

2021년도 시민과학풀씨 2기
최종 결과보고서

주위의 밝기에 따른 매미 울음소리 연구

2021.11.

[닥터구리]

유다은(배재대 바이오의약학부),
최윤정(지구사랑탐사대 시민연구원)

주위의 밝기에 따른 매미 울음소리 연구

[닥터구리]

유다운(배재대 바이오의약학부), 최윤정(지구사랑탐사대 시민연구원)

1. 서론

매미는 여름을 대표하는 곤충으로 종간의 뚜렷한 소리를 내며 나무의 수액을 흡즙한다. 우리나라에 서식하는 매미는 모두 12종으로 말매미, 참매미, 애매미, 쓰름매미, 유지매미, 풀매미, 털매미, 늦털매미, 소요산매미, 참깽깽매미, 세모배매미, 호좁매미 등이다. 우리 주위에서 흔하게 발견할 수 있는 매미 종으로는 말매미, 참매미, 유지매미, 쓰름매미, 애매미, 털매미로 약 6종으로 알려져 있다(이영준, 2005). 매미는 수컷이 번식을 위해 소리를 내며, 한 마리가 소리를 내기 시작하면 다른 매미들도 경쟁이라도 하는 듯 소리를 내서, 매미 소리는 일상생활에 방해가 될 만큼 소음도가 높다. 번식을 위해 우는 수컷 매미의 울음소리는 과도한 소음으로 도심 내 주민들의 일상생활에 큰 불편을 주고 있다. 도심에서 가장 흔하게 들을 수 있는 매미 소리는 말매미와 참매미 울음소리다. 매미 중 가장 울음소리가 큰 말매미는 자동차 도로 소음인 70dB를 넘어선다. 말매미 울음소리는 6kHz, 참매미 울음소리는 4kHz 주파수 대역으로 인간의 가청음 대역에 포함된다. 털매미는 7~9kHz 주파수로 귀가 다가올 정도의 높은 고음을 낸다. 말매미와 참매미는 서로 다른 시간대에 울음소리를 내는 특성이 있다. 말매미는 일반적으로 기온이 27도 이상 올라가는 오전 7시부터 오후 2시까지 소리를 내며, 참매미는 주로 온도가 낮은 새벽 시간대에 소리를 낸다.

매미는 주광성으로 밤에는 울지 않고 휴식을 취하는 곤충이다. 그러나 가로등이 환하게 밝혀진 지역에서는 밤에도 말매미, 참매미, 털매미, 애매미의 울음소리를 들을 수 있다. 매미가 울음을 시작하려면 매미의 체온이 일정 범위에 들어야 하고 매미는 종에 따라 울음소리를 내는 조도의 범위가 다르다(이영준, 2005). 야간에 들리는 매미 소리는 잠을 못 이룰 정도로 소음도가 높아 많은 민원이 제기되고 있다.

본 연구는 시민과학자들과 함께 매미 탈피각 채집 및 분류, 동정을 통해 매미의 출현 시기 및 우점종, 시공간분포를 확인한 뒤, 도심에서 야간에 우는 매미의 환경요인 중 매미의 울음소리에 영향을 미치는 가로등, 간판, 인근 상가, 자동차 불빛, 아파트 불빛의 조도를 측정하고 매미가 울음소리를 내는 인공조도를 분석하여, 매미 소리에 대한 시민들의 인식 개선과 인간과 매미가 공존할 수 있는 방안을 찾고자 하였다.



<그림1> 야간에 우는 도시 말매미

1) 연구 방법

(1) 시민과학자 교육

① 온라인 강연 1회, 줌(ZOOM)을 이용한 화상미팅 3회, 교육자료 배부, 오픈 채팅방을 통해 시민과학자들에게 매미 생태 기본 교육, 조사지점 선정 방법, 매미 소리 녹음 및 조도계 사용방법, 조도 측정과 데이터 수집 방법에 대해 교육하였다.


<표 3> 시민대상자 교육 추진 일정

| 추진 과정 | 교육 일정 | 교육 내용 |
|-----------------|--------|--|
| 온라인 강연(유튜브 라이브) | 5월 9일 | 매미 생태 기본 교육 조사 지점 선정 방법 매미 탈피각 분류 및 동정 |
| ZOOM 미팅(1차) | 6월 11일 | 매미 생태 교육, 매미 허물 벗기 관찰 매미 소리 녹음 및 주파수, 조도 측정 |
| ZOOM 미팅(번개) | 8월 3일 | 인공조도에 반응하는 매미 실험 조도 측정 방법 |
| ZOOM 미팅(2차) | 8월 25일 | 매미 탈피각 종동정과 분류법 |

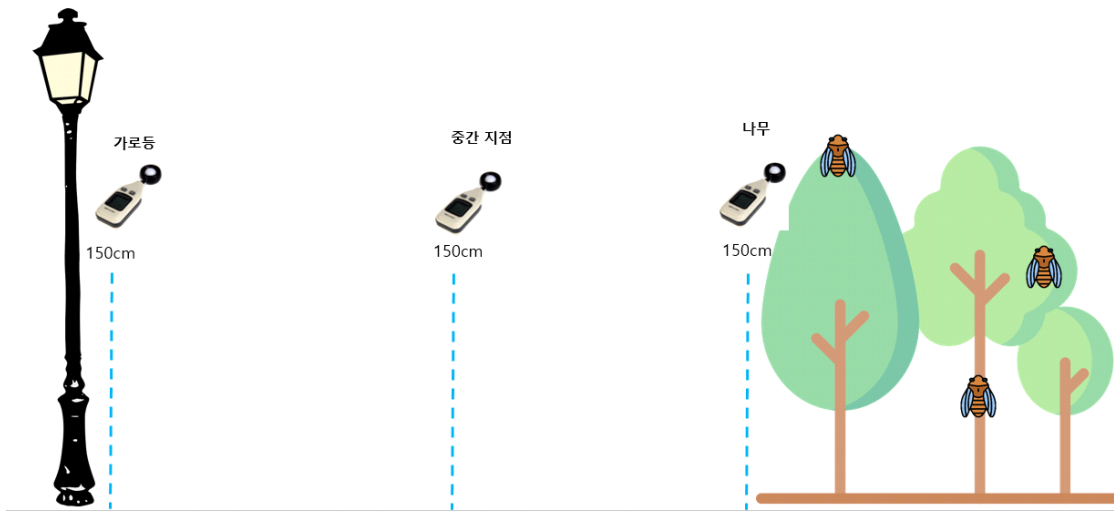
② 시민과학자들은 매미가 서식하는 공원을 조사하여 야간 조명이 밝은 공원과 야간 조명이 어두운 공원 2군데를 조사지점으로 선정하였다.

③ 매미 탈피각을 채집하기 위하여 조사지점에서 임의로 나무를 정하고 리본을 매어 중심나무를 표시했다. 중심나무에서 줄자를 이용해 15M 거리를 측정하여 방형구 30M 내에 들어있는 중심나무와 기준 나무에 리본을 달아서 매미 탈피각을 채집할 나무를 표시하였다. 6월 4주에 방형구 30M 내에 있는 매미 탈피각을 수거하여, 작년 매미 탈피각이 남아 있을 가능성을 배제하였다. 매미 탈피각 채집은 포충망을 이용하여 지면에서 2.5M 높이까지 수거할 수 있는 탈피각만 채집하였다. 방형구 안의 수풀, 관목 등에 있는 매미 탈피각도 수거하여 기록하였다.

<표 4> 매미 탈피각 조사 지역 환경분석 예시

| | 주소 | 조사지점 | 조사방법 (방형구 30M) | 주변 환경 특성 |
|---|-----------------------------|---|--|--|
| 1 | 1. 익산시 어양동 658 2. (어양공원) |  |  | <ul style="list-style-type: none"> · 5층 상가, 15층 아파트 · 8차선 대로변 인접 공원 · 가로등 6개 · 인근상가의 간판 밝음 |
| 2 | 익산시 익산대로 460 |  |  | <ul style="list-style-type: none"> · 다양한 수종이 있는 공원숲 · 야간 조명이 없음 |

④ 시민과학자들은 야간 조명이 밝은 공원과 야간 조명이 어두운 곳을 조사하면서, 데이터 수집이 가능한 어린이과학동아 지구사랑탐사대 앱에 야간 매미 울음소리를 녹음하여 업로드하고, 주위 환경 사진, 조도 측정을 관찰하고 기록하였다. 가로등 지표면 150cm 높이에서 조도를 측정하고, 매미가 우는 나무의 지표면 150cm 높이에서 조도를 측정하였다. 가로등과 나무의 중간지점에서 같은 방법으로 조도를 측정하였다.



<그림 2> 조도 측정 방법

(2) 데이터 분석

① 매미 탈피각 채집

매미 탈피각 채집은 7월 1일에서 8월 30일까지 주 1회 수집하고 분류와 종동정을 하여 기록하였다. 매미 탈피각 출현은 7월 초이며 7월 중순에서 8월 초까지 가장 많이 발견했다. 8월 중순이 되면서 탈피각 개체 수가 점차 감소하였다. 수도권 지역에서는 말매미와 참매미가 우점종으로 나타났으며, 비수도권지역에서는 말매미, 참매미, 털매미, 애매미, 쓰름매미 등 다양한 매미가 출현하였다.



<그림 3> 매미 탈피각 비교

② 매미 탈피각 분류 및 종동정

매미 탈피각은 형태학적 특징에 따라 종마다의 형태학적 특징에 따라 차이를 있어 쉽고 빠르게 종동정이 가능하다. ‘매미종 탈피각 형태학적 분류 동정키(Lee et al, 2012)를 이용하여 분류 및 종동정을 하였다. 7월 중순에서 8월 초순까지 매미의 출현이 가장 높았다. 익산지역은 도심지역에서 말매미, 털매미가 우점종으로 나타났으며, 비도심지역에서는 쓰름매미, 소요산매미 등 다양한 매미종이 골고루 분포하는 것으로 분석되었다. 인구 밀집 지역이 숲, 시골보다 매미 개체 수가 4배 높

왔다. 연구에 참여한 시민과학자들이 사는 수도권에서는 말매미, 참매미가 우점종으로 나타났다. 수도권 지역에는 유지매미, 비수도권지역에서는 털매미의 개체 수가 높게 나타났다.



<그림 4> 매미 탈피각 채집

<표 3> 매미종별 나타나는 시기

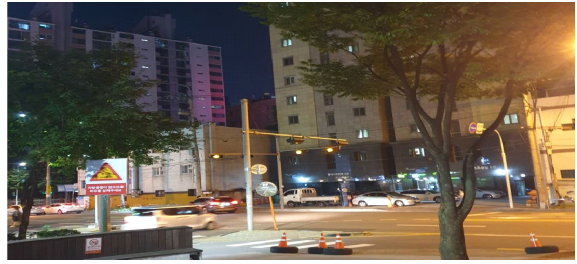
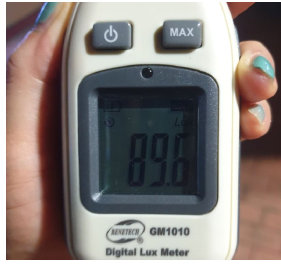
○개체 수 적음 ◎개체 수 보통 ●개체 수 많음

| | 6월 | | | 7월 | | | 8월 | | | 9월 | | |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 초순 | 중순 | 하순 | 초순 | 중순 | 하순 | 초순 | 중순 | 하순 | 초순 | 중순 | 하순 |
| 말매미 | | | ○ | ◎ | ● | ● | ● | ◎ | ◎ | ◎ | | |
| 털매미 | | | ○ | ◎ | ● | ● | ● | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ○ |
| 참매미 | | | | ○ | ◎ | ● | ● | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ |
| 늦털매미 | | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 애매미 | | | | ○ | ◎ | ● | ● | ◎ | ○ | ○ | | |
| 쓰름매미 | | | | | ◎ | ● | ● | ◎ | ◎ | ○ | | ○ |

② 인공 조도 분석

매미 울음소리는 7월 1일에서 8월 30일까지 주 2회 수집했다. 7월 1주는 매미가 관찰되지 않았고, 7월 2주부터 매미가 관찰되기 시작했다. 7월 3주에서 8월 1주까지 매미가 가장 많이 관찰되었으며, 8월 15일이 지나가자 매미 울음소리의 빈도가 점점 감소했다. 조도가 어두운 곳은 가로등 밝기 15.8(Lux), 나무 밝기 7.5(Lux), 가로등과 나무의 중간지점 밝기는 9.0(Lux)로 측정되었다. 조도가 밝은 공원은 <그림 6> 가로등 밝기 89.6(Lux), 나무 가로등과 나무의 중간지점 밝기는 57.6(Lux), 나무 밝기는 33.8(Lux)로 측정되었다.<그림 5> 조도가 어두운 곳과 밝은 곳에서 조도의 차이는 6배 이상 차이가 났다. 조도가 어두운 곳과 밝은 곳 모두 매미 울음소리가 들렸으며, 조도가 밝은 곳이 울음 발생 빈도가 높았다.

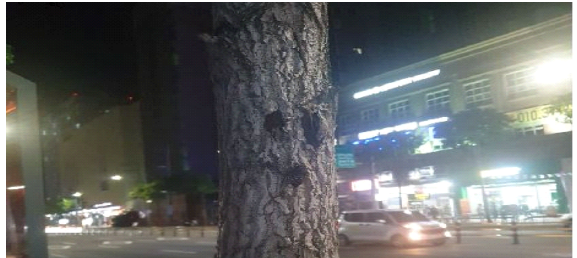
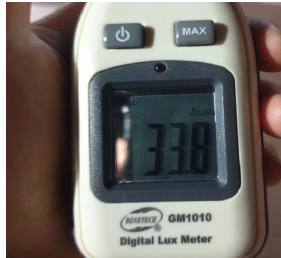
가로등 조도



가로등과 나무의 중간지점

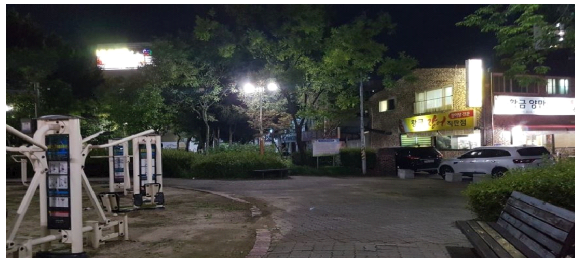


나무
(매미가 우는 나무)

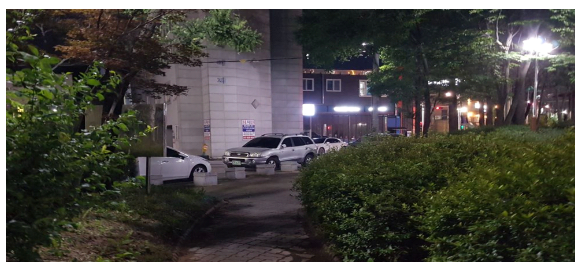


<그림 5> 조도가 밝은 곳 인공조도 측정(서울시 강서구)

가로등 조도



가로등과 나무의 중간지점



나무
(매미가 우는 나무)



<그림 6> 조도가 어두운 곳 인공조도 측정(익산시 어양동)

(3) 인공조도 실험

매미가 빛(조도)에 반응해서 울음소리를 내는지 알아보기 위해, 가로등, 인근 상가 등, 자동차 불빛이 전혀 없고 매미 밀집도가 높은 공원숲(익산시 신동 705-1)을 연구장소로 정하였다. 실험 재료는 백열구 조명, LED 조명, 조도계, 소음측정기를 사용했으며, 주위 소음이 없는 밤 10시에서 12시 사이에 실시했다. 실험에는 전기 공급용 차량 배터리를 연결한 조도 조절 장치(백열등, LED) 전구를 사용했다. 매미가 빛을 인지할 수 있도록 1m 높이의 실험대에서 나무 방향으로 백열등 0(Lux), 15(Lux), 30(Lux), 60(Lux), 90(Lux), 120(Lux)의 빛을 차례대로 5분 동안 비추었다. LED 조명도 동일한 조건으로 0(Lux), 15(Lux), 30(Lux), 60(Lux), 90(Lux), 120(Lux)의 빛을 5분 동안 비추었다.



LED 전구 조도 실험



백열구 전구 조도 실험

<그림7> 조도별 조명별 반응실험

<표 3> 인공조도 실험 결과 불빛의 세기에 따른 소음도, 불빛을 비춘 시간은 모두 동일함

| | 불빛의 밝기(Lux) | 불빛에 반응하는 매미 | 매미 소음도 측정(dB) |
|-----|-------------|---------------|---------------|
| 백열등 | 15 | | 0 |
| | 30 | 말매미, 애매미, 털매미 | 83.5 |
| | 60 | 말매미, 애매미, 털매미 | 85.1 |
| | 120 | 말매미, 애매미, 털매미 | 83.4 |
| LED | 15 | | 0 |
| | 30 | 말매미, 애매미, 털매미 | 85.2 |
| | 60 | 말매미, 애매미, 털매미 | 87.1 |
| | 120 | 말매미, 애매미, 털매미 | 85.3 |

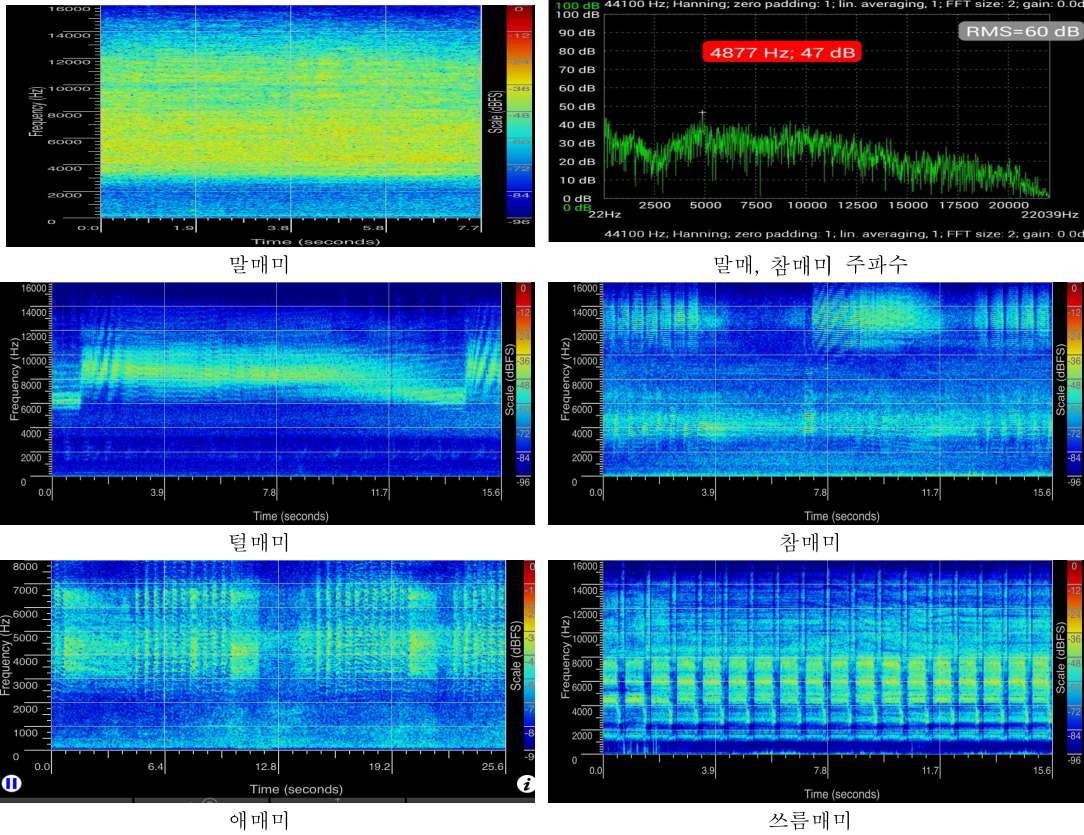
(4) 야간 매미 울음소리 분석

해가 질 때 매미가 울음을 그치는 시간과 해가 뜰 때 매미가 울음소리를 시작하는 시간, 야간에 우는 매미종과 울음소리 지속시간을 알아보기 위해 매미가 서식하는 나무에 녹음기를 설치하였다. 가로등이 없는 공원숲과 가로등이 있는 공원을 대조군으로 정하고, pm 21:00에서, 그 다음날 am 05:00까지 야간에 우는 매미 소리를 측정하였다. 녹음기는 매미 울음소리가 겹치는 것을 방지하기 위해 50m 이상 떨어진 4개의 지역에 설치했다. Gold wave 프로그램으로 매미 소리의 주파수와 파형을 분석하였다. 주변 자동차 소음과 곤충 소리(귀뚜라미)를 제외하고, 매미 소리가 들리는 구간을 모두 합해서 매미가 야간에 우는 시간을 분석하였다. 일몰 후 1시간, 일출 전 1시간에 들리는 매미 소리는 데이터 분석에서 제외하였다.

2) 결과

(1) 매미 울음소리는 아파트 인근 공원에서 가로등, 상가의 간판, 불빛, 자동차 불빛 등 인공 조명이 밝을수록 소음도가 더 컸으며, 조명이 어두운 곳에서는 소리가 많이 나지 않았다. 야간 조명이 밝은곳은 말매미와 참매미의 울음소리가 65(dB)~72(dB)까지 측정되었다. 조도가 어두운 공원에서는 매미 울음소리 소음도는 50(dB)~ 65(dB)까지 나타났으며, 울음소리 지속시간은 조명이 밝은

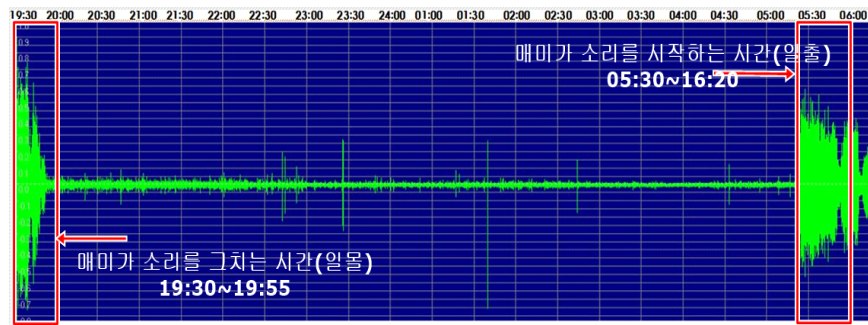
곳보다 짧았다. <그림 10>와 같이 가로등이 있는 공원에서는 밤에도 매미소리가 녹음되었다. Goldwaveprogram로 주파수를 확인했으며, 청음 확인 결과 소리를 내는 매미종은 말매미, 참매미, 털매미로 분석되었다. 가로등이 없는 공원숲은 해가 지면 조도가 0으로 측정되었다 <그림 11>와 같이 해가 지는 7시 30분이 되면 일제히 매미 소리가 그쳤다. 밤새도록 매미 소리가 들리지 않았다. 해가 뜨는 새벽 5시 30분부터 말매미와 참매미 소리가 들렸다. 매미가 조도(빛)에 반응해 소리를 내는 것으로 분석되었다.



<그림 9> 매미 주파수



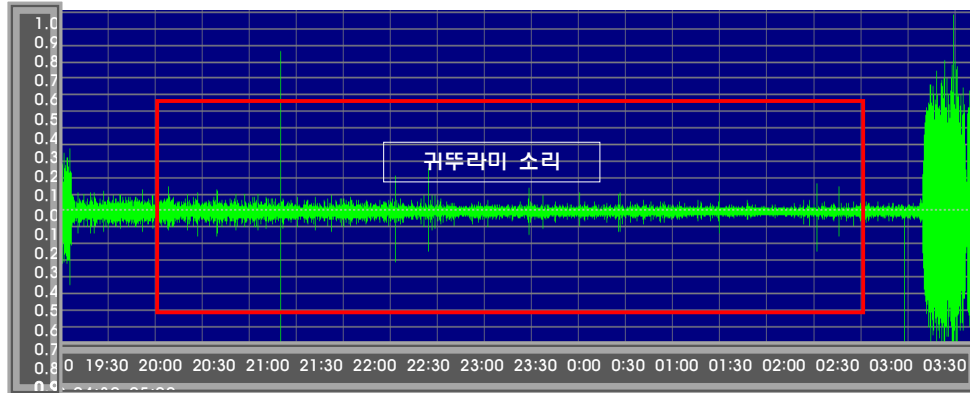
<그림 10> 매미가 소리를 그치고 시작하는 시간 분석(가로등이 있는 공원)



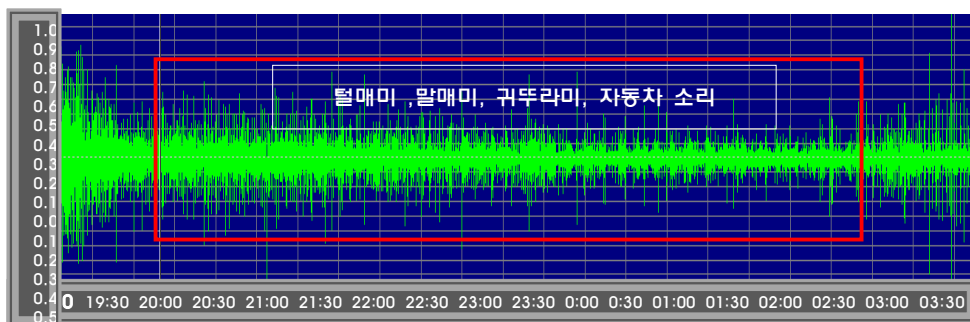
<그림 11> 매미가 소리를 그치고 시작하는 시간 분석(가로등이 없는 공원숲)

(2) 인공조명 실험에서 매미는 30(Lux) 에서 반응해 울음소리를 냈으며, 빛에 반응해 한 마리가 울기 시작하면, 다른 매미들도 반응해 매미 울음소리 연쇄반응이 일어났다. 매미가 빛에 반응해 울기 시작한 뒤 조명을 끄고 25분이 지나도 매미 소리는 그치지 않았다. 조명을 끄고 30분이 지나자 매미 소리는 완전히 그쳤다. 백열등과 LED 전구 실험 결과, 백열등, LED 전구의 종류에 관계없이 30(Lux)에서 120(Lux)까지 빛에 반응해 울음소리를 냈다.

(3) Goldwave Program으로 주파수와 파형 분석을 하고, 가로등이 있는 공원에서 녹음한 파일(site 1, site 2, site 3, site 4,×6회) 24개를 청음으로 확인하였다. 가로등이 없는 공원숲에서 야간에 우는 매미 소리는 들리지 않았으며, 귀뚜라미를 포함한 풀벌레 소리만 녹음이 되었다. 가로등, 상가 간판 불빛, 자동차 불빛 등이 전혀 없는 공원숲에서는 매미가 울음소리를 내지 않고 휴식을 취하는 것으로 분석되었다. 가로등이 있는 아파트 인근 공원에서는 밤 9시에서 그 다음날 새벽 5시까지 8시간 동안 말매미와 털매미가 울음소리를 냈다. 밤새 매미 울음 시간은 최소 25분에서 185분 동안 녹음이 되었으며, 야간 조명이 밝은 곳에 있는 곳에서 털매미가 말매미보다 2배 더 길게 소리를 냈다.



<그림 12> 가로등이 없는 공원숲 소리 녹음 파형 분석



<그림 13> 가로등이 있는 공원 소리 녹음 파형 분석

3. 결론

도심지역에 가장 많이 분포하고 있는 매미는 말매미와 참매미이며, 비도심 지역은 말매미, 애매미, 털매미, 참매미, 쓰름매미 등 다양한 매미종이 분포하는 것으로 조사되었다. 매미는 종마다 다른 언어를 가지고 있으며, 주요 활동 시간에 차이를 두며 소리를 낸다. 말매미는 오후에 가장 많이 울며, 참매미는 이른 새벽부터 울기 시작해서 해가 지기 전까지 하루 종일 소리를 낸다. 해가 지고 난 이후 도심지역에 서식하는 말매미, 참매미는 울음소리를 그치지 않고 소리를 냈다. 매미 울음소리는 아파트 인근 공원에서 가로등, 상가의 간판, 불빛, 자동차 불빛 등 인공조명이 밝을수록 소음도가 더 컸으며, 조명이 어두운 곳에서는 소리가 많이 나지 않았다. 소음도 측정 결과 밝은 조명이 매미 울음소리를 증가시키는 것으로 나타났으며, 야간 조명이 밝은 곳에서는 말매미와 참매미의 울음소리의 빈도가 2배 더 많았다. 조도가 어두운 공원의 매미 울음소리 소음도는 50(dB)~ 65(dB)까지 나타났으며, 울음소리 지속시간은 조명이 밝은 곳보다 짧았다.

백열등과 LED 전구 실험 결과, 전구의 종류에 상관없이 30(Lux) 이상에서 매미는 빛에 반응해 울음소리를 내었다. 가로등이 전혀 없는 공원숲에서는 밤새도록 매미가 울지 않았다. 그러나 새벽에 해가 뜨는 시간이 되자 매미들이 일제히 울기 시작하였다. 매미는 빛이 있을 때만 소리를 내었으며, 저녁 시간이 되어 해가 지고 빛이 사라지자 다시 울음을 멈추고 소리를 내지 않았다.

야간에 우는 도시 매미는 인공조도가 높은 지역에 서식하는 매미들이다. 지속적인 모니터링으로 기후변화에 따른 도심 생태계와 매미 서식지 환경 변화를 연구하여 매미와 인간이 공존할 수 있는 환경을 조성해야 한다. 본 연구를 통해 시민과학자들은 자신이 사는 지역에 서식하는 매미종, 출현 시기, 시공간 분포 현황, 매미의 울음조건 등을 파악하였다. 매미가 밤에 울음소리를 내지 않고 쉴 수 있게 가로등은 갓을 썬 불필요한 빛이 나무 위를 향하지 않게 만들고, 도심 상가, 공원 가로등의 조명

은 곤충이 모여드는 네온등, 형광등 보다 곤충의 유인이 낮은 전등으로 교체하는 방안을 마련할 수 있다. 가로등이나 공원 주변의 조명 광량을 줄여, 매미가 빛에 반응해 우는 것을 방지하여, 매미와 함께 시민들이 공존할 수 있는 환경을 조성해야 한다.

올해는 비가 자주 오고 매미의 활동 시기가 다른 해에 비해 짧아 시민과학자들이 연구할 수 있는 기간이 다른 해에 비해 열악했다. 매미의 활동 시기 감소가 올해만 한시적으로 일어나는 것인지, 지속적인 현상인지 그 원인은 추가 연구가 더 필요하다.

참고문헌

- 기경석, 김지연, 윤기상, 이재운, 2016, '도시심 열대야 및 빛공해에 의한 매미 울음 영향', 『한국환경생태학회지』, 30(4), 724-729.
- 김윤재, 기경석, 2018, 『기후변화에 의한 참매미 번식울음 시기 변화 연구』, 『한국환경생태학회지』, 32(2), 244-251
- 강재연, 이희조, 정길상, 2015, 『도시 근린공원 내 서식하는 매미 발생과 기상인자와의 관계』, 『한국응용곤충학회 학술대회 논문집, 2015 한국응용곤충학회 임시총회 및 추계학술발표회』, 73-74
- 구진희, 서충열, 이재원, 최경희, 한진석, 2010, 『매미 울음소리의 음질 특성』, 『한국소음진동공학회 학술대회논문집』, 한국소음진동공학회 2010년 추계학술대회 논문집, 546-54
- Gu, J. H., Lee, J. W., Lee, W. S., Choi, K. H., Seo, C. Y., Park, H. K., ... Han, J. S. "Sound Quality Characteristics of the Cicada Singing Noise in Urban Areas", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 22(9), 2012, 825-829.
- 이영준, 『매미박사 이영준의 우리 매미 탐구』, 출판사 지오북, 2005, 34.
- 경향신문, 밤잠을 괴롭히는 매미울음소리, 알고보니 사람 탓, www.khan.co.kr, 2021년 10월 11일.
- 채널A, ““제발 잠 좀 자자” 매미 소리 커진 것도 폭염 탓“, www.ichannela.com, 2018년 7월 26일.
- 중앙일보, “관악구 적고 잠실.반포 많아, 매미 많은 지역들의 공통점”, www.joongang.co.kr, 2018년 7월 21일.
- 전북도민일보, “열대야와 함께 불청객 된 매미울음”, www.domin.co.kr, 2018년 8월 5일.
- MBC, “밤낮 가리지 않는 매미 울음소리, 그 이유는 도시화?“, imnews.imbc.com, 2016년 8월 6일.
- 새전북신문, “폭염에 매미소리까지...왕짜증”, www.sjbnews.com, 2014년 8월 6일.
- 조선일보, “번식기 맞은 매미 맹렬울음에 새벽잠 설치”, chosun.com, 1999년 8월 11일.