병 바이러스 6종 검출시험 결과

- 모기매개 감염병 바이러스 검출 시험은 질병관리청에서 제공한 시험법(그림 1)을 사용하였으며, 실험 샘플은 우사에서 채집된 전체 모기 중 얼룩날개모기속(*Anopheles* spp.)을 제외한 12종 모기 32,831마리를 대상으로 하였다(표 4).
- 채집된 모기는 같은 종을 최대 30마리까지 파쇄 튜브에 넣어 풀링 하였으며, 총 1,236풀을 분석하였다. qRT-PCR 결과, 8월 3주에 채집된 작은빨간집모기 풀 1건과 10월 4주에 채집된 빨간집모기 풀 1건에서 일본뇌염바이러스(Japanese encephalitis virus, JEV)가 검출되었다. 염기서열 분석결과 풀 2건 모두 일본뇌염바이러스의 염기서열이 확인되었다(표 4).

II. 조사사업

- NCBI (National Center for Biotechnology Information)에서 제공하는 BLAST(Basic Local Alignment Search Tool)를 이용하여 유전형을 확인한 결과, 2건의 양성 풀 모두 일본뇌염바이러스(JEV) 제5형 유전자형(Genotype 5, G5)으로 확인되었다. 또한 MEGA (Molecular Evolutionary Genetics Analysis)를 이용하여 상동성을 분석한 결과, 서로 다른 모기 종(작은빨간집모기, 빨간집모기)에서 분리된 시료임에도 불구하고 총 271 bp 중 약 5 bp만 차이를 보여 98.15%의 상동성을 나타냈다. 이러한 결과는 채집된 모기 종류가 다르더라도 지역 내 동일 계열의 JEV를 보유하고 있었음을 나타내며, 해당 서열들이 유전적으로 매우 근접한 특성을 가진 것으로 판단된다(그림 7).

표 4. 모기매개 감염병 바이러스 검출시험 결과

Species	No. of Mosquitoes	No. of Pools	No. of Positive
작은빨간집모기	26,896	912	1(JEV)
빨간집모기	1,788	87	1(JEV)
금빛숲모기	3,978	157	0
큰검정들모기	33	20	0
동양집모기	11	8	0
반점날개집모기	16	12	0
반점날개늪모기	94	27	0
기타	15	13	0
계	32,831	1,236	2

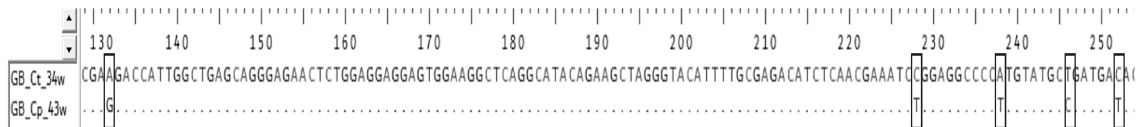


그림 7. 일본뇌염바이러스(JEV) 시료 간 유전자 염기서열 비교

4. 결론 및 기대효과

- 조사기간 동안 총 13종 39,915마리의 모기가 채집되었으며, 8~9월에 채집된 개체수가 가장 높게 나타났다. 특히 일본뇌염 주 매개종인 작은빨간집모기가 전체 개체수의 대부분을 차지하였다.
- 기후 요인과의 관계를 분석한 결과, 평균기온이 낮은 4~6월에는 모기 개체수가 전반적으로 낮은 수준을 유지하였고, 7월 이후 평균기온 상승과 함께 개체수가 증가하는 경향이 나타났다. 또한 7월 집중강우 기간에는 개체수가 일시적으로 감소하였으며, 이후 강수량이 감소한 시기에 개체수가 다시 증가하여 기온과 강수량이 모기 발생에 복합적으로 영향을 미치는 것으로 보인다.
- 2025년 작은빨간집모기의 첫 채집 시기는 27주차로 확인되었으며, 이는 최근 3년('22년 26주차, '23년 27주차, '24년 25주차)과 비교할 때 연도별로 최대 1~2주 정도의 차이를 보였다. 이러한 변동은 해당 시기의 평균기온, 강수량 등 기후 조건 변화가 모기 발육 속도와 출현 시기에 직접적으로 영향을 미친 결과로 판단된다.
- 모기매개 감염병 바이러스 검출 시험 결과, 작은빨간집모기 풀 1건과 빨간집모기 풀 1건에서 일본뇌염바이러스(JEV)가 검출되었다. 염기서열 분석 결과 두 시료 모두 JEV Genotype 5(G5)와 일치하였으며, 이를 기반으로 조사 지역 내 모기 개체군에서 G5형 바이러스가 순환하고 있는 것으로 판단된다. 또한, 서로 다른 모기 종류에서 확보된 시료임에도 상동성이 높아 지역 내 동일 계열의 JEV가 공통적으로 존재하는 것으로 확인된다.
- 모기매개 바이러스 실험실 감시사업을 통해 지역 내 모기 종별 발생 시기와 밀도 변화, 병원체 검출 양상을 체계적으로 파악할 수 있었으며, 이는 특정 시기와 지역에 맞춘 효율적인 방역 전략 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있다. 아울러 기후 변화에 따른 매개체 서식 환경 변화와 해외 유입 감염병의 국내 정착 가능성을 고려할 때, 모기매개 감염병에 대한 지속적이고 정기적인 감시의 필요성이 더욱 커질 것으로 보인다.

