

2020년도 시민과학폴씨 1기
최종 결과보고서

기후변화지표종 나비의 모니터링을 통한
한반도 기후변화 추이 분석
- 기후변화지표종 나비 종을 주제로
한 시민 참여형 모니터링 -

2020.12.

[나비효과]

추헌철(서울시 동부공원녹지사업소),
이정빈(충우곤충박물관)



재단법인 숲과나눔

동아사이언스

기후변화지표종 나비의 모니터링을 통한 한반도 기후변화 추이 분석

- 기후변화지표종 나비 종을 주제로 한 시민 참여형 모니터링 -

[나비효과]

추헌철(서울시 동부공원녹지사업소), 이정빈(충우곤충박물관)

1. 서론

1) 연구배경 및 연구의 필요성

2010년 환경부 산하 국립생물자원관은 최근의 기후변화가 한반도 생물종 분포에 미치는 영향 및 취약성에 대한 효율적인 감시 및 예측 방법을 마련하고자 국가 기후변화 생물지표 100종을 선정하여 발표하였다.¹⁾ 이 중, 나비류는 남방계열 나비인 암끝검은표범나비(*Argyreus hyperbius*, (Linnaeus), 남방노랑나비(*Eurema mandarina*, (de l'Orza, 1869)), 먹그림나비(*Dichorragia nesimachus*, Boisduval, 1836), 푸른큰수리팔랑나비(*Choaspes benjaminii*, (Guérin-Méneville, 1843)), 무늬박이제비나비(*Papilio helenus*, Linnaeus, 1758), 물결부전나비(*Lampides boeticus*, (Linnaeus, 1767)), 소철꼬리부전나비(*Chilades pandava*, (Horsfield, 1829)) 7종이 등재되어 있다. 해당 종들은 기후변화지표종 지정 이후, 기관의 주도로 꾸준히 모니터링이 이루어지고 있으며, 기후변화와 관련한 한반도 나비 분포상에 관한 연구도 학자들에 의해 활발히 진행되고 있다. 또한, 최근 시민과학에 대한 관심이 높아지며 일반 시민들도 생태 모니터링에 참여하여, 전문연구자와 함께 체계적인 연구와 자료 수집 활동도 활발히 이루어지고 있다. 이에, 10년 간의 연구 현황과 기존의 연구 결과를 정리하여 향후 기후변화지표종 나비류 7종에 대한 시민과학 연구 방향을 제시하고, 해당 종에 대한 구체적인 모니터링 방안을 구축하기 위한 기초 자료를 확립할 필요성을 절감하였다.

하지만 기관과 학계의 연구 동향에 비해, 시민과학자들에 의한 기후변화지표종 모니터링은 아직 미진하다. 특히, 기후변화지표종에 지정된 나비 7종에 관한 모니터링은 전무한 실정이다. 또한, 기후변화와 지구온난화가 생태계에 미치는 영향에 대한 일반 시민들의 인식은 높으나, 기후변화지표종에 관한 개념과 의미에 대해서는 정확히 알지 못하는 경우가 많아 기후변화지표종 모니터링이 선행되기 전, 이에 대한 일반인의 인식 함양과 저변을 높일 필요성이 있다.

시민들에게 효과적으로 기후변화지표종에 대한 정보와 의미를 전달하기 위한 방안으로, 시민과학을 통한 교육의 필요성을 절감하였으며, 전국적인 규모의 기후변화지표종 모니터링을 위해서는 커뮤니티 매핑(Community mapping)의 방식으로 시민 참여를 유도하여 기후변화지표종에 관한 인식 함양과 시민과학 저변을 넓힐 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 관련 연구 현황과 보고서 등은 일반인의 시각과 맞지 않아 시민들에게 효과적이고 쉽게 전달할 수 있도록 순화하여 시민과학자들도 쉽게 수행할 수 있도록 체계적인 기후변화지표종 관련 교육 및 모니터링 커리큘럼을 구축하여야 할 것이다.

기존 자료들을 조사한 결과, 본래 서식지와는 동떨어진 지역에서도 발견된 기록이 많아 기후변화나 온난화의 영향인지 자연적으로 비래한 것인지에 대한 세밀한 연구가 필요하다.

동호인, 생태에 관심있는 시민들의 탐구 활동에서 기후변화지표종 및 미접의 발견 기록 등 의미있는 기록들이 자료화되지 않고 있어, 이들의 참여를 유도해 자료화할 수 있는 기반이 필요하다.

1) 2010.7.26. 국립생물자원관 배포 보도자료.

2) 연구의 목적

2010 기후변화지표종 선정 이후 현재까지의 기후변화지표종에 지정된 나비 7종의 표본 자료를 수합하여 집계하고, 기후변화에 따른 나비상의 분포 변화에 대한 국내 연구 현황을 파악하여 분석 결과를 토대로 시민과학에 적용할 수 있는 시민 참여형 모니터링 방안을 구상하고자 한다.

나비는 일반인들에게도 친근한 이미지의 곤충으로, 본 연구는 나비를 주제로 시민과학 커리큘럼을 기획하여 나비에 대한 정보를 시민과학자들에게 전달하고, 나비를 탐구할 동기를 부여해 흥미 유발 및 저변 확대를 목적으로 한다. 또한, 기후변화지표종이라는 뚜렷한 목표를 제시하여 나비를 관찰하며 자연스럽게 기후변화와 기후변화지표종에 대한 이해도를 높이고, 탐사 기록 시 목표 의식을 부여해 연구의 집중도가 높아지길 기대한다.

또한, 관련 연구 기관에서 공개한 기존의 자료들을 수합하여 분석하고, 시민과학을 기반으로 한 커뮤니티 매핑(Community mapping) 플랫폼인 “네이처링(Naturing)”의 공개자료와 어린이과학동아 “지구사랑탐사대”의 나비 탐사 기록을 수합하여 전문 연구 기관의 자료와 시민과학 성향의 자료를 비교, 분석하여 시민과학의 자료적 가치와 효용성을 입증하고자 한다.

본 연구 결과를 바탕으로 시민과학자의 눈높이에 맞춘 참여형 모니터링 방안을 제시하고, 체계적인 교육 커리큘럼을 구축해 참여자의 역량을 강화하고 커뮤니티 매핑(Community mapping)을 활성화해 기후변화지표종 나비 7종에 대한 한반도 분포 자료를 지속적으로 축적해 나가는 것이 가장 큰 목적이다.

또한, 전문연구자들도 자료를 활용할 수 있도록 모니터링 방식을 점차 개선해 나가고, 향후 기후변화지표종 나비류 7종에 관한 분포 데이터베이스를 구축하여, DB를 통한 기후 변화 및 온난화와 기후변화지표종 나비의 분포, 생태와의 상관 관계를 분석할 수 있는 연구 기반 구축을 장기적인 목표로 한다.



Fig.1 연구 흐름도

2. 본론

1) 관련 연구 현황

생물 중 곤충류는 기온변화에 가장 민감한 생물로, 그 중 나비는 조사가 용이하고 생활사가 잘 알려져 있으며 환경 변화에 민감하기 때문에 기후변화 지표종으로 적합한 분류군이다. (1999. Parmesan et al, 2005 Honda and Kato, 2010 Kwon et al.) 전지구적으로는, 북반구의 경우 35종의 나비가 기후변화에 따라 약 35-240 km 북상하였으며(1999. Parmesan et al.), 남반구인 호주에서는 기후 시나리오에 따른 연구 결과, 고유 나비종의 80% 이상이 사라질 것으로 예측된다는 연구 결과가 있다. (2002, Beaumont and Hughes) 또, 나비의 출현시기가 빨라지고 출현기간이 길어지는 현상이 영국(2000, Roy and Sparks), 스페인(2003, Stefanescu et al), 북미(2003, Folister and Shapiro)에서 보고되었으며, 일본에서는 맴논제비나비(Papilio memnon)와 무늬박이제비나비(Papilio helenus) 등 남방계 나비의 분포가 확대되고 있으며, 특정 서식지를 선호하는 나비들은 쇠퇴하는 것으로 나타났다. (2010, Yoshioand Ishii.)

국내에서도 기후변화와 나비 분포상의 변화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 2010년 7월, 국립생물자원관에서 기후변화가 한반도 생물종 분포에 미치는 영향 및 취약성에 대하여 효율적인 감시 및 예측 방법을 마련하고자 기후변화생물지표 100종을 선정하여 발표하였다.(2010. 국립생물자원관 보도자료) 우리나라 자생생물 중 객관성과 대표성을 가지는 생물지표를 선정하는 작업을 거쳐 선별하였으며, 이 중, 곤충류는 21종으로 나비는 7종이 속해 있다.

Jeong et al.(2012)은 유럽의 기후변화에 따른 나비류의 서식처 이동 연구와 기상청에서 제시한 IPCC SRES A1B 기후변화 시나리오를 기반으로, 우리나라 나비 5과 220종에 대해 Maxent 모델을 활용하여 40년 후 분포 변화양상을 예측하여 민감도를 평가하여 구분하였다.

Kwon et al.(2013)은 1938년부터 2011년까지의 자료를 정리하여 남방계 3종, 북방계 1종이 증가하였으며, 기존의 북방계 5종이 감소하였다고 밝혔다. 후속 연구에서 기후 변화로 인해 우리나라의 남방계열 나비의 남방한계선이 매년 1.6Km 북상하고 있다는 연구결과를 발표하였다. 이는 한반도 기온 증가속도와 거의 일치(1.5Km)하며, 이와 같은 현상은 유럽의 사례와도 일치한다고 밝혔다.(Kwon et al., 2015)

Jeon(2013)의 연구에 따르면 상술한 Kwon et al.(2013)의 연구 결과를 바탕으로 기후적 요소를 적용하여 1938년부터 2011년까지의 나비 분포상 변화를 분석하였으며, 남방계열 나비는 모든 위도에서 서식지 수 증가했고, 특히 37°이상 고위도의 서식지가 가장 많이 증가했다는 연구 결과를 발표한 바 있다.

국립기상과학원에서 발간한 “한반도 100년의 기후변화” 보고서에 따르면 20세기 동안 우리나라의 기후는 약 평균기온은 약 1.4℃ 상승하였고, 평균기온, 최고기온, 최저기온 중 최저기온 상승폭이 가장 크며, 여름은 19일 증가, 겨울은 18일 감소하였다 밝혔다.(국립기상과학원, 2018) 이는 한반도가 점차 따뜻해져 남방계 나비들의 서식지가 점차 북상하는 현상을 보인다는 연구 결과들을 뒷받침한다.

또한, 최근 들어 시민과학에 대한 관심이 높아지며 일반 시민들이 생태 모니터링과 연구 활동에 참여하는 기회가 늘어나고 있는 추세이다. 일반 시민들을 대상으로 생태 체험학습 서비스를 제공하는 NGO단체, 기관과 사설 업체 등에서는 기존 체험학습 커리큘럼에 시민과학을 도입하려는 움직임도 많아지고 있다. 하지만 기후변화지표종에 관한 모니터링에 대한 시도는 아직 미진한 수준이며, 체계적인 커리큘럼도 구축되어 있지 않은 실정이다.

“시민참여형 기후변화 생물지표종 모니터링 시스템 구축” 보고서에 따르면 기존의 모니터링 및

생태탐방 프로그램과 연계하여 기후변화생물지표종 모니터링 추가 운영을 통한 시민들의 저변 확대 방안을 권장하고 있으며, 동시에 기존의 자료들과 연계한 생태정보시스템을 구축하고, 모니터링 대상지를 선정해 커뮤니티 매핑을 활성화하여야 한다고 제안하고 있다. (Song, 서울연구원, 2013)

시민과학에 대한 관심이 높아지며 시민참여 모니터링에 실질적인 시도들도 활발히 이루어지고 있는데, 각 지자체에서는 활발히 바이오블리츠(BioBlitz)²⁾를 개최하고 있으며, iNaturalist³⁾, Naturing⁴⁾ 등 자연관찰앱을 활용하여 시민과 전문연구자들이 소통할 수 있는 SNS형식의 커뮤니티 매핑 프로젝트도 높은 호응도를 얻으며 활용되고 있다.

2) 기존 연구 자료 집계

(1) 기후변화 생물 지표종 현황 파악

현재까지 국내에 발표된 연구자료 중 기후변화와 관련한 한반도의 나비 분포변화와 관련한 선행 연구 자료를 검색하여 기후변화지표종 7종에 관한 자료를 선별하였으며, 국내 연구 기관에서 소장 중인 표본 데이터 중 웹 상에 공개된 자료들을 검색하여 집계하였다. 현재 소장 표본 자료를 웹상에 공개한 기관은 국립생물자원관 “한반도의 생물다양성”⁵⁾ 페이지와, 산림청 산하 국립수목원에서 운영하는 “국가생물종지식정보시스템(Nature)”⁶⁾ 두 곳의 규모가 가장 크며 공신력이 있기에, 이를 기반으로 기후변화지표종 7종에 대한 분포 현황을 집계하였다.

또한, 시민 과학 활동으로 얻어진 자료의 효용성을 입증하기 위해 Naturing에 게시된 기후변화지표종 나비 7종의 자료 중 메타데이터 열람이 가능한 공개 자료를 활용하였으며, 2020년 4월 10일부터 개설한 어린이과학동아 “지구사랑탐사대” 나비 관찰 기록 자료도 10월 24일까지의 기록을 수합하여 분석하였다.

조사한 자료들을 토대로 기후변화지표종 7종에 대한 국내 분포도를 작성하였으며, 월별 발생 추이와 종 조성 비를 산출하여 각 종별 생태적 특성을 분석하였다.

2) 24시간 동안 생물전문가와 일반인들이 함께 행사지역의 모든 생물종을 찾아 목록을 만드는 과학 참여 활동 (출처 : 바이오블리츠 코리아 <https://www.bioblitz.or.kr/>)

3) 2008년에 설립된 자연과학자, 생물학자와 시민을 위한 시민참여형 과학(Citizen science) 프로젝트 및 온라인 소셜 네트워크 (출처 : www.inaturalist.org)

4) 2014년 서비스를 시작한 온라인 기반 자연활동 공유 플랫폼. (출처 : <https://www.naturing.net/>)

5) <https://species.nibr.go.kr/>

6) <http://www.nature.go.kr/>

① 국립생물자원관 “한반도의 생물다양성” 페이지 자료 분석

국립생물자원관 홈페이지에서 운영하는 한반도의 생물다양성 페이지에 등재된 기후변화지표종 나비류에 대한 자료를 집계한 결과, 총 7종 954점이 기록되어 있었다. (Table.2-1-1) 총 1984년~2015년도까지의 기록을 확인하였으며, 암끝검은표범나비와 남방노랑나비가 각각 143개체(15%), 남방노랑나비가 570개체(61%)로 전체 기록의 약 3/4을 차지하였다. (Fig.2-1-1) 월별로 각 종의 표본 자료들을 분류하였으며, 이를 통해 기후변화지표종 나비의 월별 발생 추이를 그래프로 나타내었다. (Table.2-1-2, Fig.2-1-2)

국립생물자원관은 2007년 개원 이후 기후변화지표종을 발표하고, 관련 연구를 주도하고 있으며, 전문 연구자가 모니터링을 수행하여 자료의 신뢰도가 높다. 또한, 조사, 기증을 통해 꾸준히 표본 자료들을 확충하여 최고 31년간 누적된 풍부한 표본 기록을 보유하고 있었다.

각 종에 대한 다양한 정보가 웹페이지를 통해 편리하게 제공되고 있고, 자체 DB를 통한 종 별 공간분포도도 제공하나, 기록된 자료 전부가 반영되지 않아 공간분포도 자료를 그대로 활용하지 못한다는 단점이 있었다.

또한, 공개된 표본 자료들은 행정구역 단위로 표기된 표본 라벨 정보를 바탕으로 DB를 구축하였으므로, GIS⁷⁾정보까지는 알 수 없었다. 자료가 업로드 된 이후로는 추가 업데이트가 되지 않고 있으며, 향후 추가로 수집된 표본데이터의 등재 여부를 꾸준히 모니터링해야 할 것으로 판단된다.

7) Geographic information system : 지리정보시스템

종명	현황 (개체)
암골검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>	143
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	570
먹그림나비 <i>D. nesimachus</i>	108
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjaminii</i>	82
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	21
소철꼬리부전나비 <i>C. pandava</i>	2
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	13
합계	954

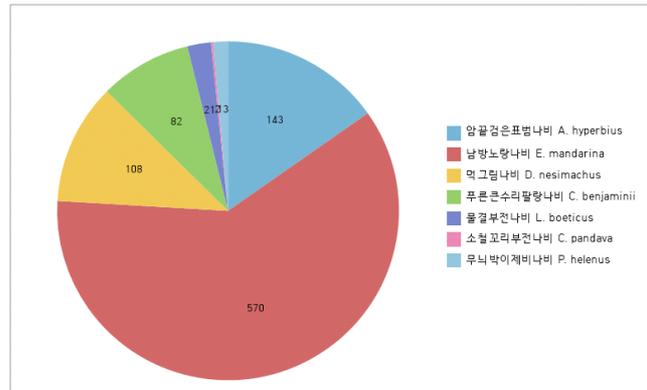


Table.2-1-1 기후변화지표종 나비류 기록 현황

Fig.2-1-1 종 구성 비

	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계	외국 자료 및 장소 미기록
암골검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>	0	4	20	10	33	36	29	8	3	143	
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	3	47	33	69	102	156	112	45	3	570	10
먹그림나비 <i>D. nesimachus</i>	0	0	39	10	26	31	2	0	0	108	
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjaminii</i>	0	2	55	7	6	12	0	0	0	82	
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	0	0	0	2	0	1	7	9	2	21	
소철꼬리부전나비 <i>C. pandava</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	0	0	1	5	2	5	0	0	0	13	5
합계	3	53	148	103	169	241	152	62	8	939	15

Tble.2-1-2 월별 기록 집계

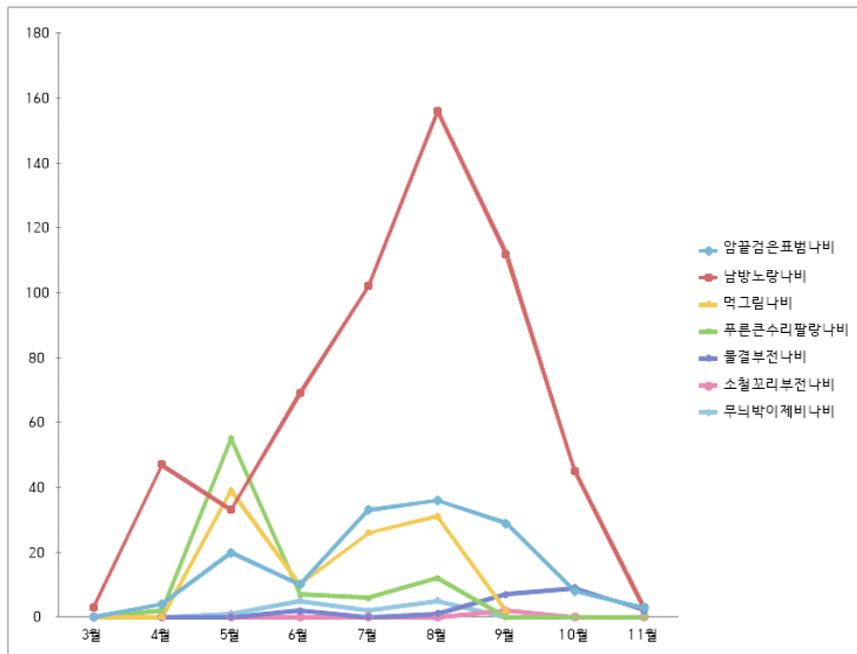


Fig.2-1-2 월별 기록 그래프

8) 국립생물자원관 “한반도의 생물다양성” <https://species.nibr.go.kr/>

② 국립수목원 “국가생물종지식정보시스템(Nature)” 페이지에 공개된 표본 정보 집계 및 분석

산림청과 국립수목원의 주도로 대학의 표본관과 수목원 식물원에 소장 중인 자료를 웹 DB화하였다. 일반에 공개된 웹 DB를 바탕으로 기후변화지표종 나비 7종을 집계한 결과, 1955년 ~ 2006년도까지 약 50년 간 총 6종 1254점이 집계되었다.(Table.2-2-1) 기후변화지표종 7종의 표본 개체수를 비교하여 종 구성비를 분석한 결과, 암끝검은표범나비가 285개체(46%)로 1순위, 남방노랑나비가 577개체(23%)로 2순위를 기록해 전체 기록의 약 3/4을 차지하였다.(Fig.2-2-1)

특이할만한 사항으로, 먹그림나비와 푸른큰수리팔랑나비의 6월달 기록이 급격한 감소세를 보이는데, 이는 이 시기에 유충기를 거치기 때문으로 판단되며, 봄형과 여름형으로 연 2회 발생하는 전형적인 생활사적 특징을 나타낸다. 성충활동시기가 짧은 푸른큰수리팔랑나비는 8월 이후 급격히 줄어들어 9월에는 기록이 없었으며 먹그림나비는 활동시기가 길어 9월까지 증가세를 보였다. (Fig.2-2-2) 12월 물결부전나비의 기록도 주목할만 하다. 또한, 소철꼬리부전나비 기록이 없었는데, 이는 DB구축 및 일반 공개가 이루어진 이후인 2006년도에 소철꼬리부전나비의 국내 서식 여부가 밝혀졌기 때문이다.⁹⁾ (table.2-2-2)

국내 각 대학의 표본관과 박물관 등의 자료를 DB화하여 가장 많은 표본 기록을 보유하고 있다는 장점이 있으나, 2000년대 이전의 자료가 많고 가장 최근의 자료가 2006년의 자료라 최근의 경향을 파악할 수 없다는 단점이 있다. 또한 오동정과 라벨링되지 않은 자료도 있어 자료를 참고할 시 세밀히 파악하여야 할 필요성이 있다. 국립생물자원관의 자료와 마찬가지로 표본 라벨을 바탕으로 DB를 제작하여 행정구역 단위의 기록만 남아 있었다. 2006년 이후 최근의 자료는 DB구축 이후 업데이트되지 않고 있어, 기후변화지표종 지정 이전의 분포상과 발생추이 현황을 파악하기 위한 목적으로 참고하였다.

9) 2006 주홍재 한국나비학회지 서귀포시 하예동 초기록.

종명	자료현황 (개체)
암골검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>	285
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	577
먹그림나비 <i>D. nesimachus</i>	159
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjaminii</i>	115
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	98
소철꼬리부전나비 <i>C. pandava</i>	0
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	9
합계	1243

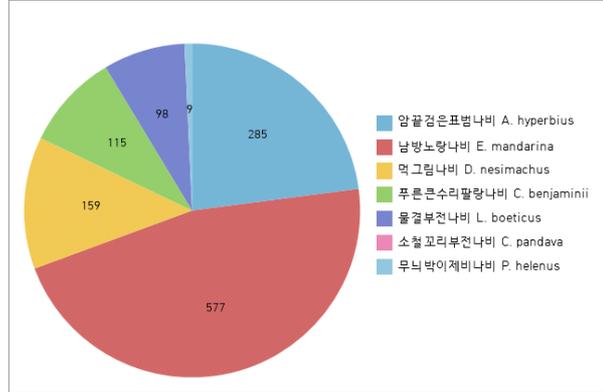


Table.2-2-1 기후변화지표종 나비류 기록 현황

Fig.2-2-1 종 구성 비

	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	오동정 및 장소 미기재
암골검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>	0	0	36	22	53	72	73	28	1	0	285	5
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	4	23	27	82	122	130	118	60	11	0	577	5
먹그림나비 <i>D. nesimachus</i>	0	2	24	39	44	49	1	0	0	0	159	1
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjaminii</i>	0	2	47	3	40	23	0	0	0	0	115	
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	0	0	0	0	0	0	21	60	16	1	98	
소철꼬리부전나비 <i>C. pandava</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	0	0	0	0	1	0	8	0	0	0	9	
합계											1243	11

table.2-2-2 월별 기록 집계

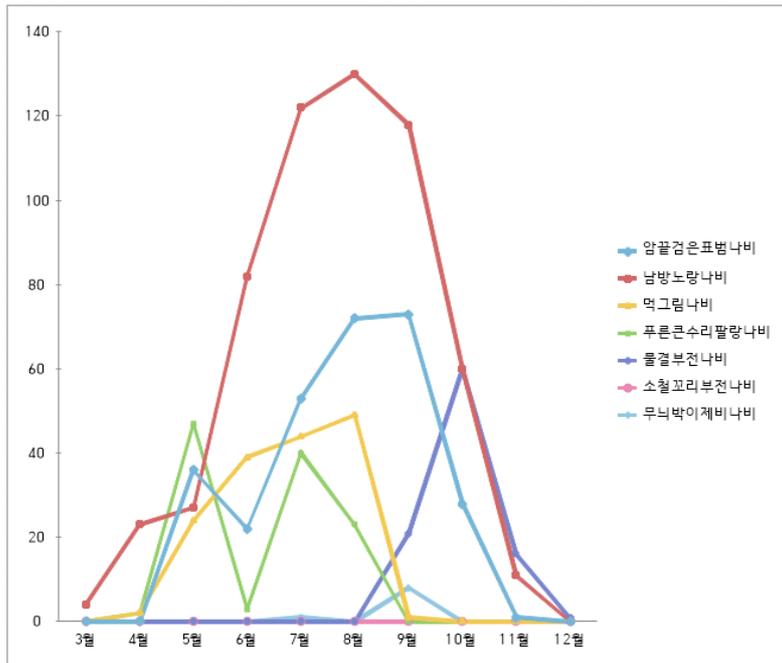


Fig.2-2-2 월별 기록 그래프

10) 국립수목원 “국가생물종지식정보시스템(Nature)” <http://www.nature.go.kr/>

③ 자연관찰 앱 Naturing에 등재된 기후변화지표종 자료 집계

네이처링은 2014년 서비스를 공개한 온라인 기반 자연관찰 앱 플랫폼으로, 사용자들이 스마트폰 등으로 촬영하여 업로드하면 사진의 메타 데이터가 반영되어 촬영 날짜는 물론 기초적인 GIS 정보와 기상 상황까지도 알 수 있는 커뮤니티 매핑(Community Mapping)기반의 소셜네트워크서비스(Social Network Service)이다. 실시간으로 자료 업로드가 가능하여 전문연구자는 물론, 아마추어 연구가나, 동호인, 숲해설가와 NGO활동가와 일반인까지 등 다양한 계층의 시민과학자들이 활용하고 있으며, 가장 최근의 자료들이 사진의 메타데이터와 함께 GIS 정보까지 제공되어 자료화 편리하고, 분포도 검색도 가능하다는 장점이 있다.

자료 활용 측면에서는 몇 가지 주의해야할 점이 있는데, 업로드한 기록자가 데이터를 미공개할 시, 자료 활용이 어렵다. 개인의 사진 자료를 인용할 경우, 기록자의 자료 인용 허가가 필요하며 저작권 협의를 거쳐야 한다. 본 연구에서는 기후변화지표종 나비류 7종에 관한 자료 전체를 분석하고 경향성을 파악하기 위한 목적으로 활용하였기에 출처를 명시한다는 전제로 자료 이용 허가를 받았다.

2016년~2020년도까지의 기록을 확인하였으며, 메타데이터가 공개된 기후변화지표종 나비 7종의 정보를 선별하여 집계한 결과, 총 7종 525기록이 집계되었다.(Table.2-3-1) 이 중, 암끝검은표범나비가 230개체(46%), 남방노랑나비가 179개체(35%)로 전체 기록의 약 4/5을 차지하였으며, 앞선 기관 소장 표본 자료와 달리 암끝검은표범나비의 기록이 더 많았다.(Fig.2-3-1) 특이할 만한 사항으로, 월별 분포기록을 집계한 결과 동절기인 1월과 12월의 기록도 볼 수 있었는데 자유로이 활동하며 실시간으로 관찰 기록을 업로드하는 시민과학자의 성향이 반영된 것으로 판단되며, 성충으로 월동하는 남방노랑나비의 기록이 총 4건 기록되었다.(table.2-3-2) 또한, 기후변화지표종 나비가 가장 활발히 활동하는 시기인 9월에 감소세를 보였고, 전체적인 발생추이가 상술한 전문 연구기관의 자료와 많은 차이를 보이는데, 이는 짧은 자료 누적기간에 따른 여러 변수가 작용하였기 때문으로 판단되면, 향후 장기적으로 모니터링하여 추이를 지켜보아야 할 것으로 판단된다.(Fig.2-2-2)

네이처링앱은 국내에서 가장 활성화된 커뮤니티 매핑 SNS로 시민과학자들의 활동 및 수준을 가늠할 수 있는 지표라 할 수 있다. 4년 여의 비교적 짧은 기간이지만 데이터 누적이 빠른 편으로, 실시간으로 관찰기록들이 업데이트되므로 자주 모니터링할 필요성이 있다.

종명	자료현황 (개체)
암골검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>	230
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	179
먹그림나비 <i>D. nesimachus</i>	57
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjaminii</i>	18
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	17
소철꼬리부전나비 <i>C. pandava</i>	13
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	4
합계	518

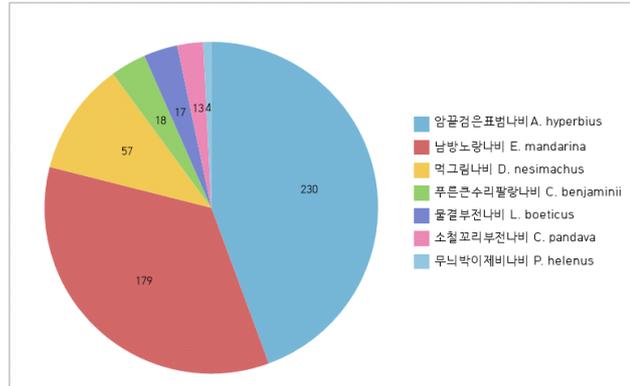


Table.2-3-1 기후변화지표종 나비류 기록 현황

Fig.2-3-1 종 구성비

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	오동정
암골검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>	0	1	1	1	12	17	16	58	47	53	24	0	230	3
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	2	3	8	1	4	8	23	41	32	42	13	2	179	1
먹그림나비 <i>D. nesimachus</i>	0	0	0	0	5	7	25	16	4	0	0	0	57	1
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjaminii</i>	0	0	0	1	0	6	6	5	0	0	0	0	18	
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	3	9	3	0	17	2
소철꼬리부전나비 <i>C. pandava</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2	4	0	13	
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	
합계	2	4	9	3	21	38	70	126	93	106	44	2	518	7

table.2-3-2 월별 기록 집계

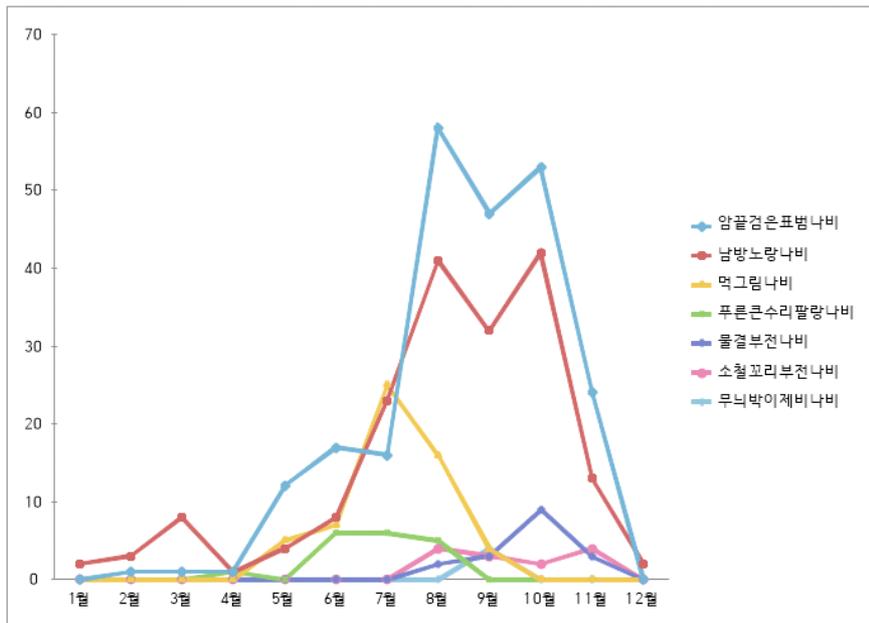


Fig.2-2-2 월별 기록 그래프

11) 자료출처 : 네이처링 (<https://www.naturing.net/>)

3) 폴씨프로젝트 기후변화지표종 나비 관찰 기록 분석

(1) 지구사랑탐사대 나비 탐사기록 분석

본 연구는 폴씨 프로젝트와 지원을 받아 동아사이언스 어린이과학동아와 협업하여 이루어졌다. 어린이과학동아의 지구사랑탐사대탐사대 대원들이 참여하였으며, 이 중 6팀을 프로젝트 참여 대원으로 선발하였다. 네이처링과 마찬가지로 온라인 기반 자연관찰 플랫폼으로 커뮤니티 매핑 방식의 소셜네트워크 앱 형식을 띠고 있으며, 지구사랑탐사대 활동 회원에 한정하여 관찰기록을 업로드하는 방식으로 구성된다. 지구사랑탐사대 나비탐사 기록은 기후변화지표종에 한정하지 않고, 관찰한 나비류 전체를 기록하는 방식으로 진행하였는데, 이는 프로젝트 첫 시작 시점이라 나비에 대한 흥미도 증진과 나비에 대한 기초이론과 탐사 실습 체험이 선행되어야 하기 때문이다.

관찰기록 집계 기간은 첫 개설 시점인 2020년 4월 10일부터 한해 프로젝트 종료 시점에 근접한 11월 30일까지 총 235일간으로 한정하였으며, 해당 기간 동안 총 기록 1092관찰, 67종 1038 유효 기록이 집계되었으며, 기후변화지표종은 3종 63기록이 집계되었다.(Table 3-1-1, 3-1-2)

탐사기록 월별 참여도를 집계한 결과, 개설 초기인 4~5월에 걸쳐 관찰 기록이 대폭 증가하였으나 6월 이후 코로나 사태 심화로 인해 외부 활동이 위축되어 소폭 하락하였다. 나비 활동이 왕성해지는 7~8월의 경우 오히려 기록 수가 대폭 하락하였는데, 이는 장마와 태풍으로 인한 기상 상황 악화 및 수도권 코로나 확진자 증가 등 외부요인이 영향을 끼친 것으로 보인다. 9월 경 코로나 사태가 누그러지고 기상 상황이 좋아지자 다시 관찰수가 증가하였다.(Fig.3-1-1) 기후변화지표종 발견율은 11월과 9월로, 11월이 발견율이 가장 높으나 전체 기록수가 17건 밖에 되지 않아 9월 경이 기후변화지표종 나비 탐사 시기로 가장 적당한 것으로 판단된다.(Table.3-1-3)

전체 관찰 기록 대비 기후변화지표종 발견 비율은 6.07%로, 암끝검은표범나비 50관찰(79.3%)로 가장 많은 수가 관찰되었으며, 남방노랑나비가 12관찰(19%)로 2순위, 물결부전나비도 11월 경 1건(1.6%)이 집계되었다.(Fig.3-1-2) 기후변화지표종 관찰 건수는 7월 이후부터 증가세를 보였는데, 이는 기온이 높아지는 7월 이후부터 개체수가 증가하는 남방계 나비의 발생 특성 때문에 발견율도 상승한 것으로 판단된다.(Table.3-1-3) 또한, 지구사랑탐사대 대원들을 대상으로 7월 7일 1차 온라인 강연, 9월 10일 2차 온라인 강연을 시행하며 기후변화지표종 관찰을 독려했던 것도 주요한 것으로 판단된다.(Fig.3-1-3)

이 외에도, 동정불가 41건, 나비 외 기타 분류군 3목 28건, 나방류 26건, 뽕잠자리, 뱀잠자리류가 각 1건 씩 기록되었는데, 이는 참여자에게 나비류에 관한 기초 이론 교육을 꾸준히 수행하면 차츰 개선될 것으로 기대한다. 지역별로는 수도권이 63%로 가장 많은 기록수가 집계되었으며, 경상남도, 전라남도 순으로 기록순을 보여 기후변화지표종 분포지역인 남부 지방의 관찰 활동도 활발히 이루어졌다.(Fig.3-1-6)

지구사랑탐사대 관찰 기록은 프로젝트 수행 연구자가 Raw데이터를 제공받거나 열람이 가능하여 데이터 추출이나 자료 분석이 용이하다는 장점이 있다. 또한, 나비상과 기후변화지표종 모니터링을 모두 수행하여 기후변화지표종 이외의 종 데이터도 취합이 가능해 향후 다른 주제의 연구에 활용할 수 있다. 또한 시민과학에 기반한 기후변화지표종 나비 모니터링을 실제로 적용한 첫 시도로, 향후 커뮤니티 매핑 성장세와 프로젝트 참여자의 역량 발달 과정 및 시민과학 모니터링과 시민과학자 양성에 대한 발전 방향 제시나 개선점도 함께 연구할 수 있을 것으로 기대한다.

과명	팔랑나비과		호랑나비과		흰나비과		네발나비과		부전나비과	
종명	줄집팔랑나비	31	호랑나비	24	배추흰나비	220	네발나비	91	남방부전나비	155
	왕자팔랑나비	8	제비나비	7	대만흰나비	85	암검은표범나비	50	암먹부전나비	16
	멧팔랑나비	4	산제비나비	5	큰줄흰나비	24	큰흰줄표범	19	푸른부전나비	6
	제주꼬마팔랑나비	4	남방제비나비	9	노랑나비	55	큰멋쟁이나비	14	큰주홍부전나비	13
	왕팔랑나비	2	긴꼬리제비나비	8	남방노랑나비	12	애기세줄나비	8	작은주홍부전나비	7
	꽃팔랑나비	1	모시나비	3	갈구리나비	2	부처사촌나비	9	먹부전나비	7
	산팔랑나비	1	산호랑나비	2	줄흰나비	2	작은멋쟁이나비	2	부전나비	4
			사향제비나비	1	풀흰나비	1	은점표범나비	2	범부전나비	2
			애호랑나비	1			긴은점표범나비	1	굴뚝부전나비	1
			꼬리명주나비	1			황세줄나비	1	첫빛부전나비	1
			청머제비나비	1			뿔나비	5	물결부전나비	1
							황오색나비	2		
							제이줄나비	5		
							홍점알락나비	4		
						높은산세줄나비	1			
						물결나비	3			
						부처나비	8			
						세줄나비	1			
						흑백알락나비	1			
						왕세줄나비	1			
						제일줄나비	1			
						별박이세줄나비	2			
						먹그늘나비	3			
						흰줄표범나비	8			
						거꾸로여덟팔나비	3			
						굴뚝나비	2			
						은판나비	2			
						대왕나비	4			
						먹그늘나비붙이	1			
						흰뺨나비	1			
						암검은표범나비	2			
합계	51		62		401		257		213	

Table. 3-1-1 지구사랑탐사대 나비 탐사 기록

분류군	종수	관찰수
호랑나비과 (Papilionidae)	10	61
흰나비과 (Pieridae)	8	393
네발나비과 (Nymphalidae)	31	243
부전나비과 (Lycaenidae)	11	205
팔랑나비과 (Hesperiidae)	7	49
합계	67	1038

Table.3-1-2 과별 기록

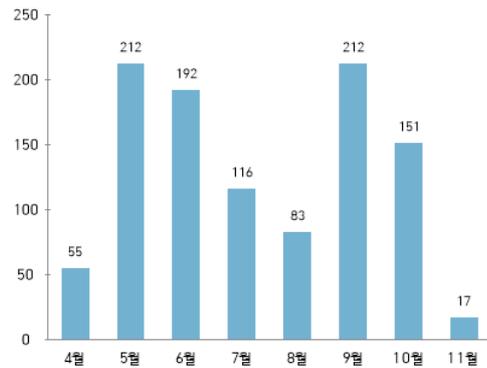


Fig.3-1-1 월별 기록

월별 관찰기록	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계	백분율
총 기록	55	212	192	116	83	212	151	17	1038	100%
암검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>	1	1	0	2	7	30	8	1	50	4.82%
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	0	0	0	1	2	5	3	1	12	1.16%
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.096%
발견비율(%)	1.81%	0.47%	0	2.59%	10.84%	16.50%	7.28%	17.60%	6.07%	

Table.3-1-3 월별 전체 기록 및 기후변화지표종 기록 수

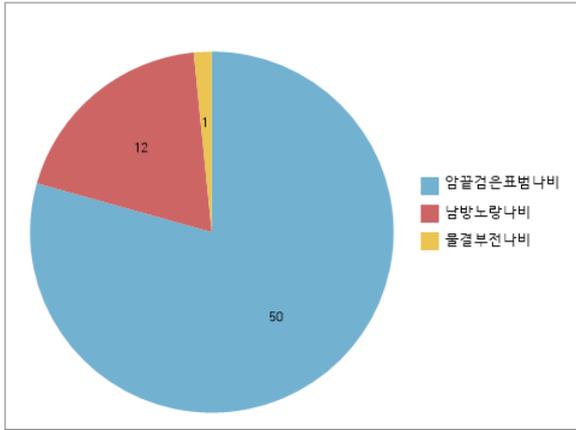


Fig.3-1-2 기후변화지표종 기록 비율

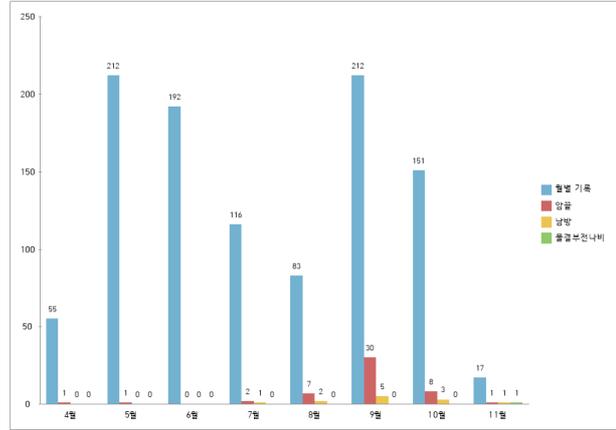


Fig.3-1-3 기후변화지표종 월별 관찰 그래프

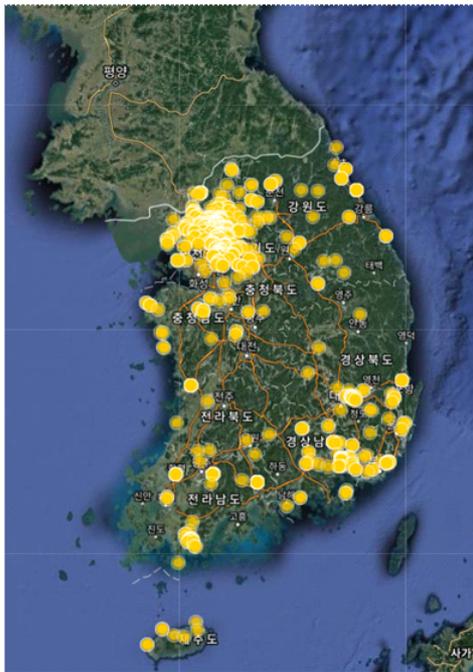


Fig.3-1-4 지구사랑탐사대 나비탐사기록 전체 분포기록

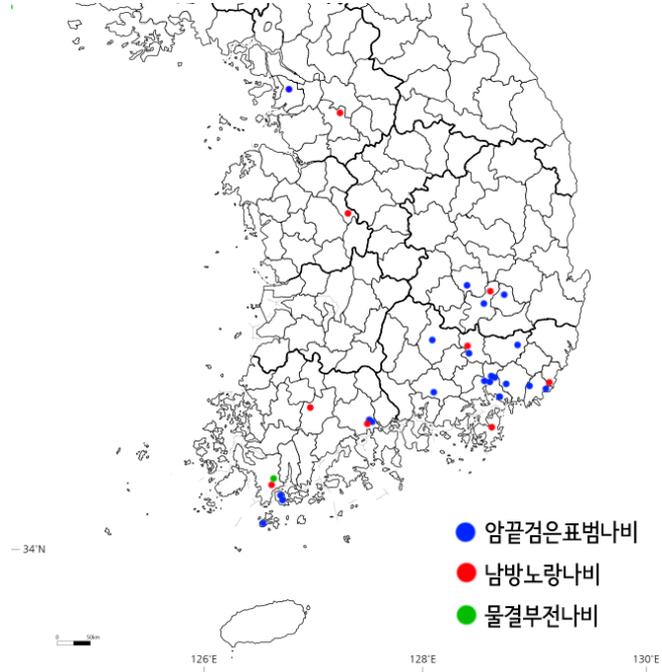


Fig.3-1-5 지구사랑탐사대 기후변화지표종 분포기록



Fig. 3-1-6 지역별 탐사통계

4) 프로젝트 수행 팀 탐사기록

현장 탐사는 전문 탐사팀과 프로젝트 참여 시민과학자 6팀으로 구성하였으며, 초기 기획에서는 함께 현장탐사를 진행하려 하였으나, 코로나 사태와 나비 활동이 왕성해지는 7~8월에 집중된 50여일의 장마와 2차례에 걸친 태풍으로 인하여 함께 현장탐사를 진행하지 못하였다. 합동 탐사는 10월 24일 A.M 10:00 ~ P.M 12:00까지 2시간 동안 인천대공원 일대에서 진행하였으며, 탐사당일 기온이 낮아 출점팔랑나비, 네발나비, 남방부전나비 3종의 나비만을 관찰할 수 있었다.

코로나 사태로 인하여 대면 활동을 지양하고, 시민과학자 팀은 개인 탐사를 통하여 지구사랑탐사대 탐사 기록에 자료를 등재하는 것으로 탐사 활동을 대신하였다. 전문 탐사팀은 기존에 알려진 서식지 중 기후변화지표종 관찰이 용이하거나, 자료가 부족한 지역, 기존 분포지 이외의 지역 중 출몰 예상 지역을 지정하여 향후 지속적으로 모니터링해야 할 지역을 모색하기 위한 탐사지를 선정하여 탐사를 수행하였다.

(1) 전문 탐사팀

총 7회 현장 탐사를 수행하여 기후변화지표종 6종을 확인하였다. 탐사 방법은 선조사법 (Line transect census)¹²⁾ 방식으로 진행하였으며, 스마트폰과 카메라로 사진을 촬영하여 기록하였다. 촬영이 어려운 경우, 포충망을 사용하여 채집 후 종 동정이 가능하도록 근접 촬영하였다.

본래 주 1회 탐사와 월 1회 이상 프로젝트 참여 팀과 함께 합동 탐사를 기획하였으나, 날씨 및 코로나 사태로 인해 대면 활동인 합동 탐사는 1회만 진행할 수 밖에 없었으며, 월 평균 1~2회 탐사를 수행할 수 밖에 없었다. 계획보다 미진한 탐사였음에도 성과가 있었다. 울릉도에서 기존에 기록이 없던 암끝검은표범나비가 다수 서식함을 확인하였고, 제주도 전역에서 소철꼬리부전나비가 분포하며 번식 활동도 활발히 하고 있음을 확인하였다.

회차	날짜	장소	종수	증명	비고
1	6/19 ~ 20	거제도 노자산 일대	2종	남방노랑나비, 먹그림나비	
2	7/25 ~ 26	경남 창원시 진해구 장천동	3종	암끝검은표범나비 남방노랑나비 푸른큰수리팔랑나비	
3	8/14 ~ 16	울릉도 일대	1종	암끝검은표범나비	
4	08/22	강원도 평창군 진부면	0		남방계 왕나비 다수 발견
5	9/5~ 9/6	전남 함평, 영암, 해남군 일대	2종	암끝검은표범나비 남방노랑나비	
6	9/30 ~ 10/2	백령도	0		미검 검은테노랑나비 10여 개체 발견
7	10/16~ 10/18	제주도 일대	3종	남방노랑나비 소철꼬리부전나비 물결부전나비	

Table.4-1 전문가 현장탐사 기록 집계

12) 동물 개체군을 조사할 때 일정한 조사경로를 따라 출현하는 동물을 조사경로상의 위치와 조사경로상과 수직적인 거리로 표현하여 상대적인 위치를 나타내어 일정 면적의 동물 개체군 밀도를 파악하는 방법



Fig.4-1 현장탐사 시 발견한 기후변화지표종 나비 및 아열대 서식종 검은테노랑나비



Fig.4-2 탐사지 전경

2) 연구 활동 참여 시민과학자 팀

본 연구 프로젝트에는 지구사랑탐사대원 중 총 6팀의 시민과학자 팀이 참여하였으며, 4팀이 탐사 기록 활동을 수행하였다. 탐사 활동은 코로나 사태로 인하여 전면 비대면으로 각자 개인 탐사활동으로 수행하였다. 관찰한 기록은 지구사랑탐사대 나비 관찰 기록에 업로드하여 프로젝트 수행자가 수시로 확인하고 집계하였다. 총 59건의 나비를 기록하였으며, 기후변화지표종 암끝검은표범나비 1팀에 의해 1기록이 집계되었다.

팀명	관찰 수	기후변화지표종	비고
초록별을지켜라	30	0	
준형제	25	1	경상남도 칠곡군 (2020.10.1.) 암골검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>
파워에너지팀	11	0	
제아인네	3	0	
토리	0	0	
문샤론	0	0	
합계	69	1	

Table.4-2 연구 활동 참여 시민과학자 팀 탐사기록

(3) 온라인 강연

프로젝트 수행 기간 동안 총 2회 진행하였다. 1차 강연은 7월 7일 P.M 19:00~P.M 21:00 까지 총 두시간 가량 진행되었으며 연구 활동 시민과학자 6팀을 대상으로 하였고, 총 5팀이 참여하였다. 2차 강연은 지구사랑탐사대원 전체를 대상으로 9월 10일 P.M19:00~20:00까지 한시간 가량 진행되었으며, 100팀이 신청하여 총 92팀이 강연에 참여하였고, 조회수는 432회를 기록하였다. 강연을 통해 나비에 관한 기초 상식과 흥미를 유발하고, 기후변화지표종의 개념과 기후변화지표종 나비에 대한 지식을 전달하여 현장 탐사 시 기후변화지표종에 대한 선택과 집중을 독려하였다. 강연 이후 기후변화지표종의 발견율이 비약적으로 상승하여 교육을 통해 목표종을 지정한 집중적인 모니터링도 가능함을 확인하였다.



1차 강연



2차 강연

Fig.4-3-1 온라인 강연

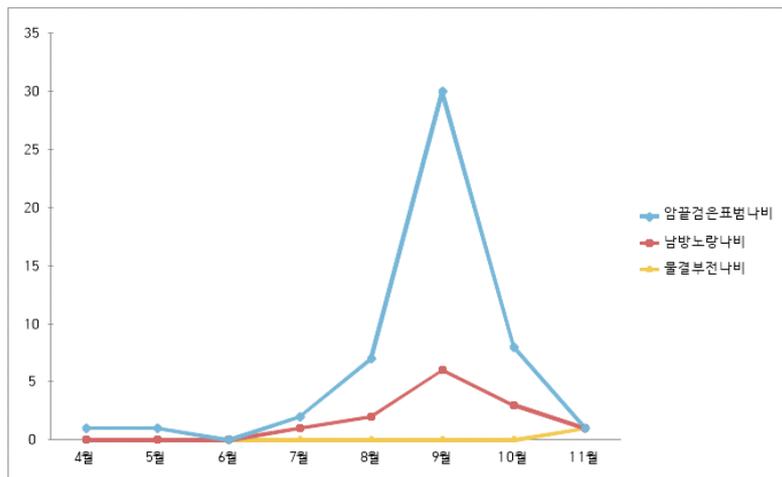


Fig.4-3-1 강연 이후 기후변화지표종 기록수

(4) 전문탐사팀, 시민과학자팀 합동 현장 탐사

현장 탐사는 10월 24일 A.M 10:00 ~ P.M 12:00까지 2시간 동안 인천대공원 일대에서 진행하였다. 총 6가족 15명이 참여하였으며, 탐사 당일 기온이 낮아 기후변화지표종 나비를 관찰하지 못하였으며, 탐사 실습 위주로 진행하여 줄점팔랑나비, 네발나비, 남방부전나비 3종의 나비를 관찰하였다.

5) 종별 분포도 및 종합 집계 분석

(1) 종별 분포도

상술한 두 연구기관과 시민과학 성향의 커뮤니티 매핑 SNS의 기록, 전문 조사팀의 현장 탐사 결과를 집계하여 종별 분포도를 작성하였다. 기록이 다수 중복된 지역은 면으로 표시하였으며, 1회 기록된 지역은 점으로 표시하였다.

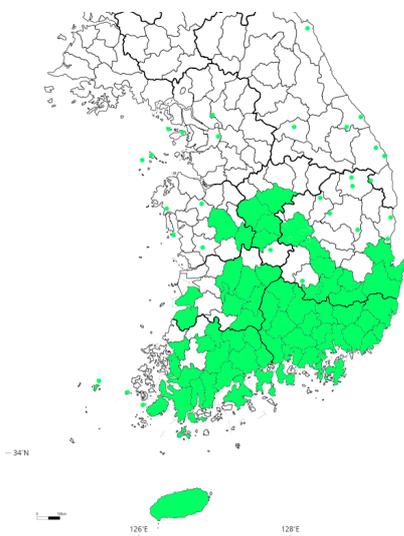


Fig.5-1 남방노랑나비

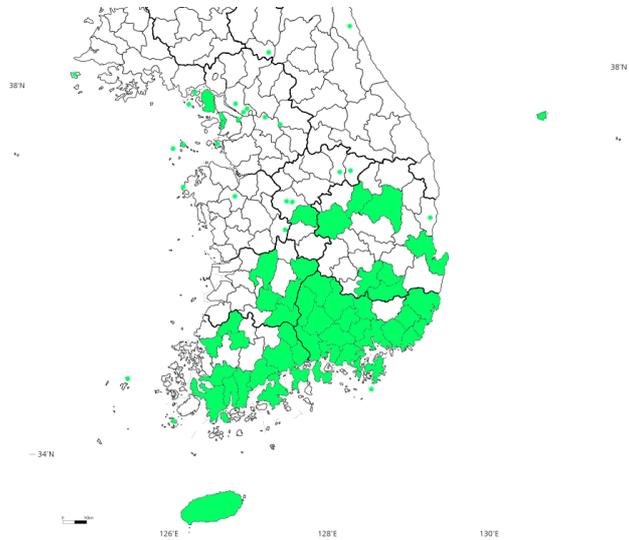


Fig.5-2 암끝검은표범나비

남방노랑나비와 암끝검은표범나비는 비교적 흔한 종으로 녹지가 있는 지역이라면 흔히 볼 수 있고, 도심지에서도 쉽게 관찰되는 종이다. 산간 지역을 제외한 평지에서는 남부지방 전반에 걸쳐 광범위하게 분포되어 있었다. 관찰되지 않은 지역의 경우 해발이 높은 산간지역이거나 고도로 도시화된 지역이 대부분이었다. 고위도 지역에서 발견된 기록의 경우, 대부분 9월 중순 이후~이듬해 4월 기록으로 월동기 전후에 기록되었다. 서해안의 수도권 인접 지역과 동해안가 고위도지방에서도 기록이 있다. 특히 동해안 지역에서는 강원도 강릉과 고성에서 남방노랑나비 월동형이 4~5월에 발견되어 지속적으로 관찰되는지 모니터링 할 필요성이 있다. 수도권 기록 중 몇몇은 공공기관이나 시설업체에서 운영하는 나비생태관에서 사육하는 개체가 발견되는 경우도 있어 모니터링 시 이를 감안하여야 할 것이다.

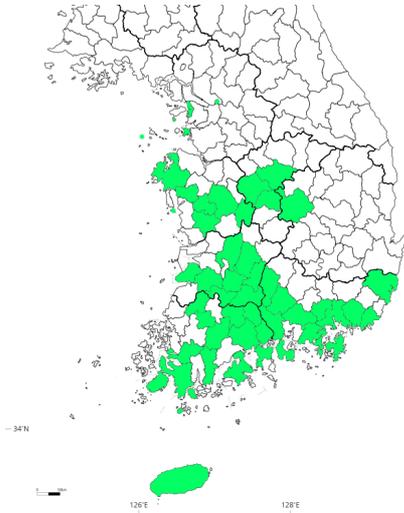


Fig.5-3 먹그림나비

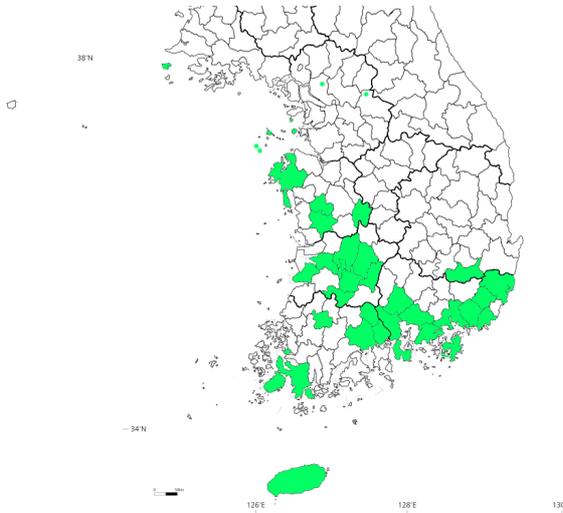


Fig.5-4 푸른큰수리팔랑나비

먹그림나비와 푸른큰수리팔랑나비는 모두 산림성 나비로 5~6월, 7~8월 연 2회 발생한다고 알려져 있다. 유충이 나도밤나무와 합다리나무를 섭식하는 것으로 알려져 있는데 김포와 인천의 해안가 및 도서 지방에서도 이들 수종이 서식하는 것으로 알려져 있다. 이들 종도 같은 지역에서 매년 관찰되고 있어 향후 이 곳에서의 월동 여부를 파악해야할 필요성이 있다. 서해 5도지역과 내륙 지방의 고위도 지역의 기록도 확인하였지만, 기록이 많지 않아 일시적인 비재로 판단된다.

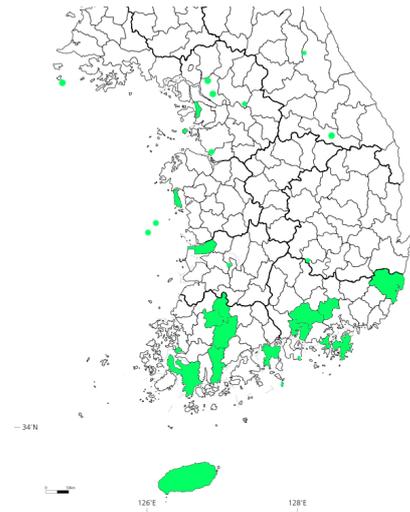


Fig.5-5 물결부전나비

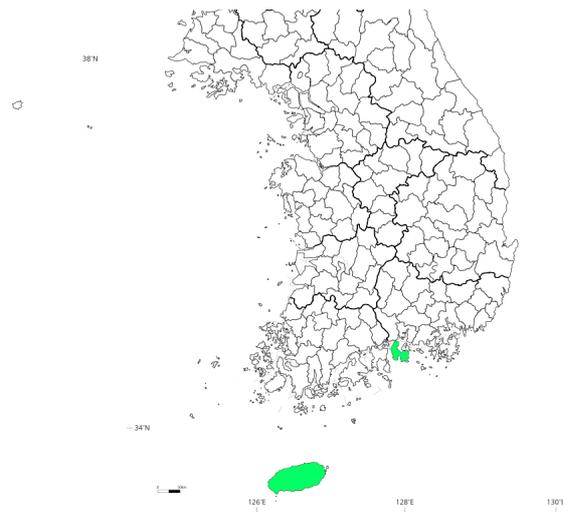


Fig.5-6 소철꼬리부전나비

물결부전나비는 제주도와 남부지방 해안가에 광범위하게 분포하고 있는 종이나, 콩과 식물의 꽃이나 깍지를 파먹는 애벌레의 습성 상 콩을 재배하는 평지 지역이나 초지가 발달한 곳에서 서식하여 생각보다 기록이 많지 않았다. 하지만 이동성이 강해 고위도 지방과 도심지 화단에도 기록이 있어 해안가의 해발이 낮은 평지 위주로 지속적으로 모니터링 해야 할 것이다. 주로 9월에서 늦게는 12월 초에도 기록이 있는 것으로 보아 9~10월이 모니터링의 적기로 판단된다. 유충으로 월동하는 것으로 알려져 있어 개체수가 많은 곳이라면 월동 여부도 확인할 필요성이 있다.

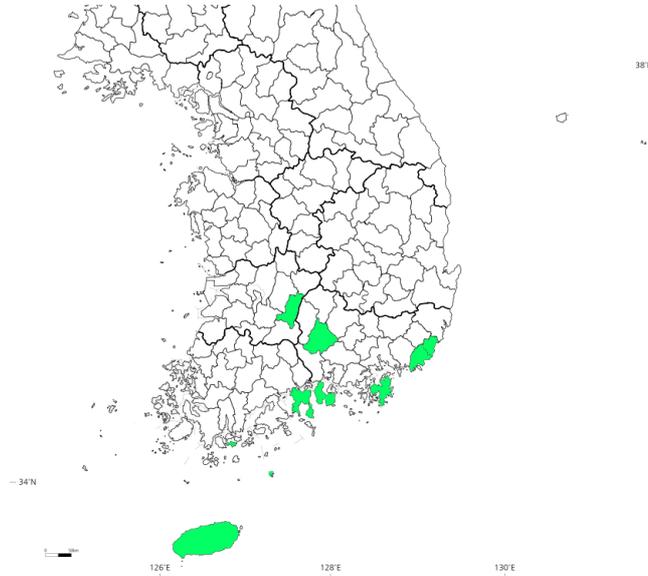


Fig.5-7 무늬박이제비나비

무늬박이제비나비, 소철꼬리부전나비는 2000년대 초반 국내 서식 여부가 알려져 자료량이 부족하였다. 때문에 향후 집중 관찰 필요한 종으로, 알려진 국내 서식지에서의 월동 여부와 인근지역이나 서식이 밝혀지지 않은 타 지역에서의 서식 여부를 집중적으로 모니터링할 필요가 있는 종이다.

(2) 종합 집계 및 분석

기관 소유 표본 및 자연관찰 앱 "네이처링", 지구사랑탐사대 탐사 기록을 집계, 비교한 결과, 기후변화지표종 나비 7종 중 암끝검은표범나비와 남방노랑나비가 관찰기록 74.1%를 차지하였다. 기관소유 표본 자료와 시민과학 성향의 온라인 커뮤니티 매핑 기반 SNS의 자료를 비교한 결과 상이한 차이가 나타났다. 기관의 경우 남방노랑나비가 기록 수 1순위, 암끝검은표범나비가 2순위로 나타났으며, 지구사랑탐사대, 네이처링 등 시민과학 성향의 자료에서는 암끝검은표범나비가 1순위, 남방노랑나비가 2순위였다. 이는 채집을 위주로 하는 기관의 조사 방식과 사진 촬영을 위주로 하는 조사 방식으로 차이가 나기 때문으로 사료된다.

이는 두 나비의 생태와 습성 상의 차이로 인한 것으로 판단된다. 남방노랑나비의 경우, 도심지보다는 산림, 녹지와 인접한 평지를 선호하며, 흙밀하거나 저녁 무렵 휴식을 취할 때 이외에는 잘 앉지 않고 활발히 날아다니는 습성이 있어 사진 촬영이 어렵다. 또한, 근연종인 극남노랑나비, 검은테노랑나비도 비슷한 외형을 하고 있기에 채집이 좀 더 확실히 종을 판별할 수 있는 방법이 되기 때문이다. 암끝검은표범나비의 경우 도심지에서도 쉽게 볼 수 있으며 크기가 크고 화려한 색으로 눈에 잘 띄며, 비행하다가도 자주 앉아 쉬고, 흙밀 시에 비교적 경계심도 심하지 않아 사진 촬영이 용이하다.

수도권에서 관찰된 일부 기록 중 공공기관이나 사설기관에서 운영 중인 나비생태관 인근 지역에서 관찰하거나 표본을 제출한 기록이 다수 발견되었다. 기후변화지표종 7종 중 암끝검은표범나비와 남방노랑나비는 국내 나비생태관에서 일반적으로 사육하는 나비류로 수도권과 내륙 지방 모니터링 시 이를 감안하여 모니터링을 해야 할 것으로 판단된다.

기관에서 공개한 자료의 장점은 전문 연구자의 조사와 분석이 이루어져 신뢰도가 높았다. 또한, 과거의 자료와 DB 구축 직전의 시점까지 정리된 완성된 자료라 집계가 용이하였다. 하지만 DB구축 및 공개 시점 이후의 업데이트 여부가 이루어지지 않아 최근의 정보를 알 수 없다는 단점이 있다. 또한, 표본의 라벨을 기반으로 데이터화되어 최신 경향의 생태 연구에 필수적인 GIS정보나

채집 당시 기상 상황 등의 메타 데이터를 알 수 없다는 단점도 있다.

시민과학자들의 관찰 기록은 오동정이 많고 자료의 질이 상대적으로 떨어져 전문가의 검증이 필요하다라는 단점이 있었다. 이는 전문연구자들을 자문 위원으로 두고 댓글 및 채팅 등 SNS 방식으로 손쉽게 소통할 수 있는 방안을 마련하여 극복하고 있다. 이 방식의 장점은 다수에 의해 전국적인 규모의 기록이 업로드되어 단시간에 많은 자료를 축적할 수 있다. 또한, 실시간으로 자료가 업데이트되는 성장형 데이터라는 장점도 있다. 또한, 주로 스마트폰을 활용하여 사진의 메타데이터와 GPS 정보도 확인이 가능하다.

남방계 나비류의 특성상 더워지기 시작하는 7월 이후부터 개체수가 급증하며, 8월에는 기후변화 지표종 모든 종이 기록되었다.

남부 지방의 경우, 제주와 남해군에서 7종 모두 관찰되었으며, 장소를 잘 선정한다면 한번의 탐사에 7종 모두 볼 수 있을 것으로 기대된다.

	국립생물자원관	국가생물종 지식정보시스템	네이처링	지구사랑 탐사대	종별 합계	백분율(%)
암갈검은표범나비 <i>A. hyperbius</i>	143	290	233	50	714	25.60%
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	580	582	179	12	1352	48.50%
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	21	97	19	1	137	4.91%
먹그림나비 <i>D. nesimachus</i>	108	159	57	0	324	11.62%
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjaminii</i>	82	115	18	0	215	7.71%
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	18	9	4	0	31	1.11%
소철꼬리부전나비 <i>C. pandava</i>	2	0	13	0	15	0.53%
기관별 합계	954	1252	523	63	2792	100.00%

Table 5-2-1 기후변화지표종 관찰 기록 총집계

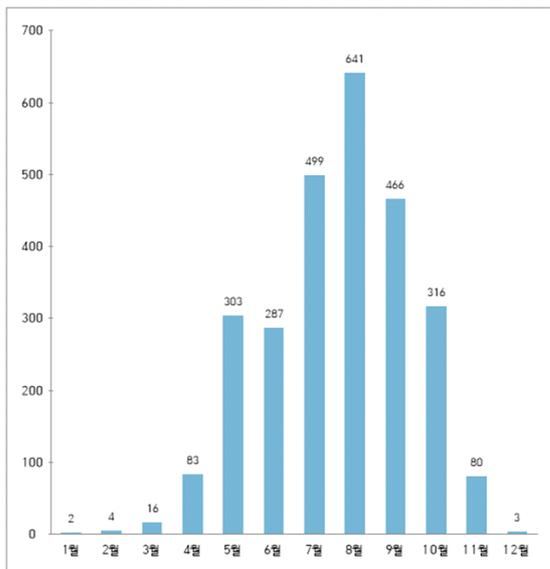


Fig. 5-2-1 월별 관찰기록 총집계

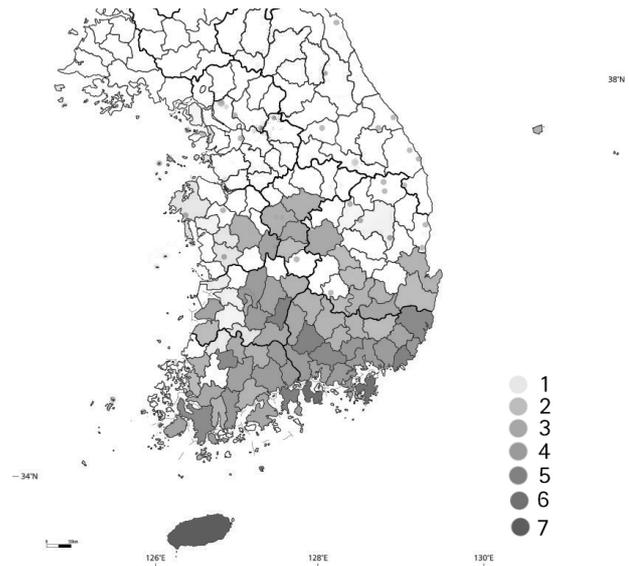


Fig 5-2-2 기후변화지표종 7종의 분포 현황

3. 결론

본 연구는 기후변화에 따른 나비 분포 변화에 관한 국내 자료 현황을 파악하고 표본 자료를 집계하여, 기후변화지표종 나비 7종에 대한 국내 분포 현황을 파악하고 기후 변화에 따른 분포상 변화 추이에 대해 연구하였다. 이와 함께 기후변화지표종으로 지정된 나비 7종에 대한 시민 참여 모니터링 및 교육을 수행하여, 시민과학에 의한 기후변화지표종 모니터링의 효용성을 입증하고자 하였다.

기관 소유 표본 및 기존 기록 자료와 네이처링, 지구사랑탐사대 1년 간의 연간 관찰 기록을 집계하였다. 기후변화지표종 나비 7종 중 암끝검은표범나비와 남방노랑나비가 관찰기록의 69~75%를 차지하였다. 기후변화 지표종으로 기록된 7종 대부분 전라남도, 경상남도의 남·서해안가에서 발견되었으나 인천광역시 도서지방, 서해 5도, 경기도 연천, 강원도 고성 등 의외의 기록도 존재하였다. 고위도 지역에서 발견된 기후변화지표종 나비들은 대부분 9월 이후, 또는 이듬해 4월 기록으로 늦가을에서 월동기에 주로 발견되는 경향을 보였다. 이는 하절기에 중부 지역의 기온이 올라감에 따라 북상하여 번식하는 것으로 판단되며, 해당 지역의 월동 가능 여부에 대하여 향후 지속적인 조사가 필요하다. 수도권에서 관찰된 일부 기록은 공공기관이나 사설기관에서 운영 중인 나비생태관 인근 지역에서 관찰한 기록들도 다수 발견되었다. 이렇게 의외의 기록이 발생할 경우 상세한 검증이 필요하다.

조사 결과, 연구 기관의 자료와 시민과학자들의 관찰 기록에 상이한 차이가 나타났다. 국립생물자원관과 국가생물종지식정보시스템 상의 기록에서는 남방노랑나비의 기록이 가장 많은 비율을 차지하였으나, 지구사랑탐사대 나비 탐사기록과 네이처링 등 시민과학 커뮤니티 매핑 관찰 기록은 암끝검은표범나비 기록이 많았다.

각각의 장단점도 명확하였다. 관련 연구기관에서 공개한 자료는 전문연구자에 의해 조사와 분석이 이루어져 신빙성이 뛰어나지만, 완성된 결과물의 형태로 자료 구축 이후 업데이트가 거의 이루어지지 않았다. 시민과학자들의 관찰 기록은 자료 업로드 이후 전문가의 검증이 필요하지만, 실시간으로 계속 업데이트되며, 관찰 기록의 GIS정보도 알 수 있다는 장점이 있다.

본 연구 결과, 전문 연구팀, 시민 과학팀, 지구사랑탐사대 탐사 기록의 관찰기록을 검토하여, 기존 연구 자료에 대한 재현성을 필드에서 재확인하고, 시민참여과학 주제로서 기후변화지표종 나비의 모니터링에 대한 적합성과 효용성을 검증하였다. 전문연구팀은 일반시민들이 조사를 목적으로 방문하기 어려운 지역과 자료가 부족한 지역을 선정하여 탐사하였으며, 거제도, 울릉도, 백령도, 제주도, 해남군, 평창 진부면, 경남 창원군 일대 등 7지역을 탐사해 기후변화지표종 6종을 확인하였다.

지구사랑탐사대 탐사 기록에 업로드되는 시민과학팀 6팀의 관찰기록과, 지구사랑탐사대 나비관찰 기록을 집계한 결과, 4월 10일부터 11월 30일까지 총 230일 동안 175개 팀이 참여하여 총 66종 1038건의 관찰이 집계되었다. 이 중, 기후변화지표종 나비는 3종 63관찰이 기록되었다. 현장 탐사는 10월 24일에 1회 진행하여 3종의 나비를 관찰하였으며, 기후변화지표종 나비는 발견하지 못하였다.

프로젝트 진행 기간 동안 인터넷 강의를 2회 진행하였다. 1회는 프로젝트 참여 6팀을 대상으로, 1회는 지구사랑탐사대 대원을 대상으로 진행하여 92명이 참여하였고 432건의 조회수를 기록하였다. 강연이 진행된 7,9월 이후 기후변화지표종 관찰 빈도가 확연히 상승하여 목표종을 지정 탐사 방식도 효과가 있음을 입증하였다.

시민과학에 의한 기후변화지표종나비 모니터링이라는 주제로 연구를 진행하며 몇 가지 개선점과 방안을 마련해야할 필요성이 있었다.

2020년 초부터 전 세계적으로 코로나-19 감염증이 만연하여 팬데믹(Pandemic) 사태가 현재까지 지

속되고 있으며, 국내에도 심각한 영향을 끼치고 있다. 단기간 내 종식 여부가 불분명한 코로나 사태로 인하여 대면 교육과 단체 현장 탐방이 어려워지고 있는 실정이다.

본 연구를 수행하며 강연도 모두 온라인으로 진행하였고, 최소 2회로 예정된 현장 탐사도 미루어져 시기가 늦은 10월 24일에 진행할 수 밖에 없었다. 또한 나비가 가장 왕성하게 활동하는 7~8월에는 50여 일에 걸친 장마와 2회의 태풍이 한반도를 지나가, 연구팀의 현장 탐사 일정도 많이 축소할 수 밖에 없었다. 이러한 연구 외적 상황에 대비하여, 비대면 교육을 강화하고 전문가와 시민과학자들의 비대면 소통 방안을 마련해야 할 필요성이 있다.

현장 탐사는 날씨와 나비 활동 시기에 큰 영향을 받으며, 코로나 사태로 인해 비대면 활동이 중시되는 현 시점에 현실적으로 많은 어려움이 따른다. 정해진 시간 내 한 장소만을 탐사한다는 단점도 있다. 온라인 강연과 화상 회의 애플리케이션(Application), 메신저(Messenger) 등 비대면 소통 장구를 강화해 프로젝트 진행자와 참여자 간 원활한 소통이 이루어진다면 현장 탐사 없이도 프로젝트 진행이 가능할 것으로 판단된다.

개인 탐사활동을 하며 자유롭게 관찰기록을 업로드하는 커뮤니티 매핑 시스템(Community mapping system)은 비대면 활동에 적합한 방식으로, 다수에 의한 전국적인 규모의 관찰 기록이 필요한 기후변화지표종 나비의 모니터링에도 효과적인 방식이다.

또한, 연구 프로젝트 참가팀과 커뮤니티 매핑 참여자의 이원화, 차별화 필요성을 절감하였다. 전국적인 규모의 관찰기록이 필요한 모니터링 특성 상 소수 팀의 팀별 모니터링으로는 한계가 있다. 지구사랑탐사대 나비 탐사기록 참여자들에게는 나비에 대한 흥미 유발과 탐사 참여에 대한 동기 부여를 유도하는 방식으로 진행하였고, 프로젝트 참가팀에게는 각자의 거주지 근방의 나비를 조사하며 관찰한 기록을 나비 탐사 기록 업로드를 요청하였다. 이 방식으로 진행하니, 프로젝트 참가팀의 자료를 분류하여 추출하는데 어려움이 있었다. 또한, 프로젝트에 참여하는 참가팀과 관찰 기록 참여자와의 구분이 모호해지는 단점도 있어 이에 대한 개선책이 필요하였다.

후속 연구에서는 나비 관찰 기록은 커뮤니티 매핑 자료 수집 용도로, 연구 프로젝트 참여 팀에게는 관찰 기록 업로드 이외에 좀 더 심도 깊은 탐구를 위한 과제를 부여하고, 조사 장비를 지원하여 본 연구 프로젝트와 연관된 직접적인 결과물을 도출할 수 있도록 역량 강화에도 주의를 기울여야 할 필요성을 절감하였다.

본 연구는 기존에 연구된 기후변화지표종 나비 7종에 대한 국내 연구 자료들을 집계하여 분포상을 정리하였으며, 본 연구 결과를 토대로 시민과학 탐구 주제를 제시하여 시민 참여 모니터링을 첫 시도하였다는 것에 의의가 있다. 본 연구를 토대로 향후 기후변화지표종 나비 7종에 대한 시민과학 연구가 활성화되기를 기대하며, 좀 더 전문적인 통계 분석과 모델링 프로그램을 활용한 패턴 분석이 이루어진다면 기후변화지표종 나비 분포 변화 연구의 기초 자료로서 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 박해철 2005 『기후변화가 곤충에 미치는 영향에 관한 국내외 연구 분석』 자연보존 130호
- 정종철 2011 『곤충(나비류)을 활용한 기후변화 민감성 평가』 국립공원관리공단 국립공원연구원
- 홍성유 외 5인 2011 『전구 및 지역기후 모델 결과에 근거한 동아시아 및 한반도 지역기후 변화 전망 연구 소개 및 고찰』 한국기후변화학회 Vol.2 No.4(2011.12) 269 - 281
- 김진옥, 부경은, 최준태, 변영화 2018 『한반도 100년의 기후변화』 국립기상과학원
- 전혜영 2014년 『한반도 기후변화에 따른 나비분포 변화에 대한 연구』 이화여자대학교
- 김성수, 이철민, 권태성, 주홍재, 성주한 2012 『한국나비분포도감』 국립산림과학원
- 권태성 2013 『한국나비의 분포변화』 국립산림과학원 한국산림휴양학회 P. 81 - P. 81
- 권태성, 이철민 2015 『한국 나비상의 변화: 식생변화와 기후변화 영향의 검토』 2015 한국응용곤충학회 임시총회 및 추계학술발표회 pp.128-128
- 권태성 2017년 『한국나비 분포변화분석』 국립산림과학원
- 송인주 2013 『시민참여형 기후변화 생물지표종 모니터링 시스템 구축』 서울연구원
- 국립공원연구원 2010년 『기후변화가 생태계에 미치는 영향 모니터링 체계 구축』 국립공원연구원 발간자료
- 국립공원연구원 2011년 『기후변화가 생태계에 미치는 영향 모니터링 체계 구축』 국립공원연구원 발간자료
- 국립공원연구원 2013년 『기후변화가 생태계에 미치는 영향 모니터링 체계 구축(3차년)』 국립공원연구원 발간자료
- 국립공원연구원 2014년 『기후변화가 생태계에 미치는 영향 모니터링 체계 구축(4차년)』 국립공원연구원 발간자료
- 백문기·신유향 2010 『한반도의 나비』 자연과생태
- 백문기·신유향 2014 『한반도 나비도감』 자연과생태
- Chris van Swaay, Alexander Harpke, Arco J. Van Strien, Benoit Fontaine 2010 『The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009』 Butterfly Conservation Europe De Vlinderstichting
- “CBD-CHM KOREA 국가생물다양성 정보공유체계”, <http://www.kbr.go.kr/index.do>
- “국립생물자원관 한반도의 생물다양성”, <https://species.nibr.go.kr/index.do>
- “NATURE 국가생물종지식정보시스템” <http://www.nature.go.kr/main/Main.do>
- “지구사랑탐사대 탐사기록” <http://kids.dongascience.com/earth/post>
- “네이처링” www.naturing.net