

시민과학을 통한 온도에 따른
개미 행동 변화에 대한 연구

시민과학을 통한 온도에 따른
개미 행동 변화에 대한 연구

2020.12.

[도시의 개미]

조명동(강원대학교 응용생물학과)



재단법인 숲과나눔

동아사이언스 

시민과학을 통한 온도에 따른 개미 행동 변화에 대한 연구

[도시의 개미]

조명동(강원대학교 응용생물학과)

1. 서론

1. 서론

21세기 인구 증가와 도시환경의 확대로, 생물 다양성이 감소하고 있다. 도시는 평균 기온이 높고, 빠르게 건조해져 이에 적응한 일부 종은 개체 수가 증가하지만, 대부분은 그렇지 못하다(문보경 2017). 이에 도시환경과 생물 종의 관계에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 국내는 아직 연구가 부족하다.

많은 종의 생물이 도시환경에 영향을 받으며, 이들을 대표할 수 있는 지표생물군의 선별이 필요하다. 여기엔 많은 개체 수, 표본의 수월, 환경 변화에 빠르게 반응, 분류군이 명확해야 한다는 기준이 적용된다(Oliver and Andrew 1996, 박상현 2005).

개미는 지표생물군에 적합한 생물이다. 개체 수가 많으며, 표본이 쉽고, 환경 변화에 민감하다. 따라서 국내외에서 기후 변화에 대한 개미의 분포에 관한 연구가 진행되고 있다(Robert et al 2005, Roura et al 2004, Kown et all 2011, 박상현 2005). 하지만 대부분 기후 변화에 따른 분포 변화에 대한 연구이며, 각종의 생태 정보나 도시화에 받는 영향에 관한 정보는 매우 부족하다.

2017년 기준 남한의 개미 종은 약 147종이다. 대부분 숲에 서식하며, 도심지에서 많이 보여 도시화 지표종으로 선정된 종은 일본왕개미(*Camponotus japonicus*), 곰개미(*Formica japonica*), 고동털개미류(*Lasius* sp.), 왕침개미(*Brachyponera chinensis*), 스미스개미(*Nylanderia flavipes*), 극동흑개미(*Pheidole fervida*), 일본열마디개미(*Solenopsis japonica*), 주름개미로(*Tetramorium tsushimae*) 9종이다(1999 이홍식). 하지만 해당 종들의 어떤 특성이 이들이 도시환경에 적응하는 데 영향을 미치는지 기준이 명확하지 않으며, 이들의 생태에 대한 기초적인 자료가 매우 부족한 상황이다.

따라서 시민과학을 통해 개미군락을 대상으로 온도에 따른 개미의 행동 변화를 장기 관찰하여, 이들의 어떤 특성이 도시 환경에 적응할 수 있는데 도움이 되었는지 조사하고자 한다. 또한 지금까지 시민 과학을 통해 진행된 연구는 서식지 지도를 만드는 데에 한정되었지만, 본 연구를 통해 장기 관찰이 필요한 행동 연구도 가능한지 확인할 것이다.

한편, 도시화 지표종으로 선정된 개미 종은 총 9종이지만 이중 스미스개미, 극동흑개미는 주로 숲에 서식하고, 도시에서 발견되더라도 민가 근처가 아닌 산에 가까운 지역이거나 공원에서 발견된다. 일본열마디개미는 주로 지하에 서식하며, 다른 개미의 알이나 애벌레를 강탈하며, 왕침개미는 독침을 가지고 있다(Kown et all 2011). 따라서 이 종들은 시민과학자들이 집 근처에서 발견하기도 어렵고, 발견하더라도, 장기적으로 관찰하는데 어려울 것으로 판단해 제외했다. 반면 곰개미, 고동털개미류, 주름개미, 일본왕개미는 주로 지면에 활동하여 사람의 눈에 잘 띄고, 고동털개미류를 제외하면 동정에 큰 문제가 없어 연구 종으로 지정했다. 물론 4종이 아닌 한 종만을 대상으로 연구를 진행하면 보다 구체적인 자료가 나올 수 있지만, 이는 본 연구의 특성상 (집 근처의 군락을 장기관찰) 원하는 종을 반드시 찾는다라는 보장이 없어 불가능하다고 판단했다.

2. 본론

1) 시민과학자 선발

연구에 참여한 시민과학자는 5/15 - 6/1일까지 동아사이언스 어린이과학동아 홈페이지에 신청 공지를 올려 지원받았다. 16팀이 신청했으며, 6/4일 최종 9가족을 선발했다 (표 1).

	팀명	대표 학생 이름	팀원수
1	곤충친국	송민기	4
2	리옥크팀	박재영	3
3	매직네이처	채준석	4
4	밤톨탐험대	유시우	4
5	수리수리마수리	박연서	2
6	온새미로	정인혁	3
7	으쌔으쌔	석지후	4
8	임형제가족	임예준	4
9	최탐사특공대	최지혁	3

표 3. 선발된 시민과학자들

2) 시민 과학 관찰 가이드라인 제공

시민과학자들에게 날짜, 시간, 동영상 유무, 개미 활동 영역의 지면 온도, 기온을 기록하는 기록지를 제공하고 (표 2), 2개월~3개월 (최대 14주까지 데이터 기록을 권장했다.)간 주당 1회 (6시간 관찰) 집 근처의 군락을 장기 관찰하도록 지시했다. 온도의 기록은 개미는 지면에 붙어 활동한다는 특징을 고려하여, 탐침 온도계를 활동 영역의 지면에 닿게 하여 측정할 수 있도록 가이드를 제공했다.

데이터 기록지는 가장 위에 예시를 두어 기록하기 쉽도록 유도했다. 총 14주 차까지 진행되며, 시민과학자들의 자율성을 위해 그 이상도 가능하도록 지시했다. 관찰 시간 (1시간 간격), 탐침 온도계를 통한 지면 입구와 활동 영역의 온도, 기온, 5분의 활동 영역의 영상을 기재하도록 했다.

관찰 장소에서 5마리 이상의 개미가 한 방향으로 일정하게 움직이는 모습이 관찰되면, 이를 개미의 활동 영역으로 간주하고 해당 지역을 중심으로 관찰을 진행했다. 온도별 개미의 구체적인 행동을 확인하기 위해, 50cm의 높이에서 5분간 동영상을 촬영하고, 이메일을 통해 매주 연구자에게 영상과 데이터 기록지를 전달받았다.

예시	관찰 시간	am:10:00	am:11:00	pm:12:00	pm:01:00	pm:02:00	pm:03:00	pm:04:00
	지면 입구 온도	27.6도	27.7도	27.8도	32.0도	32.1도	30.0도	30.1도
	활동 영역 온도	28.7도	28.8도	28.9도	34.0도	34.1도	28.0도	28.1도
	기온	25.2도	25.3도	25.4도	38.0도	38.1도	27.4도	27.5도
	활동 영역 영상	○	○	○	X	○	○	○
1주 차	관찰 시간							
	지면 입구 온도							
	활동 영역 온도							
	기온							
	활동 영역 영상							
2주 차	관찰 시간							
	지면 입구 온도							
	활동 영역 온도							
	기온							
	활동 영역 영상							
3주 차	관찰 시간							
	지면 입구 온도							
	활동 영역 온도							
	기온							
	활동 영역 영상							

표 2. 시민과학자들에게 전달된 데이터 기록지.

3) 시민과학자 교육

○ 온라인 교육

코로나로 인해 대면으로 진행하진 못 했고, zoom 온라인 강의로 시민과학자들을 만나, 해당 연구의 목적, 진행 과정, 현장 교육에서의 일정에 대해 교육했다.



그림 1. 6월 13일 시민과학자 대상 온라인 교육

○ 현장교육

	날짜	장소	참여 시민과학자
1차 현장교육	6월 27일 토 10:00~11:30	용인 광고산	8팀
2차 현장교육	7월 18일 토 10:00~11:30	용인 광고산	9팀

야외 현장교육 온도계를 통한 개미 행동 영역의 온도를 측정하는 방법, 동영상 촬영 방법, 개미의 길 찾는 방법을 교육하기 위한 목적으로 6/27 용인 광고산에서 진행되었다. 곤충천국(송민기, 송민채), 리옥크팀(박재영), 매직네이처(채준석, 채준우), 수리수리마수리(박연서), 온새미로(정인혁), 으쌰으쌰(석지후, 석봄), 임형제가족(임예준, 임주원), 최탐사특공대(최지혁, 최준혁) 총 8팀이 참여했다. 직접 현장에서 개미를 만나고, 탐사 방법을 배우는 과정이 필요하기에 현장교육은 반드시 필요했으며, 거리 지키기를 준수하며 진행했다. 모든 시민과학자들에게 온도계, 데이터 기록 표, 코니칼 튜브를 제공했다(장기 관찰을 진행 할 군락의 개미 표본을 연구자에게 전달하여 자세한 종 동정을 위한 용도). 주름개미, 일본왕개미, 곰개미, 털개미속 개미를 현장에서 만나며, 이들의 길을 찾는 방법, 동영상 및 온도 기록 방법을 교육했다.

7/18일 용인 광고산에서 군락의 장기 탐사가 막 시작되었을 때를 기준으로 초반 팀원들의 탐사 과정이 어떻게 진행 되고 있는지, 아직 개미의 길과 군락을 찾는 데에 어려움이 있는 가족들에게 직접 만남 교육을 진행하기 위해 2차 현장교육을 진행했다. 곤충천국(송민기, 송민채), 리옥크팀(박재영), 매직네이처(채준석, 채준우), 밤뜰탐험대(유시우, 유지현, 유시원), 수리수리마수리(박연서), 온새미로(정인혁), 으쌰으쌰(석지후, 석봄), 임형제가족(임예준, 임주원), 최탐사특공대(최지혁, 최준혁) 총 9팀이 6/27일 현장교육과 마찬가지로, 개미를 현장에서 만나며, 개미의 길을 찾는 방법, 동영상 및 온도 기록 방법 그리고 자료 기록을 시작한 가족의 중간점검도 진행했다.



그림 2. 6월 27일 야외 현장 교육(용인 광고산)



그림 3. 7월 18일 야외 현장 교육 (광고산)

모든 시민과학자에게 온도 기록을 위한 탐침 온도계(DRETEC O-219, 10~300, ±1), 종 동정을 위한 코니칼 튜브(50ml)를 전달했다. 관찰이 시작되면 해당 군락에서 5마리의 개미를 채집해 연구자에게 전달했다. 채집된 개미의 종 동정은 한국개미분포도감(Korean ant atlas 2006-2009)을 그리고 사진 촬영은 전자현미경(HA005, 배율: 10-500), 미러리스 카메라(Sony A7M2, samyang 100mm macro Lense)를 사용했다.

자료 분석은 시민과학자들로부터 받은 영상과 데이터 기록표를 기준으로 진행했다. 온도에 따른 개미 행동 변화는 개미들이 영상에서 보이지 않으면, 다시 돌아오지 않는다는 가정 하고, 영상 내에 지나가는 개미의 수를 기록했다. 그리고 이를 활동 영역의 지면 온도, 기온, 날짜, 시간, 계절과 대입하여 표를 작성했다.



그림 4. 탐침 온도계를 이용한 군락 입구의 지면 온도 측정

3. 결론

1) 관찰 결과

7-10월간 고동털개미(14주), 곰개미(4주), 주름개미(4주) 3종의 126개의 영상 자료가 수집되었다(그림 6, 표 3, 4). 총 9의 시민과학팀 중 3가족이 장기적 자료를 보내줬으며, 2가족의 자료가 분석에 사용됐다(매직네이처 - 곰개미, 주름개미, 임형제가족 - 고동털개미). 같은 개미 종으로만 실험하지 않은 이유는 시민과학자들 주위에 모두 같은 개미가 서식하지 않았으며, 시민과학자들이 같은 종의 개미가 나올 때까지 시간을 소비할 수 없고, 균락을 찾는 데에 어려움을 겪었기 때문이다. 그런데도 이전에 진행된 연구도 소수의 균락을 대상으로 활동을 기록한 경우가 있어 부정적으로만 볼 수 없다(Robert et al 2005).

주차	관찰 시간	9:35	10:35	11:35	12:30	1:30	2:30	3:30	8주 차	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00
1주 차	지면 입구 온도	21.2	21.1	21.3	21.5	22.0	22.5	23.2	8/25 화	지면 입구 온도	27.4	29.4	37.9	35.3	35.9	32.7	31.7
	활동 영역 온도	22.8	22.4	22.2	22.0	24.3	24.4	24.4		활동 영역 온도	29.6	31.7	37.5	35.9	38.9	34.6	33.8
	기온	19.6	21.2	21.6	21.7	21.9	22.5	23.4		기온	31	31	31.6	34	36	35	34.4
7/1 수	활동 영역 영상	240	82.8	167	109	134	89	163	활동 영역 영상	23	36	10	16	5	17	25	
2주 차	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	9주 차	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00
	지면 입구 온도	25.8	27.2	30.8	31.6	27.6	28.0	27.3		지면 입구 온도	25.7	25.9	28.8	27	27	27.8	26.7
	활동 영역 온도	27.2	28.3	34.1	30.2	30.5	28.2	29.4		활동 영역 온도	26.8	27.4	29	32.2	33.8	29.2	28.7
7/8 수	기온	24.7	25.6	27.6	28.8	29.3	29.6	29.6	기온	26	27	28	36.6	30	30	29.5	
3주 차	활동 영역 영상	100	91	127	170	119	167	163	9/1 화	활동 영역 영상	6	2	4	6	22	17	X
	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	10주 차	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00
	지면 입구 온도	23.1	27.2	27.1	27.7	25.3	26.2	22.3		지면 입구 온도	22.4	22.5	24.4	26.7		26.7	21.1
활동 영역 온도	24.3	27.2	28.5	28.9	28.1	28.4	28.5	활동 영역 온도		24	25	29.5	28.4		21.7	21.9	
7/15 수	기온	22.6	23.3	23.6	24.5	25.3	26.8	27.5	기온	22.5	23	24.1	24.9		20	21	
4주 차	활동 영역 영상	258	239	120	174	112	114	157	9/9 수	활동 영역 영상	100	62	35	37	X	5	10
	관찰 시간	10:47	11:50	12:50	1:50	2:50	3:50	5:30	11주 차	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00
	지면 입구 온도	26.7	30.5	28.7	27.2	26.9	26.1	26.3		지면 입구 온도	20.5	20.5	22.3	23.5	22.1	20.9	20.7
활동 영역 온도	27.4	30.1	29.9	28.7	26.9	29.3	28.1	활동 영역 온도		22.2	23	23.8	24	23.2	24.1	24.2	
7/21 화	기온	24.1	25.9	27.2	27.8	29.3	29.3	29.3	기온	20.8	20.8	21.2	22.5	22.7	22.9	23.3	
5주 차	활동 영역 영상	104	100	113	100	73	81	78	9/17 목	활동 영역 영상	4	8	14	7	1	7	6
	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	12주 차	관찰 시간	10:00	11:15	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00
	지면 입구 온도	25.4	28.4	29.3	26.4	28.4	28.8	27.3		지면 입구 온도	22	26	28.1	25.2	24.3	24.3	23.8
활동 영역 온도	26.4	30	30.6	34	31.6	26.4	29.2	활동 영역 온도		23.7	28.3	29.8	24.6	24.7	24.9		
7/31 금	기온	25.8	27.4	28.7	27.4	29.3	28.9	28.9	기온	23.5	23.5	24.1	24.9	24.9	24.9	24.7	
6주 차	활동 영역 영상	90	64	49	85	83	41	73	9/24 목	활동 영역 영상	X	10	11	5	10	13	12
	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	13주 차	관찰 시간	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30
	지면 입구 온도	27	26.3	29.1	27.3	27.1	28.9	27.5		지면 입구 온도	20	20.8	21.8	23.2	23.2	21.7	22.7
활동 영역 온도	28.5	28.7	23.8	31.2	29.3	31	29.3	활동 영역 온도		20.2	21.6	23.4	23.6	23.8	23.5	23.4	
8/12 수	기온	26.7	26.7	27.6	28.2	29.6	31.2	30.5	기온	17.8	20.1	22	22.9	22.5	22.7	23.2	
7주 차	활동 영역 영상	46	59	29	22	28	43	38	9/29 화	활동 영역 영상	4	4	13	7	1	4	12
	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	14주 차	관찰 시간	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00
	지면 입구 온도	26.6	35.5	35.8	34.2	34.2	30.4	30		지면 입구 온도	14.5	15.2				18.5	18.4
활동 영역 온도	27.2	33.3	32.5	36	33.3	32.1	31.5	활동 영역 온도		14.9	16.2				20.1	20.1	19.2
7/15 수	기온	29	30	31	32	32	31	31.1	기온	12.6	15.3				17.9	18.9	19.3
	활동 영역 영상								활동 영역 영상	0	0	X	X	1	0	0	

표 3. 고동털개미의 데이터 기록 자료. (14주차기록, 자료를 기록하지 않은 란은 × 표시)

주차(월일)	관찰 시간	pm:12:00	pm:01:00	pm:02:00	pm:03:00	pm:04:00	pm:05:00	pm:06:00	주차(월일)	관찰 시간	pm:12:00	pm:01:00	pm:02:00	pm:03:00	pm:04:00	pm:05:00
1주 차(7월 11일)	지면 입구 온도	30.9도	31.0도	33.8도	31.9도	31.6도	30.4도	29.5도	1주 차(7월 11일)	지면 입구 온도	29.6도	30.1도	32.5도	30.9도	31.5도	30.5도
	활동 영역 온도	30.4도	34.0도	34.1도	31.2도	31.4도	30.1도	29.5도		활동 영역 온도	30.0도	30.0도	31.9도	30.6도	30.5도	30.3도
	기온	30.1도	32.1도	34.2도	31.1도	31.3도	30.0도	29.5도		기온	30.7도	30.0도	31.8도	30.5도	30.4도	30.2도
	활동 영역 영상	○	○	○	○	○	○	○		활동 영역 영상	주름개미-5	주름개미-	주름개미8	주름개미	주름개미	주름개미
	활동 영역 온도	○	○	○	○	○	○	○		활동 영역 온도	○	○	○	○	○	○
2주 차(7월 15일)	관찰 시간	am:09:00	am:10:00	am:11:00	pm:12:00	pm:01:00	pm:02:00	pm:03:00	2주 차(7월 15일)	관찰 시간	am:09:00	am:10:00	am:11:00	pm:12:00	pm:01:00	pm:02:00
	지면 입구 온도	24.9도	24.1도	24.6도	25.9도	26.9도	34.5도	31.0도		지면 입구 온도	25.4도	24.5도	26.4도	25.3도	25.6도	33.6도
	활동 영역 온도	24.9도	24.0도	24.5도	25.7도	27.7도	32.6도	31.7도		활동 영역 온도	25.0도	24.5도	26.0도	25.1도	25.4도	32.4도
	기온	24.9도	24.0도	24.5도	25.7도	28.4도	32.3도	31.9도		기온	24.7도	24.5도	25.8도	25.0도	25.1도	32.5도
	활동 영역 영상	○	○	○	○	○	○	○		활동 영역 영상	주름개미11	주름개미1	주름개미1	주름개미1	주름개미1	주름개미1
3주 차(7월 22일)	관찰 시간	pm:12:00	pm:01:00	pm:02:00	pm:03:00	pm:04:00	pm:05:00	pm:06:00	3주 차(7월 22일)	관찰 시간	pm:12:00	pm:01:00	pm:02:00	pm:03:00	pm:04:00	pm:05:00
	지면 입구 온도	24.7도	25.3도	24.4도	24.9도	23.8도	23.4도	23.4도		지면 입구 온도	24.7도	25.2도	24.3도	23.8도	24.6도	23.8도
	활동 영역 온도	24.7도	25.3도	24.3도	24.8도	24.7도	23.3도	23.2도		활동 영역 온도	24.7도	25.0도	24.2도	23.9도	24.6도	23.7도
	기온	24.6도	25.2도	24.3도	24.7도	24.6도	23.3도	23.2도		기온	24.6도	25.1도	24.2도	23.9도	24.7도	23.6도
	활동 영역 영상	X	○	○	○	X	X			활동 영역 영상	없음	주름개미1	주름개미1	주름개미1	없음	주름개미1
4주 차(7월 30일)	관찰 시간	am09:30	am10:30	am11:30	pm12:30	pm01:30	pm02:50	pm03:30	4주 차(7월 30일)	관찰 시간	am09:30	am10:30	am11:30	pm12:30	pm01:30	pm02:50
	지면 입구 온도	29.2도	25.9도	25.8도	27.0도	29.7도	27.9도	28.2도		지면 입구 온도	25.6도	25.6도	26.0도	26.4도	33.6도	27.2도
	활동 영역 온도	26.7도	25.8도	25.8도	26.8도	29.9도	27.7도	28.0도		활동 영역 온도	25.4도	25.5도	26.0도	26.4도	34.5도	27.0도
	기온	26.6도	25.7도	25.8도	26.7도	30.0도	27.7도	28.2도		기온	25.3도	25.5도	26.0도	26.4도	32.7도	27.0도
	활동 영역 영상	○	○	○	○	○	○	○		활동 영역 영상	곰개미11	곰개미17	곰개미12	주름개미8	주름개미1	주름개미1

표 4. 오른쪽:곰개미, 왼쪽:주름개미의 데이터 기록 자료.

고동털개미의 활동 영역 지면 온도는 시간대별 의미 있을 정도로 변하지 않았다. 다만 기록 날짜가 지날수록 1주 차(7/1): 23.2, 2주 차(7/8): 23.2, 3주 차(7/15): 24.8, 4주 차(7/21): 28.6, 5주 차(7/31): 29.7, 6주 차(8/12): 28.8, 7주 차(8/1): 32.2, 8주 차(8/25): 34.5, 9주 차(9/1): 29.5, 10주 차(9/9): 25.0, 11주 차(9/17): 23.5, 12주 차(9/24): 26, 13주차(9/29): 22.7, 14주 차(10/6): 18.1로 평균 활동 영역의 온도가 감소했다. 시간대별 활동 개미의 수는 7/8일 기준 가장 온도가 높았던 시간은 127, 낮았던 시간은 100마리 그리고, 7/31일 기준 가장 온도가 높았던 시간에 83, 낮았던 시간은 83마리로 활동 영역의 온도와 마릿수는 의미 있다고 볼 수 없었다(그림 8). 반대로 날짜가 지날수록 개미의 활동 수는 984.8, 937, 649, 1166, 485, 265, 151, 132, 57, 249, 47, 61, 45, 84로 눈에 띄게 감소했다. 이에 평균 활동영역의 기온은 23.2, 28.6, 27.7, 29.7, 28.8, 32.2, 34.5, 29.5, 25, 23.5, 26, 22.7, 16.8로 시간이 지날수록 감소했다(그림 7). 이로 보아 개미의 활동량은 시간대별 온도와는 관계없이 평균 온도와 관계가 있다고 생각할 수 있지만, 여기에는 습도, 주변 군락, 광량 등 수많은 요소가 고려되지 않아 무리이다.



그림 5. 시민과학자들로부터 전달된 자료의 개미.



그림 6. 자료가 수집된 개미의 활동 영역의 모습. 왼쪽: 고동털개미, 오른쪽: 주름개미.
해당 지역에 카메라가 고정되어 활동을 기록했다.

주름개미와 곰개미도 마찬가지로 활동량이 지면의 온도와 기온에는 관계가 없는 것으로 나타났으며(그림 9, 10), 시간대별 활동하는 개미의 수 또한 의미가 없었다. 다만 관찰 날짜가 지날수록 개미의 활동이 감소했다. 하지만 이 두 종의 자료는 너무 짧게 기록되어 고동털개미만큼의 의미를 두기엔 무리다.

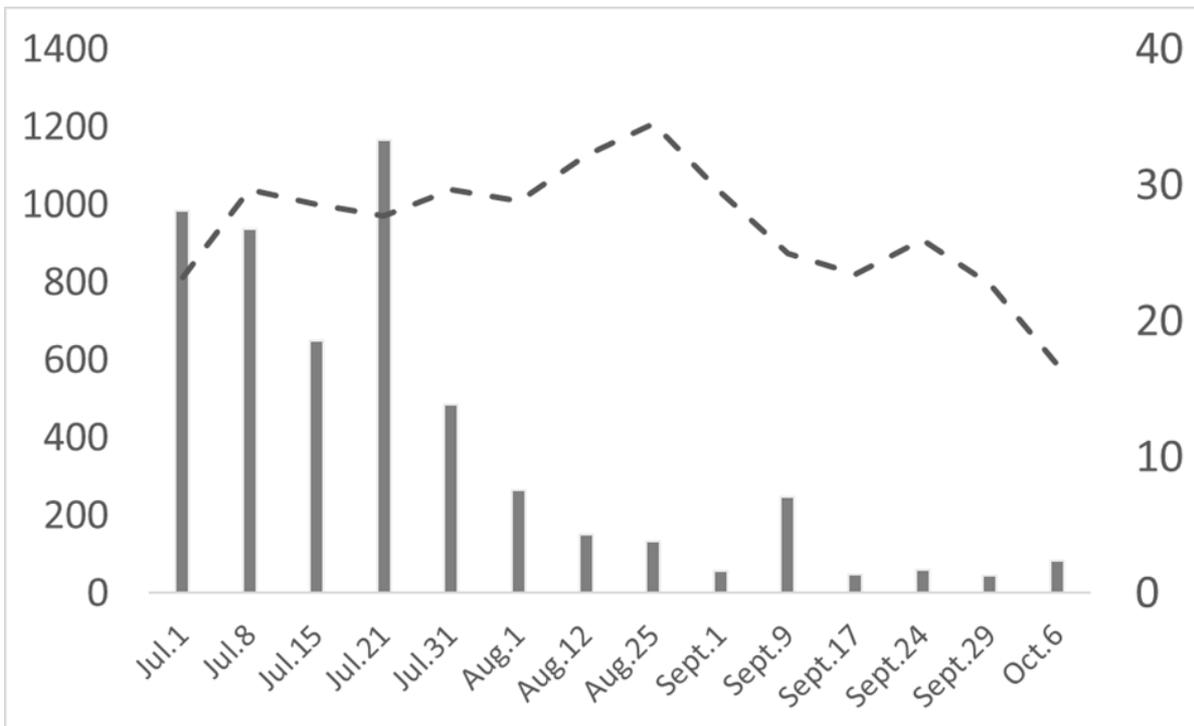


그림 7. 고동털개미의 결과를 날짜별로 바꾼 표. 검은 점선: 지면의 온도, 검정 막대: 활동 개미 수, 세로축(왼쪽): 활동 개미 수, 세로축(오른쪽): 지면 온도. 날짜가 지날수록 개미의 활동 수는 984.8, 937, 649, 1166, 485, 265, 151, 132, 57, 249, 47, 61, 45, 84로 눈에 띄게 감소했다. 이에 평균 활동영역의 기온은 23.2, 28.6, 27.7, 29.7, 28.8, 32.2, 34.5, 29.5, 25, 23.5, 26, 22.7, 16.8로 시간이 지날수록 감소했다.

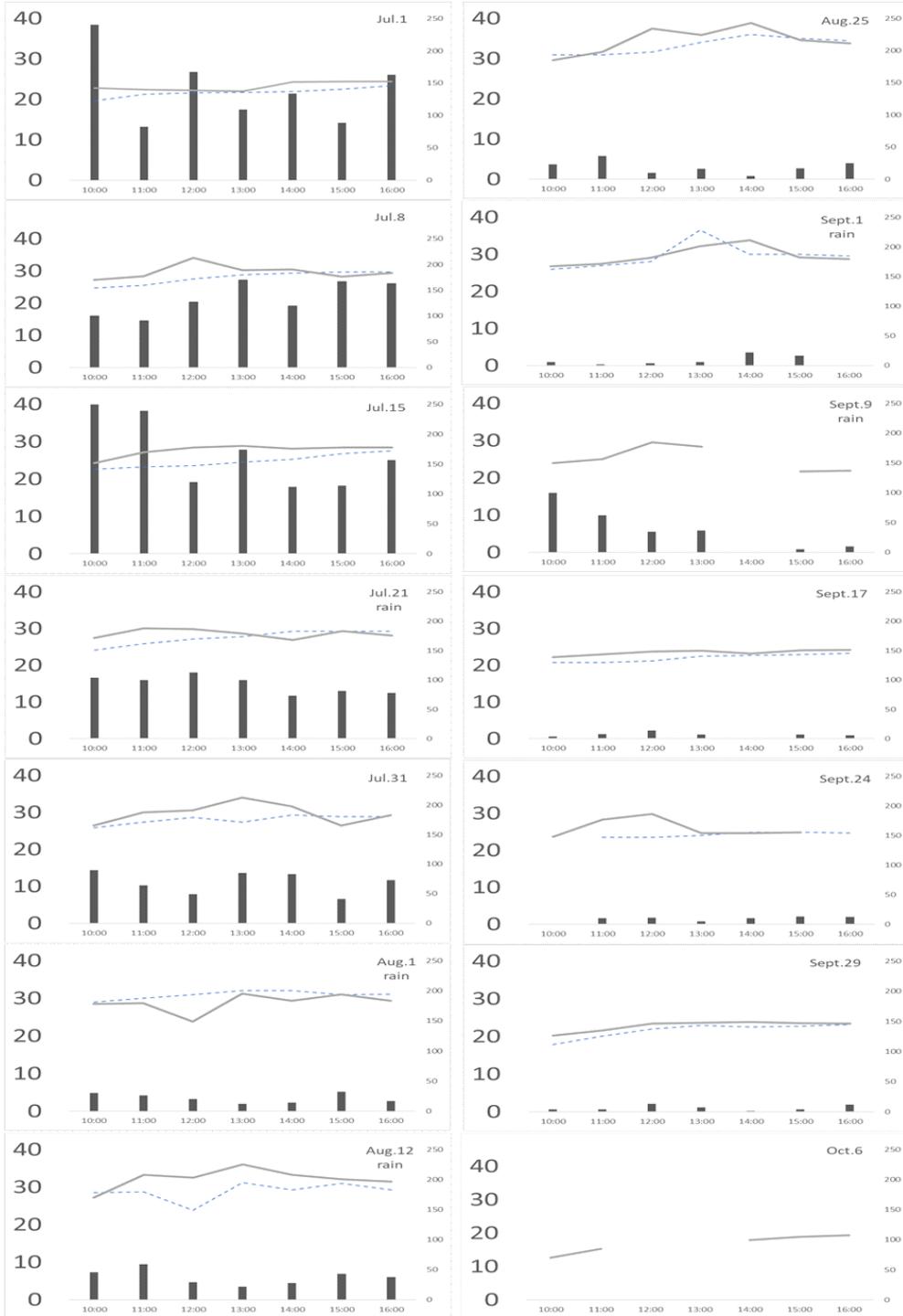


그림 8. 고동털개미의 온도 별 활동량 비교 - 임형제가죽. 파란 점선: 기온, 검은 실선: 지면 온도. 검정 막대: 활동 개미의 수. 세로축(왼쪽): 온도, 세로축(오른쪽): 활동 개미 수. 활동 시간대별 개미의 활동 양은 지면의 온도와 기온과 관계가 없게 나타났다. 7/8일 기준 가장 온도가 높았던 시간은 127, 낮았던 시간은 100마리 그리고, 7/31일 기준 가장 온도가 높았던 시간에 83, 낮았던 시간은 83마리로 고동털개미의 활동량은 시간대별 의미 있을 정도로 변하지 않았다.

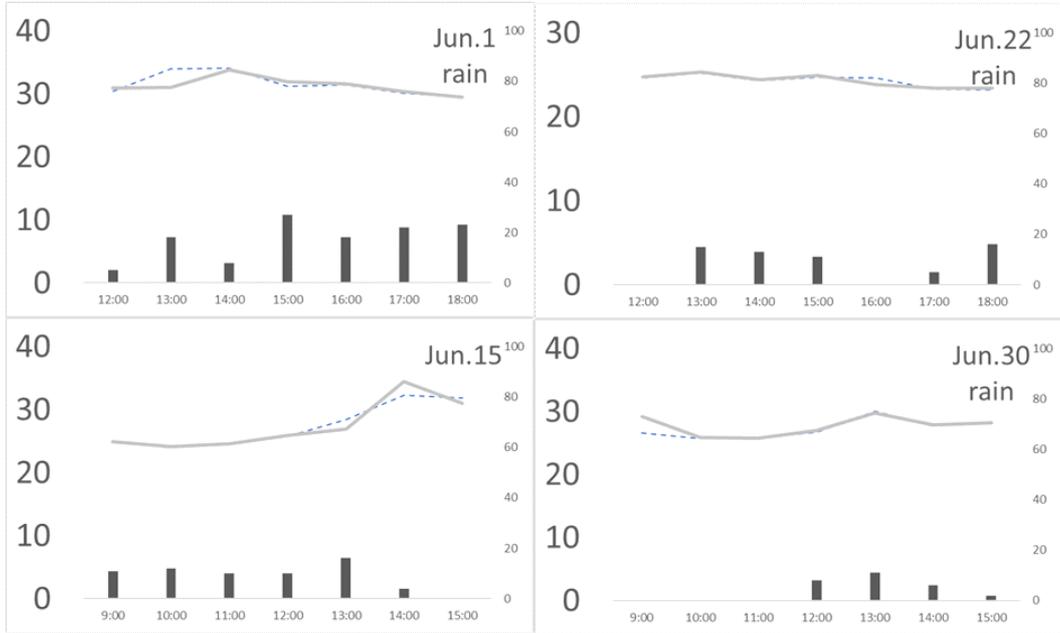


그림 9. 주름개미의 온도 별 활동량 비교 - 매직네이처. 파란 점선: 기온, 검은 실선: 지면 온도. 검정 막대: 활동 개미의 수, 세로축(왼쪽): 온도, 세로축(오른쪽): 활동 개미 수. 지면의 온도와 기온은 개미의 활동 양에 영향을 미치지 않았다.

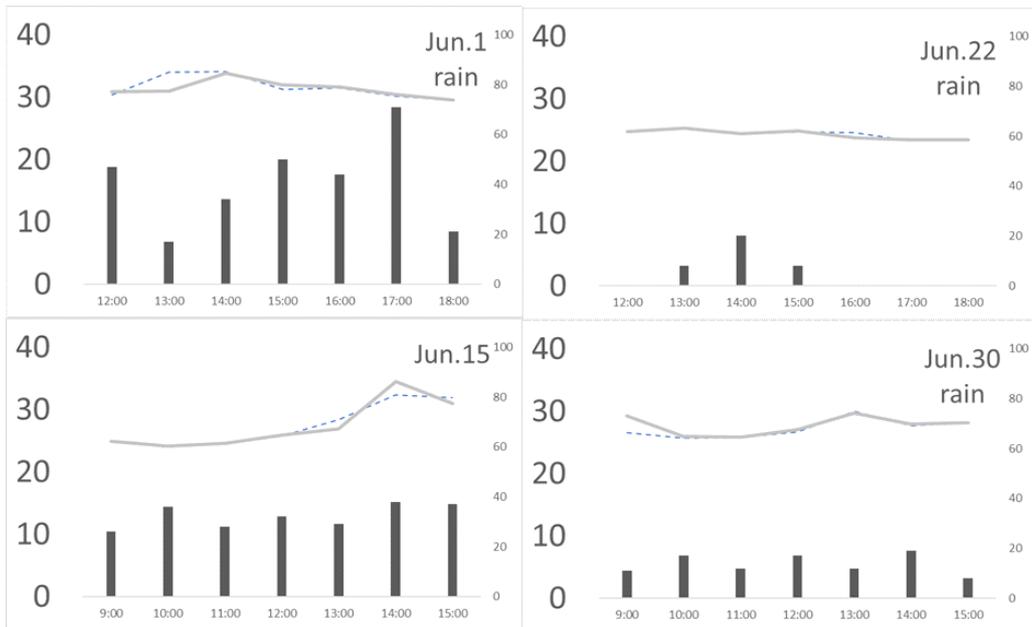


그림 10. 곰개미의 온도 별 활동량 비교 - 매직네이처. 파란 점선: 기온, 검은 실선: 지면 온도. 검정 막대: 활동 개미의 수, 세로축(왼쪽): 온도, 세로축(오른쪽): 활동 개미 수. 지면의 온도와 기온은 개미의 활동 양에 영향을 미치지 않았다.

2) 고찰

연구 내내 저조한 참여율이 문제였다. 코로나 때문에 연구자와 시민과학자 들 간의 의사소통에 장벽이 생길 수밖에 없었고, 그나마 zoom, 메일 그리고 문자를 동원하더라도 9가족 중 꾸준히 참여하던 가족만 의사소통이 가능했다. 이를 해결하기 위해 2번의 현장 교육을 진행했는데, 사회적 거리 두기를 유지하며 짧은 시간 내에 교육을 진행해야 했기에 한정된 시간의 현장 교육으로 자료 기록을 완벽하게 전달하는 데 문제가 있었다.

개미의 활동 영역의 한 부분만을 장기간 촬영한 것이기에 다른 영역에서 어떤 활동을 했는지 알 수가 없었다. 이는 연구가 진행되기 전 우려한 상황이었지만 한 지역을 대상으로 몇 달간 영상을 촬영하는 것이 시민과학자들에게 큰 부담이어서 이 이상의 요구를 부탁하기엔 무리였다. 따라서 군락의 입구를 중심으로 파생되는 모든 활동 영역들의 개미 행동을 기록하지 못했다. 이는 군락을 대상으로 한 시민과학자들의 수를 늘리거나 관찰 기간을 늘림으로써 해결 가능하다고 본다.

해당 연구는 군락을 관찰한 기간이 짧고, 데이터의 양이 부족하다. 그러나 지금까지 이루어진 온도에 따른 개미의 장기관찰들 대부분이 본 연구보다 관찰한 개미의 군락 수가 적었음을 생각하면 적은 양이 아니다. 따라서 많은 자료를 수집할 수 있는 시민 과학의 장점을 생각하면, 본 연구는 지금처럼 9가족이 아닌 큰 프로젝트로 진행한다면 많은 양의 자료를 얻을 수 있는 가능성이 보인다. 또한 국내엔 개미를 대상으로 한 장기관찰이 없었고, 시민 과학을 통해 장기 관찰이 가능하다는 점 그리고 개미의 활동과 지면의 온도 관계를 처음 보았다는 것에 이에 의의를 둘 수 있다. 지금까지의 거의 모든 시민 과학 연구는 그저 GPS를 이용한 분포조사가 대부분이었지만, 자료를 기재하는 매뉴얼만 학습된다면, 이 외의 연구나 프로젝트의 가능성을 보았다.

연구에서의 모든 개미의 종의 활동량은 지면의 온도, 기온에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 따라서 이들의 활동에는 다른 요인이 영향을 미치는 것이며, 도심지에 우점하는 해당 종들 외에 고산지대에 주로 서식하는 개미 종을 장기 관찰하여 서로 비교하는 연구를 진행할 수도 있다.

4. 참고문헌

- 문보경. *도시 지역에서의 생물다양성 보전과 지방정부의 역할*. Diss. 서울대학교 대학원, 2017.
- Oliver, Ian, and Andrew J. Beattie. "Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study." *Conservation Biology* 10.1 (1996): 99-109.
- 박상현. "부산광역시에서 도시화가 개미군집구조에 미치는 영향" VOL.- NO.- (2005)
- Solenopsis invicta Buren (Hymenoptera: Formicidae): implications for invasion of new regions, particularly Oceania." *Environmental Entomology* 34.2 (2005): 317-335.
- Roura-Pascual, Núria, et al. "Geographical potential of Argentine ants (*Linepithema humile* Mayr) in the face of global climate change." *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 271.1557 (2004): 2527-2535.
- Kwon, T. S., et al. "Prediction of distribution and abundance of ants based on climate change of A1B climate scenario." *Research Report 417*. Korea Forest Research Institute Nanuri Pub. Co. Seoul (Korean), 2011.
- 최병문, 이홍식. 1999. 한국산 개미의 분포에 관한 연구(21): 관악산의 개미상. *한국토양동물학회지*4: 1-4
- Kwon, T. S., et al. "Korean ant atlas (2006 - 2009)." *Research Report 459*. Korea Forest Research Institute, Hanguk-Shinche-Jangae-Bokjihoi Pub. Co Seoul, 2012.