

한국산 멸종위기종 산굴뚝나비(나비목, 네발나비과)의 분포와 개체군 동태^{1a}

김도성² · 조영복³ · 김동순⁴ · 이영돈⁵ · 박성준⁶ · 안능호⁷

Distribution and Population Dynamics of Korean Endangered Species; *Hipparchia autonoe* (Lepidoptera: Nymphalidae) on Mt. Hallasan, Jeju Island, Korea^{1a}

Do-Sung Kim², Young-Bok Cho³, Dong-Soon Kim⁴, Yeong-Don Lee⁵, Seong-Joon Park⁶, Nung-Ho Ahn⁷

요 약

본 연구는 제주도 한라산에 서식하는 산굴뚝나비의 분포와 개체군 동태를 알아보기 위하여 선조사법과 포획-재포획 조사법을 실시하였다. 그 결과 산굴뚝나비는 해발 1500m 이상부터 관찰되기 시작하여 정상부까지 서식하는 것으로 확인되었다. 포획-재포획 조사에서 산굴뚝나비의 포획 개체수는 1,493개체로, 이중 수컷은 978개체, 암컷 515개체가 확인되었다. 재포획된 개체수는 518개체이며, 수컷과 암컷의 비율은 284:234로 나타났다. 그리고 암컷과 수컷의 평균 생존일수는 2.31로 나타났으며, 이중 수컷 2.14일, 암컷 3.47로 나타나 암컷이 수컷 보다 오래 생존한 것으로 나타났다. 포획-재포획 조사를 통한 일일 추정개체수는 수컷이 7월에 약 1000개체를 유지하다가 점차 감소하는 것으로 나타나고 있으며 8월에는 개체수가 200개체 이하로 나타났다. 그리고 암컷은 7월에 335개체를 최고로 하였다가 점차 감소하고, 이후 8월에 이르러 개체군 크기는 120개체 이하로 나타났다. 추정개체수의 크기는 암컷이 수컷의 약 1/3수준으로 나타났다. 산굴뚝나비의 평균 이동거리는 수컷 116.8±191.9m, 암컷 118.4±161.5m로 나타나 암수간의 차이는 거의 없었다. 산굴뚝나비는 한라산 백록담을 중심으로 넓게 형성된 초지공간에서 단일 개체군을 이루고 있다. 개체 밀도가 가장 높은 곳은 훼손지 복구지역으로, 이는 한라산의 훼손된 지역을 복구하는 작업과정에서 먹이식물인 김의털이 넓은 면적으로 자라고 있어 이 지역을 중심으로 많은 개체들이 서식하고 있는 것으로 나타났다.

주요어: 한라산, 멸종위기종, 추정개체수, 포획-재포획

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the distribution and the population dynamics of *Hipparchia autonoe* by using a line transect and Mark-Release-Recapture (MRR) at the Mt. Halla in Jeju Island. The results showed that *H. autonoe* was found from 1,500 m above the sea level. Total 1,493 *H. autonoe* with 978 males and 515

1. 접수 2014년 7월 18일, 수정 (1차: 2014년 8월 17일, 2차: 2014년 8월 28일), 게재확정 2014년 8월 29일
Received 18 July 2014; Revised (1st: 17 August 2014, 2nd: 28 August 2014); Accepted 29 August 2014
 2. 생물보전연구소 The Institute for Conservation of Wild Species, 1331 Sanna-ro, Dong-gu, Daejeon 300-220, Korea
 3. 한남대학교 자연사박물관 Natural History Museum, Hannam University, Ojeong-dong, Daejeon 306-791, Korea
 4. 제주대학교 생명자원과학대학(SARI) 식물자원환경전공 Faculty of Bioscience and Industry, College of Applied Life Science, SARI, Jeju Nat'l. Univ., Jeju 690-756, Republic of Korea
 5. 한라산연구소 Research Institute for Hallasan Jeju Special Self-Governing Province, Jeju 690-816, Korea
 6. 국립생태원 National Institute of Ecology 1210 Geumgang-ro, Maseo-myeon, Seocheon-gun, Chungcheongnam-do, 325-813, Korea
 7. 국립생물자원관 National Institute of Biological Resources, Incheon 404-708, Korea
- a 이 논문은 '국립생물자원관 과제번호 NIBR No. 2013-02-010' 지원으로 수행된 연구임.
* 교신저자 Corresponding author : bremeri2000@hanmail.net

females were captured and released in the MRR study site. Among them, 518 individuals including 284 males and 234 females were recaptured. The average survival time was 2.31 days with 2.14 days for males and 3.47 days for females, indicating longer survival time in case of females than males. The daily population size of males estimated in the MRR study site was maintained about 1,000 individuals in July and gradually decreased less than 200 in August. The number of females showed peak at 335 individuals on July 24, and gradually decreased less than 120 in August. Thus, female population was 1/3 of males. The average travel distance of male and female *H. autonoe* were 116.8 ± 191.9 m and 118.4 ± 161.5 m, respectively, indicating almost same between sexes. *H. autonoe* in the Mt. Halla formed single population group in the wide meadow around the Baekrokdam Lake. The highest population density of *H. autonoe* was occurred in the restored area from damages, where host plants such as the sheep's fescue or the food plant are abundant by artificial restoration efforts.

KEY WORDS: Mt. HALLASAN, ENDANGERED SPECIES, ESTIMATE POPULATION NUMBER, MRR

서론

많은 생물 중에서 나비는 서식지 경관과 기후변화에 민감하게 반응하여 환경변화에 신뢰할 수 있는 지표종으로 활용되어 왔다(Parmesan *et al.*, 1999; Thomas *et al.*, 2004). 나비의 분포와 개체군동태는 식생변화, 다른 동물과의 상호관계, 천적 등과 같은 자연적 요소와 농지개간, 축산, 댐건설 등과 같은 비자연적 요소에 의해서 영향을 받는다(New, 1997; Kim *et al.*, 2012, 2013a). 이중 인간 활동에 따른 도시화나 경작지로의 전환과 같은 경관변화 그리고 이에 따른 기후변화는 많은 나비의 서식지를 이주시키거나 개체군 감소로 나타나고 있다(Parmesan, 2003, 2006).

짧은 시간 동안에 나비의 서식지에서 식생과 경관의 변화가 일어나면, 나비 분포 변화에 직접적인 영향을 주는 가운데(Krauss *et al.*, 2004), 일반종은 곧바로 회복되지만(Loritz and Settele, 2005), 멸종위기종과 같은 특정종들은 환경의 변화에 민감하게 반응하여 일반종보다 높은 절멸위험에 빠질 수 있다(Fischer *et al.*, 1999; New, 2011). 특히 경관변화는 서식지를 작은 크기로 분할시켜 나비의 이동을 어렵게 한다. 이러한 나비의 이동 제한은 서식지 간에 고립화가 심화되어 나비 분포 변화에 주요한 원인으로 작용하고 있다(Roland *et al.*, 2000). 이와 같이 특정종은 특별한 환경과 자원의 요구로 제한된 서식지에서 생활하기 때문에 서식지의 환경변화는 이런 종들의 지속적인 발생을 어렵게 한다(Petit *et al.*, 2001).

한라산 고산지대는 초지공간이 넓게 분포하여 산굴뚝나비(*Hipparchia autonoe*), 가락지나비(*Aphantopus hyperantus*), 함경산뱀눈나비(*Oeneis urda*), 산꼬마부전나비(*Plebejus*

argus) 등과 같이 고산지대에 적응된 종들의 밀도가 높게 나타나고 있다. 이와 같이 고산지대 초지의 식생은 특정식물이 우점하여 식물군집을 단순화시켜 나비 역시 다양성보다는 특정종이 우점하게 만들었다(Musche and Settle, 2005).

산굴뚝나비는 연 1회 7-8월에 발생하며, 먹이식물은 벼과 감의털(*Festuca ovina*), 한라사초(*Carex erythrobasis*) 및 검정겨이삭(*Agrostis flaccida* var. *trinii*)으로 알려져 있으며, 산란은 먹이식물에 알을 하나씩 낳는 것으로 보고되고 있다(Paek and Shin, 2010; Kim, 2012). 산굴뚝나비의 한반도내 분포는 북부지역(함경도, 양강도)과 제주도 한라산의 아고산대 초지에 분포하며(Kim, 2012), 국외 분포는 러시아의 알타이, 아무르, 연해주, 중국 동북부 등지에 분포한다(Seok, 1973).

산굴뚝나비는 국내에서 멸종위기 I급 및 천연기념물(제 458호)로 지정 보호되고 있으며, 한라산 아고산대 해발 1300m 이상의 열린 초지대에서 분포하고 있는 것으로 알려져 왔다(Park, 1969; JESRI, 1988; NIBR, 2012). 산굴뚝나비의 소멸(또는 감소)에 관한 위험요인 중, 민감성에 관련된 평가에서는 특정한 서식지가 필요하고 환경변화에 대한 내성이 약해서 새로운 서식지로 분산 및 정착 능력이 부족한 것으로 나타났(Bae, 2011). 그리고 개체군의 빠른 감소와 급작스런 사건에 대한 미래 취약성에서도 취약판정을 받아 특정한 서식환경의 요구도가 높은 것으로 평가되었다(Lee, 2010)

그 동안 산굴뚝나비의 연구는 서식지가 제주도 한라산이라는 입지적 특성으로 인하여 각 연구자들이 간헐적으로 진행되어(Kim *et al.*, 2013b) 개체군 특성을 파악하기에는 한계를 보였다. 이에 본 연구는 한라산에서 산굴뚝나비의 분포와 개체군 동태를 파악하고자 하였다. 이 결과는 앞으

로 한라산에서 산굴뚝나비의 서식지와 개체군 보전방안 수립에 유용하게 활용될 것으로 기대한다.

연구방법

1. 조사지 현황 및 지점

한라산은 해발 1400m 이상 지역부터 정상까지 열린 초지 공간을 형성하고 있다(Figure 1). 초지 공간의 주요 서식 식물은 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis*), 털진달래(*Rhododendron mucronulatum*) 및 시로미(*Empetrum nigrum*) 등과 같은 관목과 김의털(*Festuca ovina*), 눈포아풀(*Poa palustris*) 및 한라사초(*Carex erythrobasis*) 등의 초본이 건조한 지역에서 자라고 있다(Koh, 2006a). 또한 한라산은 등산로와 백록담 주변이 빗물에 의한 나지의 침식, 진동에 의한 기반암 붕괴 그리고 등산객의 답압 등에 따라서 훼손되어 이를 복구하기 위한 작업이 1991년부터 시작되었다. 이후 훼손지 복구지역의 식생에서 산굴뚝나비 먹이식물인 김의털은 다른 종에 비해 우점하는 것으로 나타났다(Koh, 2006b).

2. 조사방법

산굴뚝나비의 분포지역을 파악하기 위해 항공사진을 이용하여 나비 서식이 예상되는 초지대를 확인하였다. 산굴뚝나비의 분포조사는 선조사법(Pollard and Yates, 1993)으로 조사지역을 따라서 폭 5m 내에서 관찰되는 개체수를 기록하였다. 또한 산굴뚝나비의 개체군 동태 연구를 위하여 윗세오름과 장구목에서 3-4인이 일정한 간격으로 이동하면서 조사하는 벨트조사법에서 Mark-Release-Recapture (MRR)을 실시하였다(Elzinga *et al.*, 2001). 나비의 표식은 뒷날개 아랫면에 유성펜을 이용하여 고유번호를 부여하였다.

산굴뚝나비 성충의 분포는 7월 말에 서식이 예상되는 지역을 하루에 한 장소씩 확인하였으며, MRR 장소의 자료 수집은 7월 말부터 8월 초까지 날씨가 좋은 날 매일 조사하였다.

3. 개체군 분석

산굴뚝나비 분포는 조사 지역에서 육안 동정이 가능한 5m 범위 내에서 관찰되는 나비를 계수기를 이용하여 개체수를 기록하였다. 그리고 조사기간 중 산굴뚝나비가 조사된 지점을 모두 지도에 표기하여 나비분포도를 작성하였다.

개체군의 크기는 Jolly-Seber(Jolly, 1965)의 방법으로 다음 과정으로 추정하였다.

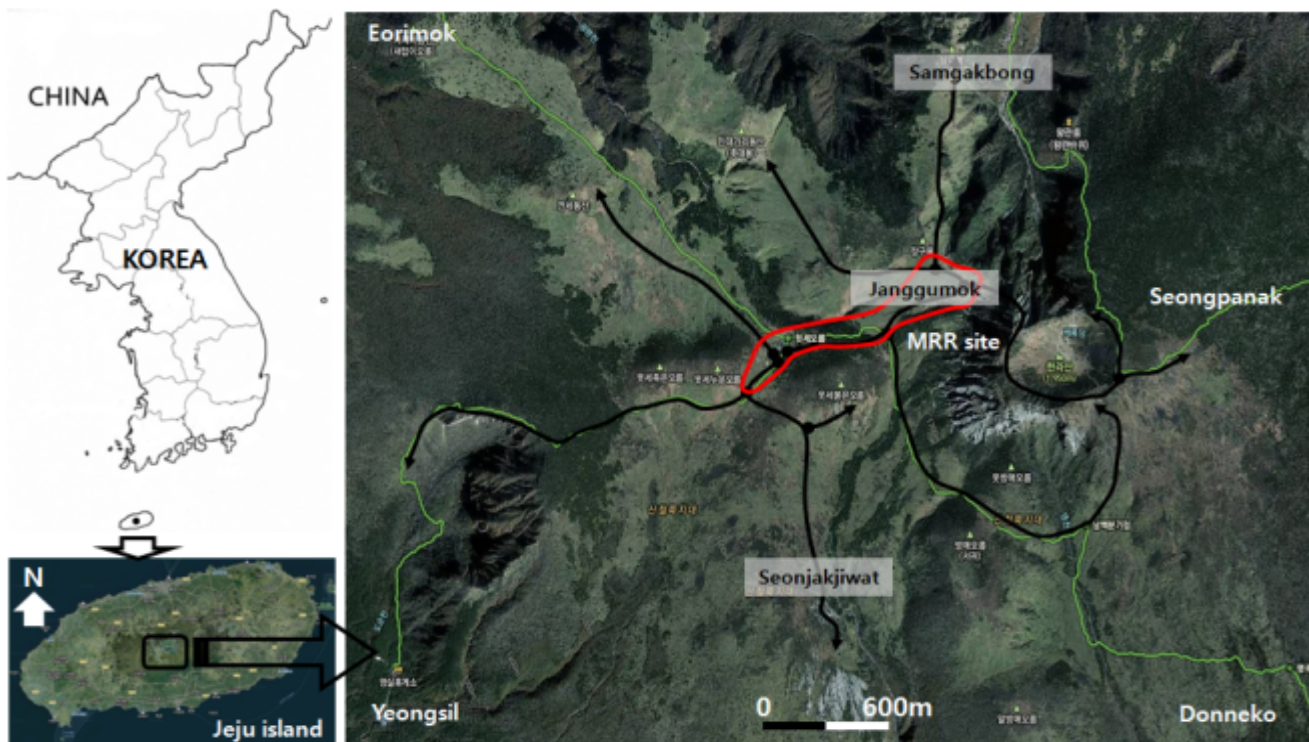


Figure 1. Landscape of study area with patch environment for the population study of *Hipparchia autonoe* on Mt. Hallasan, Jeju Island, Korea in 2013

$$\widehat{M}_i = m_i + (R_i + 1)Z_i / (r_i + 1)$$

\widehat{M}_i 는 개체군 내에서 i 번째 샘플에서 표지 될 수 있는 추정개체수이며, 따라서 개체군 내에서 i 번째 샘플에서의 추정개체군 크기(\widehat{N}_i)는 다음과 같이 계산된다.

$$\widehat{N}_i = \frac{\widehat{M}_i(n_i + 1)}{m_i + 1}$$

여기에서 n_i = i 번째 샘플에서 포획된 전체 개체수
 R_i = i 번째 샘플에서 포획 표지되어 방사된 개체수
 m_i = i 번째 샘플에서 이전부터 현재까지 포획되어 표지된 개체수의 합
 r_i = 방사된 R_i 에서 재포획된 개체수의 합
 Z_i = i 번째 샘플 전후에 포획된 개체수로 i 번째 샘플에서는 포획되지 않았으나 이후에 포획된 개체수의 합.

그리고 95% 신뢰 범위에서 최대값과 최소값은 다음과 같이 계산되었다(Sutherland, 1996).

95%의 신뢰범위 개체군크기 추정에서 i 번째 개체군의 표준편차는

$$T_i = \log_e \widehat{N}_i + 0.5 \log_e [0.5 - 3n_i / 8\widehat{N}_i]$$

$$s_{T_i} = \sqrt{\left(\frac{\widehat{M}_i - m_i + R_i + 1}{\widehat{M}_i}\right) \left(\frac{1}{r_i + 1} - \frac{1}{R_i + 1}\right) + \frac{1}{m_i + 1} - \frac{1}{n_i + 1}}$$

그리고 T_i 제한값과 지수값은 다음과 같이 계산되어

$$T_{iL} = T_i - 1.65_{s_{T_i}} : W_{iL} = e^{T_{iL}}$$

$$T_{iU} = T_i + 2.45_{s_{T_i}} : W_{iU} = e^{T_{iU}}$$

95%의 신뢰값은 다음과 같이 계산된다.

$$(4W_{iL} + n_i)^2 / 16W_{iL} \text{ 그리고 } (4W_{iU} + n_i)^2 / 16W_{iU}$$

나비 이동거리는 GPS(Garmin Montana 650)에 장착된 카메라를 이용하여 포획된 모든 나비를 사진 촬영하였다. 이렇게 촬영된 사진은 위치정보가 입력되어 있어 Garmin Base Camp program을 이용하면 각 개체들의 이동거리를 측정할 수 있다. 측정된 자료를 이용하여 평균이동거리, 표준편차 및 변이계수를 산출하였다.

개체 생존 일수 추정은 포획과 재포획 과정을 반복함으로써 조사지역 개체군의 생존 일수 추정이 가능하다. 평균 생존 일수는 일일 단위로 각 개체가 처음 포획된 날부터 마지막 날에 포획된 날짜를 이용하여 다음과 같이 산출하였다(Kim *et al.*, 2011).

각 개체의 생존일수의 합(\widehat{SD})은

$$\widehat{SD} = c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_{n-1} + c_n = \sum_{i=1}^n C_n$$

따라서 평균생존일수(ASD)는 다음과 같이 계산된다.

$$ASD = \frac{\widehat{SD}}{N}$$

여기에서 c_1 은 첫 번째 포획된 개체의 생존일수,
 c_2 는 두 번째 포획된 개체의 생존일수,
 c_n 은 n 번째 포획된 개체의 생존일수,
 N 은 n 번째 까지 포획된 개체번호이다.

날개 상태는 나비의 수명을 외관상으로 예측할 수 있는 자료로 활용할 수 있다. 처음 포획된 날개 상태에 따라서 성충으로 생활한 시일이 얼마나 경과되었는지를 추정할 수 있다. 날개 상태 등급은 연구자들에 따라서 달리 사용하고 있었는데, Konvicka *et al.*(1999)는 3등급으로, Fleming *et al.*(2005)는 5등급으로 각각 나누었다. 각 연구자들의 날개 상태 등급은 대상종의 크기에 따라서 주관적으로 정한 경우가 대부분이다. 따라서 본 연구 대상종인 산골뚝나비는 크기가 중형(42-52mm)으로 날개의 상태 구별이 용이한 4등급으로 나누었다. 각 등급의 결정은 (a) 날개의 상태가 양호하고 날개에 상처가 없을 것 (b) 약간의 인분이 낡은 상태 (c) 인분이 낡고 날개에 경미한 상처가 있음 (d) 인분이 심하게 낡거나 날개가 심하게 파손된 것으로 나누었다(Kim *et al.*, 2011).

결 과

1. 나비 분포

산골뚝나비는 주로 해발 1,500m 이상부터 관찰되기 시작하여 정상부까지 서식하는 것으로 확인되었다. 또한 해발 1,500m이하의 초지대에서 관찰된 개체수는 1,650m 이상의 고도에 비하여 현저하게 적은 것으로 조사되어 고도가 높을수록 개체 밀도가 높은 것으로 나타났다(Figure 2). 그리고 한라산에서는 선작지왓(산별름)과 같은 자연서식지보다는 장구목과 백록담 분화구 주변과 같은 훼손지 식생 복구지역에서 가장 많은 개체가 서식하고 있는 것으로 나타났다.

2. MRR 개체수

2013년 한라산에서 총 1,493개체의 산골뚝나비가 포획되었다. 이중 수컷은 978개체, 암컷 515개체가 포획되

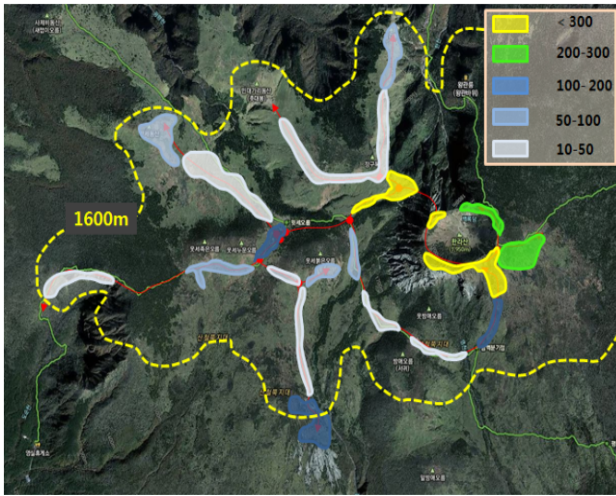


Figure 2. The legend in figure indicates the number of *Hipparchia autonoe* adults observed on Mt. Hallasan, Jeju Island, Korea in 2013

었다. 그리고 재포획된 개체수는 518개체가었으며, 수컷과 암컷의 개체수는 284:234로 나타났다. 그러나 수컷과 암컷의 개체수 재포획 비율은 각각 25%와 32%로 나타나 암컷의 재포획 빈도가 약간 높았다. 또한 세대 후반부로 갈수록 암컷의 포획 빈도가 높게 나타났다(Table 1).

3. 생존일수

암컷과 수컷의 전체 평균생존일수는 2.31±2.95로 나타났으며, 이 중 수컷의 평균생존일수는 2.14±2.28, 암컷 3.47±4.28로 나타나 암컷이 수컷 보다 오래 생존한 것으로 나타났다. 암컷과 수컷의 최대 생존일수는 18일로 나타났다(Figure 3). 생존일수의 감소폭은 큰 것으로 나타나고 있다. 특히 1회 관찰되는 비율이 높은 것으로 나타나고 있으나 이는 한라산 아고산대 초지가 매우 넓고 위험지대가 산재하여 포획하기 어려운 특이한 서식 환경의 영향으로 보인다.

4. 추정개체수

수컷의 추정 개체수는 7월에 약 1,000개체를 최고로 점차 감소하는 것으로 나타나고 있으며 8월에는 개체수가 200개체 이하로 나타났다. 암컷의 추정개체수는 7월에 335개체를 최고로 하였다가 점차 감소하는 것으로 나타나고 있다. 이후 8월에 이르러 개체군 크기는 120개체 이하로 나타났다. 추정된 개체수의 크기는 암컷이 수컷의 약 1/3수준으로 나타났다.

Table 1. The number of *Hipparchia autonoe* captured/recaptured during the study period on Mt. Hallasan, Jeju Island, Korea in 2013 (male:female)

Date	23 Jul	24 Jul	28 Jul	29 Jul	30 Jul	31 Jul	01 Aug	02 Aug	06 Aug	08 Aug	09 Aug	Total
Capture	262 (178:84)	190 (129:61)	336 (235:101)	78 (48:30)	54 (38:16)	66 (49:17)	133 (88:45)	130 (82:48)	31 (18:13)	128 (70:58)	85 (40:45)	1,493 (975:518)
Recapture		36 (25:11)	40 (26:14)	6 (2:4)	1 (1:0)	2 (1:1)	13 (4:9)	17 (11:6)	3 (1:2)	4 (3:1)	5 (3:2)	127 (77:50)
24 Jul			26 (13:13)	10 (4:6)	12 (3:9)	4 (2:2)	8 (3:5)	11 (6:5)	3 (1:2)	1 (1:0)	2 (1:1)	77 (34:43)
28 Jul				27 (17:10)	17 (9:8)	9 (5:4)	19 (9:10)	27 (16:11)	8 (4:4)	8 (6:2)	8 (3:5)	123 (69:54)
29 Jul					9 (7:2)	3 (3:0)	9 (4:5)	4 (3:1)	3 (0:3)	5 (1:4)	4 (2:2)	37 (20:17)
30 Jul						4 (3:1)	4 (4:0)	2 (0:2)		2 (0:2)	1 (0:1)	13 (7:6)
31 Jul							10 (7:3)	6 (5:1)	3 (1:2)	2 (2:0)	3 (1:1)	24 (17:7)
01 Aug								19 (12:7)	4 (0:4)	4 (3:1)	8 (3:5)	35 (18:17)
02 Aug									12 (8:4)	13 (5:8)	10 (6:4)	35 (19:16)
06 Aug										7 (3:4)	8 (3:5)	15 (6:9)
08 Aug											32 (17:15)	32 (17:15)
09 Aug												
Sum		36 (25:11)	66 (39:27)	43 (23:20)	39 (20:19)	22 (14:8)	63 (31:33)	86 (53:33)	36 (15:21)	46 (24:22)	81 (39:42)	518 (284:234)

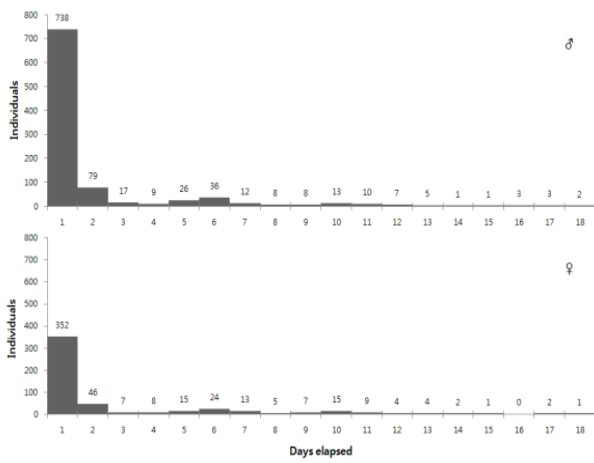


Figure 3. Diurnal changes in the number of individuals of *Hipparchia autonoe* captured/recaptured

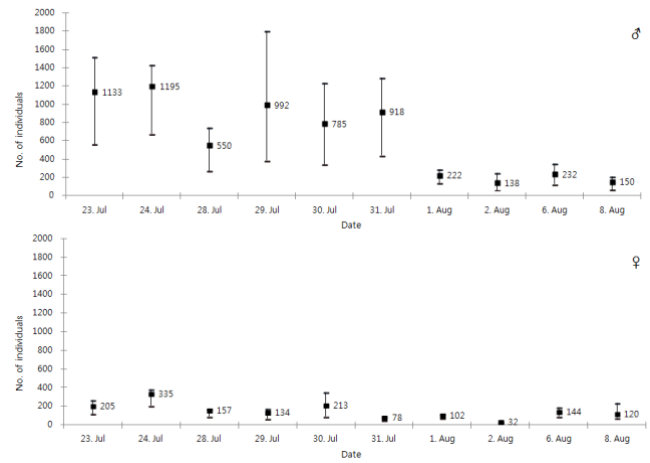


Figure 4. Changes in the daily population size (with 95% confidence interval) of *Hipparchia autonoe* on Mt. Hallasan, Jeju Island, Korea in 2013



Figure 5. Migration distance of each individual of *Hipparchia autonoe* in MRR survey site

5. 이동거리

2013년에 조사된 산굴뚝나비의 평균 이동거리는 수컷 116.8±191.9m, 암컷 118.4±161.5m로 나타나 암수간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 변이계수는 수컷 164.2%, 암컷 136.4%로 수컷이 커서 이동거리에 대한 균일도는 암컷이 높게 나타났다. 그리고 최대 이동거리는 수컷 1,200m, 암컷 1,030m로 나타났으나(Figure 5) 이동거리에서 수컷은 암컷에 비하여 짧은 거리를 이동하는 것으로 나타났다. 그리고 수컷은 서식지의 초지대 전 지역을 이동하는 것에 비하여 암컷은 주로 먹이식물이 분포하는 곳을 중심으로 이동하는 것으로 조사되었다.

6. 날개상태

2013년 한라산에서 조사된 산굴뚝나비의 날개 상태는 수컷이 전반적으로 각 등급별로 고르게 조사된 반면 암컷은 가장 상태가 좋은 a의 비율이 상대적으로 높았다. 그리고 조사 일수가 지날수록 암수 모두 상태가 나쁜 c 또는 d의 비중이 높아지는 것으로 나타났다(Table 2).

고 찰

선조사법은 조사 지역을 따라서 반경 5m이내의 개체수를 카운트 하는 방법으로(Pollard and Yates, 1993), 서식지의 개체군 크기를 정확하게 기록하는 것이 아니라 단지 고정된 루트에 따라서 나타나는 일일 개체군을 파악하는 방법으로 종에 대한 먹이식물이나 식생구조 등이 반영되며 계절, 바람세기 및 온도 등과 상관관계를 보이고 있다(Harker

and Shreeve, 2008). 한라산과 같이 넓은 초지 공간으로 형성된 서식지에서는 전체 개체수를 정확하게 파악하는데 한계가 있다. 또한 한라산 아고산대의 초지는 정규 등산로가 있는 지역을 제외하면 지형이 불규칙적이고 잡목이 밀생하여 접근이 쉽지 않았다. 이에 이번 조사결과는 각 지역의 전체 범위가 아닌 조사 루트를 따라서 조사되어 실제 서식지 개체군의 크기는 좀 더 커질 것으로 예측된다.

산굴뚝나비가 분포하는 서식지 환경을 살펴보면, 우선 먹이식물인 김의털(*Festuca ovina*)의 생육상태가 중요한 것으로 나타났다. 이번에 관찰된 산굴뚝나비 암컷의 산란행동에서는 먼저 지상의 토양이나 돌에 앉아서 먹이식물인 김의털 아래로 들어간다. 이런 산란 행동은 반복해서 나타나고 있어 산란을 위한 서식지 선호지역이 있는 것으로 판단된다. 이와 같은 행동은 나비의 산란선호 현상이 유충기 먹이식물의 군집 크기나 형태와 함께 산란에 적합한 먹이식물의 특정부위나 위치에 영향을 받는 연구보고와 일치한다(Carey, 1994; Dempster, 1997; Fleming *et al.*, 2005).

이번 조사에서 개체군 밀도는 지역에 따라서 현저하게 차이를 보이는 것으로 조사되었다. 조사 지역 중 개체 밀도가 가장 높은 곳은 훼손지 복구지역으로 한라산 분화구를 중심으로 남벽과 분화구 능선으로 나타났으며, 분화구 아래로는 장구목지역이 그 다음으로 높은 밀도를 나타냈다. 그 외의 지역에서는 자연서식지인 선작지왓(산벌름) 지역에서 많은 개체가 서식하고 있으며, 그 아래 지역에 해당되는 만세동산과 삼각봉에서는 소수의 개체가 관찰되는 것으로 나타났다. 이는 한라산의 등산로와 백록담 주변에서 나지의 침식, 기반암 붕괴 및 등산객의 답압 등에 의해서 훼손된 지역을 복구하는 작업과정에서 먹이식물인 김의털이 넓은 면적으로 자라고 있어 이 지역을 중심으로 많은 개체들이 서식하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이와 유사한 예로 최

Table 2. Changes in the wing wear category of *Hipparchia autonoe*

Date	Wing wear condition														
	Male (M)				Sum	Female (F)				Sum	M+F				Sum
	a	b	c	d		a	b	c	d		a	b	c	d	
23 Jul	60	64	22	32	178	69	9	4	2	84	129	73	26	34	262
24 Jul	58	39	14	18	129	44	14	1	1	60	102	53	15	19	189
28 Jul	94	97	29	16	236	88	10	2	0	100	182	107	31	16	336
29 Jul	12	20	6	10	48	23	4	2	1	30	35	24	8	11	78
30 Jul	6	15	10	7	38	12	1	3	0	16	18	16	13	7	54
31 Jul	6	21	7	15	49	14	1	1	1	17	20	22	8	16	66
1 Aug	17	28	16	27	88	28	10	6	1	45	45	38	22	28	133
2 Aug	15	24	23	20	82	26	20	2	0	48	41	44	25	20	130
6 Aug	4	6	1	7	18	4	4	4	1	13	8	10	5	8	31
8 Aug	6	27	14	24	71	20	21	6	10	57	26	48	20	34	128
9 Aug	6	10	10	15	41	13	18	8	6	45	19	28	18	21	86
Total	284	351	152	191	978	341	112	39	23	515	625	463	191	214	1,493

근 국내에서 큰주홍부전나비(*Lycaena dispar*)의 서식지가 남부지역으로 확산되었는데, 그 주요 원인이 4대강 사업의 일환으로 강변을 따라서 자전거도로와 생태공원 조성공사를 진행하는 과정에서 수변지역의 식생이 교란되면서 나비의 먹이식물인 소리쟁이(*Rumex crispus*)가 군집을 이루어 자라게 되어 이에 따라서 나비의 분포지도 넓어졌다(Park *et al.*, 2014).

한라산의 산골뚝나비 분포는 고도가 높을수록 개체군 밀도가 높아지는 것으로 조사되었다. 과거 해발 1,300m 이상의 초지대에서 분포하고 있는 것으로 알려져 왔으나(Park, 1969; JESRI, 1988), 이번 조사에서는 1,500m 이상의 고도에서 관찰되고 있다. 이는 기후변화의 영향인지 서식지 환경의 변화인지를 좀 더 세밀하게 연구할 필요가 있다. 그러나 이번 조사에서 나타난 먹이식물의 조사에서는 영실의 경우 해발 1,400m 이상의 지역에서 등산로를 따라서 먹이식물인 김의털이 자생하고 있으며, 지상부에는 토양이 노출된 암석지대가 있으나 면적이 좁고 등산객의 왕래로 나비의 산란에 방해받고 있는 것으로 보인다. Heath(1974)는 지난 100년 동안 먹이식물 자원의 변화와 같은 서식지 변화가 종의 분포 변화와 소멸의 주요 원인으로 지목하였다. 이처럼 나비는 시간과 공간상에서 균일하게 분포하지 않는다. 즉 개체군의 크기는 패치의 크기나 위치 그리고 먹이식물의 질에 따라서 공간 분포가 달라진다(Vrijenhoek, 1985).

이번에 추정된 산골뚝나비의 평균생존기간이 2.31일로 조사되었는데, 산골뚝나비의 생존기간은 과거 연구된 꼬리명주나비(*Sericinus montela*)의 1.11-1.56일, 붉은점모시나비(*Parnassius bremeri*)의 2.27일 보다 긴 것으로 나타났다(Kim and Kwon, 2010; Kim *et al.*, 2011). 그리고 한라산 산골뚝나비의 수컷과 암컷은 최대 18일까지 생존하고 있다. 한라산 서식지는 열린 초지공간으로 형성되어 재포획이 폐쇄된 공간보다는 낮을 것으로 추정되어 생존기간은 좀 더 늘어날 것으로 판단된다.

이번 연구 결과는 한라산에서 산골뚝나비의 분포범위와 개체군 동태가 밝혀져 후속연구 방향과 서식지 보전방안 수립에 중요한 자료로서 중 보전에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

이번 연구 대상종인 멸종위기종 I급·천연기념물인 산골뚝나비의 연구를 위하여 도움을 주신 한라산국립공원관리사무소, 영산강유역환경청, 문화재청, 한라산연구소에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bae Y.J.(2011) Intensive field survey and development of assessment techniques of red list category for endangered and rear inland invertebrates in the Korean peninsula. Ministry of Environment. 494pp. (in Korean)
- Carey D.B.(1994) Patch dynamics of *Glaucopsyche lygdamus* (Lycaenidae): correlations between butterfly density and host species diversity. *Oecologia* 99: 337-342.
- Dempster, J.P.(1997) The role of larval food resources and adult movement in the population dynamics of the orange-tip butterfly (*Anthocharis cardamines*). *Oecologia* 111: 549-556.
- Elzinga, C.L., D.W. Salzer, J.W. Willoughby and J.P Gibbs(2001) Monitoring plant and animal populations. Blackwell science, Inc. 360pp.
- Fischer, K. B. Beinlich and H. Plachter(1999) Population structure, Mobility and habitat preferences of the violet copper *Lycaena helle* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Western Germany: Implications for conservation. *J. Insect Conservation* 3: 43-52.
- Fleming, T.H., D. Serrano and J. Nassar(2005). Dynamics of a subtropical population of the Zebra longwing butterfly *Heliconius charithonia* (Nymphalidae). *Florida Entomologist* 88: 169-179.
- Harker, R. J. and T.G. Shreeve(2008) How accurate are single site transect data for monitoring butterfly trends? Spatial and temporal issues identified in monitoring *Lasiommata megera*. *J. Insect Conservation* 12: 125-133.
- Heath, J.(1974) A century of change in the Lepidoptera. pp279-292. In *The changing flora and fauna of Britain*, ed. DL Hawksworth. Academic Press, London. 461pp.
- JESRI (Jeju Education & Science Research Institute)(1988) Butterflies of Cheju Island. 195pp. (in Korean)
- Jolly, G.M(1965) Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika* 52: 225-247.
- Kim, D.S. Y.B. Cho and J.C. Jeong(2012) Effects of Host plant, nectar plant and vegetation types on butterflies communities. *Korean J. Appl. Entomol.* 51: 331-342. (in Korean with English abstract)
- Kim D.S. and Y.J. Kwon(2010) Metapopulation dynamics of the oriental long-tailed swallow *Sericinus montela* (Lepidoptera: Papilionidae) in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 49: 289-297. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.S., D.S. Park, Y.J. Kwon, S.J. Suh, C.H. Kim, S.J. Park, D.H. Kim, J.S. Kim, H.M. Yu and J.S. Hwang(2011) Metapopulation structure and movement of a threatened butterfly *Parnassius bremeri* (Lepidoptera: Papilionidae) in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 50: 97-105. (in Korean with English abstract)

- abstract)
- Kim D.S., D.S. Park, H.S. Oh, D.H. Kim and J.C. Jeong(2013a) Butterfly community monitoring on Wolchulsan National Park in Korea. *Korean J. Environ. Ecol.* 27: 196-203. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.S.(2012) Life histories of Korean butterflies. *Sakyejul.* 539pp. (in Korean)
- Kim, S.S. C.M. Lee and T.S. Kwon(2013b) Abundance and population stability of relict butterfly species in the highlands of Mt. Hallasan, Jeju Island, south Korea. *Korean. J. Appl. Entomol.* 52: 273-281. (in Korean with English abstract)
- Koh, J.G.(2006a) The vegetation around Baengnokdam, the Crater of Mt. Halla. pp. 339-363. In. Research Institute for Mt. Halla Jeju Special Self-Governing Province "Report of survey of Hallasan Reserve" 630pp.
- Koh, J.G.(2006b) Status of Damage and Restoration in the Hallasan Natural Reserve. pp. 249-274. In. Research Institute for Mt. Halla Jeju Special Self-Governing Province "Report of survey of Hallasan Reserve" 630pp.
- Konvicka M. and T. Kuras(1999) Population structure, behavior and selection of oviposition sites of an endangered butterfly, *Parnassius Mnemosyne*, in Litovelské Pomorav í, Czech Republic. *J. insect conservation* 3: 211-223.
- Krauss, J. I. Steffan-Dewenter and T. Tschardt(2004). Landscape occupancy and local population size depends on host plant distribution in the butterfly *Cupido minimus*. *Biological Conservation* 120: 355-361.
- Lee, H.W.(2010) A study of methodologies assessing species susceptibility to climate change. Korea Environment Institute. 119pp. (in Korean)
- Loritz, H. and J. Settele(2005) Effects of human land-use on availability and quality of habitats of the Dusky Large blue butterfly. In *Studies on the ecology and conservation of butterflies in Europe*. pp. 225-227. Vol. 2. Species ecology along a European Gradient: Maculinea butterflies as a model. Eds, Settele, J., E. Kühn and J. Thomas. Pensoft publishers. 289pp.
- Musche, M. and J. Settele(2005) Patterns of resource allocation and adaptive response to mowing in the plant *Sanguisorba officinalis* (Rosaceae). In *Studies on the ecology and conservation of butterflies in Europe*. p. 228. Vol. 2. Species ecology along a European Gradient: Maculinea butterflies as a model. Eds, Settele, J., E. Kühn and J. Thomas. Pensoft publishers. 289pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources)(2012) Red data book of endangered insects in Korea. 178pp. (in Korean)
- New, T.R.(1997) *Butterfly conservation*. Oxford university press. 248pp.
- New, T.R.(2011) *Butterfly conservation in South-Eastern Australia: Progress and prospects*. 189pp.
- Paek, M.K. and Y.H. Shin(2010) *Butterflies of the Korean Peninsula. Nature and Ecology*, Seoul. 430pp. (in Korean)
- Park S.J., D.S. Park, N.R. Kim and D.S. Kim(2014) Habitat distributional change of the large copper, *Lycaena dispar* (Lepidoptera: Lycaenidae), on the Korean Peninsula: Studies along the Geum River. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 17: 245-250.
- Park, S.W.(1969) *Butterflies of Mt. Hallasan, Jeju*. Hyangsang Dongmyeong Girls' Highschool 12: 82-93. (In Korean)
- Parmesan, C.(2003) Butterflies as bioindicators for climate change effects. In: Boggs, C.L., W.B. Watt and P.R. Ehrlich (Eds.), *Butterflies: Ecology and Evolution Taking Flight*. The University of Chicago Press, Chicago and London, pp. 541-560.
- Parmesan, C.(2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37: 637-669.
- Parmesan, C., N. Ryrholme, C. Stefanescu, J.K. Hill, C.D. Thomas, H. Descimon, B. Huntley, L. Kaila, J. Kullberg, T. Tammaru, J. Tennant, J.A. Thomas and M. Warren(1999) Polewards shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-589.
- Petit, S., A. Moilanen, I. Hanski and M. Baguette(2001) Metapopulation dynamics of the bog fritillary butterfly: movements between habitat patches. *Oikos* 92: 491-500.
- Pollard, E. and T.J. Yates(1993) *Monitoring butterflies for ecology and conservation*, Chapman and Hall, London, UK. 274pp.
- Roland, J., N. Keyghobadi and S. Fownes(2000) Alpine parnassius butterfly dispersal: Effects of landscape and population size. *Ecology* 81: 1642-1653.
- Seok, D.M.(1973) *The distribution maps of butterflies in Korea*. Bojinje. 516pp. (in Korean)
- Sutherland, W.J.(1996) *Ecological census techniques*. Cambridge. 336pp.
- Thomas, J.A., M.G. Telfer, D.B. Roy, C.D. Preston, J.J.D Greenwood, J. Asher, R. Fox, R. Clarke and J.A. Lawton(2004) Comparative losses of British butterflies, birds and plants and global extinction crisis. *Science* 303: 1879-1881.
- Vrijenhoek, R.C.(1985) Animal population genetics and disturbance: The effects of local extinctions and recolonizations on Heterozygosity and fitness. pp.265-285. In. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Eds, Pickett, S.T.A. and P.S. White. Academic Press, Inc.